

## Höhere Antriebsdynamik und bessere Genauigkeit mit PT<sub>1</sub>- statt P-Regler

Dass hydraulische Antriebe schwer zu regeln sind, würden wir als etwas übertrieben bezeichnen. Es gibt aber einiges zu beachten. Ein wichtiger Punkt ist die maximale Kreisverstärkung [V<sub>0</sub>] des geregelten Positionierantriebs.

$$V_0 \leq 2 \cdot d \cdot \omega_0$$

Diese typische Berechnung (für ein System 3. Ordnung) beschreibt die Stabilitätsgrenze. In der Praxis muss eine deutlich kleinere Verstärkung eingestellt werden. Bei einem hydraulischen Antrieb mit einer Dämpfung [d] = 0,1 ergibt sich  $V_0 \leq 0,07 \cdot \omega_0$ , für den Fall, dass überschwingfrei positioniert werden soll.

### Beispielantrieb:

Eigenfrequenz = 16,67 Hz ( $\omega_0 = 100 \text{ s}^{-1}$ ), Dämpfung = 0,1

Kritische Kreisverstärkung =  $20 \text{ s}^{-1}$

Typische Kreisverstärkung =  $10 \text{ s}^{-1}$

Kreisverstärkung (ohne Überschwingen)  $\leq 7 \text{ s}^{-1}$

### Wie kann das Regelverhalten ohne großen Aufwand verbessert werden?

Der kritische Faktor des hydraulischen Systems ist die geringe Dämpfung, die zu einer erhöhten Schwingneigung führt. Wird der Antrieb gedämpft angesteuert, so wird sich die Schwingneigung reduzieren. Die einfachste und direkteste Methode ist der Einsatz eines PT<sub>1</sub>-Reglers. Der PT<sub>1</sub>-Regler verzögert die Ansteuerung der Hydraulik, wodurch sich ein besser gedämpftes Verhalten ergibt. Ist der Antrieb besser gedämpft, so kann eine höhere Kreisverstärkung eingestellt werden.

### Wie muss ein solcher Regler eingestellt werden?

Unsere Untersuchungen haben ergeben, dass die optimale Zeitkonstante für den Regler 63 % der Zeitkonstante des Zylinderantriebs beträgt und dass die Kreisverstärkung um 50 % angehoben werden kann.

Die typische Einstellung für dieses Beispielsystem ist somit  $V_0 = 15 \text{ s}^{-1}$  und  $t = 0,015 \text{ s}$ .



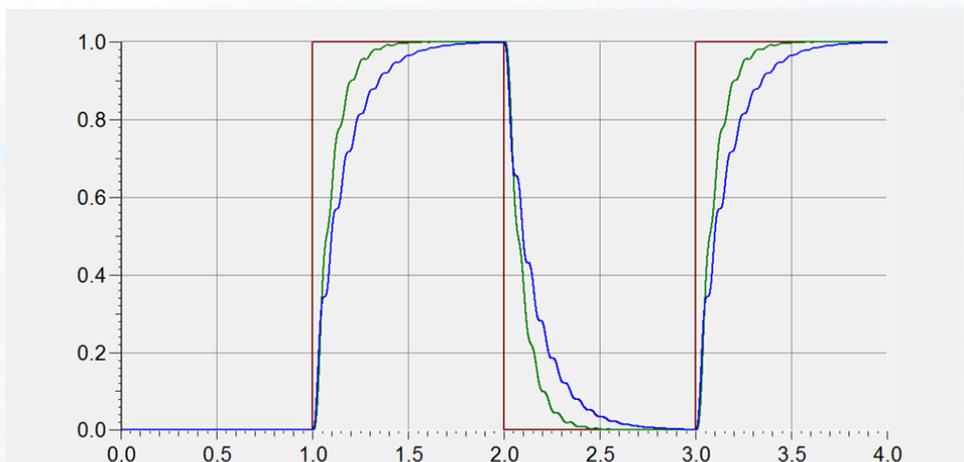
Alle POS Baugruppen  
(Beispiel: UHC-126)

### Welchen Einfluss hat das Proportionalventil?

Wenn wir das Regelverhalten des Systems mit einem PT<sub>1</sub>-Regler künstlich verlangsamen, kann dann nicht einfach auch ein langsames Ventil (Ventil mit einer niedrigeren Eigenfrequenz) eingesetzt werden? Im Prinzip ja. Ein langsames Ventil dämpft den Antrieb ebenfalls. Nun lässt sich das Ventil leider nicht an den Antrieb anpassen. Liegt die Eigenfrequenz aber im Bereich von 50... 75 % der Zylindereigenfrequenz, so kann man auf den PT<sub>1</sub>-Regler verzichten. Ein weiterer regelungstechnischer Nachteil von klassischen Proportional- und Regelventilen ist die dynamische Nichtlinearität. Die Ventile haben bei kleinen Amplituden (kleinen Volumenströmen) eine deutlich höhere Eigenfrequenz als bei großen Amplituden. Genau dann, wenn mehr Dämpfung erforderlich wäre, werden die Ventile dynamischer. In einem solchen Fall ist der PT<sub>1</sub>-Regler sehr vorteilhaft, da er amplitudenunabhängig immer das gleiche dynamische Verhalten aufweist.

### Zusammenfassung der Ergebnisse:

- Die Vorteile sind eine höhere Dynamik und ein besseres Positionierverhalten (siehe unteres Bild).
- Ein hochdynamisches Ventil zusammen mit einem PT<sub>1</sub>-Regler bringt die besten Ergebnisse.
- Relativ langsame Ventile, die ein PT<sub>1</sub> ähnliches Verhalten nachbilden, können durchaus zu einem sehr zufriedenstellenden Regelverhalten, auch ohne PT<sub>1</sub>-Regler, führen.



ROT = Sollwert, BLAU = Istwert mit einem P-Regler, GRÜN = Istwert mit einem PT<sub>1</sub>-Regler.  
Beide Regler wurden so eingestellt, dass überschwingfrei positioniert werden kann.