



# Proseminar Technische Informationssysteme

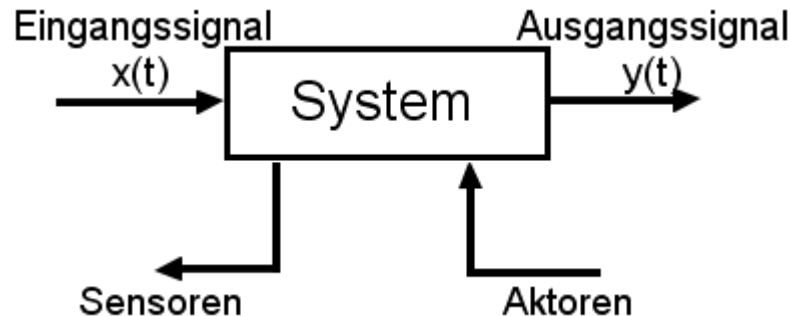
## 70 Jahre Reglereinstellung nach Ziegler und Nichols

Johannes Postel

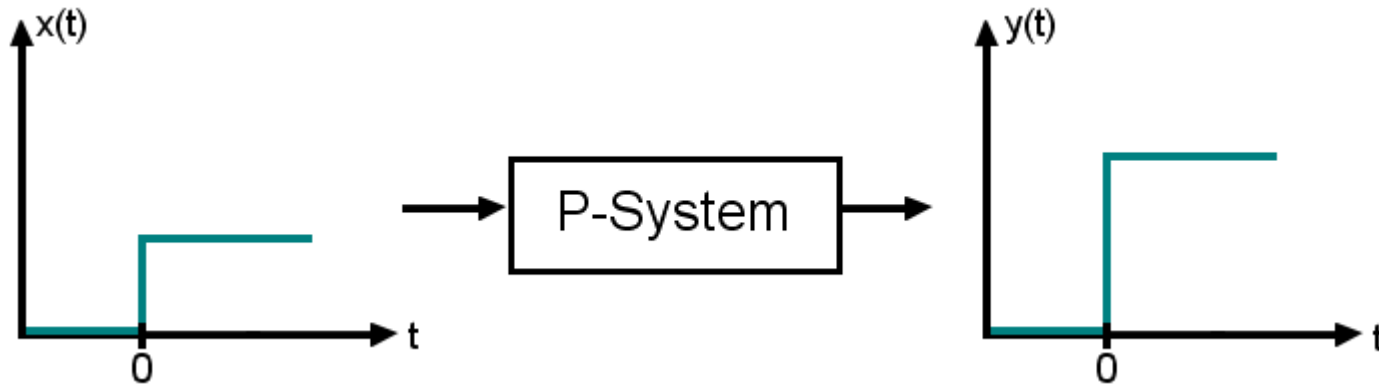
Dresden, 14. November 2011

1. Systembegriff und Typen von Grundsystemen
2. Eigenschaften und Arbeitsweise von PID-Reglern
3. Wendetangenten-Methode nach Ziegler und Nichols
4. Stabilitätsrand-Methode nach Ziegler und Nichols
5. Anwendung und Grenzen, Ausblick

Ein **System** ist ein natürliches oder künstliches Gebilde, das (mindestens) ein *Eingangssignal* entgegennimmt und (mindestens) ein *Ausgangssignal* abgibt.

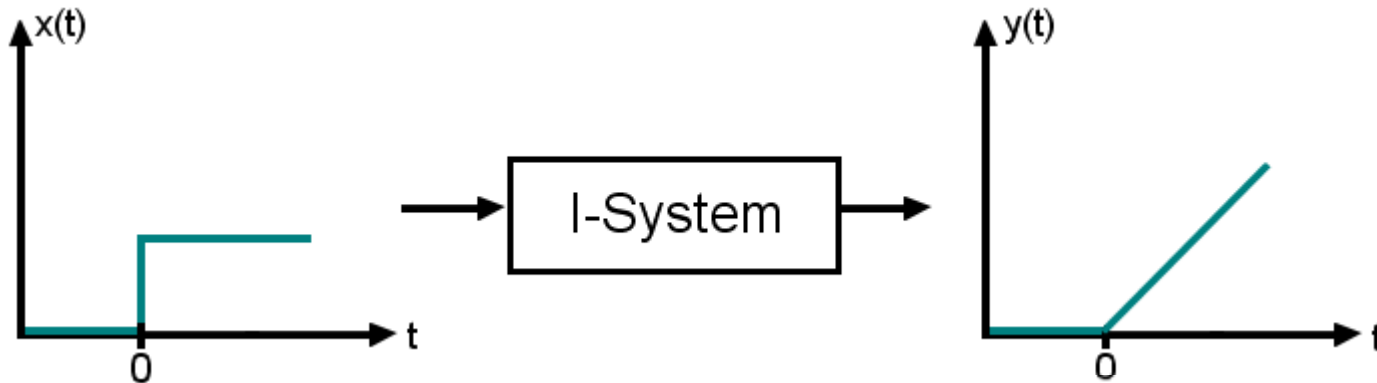


Ein **Signal** ist der zeitliche Verlauf  $x(t)$  einer (physikalischen) Größe, welcher Informationen in sich trägt.



Gleichung:  $y(t) = K_P \cdot x(t)$

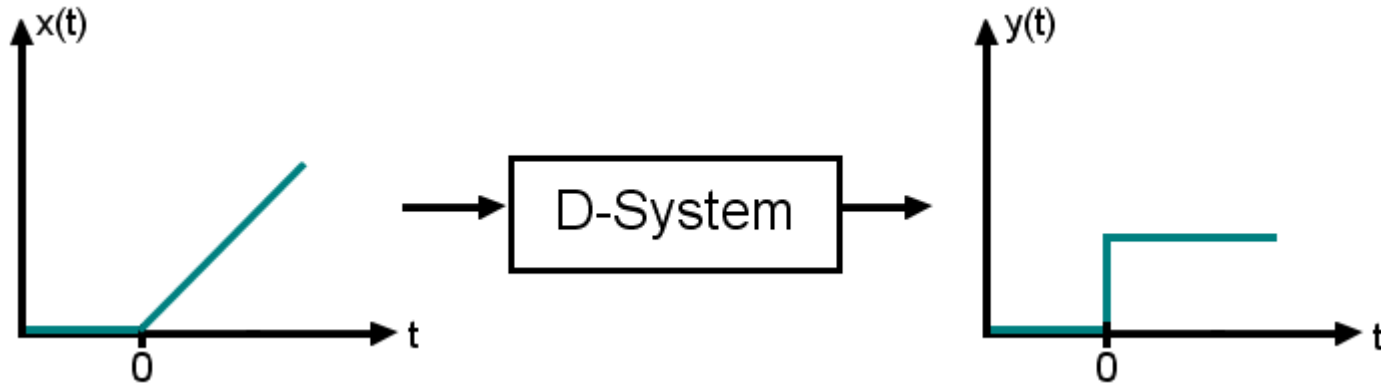
Char. Parameter: Proportionalbeiwert  $K_P$



Gleichungen: 
$$y(t) = K_I \cdot \int_{-\infty}^t x(\tau) d\tau$$

$$\frac{dy}{dt} = K_I \cdot x(t)$$

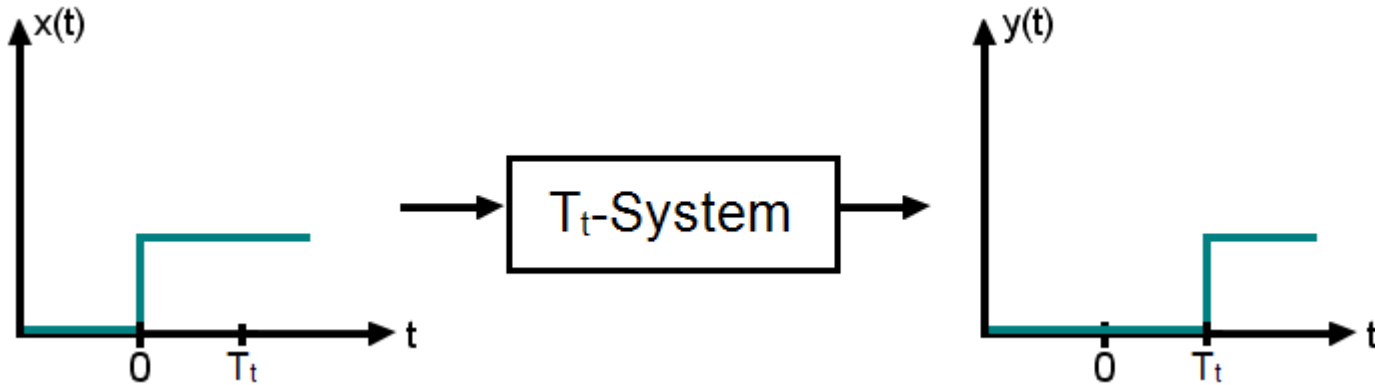
Char. Parameter: Integrierbeiwert  $K_I$



Gleichung: 
$$y(t) = K_D \cdot \frac{d}{dt} x(t)$$

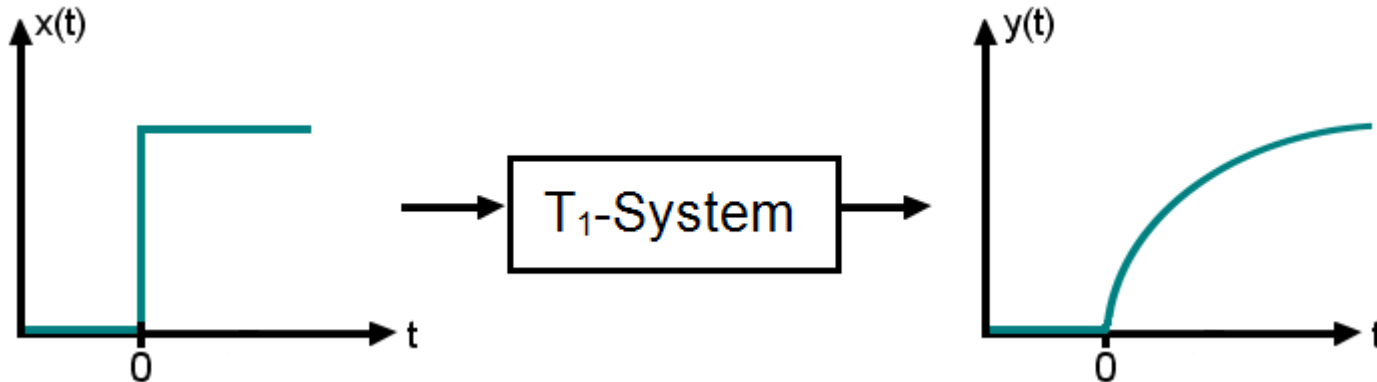
Char. Parameter: Differenzierbeiwert  $K_D$

# Totzeit-System



Gleichung:  $y(t) = x(t - T_t)$

Char. Parameter: Totzeit  $T_t$



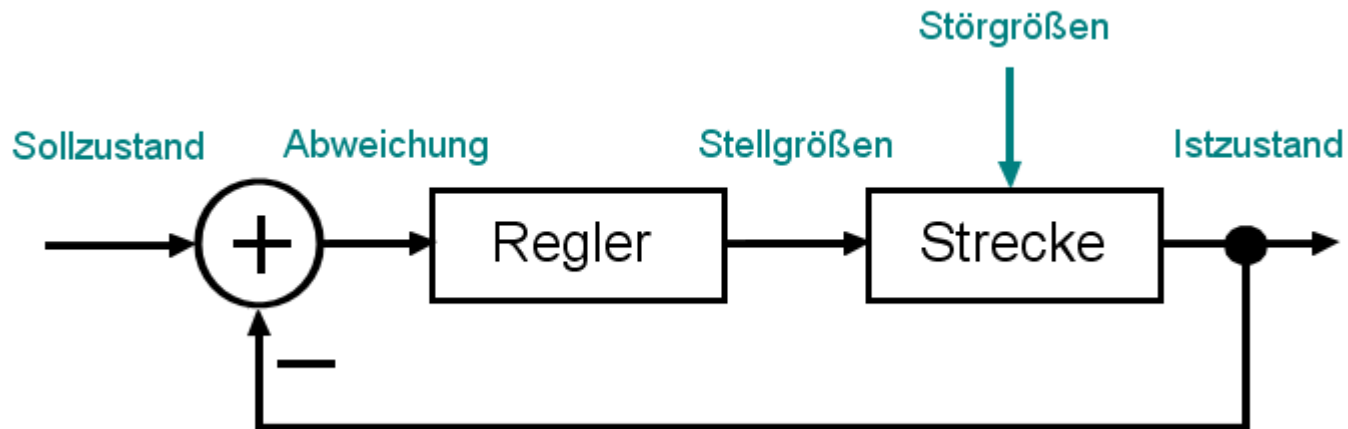
Gleichung:  $T_1 \cdot \frac{d}{dt} y(t) + y(t) = x(t)$

Char. Parameter: Verzögerungszeit  $T_1$



1. Systembegriff und Typen von Grundsystemen
- 2. Eigenschaften und Arbeitsweise von PID-Reglern**
3. Wendetangenten-Methode nach Ziegler und Nichols
4. Stabilitätsrand-Methode nach Ziegler und Nichols
5. Anwendung und Grenzen, Ausblick

- Einsatz von Reglern zur Beeinflussung eines vorhandenen Systems (Strecke)
- Messen des Istzustandes und Ermitteln der aktuellen Abweichung zur Sollvorgabe
- Berechnen der Stellgrößen, die zur Minimierung der Abweichung führen



- Heute Regelung fast ausschließlich durch Kombination von P-, I- und D-System (Name!)
- Nicht immer alle Anteile verwendet
  - z. B. auch P-Regler, PI-Regler usw.
- Eigenschaften der Teilsysteme:
  - **P**: Schnelle Reaktion am Anfang (+), im Normalfall aber bleibende Regelabweichung (-).
  - **I**: Keine bleibende Regelabweichung (+), aber langsame Reaktion am Anfang (-).
  - **D**: Kann Verlauf des Signals „vorhersagen“ (+), aber ohne Änderung der Abweichung wirkungslos (-).
- Ausgleich der Nachteile durch sinnvolle Kombination der Teilsysteme

- Regler arbeitet „korrekt“, wenn ausgegebene Stellgrößen die erwünschte Änderung des Istzustandes zum Sollzustand bewirken
- Problem: Häufig kein mathematisches Modell der Strecke bekannt – dann Reglerdimensionierung nur empirisch oder experimentell möglich („Faustformel“)!

Hier betrachtet:

Einstellregeln nach John G. Ziegler & Nathaniel B. Nichols  
*„Optimum Settings for Automatic Controllers“*, 1942 (!)

1. Systembegriff und Typen von Grundsystemen
2. Eigenschaften und Arbeitsweise von PID-Reglern
- 3. Wendetangenten-Methode nach Ziegler und Nichols**
4. Stabilitätsrand-Methode nach Ziegler und Nichols
5. Anwendung und Grenzen, Ausblick

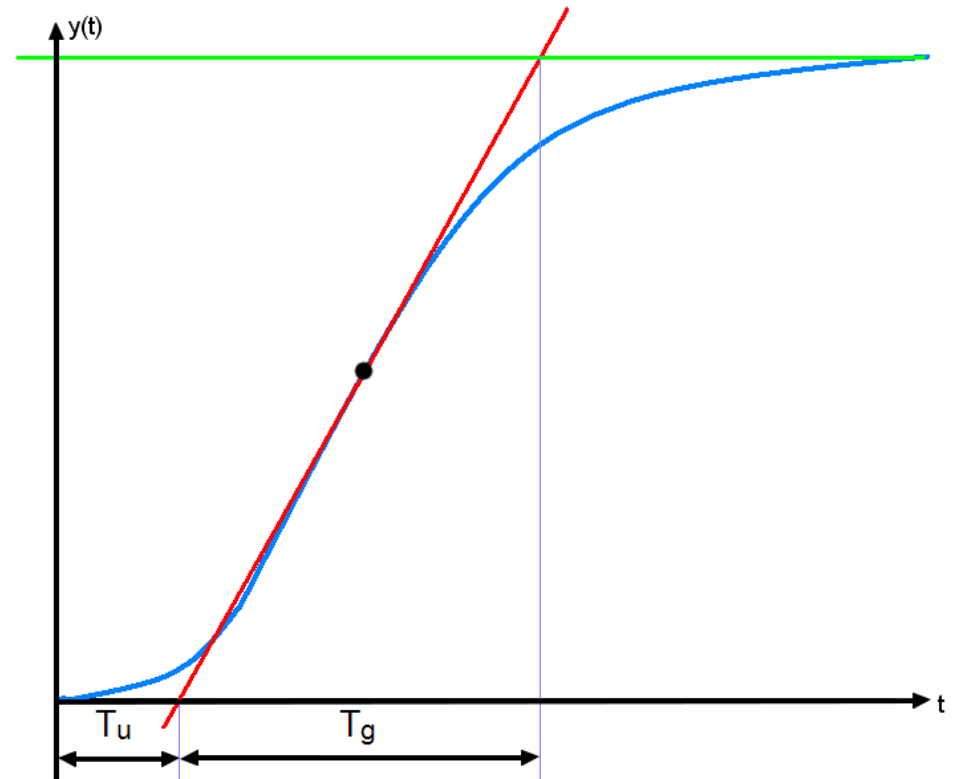
Voraussetzung: S-förmiges Ausgangssignal

Ermitteln der Sprungantwort der unregelmäßigten Strecke und Nachbilden durch ein  $PT_1T_t$ -System

Tangente an Wendepunkt der Sprungantwort liefert 2 Parameter zur Dimensionierung:

Verzugszeit  $T_u$

Ausgleichszeit  $T_g$



Reglerdimensionierung erfolgt aufgrund der ermittelten Werte  $T_u$  und  $T_g$  gemäß Tabelle:

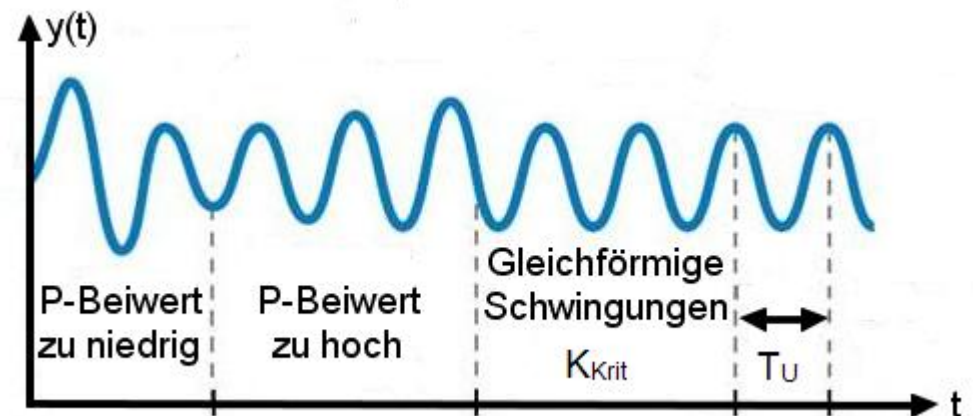
Reglertyp	$K_p$	$K_I$	$K_D$
<b>P</b>	$\frac{T_g}{K \cdot T_u}$	-	-
<b>PI</b>	$\frac{0,9 \cdot T_g}{K \cdot T_u}$	$3,33 \cdot T_u$	-
<b>PID</b>	$\frac{1,2 \cdot T_g}{K \cdot T_u}$	$2 \cdot T_u$	$0,5 \cdot T_u$

1. Systembegriff und Typen von Grundsystemen
2. Eigenschaften und Arbeitsweise von PID-Reglern
3. Wendetangenten-Methode nach Ziegler und Nichols
- 4. Stabilitätsrand-Methode nach Ziegler und Nichols**
5. Anwendung und Grenzen, Ausblick



- Keine Annahme bzgl. Übertragungsverhalten der Strecke
- Stelle I-Beiwert des Reglers „sehr groß“, D-Beiwert „sehr klein“ ein:  
Entspricht einer Deaktivierung!
- P-Beiwert wird variiert, bis Stellsignal aus gleichförmigen Schwingungen besteht

- 2 Parameter:  
Kritischer P-Beiwert  $K_{\text{Krit}}$   
Kritische Periodendauer  $T_U$



Reglerdimensionierung erfolgt aufgrund der ermittelten Werte  $K_{\text{Krit}}$  und  $T_U$  gemäß Tabelle:

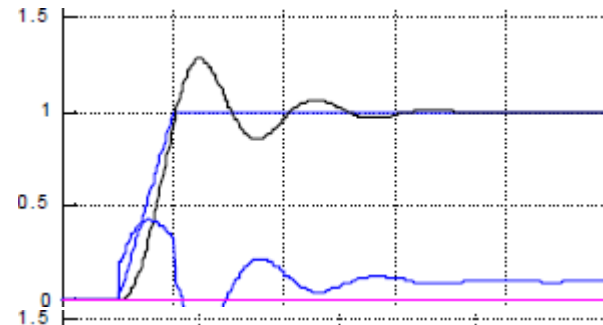
Reglertyp	$K_P$	$K_I$	$K_D$
<b>P</b>	$0,5 \cdot K_{\text{Krit}}$	–	–
<b>PI</b>	$0,45 \cdot K_{\text{Krit}}$	$0,85 \cdot T_U$	–
<b>PID</b>	$0,6 \cdot K_{\text{Krit}}$	$0,5 \cdot T_U$	$0,12 \cdot T_U$

1. Systembegriff und Typen von Grundsystemen
2. Eigenschaften und Arbeitsweise von PID-Reglern
3. Wendetangenten-Methode nach Ziegler und Nichols
4. Stabilitätsrand-Methode nach Ziegler und Nichols
5. **Anwendung und Grenzen, Ausblick**

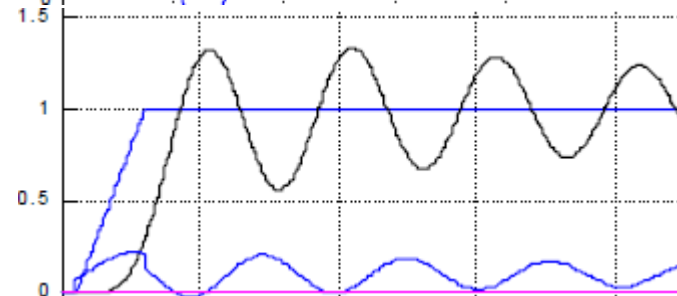
- Methoden hauptsächlich zum Ausregeln von Störungen entworfen (Kriterium: Amplitudenreduktion auf  $\frac{1}{4}$  Höhe pro Schwingung)
- Verhältnismäßig schlechte Dämpfung: schwingendes Stellsignal bei anfangs hoher Überschwingung – Regelung kann instabil werden
- Enge Voraussetzungen für Anwendbarkeit:
  - Wendetangenten-Methode: S-förmiges, schwingungsfreies Ausgangssignal der Strecke
  - Stabilitätsrand-Methode: Instabilität des Systems muss technisch möglich und zulässig sein
  - Beide: Überschwingungen über den Sollwert müssen temporär erlaubt sein

## Beispiel: Einstellung nach Ziegler/Nichols bei einer Strecke aus mehreren gleichen $PT_1$ -Gliedern

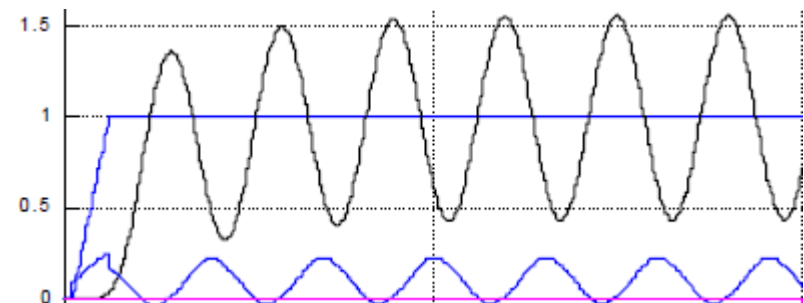
2  $PT_1$ -Glieder:



7  $PT_1$ -Glieder:



10  $PT_1$ -Glieder:



- Methoden nach wie vor weit verbreitet  
da leicht verständlich und einfach durchzuführen
  - Ähnliche Verfahren mit empirisch verbesserten Werten  
(z.B. Oppelt, Rosenberg) kaum noch genutzt
  - Andere Verfahren: Mehr Faktoren berücksichtigt,  
(Überschwingungsverhalten), aber etwas komplexere  
Einstellregeln (z.B. Chien/Hrones/Reswick)
  - Viele Systeme nicht durch nur 2 Parameter präzise  
charakterisierbar
  - Mit heutigem Wissen robustere und doch ähnlich  
einfache Methoden möglich
- Aber: Manuelle Reglereinstellung im digitalen  
Zeitalter verliert an Bedeutung**

- Ziegler, J. G. / Nichols, N. B.: *Optimum Settings for Automated Controllers*. In: Transactions of the American Society of Mechanical Engineers, 1942. S. 759-768.
- Åström, K. J.: *PID Control*. In: Control System Design. [Online-Dokument]
- Kessler, R.: *Wendetangenten-Methode zur Regler-Berechnung nach Ziegler-Nichols und nach Chien-Hrones-Reswick*. [Online-Dokument]
- Kabitzsch, K.: *Materialien zur Vorlesung „Systemorientierte Informatik / Hardware-Software-Codedesign“*. [Online-Dokument]