



Prof. Dr. S. Zacher

Turbo-Regler

Einen PID-Standardregler beschleunigen

„Mit einem Mikroprozessor, einem PC oder einer SPS als Regler ist man nicht mehr an die klassischen PID-Algorithmen gebunden und kann die komplizierteren Regelalgorithmen entwickeln...“

S. Zacher, M. Reuter: Regelungstechnik für Ingenieure,
Seite 357, Springer Vieweg Verlag,
14. Auflage, 2014

Abstract , Urheberrechts – und Haftungshinweis

Die Regelung eines Regelkreises mit dem Standard-Regler (Bild 1) wird durch Einsatz eines neuen Bausteins, genannt *Turbo*, mehrfach beschleunigt (Bild 2). Der Aufbau des Turbo-Bausteins ist überraschend einfach und gleichzeitig effektiv. Somit kann die Ausregelzeit halbiert werden.

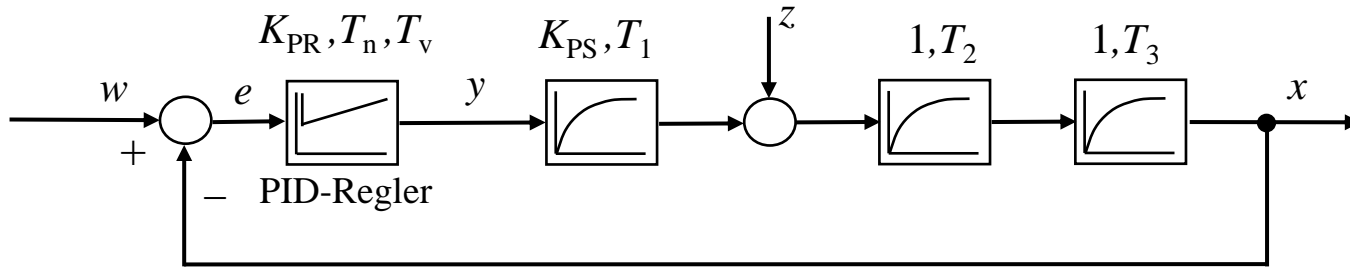


Bild 1. Beispiel eines Regelkreises mit dem Standard-Regler

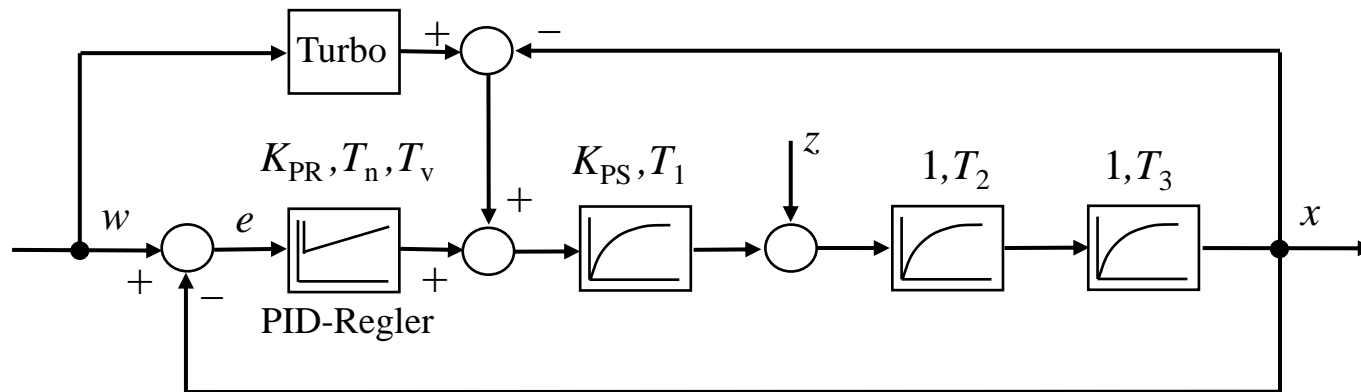


Bild 2. Regelkreis des Bildes 1 mit dem Turbo-Baustein

Die vorliegende Publikation ist die erste Veröffentlichung über Turbo-Regler und unterliegt der Urheberrecht.

Alle Rechte sind bei S. Zacher vorbehalten.

Die Weiterentwicklung oder Nutzung des *Turbo*-Bausteins ohne Referenz auf Urheber ist nicht zugelassen..

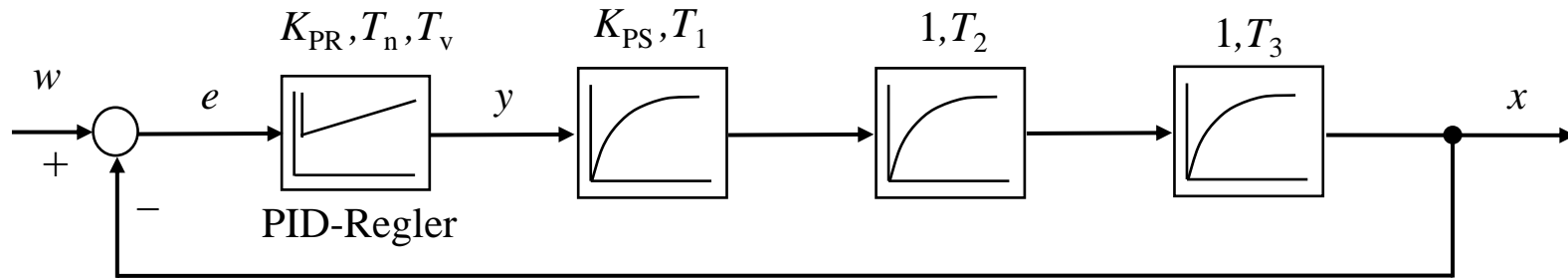
Für die Anwendung der vorliegenden Publikation in der Industrie, im Laborbetrieb und in anderen praktischen Fällen sowie für eventuelle Schäden, die aus unvollständigen oder fehlerhaften Angaben über das dynamische Systeme ergeben können, übernimmt der Autor **keine Haftung**.

INHALT

1. Regelkreis mit einem StandardreglerSeite 4
2. Turbo-BausteinSeite 8
3. Störverhalten mit dem Turbo-ReglerSeite 10
4. Theoretische HintergründeSeite 12
5. Hinweise zur Wahl von $GM(s)$ Seite 16
6. Zusammenfassung Seite 20

1. Standardregler

Zuerst betrachten wir einen Regelkreis mit dem Standard-PID-Regler (Bild 3).



Die Übertragungsfunktion des aufgeschnittenen Regelkreises:

$$G_0(s) = \frac{K_{PR} (1 + sT_n)(1 + sT_v)}{sT_n} \cdot \frac{K_{PS}}{(1 + sT_1)(1 + sT_2)(1 + sT_3)} \quad \text{mit } T_1 > T_2 > T_3$$

Die beste Regler-Einstellung ist als Betragsoptimum bekannt. Dafür kompensieren wir die Zeitkonstanten der Strecke wie folgt:

$$T_n = T_{\text{größte}} = T_1 \quad T_v = T_{\text{zweitgrößt}} = T_2$$

Die Übertragungsfunktion $G_0(s)$ entspricht dem Grundtyp „A“ (siehe S. Zacher / M. Reuter „Regelungstechnik für Ingenieure“). Dementsprechend wird K_{PR} des Reglers berechnet:

$$G_0(s) = \frac{K_{PR} K_{PS}}{sT_n (1 + sT_3)} \quad \longrightarrow \quad K_{PR} = \frac{T_n}{2K_{PS}T_3}$$

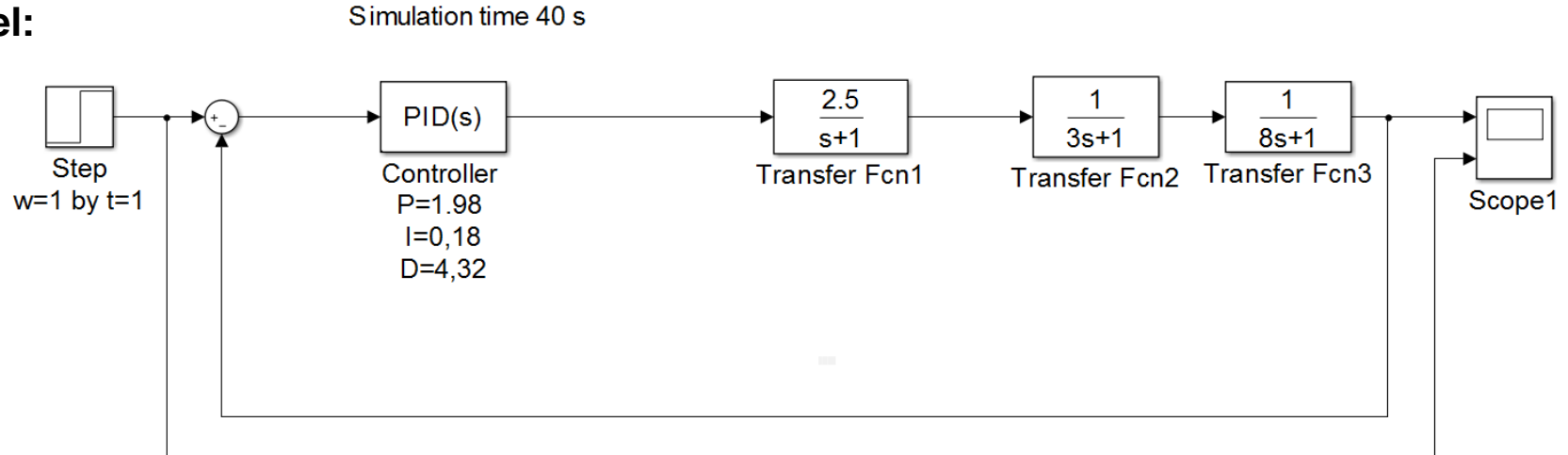


1. Standardregler

Die Dämpfung erreicht dabei den optimalen Wert $\mathcal{D} = \frac{1}{\sqrt{2}}$ bzw. $\mathcal{D} = 0,707$.

Die Ausregelzeit T_{aus} beträgt beim Betragsoptimum etwa $T_{\text{aus}} = 11 \cdot T_3$

Beispiel:



Die Konfiguration des PID-Reglers:

$$T_n = T_{\text{größte}} = 8 \text{ s}$$

$$T_v = T_{\text{zweitgrößt}} = 3 \text{ s}$$

$$K_{\text{PR}} = \frac{T_n}{2K_{\text{PS}}T_3} = \frac{8}{2 \cdot 2,5 \cdot 1} = 1,6$$

Die Konfiguration des PID-Bausteins:

$$P = K_{\text{PR}} \left(1 + \frac{T_v}{T_n} \right) = 1,6 \cdot (1 + 0,375) = 1,98$$

$$I = \frac{P}{T_n + T_v} = \frac{1,98}{8 + 3} = 0,18$$

$$D = P \cdot \frac{T_n T_v}{T_n + T_v} = 1,98 \cdot \frac{8 \cdot 3}{8 + 3} = 4,32$$

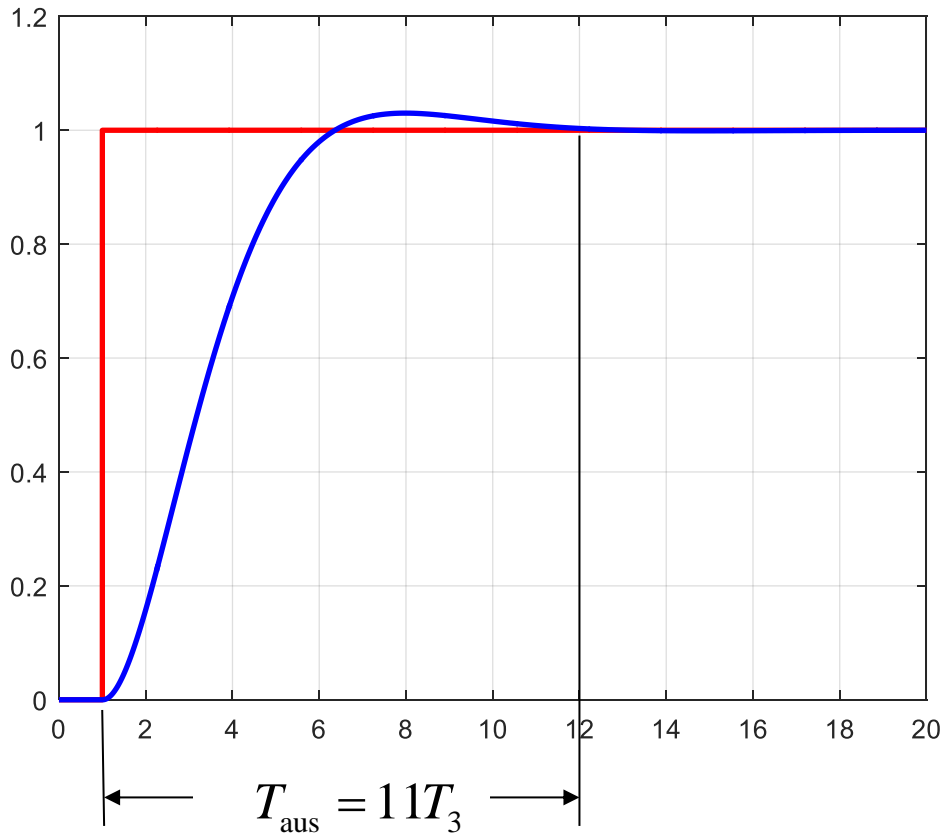
1. Standardregler

Die Sprungantwort zeigt, dass die optimale Dämpfung $\mathcal{D} = 0,707$ erreicht wurde.

Die maximale Überschwingung beträgt 4,3% der Führungsgröße.

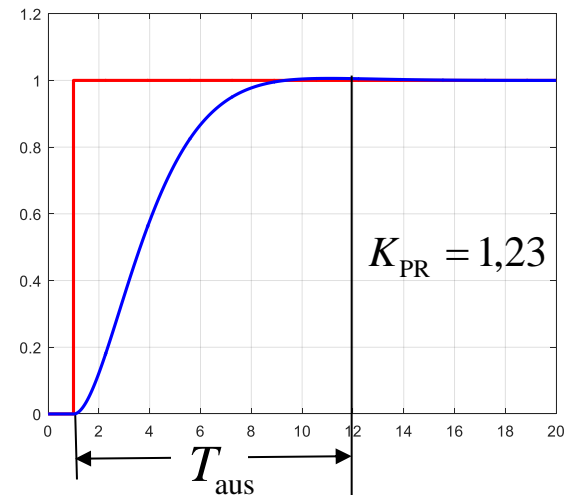
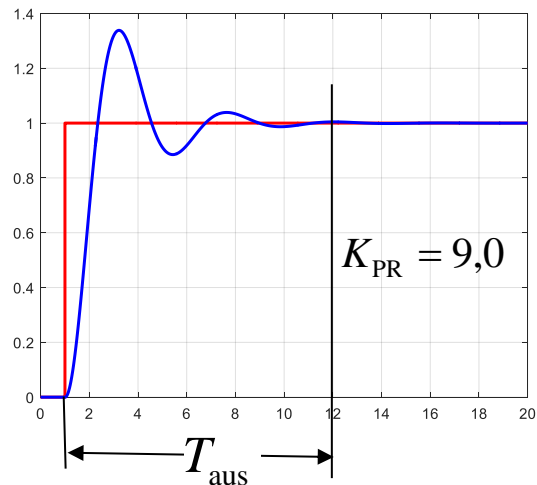
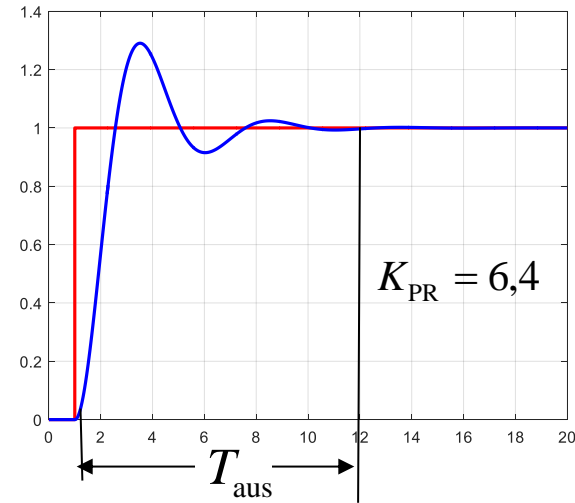
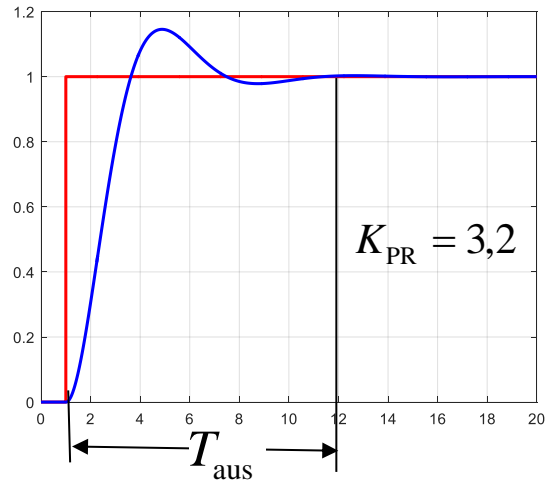
Die Ausregelzeit ist $T_{\text{aus}} = 11 \cdot 1 = 11$ s, wie es beim Betragsoptimum zu erwarten ist.

Das ist die kürzeste Zeit, die mit einem Standardregler nach dem Betragsoptimum erreicht werden kann.



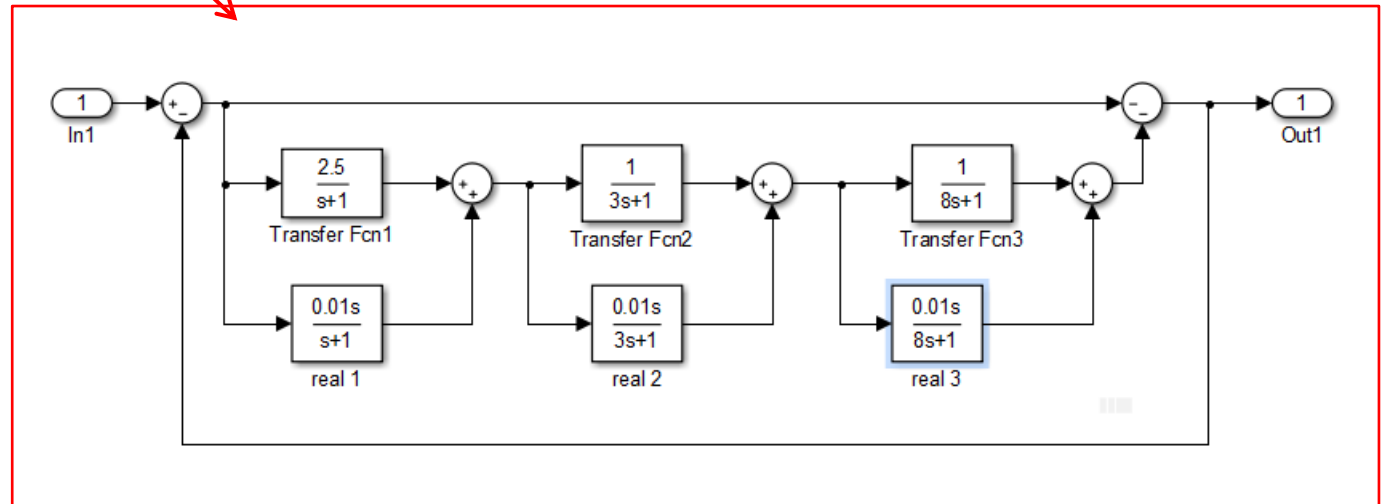
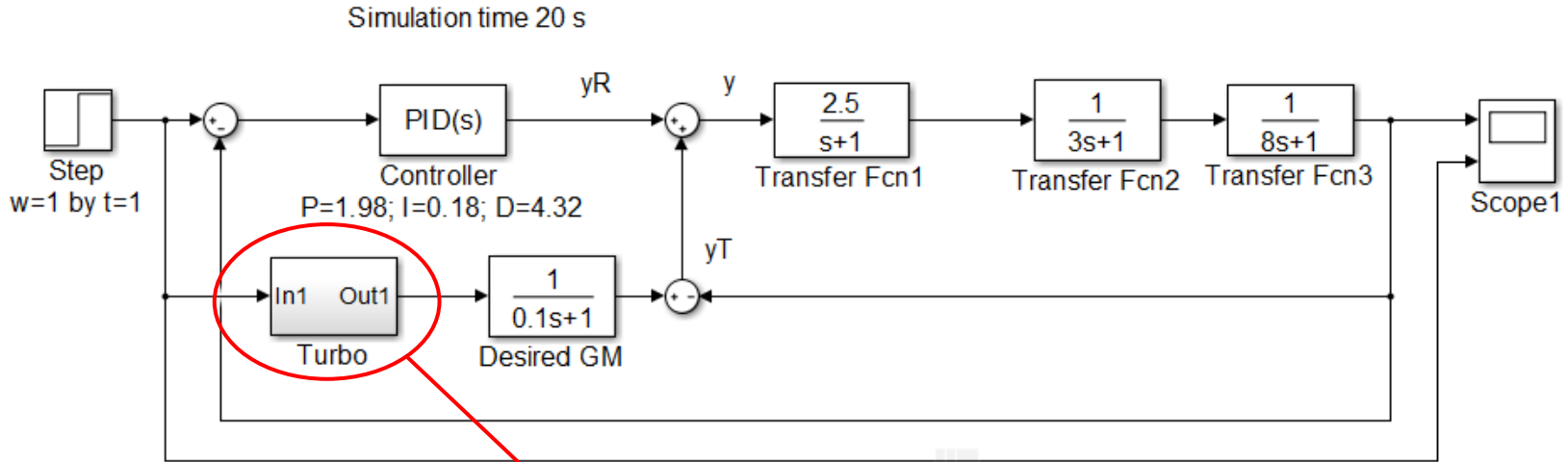
1. Standardregler

Unten sind einige Optionen der Regler-Einstellung gezeigt. Es ist ersichtlich, dass entweder die maximale Überschwingung der Regelgröße steigt oder die Dämpfung des Regelkreises wird größer, aber die Ausregelzeit lässt sich im Vergleich zum Betragsoptimum nur wenig kürzen.



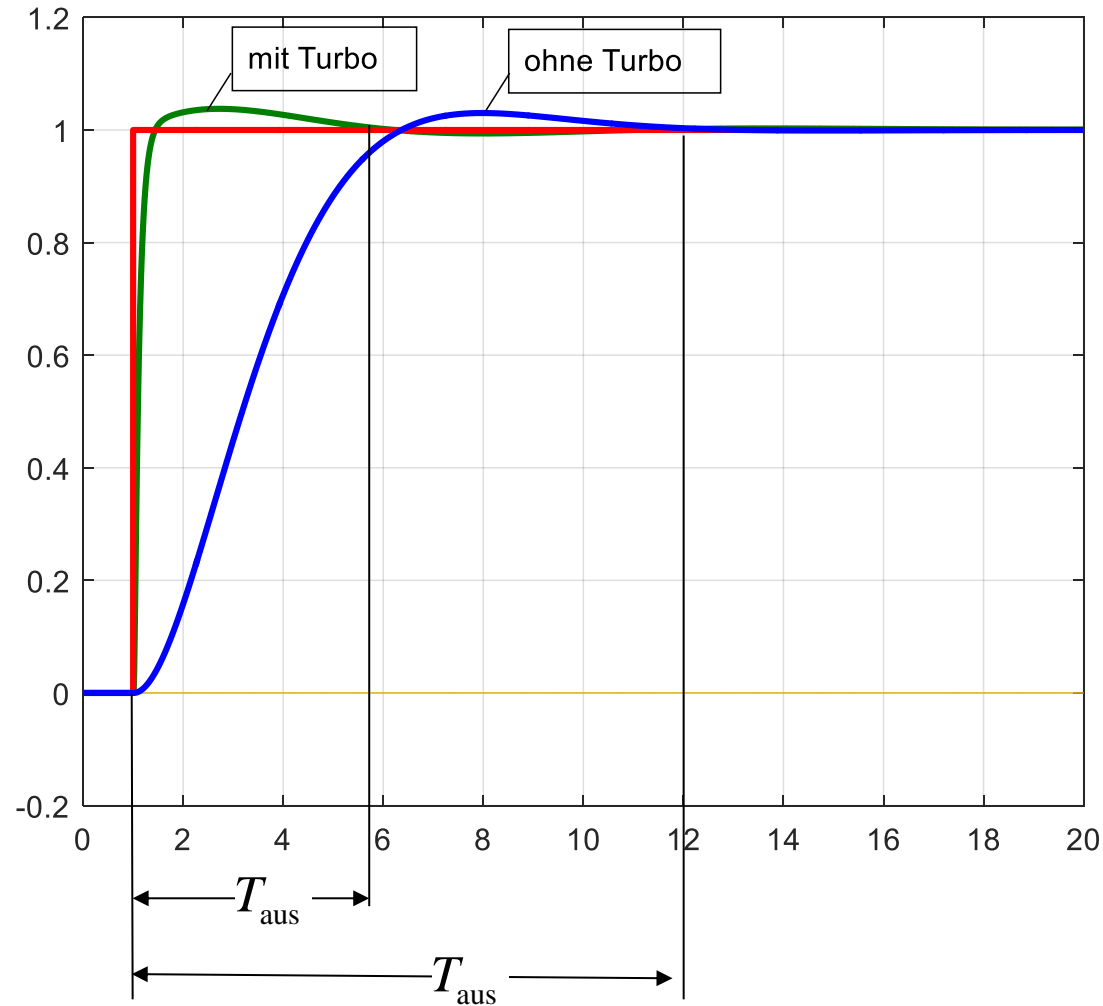
2. Turbo-Regler

Will man doch die Regelung beschleunigen und die Ausregelzeit $T_{\text{aus}} = 11 \text{ s}$ verkleinern, kann ein *Turbo*-Baustein, wie unten gezeigt, eingesetzt werden.



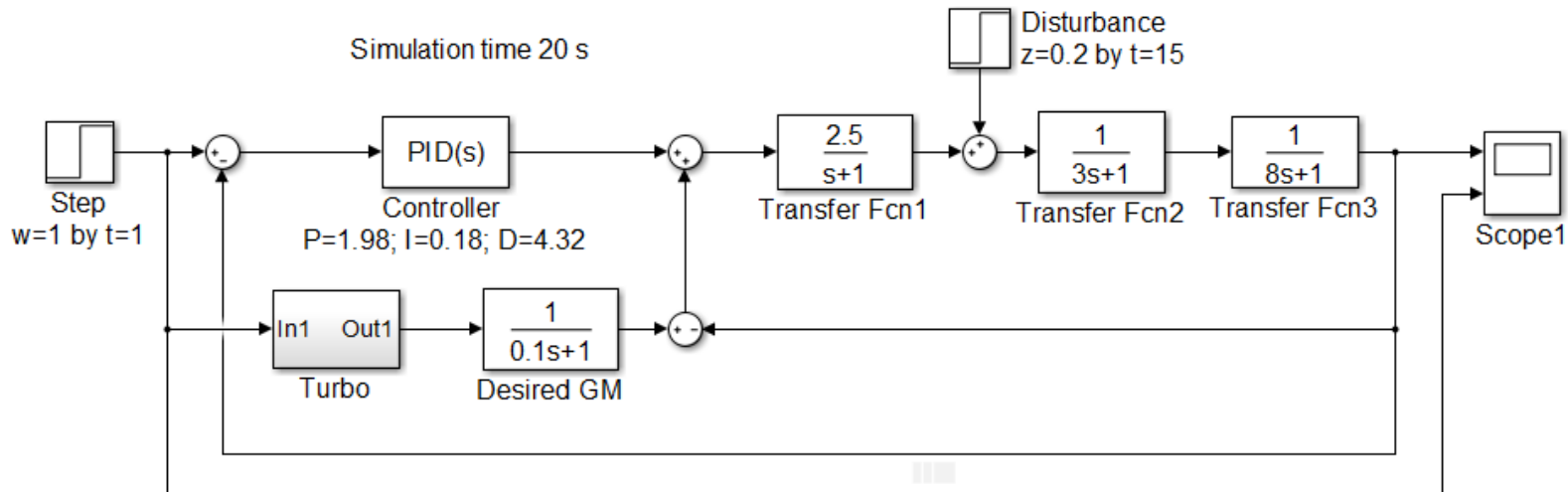
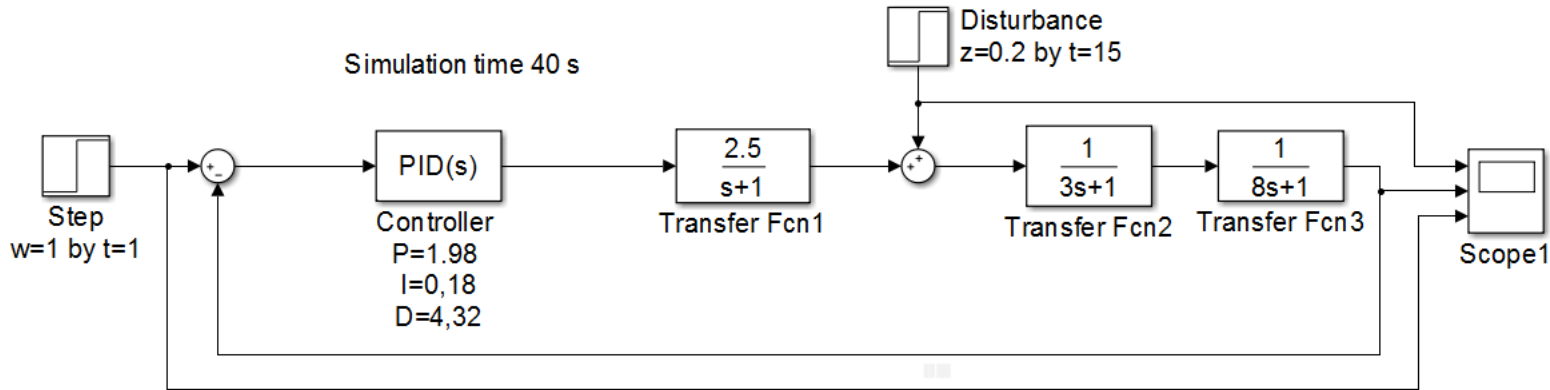
2. Turbo-Regler

Die Sprungantwort zeigt dieselbe optimale Dämpfung $\mathcal{D} = 0,707$, jedoch die Ausregelzeit ist etwa 2 mal kleiner, als im Fall des Standard-Reglers ohne Turbo, nämlich: $T_{\text{aus}} = 4,9 \text{ s}$



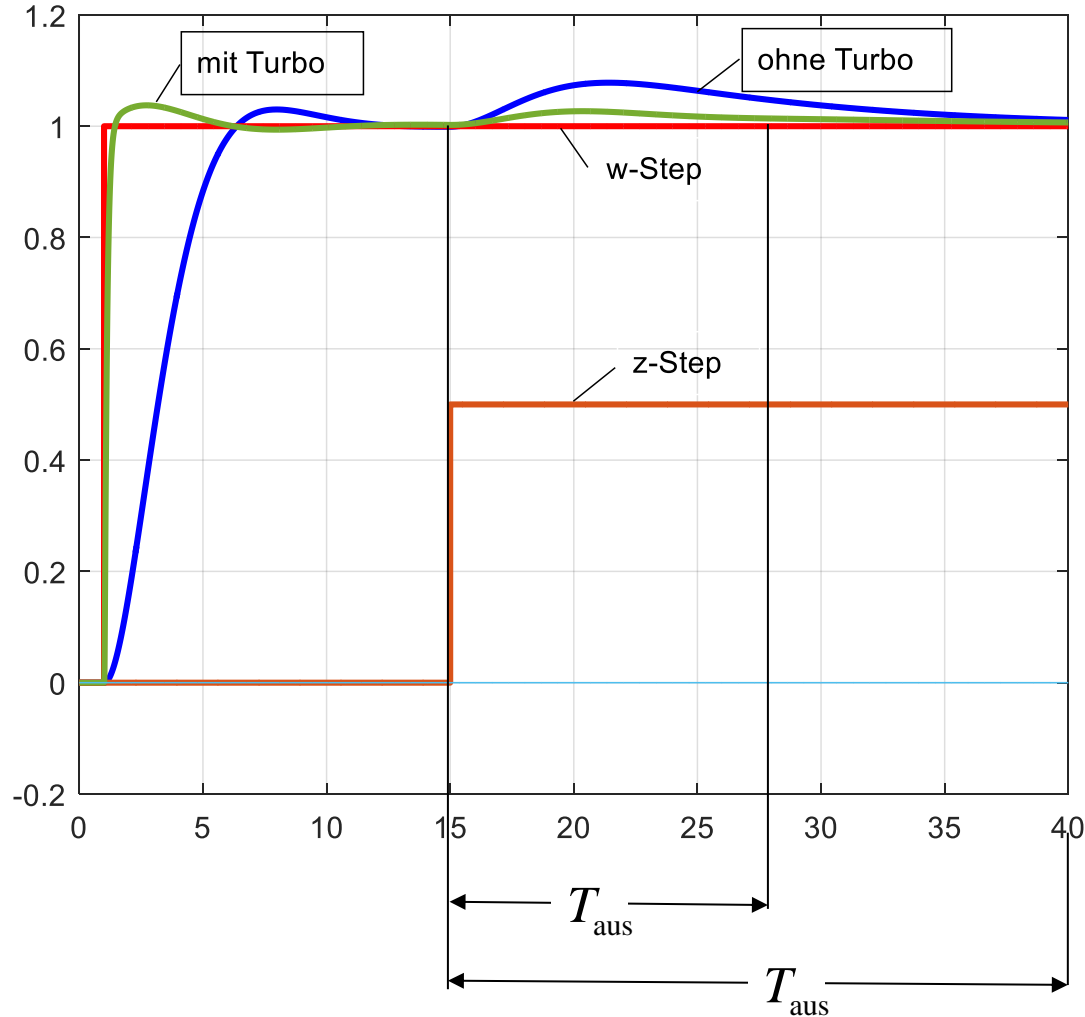
3. Störverhalten mit und ohne Turbo-Regler

Die Wirkungspläne von Regelkreisen ohne und mit Turbo-Baustein mit gleicher Störgröße z sind unten gezeigt. Die Störung $z=0,2$ wirkt bei $t=15$ sec nach dem Beginn der Simulation.



2. Turbo-Regler

Die Sprungantworten beim Störverhalten zeigen dieselbe optimale Dämpfung $\mathcal{D} = 0,707$.
Auch beim Störverhalten reagiert der Regelkreis mit dem Turbo-Baustein (Bild 3) schneller als der Regelkreis ohne Turbo.



4. Theoretische Hintergründe

Keine Freigabe

Die theoretischen Grundlagen, die zur Entwicklung des Turbo-Bausteins geführt haben, können nur nach spezielle Vereinbarung mit dem Autor frei gegeben bzw. präsentiert werden.

Dafür reicht eine formlose Anfrage an die Mail-Adresse aus:

info@szacher.de

4. Theoretische Hintergründe

Keine Freigabe

Die theoretischen Grundlagen, die zur Entwicklung des Turbo-Bausteins geführt haben, können nur nach spezielle Vereinbarung mit dem Autor frei gegeben bzw. präsentiert werden.

Dafür reicht eine formlose Anfrage an die Mail-Adresse aus:

info@szacher.de

4. Theoretische Hintergründe

Keine Freigabe

Die theoretischen Grundlagen, die zur Entwicklung des Turbo-Bausteins geführt haben, können nur nach spezielle Vereinbarung mit dem Autor frei gegeben bzw. präsentiert werden.

Dafür reicht eine formlose Anfrage an die Mail-Adresse aus:

info@szacher.de

4. Theoretische Hintergründe

Keine Freigabe

Die theoretischen Grundlagen, die zur Entwicklung des Turbo-Bausteins geführt haben, können nur nach spezielle Vereinbarung mit dem Autor frei gegeben bzw. präsentiert werden.

Dafür reicht eine formlose Anfrage an die Mail-Adresse aus:

info@szacher.de

5. Hinweise zur Wahl der Übertragungsfunktion $G_M(s)$

Keine Freigabe

Die theoretischen Grundlagen, die zur Entwicklung des Turbo-Bausteins geführt haben, können nur nach spezielle Vereinbarung mit dem Autor frei gegeben bzw. präsentiert werden.

Dafür reicht eine formlose Anfrage an die Mail-Adresse aus:

info@szacher.de

5. Hinweise zur Wahl der Übertragungsfunktion $G_M(s)$

Keine Freigabe

Die theoretischen Grundlagen, die zur Entwicklung des Turbo-Bausteins geführt haben, können nur nach spezielle Vereinbarung mit dem Autor frei gegeben bzw. präsentiert werden.

Dafür reicht eine formlose Anfrage an die Mail-Adresse aus

info@szacher.de

5. Hinweise zur Wahl der Übertragungsfunktion $G_M(s)$

Keine Freigabe

Die theoretischen Grundlagen, die zur Entwicklung des Turbo-Bausteins geführt haben, können nur nach spezielle Vereinbarung mit dem Autor frei gegeben bzw. präsentiert werden.

Dafür reicht eine formlose Anfrage an die Mail-Adresse aus:

info@szacher.de

5. Hinweise zur Wahl der Übertragungsfunktion $G_M(s)$

Keine Freigabe

Die theoretischen Grundlagen, die zur Entwicklung des Turbo-Bausteins geführt haben, können nur nach spezielle Vereinbarung mit dem Autor frei gegeben bzw. präsentiert werden.

Dafür reicht eine formlose Anfrage an die Mail-Adresse aus:

info@szacher.de

6. Zusammenfassung

In der vorliegenden Publikation wurde zum ersten Mal ein neues Verfahren zur Beschleunigung der Regelung eines Regelkreises mit dem konventionellen Standard-Regler (P, I, PI, PD, PID) vorgestellt und simuliert.

Dies erfolgt mit einem *Turbo*-Baustein, der sich eine spezielle Aufschaltung der Regelstrecke darstellt. Somit ist der Aufbau des Turbo-Bausteins überraschend einfach und gleichzeitig effektiv.

Die Ausregelzeit kann bei gleicher optimalen Dämpfung mehrfach reduziert werden, solange die Stellgröße die zugelassenen Grenzwerte nicht überschreitet.

In einer Reihe von Projektarbeiten wurde der Turbo-Regler erfolgreich getestet, und die neue Wege zum dessen Einsatz wurden diskutiert.

Die theoretischen Grundlagen, die zur Entwicklung des Turbo-Bausteins geführt haben, können nur nach spezieller Vereinbarung mit dem Autor frei gegeben bzw. präsentiert werden.

Dafür reicht es eine formlose Anfrage an die Mail-Adresse aus:

info@szacher.de

Die vorliegende Publikation ist die erste Veröffentlichung über Turbo-Regler und unterliegt dem Urheberrecht. Alle Rechte sind bei S. Zacher vorbehalten.

Die Weiterentwicklung oder Nutzung des *Turbo*-Bausteins ohne Referenz auf Urheber ist nicht zugelassen..

Für die Anwendung der vorliegenden Publikation in der Industrie, im Laborbetrieb und in anderen praktischen Fällen sowie für eventuelle Schäden, die aus unvollständigen oder fehlerhaften Angaben über das dynamische Systeme ergeben können, übernimmt der Autor keine Haftung.

Prof. Dr. S. Zacher

Ende der Präsentation
Turbo-Regler