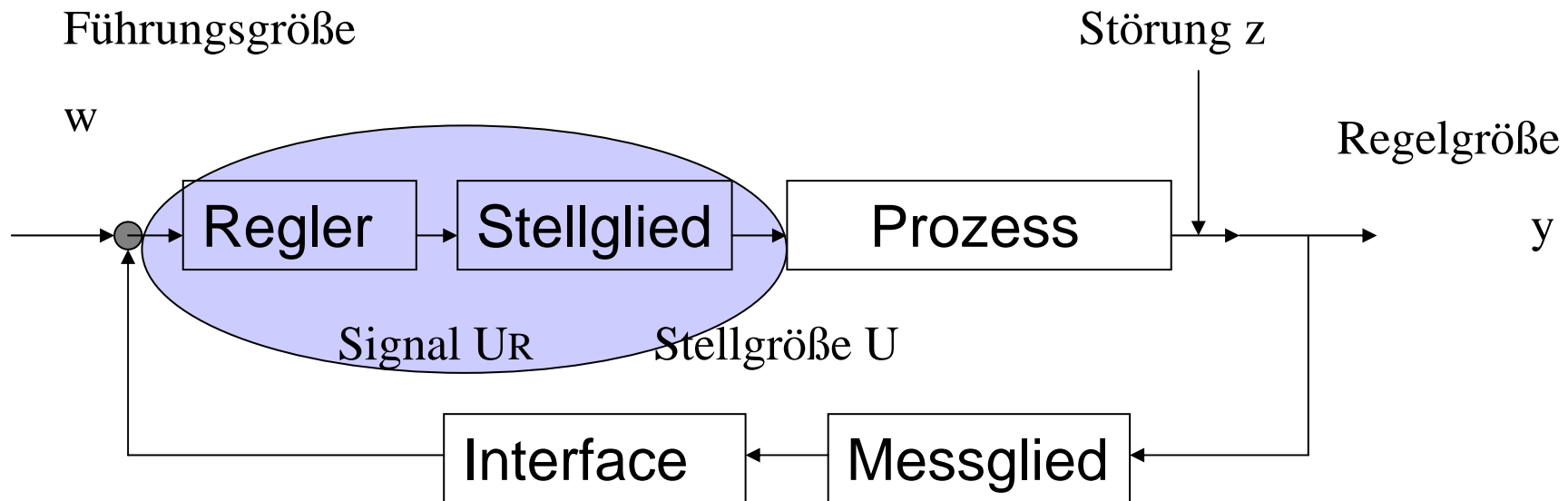


Konventioneller Entwurf einer Regelung



Gegeben ein Prozess, optimiere den Controller

Problemstellung (siehe Hütte)

Für eine vorgegebene Regelstrecke ist ein geeigneter Regler zu entwerfen, der die gestellten Anforderungen möglichst gut erfüllt:

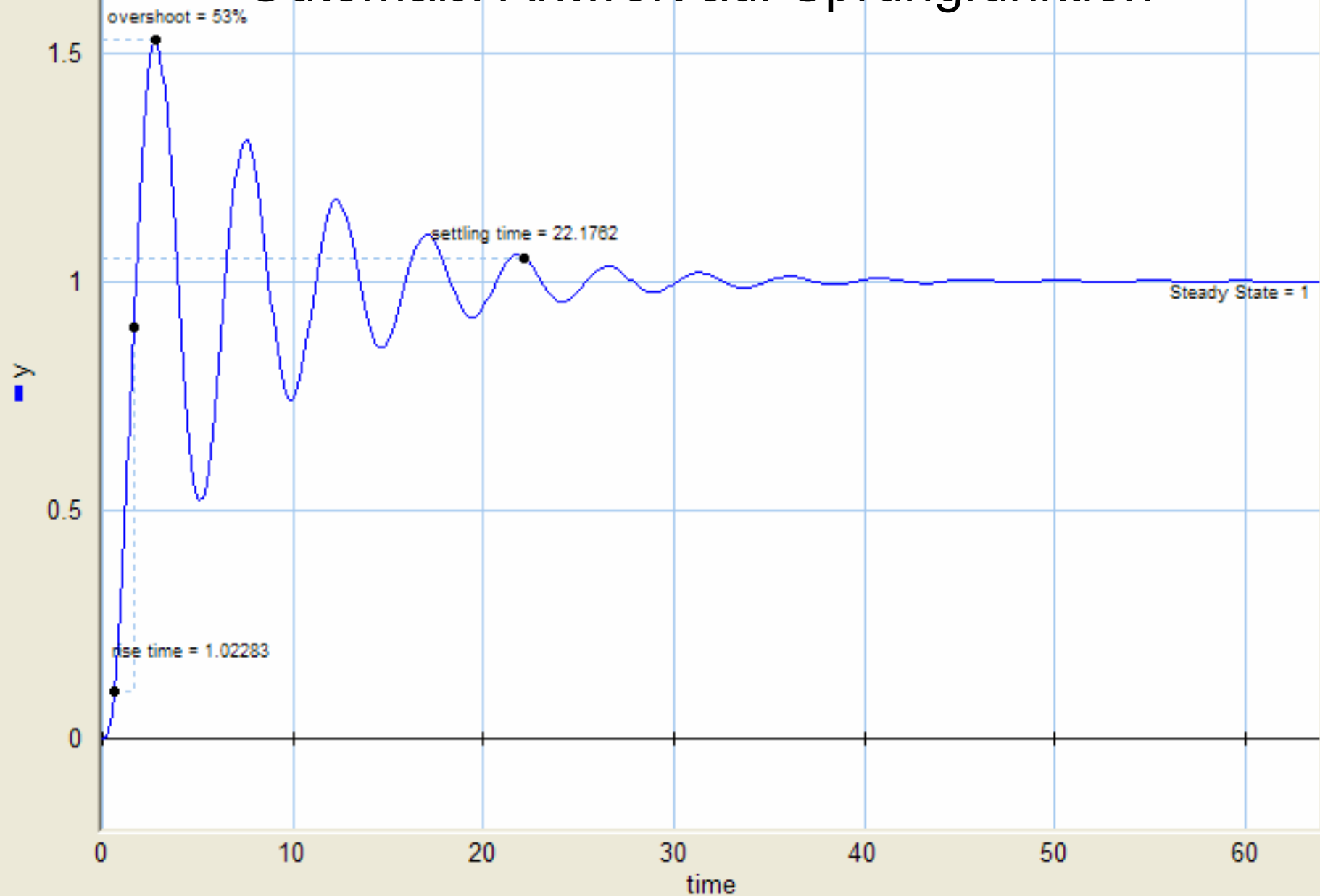
1. Regelkreis muss stabil sein
2. Störgrößen $z(t)$ sollen möglichst geringen Einfluss auf die Regelgröße $y(t)$ haben
3. $y(t)$ soll einer Führungsgröße $w(t)$ möglichst genau und schnell folgen
4. Regelkreis soll möglichst unempfindlich gegenüber Parameteränderungen sein

Im Idealfall

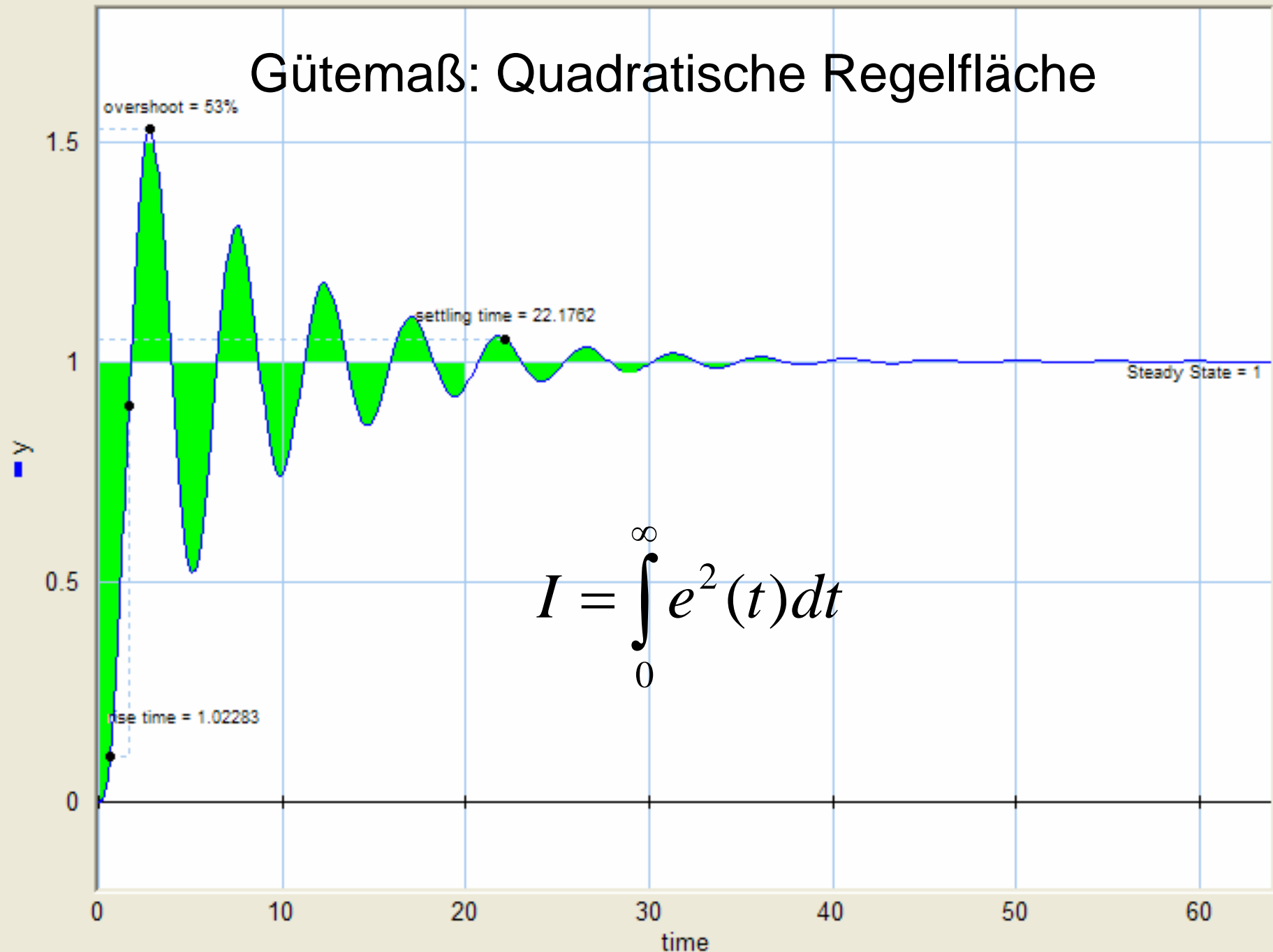
$$G_w(s) = \frac{Y(s)}{W(s)} = \frac{G_0(s)}{1 + G_0(s)} = 1$$

$$G_z(s) = \frac{Y(s)}{Z(s)} = \frac{1}{1 + G_0(s)} = 0$$

Gütemaß: Antwort auf Sprungfunktion



Gütemaß: Quadratische Regelfläche



Beispiel PI-Regler

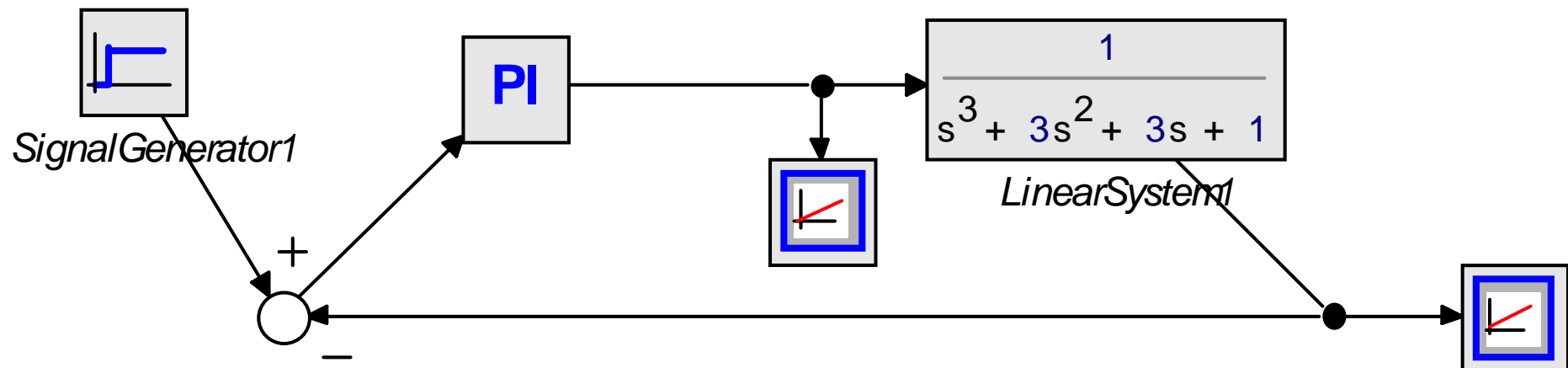
Reglerstrecke, mit Übertragungsfunktion

$$G_S(s) = \frac{1}{(1+s)^3} = \frac{1}{s^3 + 3s^2 + 3s + 1}$$

PI-Regler, mit Übertragungsfunktion

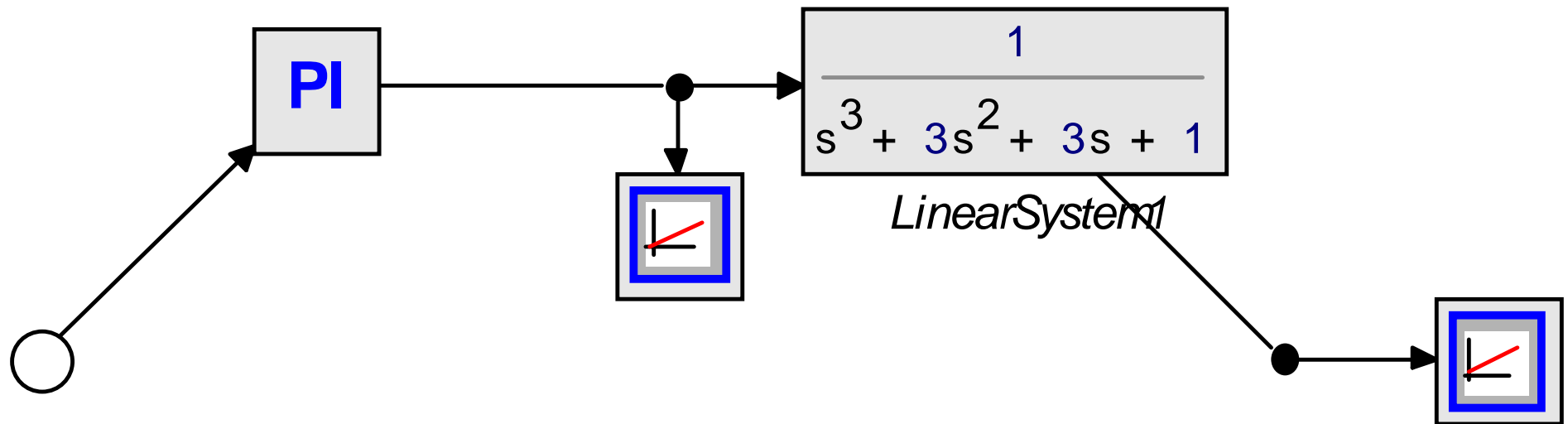
$$G_R(s) = K_R \left(1 + \frac{1}{T_I s}\right) = K_R \frac{1 + T_I s}{T_I s}$$

PI-Controller



Offener Regelkreis

PI-Controller Open



Transfer-Funktion des offenen Regelkreises

$$G_S(s) * G_R(s) = \frac{1}{s^3 + 3s^2 + 3s + 1} * \frac{K_R}{T_I} \frac{1 + T_I s}{s}$$

$$\frac{4s + 1}{s^4 + 3s^3 + 3s^2 + 1s}$$

system K = 1

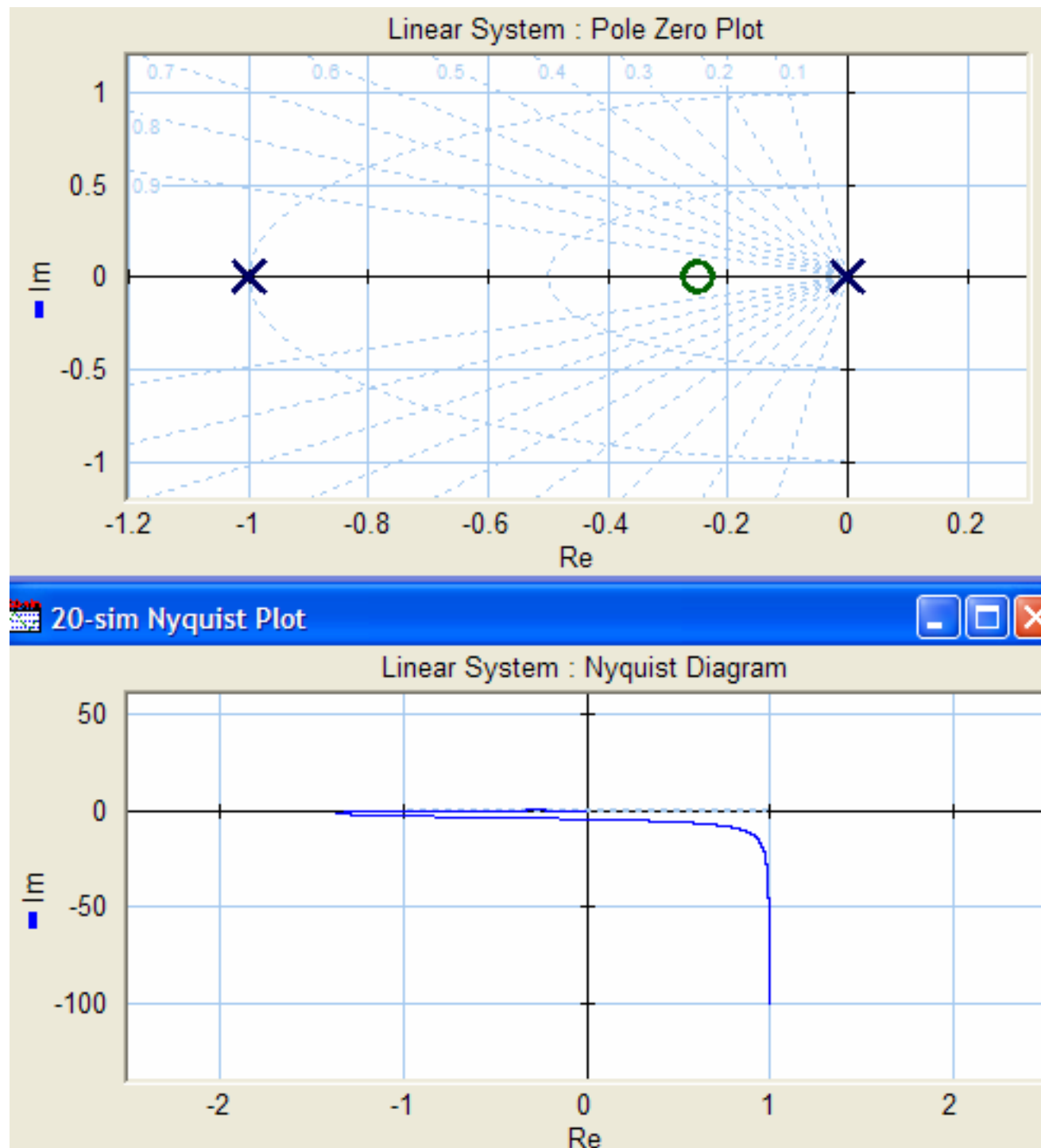
root-locus K' = 4

u = PlusMinus1\output

y = y_conf\input

$$Y = \frac{\text{numerator}}{\text{denominator}} X$$

Stabilität
des offenen
Regelkreises?



Stabilität der Regelstrecke?

$$\frac{1}{s^3 + 3s^2 + 3s + 1}$$

system K = 1

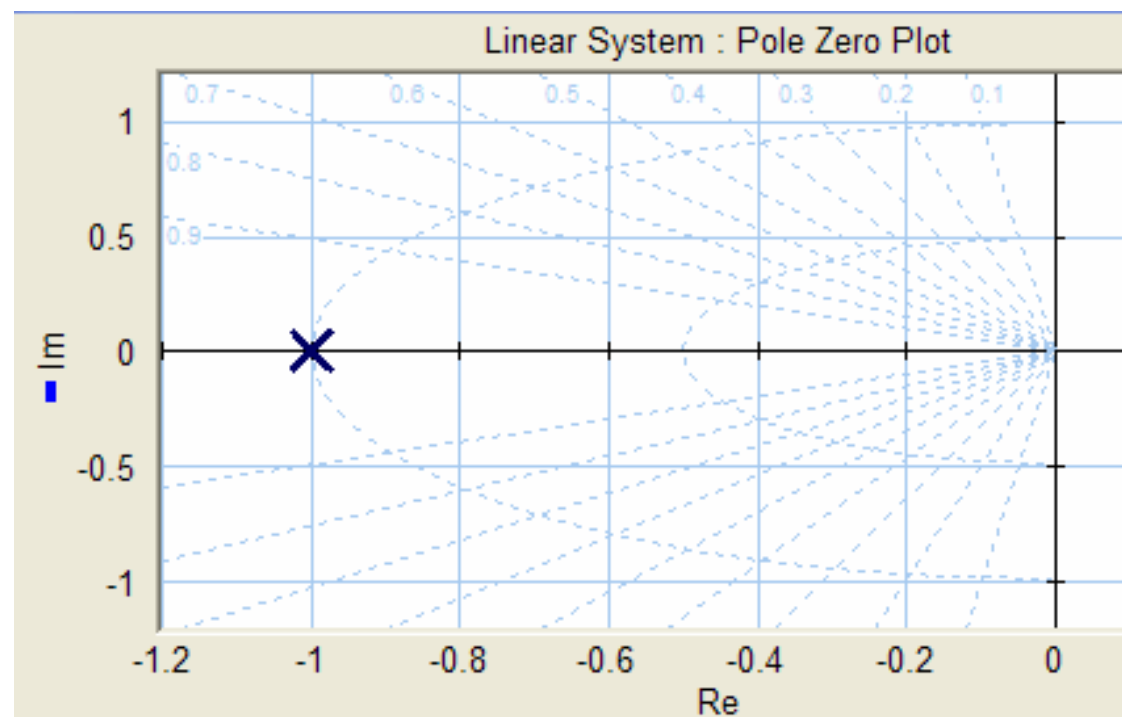
root-locus K' = 1

u = u_cont\input

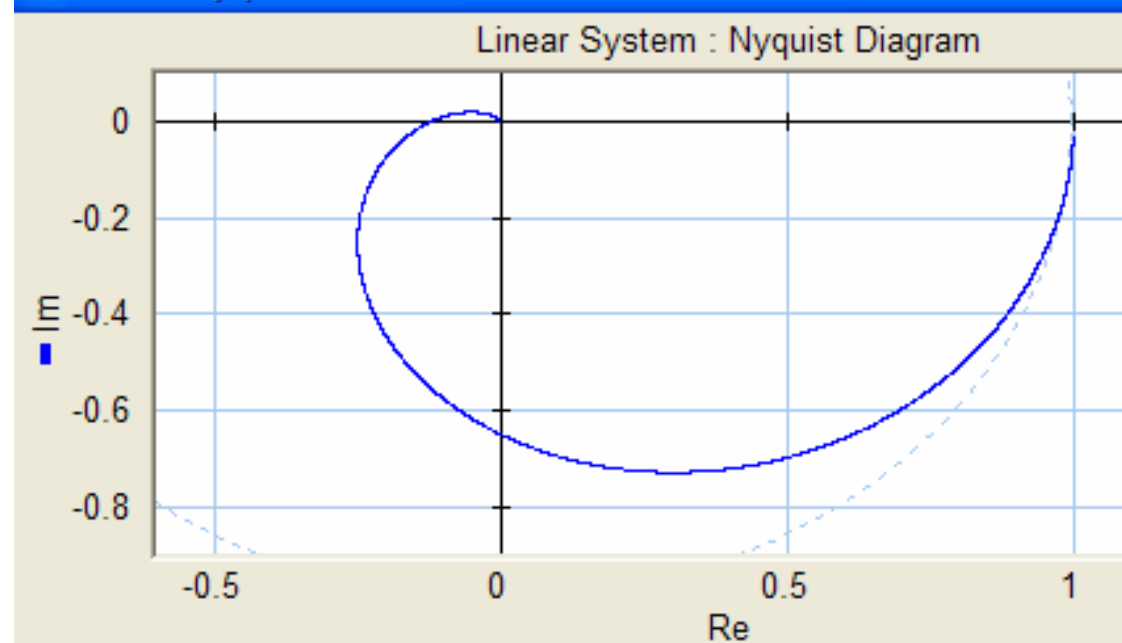
y = y_cont\input

$$Y = \frac{\text{numerator}}{\text{denominator}} X$$

$$K_p = 4, T = 4$$



20-sim Nyquist Plot



Geschlossener Regelkreis

$$G_W(s) = \frac{G_S(s) * G_R(s)}{1 + G_S(s) * G_R(s)}$$

$$\frac{4s + 1}{s^4 + 3s^3 + 3s^2 + 5s + 1}$$

system K = 1

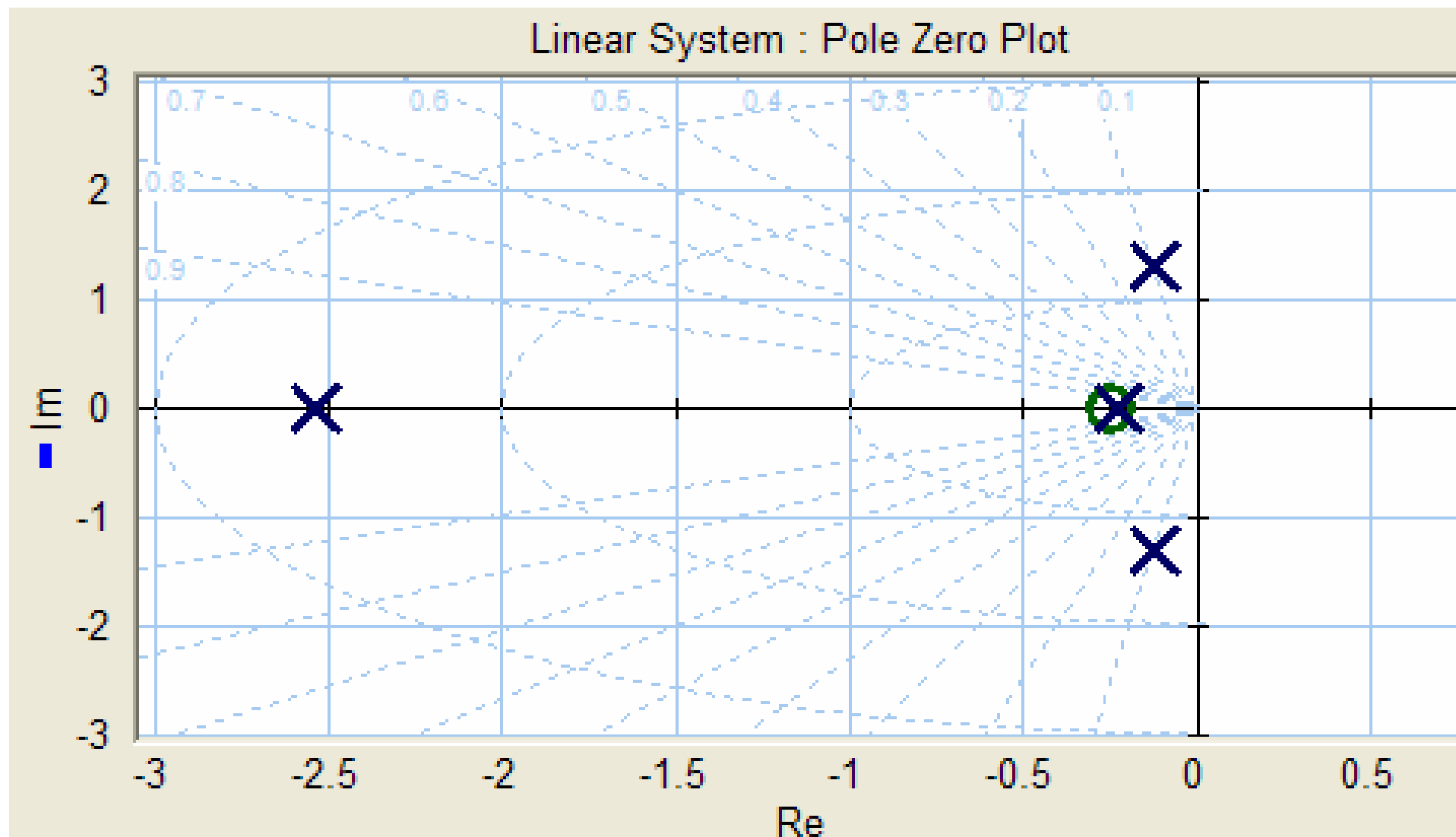
root-locus K' = 4

u = SignalGenerator1\output

y = y_cont\input

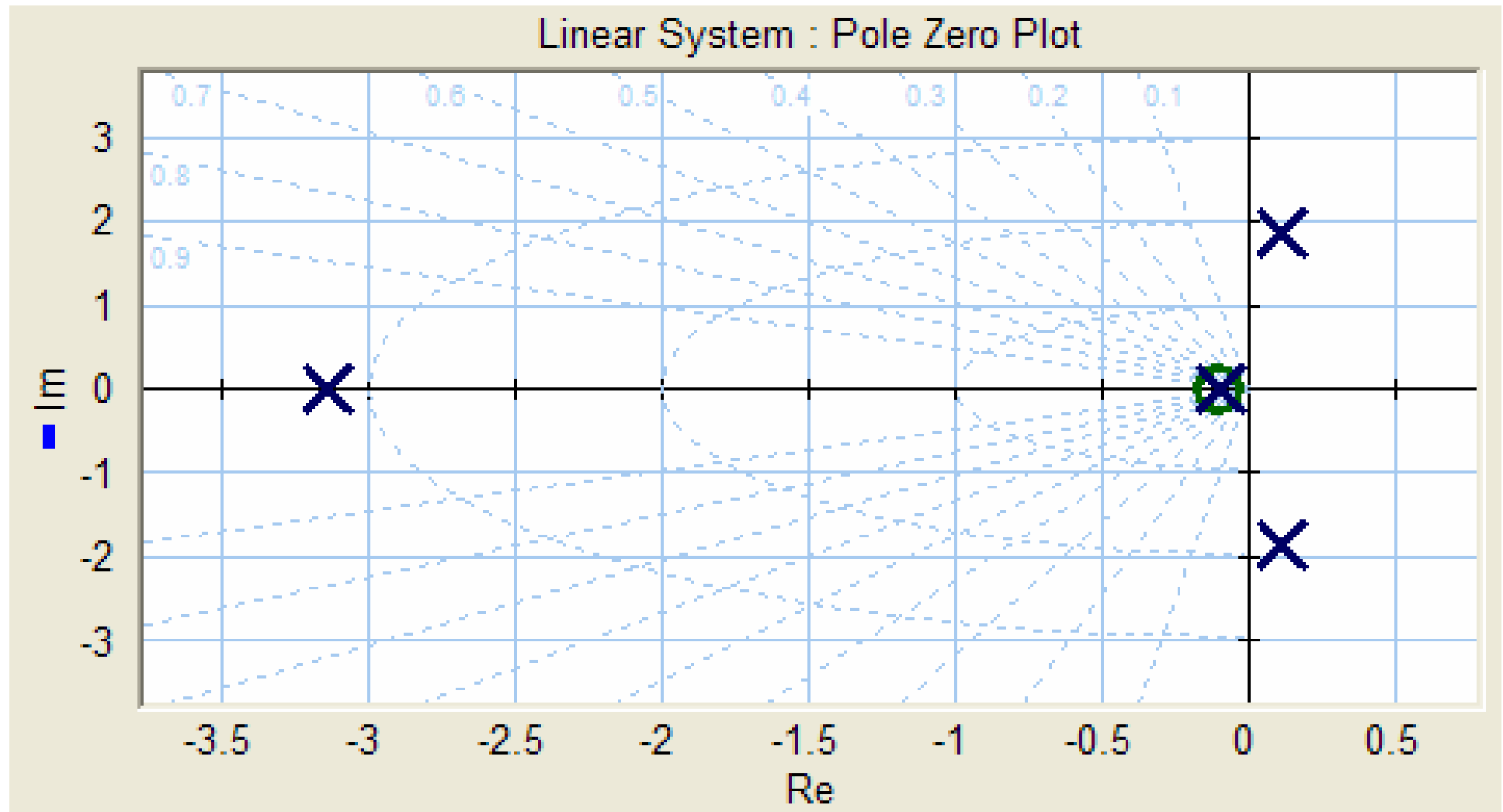
$$Y = \frac{\text{numerator}}{\text{denominator}} X$$

Pole des geschlossenen Regelkreises



$K_p = 4, T = 4$

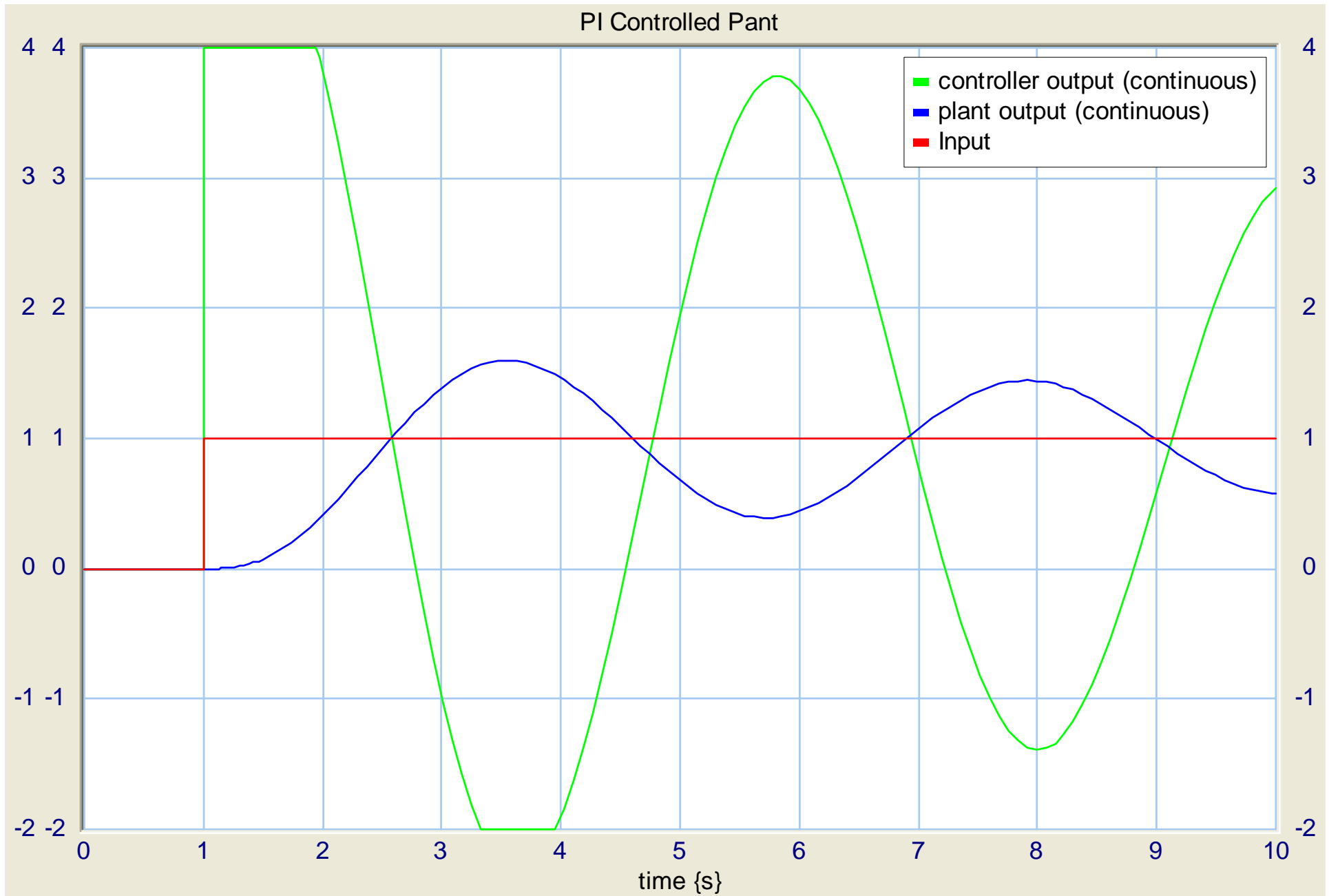
Stabilität des Regelkreises?



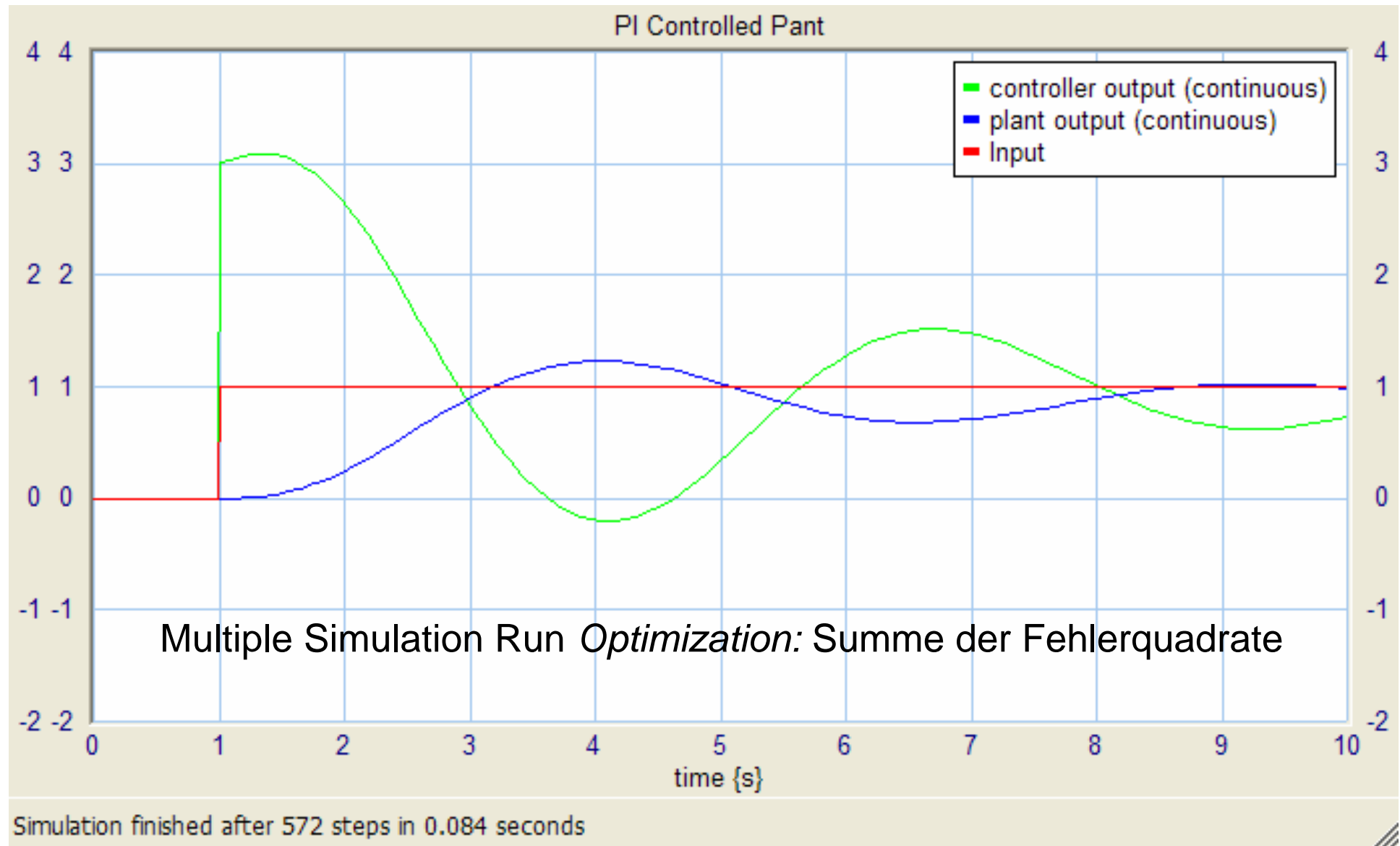
$K_p = 10, T = 10$

Verhalten des Regelkreises

$K_p = 5, T = 5$



Optimierung des Regelkreises



$K_p = 3$, $T = 7.5$, Fehlerquadrat = 1.26

Empfindlichkeitsanalyse

Multiple Run Sensitivity Analysis Result

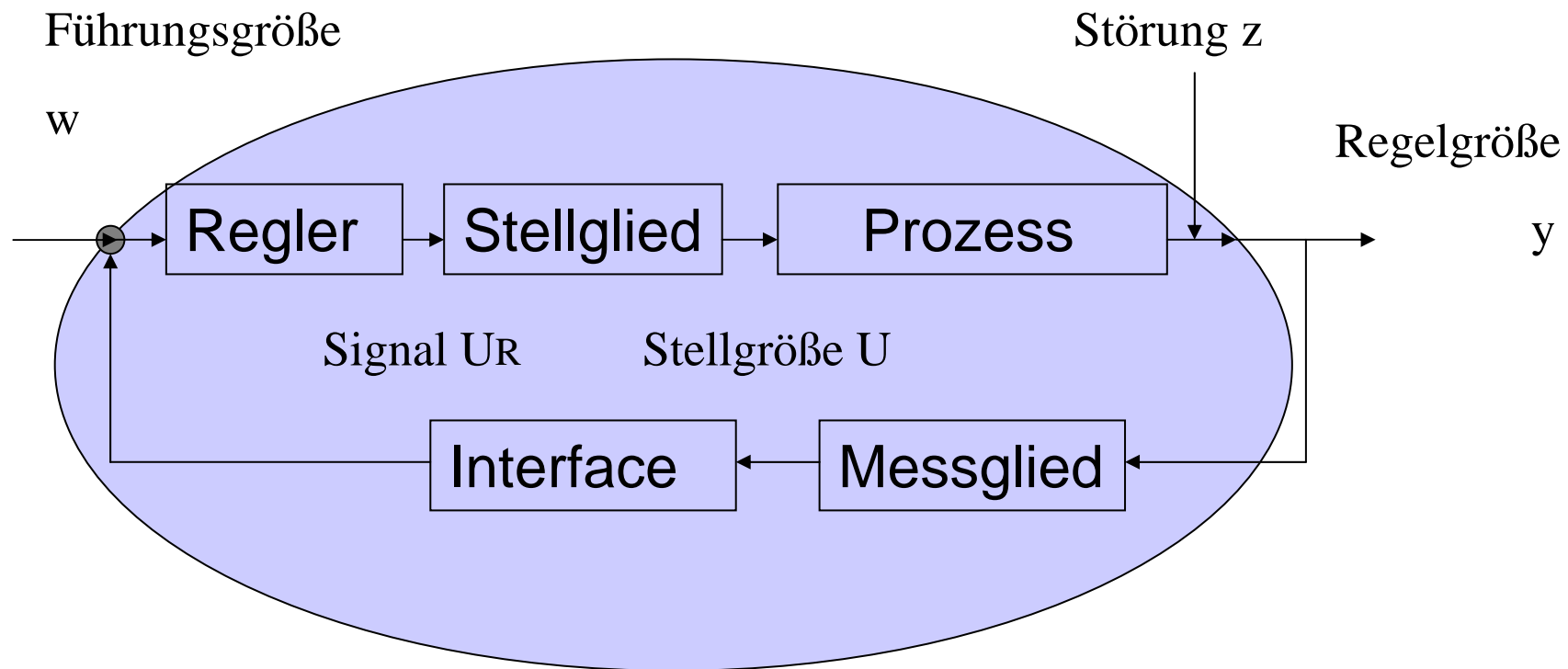
$y = \text{Criterium Result} = y_cont\backslash input - \text{SignalGenerator1}\backslash output$

x = Parameter	Nominal Value x	dx(%)	dy	dy(%)	dy/dx Sensitivity (%)
Controller_Contin...	5	1(%)	-0.003877736765179	-0.2023543603919(%)	-13.49029069279(%)
Controller_Contin...	5	1(%)	-0.0003678020811991	-0.0191932458026(%)	-3.198874300433(%)

Multiple Run Results

Step	Result	Controller_Continu...	Controller_Continu...
4	1.264283074841	7.5	3.03
3	1.265018679004	7.5	2.97
2	1.6703830784	7.575	5
1	1.67813855193	7.425	5

Integrierter Entwurf eines Mechatronik Systems



Gegeben eine Funktion, optimiere System

Entwurfs-Prinzip

Gegeben sei ein Zielverhalten.

Gesucht ist ein optimales System.

Simultaner Entwurf von

Prozess, Controller, Sensoren, Aktoren

In Praxis oft nicht möglich, da Probleme unvollständig und widersprüchlich definiert sind.

Lösung durch Aufspaltung in kleinere Probleme:

Iteratives Vorgehen

Multiple Views

Every Model is wrong

A Model depends on its problem context

Job van Amerongen, Peter Breedveld (S. 35)

IFAC Professional Brief

Modeling of Physical Systems for the Design and Control of Mechatronic Systems

Beispiele

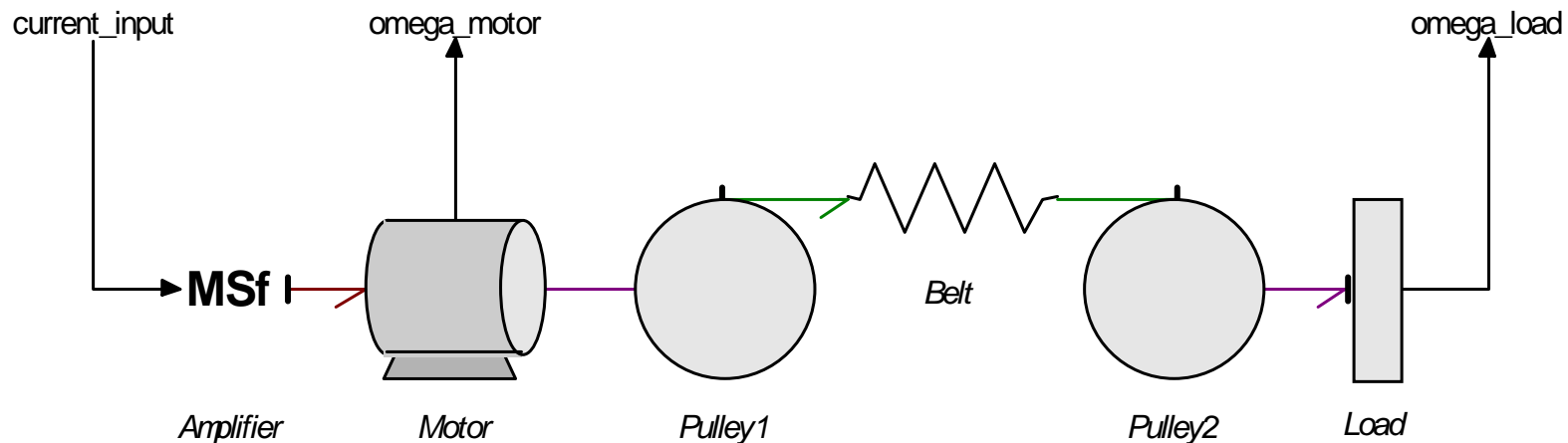
Job van Amerongen

Modelling, Simulation and Controller Design for
Mechatronic Systems with 20-sim 3.0

www.el.utwente.nl/amn

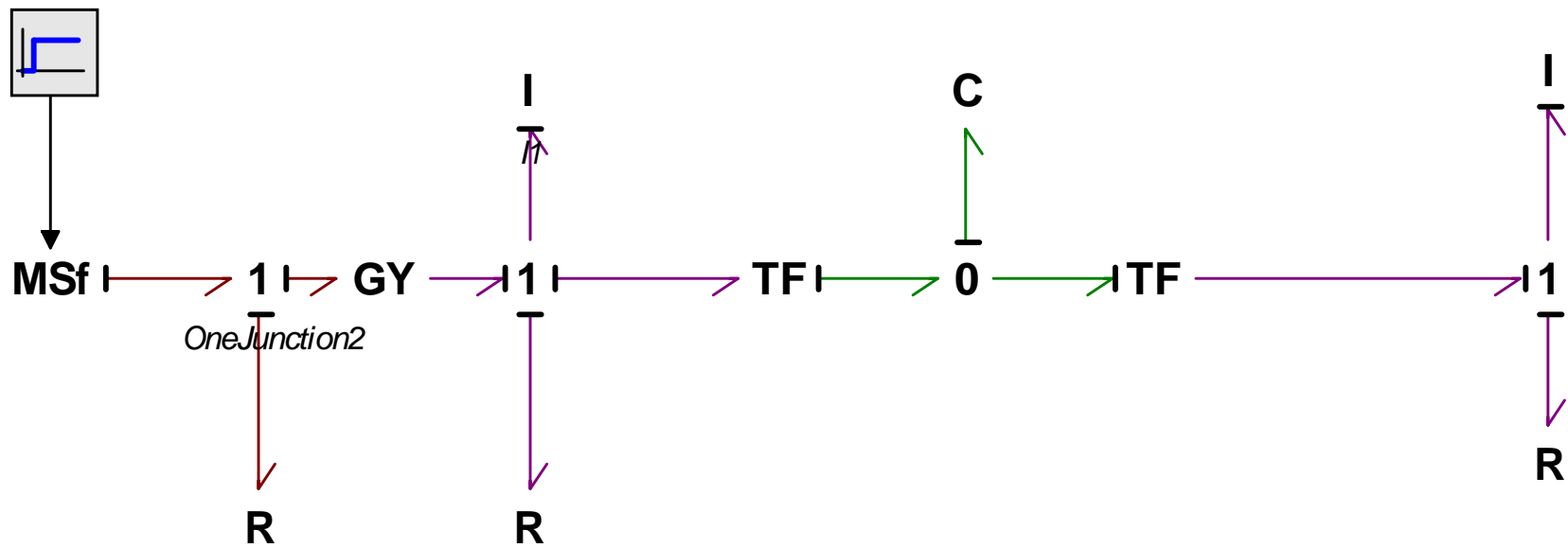
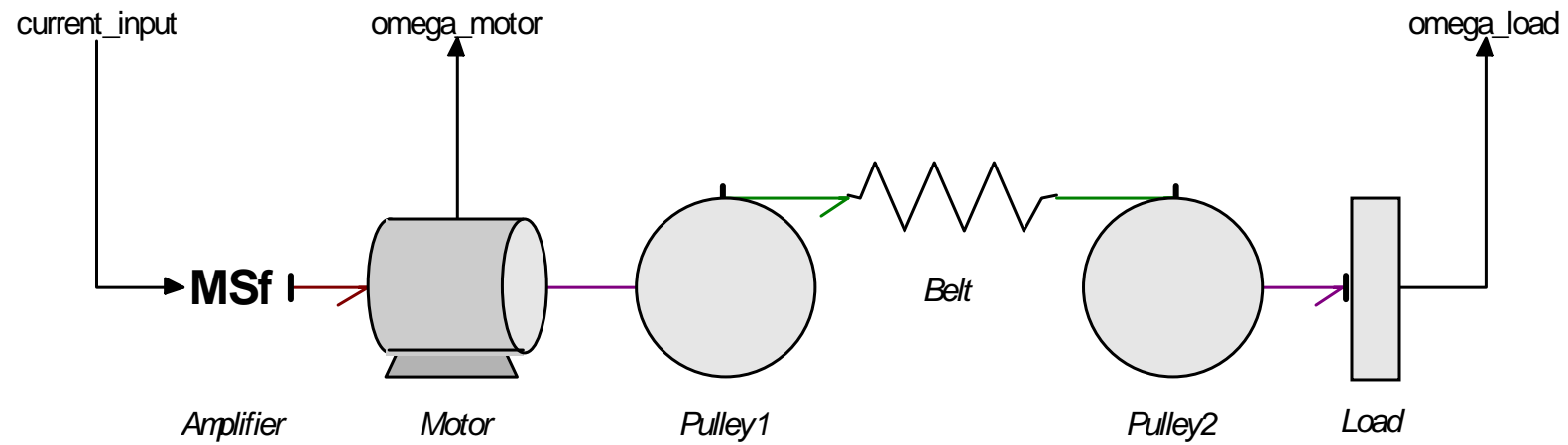
Entwurf und Optimierung eines Servo-Motors

Entwurf und Optimierung eines Mechatronik Systems

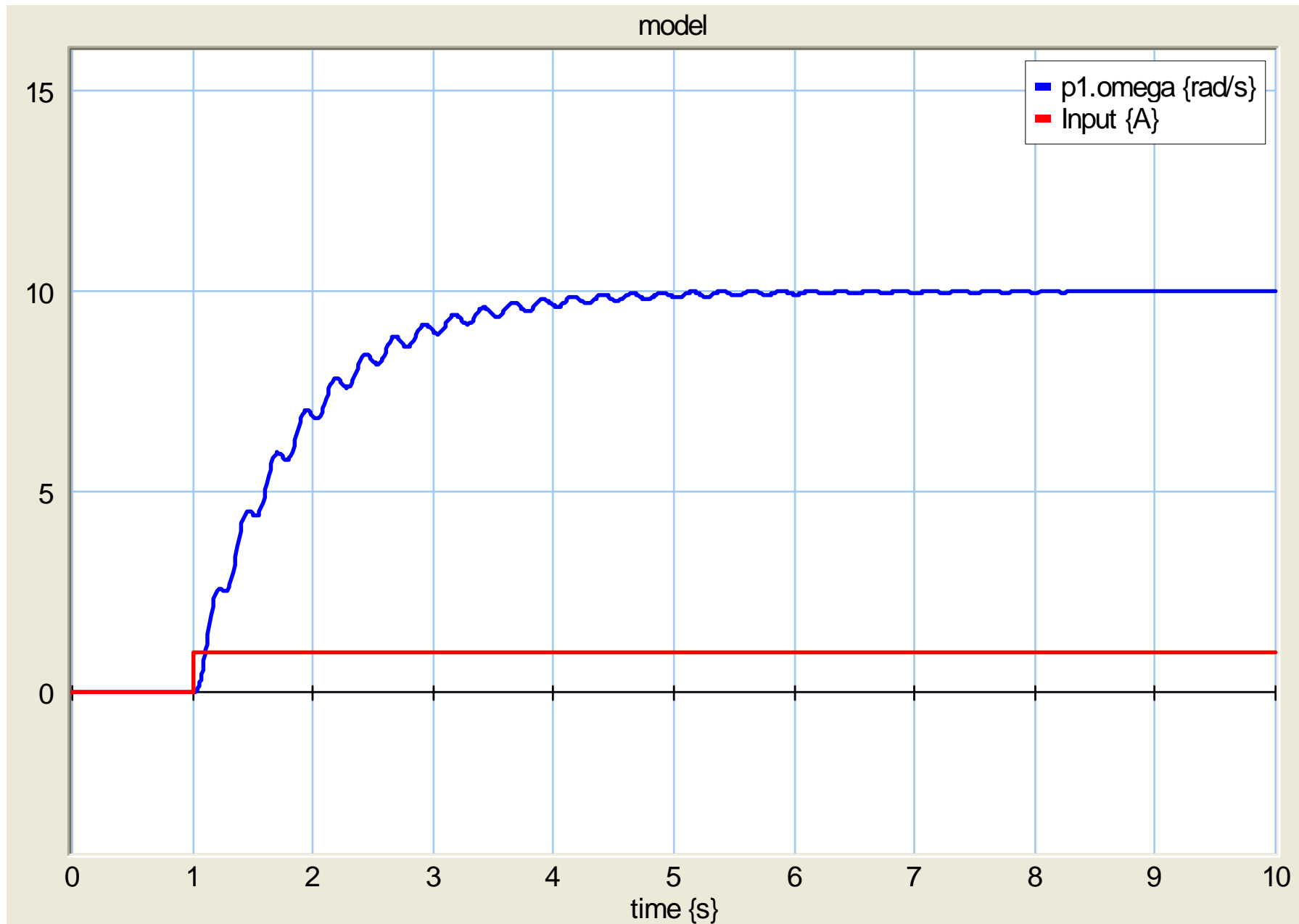


Ziel: Die Endposition der Nutzlast (load) soll möglichst schnell und dauerhaft der Pulsbreite eines Eingangssignals folgen.

Mechatronic System



Offenes System



Parameter des offenen Systems

Parameters				
Initial Values		Constants		
Name	Value	Quantity	Unit	
◆ SignalGenerator1\start_time	1 {s}	Time	second	
◆ SignalGenerator1\amplitude	1	Magnitude	none	
◆ R1\r	0.001			
◆ GY1\r	0.292			
◆ R2\r	100 {uN.m.s}	Angular Momentum	newton meter second	
◆ I1\i	0.00262 {kg.m ² /s}	Angular Momentum	kilogram meter squar...	
◆ TF1\r	0.25			
◆ C1\c	64.8 {mm/N}	Compliance	meter per newton	
◆ TF2\r	1			
◆ I2\i	0.056 {kg.m ² /s}	Angular Momentum	kilogram meter squar...	
◆ R3\r	115.2 {mN.m.s}	Angular Momentum	newton meter second	

Transfer-Function

7678

$$\frac{7678}{s^3 + 2.095s^2 + 643.8s + 767.8}$$

system K = 10

root-locus K' = 7678

u = SignalGenerator1\output

y = OneJunction3\p1.f

$$Y = \frac{\text{numerator}}{\text{denominator}} X$$

State Space

-0.03817	-3.858	0	0.292
95.42	0	-17.86	0
0	15.43	-2.057	0
0	0	17.86	0

system K = 10
 root-locus K' = 7678
 u = SignalGenerator1\output
 y = OneJunction3\p1.f
 x [1] = I1\state
 x [2] = C1\state
 x [3] = I2\state
 \dot{x} [1] = I1\p.e
 \dot{x} [2] = C1\p.f
 \dot{x} [3] = I2\p.e

$$\dot{x} = A x + B u$$

$$y = C x + D u$$

Symbolic linear description :

A =

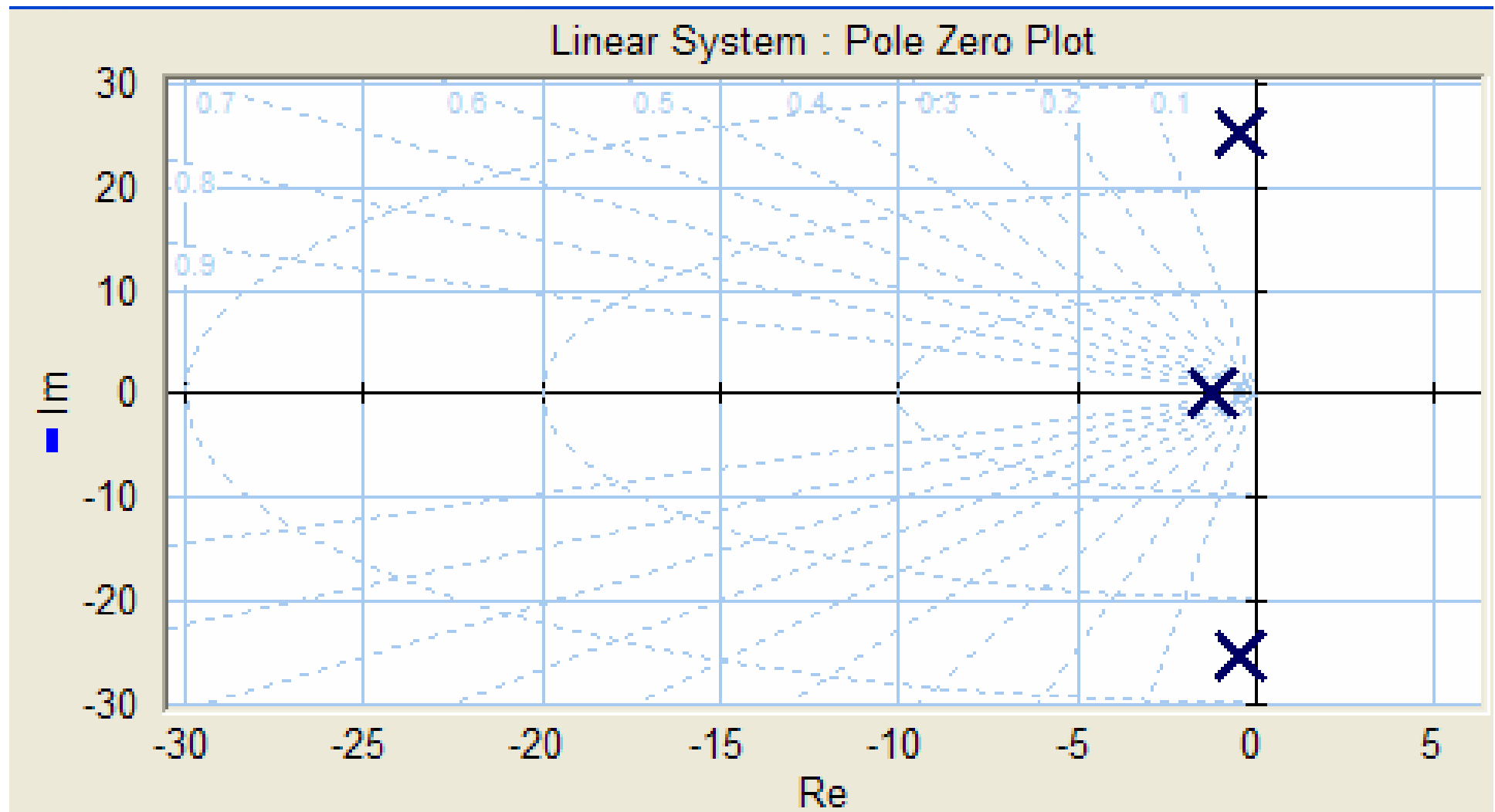
$$\begin{bmatrix}
 -(R2/r / I1/i) & -(TF1/r / C1/c) & 0.0 \\
 TF1/r / I1/i & 0.0 & -((1.0 / I2/i) / TF2/r) \\
 0.0 & (1.0 / C1/c) / TF2/r & -(R3/r / I2/i)
 \end{bmatrix}$$

B =

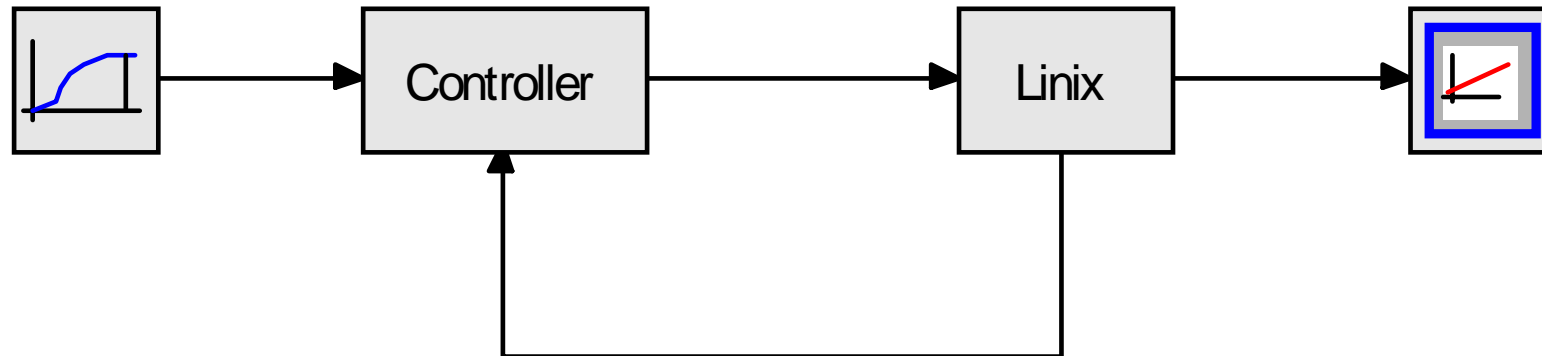
$$\begin{bmatrix}
 GY1/r \\
 0.0 \\
 0.0
 \end{bmatrix}$$

$$C = 0.0 \ 0.0 \ 1.0 / I2/i \quad D = 0.0$$

Poles



Geregeltes System

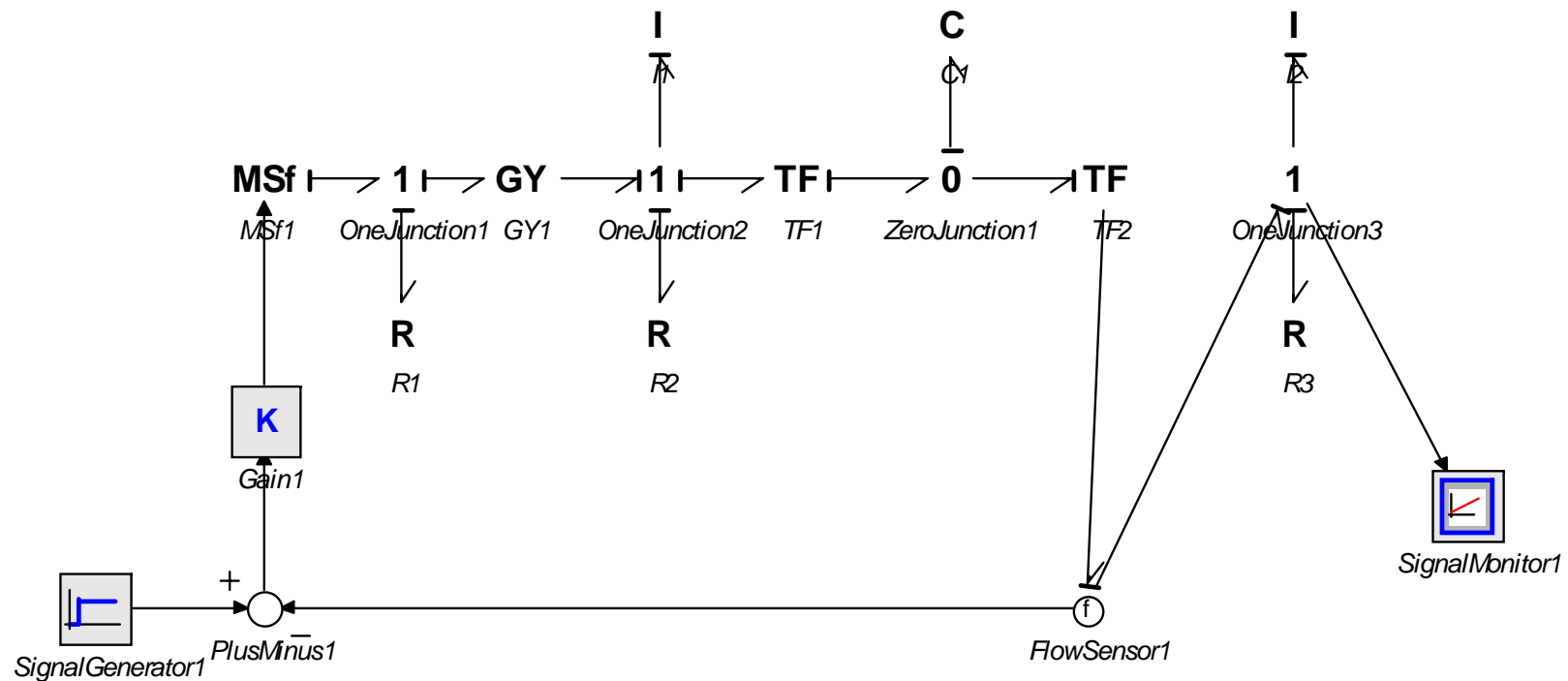


1. Versuch

Ein Versuch, die Messgröße

Lastgeschwindigkeit (load)

zur Regelung zu verwenden,
führt zu einem instabilen System



1. VersuchTransferFunktion

$$430 s + 884.5$$

$$s^3 + 2.095 s^2 + 643.8 s + 8446$$

$$\text{system } K = 0.1047$$

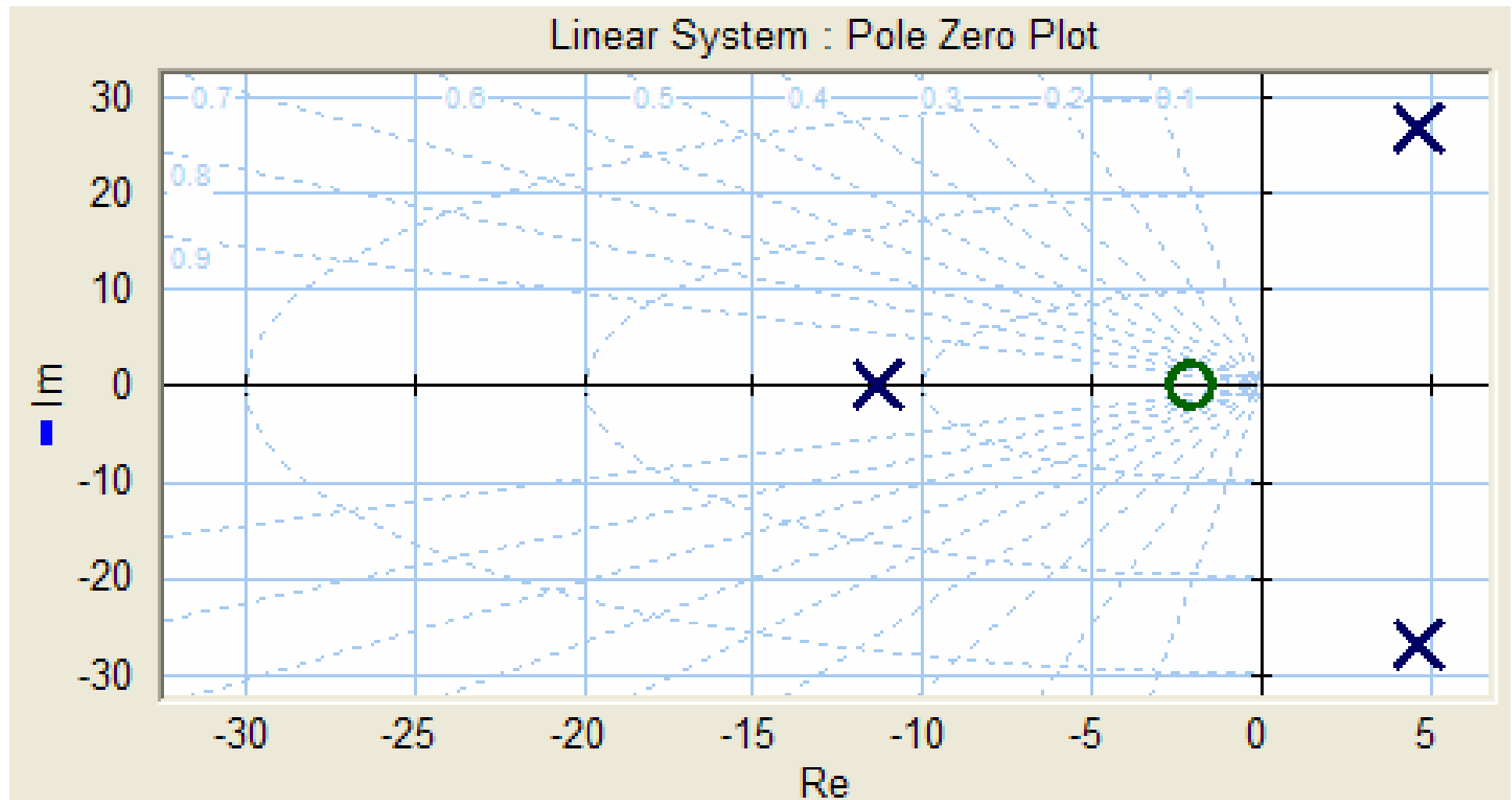
$$\text{root-locus } K' = 430$$

$$u = \text{SignalGenerator1}\backslash\text{output}$$

$$y = \text{FlowSensor1}\backslash\text{p1.e}$$

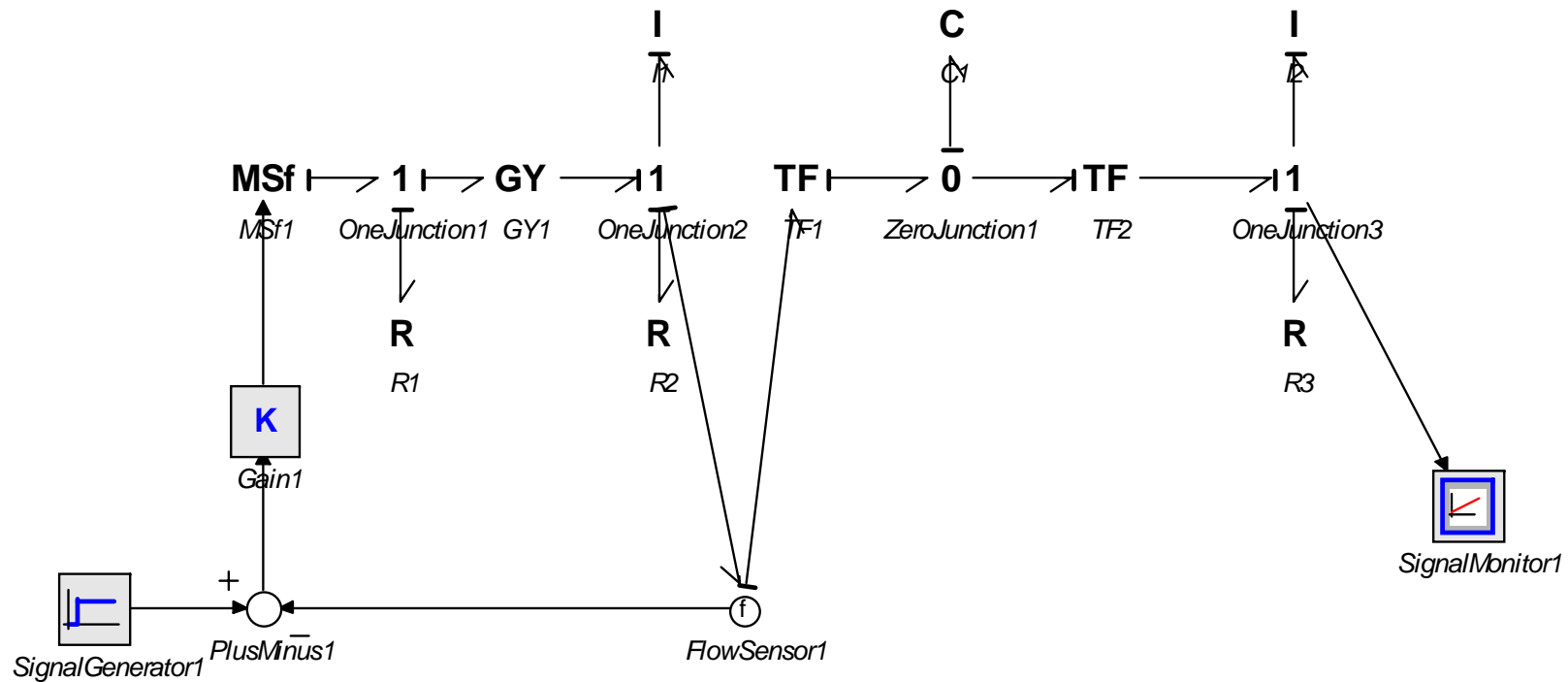
$$Y = \frac{\text{numerator}}{\text{denominator}} X$$

1. VersuchPole

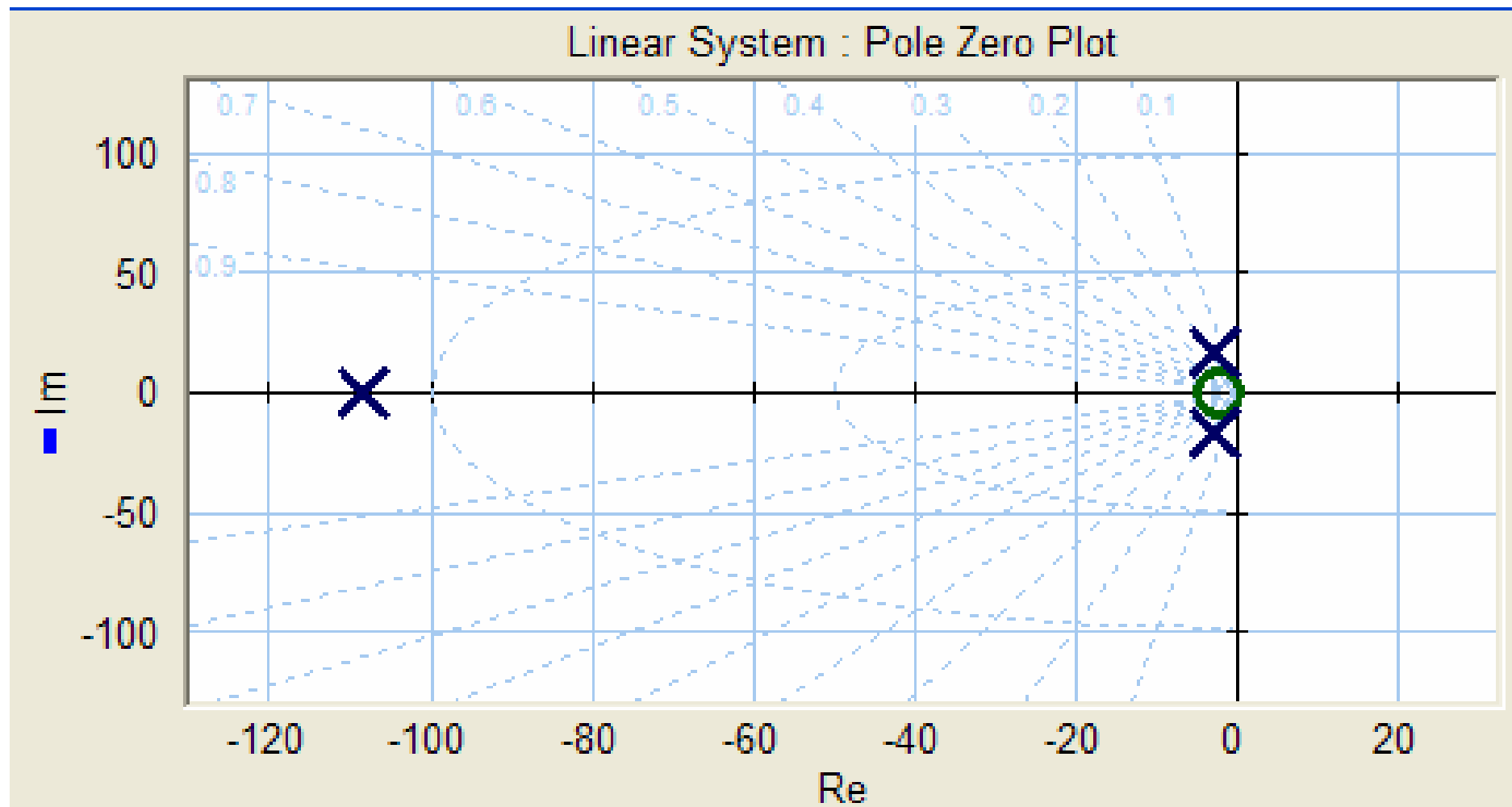


2. Versuch

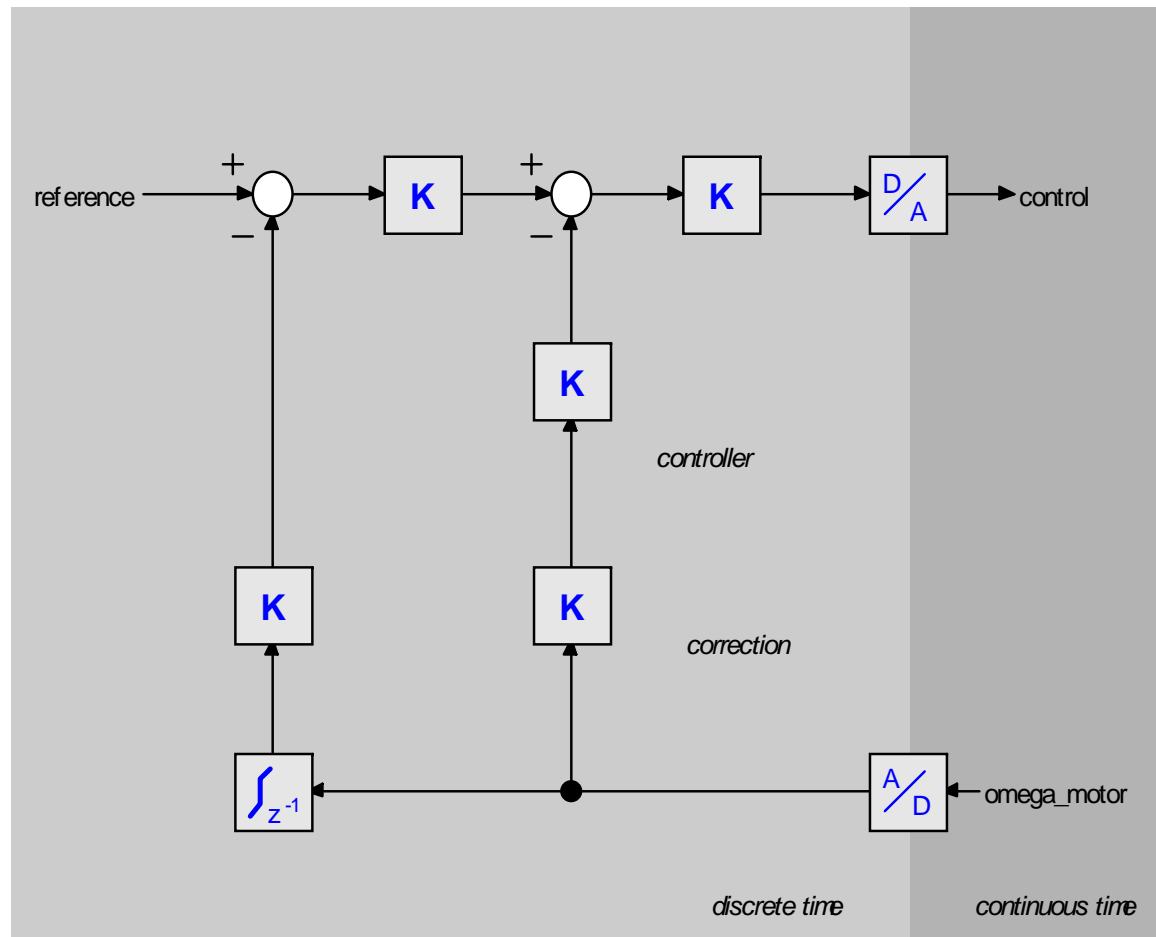
Ein stabiles System erhalten wir mit
einem Feedback von der Motorgeschwindigkeit



2. Versuch Pole

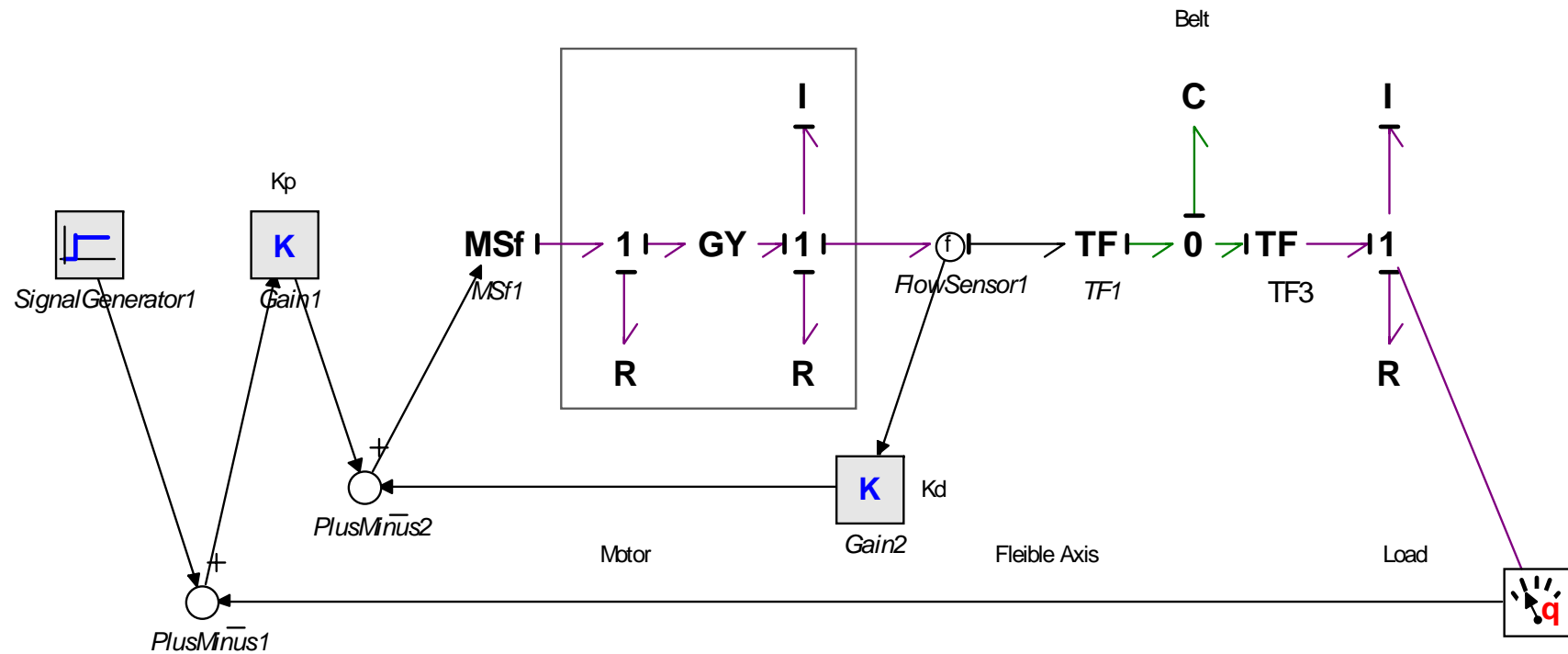


Servomotor-Regelung im Blockdiagramm



Entwurf und Optimierung

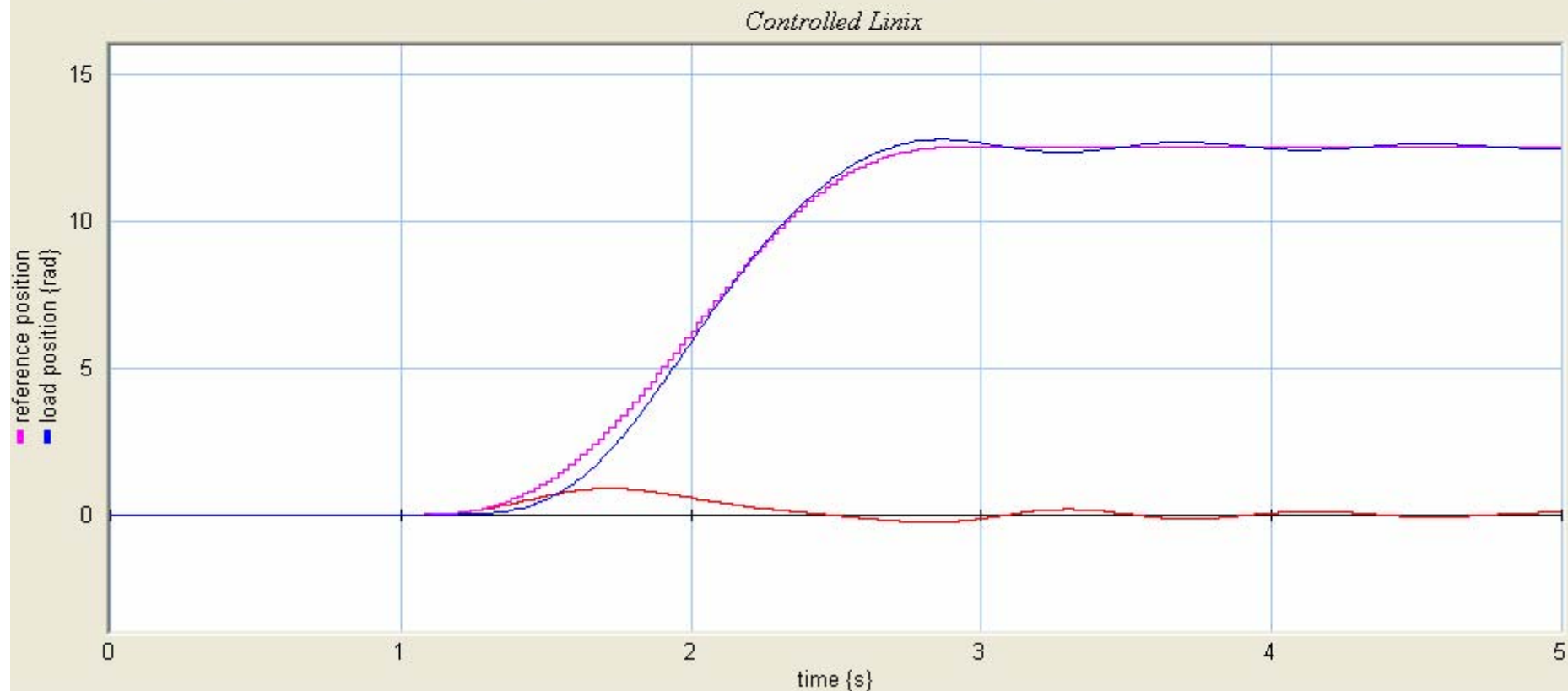
Controller Design



Gutes Ergebnis

20-sim Simulator on: MechatronicSystem.exp

View Properties Simulation Tools Help



simulation finished after 7949 steps in 3.749 seconds

Schlechtes Ergebnis

