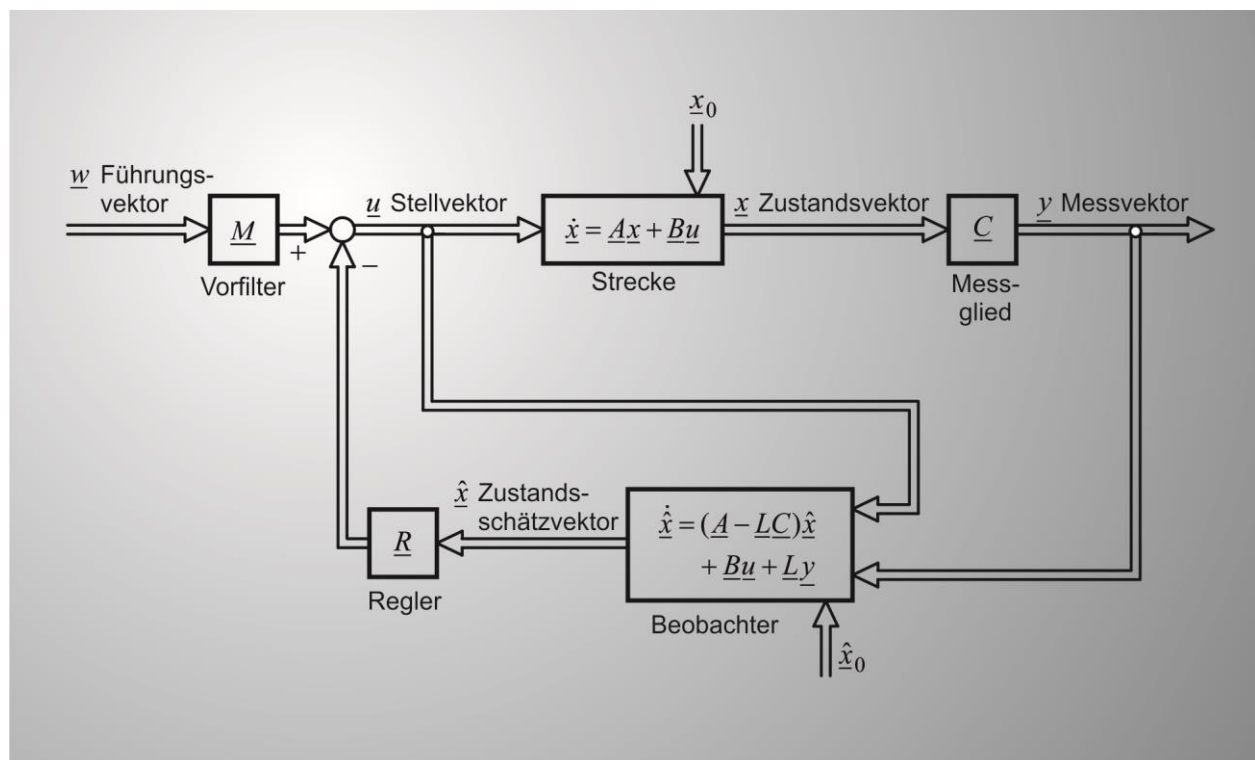


Regelung linearer Mehrgrößensysteme

Prof. h.c. Dr.-Ing. Mathias Kluwe



Wintersemester 2022 / 2023

<http://www.irs.kit.edu>

- 1) Föllinger, O. Regelungstechnik: Einführung in die Methoden und Ihre Anwendung. VDE, Berlin, 13., überarbeitete Auflage, 2022.
- 2) Lunze, J. Regelungstechnik 2. Mehrgrößensysteme. Digitale Regelung. Springer, Berlin, 6. Auflage, 2010.
- 3) Roppenecker, G. Zeitbereichsentwurf linearer Regelungen. R. Oldenbourg, München, 1990.
- 4) Ludyk, G. Theoretische Regelungstechnik Band 1: Grundlagen, Synthese linearer Regelungssysteme. Band 2: Zustandsrekonstruktion, optimale und nichtlineare Regelungssysteme. Springer, Berlin, 1995.
- 5) Unbehauen, H. Regelungstechnik II: Zustandsregelungen, digitale und nichtlineare Regelsysteme. Vieweg, Braunschweig, 9. Auflage, 2007.
- 6) Franklin, G.F.
Powell, J.D.
Emami-Naeini, A. Feedback Control of Dynamic Systems. Prentice Hall, New Jersey, 4. Auflage, 2002.
- 7) Ogata, K. Modern Control Engineering. Prentice Hall, New Jersey, 4. Auflage, 2002.

Speziell für zeitdiskrete Systeme:

- 8) Föllinger, O. Lineare Abtastsysteme. R. Oldenbourg, München, 5. Auflage, 1993.
- 9) Isermann, R. Digitale Regelsysteme. Bd. I: Grundlagen, Deterministische Regelungen. Springer, Berlin, 2. Auflage, 1987.
- 10) Ogata, K. Discrete-Time Control Systems. Prentice Hall, New Jersey, 2. Auflage, 1995.

- 11) Santina, M.S. Digital Control System Design.
 Stubberud, A.R. Oxford University Press, New York.
 Hostetter, G.H. 2. Auflage, 1994.
- 12) Oppenheim, A.V. Zeitdiskrete Signalverarbeitung.
 Schafer, R.W. Addison-Wesley, München,
 2. Auflage, 2004.

Als Standardnachschlagewerk für Matrizen:

- 13) Zurmühl, R., Matrizen und ihre Anwendungen.
 Falk, S. Teil 1: Grundlagen.
 Springer, Berlin,
 7. Auflage, 1997.

Oktober 2022	November 2022	Dezember 2022	Januar 2023	Februar 2023
01	01	01	01	01
02	02	02 RLM 10	02	02
03	03	03	03	03 RLM-Übung 5
04	04 RLM 3	04	04	04
05	05	05 RLM 11	05	05
06	06	06	06	06 RLM 20
07	07 RLM 4	07	07	07
08	08	08	08	08
09	09	09 RLM-Übung 2	09 RLM 14	09
10	10	10	10	10 RLM-Übung 6
11	11 RLM 5	11	11	11
12	12	12 RLM 12	12	12
13	13	13	13 RLM 15	13 RLM 21
14	14 RLM 6	14	14	14
15	15	15	15	15
16	16	16 RLM-Übung 3	16 RLM 16	16
17	17	17	17	17 RLM-Übung 7
18	18 RLM-Übung 1	18	18	18
19	19	19 RLM 13	19	19
20	20	20	20 RLM-Übung 4	20
21	21 RLM 7	21	21	21
22	22	22	22	22
23	23	23	23 RLM 17	23
24 RLM 1	24	24	24	24
25	25 RLM 8	25	25	25
26	26	26	26	26
27	27	27	27 RLM 18	27 Klausur
28 RLM 2	28 RLM 9	28	28	28
29	29	29	29	
30	30	30	30 RLM 19	
31		31	31	

Klausurtermin: 27.02.2023, 8:00 – 10:00 h

Ein dynamisches **System in Zustandsdarstellung** besteht zunächst aus den allgemein n **Zustandsgrößen** $x_1(t), \dots, x_n(t)$ als innere Systemgrößen, deren zeitlicher Verlauf für $t > t_0$ eindeutig durch die zugehörigen gewöhnlichen Differentialgleichungen 1. Ordnung

$$\dot{x}_i(t) = f_i(x_1(t), \dots, x_n(t); u_1(t), \dots, u_p(t); t), \quad i = 1, \dots, n \quad (1)$$

bestimmt werden kann, sofern die allgemein p **Eingangsgroßen** $u_1(t), \dots, u_p(t)$ und die Anfangswerte $x_1(t_0), \dots, x_n(t_0)$ der Zustandsgrößen bekannt sind.

Aus dem aktuellen Zustand (und den aktuellen Eingangsgroßen) ergeben sich dann die allgemein q **Ausgangsgroßen** $y_1(t), \dots, y_q(t)$ in Form gewöhnlicher Gleichungen

$$y_i(t) = g_i(x_1(t), \dots, x_n(t); u_1(t), \dots, u_p(t); t), \quad i = 1, \dots, q. \quad (2)$$

Den Wert der Zustandsgrößen zu einem bestimmten Zeitpunkt t nennt man den **Zustand des Systems** zu diesem Zeitpunkt und fasst ihn mit dem Vektor $\underline{x}(t)$ zusammen. Als geometrische Deutung beschreibt er die Bewegung des Zustandspunkts im n -dimensionalen Raum, dem **Zustandsraum**, in Abhängigkeit von der Zeit als eine Kurve, die als **Zustandstrajektorie** bezeichnet wird.

Üblicherweise fasst man neben dem Zustand auch die Ein- und Ausgangsgroßen mit den entsprechenden Vektoren $\underline{u}(t)$ und $\underline{y}(t)$ zusammen und erhält dann die Gleichungen (1) und (2) in der Vektor-Matrix-Notation als die sogenannten **Zustandsgleichungen**:

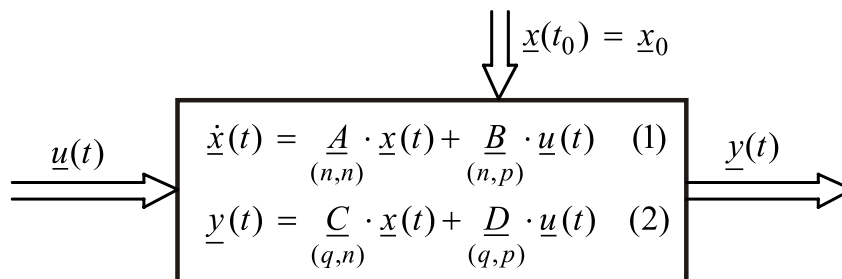
$$\dot{\underline{x}}(t) = \underline{f}(\underline{x}(t); \underline{u}(t); t), \quad (1)$$

$$\underline{y}(t) = \underline{g}(\underline{x}(t); \underline{u}(t); t). \quad (2)$$

Diese bestehen folglich stets aus der **Zustandsdifferentialgleichung** (1) und der **Ausgangsgleichung** (2).

1.2.1 Zustandsdarstellung (zeitkontinuierlicher Fall) RLM 1-2

Gleichungen des linearen und zeitinvarianten Zustandsraummodells:



mit: \underline{x} : Zustandsvektor ($\Rightarrow n = \text{Systemordnung}$)
 $(n,1)$

$\underline{u}(t)$: Eingangs- (Steuer-) Vektor
 $(p,1)$

$\underline{y}(t)$: Ausgangsvektor
 $(q,1)$

$\underline{A}, \underline{B}, \underline{C}, \underline{D}$ sind konstante Matrizen:

\underline{A} : Dynamik- (System-) Matrix

\underline{B} : Eingangsmatrix

\underline{C} : Ausgangsmatrix

\underline{D} : Durchgangsmatrix (meist = 0)

(1) : Zustandsdifferentialgleichung } Zustandsgleichungen
 (2) : Ausgangsgleichung

Blockschaltbild:

