

Studiengang	<b>Wirtschaftsingenieurwesen</b>
Fach	<b>Automatisierungstechnik</b>
Art der Leistung	<b>Prüfungsleistung</b>
Klausur-Knz.	<b>WI-AUT-P12-050129</b>
Datum	<b>29.01.2005</b>

**Bezüglich der Anfertigung Ihrer Arbeit sind folgende Hinweise verbindlich:**

- Verwenden Sie ausschließlich das vom Aufsichtsführenden **zur Verfügung gestellte Papier**, und geben Sie sämtliches Papier (Lösungen, Schmierzettel und nicht gebrauchte Blätter) zum Schluss der Klausur wieder bei Ihrem Aufsichtsführenden ab. Eine nicht vollständig abgegebene Klausur gilt als nicht bestanden.
- Beschriften Sie jeden Bogen mit Ihrem **Namen und Ihrer Immatrikulationsnummer**. Lassen Sie bitte auf jeder Seite 1/3 ihrer Breite als Rand für Korrekturen frei, und nummerieren Sie die Seiten fortlaufend. Notieren Sie bei jeder Ihrer Antworten, auf welche Aufgabe bzw. Teilaufgabe sich diese bezieht.
- Die Lösungen und Lösungswege sind in einer für den Korrektanten **zweifelsfrei lesbaren Schrift** abzufassen. Korrekturen und Streichungen sind eindeutig vorzunehmen. Unleserliches wird nicht bewertet.
- Bei numerisch zu lösenden Aufgaben ist außer der Lösung stets der **Lösungsweg anzugeben**, aus dem eindeutig hervorzugehen hat, wie die Lösung zustande gekommen ist.
- Zur Prüfung sind bis auf Schreib- und Zeichenutensilien ausschließlich die nachstehend genannten Hilfsmittel zugelassen. Werden **andere als die hier angegebenen Hilfsmittel verwendet oder Täuschungsversuche** festgestellt, gilt die Prüfung als nicht bestanden und wird mit der Note 5 bewertet.

<b>Bearbeitungszeit:</b>	<b>90 Minuten</b>
<b>Anzahl Aufgaben:</b>	<b>- 10 -</b>
<b>Höchstpunktzahl:</b>	<b>- 100 -</b>

<b>Hilfsmittel:</b>	
• Für die Aufgaben <b>1 bis 6:</b>	keine
• Für die Aufgaben <b>7 bis 10:</b>	Studienbriefe , Taschenrechner, Formelsammlung eigener Wahl

**Vorläufiges Bewertungsschema:**

<b>Punktzahl</b>		<b>Note</b>	
<b>von</b>	<b>bis einschl.</b>		
95	100	1,0	sehr gut
90	94,5	1,3	sehr gut
85	89,5	1,7	gut
80	84,5	2,0	gut
75	79,5	2,3	gut
70	74,5	2,7	befriedigend
65	69,5	3,0	befriedigend
60	64,5	3,3	befriedigend
55	59,5	3,7	ausreichend
50	54,5	4,0	ausreichend
0	49,5	5,0	nicht ausreichend

Viel Erfolg!

# 1. Teil der Klausur

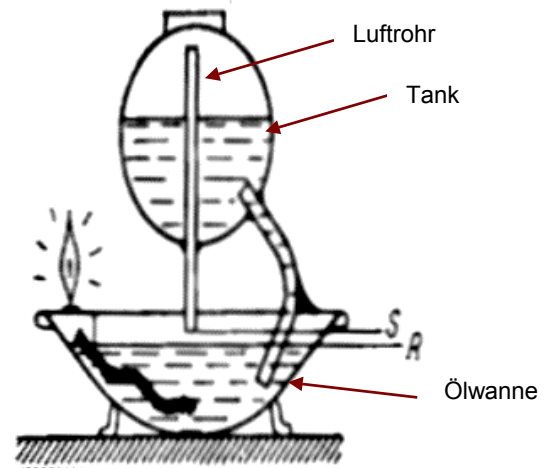
— ohne Hilfsmittel —

## Aufgabe 1

insg. 6 Punkte

Bei der nebenstehenden Darstellung handelt es sich um eine Öllampe.  $S$  entspricht dem Sollfüllstand der Ölwanne und  $R$  dem aktuellen Ölstand in der Ölwanne.

Beschreiben Sie, wie der Regelmechanismus dieser Öllampe abläuft. Benennen Sie dabei Regelstrecke, Messglied und Regeleinrichtung.



## Aufgabe 2

insg. 6 Punkte

- 2.1 Erläutern Sie, was in der Automatisierungstechnik unter **prozessfernen Verarbeitungsfunktionen** verstanden wird. 4 Pkte
- 2.2 Nennen Sie ein Beispiel für eine prozessferne Verarbeitungsfunktion. 2 Pkte

## Aufgabe 3

insg. 8 Punkte

- 3.1 Berechnen Sie im Dualsystem den Ausdruck der Dezimalzahlen  $(13_{10} + 8_{10}) / 3_{10}$ . 6 Pkte
- 3.2 Stellen Sie das Ergebnis aus Aufgabe 3.1 als **BCD**-Zahl dar. 2 Pkte

## Aufgabe 4

insg. 6 Punkte

Erläutern Sie die logischen Grundfunktionen **Antivalenz** und **Äquivalenz**. Geben Sie jeweils Funktionstabelle, Funktionssymbol und Schaltungsgleichung an.

**Aufgabe 5****insg. 6 Punkte**

Erläutern Sie die taktgesteuerten **Flipflops**.

**Aufgabe 6****insg. 6 Punkte**

- 6.1 Was wird in der Automatisierungstechnik unter einem **Bus** verstanden. **4 Pkte**
- 6.2 Was wird unter einem **Sensor/Aktor-Bus** verstanden? **2 Pkte**

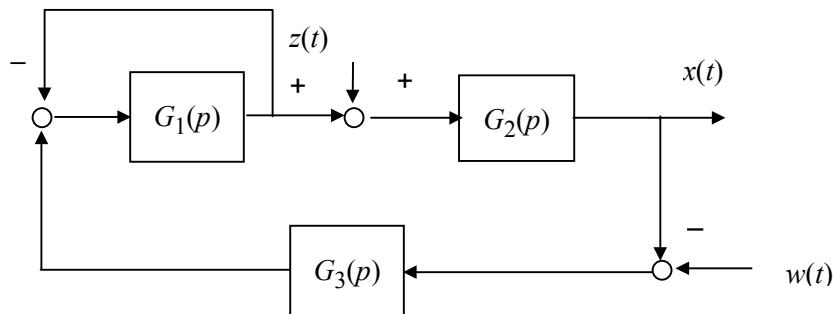
## 2. Teil der Klausur

— mit Hilfsmitteln —

### Aufgabe 7

**insg. 18 Punkte**

Das nachfolgende Strukturbild stellt einen geschlossenen Regelkreis dar.



- 7.1 Stellen Sie mit  $G_1(p) = G_2(p) = \frac{K_I}{p}$  und  $G_3(p) = K_P$  die Störübertragungsfunktion des Regelkreises in allgemeiner Form dar. **14 Pkte**
- 7.2 Berechnen Sie die Störübertragungsfunktion für  $K_I = 2$  und  $K_P = 4$ . **2 Pkte**
- 7.3 Bewirkt eine Störung eine Regelkreisdifferenz? Begründen Sie Ihre Antwort. **2 Pkte**

### Aufgabe 8

**insg. 16 Punkte**

In einer großen Lagerhalle sind insgesamt 4 Rauchmelder installiert ( $x_1, x_2, x_3$  und  $x_4$ ). Um Fehlerquellen weitestgehend auszuschließen, müssen im Falle einer Rauchenstehung bzw. eines Brandes mindestens 2 Rauchmelder eine Meldung  $y$  an die Zentrale absetzen. Die Zentrale ist in Form einer SPS-Steuerung realisiert. Trifft die Auslösebedingung zu, so werden über einen Ausgang der Zentrale sowohl die Sprinkleranlage als auch die Warnanlagen ausgelöst.

- 8.1 Erstellen Sie eine Wahrheitstabelle für die Meldung  $y$  und leiten Sie daraus eine entsprechende Logikgleichung ab. **6 Pkte**
- 8.2 Geben Sie eine minimale Lösung der Logikgleichung aus Aufgabe 8.1 an. **6 Pkte**
- 8.3 Erstellen Sie eine Anweisungsliste (AWL) für die Zentrale. **4 Pkte**

**Aufgabe 9****insg. 14 Punkte**

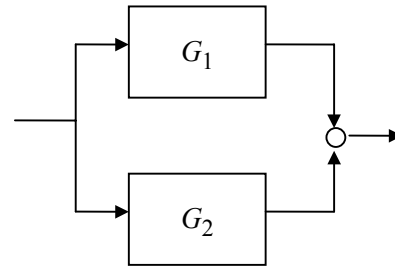
Das nebenstehende Strukturbild stellt eine Regelkreisstrecke dar.

Die Übertragungsfunktionen der beiden Regelkreisglieder lauten:

$$G_1(j\omega) = K_R$$

$$G_2(j\omega) = \frac{K_I}{j\omega T_N},$$

wobei  $K_I = K_R$  gelten soll.



- 9.1 Welches Verhalten hat diese Regelkreisstrecke? **5 Pkte**
- 9.2 Zeichnen Sie für dieses Verhalten das **Bode-Diagramm** (Amplituden- und Phasengang) für  $T_N = 0,2 \text{ s}$  und  $K_R = 20 \text{ dB}$ . **9 Pkte**

**Hinweis:**

Benutzen Sie zur Lösung dieser Aufgabe die **Abb. 1** auf dem Ihnen zur Verfügung gestellten Arbeitsblatt.

**Aufgabe 10****insg. 14 Punkte**

Auf dem Ihnen zur Verfügung gestellten Arbeitsblatt ist unter Abb. 2 die Sprungantwort  $x(t)$  einer Regelstrecke für einen Sprung der Eingangsgröße  $w(t)$  von 1 gegeben.

- 10.1 Ermitteln Sie mit Hilfe des **Wendentangenten-Verfahrens** die Kenngrößen der Regelstrecke. **8 Pkte**
- Hinweis:**  
Benutzen Sie zur Lösung dieser Aufgabe die **Abb. 2** auf dem Ihnen zur Verfügung gestellten Arbeitsblatt
- 10.2 Die Regelstrecke soll mit einem **PID-Regler** geregelt werden. Der Regler soll ein möglichst gutes Störungsverhalten ohne Überschwingungen aufweisen. **4 Pkte**  
Bestimmen Sie die Kenngrößen des PID-Reglers.
- 10.3 Schätzen Sie ein, ob die Regelbarkeit der unter Teilaufgabe 10.1 analysierten Strecke gewährleistet ist. **2 Pkte**

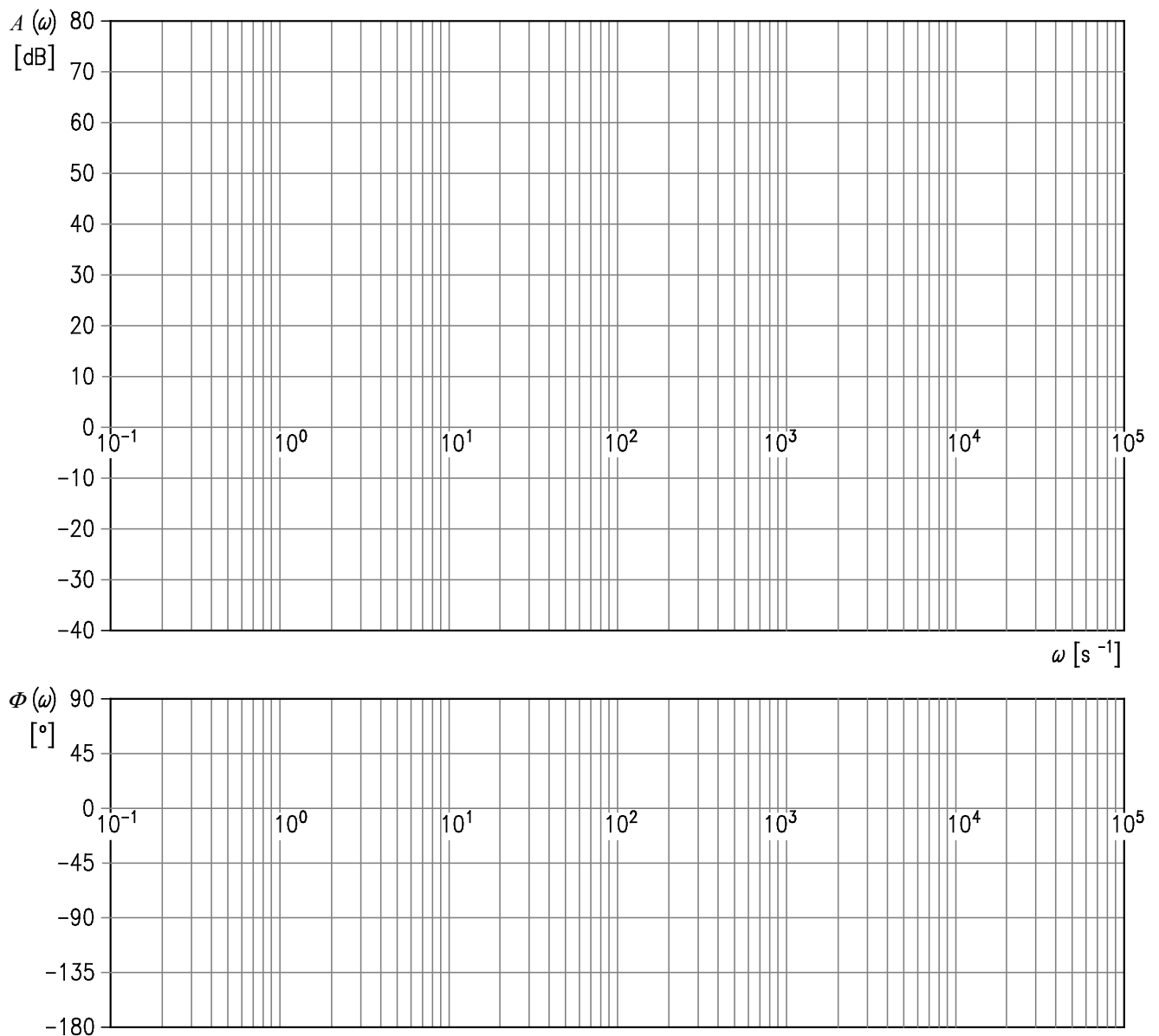
Name, Vorname
---------------

## 2. Teil der Klausur

– mit Hilfsmitteln –

Dieses Aufgabenblatt ist zugleich Ihr Arbeitsblatt.  
Tragen Sie bitte oben Ihren Namen und in die Abbildung Ihre Lösung ein,  
und geben Sie dieses Blatt in jedem Fall zusammen mit Ihren übrigen Arbeitsbögen ab.

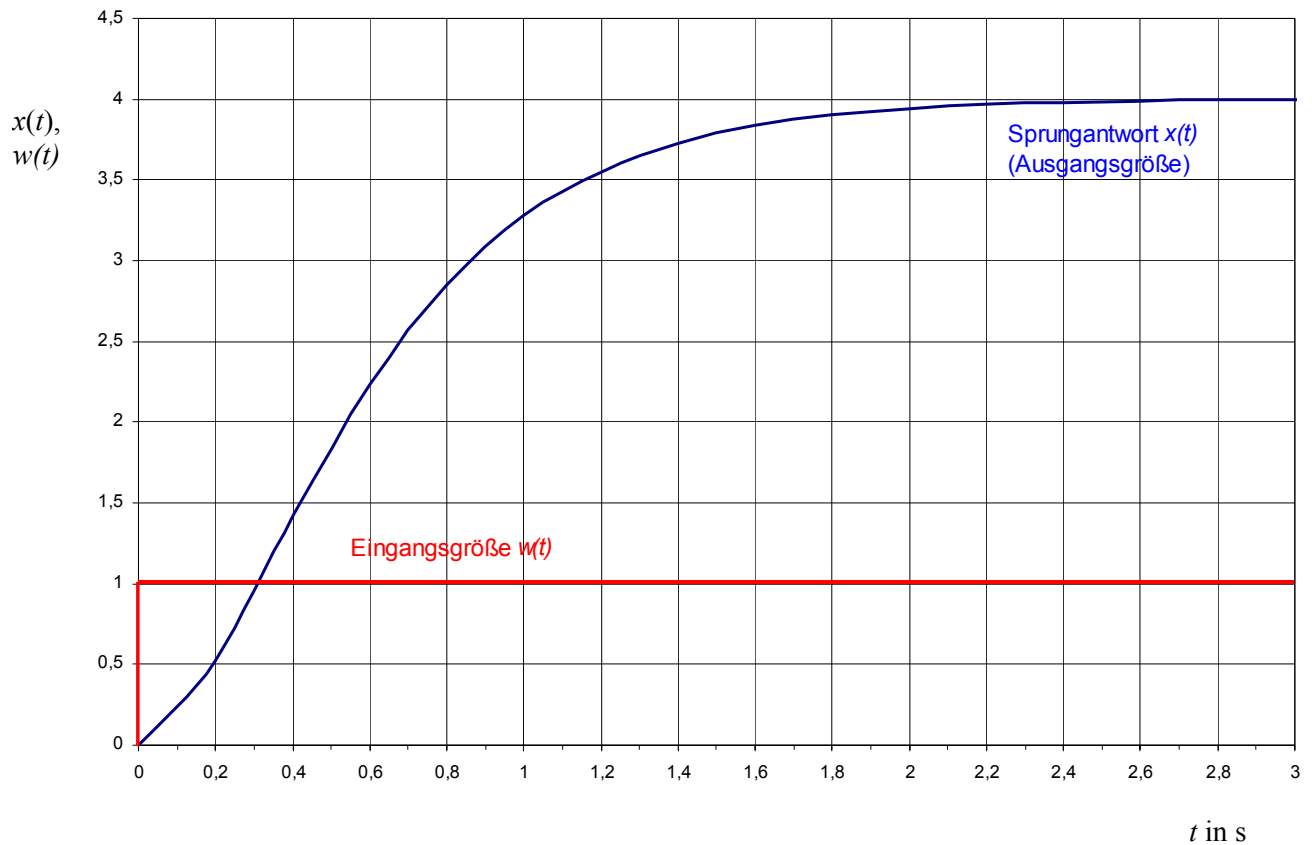
Abb. 1 (Aufgabe 9)



Name, Vorname
---------------

Dieses Aufgabenblatt ist zugleich Ihr Arbeitsblatt.  
Tragen Sie bitte oben Ihren Namen und in die Abbildung Ihre Lösung ein,  
und geben Sie dieses Blatt in jedem Fall zusammen mit Ihren übrigen Arbeitsbögen ab.

Abb. 2 (Aufgabe 10)



**Korrekturrichtlinie zur Prüfungsleistung  
Automatisierungstechnik am 29.01.2005  
Wirtschaftsingenieurwesen  
WI-AUT-P12 – 050129**

**Für die Bewertung und Abgabe der Prüfungsleistung sind folgende Hinweise verbindlich:**

- Die Vergabe der Punkte nehmen Sie bitte so vor, wie in der Korrekturrichtlinie ausgewiesen. Eine summarische Angabe von Punkten für Aufgaben, die in der Korrekturrichtlinie detailliert bewertet worden sind, ist nicht gestattet.
- Nur dann, wenn die Punkte für eine Aufgabe nicht differenziert vorgegeben sind, ist ihre Aufschlüsselung auf die einzelnen Lösungsschritte Ihnen überlassen.
- Stoßen Sie bei Ihrer Korrektur auf einen anderen richtigen als den in der Korrekturrichtlinie angegebenen Lösungsweg, dann nehmen Sie bitte die Verteilung der Punkte sinngemäß zur Korrekturrichtlinie vor.
- Rechenfehler sollten grundsätzlich nur zur Abwertung des betreffenden Teilschrittes führen. Wurde mit einem falschen Zwischenergebnis richtig weitergerechnet, so erteilen Sie die hierfür vorgesehenen Punkte ohne weiteren Abzug.
- Ihre Korrekturhinweise und Punktbewertung nehmen Sie bitte in einer zweifelsfrei lesbaren Schrift vor.
- Die von Ihnen vergebenen Punkte und die daraus sich gemäß dem nachstehenden Notenschema ergebende Bewertung tragen Sie in den Klausur-Mantelbogen sowie in das Formular „Klausurergebnis“ (Ergebnisliste) ein.
- Gemäß der Diplomprüfungsordnung ist Ihrer Bewertung folgendes Bewertungsschema zugrunde zu legen:

Punktzahl		Note	
von	bis einschl.		
95	100	1,0	sehr gut
90	94,5	1,3	sehr gut
85	89,5	1,7	gut
80	84,5	2,0	gut
75	79,5	2,3	gut
70	74,5	2,7	befriedigend
65	69,5	3,0	befriedigend
60	64,5	3,3	befriedigend
55	59,5	3,7	ausreichend
50	54,5	4,0	ausreichend
0	49,5	5,0	nicht ausreichend

- Die korrigierten Arbeiten reichen Sie bitte spätestens bis zum

**16. Februar 2005**

in Ihrem Studienzentrum ein. Dies muss persönlich oder per Einschreiben erfolgen. Der angegebene Termin ist unbedingt einzuhalten. Sollte sich aus vorher nicht absehbaren Gründen eine Terminüberschreitung abzeichnen, so bitten wir Sie, dies unverzüglich dem Prüfungsamt der Hochschule anzuzeigen (Tel. 040 / 35094311 bzw. [birgit.hupe@hamburger-fh.de](mailto:birgit.hupe@hamburger-fh.de)).

**Bitte beachten Sie:**

Die jeweils im Lösungstext angeführten Punkte ( ) geben an, für welche Antwort die einzelnen Teilpunkte für die Aufgabe zu vergeben sind.

**Lösung 1**

vgl. SB 1, Kap. 1.1.1 und 1.1.2

**insg. 6 Punkte**

Wenn der Ölstand in der Ölwanne bis zum Sollzustand  $S$  reicht, so ist der Innendruck im Tank oberhalb der Ölwanne gerade so groß, dass kein Öl aus dem Tank in die Ölwanne fließt (1). Sobald der Ölstand in der Ölwanne soweit absinkt, dass das Luftrohr frei liegt und Luft in den Tank gelangen kann (1), erhöht sich der Druck im Tank soweit, dass Öl aus dem Tank solange in die Ölwanne fließt, bis der Sollzustand wieder erreicht ist (1). (3 Pkte)

Regelstrecke: Ölwanne (1)

Messglied: Luftrohr (1) (3 Pkte)

Regeleinrichtung: Tank (1)

**Lösung 2**

vgl. SB 1, Kap. 1.3.2

**insg. 6 Punkte**

2.1 Prozessferne Verarbeitungsfunktionen laufen in einem langsameren Wirkungskreis ab (1) und sind in der Regel den prozessnahen Funktionen vorgelagert (1). Zu den prozessfernen Verarbeitungsfunktionen gehören: Optimieren, Koordinieren und Auswerten (1). (4 Pkte)

Die prozessfernen Verarbeitungsfunktionen bilden vielfach die Schnittstelle zur betrieblichen Prozessführung (1).

2.2 Optimieren: Anpassen der prozessnahen Verarbeitung an sich ändernde Prozessbedingungen (2) (je 2 Pkte, max. 2 Pkte)

Koordinieren: Abstimmung von Teilprozessen untereinander (2)

Auswerten: den Prozess analysieren und dokumentieren (2)

**Lösung 3**

vgl. SB 1, Kap. 2.4.3 und 2.4.4

**insg. 8 Punkte**

3.1  $13_{10} = 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 1101_2$  (1) (1 Pkt)

$8_{10} = 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 1000_2$  (1) (1 Pkt)

$3_{10} = 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 11_2$  (1) (1 Pkt)

Addition:

$$\begin{array}{r} 1 \ 1 \ 0 \ 1 \\ + \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \\ \hline 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \end{array}$$
 (1 Pkt)

Zurückführung der dualen Division wie im Dezimalsystem auf die Subtraktion:

$$\begin{array}{r}
 10101 : 11 = 111 \\
 \underline{-11} \\
 100 \\
 \underline{-11} \\
 11 \\
 \underline{-11} \\
 0
 \end{array}$$

(2 Pkte)

3.2 BCD-Kode: Darstellung jeder Dezimalziffer als Dualzahl in 4 Bits

$$111_2 = 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 7_{10} \quad (1)$$

(2 Pkte)

$$7_{10} \Rightarrow 0111_{\text{BCD}} \quad (1)$$

## Lösung 4

vgl. SB 2, Kap. 2.6.2

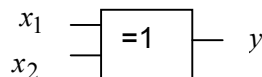
insg. 6 Punkte

### Antivalenz:

Bei der Antivalenz als logischer Verknüpfung ist der Ausgang immer dann logisch „1“, wenn alle Eingangsgrößen unterschiedlich sind.

$x_1$	$x_2$	$y$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

(1)



$$y = x_1 \bar{x}_2 \vee \bar{x}_1 x_2 \quad (1)$$

(3 Pkte)

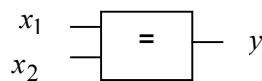
(1)

### Äquivalenz:

Bei der Äquivalenz als logischer Verknüpfung ist der Ausgang immer dann logisch „1“, wenn alle Eingangsgrößen gleich sind.

$x_1$	$x_2$	$y$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

(1)



$$y = x_1 x_2 \vee \bar{x}_1 \bar{x}_2 \quad (1)$$

(3 Pkte)

(1)

**Lösung 5** vgl. SB 1, Kap. 2.7.2 insg. 6 Punkte

Taktgesteuerte Flipflops verfügen über einen zusätzlichen Eingang, dem Takteingang (1). Der Zustandswechsel dieser Flipflops am Ausgang  $Q$  findet nur statt, wenn am Takteingang eine Änderung bzw. ein definierter Zustand (z. B. logische 1) eintritt (1). Die taktgesteuerten Flipflops werden in zwei Gruppen eingeteilt: (2 Pkte)

- taktzustandsgesteuerte (1), d. h., der Ausgang  $Q$  verändert seinen Zustand nur, wenn ein genau definierter Wert am Takteingang anliegt (z. B. logische 1) (1) (2 Pkte)
- taktflankengesteuerte (1), d. h., der Ausgang  $Q$  verändert seinen Zustand nur, wenn am Takteingang eine Veränderung („Flanke“) stattfindet (1). (2 Pkte)

**Lösung 6** vgl. SB 2, Kap. 3.3 insg. 6 Punkte

6.1 Unter einem Bus wird in der Automatisierungstechnik ein linienförmiges Sammelleitungssystem zur Informationsübertragung (1) verstanden, an das alle Geräte, Rechner usw. abzweigend angeschlossen sind (1). (4 Pkte)

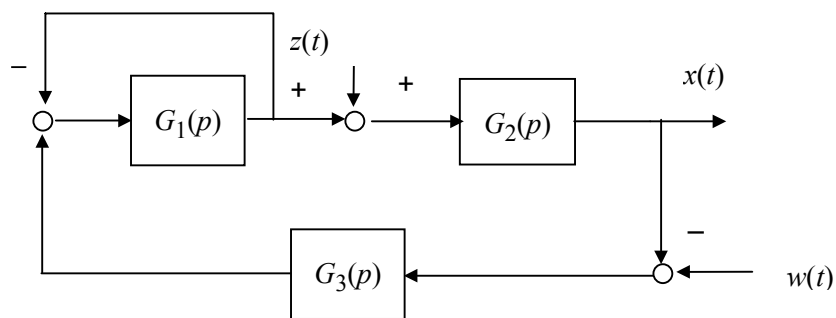
Ein Bus kann seriell oder parallel sein (1). **Alternativ:** Ein Bus kann serielle oder parallele Datenübertragung besitzen.

Für einen Bus sind Busparameter festgelegt, die die Kommunikation zwischen den Geräten am Bus ermöglichen (z. B. Datenübertragungsrate) (1).

6.2 Ein Sensor/Aktor-Bus verbindet die Prozess-Koppelelemente eingangsseitig untereinander (1) und mit den Automatisierungssystemen der Ebene 1 (1). (2 Pkte)

**Lösung 7** vgl. SB 4, Kap. 1.3, 3.3 und SB 5, Kap. 3 insg. 18 Punkte

7.1 (14 Pkte)



Übertragungsfunktion des Kreises  $G_1$  mit Rückkopplung (SB 4, Gl. (1.10)):

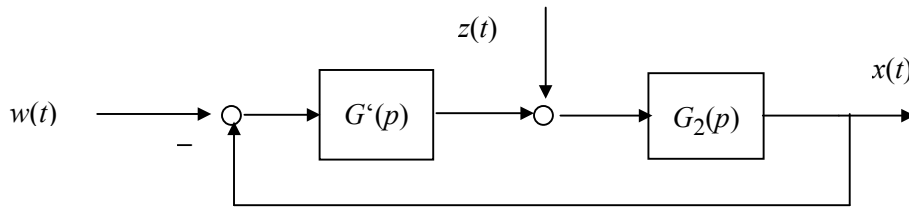
$$G'_1 = \frac{G_1}{1 + G_1} \quad (2 \text{ Pkte})$$

Übertragungsfunktion von  $G_3$  und  $G'_1$  (Serienschaltung):

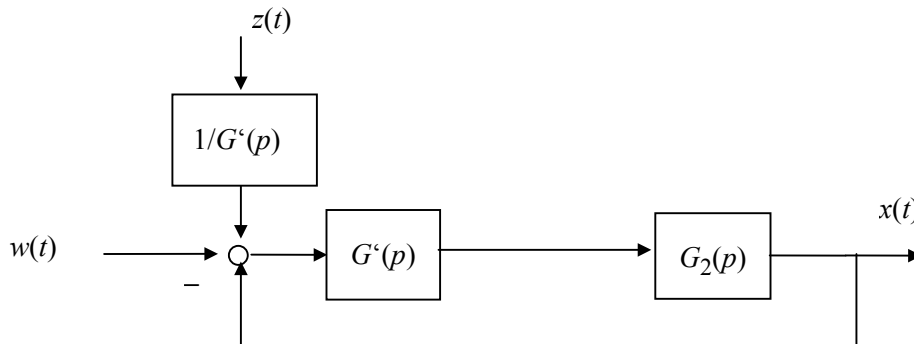
$$G' = G'_1 \cdot G_3$$

(2 Pkte)

Die obigen Zusammenführungen ergeben folgende Regelkreisstruktur:



Verlegung der Summationsstelle vor  $G'$  liefert:



Für die Übertragungsfunktion  $G''$  der Regelkreisstruktur mit  $G'$  und  $G_2$  gilt:

$$G'' = \frac{G' \cdot G_2}{1 + G' \cdot G_2}$$

(2 Pkte)

Für die Störübertragungsfunktion  $G_z = \frac{x_a}{z}$  gilt somit:

$$G_z = \frac{1}{G'} \cdot G''$$

(2 Pkte)

Einsetzen der oben ermittelten Übertragungsfunktionen ergibt:

$$G_z = \frac{1}{G'} \cdot \frac{G' \cdot G_2}{1 + G' \cdot G_2} = \frac{G_2}{1 + G' \cdot G_2} = \frac{G_2}{1 + G'_1 \cdot G_3 \cdot G_2} = \frac{G_2}{1 + \frac{G_1 \cdot G_2 \cdot G_3}{1 + G_1}} = \frac{G_2(1 + G_1)}{1 + G_1(1 + G_2 G_3)}$$

(3 Pkte)

Einsetzen der Vorgaben  $G_1(p) = G_2(p) = \frac{K_I}{p}$  und  $G_3(p) = K_P$  liefert:

$$G_z = \frac{\frac{K_I}{p} \cdot \left(1 + \frac{K_I}{p}\right)}{1 + \frac{K_I}{p} \cdot \left(1 + \frac{K_I}{p} \cdot K_P\right)}$$

(1 Pkt)

Durch Auflösen der Klammern (Ausmultiplikation), Multiplikation von Zähler und Nenner mit  $p^2$  und Zusammenfassung erhält man:

$$G_z = \frac{K_I \cdot (p + K_I)}{p \cdot (p + K_I) + K_I \cdot K_I \cdot K_P} = \frac{K_I \cdot (p + K_I)}{p^2 + p \cdot K_I + K_I^2 \cdot K_P} \quad (2 \text{ Pkte})$$

7.2 Mit  $K_I = 2$  und  $K_P = 4$  ergibt sich für die Störübertragungsfunktion

$$G_z = \frac{K_I \cdot (p + K_I)}{p \cdot (p + K_I) + K_I \cdot K_I \cdot K_P} = \frac{2(p + 2)}{p(p + 2) + 2 \cdot 2 \cdot 4} = \frac{2p + 4}{p^2 + 2p + 16} = \frac{2p + 4}{p^2 + 2p + 16} \quad (2 \text{ Pkte})$$

7.3 Die stationäre Regelkreisdifferenz nach einer Störung ergibt sich aus  $G_z(p)$  für  $p = 0$ . (1 Pkt)

Aus  $G_z(0) = \frac{2 \cdot 0 + 4}{0^2 + 2 \cdot 0 + 16} = \frac{4}{16} = \frac{1}{4} \neq 0$  folgt, dass sich **eine** stationäre Regeldifferenz nach einer Störung einstellt. (1 Pkt)

**Lösung 8** vgl. SB 1, Kap. 2.6.2 und SB 3, Kap. 1.3.4 insg. 16 Punkte

8.1 Wahrheitstabelle:

$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$y$
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	0	0
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	1
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1

(je 0,25 Pkte,  
max.  
4 Pkte)

Logikgleichung:

$$y = \bar{x}_1 \bar{x}_2 x_3 x_4 \vee \bar{x}_1 x_2 \bar{x}_3 x_4 \vee \bar{x}_1 x_2 x_3 \bar{x}_4 \vee \bar{x}_1 x_2 x_3 x_4 \vee x_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 x_4 \vee x_1 \bar{x}_2 x_3 \bar{x}_4 \vee x_1 \bar{x}_2 x_3 x_4 \vee x_1 x_2 \bar{x}_3 \bar{x}_4 \vee x_1 x_2 \bar{x}_3 x_4 \vee x_1 x_2 x_3 \bar{x}_4 \vee x_1 x_2 x_3 x_4 \quad (2 \text{ Pkte})$$

8.2 Eine mögliche Lösung liegt auf der Hand:

Die Anzahl der Kombinationen ist  $\binom{n}{k} = \binom{4}{2} = \frac{4!}{2!(4-2)!} = 6$  mit (3 Pkte)

$n = 4$  Anzahl der Rauchmelder,  $k = 2$  Anzahl der jeweils aktiven Rauchmelder.

Daraus folgt die Kombination jedes Rauchmelder mit jeweils einem anderen:

$$y = x_1x_2 \vee x_1x_3 \vee x_1x_4 \vee x_2x_3 \vee x_2x_4 \vee x_3x_4 . \quad (3 \text{ Pkte})$$

**Alternativ** kann auch die Logikgleichung minimiert werden, z. B. durch wiederholte Anwendung des Absorptionsgesetzes auf  $x_1, x_2, x_3$  und  $x_4$ .

8.3 Eine mögliches **AWL**-Programm könnte wie folgt aussehen (alternativ könnten auch erst die Melder eingelesen und das Ergebnis zwischengespeichert und dann die minimale Logikgleichung programmiert werden): (4 Pkte)

```

PROG:  LD %IX 5.0 (Rauchmelder  $x_1$  einlesen)
        AND %IX 5.1 (mit Rauchmelder  $x_2$  verknüpfen)
        JMPC MELD
        LD %IX 5.0 (Rauchmelder  $x_1$  einlesen)
        AND %IX 5.2 (mit Rauchmelder  $x_3$  verknüpfen)
        JMPC MELD
        LD %IX 5.0 (Rauchmelder  $x_1$  einlesen)
        AND %IX 5.3 (mit Rauchmelder  $x_4$  verknüpfen)
        JMPC MELD
        LD %IX 5.1 (Rauchmelder  $x_2$  einlesen)
        AND %IX 5.2 (mit Rauchmelder  $x_3$  verknüpfen)
        JMPC MELD
        LD %IX 5.1 (Rauchmelder  $x_2$  einlesen)
        AND %IX 5.3 (mit Rauchmelder  $x_4$  verknüpfen)
        JMPC MELD
        LD %IX 5.2 (Rauchmelder  $x_3$  einlesen)
        AND %IX 5.3 (mit Rauchmelder  $x_4$  verknüpfen)
MELD:  ST %QX 0.0 (Meldung ausgeben)

```

**Lösung 9**

vgl. SB 4, Kap. 1.3 und SB 5 Kap. 1

**insg. 14 Punkte**

9.1 Zuerst muss die Übertragungsfunktion berechnet werden:

$$G(j\omega) = G_1(j\omega) + G_2(j\omega) = K_R + \frac{K_I}{j\omega T_N} \quad (2 \text{ Pkte})$$

Mit  $K_I = K_R$  ergibt sich

$$G(j\omega) = K_R + \frac{K_R}{j\omega T_N} = K_R \left( 1 + \frac{1}{j\omega T_N} \right) = K_R \cdot \frac{1}{j\omega T_N} \cdot (1 + j\omega T_N) \quad (2 \text{ Pkte})$$

Die dargestellte Strecke zeigt somit **PI**-Verhalten (vgl. SB 4, Gl. (1.20)). (1 Pkt)

9.2 Die Eckkreisfrequenz  $\omega_E$  ergibt sich zu

$$\omega_E = \frac{1}{T_N} = \frac{1}{0,2 \text{ s}} = 5 \text{ s}^{-1} \quad (1 \text{ Pkt})$$

Bei einer Zunahme der Kreisfrequenz  $\omega$  im I-Teil um eine Dekade (Faktor 10) verringert sich der Amplitudengang um 20 dB, d.h. die Steigung beträgt  $-20$  dB pro Dekade. Ab der Eckkreisfrequenz  $\omega_E$  geht die Kurve des Amplitudenganges in den P-Teil über und die Verstärkung ist konstant. (1 Pkt)

Der Phasengang ist unterhalb von  $0,1\omega_E$  (hier:  $0,5 \text{ s}^{-1}$ ) konstant  $-90^\circ$  und oberhalb  $10\omega_E$  (hier:  $50 \text{ s}^{-1}$ ) gleichfalls konstant mit  $0^\circ$ . Zwischen den Übergangspunkten steigt die Phase linear an. (1 Pkt)

Mit  $K_R = 20$  dB ergeben sich die auf **Seite 8** dargestellten Verläufe:

**Lösung 10**

vgl. SB 5, Kap. 4.2 und SB 4, Kap. 2.4.2

**insg. 14 Punkte**

10.1 **Wendentangenten-Verfahren:**

Grafische Lösung siehe **Seite 9**.

Nach Anlegen der Wendetangente lassen sich folgende Kenngrößen ablesen:

$$T_u = 0,05 \text{ s} \quad (1), \quad T_g = 0,95 \text{ s} \quad (1) \quad \text{und} \quad K_S = 4 \quad (1). \quad (3 \text{ Pkte})$$

10.2 Mit der Gl. (4.12) der Tabelle 4.1 aus SB 5 erhält man für den PID-Regler:

$$K_R = \frac{0,95 \cdot T_g}{K_S \cdot T_u} \quad (1). \quad \text{Einsetzen der Werte liefert} \quad K_R = \frac{0,95 \cdot 0,95 \text{ s}}{4 \cdot 0,05 \text{ s}} = 4,51 \quad (1) \quad (4 \text{ Pkte})$$

$$T_N = 2,4 \cdot T_g = 2,4 \cdot 0,95 \text{ s} = 2,28 \text{ s} \quad (1)$$

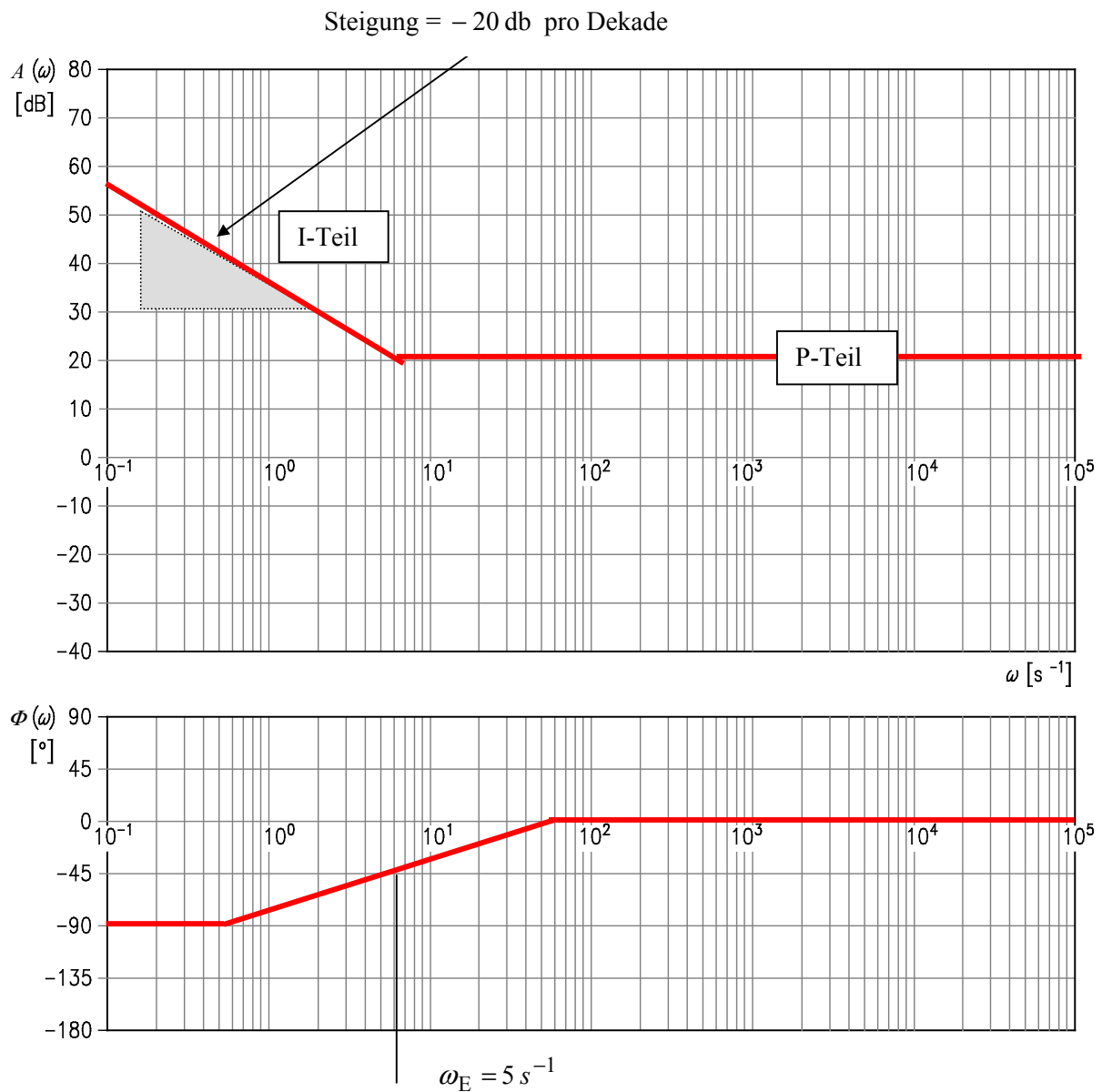
$$T_V = 0,42 \cdot T_u = 0,42 \cdot 0,05 \text{ s} = 0,021 \text{ s} \quad (1)$$

10.3 Mit  $\frac{T_u}{T_g} = \frac{0,05 \text{ s}}{0,95 \text{ s}} = 0,053 \quad (1)$  ist nach Tab. 2.2 aus SB 4 die Regelstrecke gut regelbar  $(1)$ . (2 Pkte)

## zu Lösung 9

### 9.2 Bode-Diagramm:

(je 3 Pkte für Amplituden- und Phasengang)



# zu Lösung 10

**10.1 Grafische Lösung:**

(5 Pkte)

