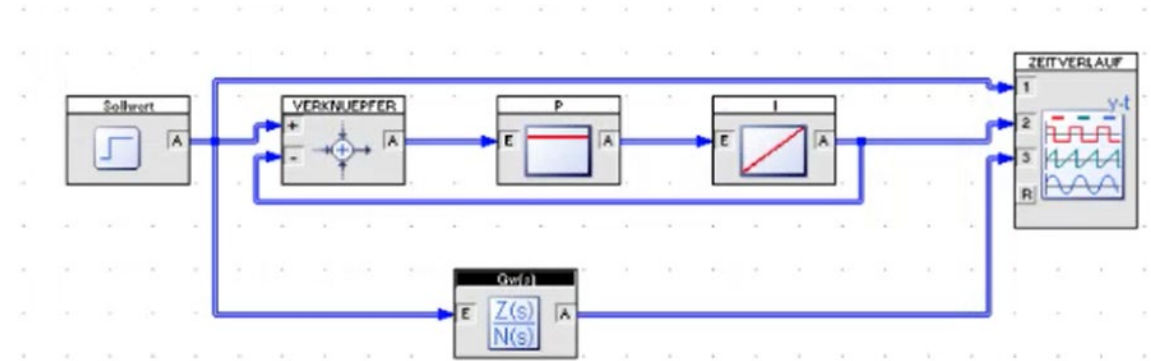


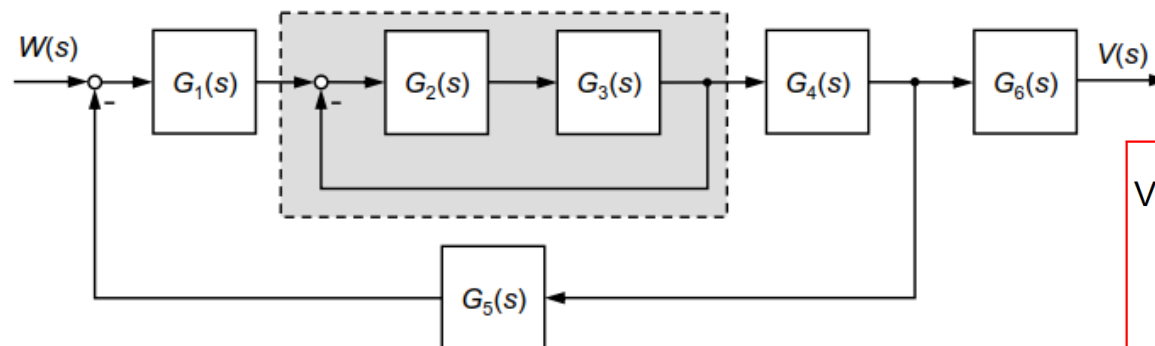
Regelungstechnik

für BEI4, BMEI4 und IBT

Prof. Dr. B. Wagner



$$\text{Übertragungsfunktion} = \frac{\text{Produkt der Vorwärtsglieder}}{1 + \text{Produkt der Schleifenglieder}}$$



$$V(s) = \underbrace{\frac{G_R(s) \cdot G_S(s)}{1 + G_R(s) \cdot G_S(s)}}_{= G_W(s) \text{ Führungs-übertragungsfunktion}} \cdot W(s) + \underbrace{\frac{G_S(s)}{1 + G_R(s) \cdot G_S(s)}}_{= G_Z(s) \text{ Stör-übertragungsfunktion}} \cdot Z(s)$$

Übertragungsfunktionen im Regelkreis (Kap. 1.3 im Skript)

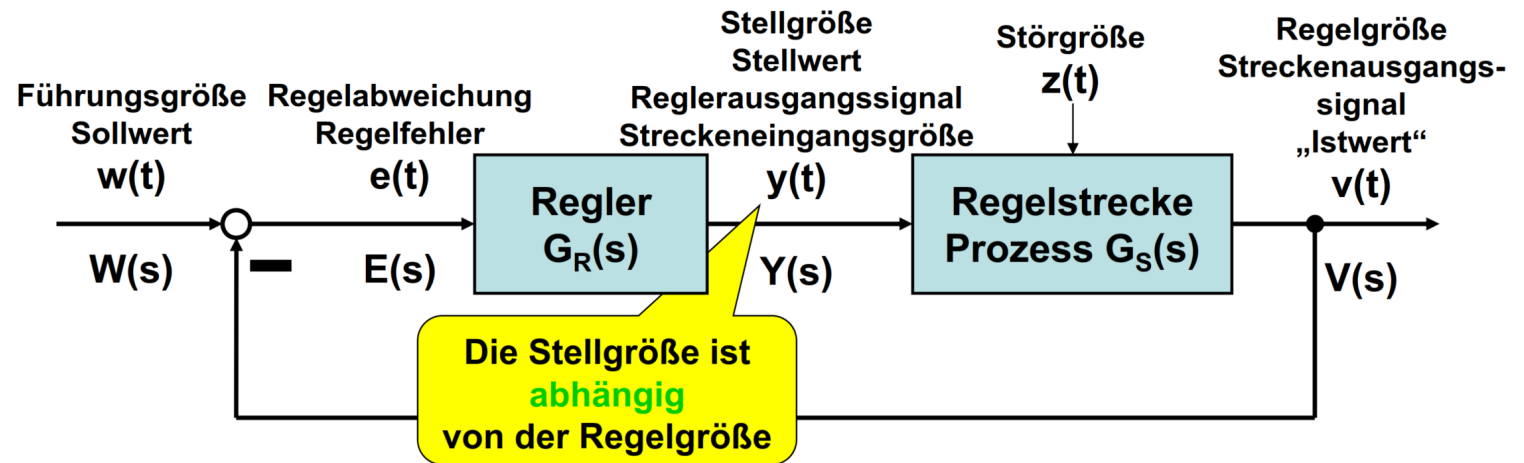
Bisher:

Was ist eine Steuerung? Was ist eine Regelung?

Blockschaltbild eines einfachen Regelkreises

Begriffe:

- Führungsgröße/Sollwert
- Regelabweichung/Regelfehler
- Stellgröße
- Regelgröße
- Störgröße
- Führungs- und Störverhalten



In dieser Lehreinheit:

Bestimmung von Übertragungsfunktionen im Regelkreis

Führungs- und Störübertragungsfunktionen: $G_w(s)$ und $G_z(s)$

In dieser Lerneinheit lernen Sie kennen:

- **Die Führungs- und Störübertragungsfunktionen eines Regelkreises**
- **Eine Formel zur Ermittlung von Übertragungsfunktionen in einschleifigen Regelkreisen**
- **Die „charakteristische Gleichung“ eines Regelkreises zur Bestimmung der Pole des geschlossenen Regelkreises**

⇒ Die Grundlage für die analytische Behandlung von Regelkreisen

⇒ Im Skript: Kapitel 1.3 bis zum Ende von Kapitel 1

1. Die Regelgröße auf einem konstantem Sollwert halten „Festwertregelung“

Anfangswertabweichungen hinreichend schnell ausregeln

Auf die Regelstrecke wirkende Störungen hinreichend schnell ausregeln

=> „**Störverhalten**“ der Regelung \Leftrightarrow Störübertragungsfunktion **$G_z(s)$**

2. Sollwertänderungen an der Regelstrecke umsetzen

... hinreichend schnell und mit akzeptablem Überschwingen

=> „**Führungsverhalten**“ der Regelung \Leftrightarrow Führungsübertragungsfunktion **$G_w(s)$**

Bei etlichen Regelkreisen benötigt man sowohl gutes Führungs- als auch gutes Störverhalten



Übertragungsfunktionen von Regelkreisen

Hier: Störung wirkt am Streckeneingang

Reglerübertragungsfunktion

$$G_R(s)$$

Streckenübertragungsfunktion

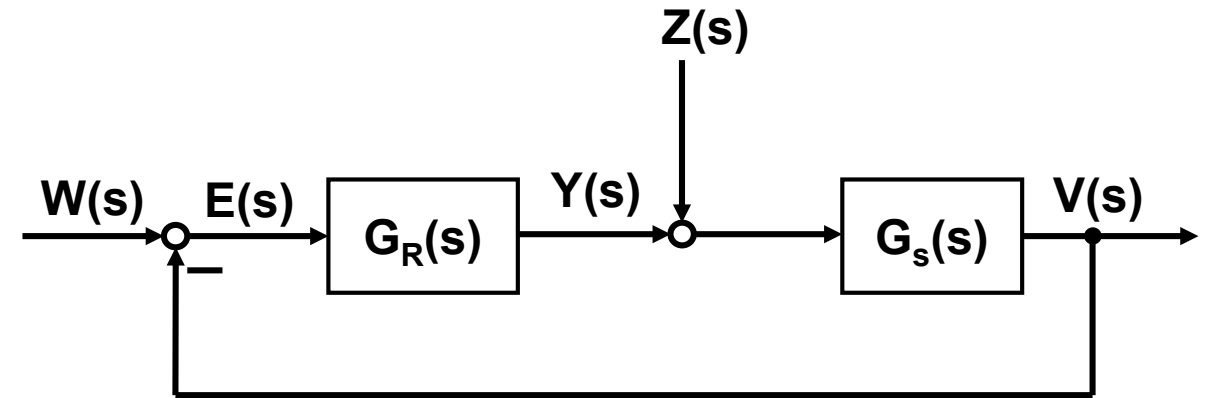
$$G_S(s)$$

Störübertragungsfunktion

$$G_Z(s) = V(s) / Z(s) \quad \text{für } W(s) = 0$$

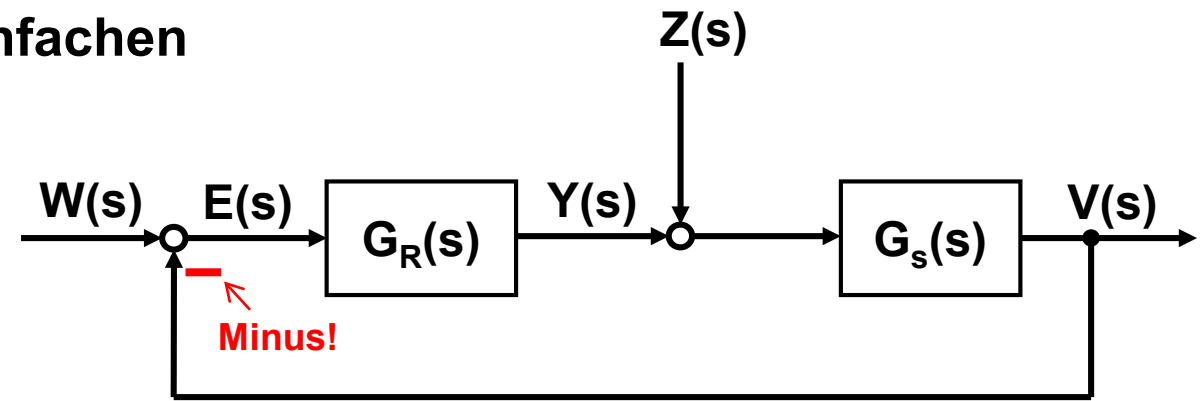
Führungsübertragungsfunktion

$$G_W(s) = V(s) / W(s) \quad \text{für } Z(s) = 0$$

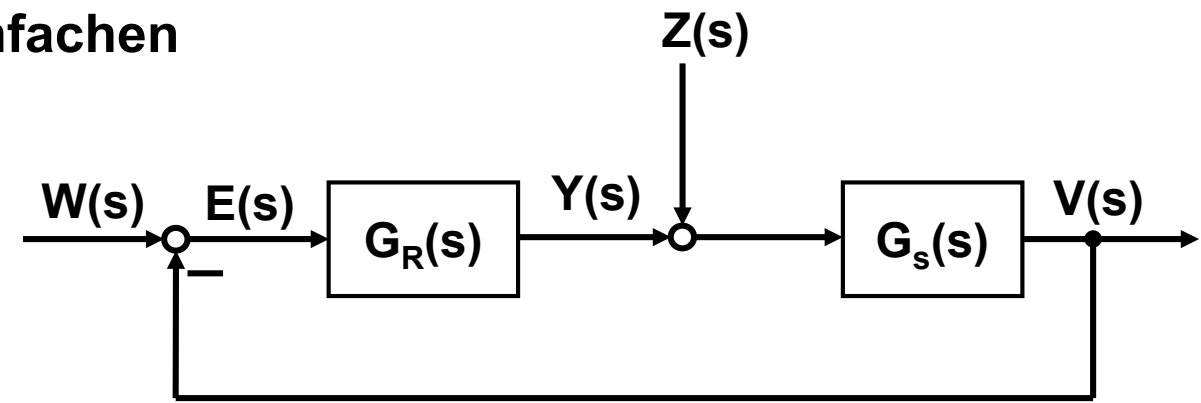


Einfacher „einschleifiger“ Regelkreis

Herleitung der Übertragungsfunktionen eines einfachen Regelkreises mit Störung am Strecken-Eingang



Herleitung der Übertragungsfunktionen eines einfachen Regelkreises mit Störung am Strecken-Eingang



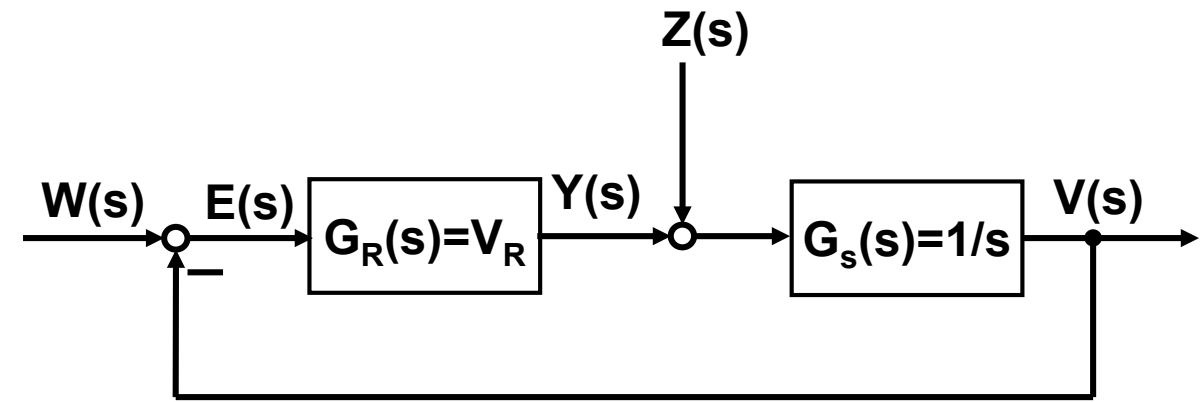
$$V(s) = \frac{G_R(s) \cdot G_S(s)}{1 + G_R(s) \cdot G_S(s)} \cdot W(s) + \frac{G_S(s)}{1 + G_R(s) \cdot G_S(s)} \cdot Z(s)$$

Ein Beispiel

Gegeben: $G_R(s) = V_R = 7$ und $G_S(s) = 1/s$

Gesucht: $G_W(s)$ und $G_Z(s)$

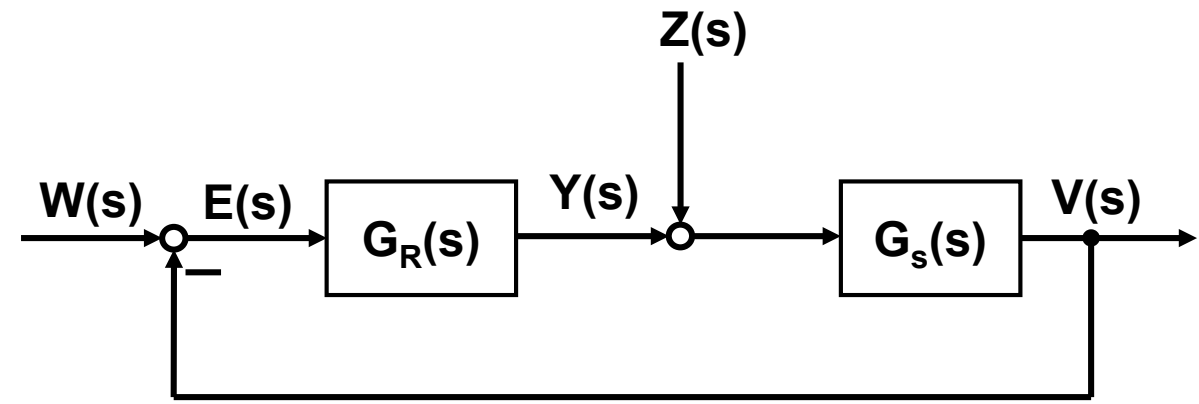
Simulieren Sie den Regelkreis zur Kontrolle mit BORIS !



$$V(s) = \underbrace{\frac{G_R(s) \cdot G_S(s)}{1 + G_R(s) \cdot G_S(s)}}_{= G_W(s)} \cdot W(s) + \underbrace{\frac{G_S(s)}{1 + G_R(s) \cdot G_S(s)}}_{= G_Z(s)} \cdot Z(s)$$

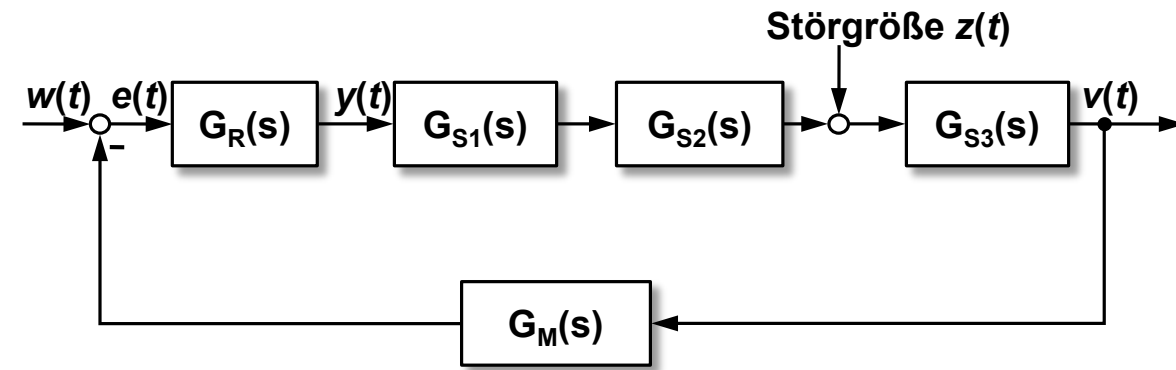
Führungs- Stör-
übertragungsfunktion übertragungsfunktion

Formel für Übertragungsfunktionen im einschleifigen Regelkreis



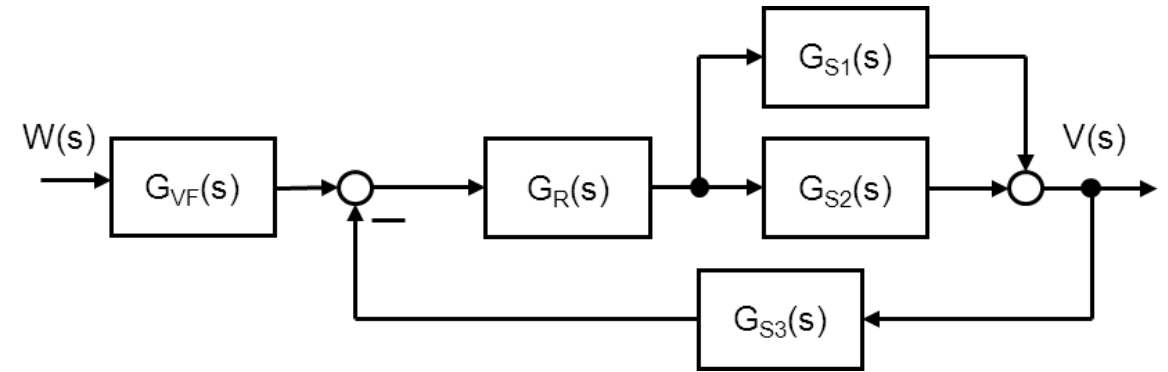
$$V(s) = \underbrace{\frac{G_R(s) \cdot G_S(s)}{1 + G_R(s) \cdot G_S(s)}}_{= G_W(s) \text{ Führungs-übertragungsfunktion}} \cdot W(s) + \underbrace{\frac{G_S(s)}{1 + G_R(s) \cdot G_S(s)}}_{= G_Z(s) \text{ Stör-übertragungsfunktion}} \cdot Z(s)$$

Beispiel eines umfangreicheren einschleifigen Regelkreises (z. B. Kfz-Modell mit Triebstrangschwingungen)



$$\text{Übertragungsfunktion} = \frac{\text{Produkt der Vorwärtsglieder}}{1 + \text{Produkt der Schleifenglieder}}$$

Beispiel eines weiteren, umfangreicheren einschleifigen Regelkreises



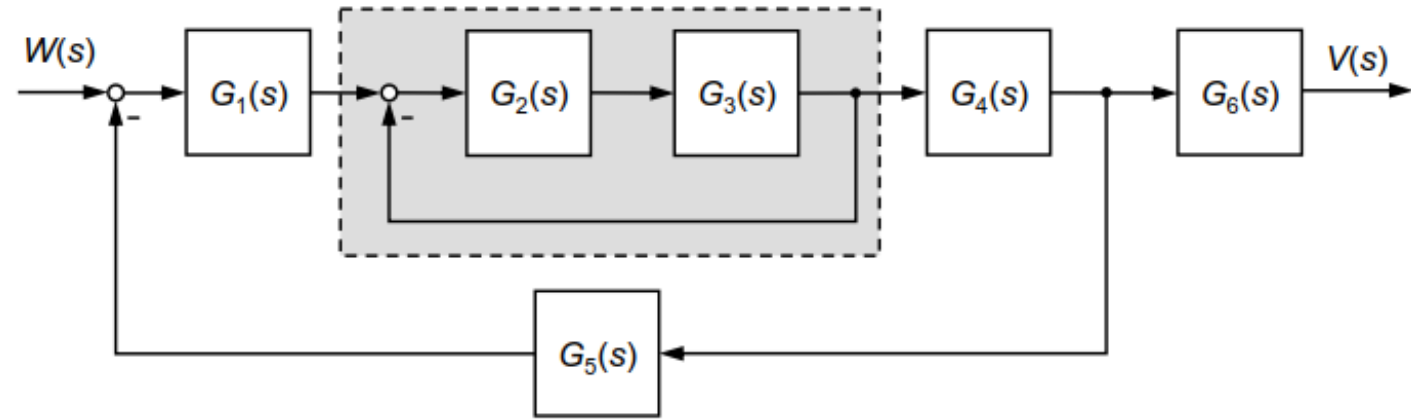
$$\text{Übertragungsfunktion} = \frac{\text{Produkt der Vorwärtsglieder}}{1 + \text{Produkt der Schleifenglieder}}$$

Beispiel eines mitgekoppelten einschleifigen Kreises (das ist KEIN Regelkreis, da keine Gegenkopplung!)



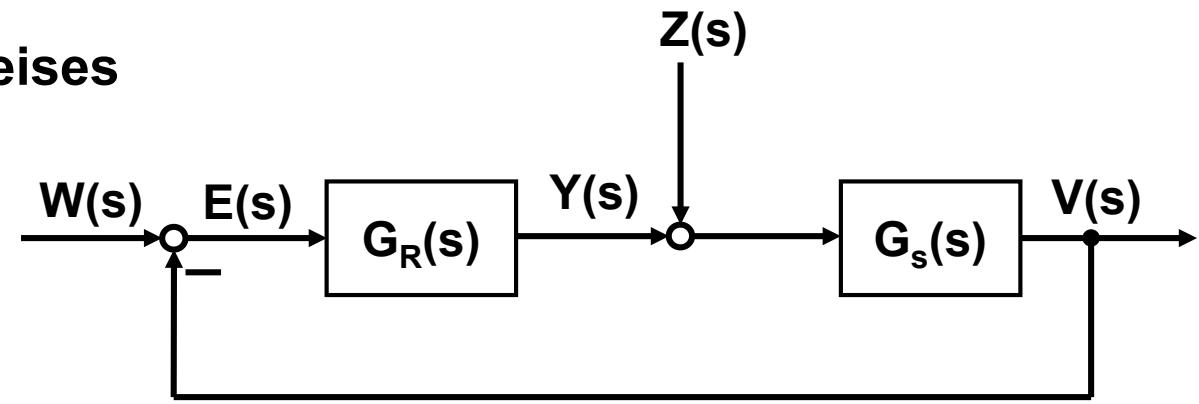
$$\text{Übertragungsfunktion} = \frac{\text{Produkt der Vorwärtsglieder}}{1 + \text{Produkt der Schleifenglieder}}$$

Beispiel eines mehrschleifigen Kreises (Kaskadenregelung => Kapitel 8!)



$$\text{Übertragungsfunktion} = \frac{\text{Produkt der Vorwärtsglieder}}{1 + \text{Produkt der Schleifenglieder}}$$

Die „charakteristische Gleichung“ eines Regelkreises



$$V(s) = \underbrace{\frac{G_R(s) \cdot G_S(s)}{1 + G_R(s) \cdot G_S(s)}}_{= G_W(s) \text{ Führungs-übertragungsfunktion}} \cdot W(s) + \underbrace{\frac{G_S(s)}{1 + G_R(s) \cdot G_S(s)}}_{= G_Z(s) \text{ Stör-übertragungsfunktion}} \cdot Z(s)$$

... lautet **$1 + G_o(s) = 0$**

mit der Übertragungsfunktion des geöffneten Regelkreises $G_o(s)$ (G_O steht für "offen")

... gibt Aufschluss über die Pole des geschlossenen Regelkreises

und damit über einige wichtige Eigenschaften eines Regelkreises:

=> Stabilität (alle Pole in der linken s-Halbebene links der imaginären Achse)

=> Schwingfähigkeit (mindestens ein konjugiert komplexes Polpaar)

Schwingkreisfrequenz aus dem Imaginärteil

Abklingen über Dämpfungsbeiwert D (Kap. 2)

=> Geschwindigkeit (Pole weiter links => schneller)

Was wären die idealen Führungs- und Störübertragungsfunktionen?

Wunsch: Istwert $V(s)$ = Führungsgröße $W(s)$

--> $G_W(s) = 1$ und $G_Z(s) = 0$

--> $G_R(s)$ muss gegen unendlich gehen ("idealer Regler")

--> nur theoretisch, da Stabilitätsprobleme (s. Kap 5-6) und Rausch-Verstärkung --> Stellsignalbegrenzung

$$V(s) = \underbrace{\frac{G_R(s) \cdot G_S(s)}{1 + G_R(s) \cdot G_S(s)}}_{= G_W(s)} \cdot W(s) + \underbrace{\frac{G_S(s)}{1 + G_R(s) \cdot G_S(s)}}_{= G_Z(s)} \cdot Z(s)$$

Führungs- Stör-
übertragungsfunktion übertragungsfunktion

Führungs- und Stör- übertragungsfunktionen

$$V(s) = \underbrace{\frac{G_R(s) \cdot G_S(s)}{1 + G_R(s) \cdot G_S(s)}}_{= G_W(s) \text{ Führungs-übertragungsfunktion}} \cdot W(s) + \underbrace{\frac{G_S(s)}{1 + G_R(s) \cdot G_S(s)}}_{= G_Z(s) \text{ Stör-übertragungsfunktion}} \cdot Z(s)$$

Formel zur Bestimmung von Übertragungsfunktionen im einschleifigen Regelkreis

$$\text{Übertragungsfunktion} = \frac{\text{Produkt der Vorwärtsglieder}}{1 + \text{Produkt der Schleifenglieder}}$$

Charakteristische Gleichung des geschlossenen Regelkreises

$$1 + G_O(s) = 0 \Rightarrow \text{Pole des geschlossenen Regelkreises}$$

Übungsaufgaben zu Kapitel 1 (im Skript am Ende von Kapitel 1) selber lösen

Selbstkontrolle durch moodle-Tests

In der nächsten Vorlesung:

Fragen zu den Übungsaufgaben stellen

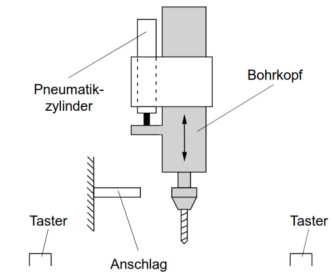
Wir machen 1-2 Aufgaben zum Stoff

Wir diskutieren, wie wir die Übungen in Zukunft gestalten wollen

Nächstes Kapitel: 2. Regelkreisglieder = Systemtheoretische Grundlagen

Übung 1.1

Der Bohrkopf einer halbautomatischen Bohreinheit soll sich zum Bohren nach unten bewegen, wenn zwei Handtaster gleichzeitig gedrückt werden. Nach einer fest eingestellten Zeit soll sich der Bohrkopf wieder zurück in die Ausgangsstellung bewegen. Die Bewegungen werden durch einen Pneumatik-Zylinder ausgeführt, der bei der Abwärtsbewegung auf einen mechanischen Anschlag stößt, wenn das Bohrloch tief genug ist:



Übung 1.5

Bestimmen Sie folgende Übertragungsfunktionen (Achtung! Keine einschleifige Struktur!)

$$G_W(s) = \left. \frac{V(s)}{W(s)} \right|_{Z(s)=0}; \quad G_Z(s) = \left. \frac{V(s)}{Z(s)} \right|_{W(s)=0}; \quad G_V(s) = \left. \frac{Y(s)}{Z(s)} \right|_{W(s)=0}$$

