

Teil 1 (15 min ohne Unterlagen)

Aufgabe 1 (5min)

- a) Beantworten Sie die folgenden Fragen zum allgemeinen Verständnis der behandelten Regelungstechnik im Zustandsraum?

| Aussage | Ja, stimmt | Nein, falsch |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Die Pole der Übertragungsfunktion $G(s)$ entsprechen den Eigenwerten der Systemmatrix A . | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Die Darstellung eines linearen dynamischen zeitinvarianten Systems im Zustandsraum ist eindeutig. | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Die Polvorgabe ist eine Methode um einen Zustandsregler auszulegen. | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Um einen Zustandsregler auszulegen muss das System beobachtbar sein. | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Der Rang der Systemmatrix A entscheidet über die Beobachtbarkeit des dynamischen Systems. | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Der Vorfilter V wird beim Zustandsregler benötigt damit die Strecke steuerbar ist. | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Bei der Herleitung der Systembeschreibung im Zustandsraum werden Differentialgleichungen n -ter Ordnung durch n Differentialgleichungen 1.ter Ordnung ersetzt. | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Die Systemordnung im Zustandsraum ist immer grösser als die Systemordnung der Übertragungsfunktion. | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Für die Systembeschreibung in Beobachtungsnormalform kann kein Zustandsregler ausgelegt werden. | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |

- b) Das charakteristische Polynom eines dynamischen Systems lautet

$$p(s) = s^3 - 17s + 4$$

Eine Nullstelle dieses Polynoms liegt bei $s = 4$. Wie lauten die beiden anderen Nullstellen?

- c) Ein dynamisches System $\{A, b, c^T, d\}$ wird mit einem Zustandsregler r^T ausgelegt. Wie lautet die Systemmatrix F geschlossenen Regelkreises?

A1

k) $p(s) = s^3 - 17s + 4$

$$\frac{s^3 - 17s + 4}{s^3 - 4s^2}$$
$$: s - 4 = s^2 + 4s - 1$$

$$\frac{4s^2 - 17s}{4s^2 - 16s}$$

$$\frac{-s + 4}{-s + 4}$$

$$\frac{0}{0}$$

$$s_{2/3} = \frac{-4 \pm \sqrt{16 + 4}}{2}$$

$$= -2 \pm \frac{1}{2} \sqrt{20} = -2 \pm \sqrt{5}$$

c) $\bar{T} = A - s r^T$

$$= -2 \pm \sqrt{5}$$

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$u = -r^T \cdot x$$

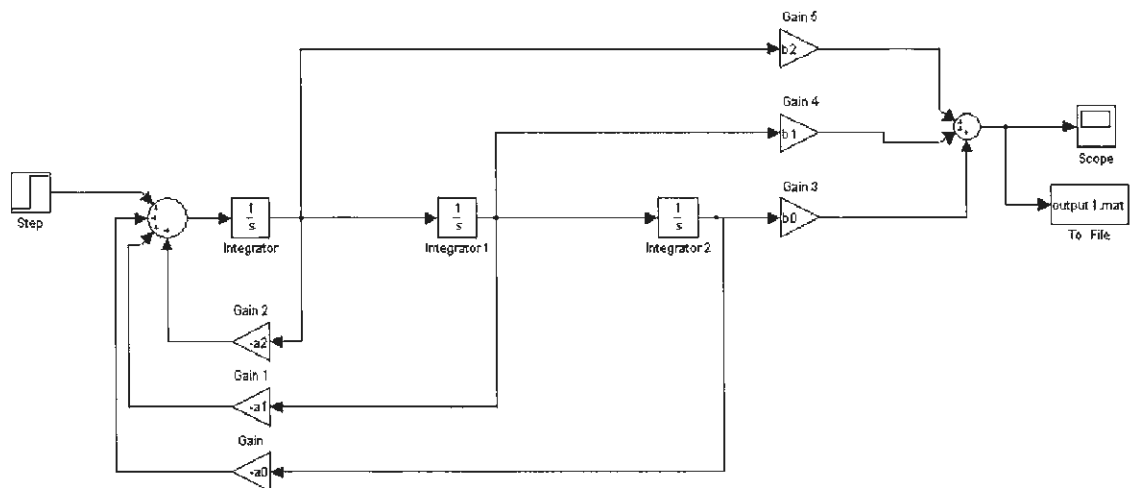
$$\dot{x} = Ax + s(-r^T \cdot x)$$

$$\dot{x} = (A - s r^T) \cdot x$$

Hinweis: \bar{C} und λ werden nicht benötigt!

Aufgabe 2 (5min)

- Wie lautet die allgemeine Beschreibung eines linearen, zeitinvarianten dynamischen Systems im Zustandsraum?
- Welche Normalform ist im nachfolgenden Signalflussbild dargestellt?
- Wie lauten die Systemmatrizen $\{A, b, c, d\}$ für das untenstehende Signalflussbild?



- Entwerfen Sie für das gegebene System einen Zustandsregler r^T der die Pole des geschlossenen Systems zu $s_{1,2,3} = -1$ legt. Verwenden Sie dabei die Werte

$$a_0 = 2, a_1 = -2, a_2 = 3$$

$$b_0 = 1, b_1 = 0, b_2 = 2$$

A2

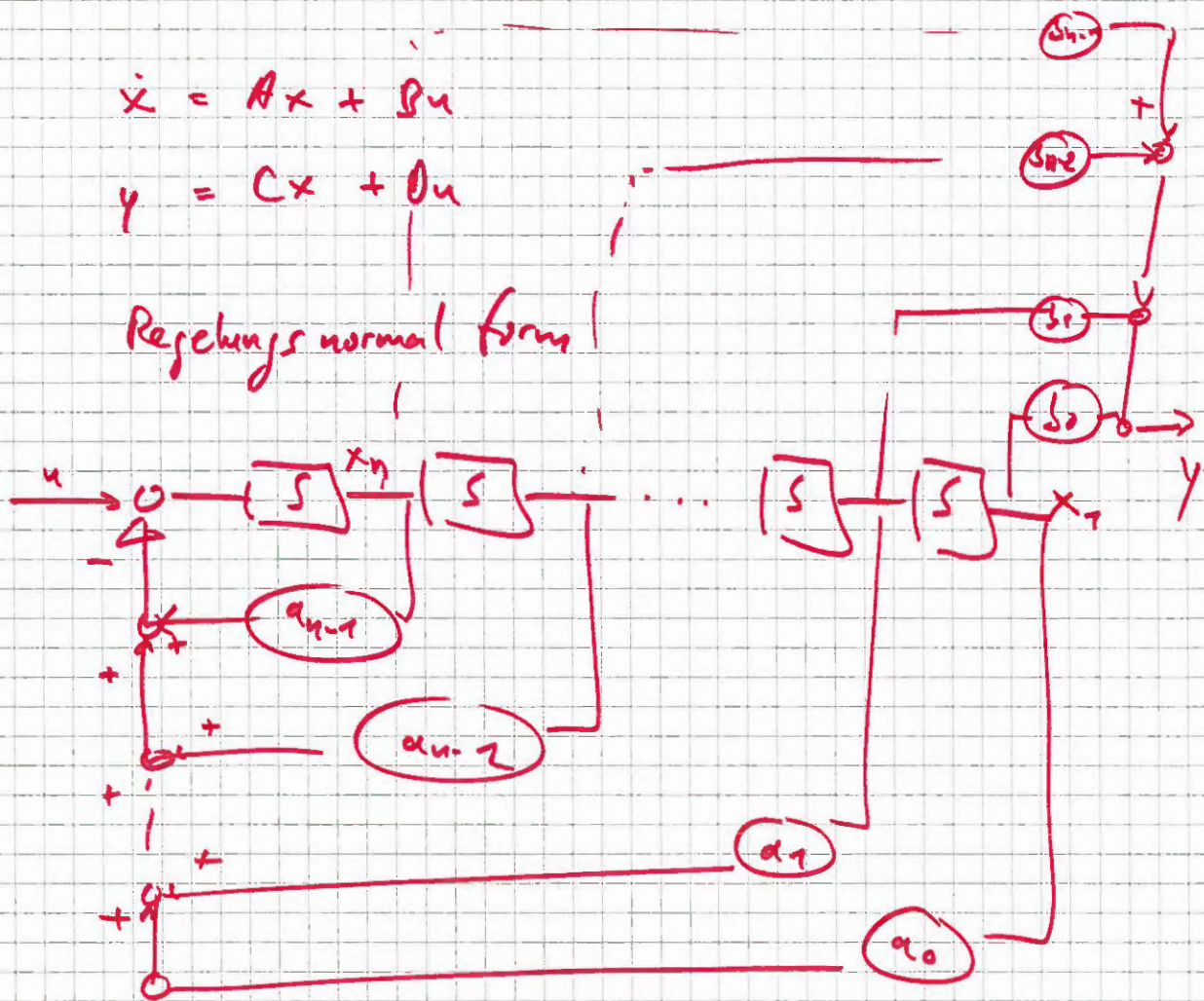
a)

$$\dot{x} = Ax + Bu$$

$$y = Cx + Du$$

b)

Regelungs normal form!



c)

$$A_R = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -a_0 & -a_1 & -a_2 \end{bmatrix}$$

$$b_R = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$c_R^T = \begin{bmatrix} b_0 & b_1 & b_2 \end{bmatrix}$$

$$d_R = 0$$

d)

$$p(s) = (s+1)^3$$

$$(s+1)(s+1) = s^2 + 2s + 1$$

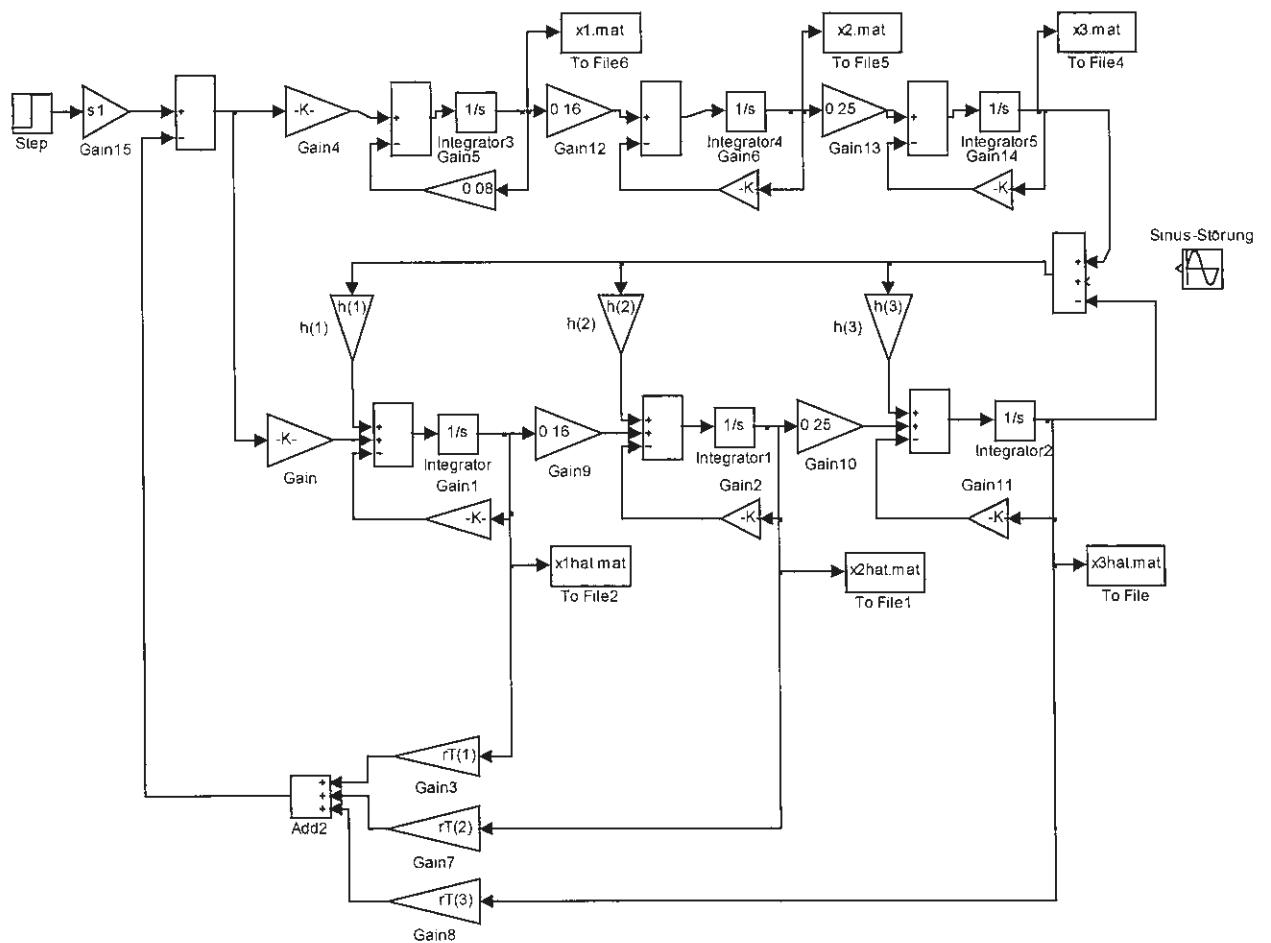
$$(s^2 + 2s + 1)(s+1) = s^3 + 3s^2 + 3s + 1$$

$$r^T = r_R^T = p - \underline{a} = \begin{bmatrix} 1 - a_0 \\ 3 - a_1 \\ 3 - a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_0 = 2 \\ a_1 = -2 \\ a_2 = 3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 \\ 5 \\ 0 \end{bmatrix}$$

transparent

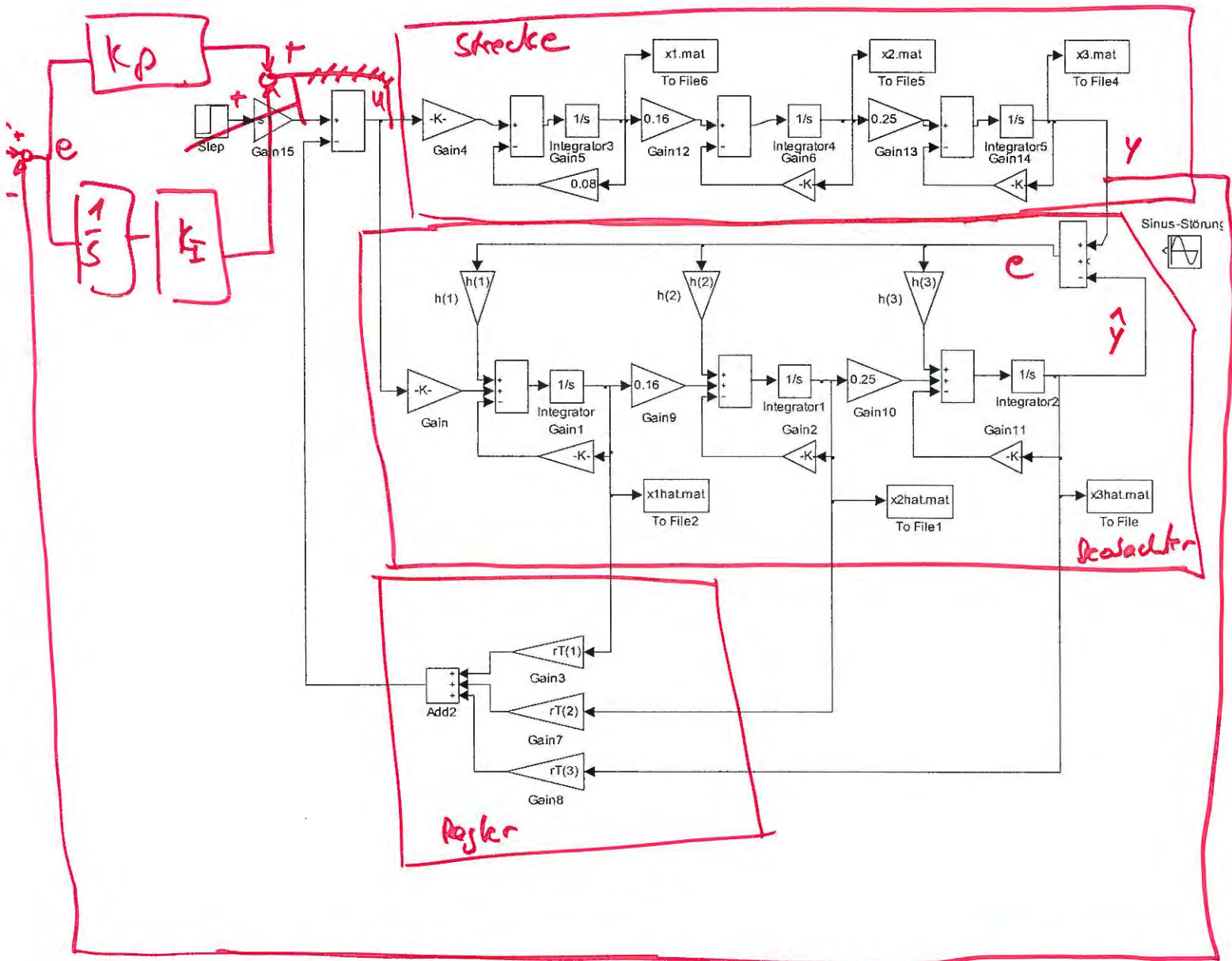
Aufgabe 3 (5min)

- Heben Sie im nachfolgenden Signalflussbild mit unterschiedlichen Farben die folgenden Teile hervor: Regelstrecke, Zustandsregler, Beobachter.
- Wie lautet der Eingang (die Eingänge) des Beobachters?
- Warum empfiehlt sich für die gezeigte Regelstrecke ein PI-Zustandsregler? Zeichnen Sie den PI-Zustandsregler in das bestehende Signalflussbild ein.



Aufgabe 3 (5min)

- Heben Sie im nachfolgenden Signalflussbild mit unterschiedlichen Farben die folgenden Teile hervor: Regelstrecke, Zustandsregler, Beobachter.
- Wie lautet der Eingang (die Eingänge) des Beobachters?
- Warum empfiehlt sich für die gezeigte Regelstrecke ein PI-Zustandsregler? Zeichnen Sie den PI-Zustandsregler in das bestehende Signalflussbild ein.



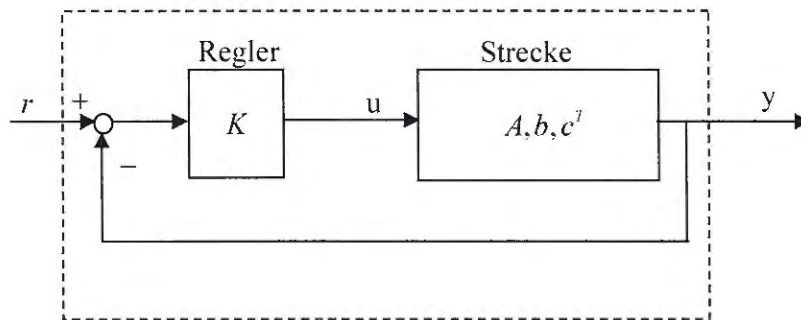
A3

k) u und y sind $e = y - \hat{y}$

c) Stöcke besitzt kein inkongrues Verhalten.
Störgrößen können nicht ausgeglichen werden.

Aufgabe 4 (5 min)

Bestimme zum folgenden Regelkreis eine Zustandsvariablendarstellung $(A_{total}, b_{total}, c_{total}^T)$ des geschlossenen Regelkreises, wenn die Darstellung der Regelstrecke durch (A, b, c^T) gegeben ist und der Regler ein P-Regler mit der Konstanten K ist.



$$\dot{x} = Ax + bu$$

$$u = (r - y) \cdot K$$

$$y = c^T x$$

$$u = K \cdot r - K c^T x$$

$$\rightarrow \dot{x} = Ax + b(-K c^T x + K r)$$

$$y = c^T x$$

$$\dot{x} = (A - K b c^T) x + b \cdot K \cdot r$$

$$y = c^T x$$

$$A_{total} = (A - K b c^T)$$

$$b_{total} = b \cdot K$$

$$c_{total}^T = c^T$$