

# Inhaltsverzeichnis

<b>I</b>	<b>Mögliche Klasurthemen</b>	<b>3</b>
1	Vorlesung	3
2	Übung	4
<b>II</b>	<b>Fahrzeugsystemtechnik allegemain</b>	<b>6</b>
1	Fahrzeugsystemtechnik	6
1.1	.....	6
2	Systemtheorie	6
2.1	.....	6
2.2	.....	7
2.3	.....	7
2.4	.....	8
2.5	.....	8
2.6	.....	8
2.7	.....	9
<b>III</b>	<b>Wissensrepräsentation und lineare kontinuierliche Systeme</b>	<b>10</b>
1	Lineare kontinuierliche Systeme	10
1.1	.....	10
1.2	.....	10
1.3	.....	11
1.4	.....	12

1.5	Beobachter . . . . .	12
1.5.1	. . . . .	12
1.5.2	. . . . .	13
<b>IV</b>	<b>UML</b>	<b>14</b>
1	UML: Lichtsteuerung in einem Oberklasse Fahrzeug	14
2	UML: Frontscheibenwischer	14
<b>V</b>	<b>Architekturen</b>	<b>16</b>
<b>VI</b>	<b>Systematischer Entwurf von Fahrerassistenzsystemen</b>	<b>17</b>
<b>VII</b>	<b>Entwurfsprozesse und Anforderungsanalyse</b>	<b>18</b>
<b>VIII</b>	<b>Testen</b>	<b>19</b>
<b>IX</b>	<b>Funktionale Sicherheit</b>	<b>20</b>

## Teil I

# Mögliche Klasurthemen

## 1 Vorlesung

- Fahrzeugsystemtechnik
  - Perspektiven in der Fahrzeugentwicklung
  - Allegemaines(Komplizität, Emergenz,...)
  - Systemtheorie
- Methoden zur Beherrschung von Komplizität
  - Entwicklungsprozess
    - \* Vorgehensmodelle
      - Phasenmodelle(Wasserfall, Software-Lebenszyklus, V-Modell '97, V-Modell XT, Evolutionäre Modelle)
      - Entwurfsmodelle(Systematischer Entwurf, +Erweiterung)
- Architekturen
  - Allegemeines
  - Hierarchische System
  - Verhaltensbasiert(Subsumption, Rasmussen,Donges, 4D)
  - Nutzung im Entwicklungsprozess
- Modellbildung
  - Beschreibungsebenen/BEgriffe
  - Räumlich-Zeitliche Modelle (Lineare kontinuierliche Systeme, Lineares Einspurmodell, Querführungsmodell 5. & 3. Ordnung, Beobachter)

- Einfache Zustandsregelung
- Diskrete ereignisorientierte Modelle(Automaten, Zustandskaten)
- Sicherheit als emergente Eigenschaft
  - ISO26262
    - \* Konzeptphase (Item Definition, G & R, FuSiKo)
    - \* Management der FuSi
    - \* Unterstützende Prozesse
    - \* Defizite
- Test
  - Testen
    - \* Grundlagen (Vokabular, Testaufbau, Testablauf, Testteam)
    - \* Testarten (Allgemein, Klassifikation von Prüftechniken, Black-Box-Test, White-Box-Test)
    - \* Szenarienbasiertes Testen

## 2 Übung

- UML
  - Modellierung eines Systems mittels
    - \* Aktivitätsdiagramm
    - \* Zustandsdiagramm
    - \*
- Systemtheorie
  - Beobachtbarkeit

- Steuerbarkeit
  - Stabilitätskriterien
  - LZI-System
- Einspurmodell
  - Wichtige Größen kennen
  - Annahmen und Auswirkungen
  - Schwimmwinke
  - Querführungsmodell reduzieren 5. -> 2.
- Beobachter
  - Idee
  - Bedingung für Konstruktion
  - Blockschaltbild
  - Luenberger-Matrix  $L$  berechnen können
- Zustandsautomaten
  - Moore- & Mealy-Automaten
  - Erweiterung durch Zustandskarten (State Charts)

## Teil II

# Fahrzeugsystemtechnik allgemein

## 1 Fahrzeugsystemtechnik

### 1.1

**Was versteht man unter dem Begriff der Emergenz?**

Emergenz ist das Prinzip, dass Systeme wichtige Eigenschaften (z.B. Komfort, Sicherheit) nur aufweisen, wenn sie auf das ganze System angewendet werden und nicht auf einzelne Teile.

## 2 Systemtheorie

### 2.1

**Welche Bedingungen müssen erfüllt sein, um ein System als linear zu klassifizieren? Geben Sie auch eine mathematische Formulierung der nötigen Bedingungen an.**

Ein System ist linear, wenn die Bedingungen der Linearität und der Additivität erfüllt sind. Ist eine der Bedingungen nicht erfüllt ist, ist das System nicht linear!

- **Linearität:** Vergrößerung des Eingangssignal um eine beliebige Konstante  $c$  vergrößert auch das Ausgangssignal um die Konstante  $c$ .

$$\begin{aligned}y_1 &= S\{u_1\} \\ c \cdot y_1 &= S\{c \cdot u_1\}\end{aligned}\tag{1}$$

- **Additivität:** Die Summe zweier Signale am Eingang ergibt das gleiche Ausgangssignal wie wenn die beiden einzelnen Ausgangssignale addiert werden.

$$\begin{aligned}y_1 &= S\{u_1\} \\ y_2 &= S\{u_2\} \\ y_1 + y_2 &= S\{u_1\} + S\{u_2\}\end{aligned}\tag{2}$$

Zusammen:

$$c_1 \cdot y_1 + c_2 \cdot y_2 = S\{c_1 \cdot u_1 + c_2 \cdot u_2\} \quad (3)$$

## 2.2

**Wie ist Übertragungsstabilität für ein zeitkontinuierliches System definiert (qualitativ)?**

Ein zeitkontinuierliches System ist übertragungsstabil, wenn es auf jede beschränkte Eingangsgröße mit einer beschränkten Ausgangsgröße antwortet. Sonst heißt das System übertragungsinstabil!

Übertragungsstabilität wird deshalb auch BIBO-Stabilität (Bounded Input – Bounded Output) genannt.

**Übertragungsfunktions-Kriterium zur Ermittlung der Übertragungsstabilität:**

Ein LZI-System mit der rationalen Übertragungsfunktion ist übertragungsstabil, wenn alle Pole seiner Übertragungsfunktion in der linken s-Halbebene liegen.

## 2.3

**Geben Sie die allgemeine vektorielle Darstellung der Zustandsgleichung für die Systembeschreibung an.**

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} \dot{x}_1(t) \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \dot{x}_n(t) \end{bmatrix} &= \underbrace{\begin{bmatrix} a_{11} & \cdot & \cdot & \cdot & a_{1n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{n1} & \cdot & \cdot & \cdot & a_{nn} \end{bmatrix}}_{\text{systemmatrix}} \underbrace{\begin{bmatrix} x_1(t) \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_n(t) \end{bmatrix}}_{\text{Zustandsvektor}} + \underbrace{\begin{bmatrix} b_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ b_n \end{bmatrix}}_{\text{Eingangsvektor}} \cdot u(t) \\ y(t) &= \underbrace{\begin{bmatrix} c_1 & \cdot & \cdot & \cdot & c_n \end{bmatrix}}_{\text{Ausgangsvektor}} \cdot \begin{bmatrix} x_1(t) \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_n(t) \end{bmatrix} + \underbrace{d}_{\text{Durchgangsfaktor (meist=0)}} \cdot u(t) \end{aligned} \quad (4)$$

## 2.4

Erläutern Sie qualitativ welches Wissen über das System in welchen Matrizen modelliert wird.

## 2.5

Wie lässt sich aus der Zustandsraumdarstellung die Übertragungsfunktion eines Systems ermitteln? Geben Sie hierbei auch Ihre Herleitung an.

$$\begin{aligned}\dot{x}(t) &= A \cdot x(t) + b \cdot u(t) & \text{Annahme } x(0) &= 0 \\ sX(s) &= A \cdot X(s) + b \cdot u(s) \\ sX(s) - A \cdot X(s) &= b \cdot u(s) \\ (s \cdot I - A) \cdot X(s) &= b \cdot u(s) \\ X(s) &= (s \cdot I - A)^{-1} \cdot b \cdot u(s) \\ y(t) &= C^T \cdot x(t) + d \cdot u(t) \\ Y(s) &= C^T \cdot X(s) + d \cdot u(s) \\ Y(s) &= \underbrace{(C^T (s \cdot I - A)^{-1} \cdot b + d)}_{F(s) \text{ allgemeiner Fall}} \cdot u(s)\end{aligned}\tag{5}$$

## 2.6

Wie ist die Zustandsstabilität eines Systems qualitativ definiert? Geben Sie zusätzlich ein mathematisches Kriterium an.

Ein System ist zustandsstabil (oder asymptotisch stabil nach Ljapunow), wenn:

- es in seiner Ruhelage bleibt, solange es nicht von außen angeregt wird und
- es in seine Ruhelage zurückkehrt, wenn alle äußeren Wirkungen von ihm weggenommen werden

Das System, beschrieben durch die Zustandsgleichungen

$$\begin{aligned}\underline{\dot{x}}(t) &= \underline{A} \cdot \underline{x}(t) + \underline{b} \cdot \underline{u}(t) \\ \underline{y}(t) &= \underline{c}^T \cdot \underline{x}(t) + \underline{d} \cdot \underline{u}(t)\end{aligned}\tag{6}$$



ist genau dann zustandsstabil, wenn alle  $n$  Eigenwerte  $\lambda_1, \dots, \lambda_n$  der Matrix  $A$  links der imaginären Achse der komplexen  $s$ -Ebene liegen, also alle Realteile negativ sind.

## 2.7

**Nennen Sie ein mathematisches Kriterium zum Prüfen der Steuerbarkeit.**

Kalman-Kriterium zur Steuerbarkeit: Das System, beschrieben durch die Zustandsgleichungen

$$\begin{aligned}\dot{\underline{x}}(t) &= \underline{A} \cdot \underline{x}(t) + \underline{b} \cdot \underline{u}(t) \\ \underline{y}(t) &= \underline{c}^T \cdot \underline{x}(t) + \underline{d} \cdot \underline{u}(t)\end{aligned}\tag{7}$$

ist genau dann vollständig steuerbar, wenn seine  $(n \times n)$  -Steuerbarkeitsmatrix

$$\underline{Q}_S = (\underline{b} \ \underline{A}\underline{b} \ \underline{A}^2\underline{b} \ \dots \ \underline{A}^{n-1}\underline{b})\tag{8}$$

regulär ist, d.h.  $\det(\underline{Q}_S) \neq 0$  gilt.

## Teil III

# Wissensrepräsentation und lineare kontinuierliche Systeme

## 1 Lineare kontinuierliche Systeme

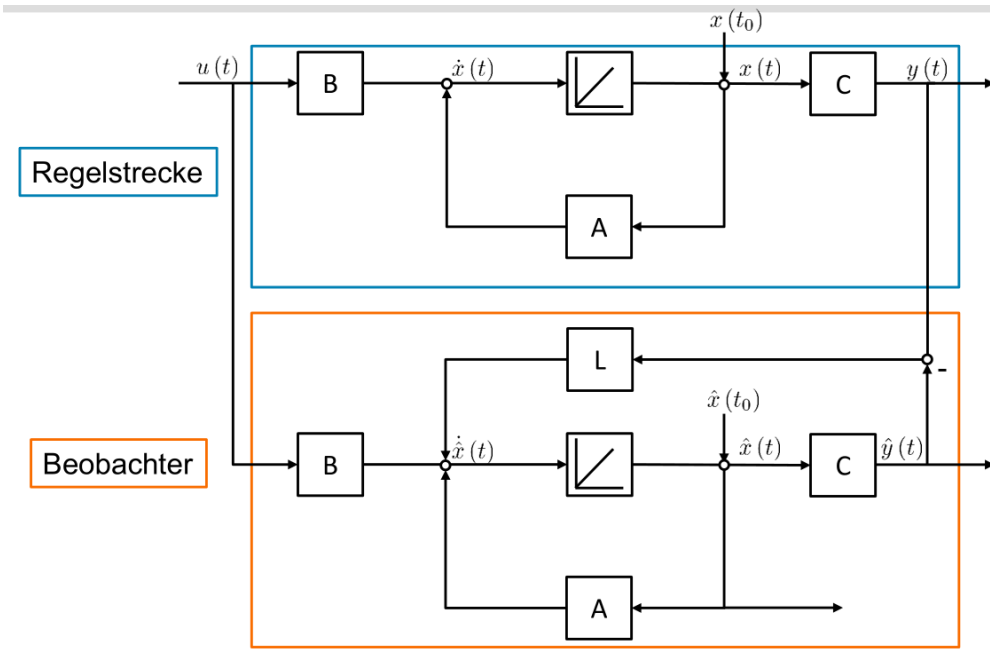
### 1.1

Welche Annahmen liegen dem linearen Einspurmodell zugrunde? Nennen Sie mindestens 5 Stück.

- Reduktion auf ein Rad pro Achse, d.h.  $s_l = s_r = 0$ ;  $c_\alpha = c_{\alpha,l} + c_{\alpha,r}$
- Gesamte Masse im Schwerpunkt
- Schwerpunkt auf Höhe der Fahrbahn (damit Betrachtung von Wank-, Nick-, und Hubbewegung wegfällt)
- Konstante Fahrzeuggeschwindigkeit
- Kleine Winkel ( $\sin x = x, \cos x = 1, \tan x = x$ )
- Keine Radlastschwankungen
- Zwei Systemzustände (Gierrate  $\dot{\psi}$ , Schwimmwinkel  $\beta$ )
- Lineare Reifenkennlinie
- Reine Vorderachslenkung  $\delta_H = 0$
- Gültig bis ca.  $|a_y| \leq 4 \frac{m}{s^2}$

### 1.2

Zeichnen Sie ein Blockschaltbild eines dynamischen Systems mit Beobachter. Beschriften Sie das Blockschaltbild sorgfältig.



### 1.3

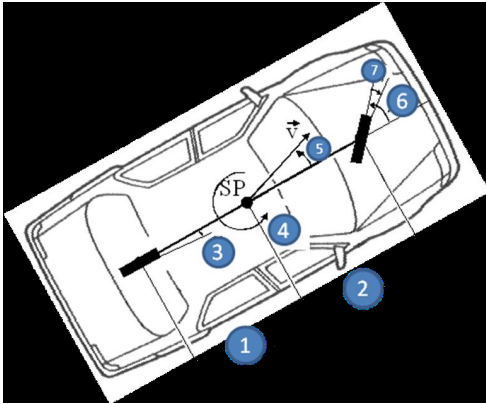
Reduzieren Sie das gegebene Querführungsmodell 5.Ordnung soweit wie möglich, so dass damit ein Schwimmwinkelbeobachter konstruierbar ist. Notieren Sie das Modell in Zustandsdarstellung unter der Annahme, dass der Lenkwinkel die einzige Eingangsgröße ist.

$$\begin{pmatrix} \dot{\lambda} \\ \ddot{\Psi}_V \\ \dot{\beta} \\ \dot{\Psi}_{rel} \\ \dot{y} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{c_{\alpha v} l_v}{I_z} & -\frac{c_{\alpha v} l_v^2 + c_{\alpha h} l_h^2}{I_z v} & -\frac{c_{\alpha v} l_v - c_{\alpha h} l_h}{I_z} & 0 & 0 \\ \frac{c_{\alpha v}}{mv} & -1 - \frac{c_{\alpha v} l_v - c_{\alpha h} l_h}{mv^2} & -\frac{c_{\alpha v} + c_{\alpha h}}{mv} & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & v & v & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \lambda \\ \dot{\Psi}_V \\ \beta \\ \Psi_{rel} \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \dot{\lambda} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ -v \\ 0 \end{pmatrix} c_0 \quad (9)$$

$$\begin{pmatrix} \ddot{\Psi}_V \\ \dot{\beta} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{c_{\alpha v} l_v^2 + c_{\alpha h} l_h^2}{I_z v} & -\frac{c_{\alpha v} l_v - c_{\alpha h} l_h}{I_z} \\ -1 - \frac{c_{\alpha v} l_v - c_{\alpha h} l_h}{mv^2} & -\frac{c_{\alpha v} + c_{\alpha h}}{mv} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \dot{\Psi}_V \\ \beta \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{c_{\alpha v} l_v}{I_z} \\ \frac{c_{\alpha v}}{mv} \end{pmatrix} \lambda \quad (10)$$

## 1.4

Beschriften Sie folgende schematische Darstellung des linearen Einspurmodells in der nachstehenden Tabelle.



Nr.	Bezeichnung	Bedeutung
1	$l_H$	Schwerpunktvorlage
2	$l_V$	Schwerpunktrücklage
3	$\alpha_H$	Schräglaufwinkel von Hinterachse
4	$\Psi$	Gierwinkel
5	$\beta$	Schwimmwinkel
6	$\delta$	Lenkwinkel
7	$\alpha_V$	Schräglaufwinkel von Vorderachse

## 1.5 Beobachter

### 1.5.1

Wo liegen die Pole der Übertragungsmatrix eines Beobachters in Abhängigkeit von der Rückführungsmatrix  $L$ ? Geben Sie eine Herleitung für Ihr Ergebnis an.

$$\begin{aligned}
 \dot{\hat{x}} &= A\hat{x} + Bu + L(y - \hat{y}) \\
 \hat{y} &= c\hat{x} \\
 \dot{\hat{x}} &= A\hat{x} + Bu + Ly - LC\hat{x} \\
 &= (A - LC)\hat{x} + Bu + Ly \\
 s\hat{X} &= (A - LC)\hat{X} + Bu + LY \\
 (sI - A + LC)\hat{X} &= Bu + LY \\
 \hat{X} &= \underbrace{(sI - A + LC)^{-1}}_{\text{Polverteilung Übertragungsfunktion}} (Bu + LY)
 \end{aligned} \tag{11}$$

### 1.5.2

Für folgendes System soll ein Beobachter zur Zustandsrekonstruktion so entworfen werden, dass die Beobachterfehlerdynamik einen doppelten Pol bei  $s = -2$  aufweist.

$$\begin{aligned} \dot{x} &= \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} u \\ y &= [1 \quad 0] x \end{aligned} \quad (12)$$

1. Überprüfen Sie das System auf die Beobachtbarkeit.

Kriterium:

$$Q_B = \begin{bmatrix} C \\ CA \end{bmatrix} \rightarrow \det Q_B \neq 0 \quad (13)$$

$$Q_B = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 2 & 1 \end{bmatrix} \rightarrow \det Q_B = 1 \rightarrow \text{beobachtbar} \quad (14)$$

2. Bestimmen Sie die Beobachterkoeffizienten  $l_1$  und  $l_2$ .

$$\det(sI - A + LC) = \left| \begin{bmatrix} s - 2 + l_1 & -1 \\ 1 + l_2 & s \end{bmatrix} \right| = s^2 - 2s + l_1s + 1 + l_2 \quad (15)$$

Weil die Beobachterfehlerdynamik einen doppelten Pol bei  $s = -2$  aufweist, so die Koeffiziente proportional zu die von Gleichung  $(s + 2)(s + 2) = 0$  sein. Also:

$$\begin{aligned} (s + 2)(s + 2) = \underbrace{s^2}_{s^2} + \underbrace{4s}_{4s} + \underbrace{4}_{4} &\stackrel{\text{Koeffizientenvergleich}}{\Longleftrightarrow} \underbrace{s^2}_{s^2} + \underbrace{(-2 + l_1)s}_{(-2 + l_1)s} + \underbrace{1 + l_2}_{1 + l_2} \\ &\begin{cases} l_1 = 6 \\ l_2 = 3 \end{cases} \end{aligned} \quad (16)$$

## Teil IV

# UML

## 1 UML: Lichtsteuerung in einem Oberklasse Fahrzeug

Als Entwicklungsingenieur eines großen Automobilherstellers der Region sollen Sie eine Lichtsteuerung für ein neues Fahrzeugprojekt entwickeln. Sie entscheiden sich dafür, dieses mit Hilfe von UML-Statecharts zu spezifizieren. Zu steuern sind zwei Innenraumleuchten (vorn und hinten) sowie eine Schminkspiegelleuchte in der Sonnenblende auf dem Beifahrersitz. Das System reagiert auf das Öffnen/Schließen der Fahrzeurtüren (4-Türer) sowie den Funkschlüssel. Nach dem Schließen der Türen soll eine Nachleuchtzeit von 10 Sekunden eingehalten werden.

Modellieren Sie das System in einem UML-Statechart.

(Bei dieser Aufgabe kommt es nicht auf Vollständigkeit an, sondern auf die saubere Modellierung der ausgewählten Aspekte.)

## 2 UML: Frontscheibenwischer

Als Entwicklungsingenieur eines großen Automobilherstellers sollen Sie eine Scheibenwischersteuerung für ein neues Fahrzeugprojekt entwickeln. Sie entscheiden sich dafür, dieses mit Hilfe von UML-Aktivitätsdiagrammen zu modellieren. Zur Vereinfachung der Aufgabe soll angenommen werden, dass das Fahrzeug **nur über einen Scheibenwischer für die Frontscheibe** verfügt. Das System reagiert auf einen Lenkstockschalter mit folgenden Schalterstellungen für den Scheibenwischer:

- Aus
- Wischen im Intervallmodus mit normaler Geschwindigkeit
- Dauerndes Wischen mit normaler Geschwindigkeit
- Schnelles Wischen

Zusätzlich verfügt das Fahrzeug über einen Zündungsschlüsselschalter mit den Positionen:

- ZündungAn

- ZündungAus

Bei ausgeschalteter Zündung soll der Scheibenwischer nicht wischen. Wird die Zündung allerdings während eines Wischvorgangs abgeschaltet, so soll der Scheibenwischer noch seinen Wischvorgang vollenden, bis er wieder seine Ruheposition erreicht hat.

Es stehen folgende Aktivitäten zur Verfügung:

- SchalterZuständeEinlesen
- 5SekundenWarten (für Intervallwischen)
- NormalWischen
- SchnellWischen

Modellieren Sie das System mit **einem UML-Aktivitätsdiagramm**.

Bitte verwenden Sie kein UML-Zustandsdiagramm.

(Bei dieser Aufgabe kommt es nicht auf Vollständigkeit an, sondern auf die saubere Modellierung der ausgewählten Aspekte.)

Teil V

# Architekturen



Teil VI

# Systematischer Entwurf von Fahrerassistenzsystemen

Teil VII

# Entwurfsprozesse und Anforderungsanalyse

Teil VIII

Testen

Teil IX

# Funktionale Sicherheit