

Methoden der Regelungstechnik

5) Störgrößenaufschaltung

a) Allgemeines

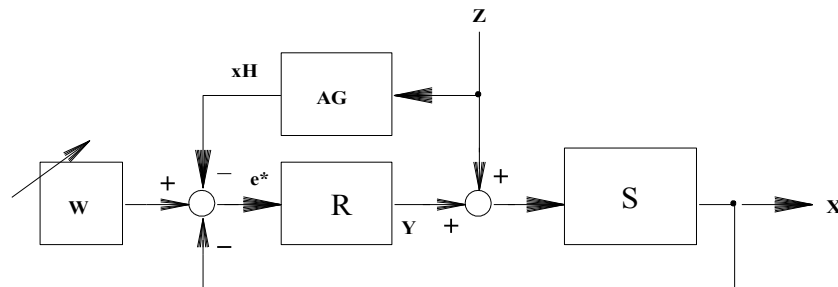
Die Störgrößenaufschaltung ist eine Kombination aus Steuerung und Regelung.

Zur Erinnerung: Nachteil der einfachen Regelung:

Der Regler kann immer erst eingreifen wenn eine Regelabweichung vorliegt, d.h. nach Ablauf der Verzugs- bzw. Totzeit der Strecke. Bei Versorgungsstörungen kommt es dadurch nach ca. $2 T_u$ zu einer unvermeidbaren, vorübergehenden Regelabweichung.

Prinzip der Störgrößenaufschaltung:

Die Regelgüte wird verbessert, wenn man nicht erst die Auswirkung der Störung auf die Regelgröße abwartet, sondern die Störgröße mit einem Messfühler erfasst und sie auf den Reglereingang führt (Zweikomponentenregelung). So kann der Regler schon während der Verzugszeit der Störung entgegen wirken.



AG = Aufschaltglied (proportional oder nachgebend, d.h. P- oder D-Glied)

Anwendung:

- wenn es eine **Hauptstörgröße** gibt, die **genau lokalisierbar und messbar, aber nicht beeinflussbar** ist (sonst würde man Störgrößenkonstanthaltung anwenden).
Beispiel: Schwankungen der Außentemperatur, bei Gebäudeheizungen.
- besonders bei Strecken **mit großen Tot- bzw. Verzugszeiten**, da hier der Regler mit Störgrößenaufschaltung frühzeitig eingreifen kann (im Gegensatz zu einem einfachen Regler).
- nur sinnvoll bei **Störungen im vorderen Teil der Strecke**, also bei Versorgungsstörungen

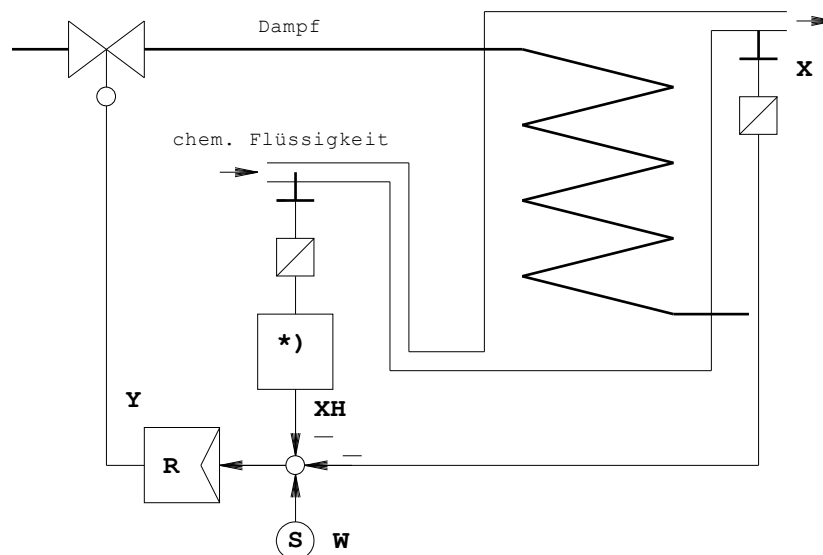
Vorteile gegenüber der Kaskadenregelung:

- Die **Stabilität** des Regelkreises wird nicht beeinflusst, da es keine zusätzliche Rückkopplung gibt (es gibt keinen Signalweg von einem Ausgang zum Eingang des Reglers, siehe Signalflussplan).

Aus dem gleichen Grund bleibt auch das **Führungsverhalten** unverändert gegenüber dem einfachen Regelkreis.

Anwendungsbeispiel: Durchlauferhitzer

In einem dampfbeheizten Durchlauferhitzer soll die Austrittstemperatur v_A deiner aufzuheizenden Flüssigkeit konstant gehalten werden. Eine einfache Regelung ergibt unbefriedigende Ergebnisse, wenn die Eintrittstemperatur v_E der Flüssigkeit stark schwankt.



*) P-Glied bei proportionaler Aufschaltung
DT1-Glied bei Störtendenzaufschaltung

Wenn die Eintrittstemperatur v_E (dies ist die Störgröße) verwendet wird, um eine Hilfsregelgröße x_H zu erzeugen, die auf den Reglereingang geschaltet wird, reagiert der Regler sofort statt erst nach $2 T_u$.

Fällt beispielsweise die Eintrittstemperatur v_E , so reagiert der Regler **sofort**: y wird wegen der negativen Wirkung von x_H größer und das Ventil wird weiter geöffnet. Es strömt mehr Dampf ein und die Flüssigkeit wird stärker aufgeheizt.

Die Störung wird schon zum größten Teil ausgeglichen bevor sie sich in der Austrittstemperatur bemerkbar macht.

Das Aufschaltglied wird je nach Regler als P- oder DT1-Glied ausgeführt.

b) Proportionale oder nachgebende Aufschaltung ?

Aufgabe STA1

- Stelle die Gleichung für die bleibende Regelabweichung auf (Störverhalten).*
- Benutze die Gleichung um den optimalen Proportionalbeiwert K_{PZ} des Aufschaltgliedes zu bestimmen (optimal heißt natürlich: keine bleibende Regelabweichung).*
- Welcher optimale Proportionalbeiwert K_{PZ} ergibt sich für $t \rightarrow \infty$ wenn der Regler einen I-Anteil hat? Welches Verhalten des Aufschaltgliedes muss also für diese Art Regler gewählt werden?*

Aufgabe STA2

Bestimme mit der Frequenzgangmethode den optimalen Frequenzgang des Rückführgliedes, wenn ein P-, I- oder PI-Regler verwendet wird.

Aufgabe STA3

*Was geschieht mit dem Signal am Reglereingang, wenn ein I-Anteil vorhanden ist?
Welche Konsequenz hat das für die bleibende Regelabweichung bei proportionaler Störgrößenaufschaltung?*

c) Proportionale Störgrößenaufschaltung

Anwendung: bei Reglern **ohne I-Anteil**.

Mit der Bemessung $K_{PZ} = \frac{1}{K_{PR}}$ kann die bleibende Regelabweichung zu null gemacht werden. (siehe Ergebnis der Aufgaben).

In der Praxis wird diese Methode vor allem bei Temperaturstrecken angewendet, die wegen der großen Trägheit bei hohem Regler-Proportionalbeiwert schwingen würden.

d) Störtendenaufschaltung (DT1-Aufschaltung)

Anwendung: bei Reglern **mit I-Anteil**.

Wie aus der Lösung der Aufgaben STA1...STA3 hervorgeht, muss die Störgrößenaufschaltung bei Reglern mit I-Anteil **nachgebend** sein, d.h. für $t \rightarrow \infty$ verschwinden.

Mit Hilfe eines DT1-Gliedes wird die Störtendenz $\frac{dz}{dt}$ auf den Reglereingang geschaltet.

Untersuchung des Störverhaltens:

$$e^* = w - x - K_{DZ}^* \cdot z \quad \text{mit } w = 0$$

und K_{DZ}^* = Pseudoproportionalbeiwert des DT1-Gliedes

$$K_{DZ}^* = V_D = 0 \text{ für } t=0 \text{ und } K_{DZ}^* = 0 \text{ für } t \rightarrow \infty$$

Für $t \rightarrow \infty$:

Durch den I-Anteil des Reglers wird $e^* = 0$

$$\rightarrow x_b = -K_{DZ}^* \cdot z = 0$$

Die bleibende Regelabweichung wird also null (im Gegensatz zur proportionalen Aufschaltung).

6) Hilfsregelgrößenaufschaltung

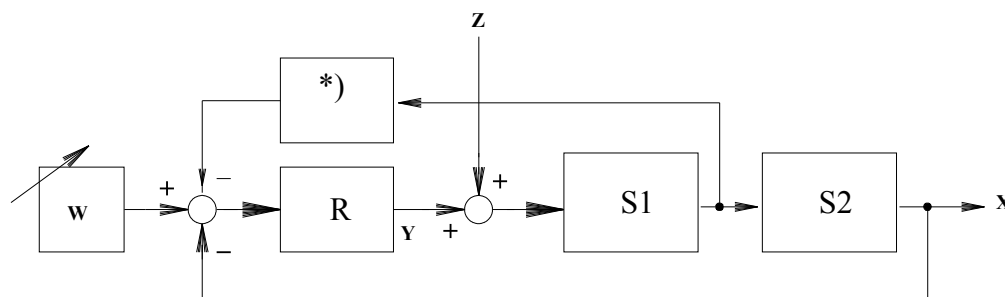
Nachteil der Störgrößenaufschaltung:

Viele Störgrößen können nicht oder nur mit großem technischen Aufwand erfasst werden. Außerdem wirken oft mehrere Störgrößen auf den vorderen Teil der Strecke, man bräuchte also für eine Störgrößenaufschaltung viele Sensoren.

Prinzip der Hilfsgrößenaufschaltung:

Es wird statt der Störgröße eine Hilfsgröße x_H im vorderen Teil der Strecke erfasst und auf den Reglereingang aufgeschaltet. Dadurch werden die Auswirkungen der Störung mit viel kleinerer Totzeit erfasst als an der Mess-Stelle für die Hauptregelgröße x .

Man spricht von einer **Zweikomponentenregelung** (Zweigrößenregelung)



*) P-Glied bei proportionaler Aufschaltung

D-Glied bei nachgebender Aufschaltung

Wie bei der Kaskadenregelung wird die Strecke aufgeteilt, der Unterschied liegt aber darin, dass nur ein Regler verwendet wird.

Der **Vorteil** gegenüber der Störgrößenaufschaltung ist, dass **alle Störgrößen vor der xH-Mess-Stelle** erfasst werden.

Ein **Nachteil** ist, dass die **zusätzliche Rückkopplung** die Dynamik des Regelkreises beeinflusst, bei ungünstiger Reglereinstellung kann der Regelkreis instabil werden. Eine Kaskadenregelung hat demgegenüber den Vorteil, dass sie sich in leichter optimierbare Teilregelungen aufteilen lässt.

Aufgabe HA1

Untersuche durch Untersuchung des Signals e^ am Reglereingang ob die Störung ganz ausgeregelt wird, wenn der Regler einen I-Anteil hat und eine proportionale Aufschaltung verwendet wird.*

Ergebnis:

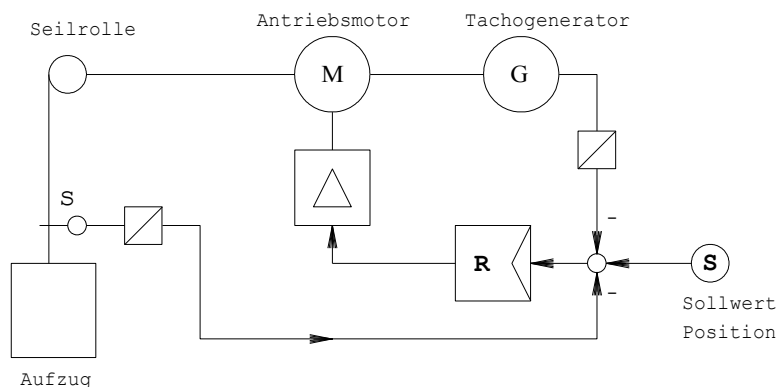
Bei der proportionalen Hilfsregelgrößenaufschaltung mit I / PI / PID - Reglern wird eine Störung vollständig ausgeregelt .

Im Gegensatz zur Störgrößenaufschaltung kann also auch bei einem PID-Regler eine proportionale Aufschaltung verwendet werden.

Aufgabe HA2

Gilt die obige Aussage auch für eine nachgebende Aufschaltung?

Anwendungsbeispiel: Lageregelung bei Aufzügen, Werkzeugmaschinen usw.



Bezüglich der Position als Regelgröße haben wir mit einer I-Strecke zu tun.

Die Position kann über ein mit der Achse verbundenes Spindelpotentiometer erfasst werden.

Der Tachogenerator liefert eine Spannung welche der zeitlichen Ableitung der Position proportional ist (Drehzahl ist proportional zur Geschwindigkeit ds/dt). Die Hilfsregelgröße

wird hier also nachgebend (differenziert) aufgeschaltet, ohne dass ein D-Glied explizit vorhanden ist.

7) Vergleich von Kaskadenregelung, Störgrößenaufschaltung und Hilfsgrößenaufschaltung

Diese drei unterschiedlichen Methoden haben ein gemeinsames Ziel: es dem Regler zu ermöglichen, auf eine Versorgungsstörung zu reagieren, bevor sie sich (nach ca. $2 T_u$) am Ausgang der Regelstrecke bemerkbar gemacht hat.

	Kaskadenregelung	Störgrößenaufschaltung	Hilfsgrößenaufschaltung
Anzahl der Regler	2 (Master + Slave)	1 (mit Eingang für x_H)	1 (mit Eingang für x_H)
Anzahl der Rückkopplungen im Regelkreis	2	1	2
Stabilität verändert gegenüber einschleifigem Regelkreis?	Ja	Nein	Ja
Aufschaltung x_H	Direkt auf den Folgeregler	Bei einem I/ PI/ PID-Regler: nur über DT1 (sonst bleibende Regelabweichung) Bei einem P/ PD-Regler: P oder DT1	über P oder DT1
Bemerkungen zur Anwendung	Es kann mehrere Störgrößen geben die auf die Teilstrecke S1 wirken. Sinnvoll wenn ein Teil der Strecke geregelt werden soll, um ihn zu linearisieren / schneller zu machen / die Stellgröße für den zweiten Teil der Strecke zu begrenzen.	Es muss eine Haupt-Störgröße geben. Diese muss messbar sein	Es kann mehrere Störgrößen geben die auf die Teilstrecke S1 wirken.