

# Grundlagen der Proportionalhydraulik

## 1 WAS SIND ELEKTROHYDRAULISCHE PROPORTIONALSTEUERUNGEN?

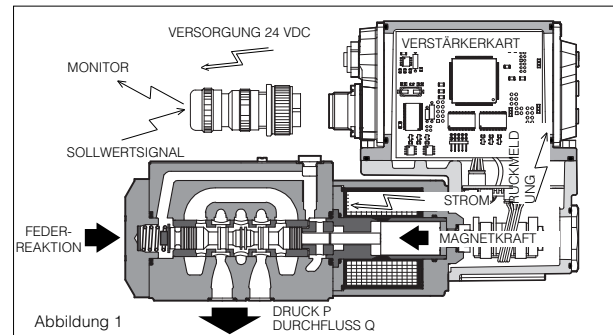
Elektrohydraulische Proportionalsteuerungen modulieren die hydraulischen Parameter je nach den elektronischen Sollwertsignalen. Sie sind eine ideale Schnittstelle zwischen den hydraulischen und elektronischen Systemen und werden in offenen oder geschlossenen Regelkreis-Steuerungen (siehe Abschnitt 3) zur Gewährleistung der schnellen, ruhigen und genauen Bewegungen verwendet, wie sie heutzutage für moderne Maschinen und Anlagen benötigt werden.

Das elektrohydraulische System ist ein Teil der gesamten Automatisierungsarchitektur, mit dem Informationen, Steuerungen und Alarmer auf "transparente" Weise an die zentralisierte elektronische Steuerungseinheit und umgekehrt, auch über Standard-Feldbus, übertragen werden, siehe Datenblatt F002 für "Grundlagen der digitalen Proportionalventiltechnik".

Elektrohydraulische Proportionalsteuerungen bieten folgende Vorteile im Vergleich zu den elektromechanischen Systemen: Eigenüberlastschutz, automatische Kraftanpassung, schnelles Betriebsverhalten, Selbstschmierung des Systems, einfache stufenlose Variation der Geschwindigkeit, Energiespeicherfähigkeit, hohe Leistungsdichte, Kräfte und Drehmomente, lange Lebensdauer und hohe Zuverlässigkeit.

## 2 WAS IST EIN PROPORTIONALVENTIL?

Der Kern der elektrohydraulischen Steuerungen ist das Proportionalventil, das einen Druck  $P$  oder einen Durchfluss  $Q$  entsprechend dem von der Systemsteuerung erzeugten Sollwertsignal regelt (in der Regel  $\pm 10 V_{DC}$ ). Das Proportionalventil muss über einen elektronischen Regler (siehe Datenblatt G001) gesteuert werden, der einen geeigneten elektrischen Strom regelt, mit dem der Magnet des Ventils je nach Sollwertsignal versorgt wird. Der Magnet wandelt den elektrischen Strom in mechanische Kraft um, sodass der Kolben gegen eine Feder wirken kann: Die steigende Spannung bewirkt eine Kraftzunahme, die darauffolgende Kompression der Feder und daher die Kolbenbewegung. Proportionalventile können einstufig oder gesteuert, mit oder ohne Druck-/Wegaufnehmer sein. Proportionalventile mit Aufnehmer gewährleisten eine bessere Regelungsgenauigkeit. Bei den gesteuerten Ausführungen regelt das Proportionalsteuerventil den Durchfluss und den Druck während der verschiedenen Betriebsphasen. Bei Auftreten von elektrischen Störungen, setzt die Feder das Ventil in die neutrale Position je nach Ventilkonfiguration zurück, um einen ausfallsicheren Betrieb zu gewährleisten und sicherzustellen, dass bei Ausfall des Sollwertsignals oder bei Stromausfall, die Systemkonfiguration nicht beschädigt wird. Der ausfallsichere Betrieb kann direkt durch das Proportionalventil gewährleistet werden (Ausfallsicherheit in der Ventilkonfiguration) oder kann durch den darauffolgenden Betrieb einer Gruppe von Ventilen realisiert werden.



## 3 REGELKREISSTEUERUNGEN

Heutzutage sind Industriemaschine Mehrachsenmaschinen, die mehr und mehr durch Proportionalsteuerungen elektrohydraulisch kontrolliert werden. Die Achsenbewegung kann entweder im "offenen" oder "geschlossenen Regelkreis" je nach Genauigkeitsanforderung der Anwendung gesteuert werden. Bei vielen Anwendungen benötigen die Bewegungszyklen kein Höchstmaß an Genauigkeit und werden daher im offenen Regelkreis gesteuert. Andere Anwendungen, die die Installation eines Stellantriebs verlangen, werden dagegen im geschlossenen Regelkreis gesteuert.

### STEUERUNGEN DER BEWEGUNG IM OFFENEM REGELKREIS

Die Achsensteuerung erfolgt durch ein Sollwertsignal, das an den Regler des Proportionalventils gesendet wird. Eine Rückmeldung der durch das Ventil geregelten hydraulischen Parameter ist nicht vorgesehen.

Die Genauigkeit der Steuerung im offenen Regelkreis ist von der einwandfreien Qualität des hydraulischen Systems und insbesondere des Proportionalventils und des entsprechenden Reglers stark abhängig.

### STEUERUNGEN DER BEWEGUNG IM GESCHLOSSEM REGELKREIS

Die Achsensteuerung erfolgt durch ein Sollwertsignal, das an den Regler der Achse im geschlossenen Regelkreis gesendet wird und eine Rückmeldung vom Stelltriebenaufnehmer erhält. Der Regler vergleicht die beiden Signale und der resultierende Fehler wird dann an das Proportionalventil gesendet, um dessen Regelung den PID-Regelkreis-Anforderungen anzupassen.

Die Genauigkeit des geschlossenen Regelkreises ist im Verhältnis zum offenen Regelkreis wesentlich besser; zudem wird sie dank des Feedbacks durch externe Umgebungsstörungen weniger beeinflusst.

Je besser die Ausführung des Hydrauliksystems ist, desto besser die Genauigkeit der Achsensteuerung.

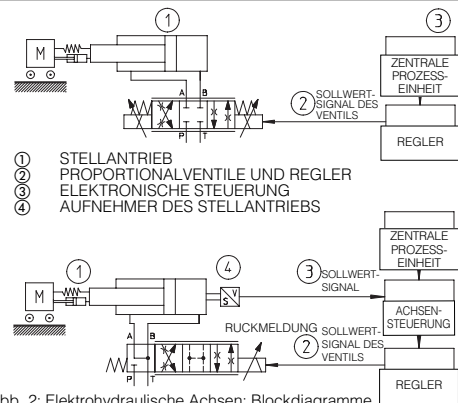


Abb. 2: Elektrohydraulische Achsen: Blockdiagramme

## 4 PROPORTIONALVENTILE UND REGLER

Atos Ventile sind in Kolben oder Cartridge Ausführung erhältlich und werden in drei verschiedenen Funktionsfamilien gruppiert:

- **Drucksteuerungventile: Begrenzungsventile** und **Druckminderventile**, die den hydraulischen Druck des Systems proportional zum Sollwertsignal regeln;
- **Vierwegesteuerventile:** Sie steuern und modulieren den Durchfluss zu einem Stellantrieb proportional zum Sollwertsignal. Diese Ventile können im offenen oder geschlossenen Regelkreis verwendet werden, um die Richtung, Geschwindigkeit und Beschleunigung der Stellantriebe zu bestimmen;
- **Durchfluss-Steuerungventile:** 2- oder 3-Wegeventile mit Druckausgleich zur Modulierung des Durchflusses unabhängig von den Verbraucherbelastungen.

Atos Proportionalventile sind mit effizienten Magneten **ZO** und **ZOR** (30 W und 40 W) ausgestattet, die für direktwirkende Ventile nach ISO 4401 Nenngröße 06 und 10 ausgelegt und mit unterschiedlichen Optionen erhältlich sind:

**A:** ohne integriertem Aufnehmer, offener Regelkreis;

**AE, AEB, AES:** wie ZO-A aber mit integriertem elektronischem Regler, analog oder digital;

**R:** mit integriertem Digitalem- Druckaufnehmer;

**REB, RES:** wie R aber mit integriertem elektronischem Digitalregler;

**T, L:** mit integriertem LVDT einzelem/doppeltem Wegaufnehmer, geschlossener Regelkreis, mit hohen statischen und dynamischen Leistungen;

**TE, TEB, TES, LE, LEB, LES:** wie T, L aber mit integriertem elektronischem Regler, analog oder digital

In den AE, TE, LE Ventilen der neuen Generation, ist der elektronische Regler in den Proportionalventilen integriert und werkseitig eingestellt, um eine Feinfunktionalität und die Austauschbarkeit der Ventile zu gewährleisten und die Verkabelung und das Setup des Systems zu vereinfachen. Die Elektronik ist versiegelt und in einer Metallbox IP67 untergebracht, um sie vor Vibrationen, Stößen und Wasser zu schützen; die Spulen sind vollständig in Kunststoff gekapselt. Für weitere Einzelheiten über elektronische Regler, siehe Datenblatt G001.

**5 TYPISCHE ELEKTROHYDRAULISCHE BEGRIFFE**

- Wiederholgenauigkeit:** Maximaler Unterschied bei der hydraulischen Regelung des Ventils bei Wiederholung desselben Sollwertsignals. Die Wiederholgenauigkeit wird in Prozent des Maximalwerts des geregelten hydraulischen Parameters gemessen.
- Überlappung:** Prozentsatz des von der zentralen Position ausgehenden Kolbenhubs, bei dem das Ventil geschlossen bleibt.
- Fail Safe:** Sicherheitskonfiguration des Kolbens in Abwesenheit der Stromversorgung
- Linearkolben:** Bietet eine lineare Korrespondenz zwischen Ventilregelung und Sollwertsignal
- Progressiver Kolben:** Bietet eine progressive Regelung und Feinsteuerbereich bei kleinen Durchflüssen
- Differential-Kolben:** Wie bei progressiver Regelung jedoch mit P-B=50% von P-A
- Leckage:** Durchfluss von P nach T mit dem Ventilkolben in zentraler Position. Ist von der Qualität der mechanischen Ventilausführung direkt abhängig.
- Sollwertsignal:** Elektrisches Signal der Maschinen SPS an das elektronische Regelventil, um den erforderlichen Regelungswert einzustellen.
- Antriebsstrom:** Strom, der vom elektronischen Regler an den Magnet des Ventils gesendet wird.
- Bias-Strom:** Statistisches Offset, das dem Sollwertsignal hinzugefügt wird, um die positive Kolbenüberlappung auszugleichen.
- Dither:** Pulsfrequenz der Regelung, um die Ventil-Hysterese zu minimieren.
- Reglungsskala:** Einstellung der Ventilregelung bei maximalem Sollwertsignal.
- Rampenzeit:** Zeit (in sec.) die zur sanften Positionierung des Ventils bei einem schlagartigem Sollwertsignal Sprungschritt benötigt wird.

**6 TYPISCHE DIAGRAMME DER PROPORTIONALSTEUERUNGEN**

