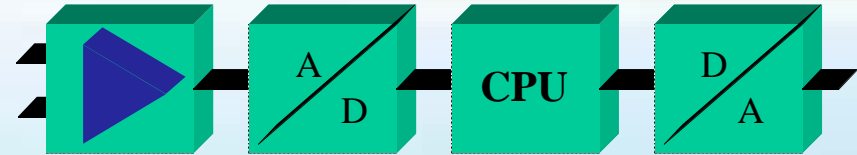


W.E.ST.

Elektronik GmbH



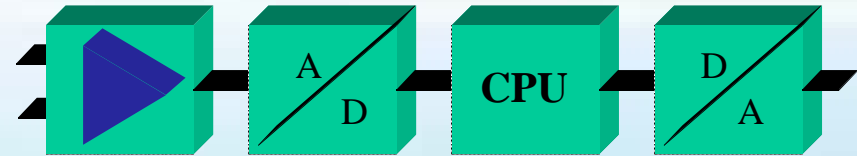
Ihr Partner für moderne hydraulische Antriebslösungen

- *POS-123-A (Beispielanwendung)*

Poststraße 26, 41372 Niederkrüchten

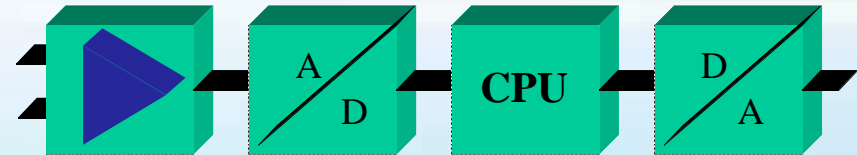
Tel: +49 (0)2163 577 355-13, Fax: +49 (0)2163 577 355-11, EMAIL: ulrich.walter@w-e-st.de

W.E.ST. Elektronik: POS-123 – Der Regelkreis



Eine Beispielanwendung zur schnelleren Inbetriebnahme

- 1. Die hydraulische Anwendung*
- 2. Verkabelung*
- 3. Vorkonfiguration*
- 4. Optimierung*

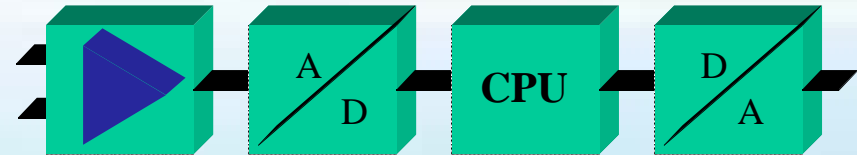


Vorteile der elektro-hydraulischen Positioniersteuerung

1. *Lineare Bewegung*
2. *Sehr robust*
3. *Hohe Kräfte*
4. *Einfach zu regeln**
 - *keine komplexen Regelkreise*
 - *einfach zu optimieren, Ergebnisse sind vorab kalkulierbar*

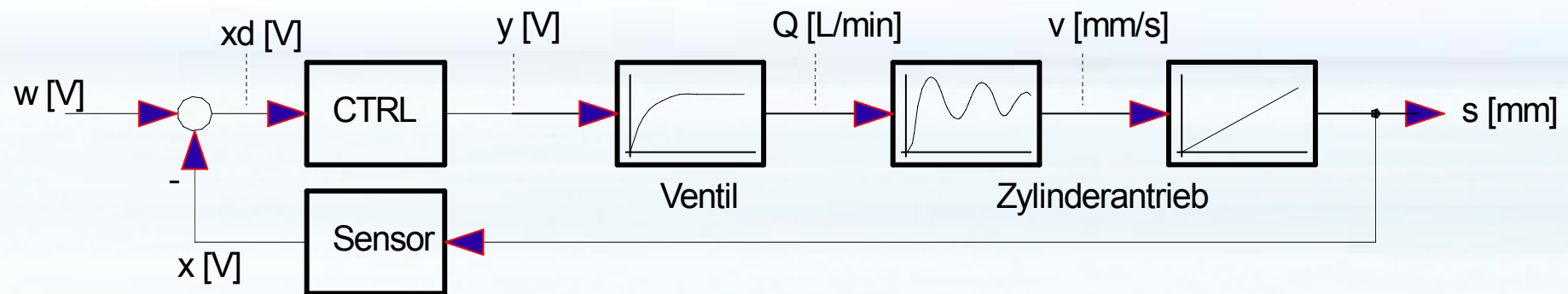
** Dies gilt für bei begrenzten Anforderungen an das dynamische Verhalten des Antriebs. In den meisten Fällen sind komplexe Regelungen (z. B. Zustandsregelungen) nicht erforderlich.*

W.E.ST. Elektronik: POS-123 – Der Regelkreis

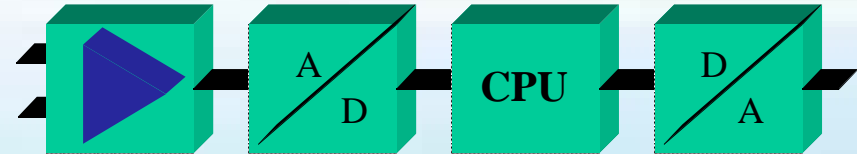


Grundstruktur des Positionsregelkreises mit analogen Signalen

- *Der Regler berechnet die Differenz (x_d) aus dem Sollwert (w) und dem Istwert (x), verstärkt das Signal und gibt die Stellgröße (y) aus.*
- *Das Ventil wandelt das Stellsignal (y) in einen Volumenstrom (Q).*
- *Der Zylinder setzt diesen Volumenstrom (Q) in eine Geschwindigkeit (v) um. Da es sich bei dem Zylinder um eine Strecke ohne Ausgleich handelt, ist das Ausgangssignal eine sich stetig verändernde Position (s) (eine integrierende Ausgangsgröße). Die Geschwindigkeit ist proportional zum Volumenstrom.*
- *Der Sensor wandelt die Position (s) in eine analoge Spannung um.*



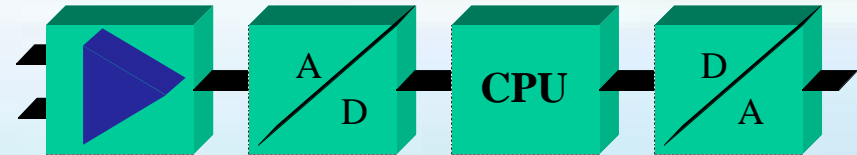
W.E.ST. Elektronik: POS-123 – Der Regler



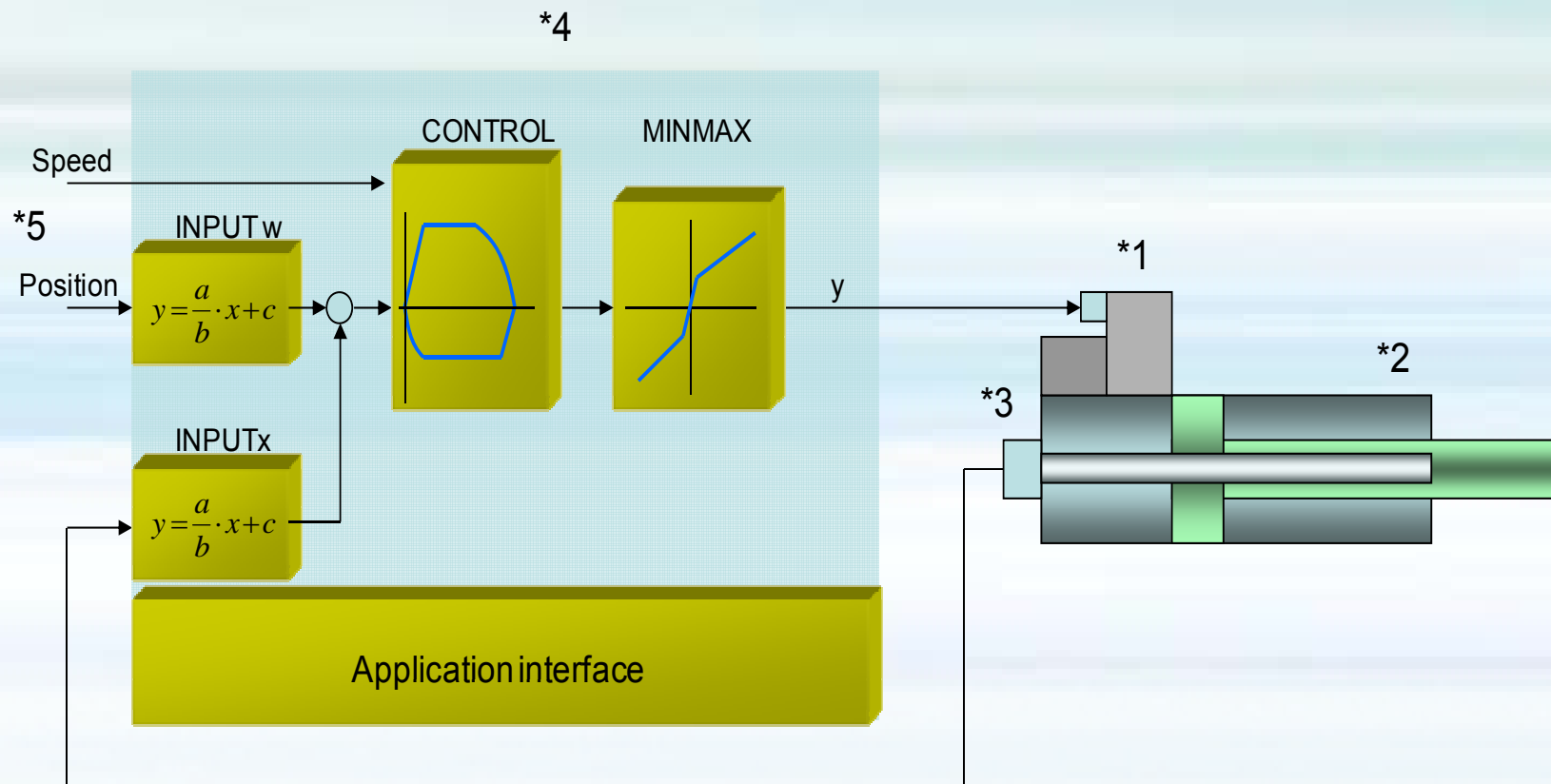
Die Regelfunktion des Positionsregelkreises

- *Ausgehend vom klassischen PID Regler wird bei der hydraulischen Positioniersteuerung nur der P-Anteil benötigt:*
 - *Infolge der integrierenden Funktion des Zylinders ist ein Integrator im Regler nicht erforderlich, es würde zu einem deutlichen Schwingen kommen.*
 - *Hydraulische Antriebe weisen eine sehr geringe Dämpfung auf. Der D-Anteil im Regler wirkt in den meisten Fällen destabilisierend.*
 - *Zusätzliche Maßnahmen wie ein PT1 oder PPT1 Regler sowie ein Stillstands-Integrator können das Regelverhalten verbessern.*

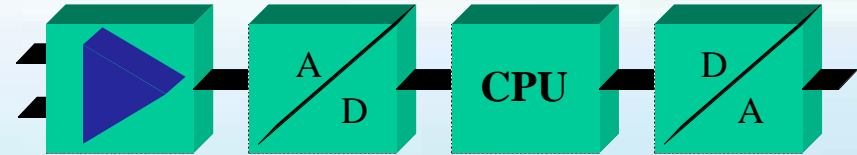
W.E.ST. Elektronik: POS-123



Systemstruktur



W.E.ST. Elektronik: POS-123 – Anforderungen

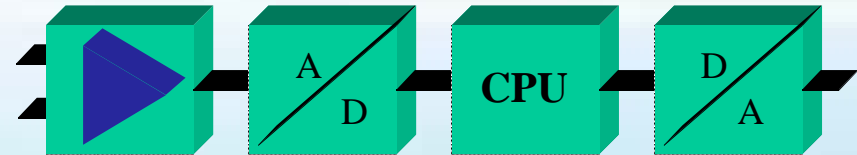


Welche Anforderungen sind zu stellen bzw. zu berücksichtigen?

- 1. Die Positioniergenauigkeit*
- 2. Die Dynamik (Nicht zu verwechseln mit der Geschwindigkeit, da hier die Beschleunigung, Verzögerung und die Schwingneigung auch berücksichtigt werden müssen).*
- 3. Die Geschwindigkeit, die Reproduzierbarkeit / Konstanz der Geschwindigkeit*
- 4. Die statische und dynamische Laststeifigkeit*

W.E.ST. Elektronik:

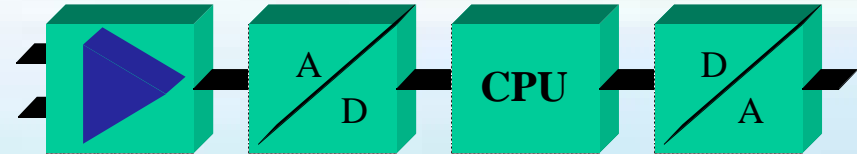
POS-123 – Positioniergenauigkeit



Wodurch wird die Positioniergenauigkeit beeinflusst (die Nummern stehen für die Priorität)?

1. Durch die Qualität des Proportionalventils (Ansprechempfindlichkeit / Hysterese). D. h., wie gut (und mit welcher Auflösung) wird das elektrische Signal in einen Volumenstrom umgesetzt. Ein fehlerhaft (über)dimensioniertes hydraulisches System beeinflusst die Genauigkeit signifikant.
2. Durch eine ungenügende Systemauslegung. Das hydraulische System, angefangen von der Druckversorgung, der hydraulischen Schaltungstechnik bis hin zur Komponentenauswahl ist nicht auf die Anforderungen abgestimmt. Dies ist immer im Zusammenhang mit Punkt 1 zu sehen.
3. Je schneller die theoretisch maximale Geschwindigkeit ist, um so schlechter ist die Positioniergenauigkeit. Siehe Punkt 1 (Signalauflösung = Geschwindigkeitsauflösung)
4. Signalauflösung des Sensors. Ab einem Bereich von 1:5000 müssen digitale Sensoren eingesetzt werden. Bis ca. 1:1000 sind analoge Sensoren ausreichend.
5. Das dynamische Verhalten des Systems (Eigenfrequenz des Zylinders und des Ventils sowie die Dynamik des Reglers). Kann nur mit Hilfe von komplexen Berechnungen analysiert werden.
6. Signalauflösung des Regelmoduls. Dieser Einfluss wird, in der Regel, erst bei hohen Anforderungen an die Genauigkeit relevant.

W.E.ST. Elektronik: POS-123 – Dynamik



Das dynamische Verhalten!

1. Grundsätzlich sollte die Eigenfrequenz des gesamten Systems so hoch wie möglich sein. Je höher die Eigenfrequenz, um so höher sind die Dynamik und auch die Genauigkeit des Positionierantriebes.

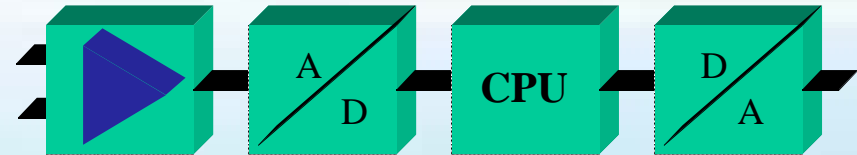
$$V_0 < 2 \cdot \omega_0 \cdot d$$

Achtung: Die Dämpfung (d) spielt ebenfalls eine entscheidende Rolle. Aus dem Produkt der Eigenkreisfrequenz und der Dämpfung berechnet sich die maximale Kreisverstärkung „ V_0 “.

2. Der Antrieb: Die Eigenfrequenz und die Dämpfung des Antriebs bestimmen das geregelte Verhalten. Eines der wichtigsten Merkmale eines guten Antriebs ist: das Proportionalventil sollte so nah wie möglich am Zylinder platziert sein. Ein hohes Totvolumen verringert sowohl die Eigenfrequenz als auch die Dämpfung.
3. Das Ventil: Der Einfluss einer hohen Ventileigenfrequenz wird im Allgemeinen (bei einschleifigen Regelkreisen) überschätzt. Infolge der geringen Dämpfung hydraulischer Antriebe sollte die Eigenfrequenz bei 50% bis 100% der Zylindereigenfrequenz liegen. Ist die Ventileigenfrequenz höher, so kann das Systemverhalten über einen PT1 Regler gedämpft werden.
4. Der Regler: Die Abtastzeit spielt bei den meisten Antrieben eine untergeordnete Rolle. Sie sollte dennoch im Bereich von ca. 1 ms liegen. Ab 3 ms kann eine deutliche Verschlechterung des Systemverhaltens beobachtet werden.

W.E.ST. Elektronik:

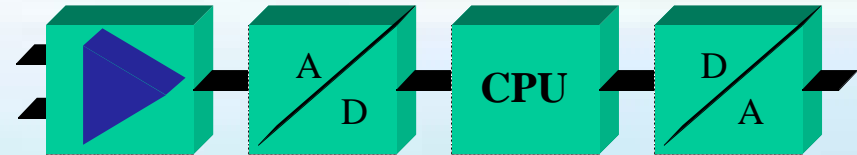
POS-123 – Laststeifigkeit



Die richtige Auslegung des Antriebs!

1. Die Laststeifigkeit wird durch eine möglichst hohe Kreisverstärkung und eine möglichst hohe Druckverstärkung bestimmt. Die statische Laststeifigkeit kann zusätzlich durch einfache regelungstechnische Maßnahmen verbessert werden. Die dynamische Laststeifigkeit bzw. eine Verbesserung der dynamischen Laststeifigkeit stellt dagegen sehr hohe Anforderungen sowohl an das Regelverhalten des hydraulischen Systems als auch an den Regler.
 2. Statische Laststeifigkeit: Der Antrieb wird durch eine Kraft aus der Position gedrückt und muss gegen diese Kraft regeln. Anhand der Kreisverstärkung, der maximalen Geschwindigkeit und der Druckverstärkung kann berechnet werden, wie groß dieser Positionsfehler bei einer gegebenen Kraft werden kann.
Alternativ kann über einen Stillstands-Integrator dieser Fehler kompensiert werden.
 3. Dynamische Laststeifigkeit*: Während der Fahrt (normalerweise im Schleichgang) baut sich eine externe Kraft auf. Diese Kraft bewirkt eine Reduzierung der Geschwindigkeit, die dann über den Regler (im NC Modus) wieder erhöht wird. Der Antrieb fährt mit höherem Schleppfehler, aber mit konstanter Geschwindigkeit. Die dynamische Laststeifigkeit ist abhängig vom gesamten dynamischen Verhalten, d. h., wie schnell auf die Geschwindigkeitsabweichung reagiert werden kann.
- * Die dynamische Laststeifigkeit wird im Folgenden nicht näher berücksichtigt. Weitergehende Informationen finden Sie in der Beschreibung unseres MR Reglers.

W.E.ST. Elektronik: Standard Positioniersteuerung

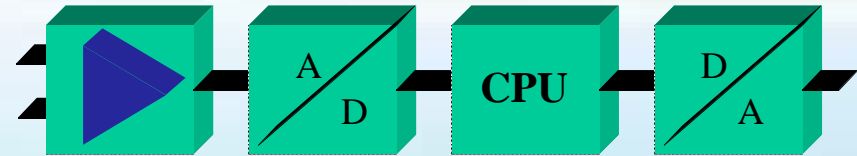


Aufgabenstellung:

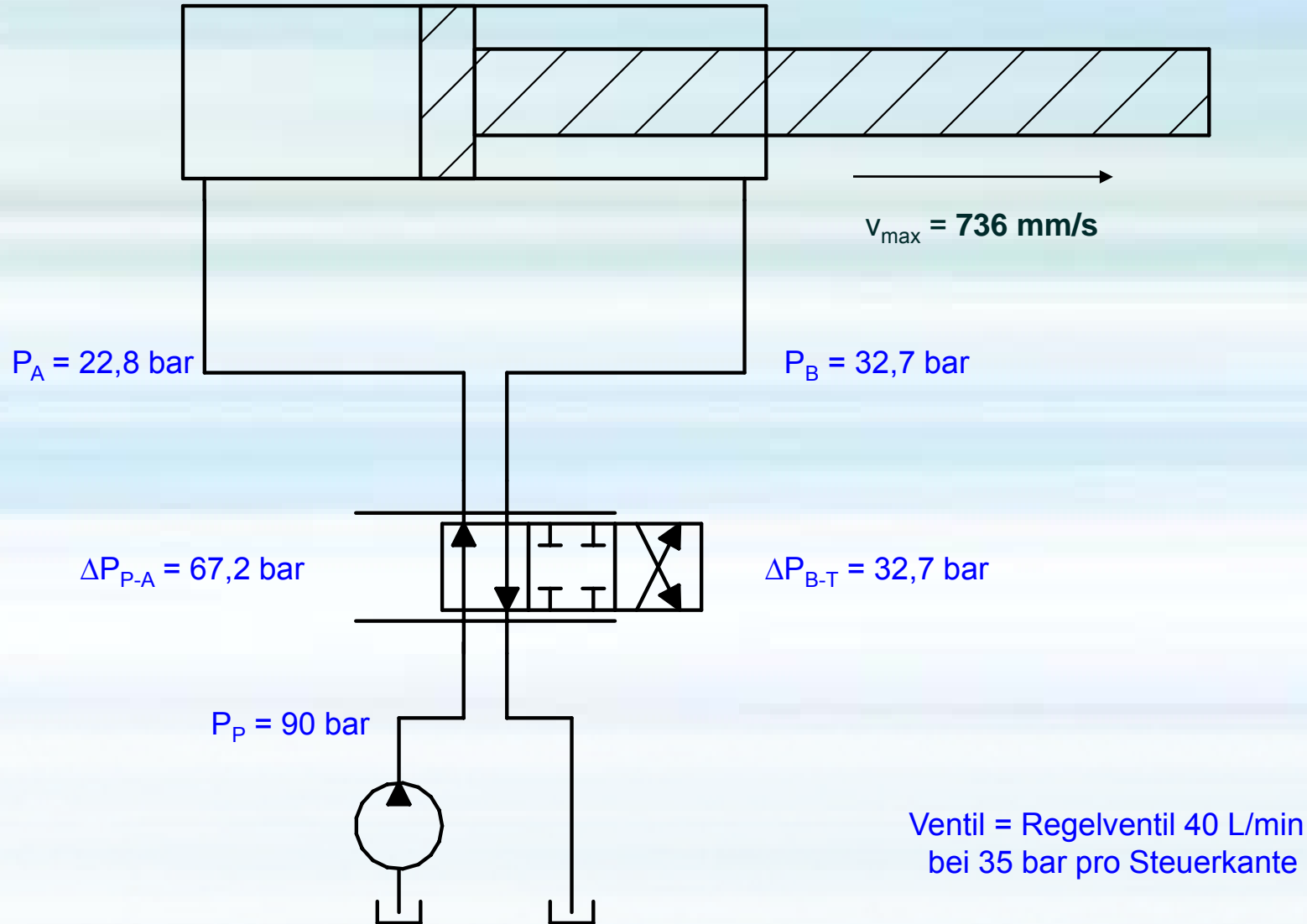
1. Es soll ein einfacher Positionierantrieb wahlweise mit Regelventilen bzw. preisgünstigen Proportionalventilen ausgerüstet werden.
2. Zylinder: Servocop 40/22 mit 300 mm Hub, angekoppelte Masse 40 kg
3. Maximale Geschwindigkeit: 500 mm/s
4. Druckversorgung: 80... 100 bar
5. Maximale Kraft: N
6. Positioniergenauigkeit: besser $\pm 0,1$ mm
7. Regelmodul: POS-123-A mit analogen Soll- und Istwerten

Dieser Antrieb ist ein schneller Hilfsantrieb. Die Genauigkeit von 0,1 mm bedeutet, dass eine Signalauflösung von ca. 1:3000 (0,33 mV) notwendig ist. Dies ist mit analogen Systemen (unter guten Voraussetzungen) machbar, aber auch nahe der technischen Realisierbarkeit.

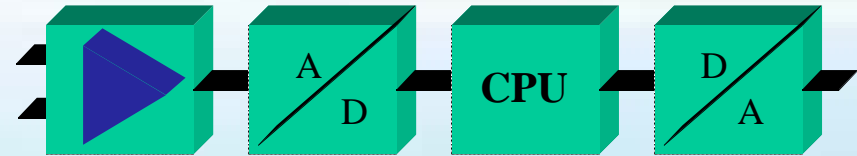
W.E.ST. Elektronik: Standard Positioniersteuerung



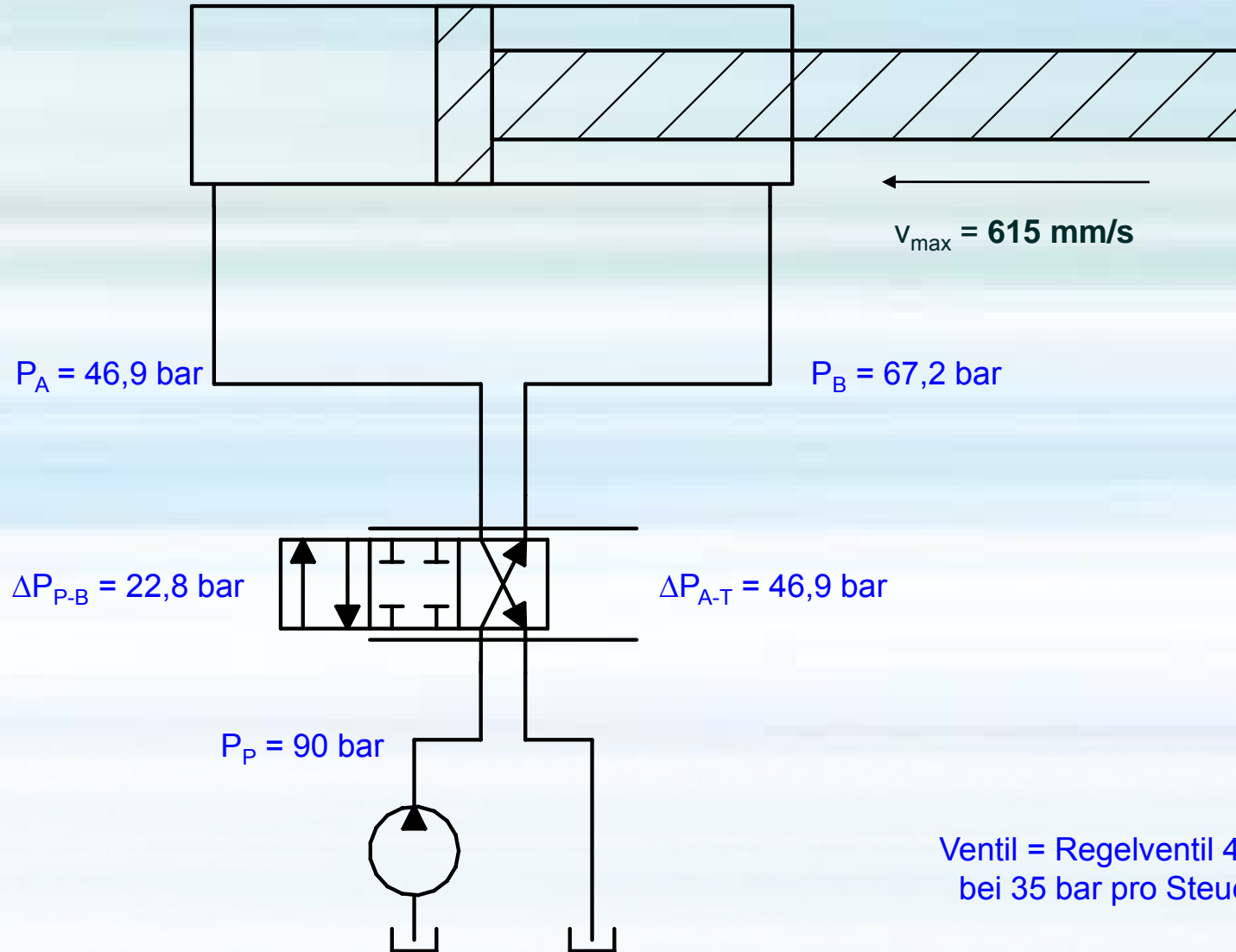
Ausfahren



W.E.ST. Elektronik: Standard Positioniersteuerung

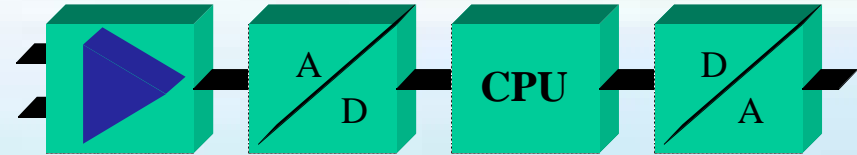


Einfahren



Ventil = Regelventil 40 L/min
bei 35 bar pro Steuerkante

W.E.ST. Elektronik: Standard Positioniersteuerung

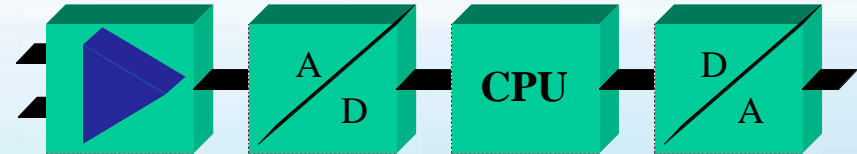


Lösungsansatz:

1. Die Berechnungen zeigen, dass ein Regelventil mit 40 L/min Nennvolumenstrom notwendig ist.
2. Die Eigenfrequenz liegt bei: 32 Hz
3. Die Kreisverstärkung liegt bei 40 s^{-1}
4. Daraus folgt, dass der Bremsweg ca. 16 mm (D:A, D:B Parameter) betragen sollte, was einer Regelverstärkung von 19 entspricht.
5. Die berechnete Genauigkeit (lastfrei) beträgt 0,03 mm.

Wie wird das Modul parametrier, um diese Daten zu erreichen?

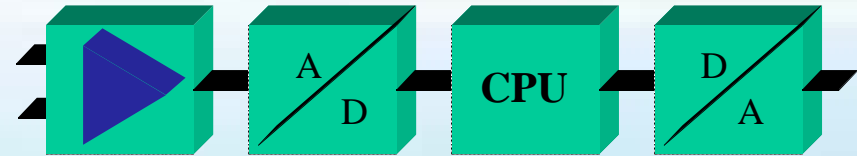
W.E.ST. Elektronik: Standard Positioniersteuerung



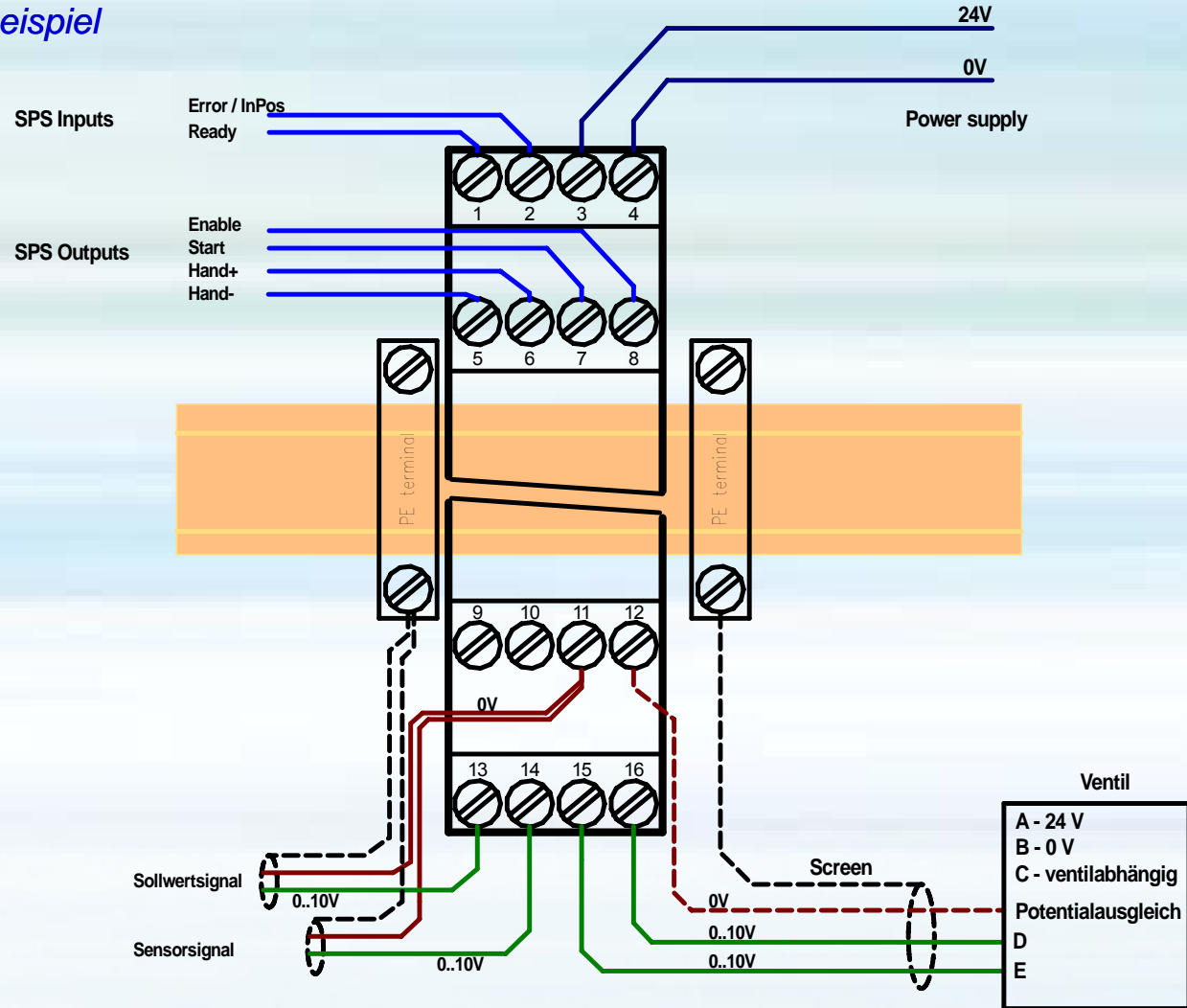
Die Verkabelung:

1. **Spannungsversorgung:**
 - a. 24 V geregelt, Netzteil als Schaltnetzteil ist normalerweise ausreichend
 - b. Keine Induktivitäten ohne Überspannungsschutz (Freilaufdiode) am gleichen Netzteil
2. Schalteingänge und Schaltausgänge, 24 V SPS Signale
3. **Analoge Sollwerte:**
 - a. Geschwindigkeitseingang: 0... 10 V an PIN 10. PIN 9 nach GND brücken
 - b. Sollposition: 0... 10 V oder 4... 20 mA (zwei Leiter Technik, Potential ist GND)
4. **Analoge Istwerte:**
 - a. 0... 10 V oder 4... 20 mA (zwei Leiter Technik, Potential ist GND)
5. **Schnittstelle zu den Proportionalventilen:**
 - a. PIN 15 (0... 10 V) und PIN 16 (0... 10 V) als Differenzausgang
 - b. Wird direkt mit D + E von Ventilen mit integrierter Elektronik verbunden.

W.E.ST. Elektronik: Standard Positioniersteuerung

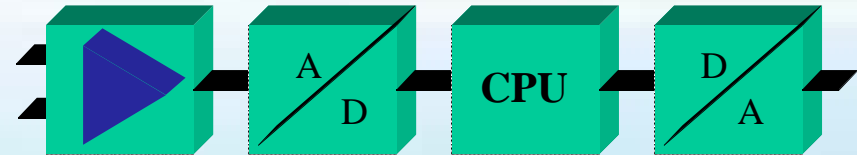


Die Verkabelung: Beispiel



Der Potentialausgleich ist nicht grundsätzlich erforderlich.
Anschluss an C oder B (ventilabhängig).

W.E.ST. Elektronik: Standard Positioniersteuerung

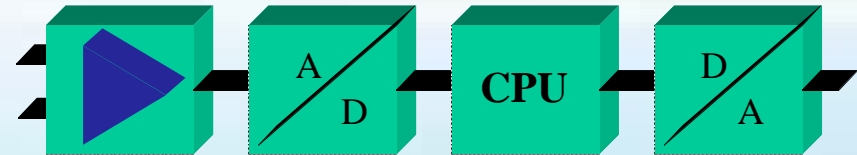


Ablauf der Steuerung:

1. ENABLE = ON: Die Sollposition ist gleich der Istposition, die Achse steht geregelt. Über den READY Ausgang wird die allgemeine Betriebsbereitschaft gemeldet.
2. START = ON: die externe analoge Sollposition wird übernommen. Die Achse fährt unmittelbar zu dieser neuen Zielposition und meldet das Erreichen dieser Position über den Statusausgang bzw. die gelbe LED.
Wird das Startsignal deaktiviert, so bremst die Achse über den eingestellten Bremsweg D:S ab und bleibt geregelt stehen.
3. START = OFF, Handmodus ist aktiv: Über die Eingänge HAND+ und HAND- kann die Achse manuell gefahren werden. Nach dem Deaktivieren des Handeingangs bleibt die Achse an der aktuellen Position geregelt stehen.
4. START = OFF, defekter Sensor: Die Achse kann über Hand+ oder Hand- gefahren werden (Notbetrieb).
5. ENABLE = OFF: Das Ausgangssignal zum Proportionalventil wird unmittelbar abgeschaltet*, die Achse bleibt stehen.

* Abschaltung ist nicht für sicherheitsrelevante Abschaltungen ausgelegt.

W.E.ST. Elektronik: Standard Positioniersteuerung

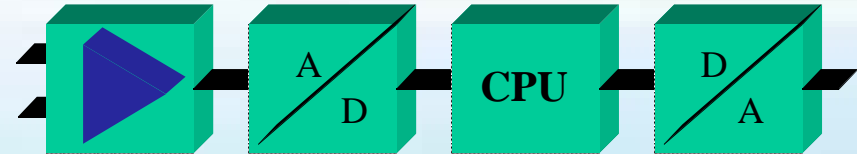


Modulparametrierung

1. Voreinstellungen

- a. STROKE = 300 (Länge des Sensors)
- b. AIN:X 1000 1000 0 V (Falls das Sensorsignal 0... 10 V entspricht) oder
AIN:X 20 16 2000 C (Falls es sich um einen 4... 20 mA Sensor handelt)
(spezielle Skalierungen sind anwendungsabhängig)
- c. D:A und D:B = 16... 30 [mm] (im ersten Ansatz sollte ein etwas längerer Bremsweg eingestellt werden, damit es nicht zu ungewollten Instabilitäten kommt)
- d. Ventilkennlinie:
 - I. MIN:A und MIN:B auf den Wert der Ventilüberdeckung eingestellt (diese Einstellung muss oft experimentell ermittelt werden)
 - II. Bei Nullschnittventilen ist MIN:A und MIN:B auf 0 einzustellen und der Trigger auf 1... 10.
- e. Polarität (POL) (bei falscher Polarität fährt der Antrieb unmittelbar in einen der beiden Endanschlüge)
Die Polarität kann sowohl elektrisch als auch hydraulisch verdreht sein.

W.E.ST. Elektronik: Standard Positioniersteuerung



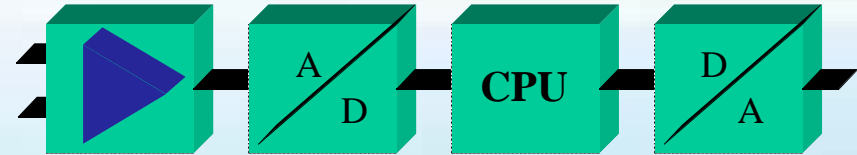
Modulparametrierung

1. Optimierung

- a. MAX:A und MAX:B reduzieren (mit diesen Parametern wird die Ventilcharakteristik (der maximale Volumenstrom) angepasst)
- b. A:A und A:B erhöhen oder verringern (je nach Systemverhalten und Anforderungen an die Hubzeit sind die Rampenzeiten anzupassen)
- c. D:A und D:B verringern oder erhöhen (ein Verringern bedeutet*: höhere Verstärkung und somit höhere Genauigkeit, ein Erhöhen bedeutet: geringere Verstärkung, robusteres Verhalten und verringerte Genauigkeit)
- d. CTRL = SQRT1 bei Proportionalventilen und CTRL = LIN bei Regelventilen

* Bei zu geringen Bremswegen wird das System instabil.

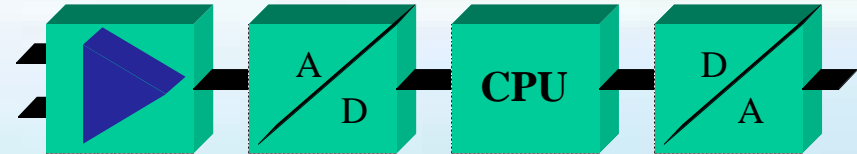
W.E.ST. Elektronik: Standard Positioniersteuerung



Modulparametrierung

1. EXPERT MODE (im Expert Modus sind verschiedene spezielle Anpassungen und Konfigurationen möglich, z. B. der NC Modus)
 - a. VMODE = NC (ein interner Profilgenerator ist aktiviert; die Achse fährt, über den Schleppfehler, geschwindigkeitsgeregelt)
 - b. VMAX in mm/s (Vorgabe der maximalen Geschwindigkeit)
 - c. D:A und D:B sind ausgeblendet, **V0:A** und **V0:B** = 30... 40 s⁻¹ (die Kreisverstärkung) wird vorgegeben (für den NC-Mode wird normalerweise die Kreisverstärkung in s⁻¹ bzw. der KV Faktor in (m/min)/mm vorgegeben)

W.E.ST. Elektronik: Standard Positioniersteuerung



Analyse mit Hilfe vom WPC-300

1. Die Prozessdaten wie Sollwert, Istwert, Regelabweichung und die Stellgrößen können im Monitor betrachtet werden.
2. Über Status Info (im Monitor) werden die Zustände und Fehlerinformationen direkt angezeigt.
3. Mit Hilfe des Oszilloskops kann das dynamische Verhalten beurteilt werden (**Instabilitäten, Überfahren der Zielposition, ...**)
4. Alle Parameter, die Sie ändern, sind direkt aktiv. Über LOADBACK kommen Sie an die zuletzt gespeicherten Daten.
5. Über DEFAULT wird die Werkseinstellung wieder aktiviert.
6. Nähere Infos über das WPC-300 erhalten Sie im Dokument: „**WEST WPC-200 2011**“