

3-Wege-Weiche über- listet Bernoulli

Die Forderungen an Hydrauliksteuerungen lauten immer mehr: Kleiner, leichter und geringere Verlustleistung bzw. kleine Druckverluste. Zuerst setzen hierbei die hydraulischen Gesetzmäßigkeiten natürliche Grenzen – wie zum Beispiel der Druckverlust in Abhängigkeit vom Querschnitt und der Durchflussmenge nach dem altbekannten Herrn Bernoulli. Wird eine bestimmte Fördermenge benötigt, so bleibt nur noch der Durchflussquerschnitt als wirksame Variable, um den Druckverlust gering zu halten.

Hierfür bietet die 3-Wege-Weiche eine Lösungsmöglichkeit: Ein großer, schaltbarer Querschnitt direkt an der Stelle der größten Durchflussmenge. Das Konzept der 3-Wege-Weiche ermöglicht darüber hinaus noch weitere Problemlösungen, wie im Folgenden aufgezeigt wird.

Grundprinzip der 3-Wege-Weiche

Im allgemeinen Sprachgebrauch der Hydraulik kann die 3-Wege-Weiche als ein 3/2-Ventil bezeichnet werden – allerdings ohne äußere Betätigungselemente (wie z. B. Magnete o.ä.).

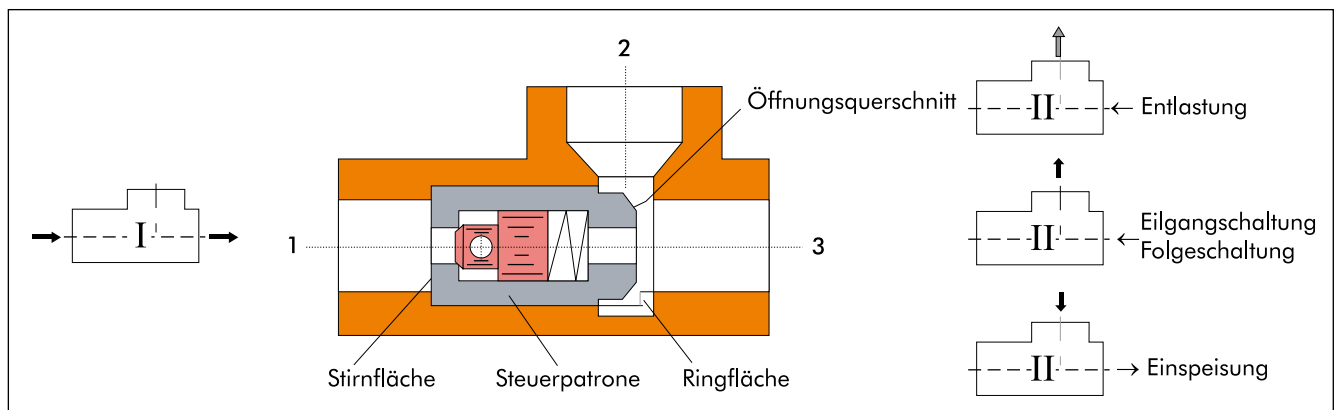
Schaltstellung II:

Soll das Fluid von 3 nach 2, oder von 2 nach 3 strömen, muss 1 entlastet werden. Der Steuerkegel hebt vom Sitz ab und wird vom Druck in 3 oder 2 nach links verschoben und der große Öffnungsquerschnitt ist frei. Der Anschluss 1 ist durch das integrierte RV gesperrt.

Aus der Beschreibung ist der einfache Aufbau mit wenigen Bauteilen erkennbar und die automatisch ablaufende Eigensteuerung der 3-Wege-Weiche, so dass die zwei Schaltstellungen des 3/2-Ventiles immer sicher erreicht werden.

Für die Darstellung der 3-Wege-Weiche in Hydraulikschaltplänen stehen, je nach eigener Vorliebe, zwei Vorschläge zur Auswahl: Die klassische Darstellung nach DIN ISO 1219 ist etwas aufwendiger als die moderne Version, in Anlehnung an DIN 24 342 für 2-Wege-Einbauventile.

Das »moderne« Schaltzeichen eignet sich auch besonders gut für die Darstellung in Blocksteuerungen mit integrierten 3-Wege-Weichen in Cartridgeausführung.

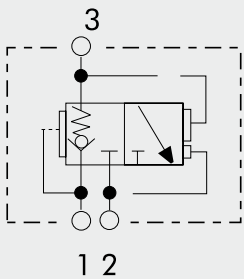


Schaltstellung I:

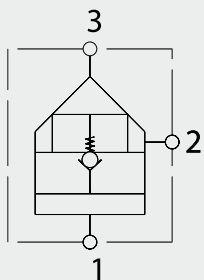
Bei Druckeinspeisung an 1 wirkt der Druck auf die große Stirnfläche und verschiebt die Steuerpatrone nach rechts gegen den Ventilsitz und verschließt die Verbindung 3-2. Der geringe Öffnungsdruck des in der Steuerpatrone integrierten Rückschlagventils ist so ausgelegt, dass das RV erst nach sicherem Verschließen der Verbindung 3-2 öffnen kann und das Fluid dann von 1 nach 3 zum angeschlossenen Verbraucher fließt. Aufgrund des Flächenverhältnisses, Stirn- zu Ringfläche > 2 , bleibt der Anschluss 2 sicher geschlossen.

Hauptmerkmale:

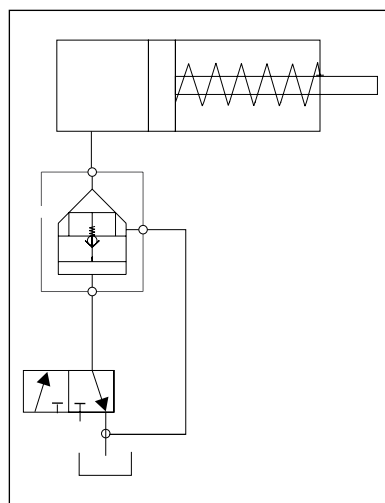
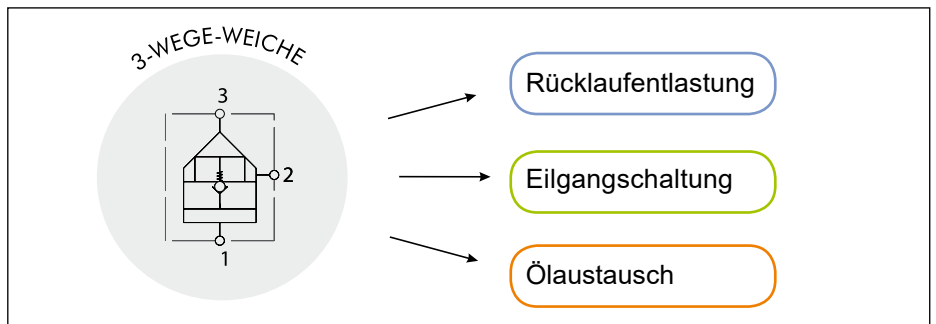
Ein Hauptmerkmal der 3-Wege-Weichen ist der große Öffnungsquerschnitt und die kurze Verbindung zwischen den Anschlüssen 2 und 3. Daraus resultieren die sehr geringen Druckverluste bei Durchströmung (z.B. 3WW-NG 6: $\Delta p = 1 \text{ bar}$ bei 40 l/min), was bei verschiedenen Schaltungsanordnungen vorteilhaft genutzt werden kann. Darüber hinaus kann die eigengesteuerte 3/2-Funktion auch bei anderen Problemstellungen zu sehr guten Lösungen führen.



Schaltzeichen »klassisch«
nach DIN 1219



Schaltzeichen »modern«
nach DIN 24342

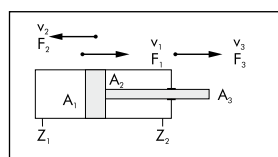


Rücklaufentlastung:

Zylinder mit Federrückstellung, z.B. bei Bremsen:
Schnelle und wenig behinderte Rückstellbewegung über 3 → 2 der 3-Wege-Weiche. Für die Ausfahrbewegung genügt ein Wegeventil kleiner Baugröße. Einfachwirkender Zylinder für Hub mit zusätzlichem Rückschlagventil und Magnetventil im Bypass: Langsame, energiesparende Hubbewegung und schnelle Senkbewegung, fast bis zum »freien Fall« ist möglich. Das Magnetventil dient dabei nur der Druckentlastung und kann deshalb mit kleinster Nennweite gewählt werden.

Eilgangschaltung:

Bei der Ansteuerung von Differentialzylinder können durch entsprechende Schaltungsanordnungen die Wirkungen von drei unterschiedlichen Kolbenflächen genutzt werden.



Geschwindigkeit	Kraft	Einspeisung an
v_1	F_1	Z_1
v_2	F_2	Z_2
v_3	F_3	$Z_1 + Z_2$

- A_1 Kolbenboden
- A_2 Kolbenringfläche
- A_3 Kolbenstangenfläche
- $v_1...v_3$ Geschwindigkeit der Kolbenstange
- $F_1...F_3$ entspricht der Kraftwirkung nach Außen

Vorteilhafte Lösung



Mit dem Flächenverhältnis $\alpha = A_2/A_1$ ergeben sich die in den Diagrammen auf der linken Seite dargestellten Zusammenhänge.

Die normierte Darstellung gestattet einen prinzipiellen und baugrößenunabhängigen Vergleich der jeweiligen Auswirkungen auf die hydraulische Dimensionierung und erreichbare Leistungsdaten des Zylinderantriebes.

Dabei ist die Pumpenfördermenge $Q = 1$ und konstant vorausgesetzt. Wirkungsgrade sind in Diagramm 1 noch nicht berücksichtigt.

Die Ausfahrgeschwindigkeit v_1 und Ausfahrkraft F_1 sind konstant und unabhängig von α und als Vergleichswert = 1 gesetzt. Die Rückzugsgeschwindigkeit v_2 steigt mit kleiner werdendem α (dickere Kolbenstange) an – die Kraft F_2 fällt ab. Noch deutlicher sind die Auswirkungen bei v_3 und F_3 : bei der sogenannten Eilgangschaltung.

Mit größerem α (dünnere Kolbenstange) steigt v_3 schnell an, bei gleichzeitig stärkerem Abfall der Kraft F_3 .

Beim Sonderfall $\alpha = 0,5$ kann durch die Eilgangschaltung gleiche Ein- wie Ausfahrgeschwindigkeit erreicht werden.

Der Abfall von F_3 zeigt, dass ein störungsfreier Betrieb des Zylinderantriebes nur gewährleistet ist, wenn auch die Wirkungsgrade beachtet werden. Besonders der Durchflusswiderstand innerhalb des Antriebsstranges spielt hier eine bedeutende Rolle.

Bei der Eilgangschaltung wird das am Zylinderanschluss 2 ausströmende Fluid am Z_1 -Anschluss wieder eingespeist, so dass in diesem Betriebszustand in Teilen des Hydraulikkreises ein größerer Fluidstrom $\Sigma Q_{z1} > 1$ als der Konstantpumpenstrom $Q = 1$ fließt. Die, wieder von α abhängigen, Auswirkungen sind aus Diagramm 2 erkennbar.

Das Vielfache von Δp beruht auf der Beziehung nach Bernoulli und reduziert die wirksamen Zylinderkräfte bzw. verschlechtert den hydraulischen Wirkungsgrad.

Es sind verschiedene Schaltungsvorschläge für die Eilgangfunktion bekannt. Wird die Addition der Fluidströme zum Beispiel innerhalb eines 4/3-Ventiles realisiert, so muss entweder ein größeres Ventil verwendet werden oder der höhere Δp -Wert bei ΣQ_{z1} verschlechtert die Leistungsbilanz bzw. gefährdet die ein- wandfreie Funktion.

Durch diesen Druckabfall wird die Vortriebskraft weiter reduziert, zusätzlich zu der aufgrund des Flächenverhältnisses bereits geringeren Kraft F_3 .

Diagramm 1

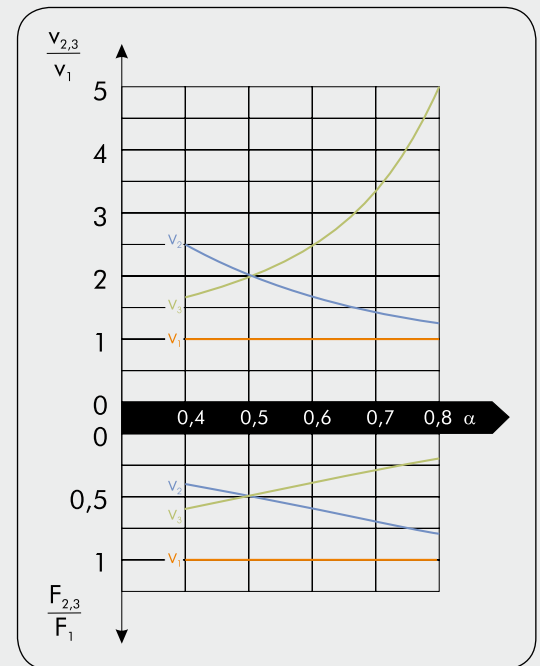
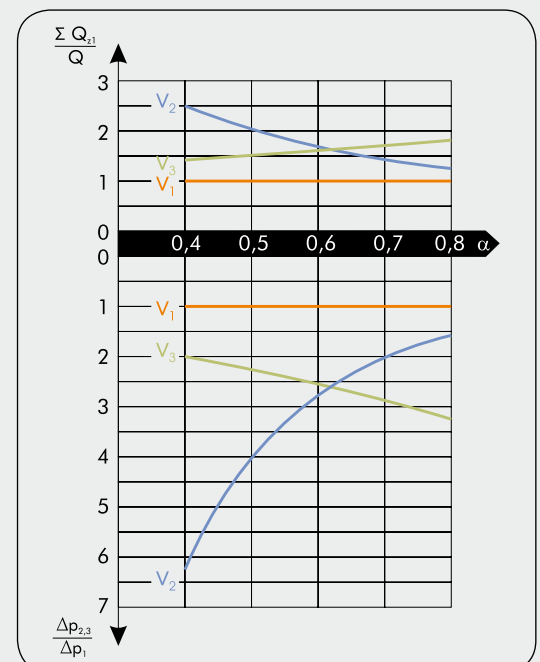
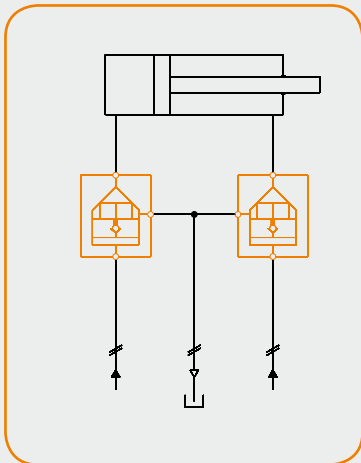
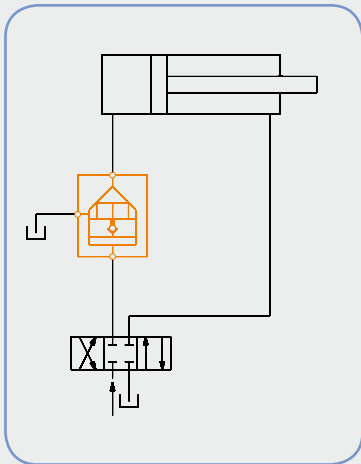
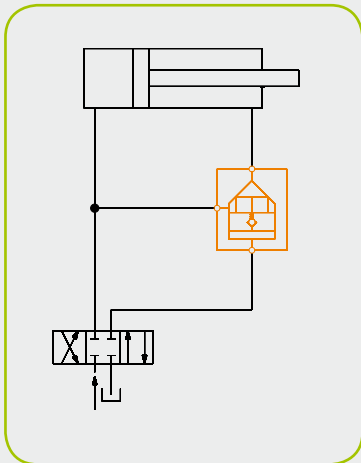
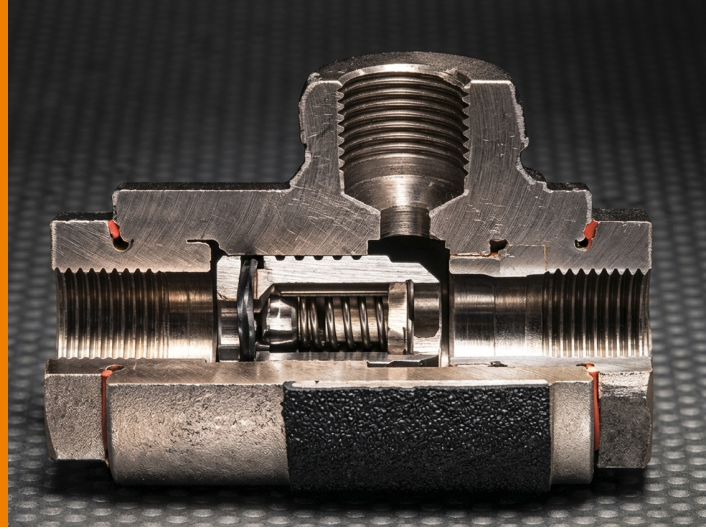


Diagramm 2





Eine vorteilhafte Lösung für dieses Problem ist gemäß dem **Schaltungsvorschlag mit der 3-Wege-Weiche** möglich. Durch die automatisch öffnende 3-Wege-Weiche wird beim Ausfahren der Kolbenstange das zurückströmende Fluid quasi im Kurzschluss dem bodenseitigen Zylinderanschluss direkt auf kürzestem Weg und mit geringstmöglichem Druckverlust wieder zugeführt und die Kolbenstange fährt mit der Geschwindigkeit v_3 aus. Besonders günstig wirkt sich dabei aus, dass über die 3-Wege-Weiche selbst nur ein Teil-Fluidstrom mit $Q_{3ww} = \alpha \cdot Q$ fließt. Beim Umsteuern auf Einfahren der Kolbenstange wird der Kurzschluss durch selbsttätiges Verschieben des Steuerkegels geschlossen und über das integrierte RV der Zylinderringseite $Q = 1$ zugeführt und die Kolbenstange fährt mit v_2 ein.

Es gibt Einsatzfälle bei denen beim Ausfahren eine Umschaltung von F_3 auf F_1 gewünscht wird, um z.B. einen Pressvorgang an den Eilvorlauf anzuschließen. Durch eine Schaltungserweiterung ist mit der 3-Wege-Weiche auch eine druckabhängige Umschaltung auf F_1 möglich.

Bei Einspeisung von $Q = 1$ an Zylinderanschluss 2 kann, je nach α , auch an Z_1 ein mehrfach großer Fluidstrom austreten – mit derselben Problematik. Durch die 3-Wege-Weiche kann der große Fluidstrom über den großen Öffnungsquerschnitt direkt über eine eigene Rücklaufleitung zum Tank abströmen, das 4/3-Wegeventil muss nur für $Q = 1$ dimensioniert werden und kann, je nach α , wesentlich kleiner sein.

Die vorstehend geschilderten Anwendungen gestatten auch, aufgrund des geringen Druckverlustes, das ausströmende Fluid für eine Folgesteuerung zu nutzen.

Ölaustausch:

Bei langen Hydraulikleitungen und Zylinderarbeitsvolumen kleiner als das Leitungsvolumen sind Betriebsstörungen aufgrund des fehlenden Ölaustausches bekannt – die Folgen: Schmutzanhäufung und/oder lokale Erwärmung erhöhen vor allem den Dichtungsverschleiß.

Durch Anordnung der 3-Wege-Weiche an den Zylinderanschlüssen und einer dritten Niederdruckleitung entsteht ein automatisch wirkender Ölkreislauf; zu jeder Zylinderseite kommt immer nur frisches Öl aus dem Tank und das Rücklauföl wird direkt in den Tank zurückgeführt. Dieses Prinzip lässt sich natürlich auch auf einfachwirkende Zylinder sowie Umkehrsteuerungen (Greifer) oder Schwenkantriebe sinngemäß anwenden.

Bauarten

Die Bauarten der 3-Wege-Weiche:

Klassische Ausführung mit eigenem Gehäuse für den Rohrleitungseinbau in den Nenngrößen **NG 6**, **NG 10** und **NG 16**.

Größere Nennweiten sind bei entsprechendem Bedarf möglich. Das Bild zeigt eine 3-Wege-Weiche NG 6 im Vergleich zu einem 4/2-Wegeventil NG 6. Neuere Ausführung als Cartridge für den Blockeinbau.

Bei entsprechender Gestaltung kann auch eine direkte Integration z. B. in Zylinderfuß oder -kopf zu sehr raum- und gewichtssparenden Zylinderantrieben mit den vorgestellten Vorteilen führen.

In diesem Beitrag über die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten der 3-Wege-Weiche bei der Lösung altbekannter Probleme und der Optimierung hydraulischer Antriebe konnten nur einige Grundsaltungen gezeigt werden. Es ist daraus aber erkennbar, dass das Denken nur in Standardbauteilen nicht immer eine zufriedenstellende Lösung ergibt und erst der Einsatz eines funktionsorientierten Ventils zu einem optimalen Ergebnis führt.

Mit den heute, auch bei AlphaFluid zur Verfügung stehenden Tools, von der rechnergestützten Problemanalyse über die Lösung und Visualisierung in 3D-CAD und einer konstruktionsnahen und hohen CNC-Fertigungstiefe bei gleichzeitig durchgängiger Organisationsstruktur, sind heute »maßgeschneiderte« Baugruppen für innovative Hydrauliksysteme mit funktionellen und wirtschaftlichen Vorteilen auch bei kleinen Stückzahlen möglich.