Evolutionstechnik für die Regelung dynamischer Systeme II

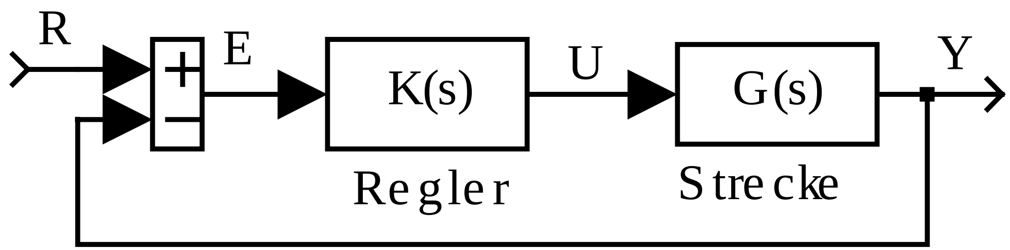
1 *Bekanntes* allgemeines Integralkriterium
- Strafterme für spez. Signaleigenschaften
-> Nachteile

2 Signaleigenschaften an einer bekannten Strecke
- bei Parameteränderung und Straftermaufschaltung

3 *Neues* modifiziertes Integralkriterium
- Signaleigenschaften in integraler Form
-> Vorteile

F7

Allgemeiner Eingrössenregelkreis:

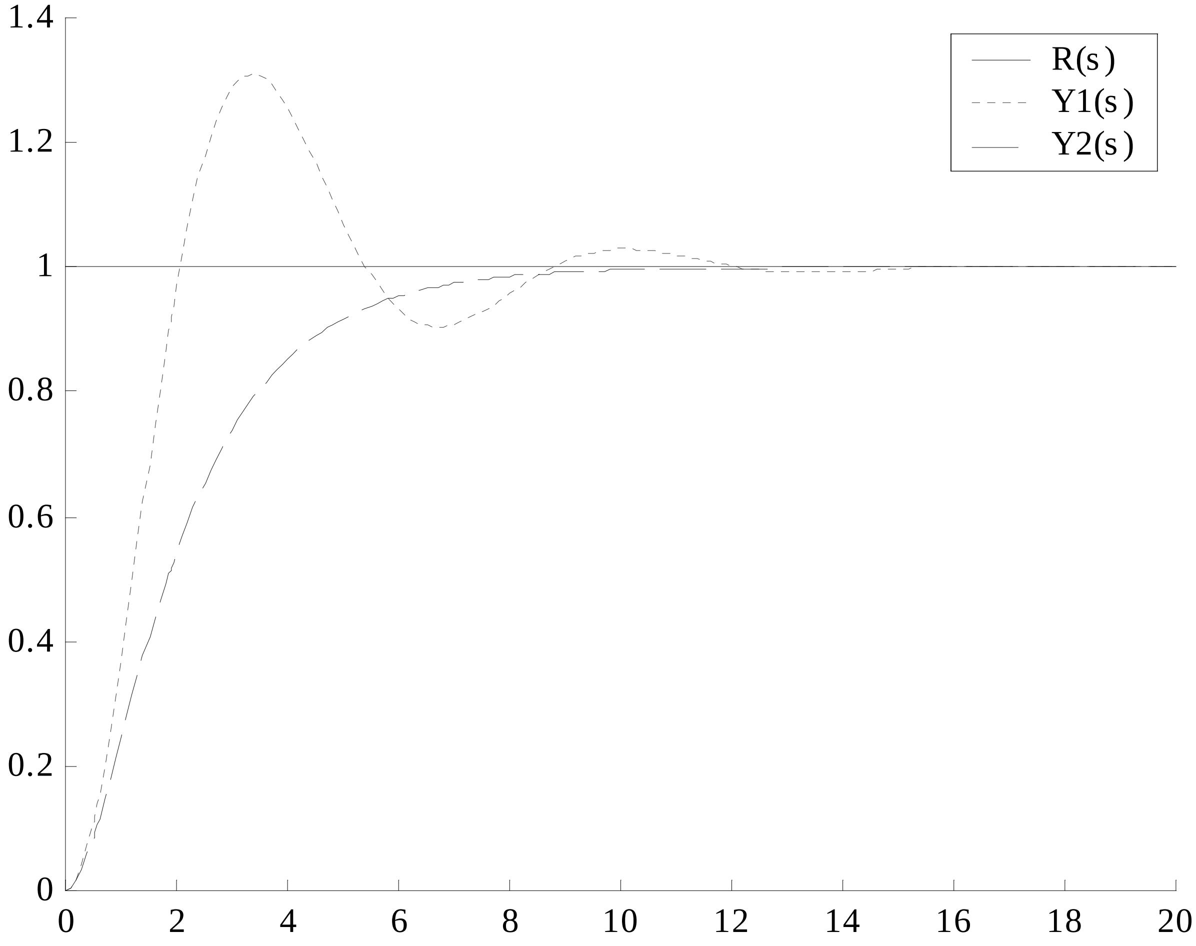


Allgemeines Integralkriterium: - konservativ

$$Q = \int_0^T t^n \left(e^2(t) + \alpha u^2(t) \right) dt \qquad \begin{aligned} n &= 0,1,2\ldots \\ \alpha &= 0,\ldots,0.2 \end{aligned}$$

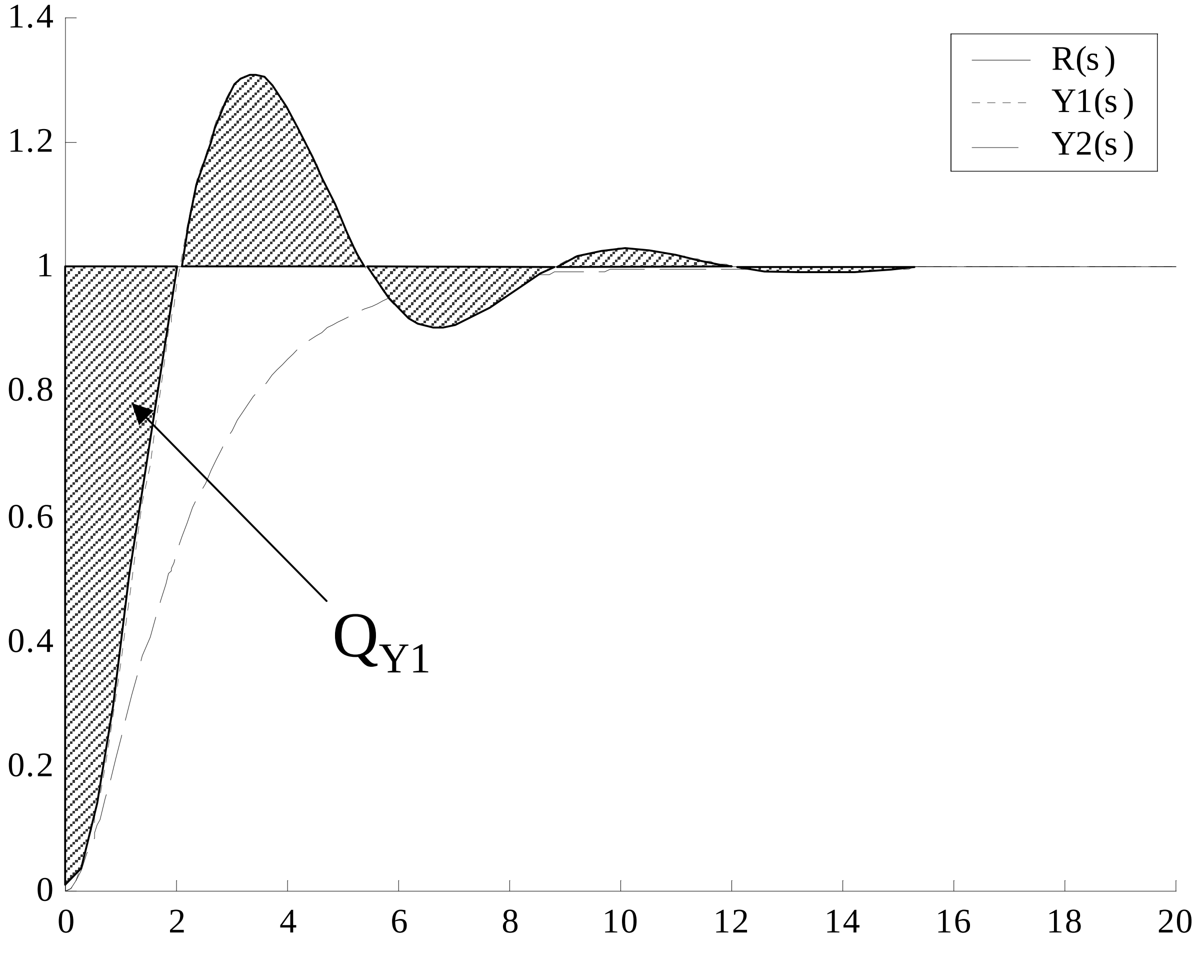
1

$$Q = \int_0^T t^n \left(e^2(t) + \alpha u^2(t) \right) dt$$



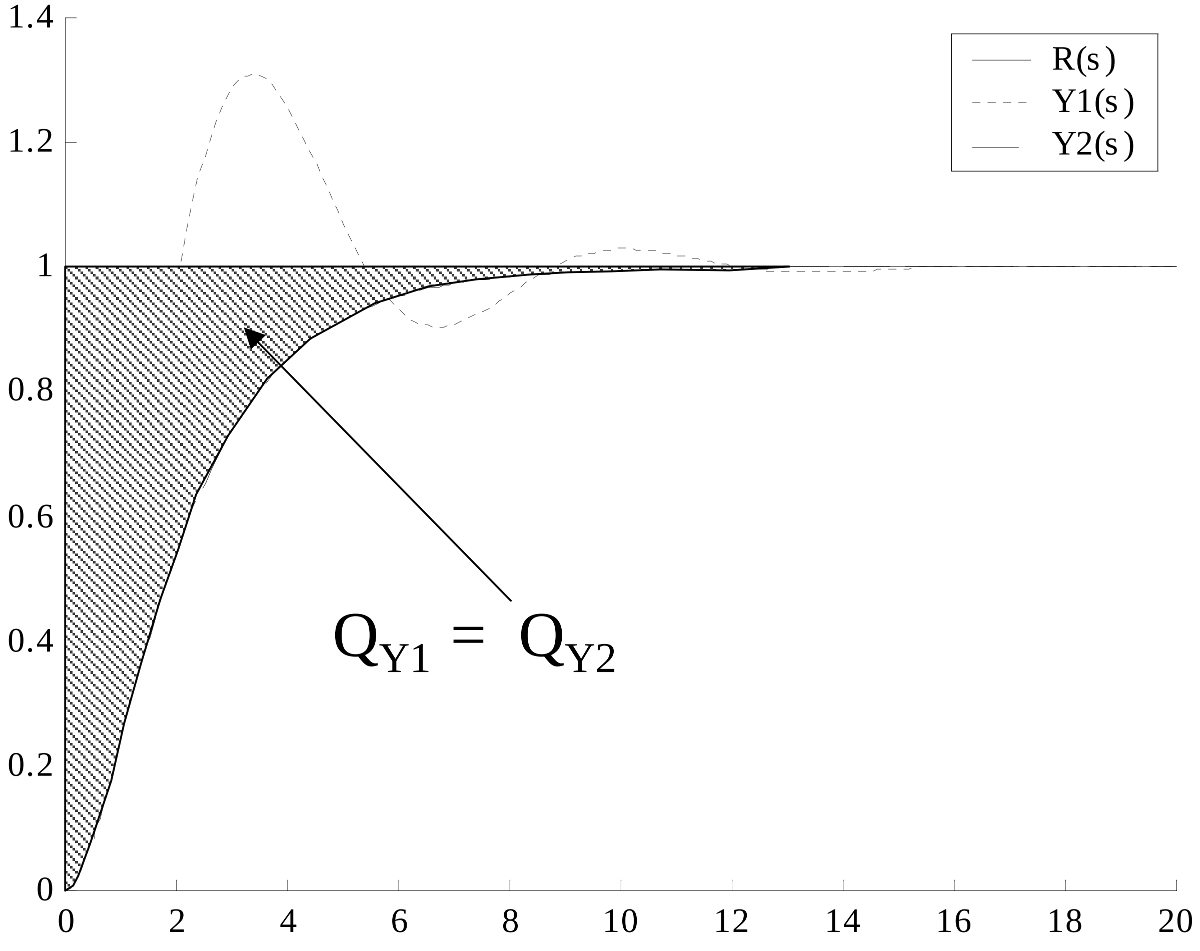
1

$$Q = \int_0^T t^n \left(e^2(t) + \alpha u^2(t) \right) dt$$



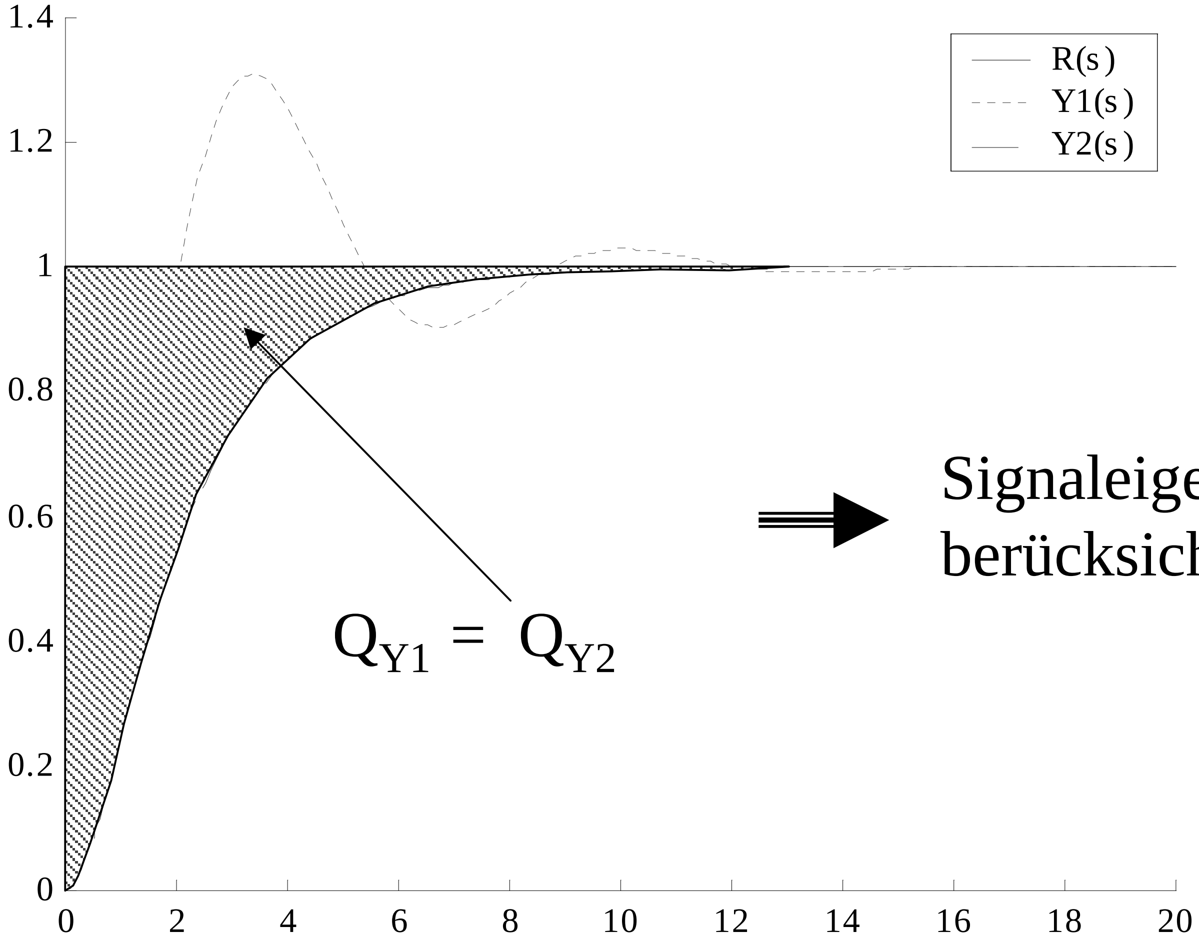
1

$$Q = \int_0^T t^n \left(e^2(t) + \alpha u^2(t) \right) dt$$



1

$$Q = \int_0^T t^n \left(e^2(t) + \alpha u^2(t) \right) dt$$



Signaleigenschaften berücksichtigen

1

RK_Pict

Mp & tr

$$Q = \int_0^T t^n \left(e^2(t) + \alpha u^2(t)\right) dt$$

$$\underbrace{+W_{Mp} \cdot \left. \int_{t_{Mp_{in}}}^{t_{Mp_{out}}} \left(y(t) - Mp^* r(t)\right) dt \right|_{y(t) > Mp^* r(t)}}_{} \quad + \quad \underbrace{W_{tr} \cdot \left. \left(t_r - t_r^{\ *}\right) \right|_{t_r > t_r^{\ *}}}_{}$$

Strafterm für das erste Überschreiten des maximal zulässigen Überschwingens Mp*

Strafterm für das Überschreiten der maximalen Anstiegszeit t_r^*

$$Q = \int_0^T t^n \left(e^2(t) + \alpha u^2(t)\right) dt \quad + W_{Mp} ST_{Mp} \quad + W_{t_r} ST_{t_r}$$

1

$$Q=\int_0^T t^n\left(e^2(t)+\alpha u^2(t)\right)dt \quad +W_{Mp}ST_{Mp} \quad +W_{t_r}ST_{t_r}$$

Signaleigenschaft: max. Überschwingen Mp (Flächeneinheit)

Vorteil:

- exakte Zuordnung der Kenngrösse zur ersten (zeitl.) Fläche möglich (definitionsgemäss)

Problem:

- ´Bergwachstum´ -> ? Was/Wo ist die Überschwingweite

Abhilfe:

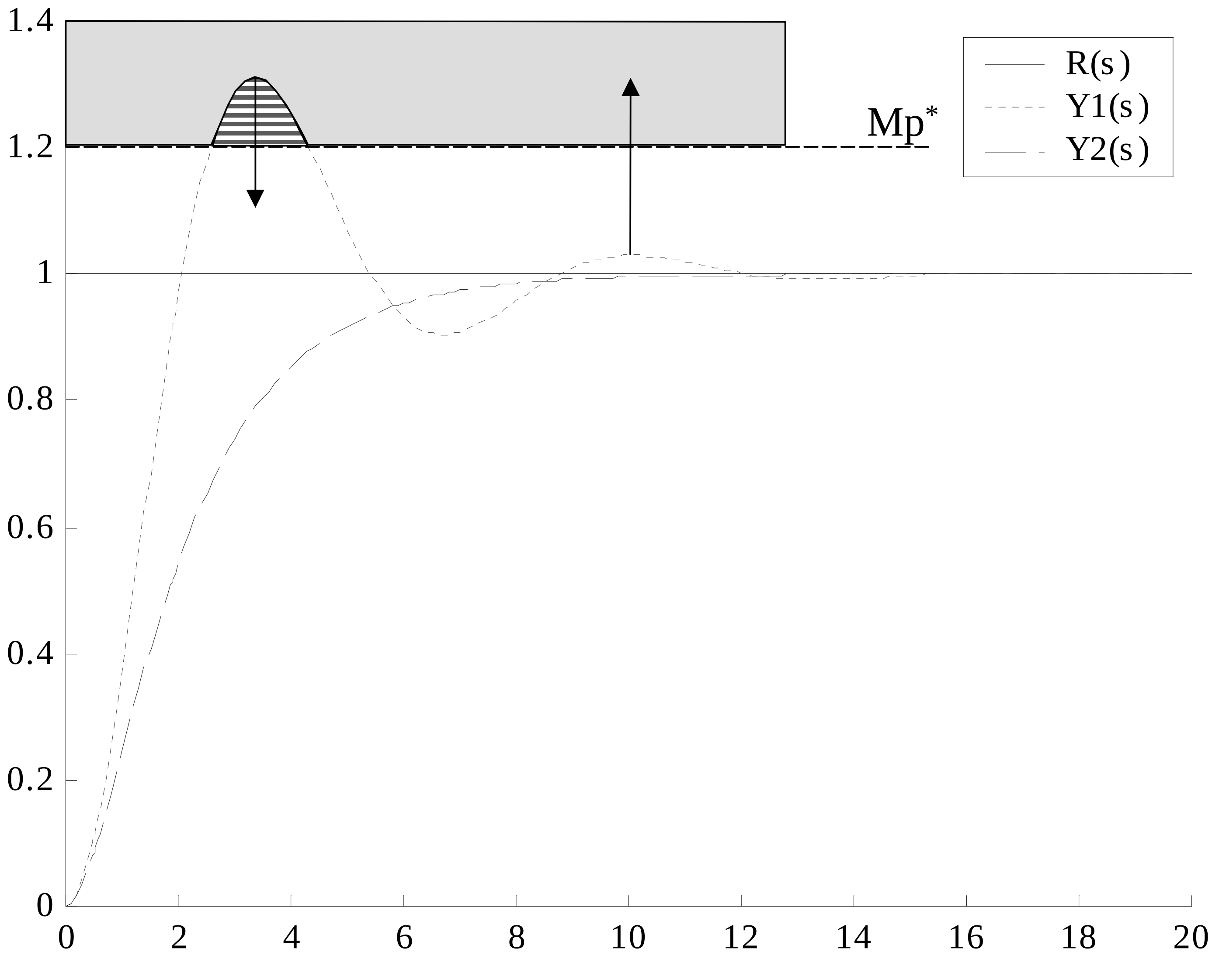
- alle Flächen die grösser als Mp* sind, werden bewertet

Nachteil:

- nur noch eine verschwommene Zuordnung der Kenngrösse zur Fläche möglich

1

Gewichtg.



1

$$Q = \int_0^T t^n \left(e^2(t) + \alpha u^2(t)\right) dt \quad + W_{Mp} ST_{Mp} \quad + W_{t_r} ST_{t_r}$$

Weitere Probleme:

- zwischen Sollverlauf r(t) und $Mp^* r(t)$ existiert kein Selektionsdruck seitens Mp^*
- Selektionsdruck erst, wenn Mp^* überschritten

Anschauung:

- Mp^* impliziert das Erreichen aber nicht das Übersteigen
  - obere Schranke und Optimalwert für kleine t_r

1

Def. tr

$$Q = \int_0^T t^n \left(e^2(t) + \alpha u^2(t) \right) dt \quad + W_{Mp} ST_{Mp} \quad + W_{t_r} ST_{t_r}$$

Signaleigenschaft: maximale Anstiegszeit t_r (Zeiteinheit)

Probleme:

- Nur messbar, wenn 90% des Endwertes erreicht werden
- Es wird ein Zeitvektor bewertet -> Signalverlauf wird nicht berücksichtigt -> keine eindeutige Signalcharakterisierung
- !! Verschiedene Einheiten/Dimensionen
  -> Verzerrung der Gewichtungsverhältnisse W_{Mp} zu W_{tr}

1

$$Q = \int_0^T t^n \left(e^2(t) + \alpha u^2(t)\right) dt \quad + W_{Mp} ST_{Mp} \quad + W_{t_r} ST_{t_r}$$

<u>Schlußfolgerungen:</u>

- Gewichtungsverhältnisse oder Ziel der Gewichtung von Mp und tr sind verschieden
- unterschiedlicher Selektionsdruck für die verschiedenen Annäherungsrichtungen (von oben, von unten)
- je größer die Gewichte:
  - desto steiler die Schluchten (Nebenminima) im Q-gebirge
  - desto größer der Einfluß von Ungenauigkeiten (Sprüngen)

-> Wahl von allgemein gültigen Gewichten sehr schwer

Schwingungsfähiges System zweiter Ordnung

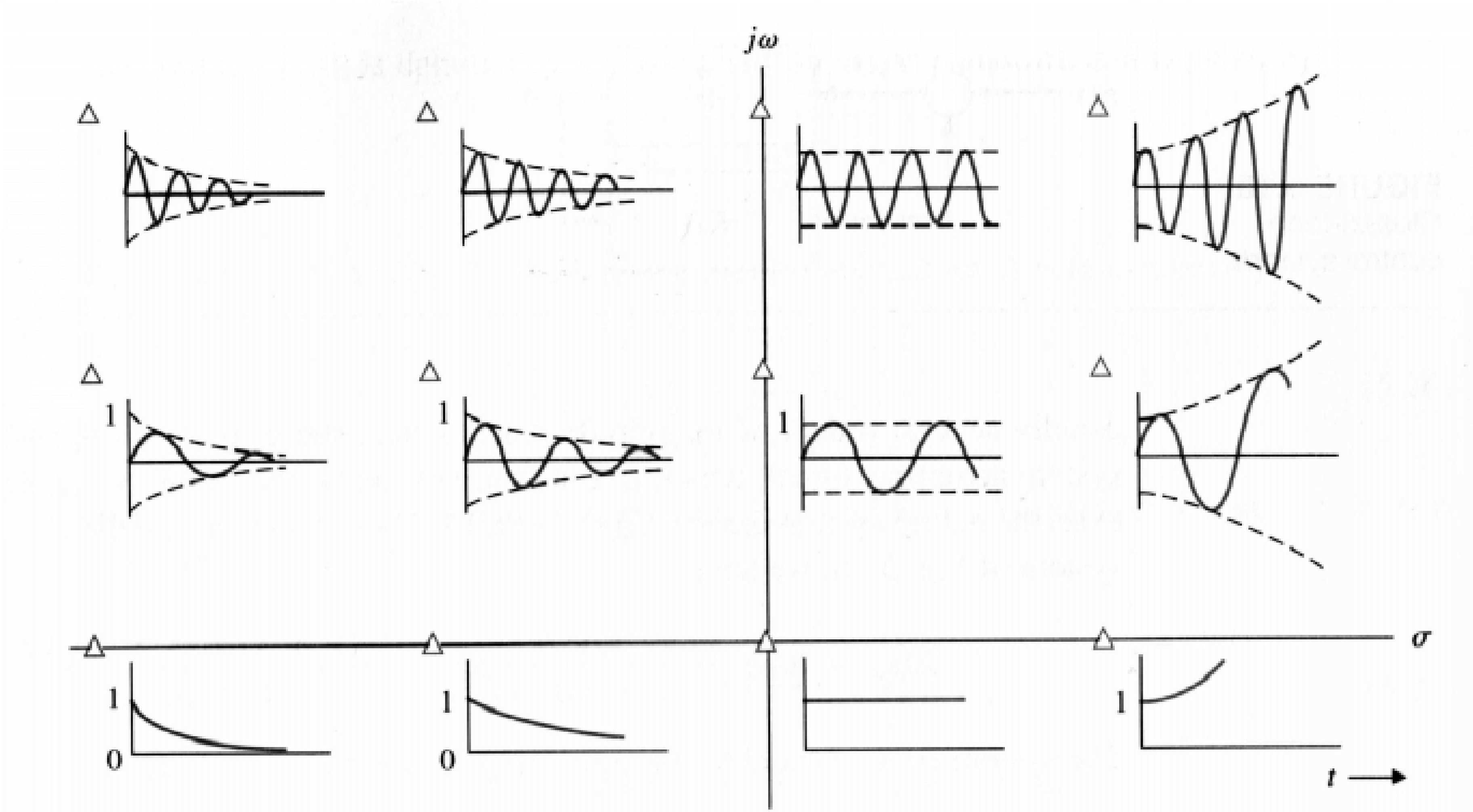
$$G(s) = \frac{\omega_n^{\;2}}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^{\;2}}$$

$$Y(s) = R(s)G(s) = \frac{1}{s} \cdot \frac{\omega_n^{\;2}}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^{\;2}}$$

$$y(t) = 1 - \frac{e^{-\zeta\omega_n t}}{\beta}\sin\left(\omega_n \beta t + \Theta\right) \qquad , \beta = \sqrt{1-\zeta^2}, \Theta = \cos^{-1}\zeta$$

Vorteil: Für die Signaleigenschaften Mp und tr existieren exakt mathematische Zusammenhänge

2



Bishop H. ‘Modern Control Systems’

Schwingungsfähiges System zweiter Ordnung

Fragestellungen:

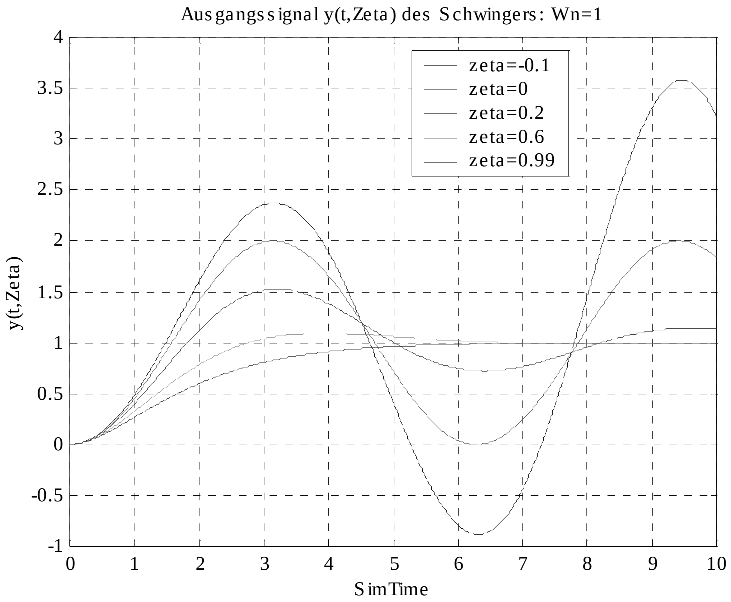
• Sind Abhängigkeiten separierbar ?

2

Schwingungsfähiges System zweiter Ordnung

$$y(\zeta,\omega_n,t) = 1 - \frac{e^{-\zeta\omega_n t}}{\beta}\sin\left(\omega_n \beta t + \Theta\right) \qquad , \beta = \sqrt{1-\zeta^2}, \Theta = \cos^{-1}\zeta$$

$$\frac{dy(\zeta,\omega_n,t)}{dt} = 0 \quad \rightarrow \quad t_{extrema}(\zeta,\omega_n,k) = \frac{k\pi}{\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}}$$



(T_{max}, Y_{max})(Zeta=-0.1) = [(3.1574, 2.3713),(6.3148, -0.8804),(9.4723 3.5785)]

(T_{max}, Y_{max})(Zeta=0) = [(3.1416, 2),(6.2832, 0),(9.4248, 2)]

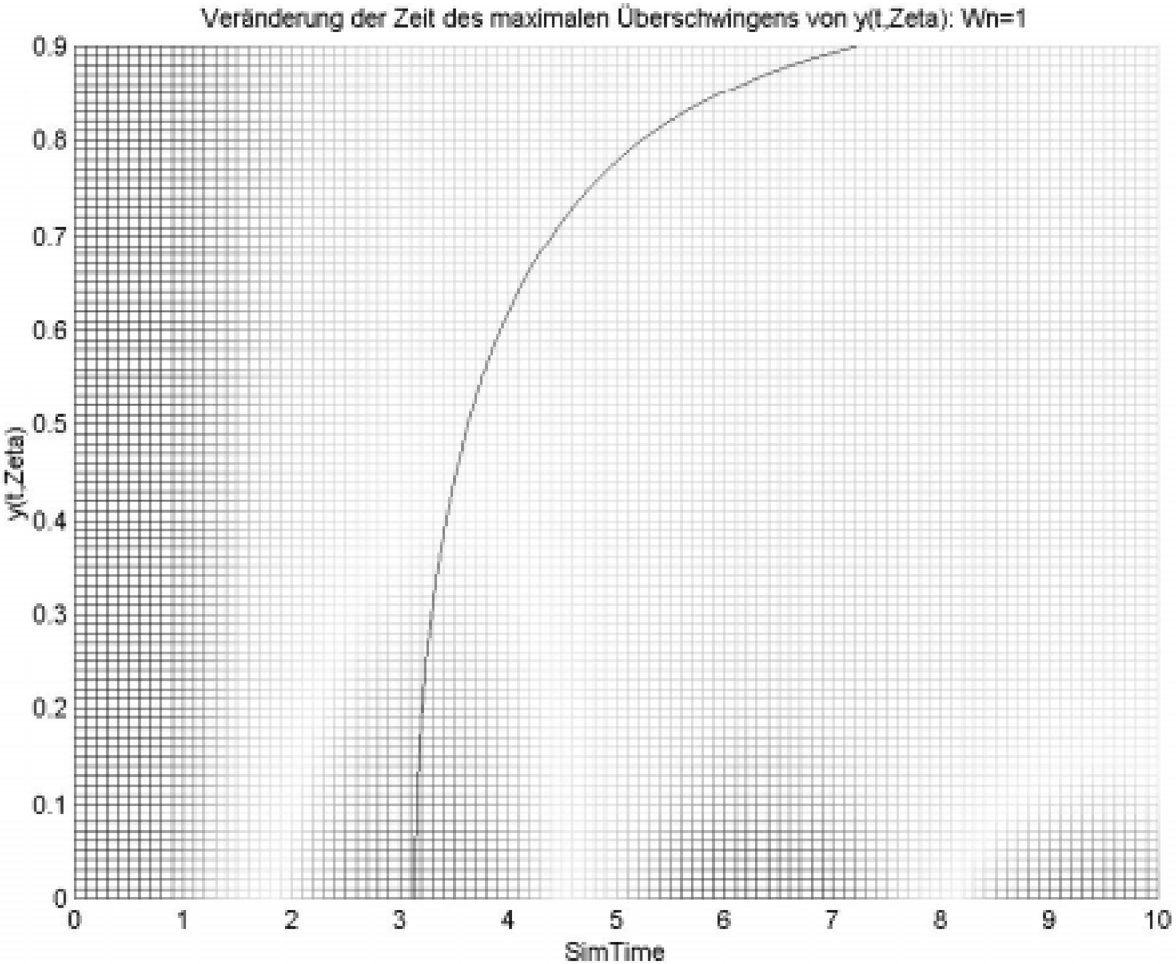
(T_{max}, Y_{max})(Zeta=0.2) = [(3.2064, 1.5266),(6.4127, 0.7227),(9.6191, 1.1460)]

(T_{max}, Y_{max})(Zeta=0.6) = [(3.9270, 1.0948),(7.8540, 0.9910),(11.7810, 1.0009)]

(T_{max}, Y_{max})(Zeta=0.99)= [(22.2702, 1),(44.5403, 1),(66.8105, 1)]

$$\Rightarrow \quad \begin{array}{l} Y_{max_k}(\text{Zeta}) \\ T_{Y max_k}(\text{Zeta}) \end{array}$$

2



Veränderung der Zeit des maximalen Überschwingens von y(t,Zeta): Wn=1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
y(t,Zeta)
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
SimTime

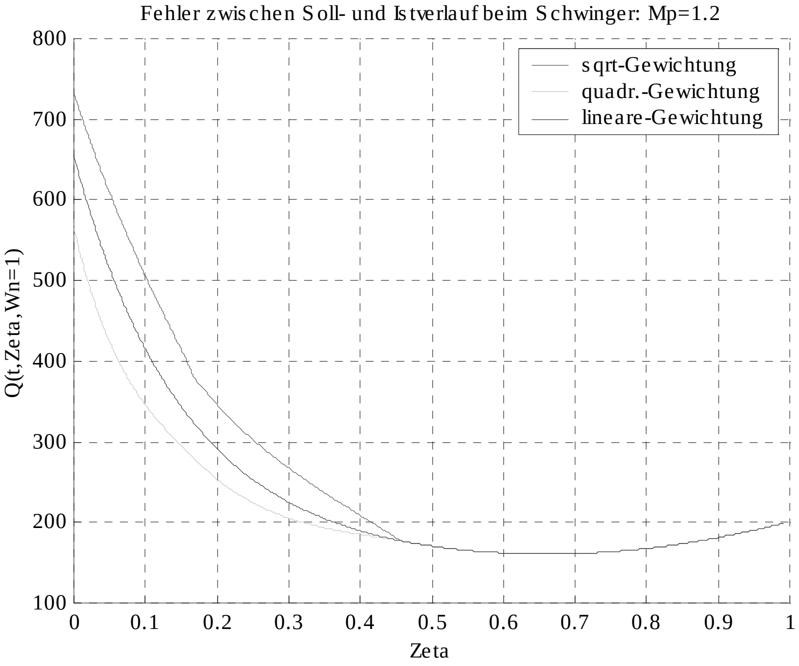
Schwingungsfähiges System zweiter Ordnung

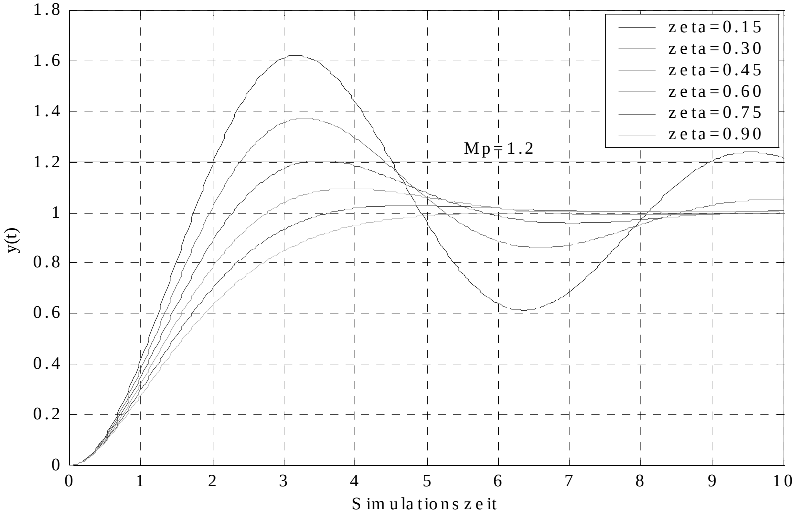
Fragestellungen:

- Sind Abhängigkeiten separierbar ?
  -> nein
- Wie groß ist der Unterschied zwischen exponentiell gewichteten Straftermen ?

2

Pic. Mp





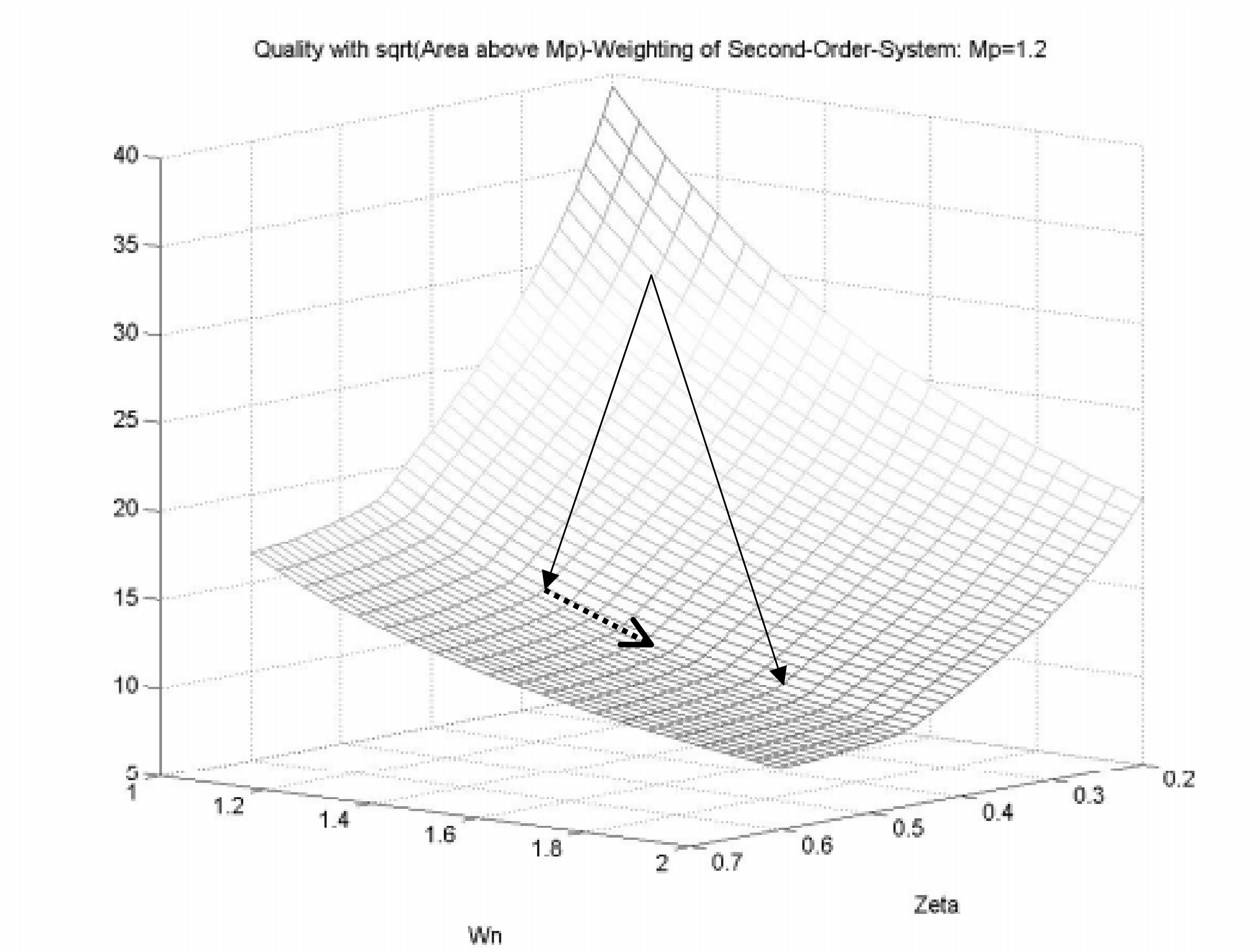
$$Q = \int_{t=0}^{10} \begin{pmatrix} |y(t) - r(t)| & , y(t) \leq Mp \cdot r(t) \\ (Mp - r(t)) + (y(t) - Mp)^p & , y(t) > Mp \cdot r(t) \end{pmatrix}$$

$$p = 0.5, 1, 2$$

Y_{Mp}(Zeta=0.456)=1.2

-> $T_{Y_{Mp}}$=3.53

2

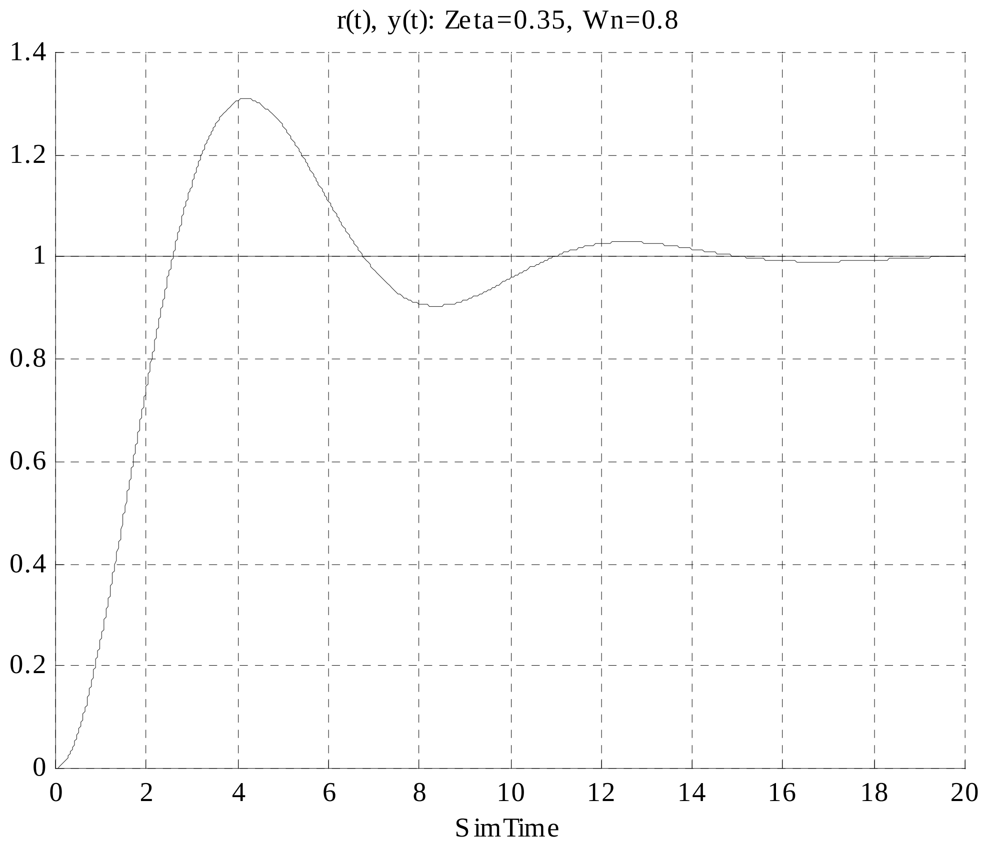

Quality with sqrt(Area above Mp)-Weighting of Second-Order-System: Mp=1.2
40
35
30
25
20
15
10
5
1
1.2
1.4
1.6
1.8
2
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
Zeta
Wn

Schwingungsfähiges System zweiter Ordnung

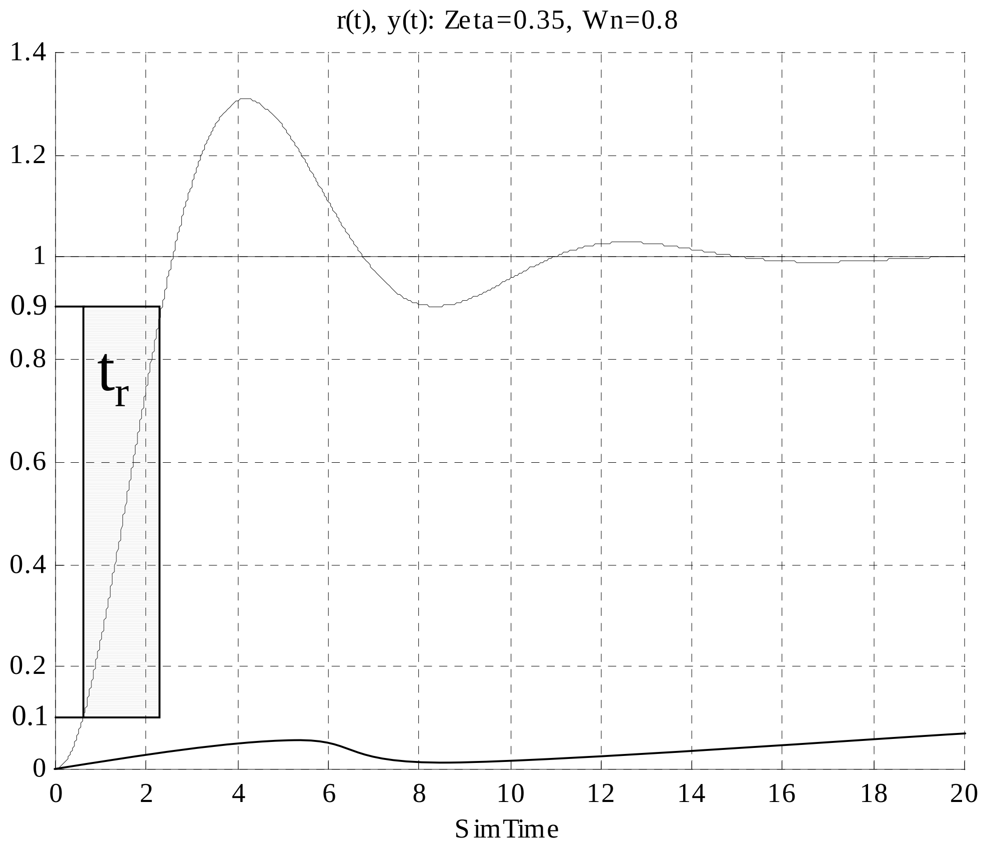
Fragestellungen:

- Sind Abhängigkeiten separierbar ?
  -> nein
- Wie groß ist der Unterschied zwischen exponentiell gewichteten Straftermen ?
  -> nicht vernachlässigbar

Modifiziertes Integralkriterium

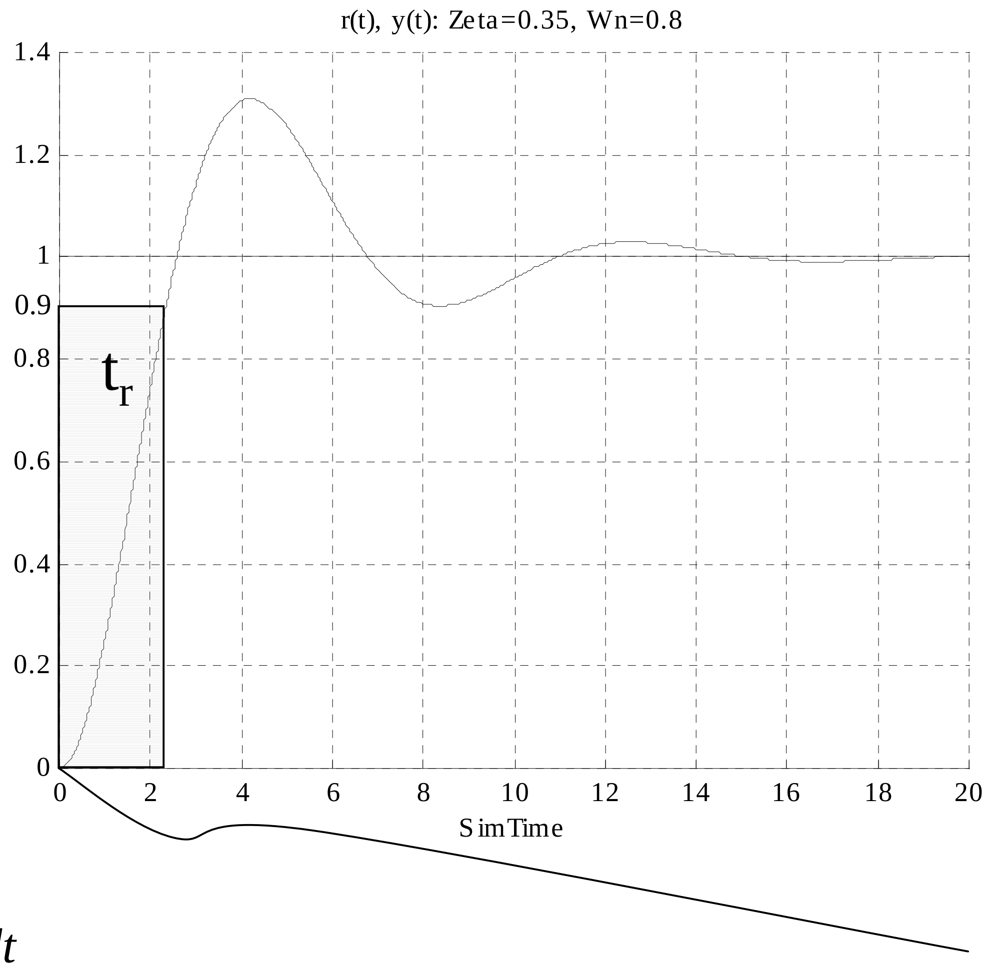


Modifiziertes Integralkriterium



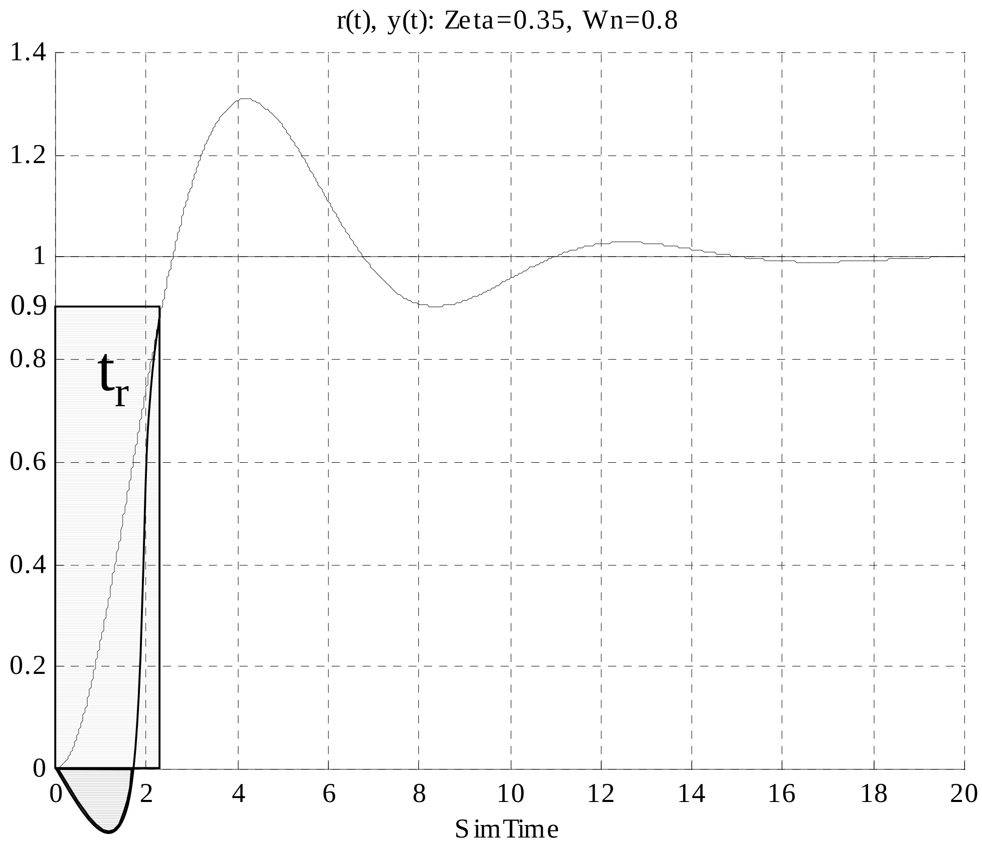
$$Q = \int_{t_{y(t)\geq 0.1r(t)}}^{t_{y(t)\geq 0.9r(t)}} 0.8r(t)dt$$

Modifiziertes Integralkriterium



$$Q = \int_{t=0}^{t_{y(t) \geq 0.9 r(t)}} 0.9 r(t) dt$$

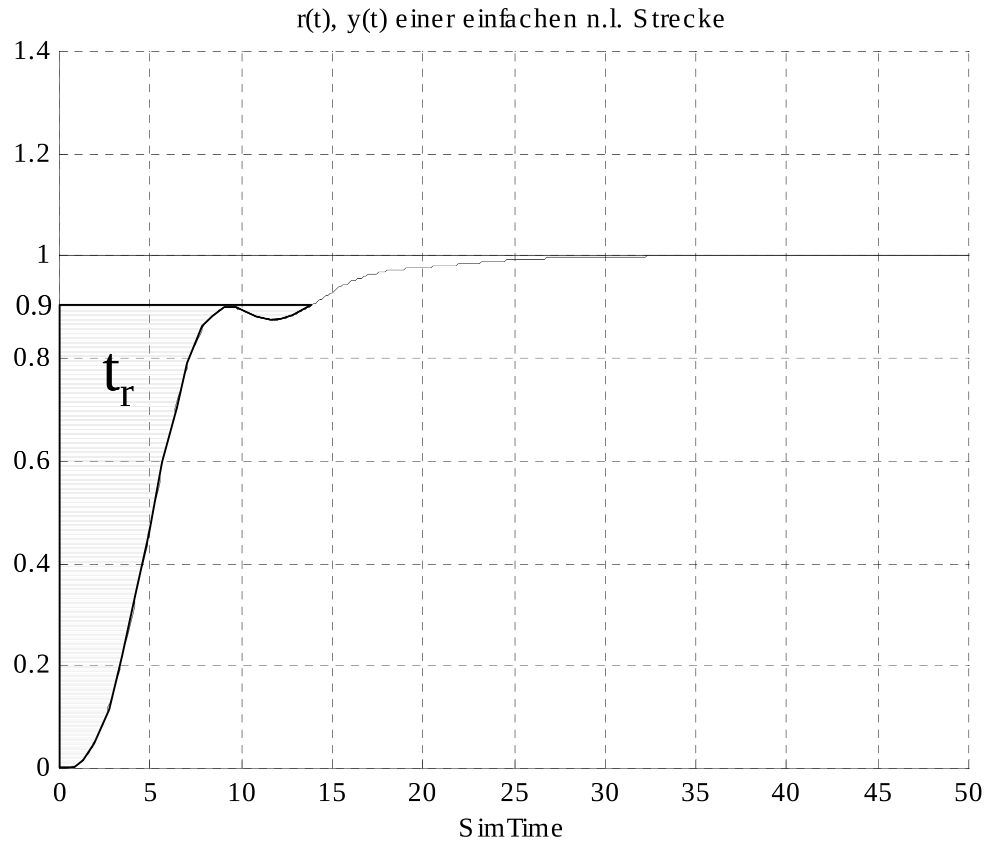
Modifiziertes Integralkriterium



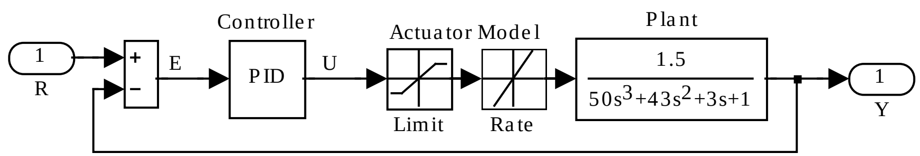
$$Q = \int_{t_{y(t)<0}}^{t_{y(t)\geq 0}} \left(-y(t)\right) dt + \int_{t=0}^{t_{y(t)\geq 0.9r(t)}} \begin{pmatrix} 0.9r(t) - y(t) & , y(t) \leq 0 \\ 0.9r(t) & , y(t) > 0 \end{pmatrix} dt$$

3

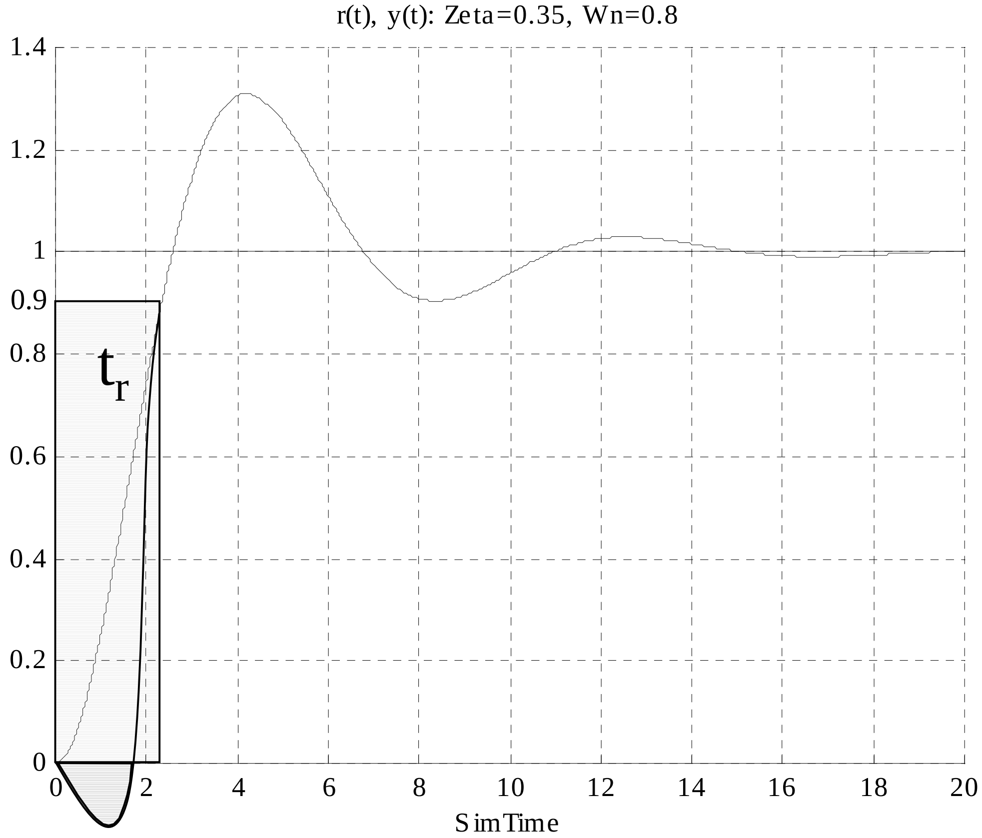
Negativbeispiel des Modifiziertes Integralkriterium



P = 3.5494
I = 0.1088
D = 21.8618

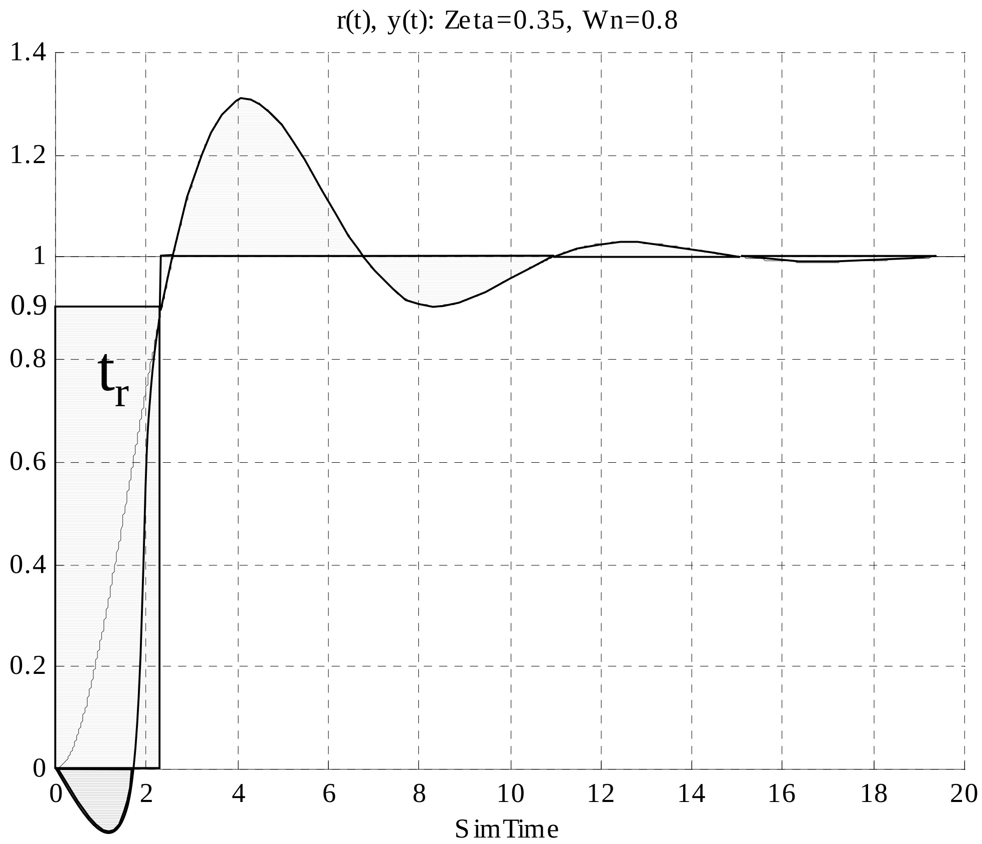


Modifiziertes Integralkriterium



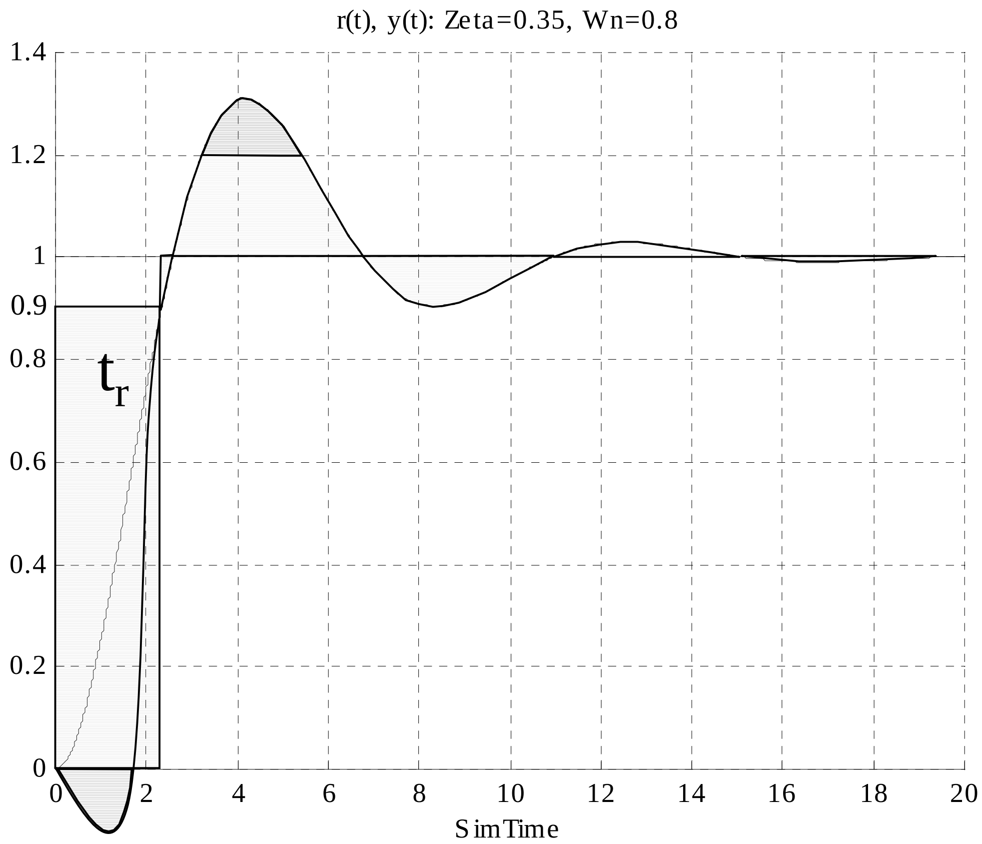
$$Q = \int_{t_{y(t)<0}}^{t_{y(t)\geq 0}} \left(-y(t)\right)dt + \int_{t=0}^{t_{y(t)\geq 0.9r(t)}} \begin{pmatrix} 0.9r(t)-y(t) & ,y(t)\leq 0 \\ 0.9r(t) & ,y(t)>0 \end{pmatrix} dt$$

Modifiziertes Integralkriterium



$$Q=\int_{t_{y(t)<0}}^{t_{y(t)\geq 0}}\left(-y(t)\right)dt+\int_{t=0}^{t_{y(t)\geq 0.9r(t)}}\begin{pmatrix}0.9r(t)-y(t) & ,y(t)\leq 0\\ 0.9r(t) & ,y(t)>0\end{pmatrix}dt+\int_{t_{y(t)>0.9r(t)}}^{T}\begin{pmatrix}r(t)(1-\varepsilon)-y(t) & ,y(t)<\varepsilon\cdot r(t)\\ r(t)(1+\varepsilon)-y(t) & ,y(t)>\varepsilon\cdot r(t)\end{pmatrix}dt$$

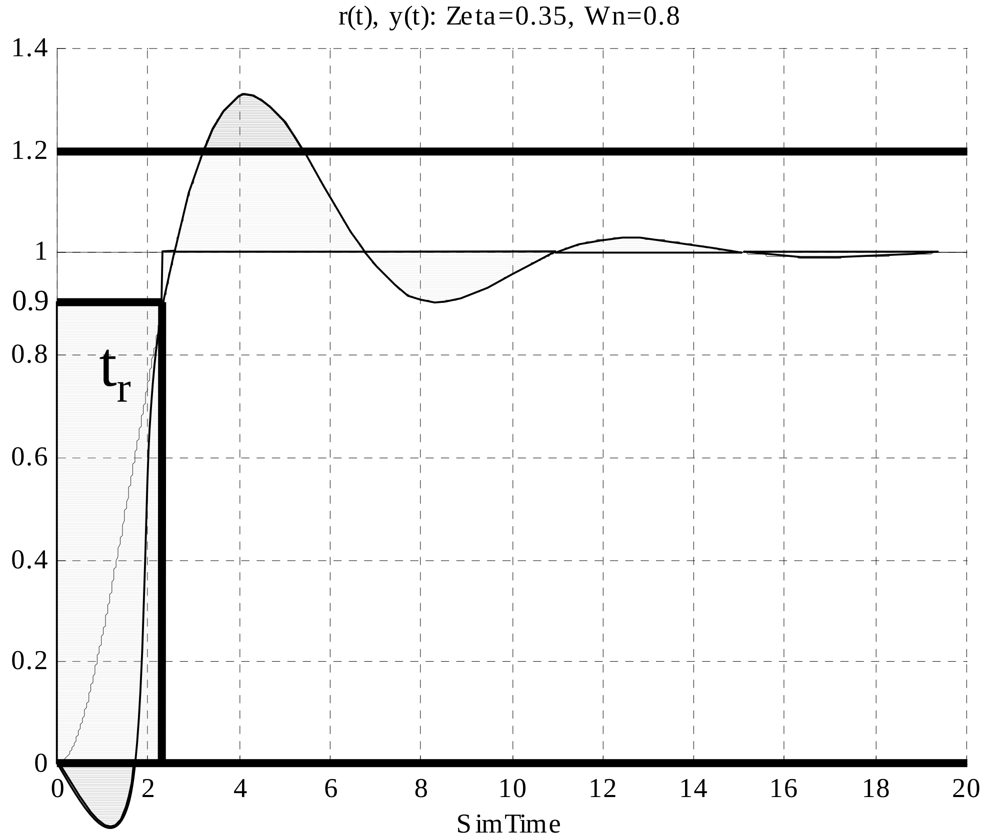
Modifiziertes Integralkriterium



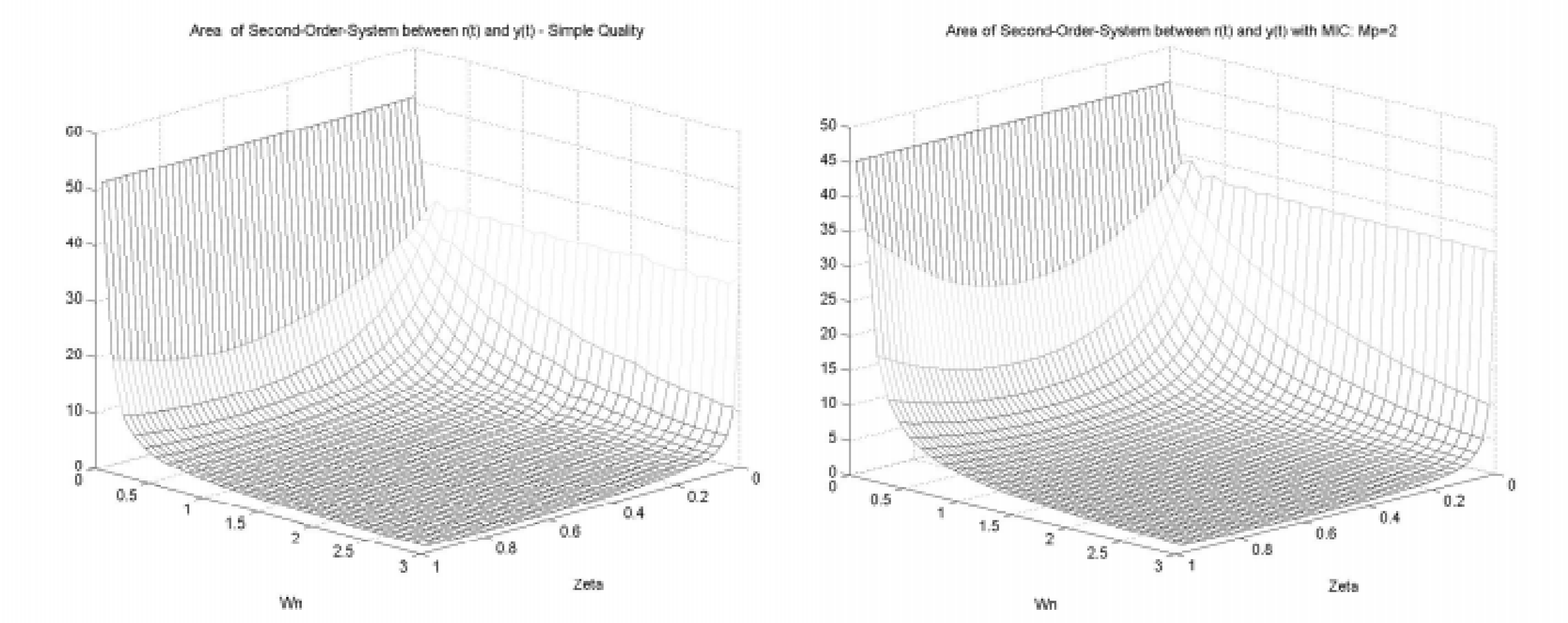
$$Q=\int_{t_{y(t)<0}}^{t_{y(t)\geq 0}}\left(-y(t)\right)dt+\int_{t=0}^{t_{y(t)\geq 0.9r(t)}}\begin{pmatrix}0.9r(t)-y(t) & ,y(t)\leq 0\\ 0.9r(t) & ,y(t)>0\end{pmatrix}dt+\int_{t_{y(t)>0.9r(t)}}^{T}\begin{pmatrix}r(t)(1-\varepsilon)-y(t) & ,y(t)<\varepsilon\cdot r(t)\\ r(t)(1+\varepsilon)-y(t) & ,y(t)>\varepsilon\cdot r(t)\end{pmatrix}dt+\int_{t_{y(t)>Mpr(t)}}^{t_{y(t)<Mpr(t)}}\left(y(t)-Mp\cdot r(t)\right)dt$$

Modifiziertes Integralkriterium

$$Q = t^n \left(\begin{array}{l} 2A_{Mp}\big|_{Mp\cdot r(t)<y(t)} \\ + A_{\varepsilon}\big|_{0.9r(t)<y(t)\le Mp\cdot r(t)} \\ + A_{tr}\big|_{0<y(t)\le 0.9r(t)} \\ + 2A_{Mu}\big|_{y(t)\le 0} \end{array} \right) + A_U\big|_{U\max<u(t)}$$

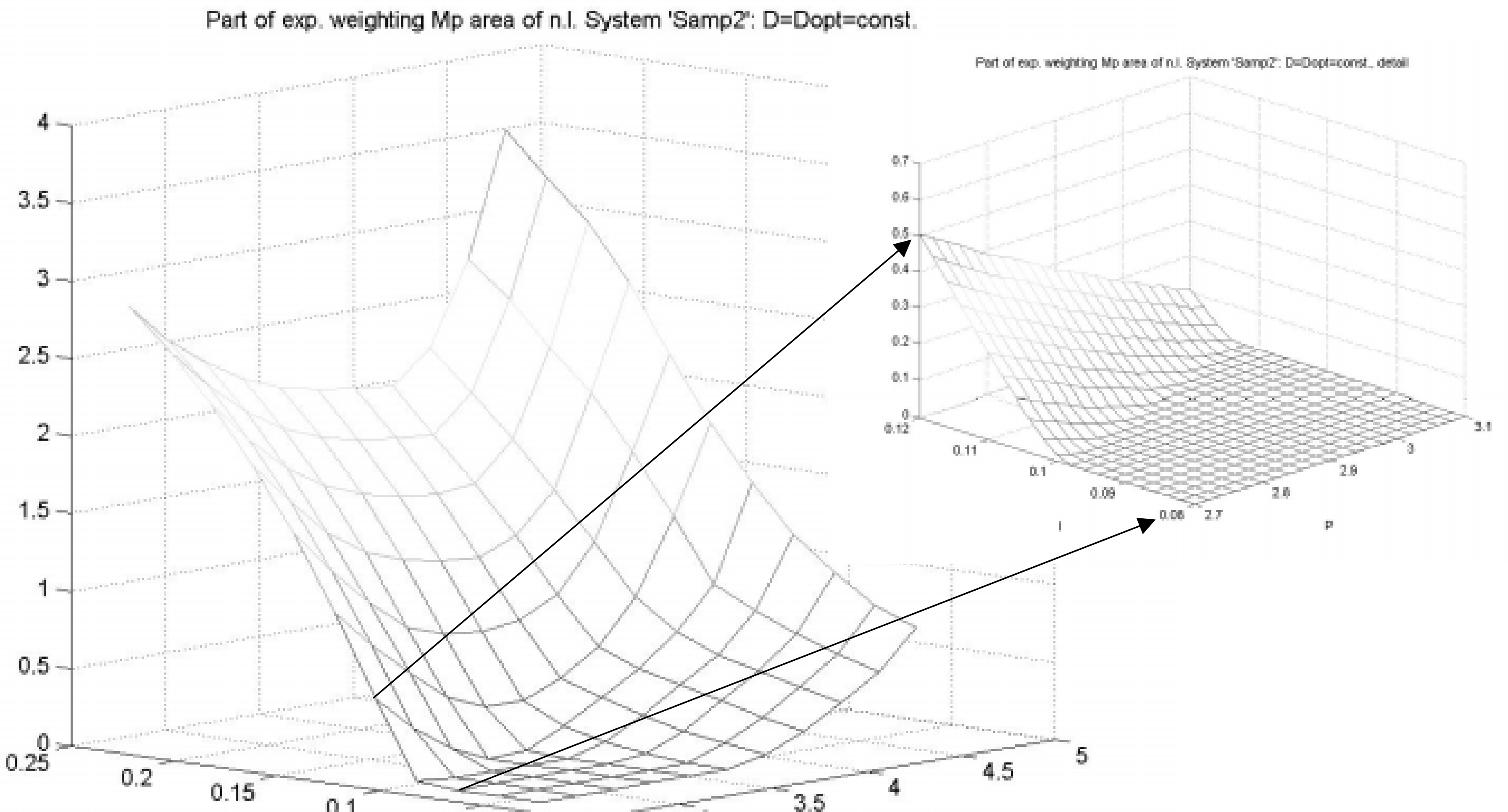


3

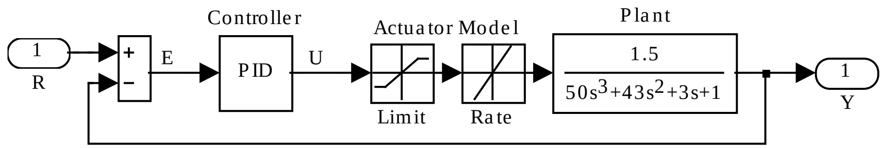


Unterschiede: Zeitdiskretisierung, tr-Fläche

3



Part of exp. weighting Mp area of n.l. System 'Samp2': D=Dopt=const.
4
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
0.25
0.2
0.15
0.1
0.05
0
I
2.5
3
3.5
4
4.5
5
Part of exp. weighting Mp area of n.l. System 'Samp2': D=Dopt=const., detail
I
P



1
R
E
Controller
PID
U
Actuator Model
Limit
Rate
Plant
1.5
50s3+43s2+3s+1
1
Y

Weiteres Vorgehen

- Testen der neuen Zielfunktion an höherdimensionalen Systemen (LFK)
- Stabilitätsuntersuchungen mittels Nyquist Kriterium für nichtlineare Systeme
- Untersuchungen von Robustheitsanforderungen und Störsicherheit

F7

tr