Automation-Letter Nr. 25

Hinweise zur Projektarbeit „ASA-Regler für OSLO-Modell von ABB"

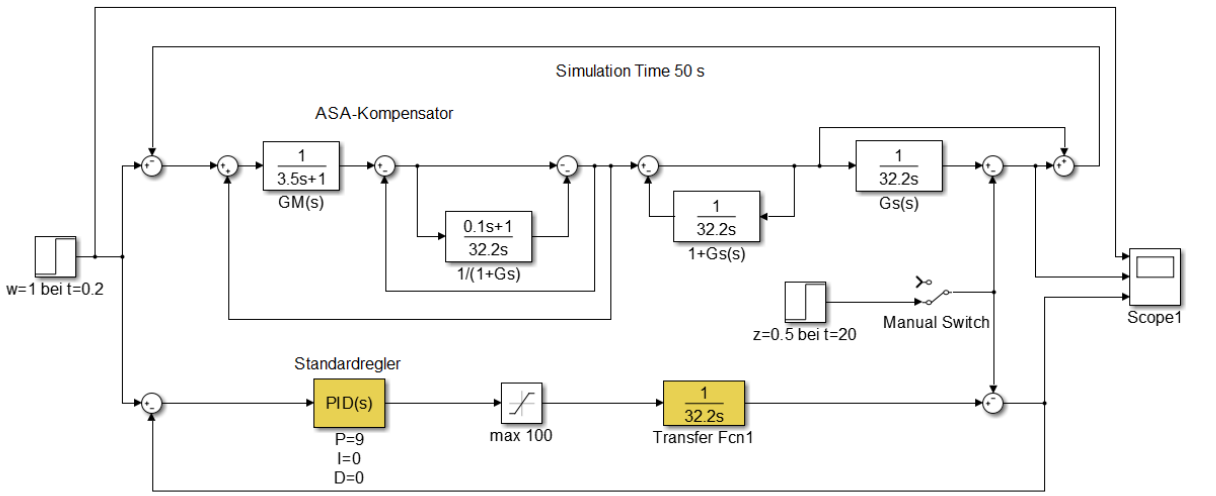
Die Stecke wurde für ABB OSLO-Modell experimentell bestimmt:

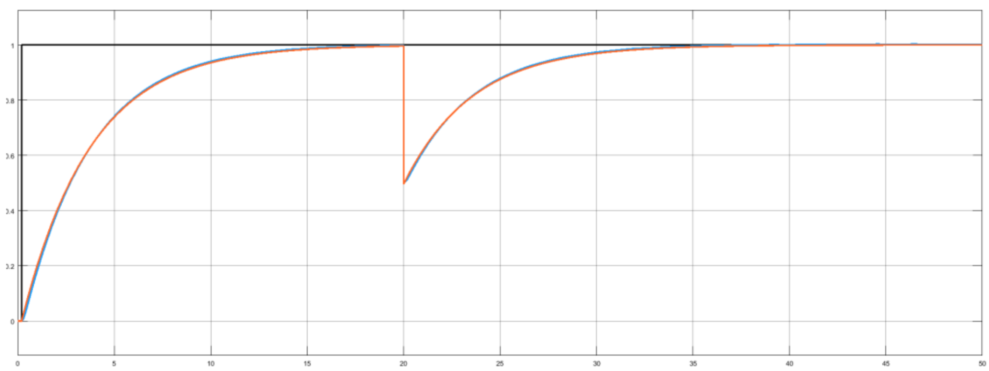
$$G_S(s) = \frac{1}{32{,}2s} = \frac{0{,}0311}{s}$$

Das gewünschte Verhalten wird als P-T1-Glied gewählt:

$$G_M(s) = \frac{1}{1+3{,}5s}$$

Unten ist der Regelkreis mit dem ASA-Kompensator (blaue Kurve) und zum Vergleich auch mit einem PID-Standardregler abgebildet, der als P-Regler mit $K_{PR} = 9$ eingestellt ist, um damit auch die gewünschte Sprungantwort zu erreichen (rote Kurve). Bei $t = 20$ sec wirkt die Störgröße. *Datei* ASA_Regelkreis_OSLO.slx

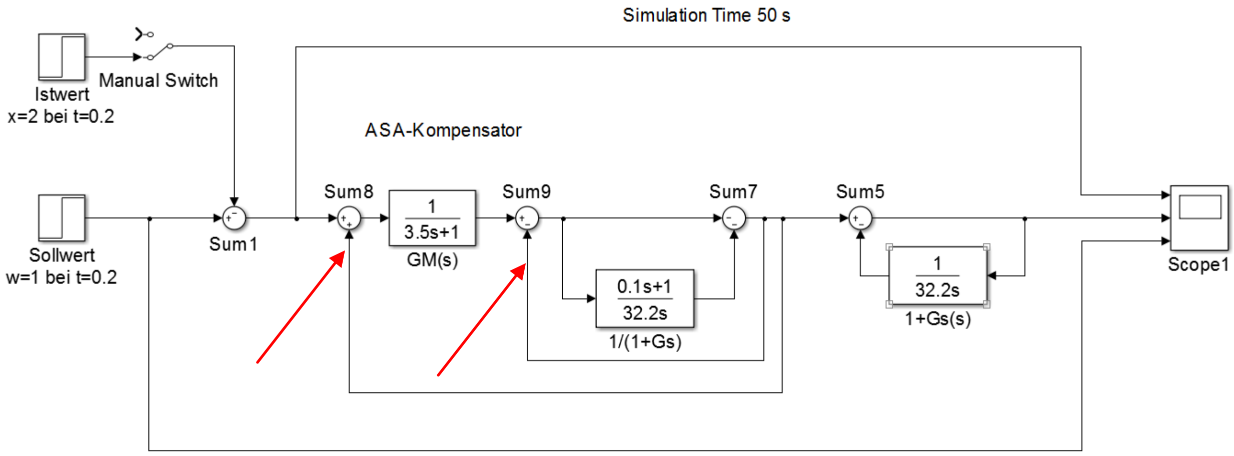




Der ASA-Regler im obigen Simulink-Modell ist einfacher, als die bekannten „einfachen" modellbasierten Regler, wie z.B. der Kompensationsregler, weil an keine Stelle die reziproke Übertragungsfunktion der Strecke gebildet wird. Bekanntlich führt eine solche Reziproke der Strecke zu hohen differenzierenden Anteilen des Reglers, die aus typischen hohen Zeitkonstanten von industriellen Strecken resultieren.

Der ASA-Regler ist gut für die fortgeschrittenen Methoden des Reglerentwurfs mittels MBSE (modellbasierte Softwareentwicklung) geeignet, bei denen der C-Code des Reglers direkt aus dem Simulink-Modell mit dem *Simulink Coder* oder *PLC Coder* erzeugt wird.

Dafür soll natürlich zuerst das Simulink-Modell des Reglers (siehe unten) erstellt werden.

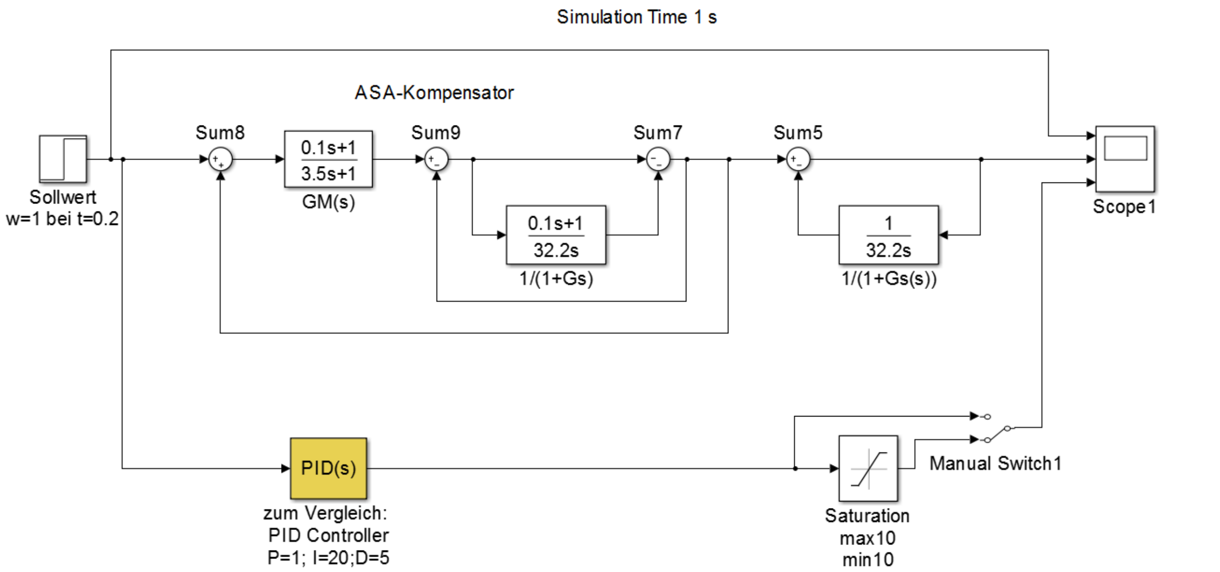


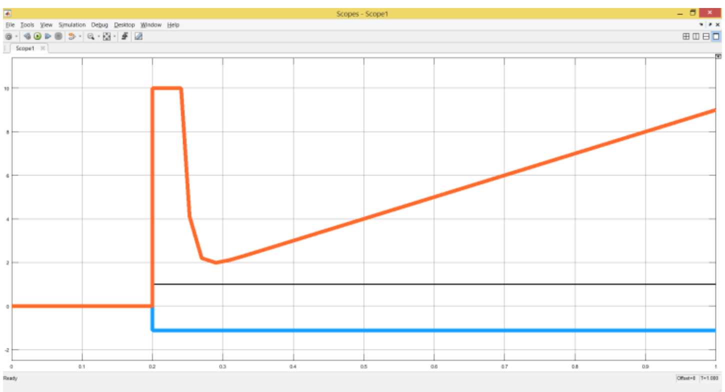
Da hier zwei Rückführungen direkt, d.h. ohne Verzögerung, zu Additionsstellen geführt werden, kommt es zur Meldung „Algebraic loop“ bzw. bricht die Ausführung der Simulation ab.

Die Hinweise zum Problem „Algebraic Loop“ sind im Automation-Letter Nr. 15 gegeben:

http://www.zacher-international.com/Automation_Letters/15_Algebraic_loop.pdf

Unten ist gezeigt, wie der Algebraic Loop in der Datei ASA_Kompensator_OSLO.slx beseitigt wurde. Zum Vergleich ist auch die Sprungantwort der Stellgröße eines PID-Reglers (rote Kurve)gezeigt, die ohne Begrenzung über alle Grenzen wächst.





Um den C Code mit MATLAB zu generieren, soll danach das Simulink-Modell des Kompensators digitalisiert werden, wie im Automation-Letter Nr. 5 beschrieben ist:

http://www.zacher-international.com/Automation_Letters/05_Model_Discretizer.pdf

In der letzten Publikation auf Seiten 8 bis 10 ist auch beschrieben, wie man ein Skript des ASA-Reglers ohne MBSE bzw. ohne Code-Generierung erstellen kann. Das Skript des ASA-Reglers bezogen auf das betrachtete Fall des OSLO-Modells als I-Glied und des gewünschten Verhaltens als P-T1-Glied, wie oben gegeben wurde, ist unten gezeigt.

Datei ASA_Kompensator_OSLO.m

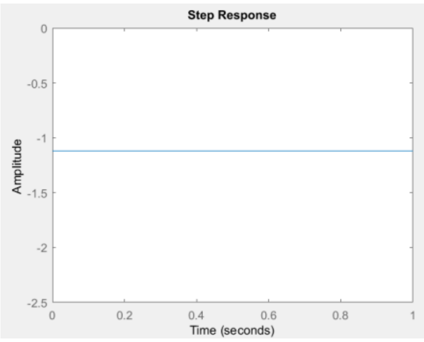
ASA_Kompensator_OSLO.m

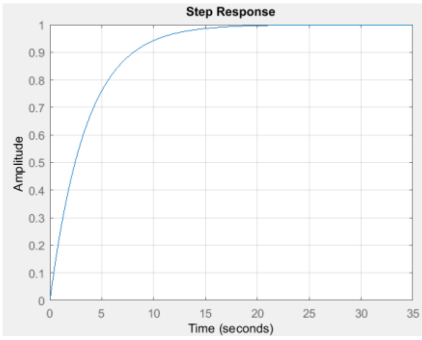
```
1  s=tf('s'); %Eingabe des Laplace-Operators
2  Gs=1/(32.2*s);%Strecke
3  GM=1/(1+3.5*s);%Gewünschtes Verhalten
4  GMrez=(1/GM)-1;%reziproke GM mit rückgekoppelte Strecke
5  GR=1/(Gs*GMrez-1)%ASA-Regler
6  % Erst warten, bis GR vom MATLAB ausgegeben wird.
7  numR=[ -32.2]; %Zählerpolynom des ASA-Reglers
8  denR=[28.7];%Nennerpolynom des ASA-Reglers
9  GR=tf(numR,denR)%Kontrolle: Übertragungsfunktion des ASA-Reglers
10 step(GR)%Sprungantwort des ASA-Reglers ohne Strecke
11 %Falls nötig, wird auch die Sprungantwort des Reglerkrieses berechnet
12 Gv=GR*Gs; %Vorwärts-Signalübertragung für x
13 G0=GR*(1+Gs);% aufgeschnittener Regelkreis
14 Gw=G0/(1+G0);% Übertragungsfunktion für Ausgang x(s)+y(s)
15 Gx=Gv/(1+G0);%Übertragungsfunktion für Ausgang x(s)
16 %step(Gw)%Sprungantwort von Ausgang x(s)+y(s)
17 step(Gx)%Sprungantwort der Regelgröße x(s)
```

Es wird ausgegeben:

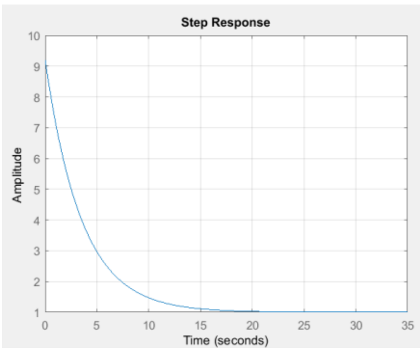
Die Stellgröße $y(t)$ des Reglers GR nach dem Befehl(10) step(GR)

Sprungantwort der Regelgröße $x(t)$ nach dem Befehl(14) step(Gx)

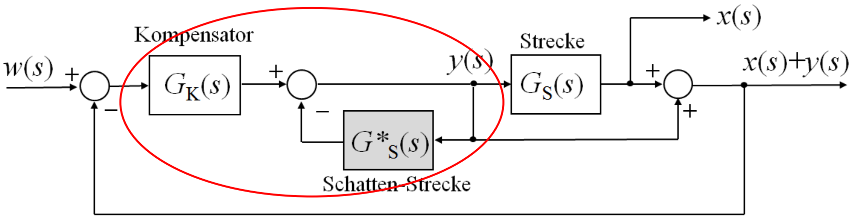




Sprungantwort des Regelkreises $x(t) + y(t)$



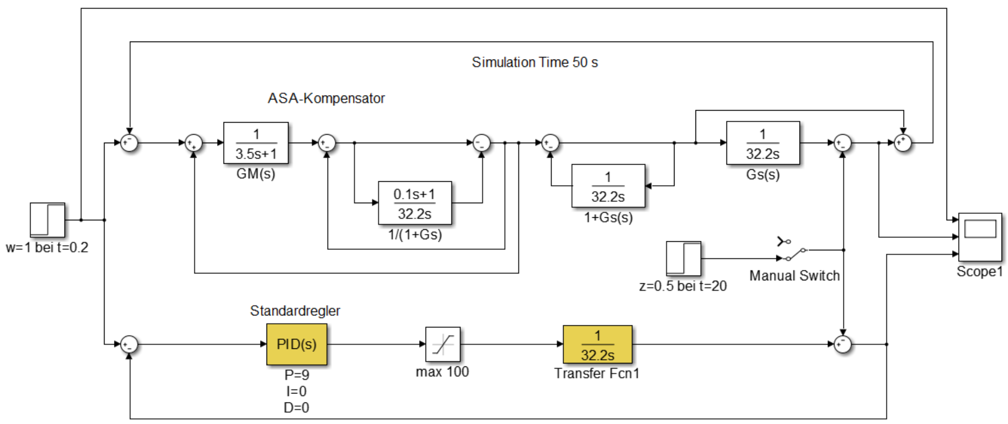
Aus den letzten Bildern soll es klar sein, dass der ASA-Regler $G_R(s)$ (unten im roten Kreis aufgehoben) im betrachteten Fall der I-Strecke $G_s(s)$ eigentlich ein P-Glied ist. Mit diesem Regler wird die Regelgröße $x(t)$ auf den gewünschten Verhalten $G_M(s)$ ausgeregelt, während die eigentliche Ausgangsgröße $x(t)+y(t)$ nach einem beliebigen stabilen Verhalten verläuft.



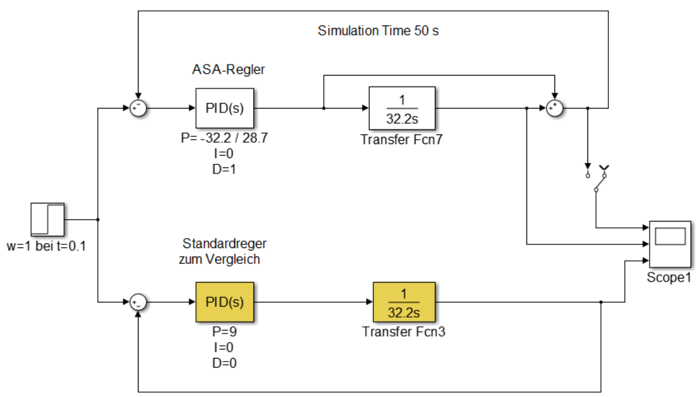
Dies wird auch durch Ausgabe des obigen MATLAB-Skriptes bestätigt:

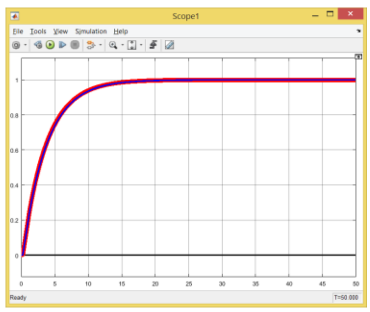
```
GR =

  -32.2 s
  -------
  28.7 s

Continuous-time transfer function.


GR =

  -1.122

Static gain.
```

Der ursprünglich betrachtete Wirkungsplan des ASA-Reglers $G_R(s)$ mit der Schatten-Strecke $G_s(s)$, Kompensator $G_K(s)$ und dem gewünschten Verhalten $G_R(s)$ (Bild unten)



wird somit wie unten gezeigt vereinfacht.



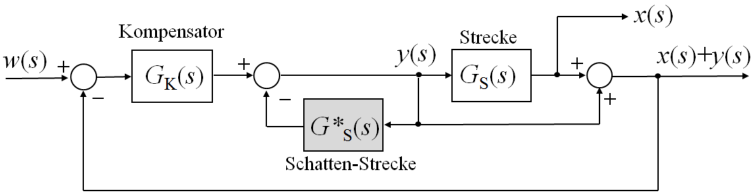


Herleitung

Die Herleitung des MATLAB-Skriptes der obigen Datei ASA_Kompensator_OSLO.m wurde in *Automation-Letter Nr. 8* (Seiten 14, 15) und *Automation-Letter Nr. 15* (Seiten 8 bis 10)

http://www.zacher-international.com/Automation_Letters/08_ASA-Implementierung.pdf
http://www.zacher-international.com/Automation_Letters/15_Algebraic_loop.pdf

beschrieben und wird nachfolgend nochmal zusammengefasst.



$$G_S^*(s) = G_S(s)$$

$$G_0(s) = G_K(s)\cdot\frac{1}{1+G_S(s)}\cdot\left[1+G_S(s)\right] = G_K(s)$$

$$x(s) = \frac{G_K(s)\cdot\frac{1}{1+G_S(s)}\cdot G_S(s)}{1+G_0(s)}w(s) = G_K(s)\cdot\frac{\frac{1}{1+G_S(s)}\cdot G_S(s)}{1+G_K(s)}w(s)$$

$$x(s) = \underbrace{\frac{G_K(s)}{1+G_K(s)}\cdot\frac{G_S(s)}{1+G_S(s)}}_{G_M(s)}w(s) \quad\Rightarrow\quad x(\infty) = \frac{K_{PK}}{1+K_{PK}}\cdot\frac{K_{PS}}{1+K_{PS}}\hat{w}$$

$$G_M(s) = \frac{G_K(s)}{1+G_K(s)}\cdot\frac{G_S(s)}{1+G_S(s)} \quad\Rightarrow\quad \boxed{G_K(s) = \frac{G_M(s)\frac{1+G_S(s)}{G_S(s)}}{1-G_M(s)\frac{1+G_S(s)}{G_S(s)}}}$$

$$G_R(s) = G_K(s)\frac{1}{1+G_S(s)} = \frac{G_M(s)\frac{1+G_S(s)}{G_S(s)}}{1-G_M(s)\frac{1+G_S(s)}{G_S(s)}}\cdot\frac{1}{1+G_S(s)}$$

$$G_R(s) = \frac{\frac{G_M(s)}{G_S(s)}}{1-G_M(s)\frac{1+G_S(s)}{G_S(s)}} = \frac{G_M(s)}{G_S(s)-G_M(s)(1+G_S(s))}$$

$$G_R(s) = \frac{G_M(s)}{G_S(s)-G_M(s)-G_M(s)G_S(s)} = \frac{G_M(s)}{G_S(s)[1-G_M(s)]-G_M(s)}$$

$$G_R(s) = \frac{1}{\frac{G_S(s)[1-G_M(s)]-G_M(s)}{G_M(s)}} = \frac{1}{G_S(s)\underbrace{\left[\frac{1}{G_M(s)}-1\right]}_{G_{Mrez}(s)}-1} \quad\rightarrow\quad G_{Mrez}(s) = \frac{1}{G_M(s)}-1$$

$$\boxed{G_R(s) = \frac{1}{G_S(s)G_{Mrez}(s)-1}}$$