



Pumpenregelung – simpel oder intelligent?

Regelpumpen haben einen festen Platz in der Hydraulik. Ihr Vorteil: Sie stellen nur soviel Förderstrom bzw. Leistung zur Verfügung, wie für die vorgegebene Bewegungsaufgabe nötig ist. Doch welche Pumpenregelung eignet sich für welche Anwendung? Mechanisch-hydraulische oder elektrohydraulische Pumpenregelung? Wo liegen die Unterschiede?

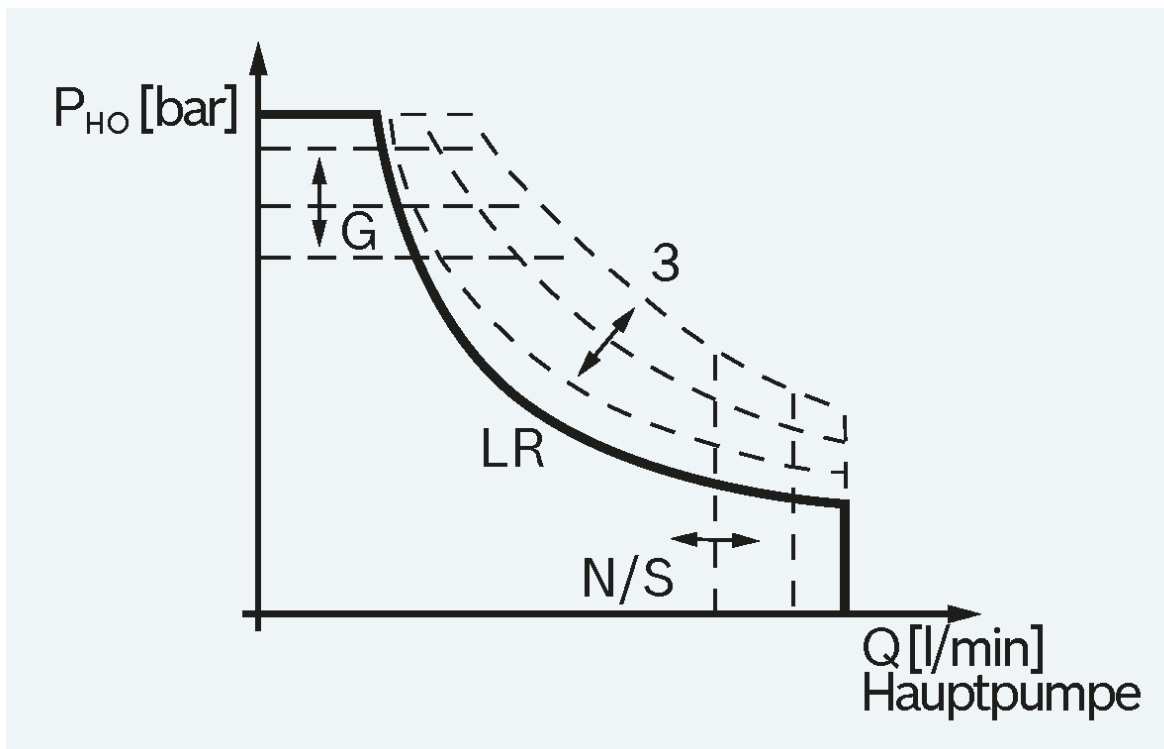


Bild 1: Pumpenregelfunktionen

Die Vor- und Nachteile der beiden Pumpenregelungstypen lassen

sich gut am Beispiel einer Volumensteuerung in einer Ziehpresse erklären. Der hydraulische Antrieb des Zylinders basiert auf einer Verstellpumpe, die im offenen Kreislauf arbeitet. Das Fördervolumen beträgt 250 cm³, der Nenndruck 350 bar. Das mechanische Eingangssignal wird hydraulisch verstärkt. Dabei kommen auf die Pumpe drei typische Regelaufgaben zu: Förderstromregelung (N- bzw. S-Funktion), Leistungsregelung (LR-Funktion) und Druckregelung (G-Funktion).

01) Pumpenregelung mechanisch-hydraulisch: einfach, aber limitiert

Das mechanische Eingangssignal vom Handhebel wird hydraulisch verstärkt. In diesem Fall wird der Volumenstrom per Load-Sensing geregelt. Dabei wird der Pumpenschwenkwinkel unabhängig von der am Verbraucher auftretenden Last durch ein Load-Sensing-Ventil nachgeführt, das auf ein Δp von 20 bar eingestellt ist. Die Geschwindigkeit am Verbraucher bleibt somit konstant.

Der Nachteil: Die Drosselung des Volumenstroms am Pumpenausgang geht mit einer Verlustleistung einher, die sich vollständig in Wärme umwandelt und den Kühlbedarf erhöht. Vorteilig ist dagegen der einfache Aufbau, der nicht einmal eine Steuerölpumpe benötigt, da die Verstellenergie dem Hochdruck entnommen wird. Aufgrund des stetigen Δp von 20 bar ist ferner auch die Stromregelung bei kleinen Drücken möglich.

Leistungsregler steigern Komplexität

Der Bedarf für eine zusätzliche Steuerölpumpe ist dann gegeben, wenn die Ziehpresse – etwa aus sicherheitstechnischen Gründen – einen Volumenstrom Null bei kleinem Gegendruck (maximal 4 bar) voraussetzt. Es sind weitere Komponenten für

die Realisierung des Leistungsregler notwendig.

02) **Elektrohydraulische Pumpenregelung**

Datenerfassung und Abgleich durch Regelelektronik Eleganter ist demgegenüber ein elektrohydraulisches System mit nur einem schnellen Regelventil an der Pumpe und ergänzender Regelelektronik. Die geregelten Größen (Weg, Kraft und Geschwindigkeit) entsprechen den analogen hydraulischen Größen Volumenstrom und Druck.

Das Prinzip: Ein Schwenkwinkelaufnehmer auf dem Stellkolben und ein separater bzw. angebauter Druckaufnehmer erfassen die Ist-Werte von Förderstrom und Druck. Nach Vergleich mit den vorgegebenen Sollwerten führt die Steuerung alle Aufgaben der Strom-, Druck- und Drehmomentenbegrenzung aus und gibt eine Sollwertgröße an das Ventil. Bild 2 zeigt verschiedene Pumpenregelsysteme, die jeweils autarke Subsysteme bilden und über entsprechende Schnittstellen an die Maschinensteuerung angeschlossen werden.

Heute stehen bereits eine Vielzahl von Motion Controls und NC-Steuerungen für hydraulische Aktoren zur Verfügung. Sie umfassen schaltschranklose Einachsregler, bei denen die Steuerelektronik komplett im Ventil integriert ist, bis hin zu schaltschrankbasierten Mehrachsreglern für komplexe Aufgaben. Darüber hinaus verbessern intelligente Pumpenregler die Systemleistung. Diese Steuerungen kommunizieren über die etablierten Feldbusse oder Ethernet-Protokolle mit übergeordneten Systemen und können mit diesen offenen Standards vollständig in Industrie 4.0-Architekturen eingebunden werden – damit ist die intelligente, vernetzbare Hydraulik vollständig Industrie 4.0 fähig.

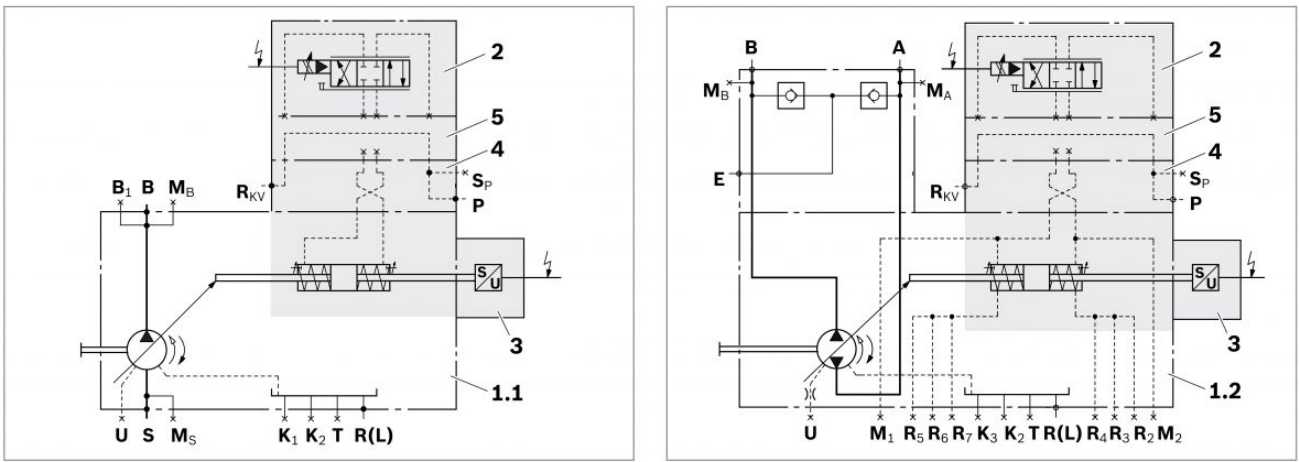


Bild 2: Pumpenregelsysteme mit offenem Kreislauf (links) und mit geschlossenem Kreislauf (rechts)

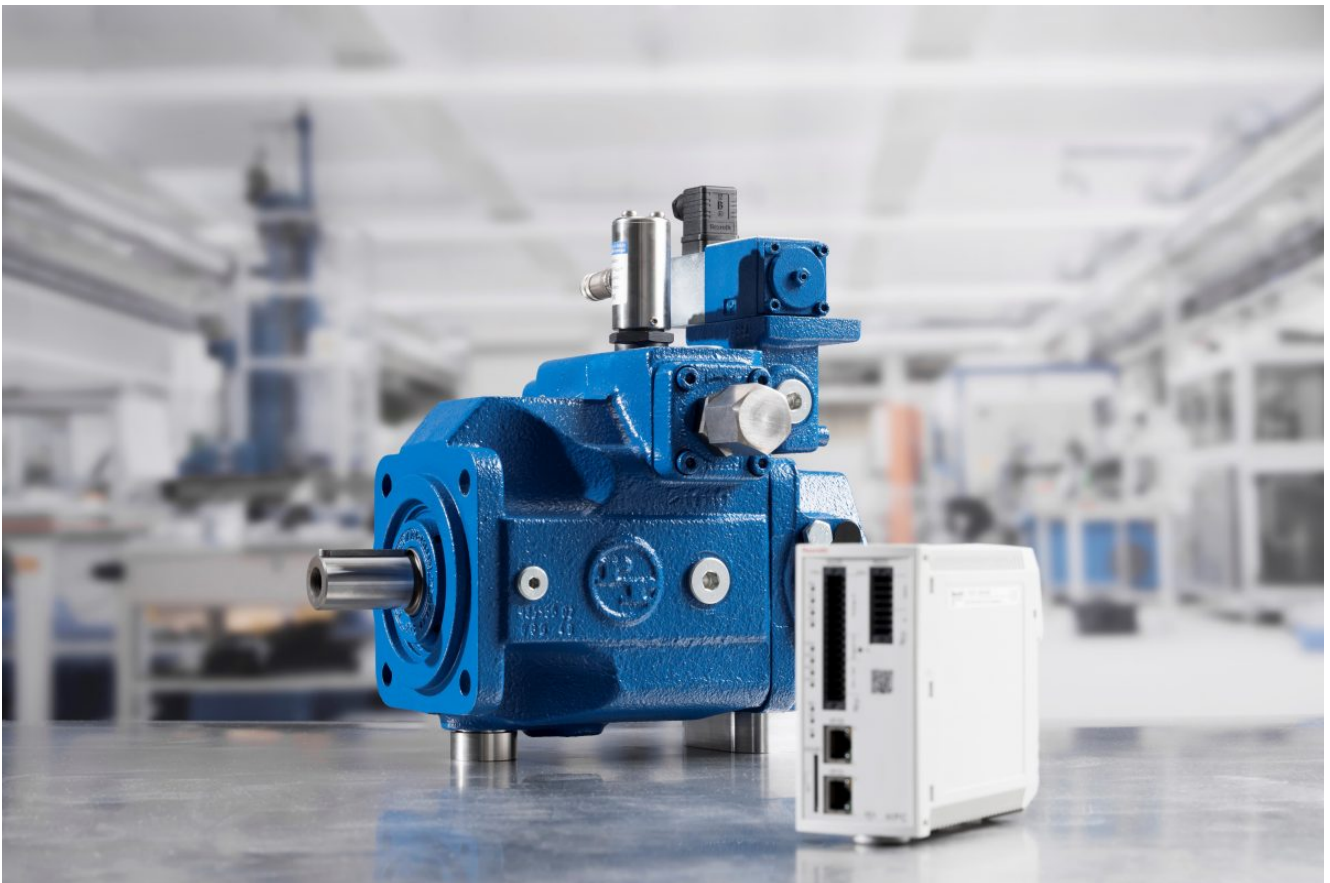


Bild 3: Elektrohydraulische Pumpenregelung HPC (rechts) und Axialkolbenpumpe mit HS5-Verstellung (links) von Rexroth

03) Entscheidungshilfe: Auswahl der Pumpenregelung

Ob letztlich die mechanisch-hydraulische oder elektrohydraulische Variante die bessere Wahl für die jeweilige Anwendung darstellt, hängt zunächst von der zu regelnden physikalischen Größe ab. Volumenstrom und Druck lassen sich auf beide Arten regeln. Für eine Begrenzung des Drehmoments erfordert die mechanisch-hydraulische Methode jedoch einen zusätzlichen Leistungsregler, der den Volumenstrom bei gleichbleibendem Druck verändert und gleichzeitig die Komplexität der Hydraulik erhöht.

Master-Slave-Pumpenkombinationen

Eine für viele Anwendungen interessante Master-Slave Pumpenkombination ist ausschließlich mit einer elektrohydraulischen Regelung machbar, erlaubt aber kombinierte Pumpensysteme mit besonderen Eigenschaften. Hält etwa die Masterpumpe durch früheres Ausschwenken der Pumpe ab einem gewissen Zeitpunkt einen bestimmten Volumenstrom vor, kann sie bereits beim Loslaufen des Motors auf vollem Schwenkwinkel stehen und ins System fördern, was wiederum die Geschwindigkeit und Präzision der Anwendung erhöht.

Wie dynamisch und akkurat soll die Pumpe sein? Weitere Entscheidungskriterien bilden die geforderte Dynamik und Präzision. Ist etwa eine besonders hohe Dynamik mit bis zu 80ms gewünscht, bietet sich eine primärgeregelte Pumpe an. Bezüglich Präzision überzeugen elektrohydraulische Regelsysteme mit einer Wiederholgenauigkeit von $\leq 0,2\%$ beim Druck und einer Linearitätsabweichung beim Schwenkwinkel von $\leq 1\%$. Im Vergleich dazu bringen es mechanisch-hydraulische Regelungen auf etwa $\pm 1,5\%$ Wiederholgenauigkeit beim Druck und eine Linearitätstoleranz von 2,5 bis 7 % von V_{gmax} . Dabei gelten alle Werte für eine konstante Betriebstemperatur von 50°.

Fazit

Die Stärke der mechanisch-hydraulischen Pumpenregelung liegt in ihrer Einfachheit. Allerdings überzeugt sie auch nur in entsprechend eindeutigen Anwendungsfällen. Mit steigenden Anforderungen hinsichtlich Funktion, Präzision und Energieeffizienz führt kein Weg an elektrohydraulischen Regelsystemen vorbei, die eine bedarfsgerechte Druck und Förderstromregelung mit hoher Regelgüte erlauben. Weil sich digitale Regelelektronik mit integrierter Multi-Ethernet-Schnittstelle darüber hinaus in verschiedenste Strukturen einfügen kann, schafft sie letztendlich auch die Voraussetzungen für die zunehmend geforderte Vernetzung im Sinne von Industrie 4.0.

Frage	Elektrohydraulische Regelsysteme (Onboard oder schaltschrankbasiert)	Mechanisch-hydraulische Regelung
Welche physikalischen Größen sind in der Maschine zu regeln?	Volumenstrom und Druck, Drehmomentbegrenzung, Master-Slave Pumpenkombination	Volumenstrom oder Druck,
Wie dynamisch soll die Pumpe sein (z.B. Stellzeit)?	Schnelle Schwenkzeit, z.B. bis 80ms (je nach Nenngröße der Pumpe)	Schwenkzeiten 150 bis 300ms (je nach Nenngröße der Pumpe)
Wie genau soll die Regelung sein?	Hohe Wiederholgenauigkeit ($\leq 0,2\%$), sehr geringe Linearitätstoleranz, Schwenkwinkel $\leq 1\%$ Werte gelten für konstante Betriebstemperatur von 50°	Wiederholgenauigkeit: $\pm 1,5\%$ und mehr), Linearitätstoleranz $\leq 2,5\%$, bis zu 7% von V_{gmax} Werte gelten für konstante Betriebstemperatur von 50°
Einbindung in die Steuerungsebene?	Ja, mit SERCOS und Multi-Ethernet Bussystemen, oder analoge Einbindung	nein
Erfordert die Applikation eine Pumpenkombination?	Ja	nein
Pumpenkombination?		
Ist der Hydraulikkreislauf offen oder geschlossen?	Beides möglich	Beides möglich
Kompensation von Störgrößen, z.B. Lecköl oder Temperatur?	Ja	Nein
Sollen Ferndiagnose oder Fernwartung möglich sein?	Ja	Nein
Know-how über elektronische Regelungstechnik vorhanden?	Ja. Vereinfachung des Engineerings durch offene technologieübergreifende Engineering-Umgebung möglich	Nein

Mögliche Regelungsarten	Elektronische Regelung onboard	Elektron. Regelung schaltschrankbasiert	Mechanisch-hydraulische Regelung
Schwenkwinkel	X	X	X
Druck	X	X	X
Drehmoment	X	X	X (z.B. mittels Leistungsregler)
Master Slave	X	X	-

Infografik: Entscheidungshilfe zur Auswahl der Pumpenregelung

[Entscheidungshilfe](#) zur Auswahl der richtigen Pumpenregelung

Mehr Informationen über intelligente Pumpenregelung:
www.boschrexroth.de/hpc