

A

Daten zum Beispiel Containerkran

Teilregler $u = -\mathbf{k}_i^T \mathbf{x}$ der in Abschnitt 4.3.3 beschriebenen Kranregelung:

$$\begin{aligned}\mathbf{k}_1^T &= [1.9245 \quad 16.8960 \quad -67.7493 \quad -120.7999 \quad 0.3651], \\ \mathbf{k}_2^T &= [5.3581 \quad 39.3339 \quad 287.3235 \quad -181.1081 \quad 0.8983], \\ \mathbf{k}_3^T &= [7.4166 \quad 51.0577 \quad 325.7613 \quad -306.2776 \quad 1.1650], \\ \mathbf{k}_4^T &= [11.7940 \quad 72.2878 \quad 138.0207 \quad -535.5579 \quad 1.6982], \\ \mathbf{k}_5^T &= [17.3572 \quad 94.5922 \quad -118.3572 \quad -678.5956 \quad 2.2315], \\ \mathbf{k}_6^T &= [23.9695 \quad 117.0157 \quad -417.4605 \quad -708.2384 \quad 2.7648], \\ \mathbf{k}_7^T &= [31.4013 \quad 138.7914 \quad -730.7397 \quad -602.6913 \quad 3.2980], \\ \mathbf{k}_8^T &= [49.8302 \quad 188.8935 \quad -1005.7853 \quad -405.2965 \quad 4.2313], \\ \mathbf{k}_9^T &= [72.0268 \quad 241.9377 \quad -1118.9194 \quad 54.1054 \quad 5.1645], \\ \mathbf{k}_{10}^T &= [97.0202 \quad 297.4944 \quad -954.7146 \quad 787.7226 \quad 6.0977].\end{aligned}$$

Matrizen \mathbf{R}_i der Ljapunov-Gebiete $G_i = \{ \mathbf{x} \in \mathbb{R}^5 \mid \mathbf{x}^T \mathbf{R}_i \mathbf{x} \leq c_i \}$ mit $c_i = 1$:

$$\mathbf{R}_1 = \begin{bmatrix} 4.1107 \cdot 10^{-4} & 3.3656 \cdot 10^{-3} & -4.0166 \cdot 10^{-3} & -2.4248 \cdot 10^{-2} & 6.6442 \cdot 10^{-5} \\ 3.3656 \cdot 10^{-3} & 3.1180 \cdot 10^{-2} & -2.8011 \cdot 10^{-2} & -2.3607 \cdot 10^{-1} & 6.2148 \cdot 10^{-4} \\ -4.0166 \cdot 10^{-3} & -2.8011 \cdot 10^{-2} & 4.1307 & 1.7240 \cdot 10^{-1} & -2.7836 \cdot 10^{-3} \\ -2.4248 \cdot 10^{-2} & -2.3607 \cdot 10^{-1} & 1.7240 \cdot 10^{-1} & 5.4049 & -2.9691 \cdot 10^{-3} \\ 6.6442 \cdot 10^{-5} & 6.2148 \cdot 10^{-4} & -2.7836 \cdot 10^{-3} & -2.9691 \cdot 10^{-3} & 1.4478 \cdot 10^{-5} \end{bmatrix},$$
$$\mathbf{R}_2 = \begin{bmatrix} 3.7979 \cdot 10^{-3} & 2.6079 \cdot 10^{-2} & 1.8755 \cdot 10^{-1} & -2.2657 \cdot 10^{-1} & 5.6711 \cdot 10^{-4} \\ 2.6079 \cdot 10^{-2} & 1.8712 \cdot 10^{-1} & 1.2913 & -1.6330 & 4.0165 \cdot 10^{-3} \\ 1.8755 \cdot 10^{-1} & 1.2913 & 2.8190 \cdot 10 & -1.1024 \cdot 10 & 1.9722 \cdot 10^{-2} \\ -2.2657 \cdot 10^{-1} & -1.6330 & -1.1024 \cdot 10 & 3.0710 \cdot 10 & -2.7863 \cdot 10^{-2} \\ 5.6711 \cdot 10^{-4} & 4.0165 \cdot 10^{-3} & 1.9722 \cdot 10^{-2} & -2.7863 \cdot 10^{-2} & 9.5314 \cdot 10^{-5} \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{R}_3 = \begin{bmatrix} 7.0254 \cdot 10^{-3} & 4.5741 \cdot 10^{-2} & 3.1248 \cdot 10^{-1} & -4.1397 \cdot 10^{-1} & 1.0098 \cdot 10^{-3} \\ 4.5741 \cdot 10^{-2} & 3.0763 \cdot 10^{-1} & 2.0342 & -2.7809 & 6.7269 \cdot 10^{-3} \\ 3.1248 \cdot 10^{-1} & 2.0342 & 3.3884 \cdot 10 & -1.8433 \cdot 10 & 3.6004 \cdot 10^{-2} \\ -4.1397 \cdot 10^{-1} & -2.7809 & -1.8433 \cdot 10 & 4.2920 \cdot 10 & -5.3480 \cdot 10^{-2} \\ 1.0098 \cdot 10^{-3} & 6.7269 \cdot 10^{-3} & 3.6004 \cdot 10^{-2} & -5.3480 \cdot 10^{-2} & 1.5701 \cdot 10^{-4} \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{R}_4 = \begin{bmatrix} 1.8355 \cdot 10^{-2} & 1.0811 \cdot 10^{-1} & 4.7125 \cdot 10^{-1} & -9.4012 \cdot 10^{-1} & 2.4504 \cdot 10^{-3} \\ 1.0811 \cdot 10^{-1} & 6.5416 \cdot 10^{-1} & 2.8488 & -5.5883 & 1.4831 \cdot 10^{-2} \\ 4.7125 \cdot 10^{-1} & 2.8488 & 3.8658 \cdot 10 & -2.5478 \cdot 10 & 5.1777 \cdot 10^{-2} \\ -9.4012 \cdot 10^{-1} & -5.5883 & -2.5478 \cdot 10 & 7.2404 \cdot 10 & -1.1723 \cdot 10^{-1} \\ 2.4504 \cdot 10^{-3} & 1.4831 \cdot 10^{-2} & 5.1777 \cdot 10^{-2} & -1.1723 \cdot 10^{-1} & 3.5057 \cdot 10^{-4} \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{R}_5 = \begin{bmatrix} 5.2217 \cdot 10^{-2} & 2.7366 \cdot 10^{-1} & 4.0373 \cdot 10^{-1} & -2.3095 & 6.2049 \cdot 10^{-3} \\ 2.7366 \cdot 10^{-1} & 1.4687 & 2.4757 & -1.2133 \cdot 10 & 3.3474 \cdot 10^{-2} \\ 4.0373 \cdot 10^{-1} & 2.4757 & 4.2570 \cdot 10 & -2.1409 \cdot 10 & 3.7964 \cdot 10^{-2} \\ -2.3095 & -1.2133 \cdot 10 & -2.1409 \cdot 10 & 1.3541 \cdot 10^2 & -2.6235 \cdot 10^{-1} \\ 6.2049 \cdot 10^{-3} & 3.3474 \cdot 10^{-2} & 3.7964 \cdot 10^{-2} & -2.6235 \cdot 10^{-1} & 7.8876 \cdot 10^{-4} \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{R}_6 = \begin{bmatrix} 1.1949 \cdot 10^{-1} & 5.6923 \cdot 10^{-1} & -5.1097 \cdot 10^{-1} & -4.2345 & 1.3063 \cdot 10^{-2} \\ 5.6923 \cdot 10^{-1} & 2.7826 & -1.6116 & -2.0252 \cdot 10 & 6.4387 \cdot 10^{-2} \\ -5.1097 \cdot 10^{-1} & -1.6116 & 6.7149 \cdot 10 & 9.3161 & -6.8998 \cdot 10^{-2} \\ -4.2345 & -2.0252 \cdot 10 & 9.3161 & 2.0442 \cdot 10^2 & -4.4193 \cdot 10^{-1} \\ 1.3063 \cdot 10^{-2} & 6.4387 \cdot 10^{-2} & -6.8998 \cdot 10^{-2} & -4.4193 \cdot 10^{-1} & 1.5430 \cdot 10^{-3} \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{R}_7 = \begin{bmatrix} 2.3786 \cdot 10^{-1} & 1.0378 & -2.8921 & -5.9433 & 2.4280 \cdot 10^{-2} \\ 1.0378 & 4.6715 & -1.1067 \cdot 10 & -2.6154 \cdot 10 & 1.1058 \cdot 10^{-1} \\ -2.8921 & -1.1067 \cdot 10 & 1.5204 \cdot 10^2 & 5.1281 \cdot 10 & -3.2462 \cdot 10^{-1} \\ -5.9433 & -2.6154 \cdot 10 & 5.1281 \cdot 10 & 2.5478 \cdot 10^2 & -5.6212 \cdot 10^{-1} \\ 2.4280 \cdot 10^{-2} & 1.1058 \cdot 10^{-1} & -3.2462 \cdot 10^{-1} & -5.6212 \cdot 10^{-1} & 2.7258 \cdot 10^{-3} \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{R}_8 = \begin{bmatrix} 5.8841 \cdot 10^{-1} & 2.2140 & -8.4857 & -7.0109 & 4.9746 \cdot 10^{-2} \\ 2.2140 & 8.6981 & -2.9546 \cdot 10 & -2.7779 \cdot 10 & 1.9994 \cdot 10^{-1} \\ -8.4857 & -2.9546 \cdot 10 & 3.2425 \cdot 10^2 & 6.6341 \cdot 10 & -7.8731 \cdot 10^{-1} \\ -7.0109 & -2.7779 \cdot 10 & 6.6341 \cdot 10 & 3.0685 \cdot 10^2 & -5.3622 \cdot 10^{-1} \\ 4.9746 \cdot 10^{-2} & 1.9994 \cdot 10^{-1} & -7.8731 \cdot 10^{-1} & -5.3622 \cdot 10^{-1} & 4.8279 \cdot 10^{-3} \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{R}_9 = \begin{bmatrix} 1.0563 & 3.5328 & -1.3691 \cdot 10 & -2.9545 & 7.6710 \cdot 10^{-2} \\ 3.5328 & 1.2558 \cdot 10 & -4.2423 \cdot 10 & -1.2953 \cdot 10 & 2.8163 \cdot 10^{-1} \\ -1.3691 \cdot 10 & -4.2423 \cdot 10 & 5.5357 \cdot 10^2 & -1.1448 \cdot 10 & -1.1622 \\ -2.9545 & -1.2953 \cdot 10 & -1.1448 \cdot 10 & 4.6012 \cdot 10^2 & -9.4034 \cdot 10^{-2} \\ 7.6710 \cdot 10^{-2} & 2.8163 \cdot 10^{-1} & -1.1622 & -9.4034 \cdot 10^{-2} & 6.7514 \cdot 10^{-3} \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{R}_{10} = \begin{bmatrix} 1.6062 & 4.8038 & -1.3282 \cdot 10 & 6.2810 & 9.7536 \cdot 10^{-2} \\ 4.8038 & 1.5756 \cdot 10 & -3.3740 \cdot 10 & 1.2281 \cdot 10 & 3.3568 \cdot 10^{-1} \\ -1.3282 \cdot 10 & -3.3740 \cdot 10 & 9.2668 \cdot 10^2 & -1.0862 \cdot 10^2 & -1.1734 \\ 6.2810 & 1.2281 \cdot 10 & -1.0862 \cdot 10^2 & 1.0134 \cdot 10^3 & 6.5813 \cdot 10^{-1} \\ 9.7536 \cdot 10^{-2} & 3.3568 \cdot 10^{-1} & -1.1734 & 6.5813 \cdot 10^{-1} & 7.9645 \cdot 10^{-3} \end{bmatrix}.$$

B

Mathematische Zeichen und Funktionen

\mathbb{R}	: Menge der reellen Zahlen
\mathbb{R}^+	: Menge der positiven reellen Zahlen
\mathbb{R}^-	: Menge der negativen reellen Zahlen
\mathbb{R}^n	: der n -dimensionale reelle Zahlenraum
\mathbb{C}	: Menge der komplexen Zahlen
\mathbb{C}^n	: der n -dimensionale komplexe Zahlenraum
\mathbb{N}	: Menge der natürlichen Zahlen
C^k	: Raum der k -mal stetig differenzierbaren (vektoriellen) Funktionen
$T_1 \Leftrightarrow T_2$: T_1 ist äquivalent zu T_2 .
$a \approx b$: a ist näherungsweise gleich b .
$a \ll b$: a ist viel kleiner als b .
$a \gg b$: a ist viel größer als b .
$x \rightarrow a$: x strebt gegen a .
j	: imaginäre Einheit $j = \sqrt{-1}$
\underline{z}	: komplexe Zahlen sind in bestimmten Fällen durch einen Unterstrich gekennzeichnet
\bar{z}	: konjugiert komplexe Zahl von $z = a + jb$, d. h. $\bar{z} = a - jb$
$\operatorname{Re}\{a + jb\} = a$: Realteil einer komplexen Zahl
$\operatorname{Im}\{a + jb\} = b$: Imaginärteil einer komplexen Zahl
$[a, b]$: geschlossenes Intervall
$[a, b)$ und $(a, b]$: halboffene Intervalle
(a, b)	: offenes Intervall
$ x $: Betrag einer Zahl x
$\mathbf{a}, \mathbf{b}, \dots$: Vektoren sind durch fette Kleinbuchstaben dargestellt.
\mathbf{a}^T	: transponierter Vektor zu \mathbf{a}

\mathbf{a}^*	: konjugiert komplexer, transponierter Vektor zu \mathbf{a}
$\mathbf{1}$: Einsvektor $\mathbf{1} = [1 \ 1 \ \dots \ 1]^T$
$\mathbf{0}$: Nullvektor $\mathbf{0} = [0 \ 0 \ \dots \ 0]^T$
$\dim(\mathbf{x})$: Dimension, d. h. Anzahl der Elemente x_i des Vektors \mathbf{x}
$\ \mathbf{x}\ $: euklidische Norm des Vektors \mathbf{x} , entspricht $\ \mathbf{x}\ = (x_1^2 + \dots + x_n^2)^{1/2}$
$ \mathbf{x} $: Betrag des Vektors \mathbf{x} , identisch mit $\ \mathbf{x}\ $
$\mathbf{a} \times \mathbf{b}$: Kreuzprodukt der Vektoren \mathbf{a} und \mathbf{b}
$\mathbf{A}, \mathbf{B}, \dots$: Matrizen oder einige Vektoren physikalischer Größen, z. B. der Drehmomentenvektor \mathbf{M} , sind durch fette Großbuchstaben dargestellt.
\mathbf{I}	: Einheitsmatrix
\mathbf{A}^{-1}	: inverse Matrix von \mathbf{A}
\mathbf{A}^T	: transponierte Matrix zu \mathbf{A}
$\overline{\mathbf{A}}$: konjugiert komplexe Matrix einer Matrix \mathbf{A} , d. h. alle Elemente a_{ij} von \mathbf{A} sind in $\overline{\mathbf{A}}$ durch $\overline{a_{ij}}$ ersetzt
\mathbf{A}^*	: konjugierte und transponierte Matrix $\overline{\mathbf{A}}$ einer komplexen Matrix \mathbf{A} , adjungierte Matrix genannt
$\text{rang}(\mathbf{A})$: Rang der Matrix \mathbf{A} . Der Rang entspricht der Anzahl der linear unabhängigen Spalten von \mathbf{A} .
$\det(\mathbf{A})$: Determinante der Matrix \mathbf{A}
$\{a, b, c, \dots\}$: Menge mit den Elementen a, b, c, \dots
$a \in M$: a ist Element der Menge M .
$a \notin M$: a ist kein Element von M .
$M_1 = M_2$: Menge M_1 ist identisch mit Menge M_2 .
$M_1 \subset M_2$: M_1 ist eine echte Teilmenge von M_2 , d. h., es gilt $M_1 \neq M_2$.
$M_1 \subseteq M_2$: M_1 ist eine Teilmenge von M_2 , $M_1 = M_2$ ist möglich.
$M_1 \setminus M_2$: M_1 ohne die Menge M_2 , Differenzmenge
$U(\mathbf{x})$: Umgebung eines Punktes \mathbf{x} . Wenn unmissverständlich ist, welcher Punkt \mathbf{x} gemeint ist, so wird auch nur die Bezeichnung U verwendet werden.
$\inf\{M\}$: Infimum einer Menge M
$\sup\{M\}$: Supremum einer Menge M

$\min\{M\}$: Minimum einer Menge M
$\max\{M\}$: Maximum einer Menge M
$f^{-1}(z)$: Umkehrfunktion von $z = f(\mathbf{x})$, also $\mathbf{x} = f^{-1}(z)$
$\min f(x)$: das Minimum der Funktion f
$\min_i x_i$: das Minimum der Werte x_i
$\arg \min_i x_i$: der Index i (Argument), der das minimale x_i kennzeichnet

$$\text{sat}(u) = \begin{cases} u_{\max}, & u > u_{\max} \\ u, & u_{\min} \leq u \leq u_{\max} \\ u_{\min}, & u < u_{\min} \end{cases} \quad \text{: Sättigungsfunktion}$$

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} 1, & x > 0 \\ 0, & x = 0 \\ -1, & x < 0 \end{cases} \quad \text{: Signumfunktion, Vorzeichenfunktion}$$

$X(s) = \mathcal{L}\{x(t)\}$: Laplace-Transformierte von $x(t)$
$x(t) = \mathcal{L}^{-1}\{X(s)\}$: Laplace-Rücktransformierte von $X(s)$
$G(s)$: Laplace-Übertragungsfunktion
$G(z)$: z-Übertragungsfunktion

$$f'(x) = \frac{df(x)}{dx} \quad \text{: Ableitung der Funktion } f \text{ nach der Variablen } x$$

$$\left. \frac{df(x)}{dx} \right|_{x=a} \quad \text{oder} \quad \left. \frac{df(x)}{dx} \right|_a \quad \text{: Ableitung von } f \text{ an der Stelle } x = a$$

$$\dot{x} = \frac{dx}{dt} \quad \text{: Ableitung von } x \text{ nach der Zeit } t$$

$$\ddot{x}, \dddot{x} \quad \text{: zwei- bzw. dreimalige Ableitung von } x \text{ nach der Zeit } t$$

$$x^{(i)} \quad \text{: } i\text{-te Ableitung von } x \text{ nach der Zeit } t$$

$$\frac{df(\mathbf{x})}{dt} = \sum_{i=1}^n \frac{\partial f(\mathbf{x})}{\partial x_i} \cdot \frac{dx_i}{dt} = \frac{\partial f(\mathbf{x})}{\partial \mathbf{x}} \cdot \dot{\mathbf{x}} \quad \text{: totale, d. h. vollständige Ableitung aller Größen nach } t$$

$$\frac{\partial f(\mathbf{x})}{\partial x_i} \quad \text{: partielle Ableitung einer Funktion } f \text{ mit mehreren Argumenten } x_j, \text{ d. h. Ableitung nach einem dieser Argumente } x_i$$

$$\frac{\partial f(\mathbf{x})}{\partial \mathbf{x}} = \left[\frac{\partial f(\mathbf{x})}{\partial x_1} \quad \frac{\partial f(\mathbf{x})}{\partial x_2} \quad \dots \quad \frac{\partial f(\mathbf{x})}{\partial x_n} \right] \quad : \text{Ableitung einer Funktion } f \text{ nach einem Vektor } \mathbf{x}$$

$$\text{grad } f(\mathbf{x}) = \begin{bmatrix} \frac{\partial f(\mathbf{x})}{\partial x_1} \\ \vdots \\ \frac{\partial f(\mathbf{x})}{\partial x_n} \end{bmatrix} \quad : \text{Gradient, d. h. Richtungsableitung, einer Funktion } f \text{ (Der Gradient gibt eine Richtung im Raum an und ist deshalb hier ein Spaltenvektor.)}$$

$$\frac{\partial \mathbf{f}(\mathbf{x})}{\partial \mathbf{x}} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1(\mathbf{x})}{\partial x_1} & \frac{\partial f_1(\mathbf{x})}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_1(\mathbf{x})}{\partial x_n} \\ \frac{\partial f_2(\mathbf{x})}{\partial x_1} & \frac{\partial f_2(\mathbf{x})}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_2(\mathbf{x})}{\partial x_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial f_n(\mathbf{x})}{\partial x_1} & \frac{\partial f_n(\mathbf{x})}{\partial x_2} & \dots & \frac{\partial f_n(\mathbf{x})}{\partial x_n} \end{bmatrix} \quad : \text{Ableitung einer Vektorfunktion } \mathbf{f} \text{ nach einem Vektor } \mathbf{x}. \text{ Das Ergebnis ist die Jacobi-Matrix.}$$

$$L_{\mathbf{f}} h(\mathbf{x}) = \frac{\partial h(\mathbf{x})}{\partial \mathbf{x}} \mathbf{f}(\mathbf{x}) \quad : \text{Lie-Derivierte von } h \text{ bezüglich } \mathbf{f}$$

$$L_{\mathbf{f}}^i h(\mathbf{x}) = L_{\mathbf{f}} L_{\mathbf{f}}^{i-1} h(\mathbf{x}) \quad : i\text{-te Lie-Derivierte von } h \text{ bezüglich } \mathbf{f}$$

$$\dot{\mathbf{c}}(\mathbf{x}) = \begin{bmatrix} L_{\mathbf{a}}^{\delta_1} c_1(\mathbf{x}) \\ L_{\mathbf{a}}^{\delta_2} c_2(\mathbf{x}) \\ \vdots \\ L_{\mathbf{a}}^{\delta_m} c_m(\mathbf{x}) \end{bmatrix} \quad : m\text{-dimensionaler Vektor, der aus Lie-Ableitungen besteht}$$

$$[\mathbf{f}, \mathbf{g}] = \frac{\partial \mathbf{g}(\mathbf{x})}{\partial \mathbf{x}} \mathbf{f}(\mathbf{x}) - \frac{\partial \mathbf{f}(\mathbf{x})}{\partial \mathbf{x}} \mathbf{g}(\mathbf{x}) \quad : \text{Lie-Klammer der beiden Vektorfunktionen } \mathbf{f} \text{ und } \mathbf{g}$$

$$\text{ad}_{\mathbf{f}}^i \mathbf{g} = [\mathbf{f}, \text{ad}_{\mathbf{f}}^{i-1} \mathbf{g}] \quad : i\text{-mal verschachtelte Lie-Klammer}$$

$$E\{x(t)\} = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T x(t) dt \quad : \text{Erwartungswert, d. h. zeitlicher Mittelwert, eines Signals } x(t)$$

$$\text{cov}\{\mathbf{x}_1(t), \mathbf{x}_2(t)\} \quad : \text{Kovarianzmatrix zweier Zeitverläufe } \mathbf{x}_1(t) \text{ und } \mathbf{x}_2(t)$$

Literaturverzeichnis

1. Abdulgalil, F. und Siguerdidjane, H. (2004): Input-state linearisation technique and nonlinear control in oil well drillstrings. In Allgöwer, F. und Zeitz, M. (2004): Proceedings of the 6th IFAC Symposium on Nonlinear Control Systems, Stuttgart: 1505–1510, Elsevier.
2. Abel, D., Epple, U. und Spohr, G.-U. (Hrsg.) (2008): Integration von Advanced Control in der Prozessindustrie. Wiley-VCH.
3. Adamy, J. (1997): Adaptation of Cross-Direction Basis-Weight Control in Paper Machines Using Fuzzy Decision Logic. *International Journal of Approximate Reasoning* 16(1):25–42.
4. Adamy, J. und Flemming, A. (2004): Soft variable-structure controls: a survey. *Automatica* 40(11):1821–1844.
5. Adamy, J. (2009): *Nichtlineare Regelungen*, Springer.
6. Aircraft Accident Investigation Commission, Japanese Ministry of Transport (1987): Japan Air Lines Co., Ltd, Boeing 747 SR-100, JA8119, Gunma Prefecture, Japan, August 12, 1985. Aircraft Accident Investigation Report.
7. Alberto, L. F. C. und Bretas, N. G. (1998): Damping Estimation for Multi-Swing Transient Stability Analysis: the OMIB case. Proceedings of the IEEE International Conference on Power System Technology (POWERCON'98) (2):1383–1387, Peking.
8. Allgöwer, F. und Zheng, A. (Hrsg.) (2000): *Nonlinear Model Predictive Control*, Birkhäuser.
9. Alwi, H. und Edwards, C. (2009): Propulsion Control of a Large Civil Aircraft using On-line Control Allocation. *IEEE Proceedings of the American Control Conference*, St. Louis, 4581–4586.
10. Anderson, B. D. O. (1968): A Simplified Viewpoint of Hyperstability. *IEEE Transactions on Automatic Control* 13(3):292–294.
11. Anderson, R. L. und Ibragimov, N. H. (1979) *Lie-Bäcklund Transformations in Applications*, SIAM, Philadelphia.
12. Andrievskii, B. R. und Fradkov, A. L. (2003): Control of Chaos: Methods and Applications I. Methods. *Automation and Remote Control* 64(5):673–713.
13. Andrievskii, B. R. und Fradkov, A. L. (2003): Control of Chaos: Methods and Applications II. Applications. *Automation and Remote Control* 65(4):505–533.
14. Apkarian, P. und Adams, R. J. (1998): Advanced Gain-Scheduling Techniques for Uncertain Systems. *IEEE Transactions on Control Systems Technology* 6(1):21–32.

15. Apollo Program Office - MAO (1969): Apollo 11 [AS-506] Mission. NASA, Mission Operation Report No. M-932-69-11.
16. Argyris, J., Faust, G., Haase, M. und Friedrich, R. (2010): Die Erforschung des Chaos, Springer.
17. Arens, T., Hettlich, F., Karpfinger, C., Kockelkorn, U., Lichtenegger, K. und Stachel, H. (2011): Mathematik. Spektrum Akademischer Verlag.
18. Athans, M. und Falb, P. L. (1966): Optimal Control, McGraw-Hill.
19. Auernig, J. W. und Troger, H. (1987): Time optimal control of overhead cranes with hoisting of the load. *Automatica* 23(4):437–447.
20. Bacciotti, A. und Rosier, L. (2010): Liapunov Functions and Stability in Control Theory, Springer.
21. Barraquand, J. und Latombe, J.-C. (1993): Nonholonomic Multibody Mobile Robots: Controllability and Motion Planning in the Presence of Obstacles. *Algorithmica* 10(2-3-4):121–155.
22. Барбашин, Е. А. и Красовский, Н. Н. (1952): Об устойчивости движения в целом. Доклад Акад. Наук СССР 86(3):453–456 (Barbashin, E. A. und Krasovskii, N. N. (1952): Über die Stabilität von Bewegungen im Großen. Bericht der Akad. Nauk. UDSSR 86(3):453–456).
23. Bashein, G. (1971): A Simplex Algorithm for On-Line Computation of Time Optimal Controls. *IEEE Transactions on Automatic Control* 16(5):479–482.
24. Ben-Asher, J., Burns, J. A. und Cliff, E. M. (1992): Time-optimal slewing of flexible spacecraft. *Journal of Guidance, Control and Dynamics* 15(2):360–367.
25. Bertsekas, D. P. (1999): Nonlinear Programming, Athena Scientific.
26. Besançon, G. (Hrsg.) (2007): Nonlinear Observers and Applications, Springer.
27. Bhatia, N. P. und Szegö, G. P. (2002): Stability Theory of Dynamical Systems, Springer.
28. Biewer, B. (1997): Fuzzy-Methoden: Praxisrelevante Rechenmodelle und Fuzzy-Programmiersprachen, Springer.
29. Birk, J. (1992): Rechnergestützte Analyse und Lösung nichtlinearer Beobachtungsaufgaben. VDI Fortschritt-Berichte, Reihe 8, Nr. 294, VDI-Verlag.
30. Blümel, R. und Reinhardt, W. P. (1997): Chaos in Atomic Physics, Cambridge University Press.
31. Böcker, J., Hartmann, I. und Zwanzig, Ch. (1986): Nichtlineare und adaptive Regelungssysteme, Springer.
32. Bode, H. W. (1945): Network Analysis and Feedback Amplifier Design, D. Van Nostrand.
33. Boltjanski, W. G. (1972): Mathematische Methoden der optimalen Steuerung, Carl Hanser Verlag.
34. Borovic, B., Hong, C., Liu, A. Q., Xie, L. und Lewis, F. L. (2004): Control of a MEMS Optical Switch. 43rd IEEE Conference on Decision and Control (3):3039–3044, Atlantis.
35. Boyd, S., El Ghaoui, L., Feron, E. und Balakrishnan, V. (1994): Linear Matrix Inequalities in System and Control Theory, SIAM.
36. Brogliato, B., Lozano, R., Maschke, B. und Egeland, O. (2007): Dissipative Systems Analysis and Control, Springer
37. Brown, C. J. und Ma, J. T. (1968): Time-Optimal Control of a Moving-Coil Linear Actuator. *IBM Journal of Research and Development* 12(5):372–379.
38. Brunovský, P. (1970): A Classification of Linear Controllable Systems. *Kybernetika* 6(3):173–188.

39. Buhl, M., Joos, P. und Lohmann, B. (2008): Sättigende weiche strukturvariable Regelung. *Automatisierungstechnik* 56(6):316–323.
40. Burcham, F. W., Trindel, A., Fullerton, C. G. und Webb, L. D. (1996): Development and Flight Evaluation of an Emergency Digital Flight Control System Using Only Engine Thrust on an F-15 Airplane. NASA Technical Paper 3627.
41. Burken, J. J., Burcham, F. W., Maine, T. A., Feather, J., Goldthorpe, S. und Kahler, J. A. (1996): Flight Test of a Propulsion-Based Emergency Control System on the MD-11 Airplane With Emphasis on the Lateral Axis. NASA Technical Memorandum 4746.
42. Byrnes, C. I., Isidori, A und Willems, J. C. (1991): Passivity, Feedback Equivalence, and the Global Stabilization of Minimum Phase Nonlinear Systems. *IEEE Transactions on Automatic Control* 36(11) 1228–1240.
43. Camacho, E. F., Berenguel, M. und Rubio, F. R. (1994): Application of a gain scheduling generalized predictive controller to a solar power plant. *Control Engineering Practice* 2(2):227–238.
44. Camacho, E. F. und Bordons, C. (2007): *Model Predictive Control*, Springer.
45. Canudas-de-Wit, C., Rubio, F. R. und Corchero, M. A. (2008): D-OSKIL: A New Mechanism for Controlling Stick-Slip Oscillations in Oil Well Drillstrings. *IEEE Transactions on Control Systems Technology* 16(6):1177–1191.
46. Charlet, B., Lévine, J. und Marino, R. (1991): Sufficient conditions for dynamic state feedback linearization. *SIAM Journal on Control and Optimization* 29(1):38–57.
47. Chen, M. Z. Q. und Smith, M. C. (2009): A Note on Tests for Positive-Real Functions. *IEEE Transactions on Automatic Control* 54(2):390–393.
48. Chern, S. S. und Shokurov, V. V. (Hrsg.) (2002): *The Collected Papers of Wei-Liang Chow*, World Scientific.
49. Chow, W.-L. (1940): Über Systeme von linearen partiellen Differentialgleichungen erster Ordnung. *Mathematische Annalen* 117(1):98–105.
50. Consolini, L. und Piazzzi, A. (2006): Generalized Bang-Bang Control for Feedforward Constrained Regulation. 45th IEEE Conference on Decision and Control: 893–898, San Diego.
51. Corless, M. und Shorten, R. (2009): A correct characterization of strict positive realness for MIMO systems. *IEEE Proceedings of the American Control Conference*: 469–475, St. Louis.
52. Corless, M. und Shorten, R. (2010): On the characterization of Strict Positive Realness for General Matrix Transfer Functions. *IEEE Transactions on Automatic Control* 55(8):1899–1904.
53. Corless, M. und Shorten, R. (2011): On a class of generalized eigenvalue problems and equivalent eigenvalue problems that arise in systems and control theory. *Automatica* 47(3):431–442.
54. Cragon, S. D. (1991): Time-Optimal Control Application for an Exoatmospheric Interceptor. *Proceedings of the IEEE Telesystems Conference* (1):31–36.
55. Creveling, H. F., De Paz, J. F., Baladi, J. Y. und Schoenhals, R. J. (1975): Stability characteristics of a single-phase free convection loop. *Journal of Fluid Mechanics* 67(1):65–84.
56. Dahlquist, G. (1958): Stability and error bounds in the numerical integration of ordinary differential equations. Dissertation, Universität Stockholm.
57. DeCarlo, R. A., Zak, S. H. und Matthews, G. P. (1988): Variable Structure Control of Nonlinear Multivariable Systems: A Tutorial. *Proceedings of the IEEE* 76(3):212–232.

58. Deutscher, J. (2004): Flachheitsbasierter Entwurf von Mehrgrößenregelungen mittels linearer Differentialoperatorarstellungen, Shaker.
59. Devaney, R. L. (2003): An Introduction to Chaotic Dynamical Systems, Westview Press Inc.
60. Dewey, A. G. und Jury, E. I. (1965): A Note on Aizerman's Conjecture. IEEE Transactions on Automatic Control 10(4):482–483.
61. Diehl, M., Findeisen, R., Schwarzkopf, S., Uslu, I., Allgöwer, F., Bock, H. G., Gilles, E. D. und Schlöder, J. P. (2002): An efficient algorithm for nonlinear model predictive control of large-scale systems - Part I: Description of the method. Automatisierungstechnik 50(12):557–567.
62. Döring, D. (2003): Ein Beitrag zur Synthese von Gain-Schedulingreglern unter Nutzung normierter Gaußscher Radial-Basisfunktionen, Dissertation, Universität Magdeburg.
63. Dorf, R. C. und Bishop, R. H. (2007): Modern Control Systems, Prentice Hall.
64. Draženović, B. (1969): The invariance conditions in variable structure systems. Automatica 5(3):287–295.
65. Driankov, D., Hellendoorn, H. und Reinfrank, M. (1996): An Introduction to Fuzzy Control, Springer.
66. Edwards, C. und Postlethwaite, I. (1998): Anti-windup and bumpless-transfer schemes. Automatica 34(2):199–210.
67. Engel, R. (2002): Zustandsbeobachter für Nichtlineare Systeme, Shaker.
68. Engell, S. (Hrsg.) (1995): Entwurf nichtlinearer Regelungen, R. Oldenbourg.
69. Engeln-Müllges, G., Niederrenk, K. und Wodicka, R. (2010): Numerik-Algorithmen, Springer.
70. Fadden, E. J. und Gilbert, E. G. (1964): Computational Aspects of the Time-Optimal Control Problem. In Balakrishnan, A.V. und Neustadt, L.W. (Hrsg.) (1964): Computing Methods in Optimization Problems: 167–192, Academic Press.
71. Fah, T. K. (2004): Substructural Identification with Incomplete Measurement for Structural Damage Assessment. Dissertation, National University of Singapore.
72. Farinwata, S. S., Filev, D. P. und Langari, R. (2000): Fuzzy Control: Synthesis and Analysis, Wiley & Sons.
73. Фелдбаум, А. А. (1959): Вычислительные устройства в автоматических системах, Физматгиз, Москва (russisches Original von [74]).
74. Feldbaum, A. A. (1962): Rechengerate in automatischen Systemen, R. Oldenbourg.
75. Fernández-Anaya, G., Martínez-García, J. G. und Kučera, V. (2006): Characterizing families of positive real matrices by matrix substitution on scalar rational functions. System & Control Letters 55(11):871–878.
76. Filippov, A. F. (1988): Differential Equations with Discontinuous Righthand Sides, Kluwer Academic Publishers.
77. Fitts, R. (1966): Two Counterexamples to Aizerman's Conjecture. IEEE Transactions on Automatic Control 11(3):553–556.
78. Fliess, M., Lévine, J., Martin, P. und Rouchon, P. (1992): Sur les systèmes non linéaires différentiellement plats. Comptes Rendus de l'Académie des Science, Serie I-315:619–624.
79. Fliess, M., Lévine, J., Martin, P. und Rouchon, P. (1992): On differentially flat nonlinear systems. Proceedings of the 2nd IFAC Symposium on Nonlinear Control Systems (NOLCOS), Bordeaux, 408–412.

80. Fliess, M., Lévine, J., Martin, P. und Rouchon, P. (1995): Flatness and defect of non-linear systems: introductory theory and examples. *International Journal of Control* 61(6):1327–1361.
81. Fliess, M., Lévine, J., Martin, P. und Rouchon, P. (1995): A Lie-Bäcklund Approach to Equivalence and Flatness of Nonlinear Systems. *IEEE Transactions on Automatic Control* 44(5):922–937.
82. Föllinger, O. (1993): *Lineare Abtastsysteme*, R. Oldenbourg.
83. Föllinger, O. (1993): *Nichtlineare Regelungen II*, R. Oldenbourg.
84. Föllinger, O. (1994): *Optimale Regelung und Steuerung*, R. Oldenbourg.
85. Föllinger, O. (1998): *Nichtlineare Regelungen I*, R. Oldenbourg.
86. Föllinger, O. (2013): *Regelungstechnik*, VDE-Verlag.
87. Fox, L. und Mayers, D. F. (1987): *Numerical Solution of Ordinary Differential Equation for Scientists and Engineers*, Chapman and Hall.
88. Franke, D. (1982): Ausschöpfung von Stellgrößenbeschränkungen mittels weicher strukturvariabler Regelung. *Regelungstechnik* 30(10):348–355.
89. Franklin, G. F., Powell, J. D., Emami-Naeini, A. (2009): *Feedback Control of Dynamic Systems*, Prentice-Hall.
90. Frik, M. (1966): Zeitoptimale Steuerung des Einstellvorganges bei Kreiselkompassen. *Archive of Applied Mechanics* 35(4):262–268.
91. Fukushima, Y., Irikura, K., Uetake, T. und Matsumoto, H. (2000): Characteristics of Observed Peak Amplitude for Strong Ground Motion from the 1995 Hyogoken Nanbu (Kobe) Earthquake. *Bulletin of the Seismological Society of America* 90(3):545–565.
92. Galor, O. (2007): *Discrete Dynamical Systems*, Springer.
93. Gantmacher, F. R. (1986): *Matrizentheorie*, Springer.
94. Gao, W. und Hung, J. C. (1993): Variable Structure Control of Nonlinear Systems: A New Approach. *IEEE Transactions on Industrial Electronics* 40(1):45–55.
95. Gauthier, J. P. und Bornard, G. (1981): Observability for any $u(t)$ of a Class of Nonlinear Systems. *IEEE Transactions on Automatic Control* 26(4):922–926.
96. Gelb, A. und Vander Velde, W. E. (1968): *Multiple-Input Describing Functions and Nonlinear System Design*, McGraw-Hill.
97. Germann, S. (1997): *Modellbildung und modellgestützte Regelung der Fahrzeuglängsdynamik*. VDI Fortschritt-Berichte, Reihe 12, Nr. 309, VDI-Verlag.
98. Ghandhari, M., Andersson, G., Pavella, M. und Ernst, D. (2001): A control strategy for controllable series capacitor in electric power systems. *Automatica* 37(10):1575–1583.
99. Glattfelder, A. H. und Schaufelberger, W. (2003): *Control Systems with Input and Output Constraints*, Springer.
100. Grigorieff, R. D. (1977): *Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen 2: Mehrschrittverfahren*, Teubner.
101. Gruyitch, L., Richard, J.-P., Borne, P. und Gentina, J.-C. (2004): *Stability Domains*, Chapman & Hall.
102. Gupta, S. und Joshi, S. M. (1995): State Space Characterization and Robust Stabilization of Dissipative LTI Systems. *IEEE Proceedings of the American Control Conference*, Seattle, S. 3616–3619.
103. Gutman, P.-O. und Hagander, P. (1985): A New Design of Constrained Controllers for Linear Systems. *IEEE Transactions on Automatic Control* 30(1):22–33.

104. Hagenmeyer, V. und Zeitz, M. (2004): Internal dynamics of flat nonlinear SISO systems with respect to a non-flat output. *Systems & Control Letters* 52(3-4): 323–327.
105. Hahn, W. (1967): *Stability of Motion*, Springer.
106. Hairer, E. und Wanner, G. (2004): *Solving Ordinary Differential Equations II: Stiff and Differential-Algebraic Problems*, Springer.
107. Hangos, K. M., Bokor, J. und Szederkényi, G. (2004): *Analysis and Control of Nonlinear Process Systems*, Springer.
108. Harris, J. (2005): *Fuzzy Logic Applications in Engineering Science*, Springer.
109. Hedrick, J. K. und Misawa, E. A. (1989): Nonlinear Observers – A State-of-the-Art Survey. *Transactions of the ASME, Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control* 111(3):344–352.
110. Hermann, R. und Krener, A. J. (1977): Nonlinear Controllability and Observability. *IEEE Transactions on Automatic Control* 22(5):728–740.
111. Härefors, M. und Bates, D. G. (2003): Integrated propulsion based flight control system design for a civil transport aircraft. *International Journal of Turbo and Jet Engines* 20(2):95–114.
112. Hibbeler, R. C. (2012): *Technische Mechanik 3 - Dynamik*, Pearson.
113. Hippe, P. (2006): *Windup in Control*, Springer.
114. Hocking, L. M. (1991): *Optimal Control*, Oxford University Press.
115. Holzmann, H., Germann, S., Halfmann, C. und Isermann, R. (1998): Intelligent fuzzy distance and cruise control for passenger cars. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems* 6(3):315–327.
116. Hooke, R. und Jeeves, T. A. (1961): „Direct Search“ Solution of Numerical and Statistical Problems. *Journal of the Association of Computing Machinery (JACM)* 8(2):212–229.
117. Horn, M und Dourdoumas, N. (2003): *Regelungstechnik*, Pearson.
118. Hou, C. (2008): Fluid Dynamics and Behavior of Nonlinear Viscous Fluid Dampers. *Journal of Structural Engineering* 134(1):56–63.
119. Hu, T. und Lin, Z. (2001): *Control Systems with Actuator Saturation: Analysis and Design*, Birkhäuser.
120. Hu, T. und Lin, Z. (2002): On Improving the Performance with Bounded Continuous Feedback Laws. *IEEE Transactions on Automatic Control* 47(9):1570–1575.
121. Huang, S., Tan, K. K. und Lee, T. H. (2001): *Applied Predictive Control*, Springer.
122. Hughes, D. und Dornheim, M. A. (2003): No Flight Controls. *Aviation Week & Space Technology* 159(23):42–43.
123. Hughes, P. C. (2004): *Spacecraft Attitude Dynamics*, Dover Publications.
124. Hung, J. Y., Gao, W. und Hung, J. C. (1993): Variable Structure Control: A Survey. *IEEE Transactions on Industrial Electronics* 40(1):2–22.
125. Ilchmann, A. und Wirth, F. (2013): On Minimum Phase. *Automatisierungstechnik* 61(12):805–817.
126. Ioannou, P. und Tao, G. (1987): Frequency domain conditions for strictly positive real functions, *IEEE Transactions on Automatic Control* 32(1):53–54.
127. Isermann, R. (1988): *Digitale Regelsysteme, Band 1*, Springer.
128. Isermann, R. (1991): *Digitale Regelsysteme, Band 2*, Springer.
129. Isidori, A. (1995): *Nonlinear Control Systems*, Springer.
130. Jin, Y. (2003): *Advanced Fuzzy Systems Design and Applications*, Physica-Verlag.

131. Johansen, T. A., Hunt, K. J. und Petersen, I. (2000): Gain-scheduled control of a solar power plant. *Control Engineering Practice* 8(9):1011–1022.
132. Joshi, S. M. (1989): Out of Control. *IEEE Control Systems Magazine* 9(5):50.
133. Joshi, S. M. und Gupta, S. (1996): On a Class of Marginally Stable Positive-Real Systems. *IEEE Transactions on Automatic Control* 41(1):152–155.
134. Jonckheere, E. A. und Yu, G.-R. (1998): H_∞ longitudinal control of crippled trijet aircraft with throttles only. *Control Engineering Practice* 6(5):601–613.
135. Jonckheere, E. A. und Yu, G.-R. (1999): Propulsion Control of Crippled Aircraft by H_∞ Model Matching. *IEEE Transaction on Control Systems Technology* 7(2):142–159.
136. Kahlert, J. (1995): *Fuzzy Control für Ingenieure: Analyse, Synthese und Optimierung von Fuzzy-Regelungssystemen*, Vieweg.
137. Kailath, T. (1980): *Linear Systems*, Prentice Hall.
138. Kamen, D. L., Arling, R. W., Field, J. D., Morell, J. B., Pompa, J. B. und Heinzmann, R. K. (2002): Personal Transporter. U.S. Patent 6.796.396 B2.
139. Kane, T. R., Likins, P. W. und Levinson, D. A. (1983): *Spacecraft Dynamics*, McGraw Hill.
140. Kapila, V. und Grigoriadis, K. M. (2002): *Actuator Saturation Control*, CRC.
141. Kapoor, N. und Daoutidis, P. (2000): Stabilization of nonlinear processes with input constraints. *Computers and Chemical Engineering* 24:9–21.
142. Kaps, P. und Rentrop, P. (1979): Generalized Runge-Kutta methods of order four with stepsize control for stiff ordinary differential equations. *Numerische Mathematik* 33(1):55–68.
143. Karnopp, D. (2001): Motorbetriebenes Servolenksystem, Deutsche Patentschrift DE 4031316C2.
144. Kelkar, A. G. und Joshi, S. M. (1996): *Control of Nonlinear Multibody Flexible Space Structures*, Springer.
145. Keller, H. (1986): Entwurf nichtlinearer Beobachter mittels Normalformen. *VDI Fortschritt-Berichte, Reihe 8, Nr. 124*, VDI-Verlag.
146. Khalil, H. K. (2002): *Nonlinear Systems*, Prentice-Hall.
147. Kiel, L. D. und Elliott, W. E. (Hrsg.) (1997): *Chaos Theory in the Social Sciences: Foundations and Applications*, University of Michigan Press.
148. Kiendl, H. und Schneider, G. (1972): Synthese nichtlinearer Regler für die Regelstrecke $const/s^2$ aufgrund ineinandergeschachtelter abgeschlossener Gebiete beschränkter Stellgröße. *Regelungstechnik und Prozeß-Datenverarbeitung* 20(7):289–296.
149. Kiendl, H. (1972): *Suboptimale Regler mit abschnittweise linearer Struktur*, Springer.
150. Kirk, D. E. (2004): *Optimal Control Theory: An Introduction*, Dover Publications.
151. Kothare, M. V., Campo, P. J., Morari, M. und Nett, C. N. (1994): A unified framework for the study of anti-windup designs. *Automatica* 30(12):1869–1883.
152. Kottenstette, N., und Antsaklis, P. J. (2010): Relationships Between Positive Real, Passive Dissipative, & Positive Systems. *IEEE Proceedings of the American Control Conference, Baltimore*, 409–416.
153. Kouvaritakis, B. und Cannon, M. (Hrsg.) (2001): *Nonlinear predictive control: theory and practice*, Institution of Engineering and Technology.
154. Krämer, W. (2006): Grenzyklen in einem Servolenksystem. *Arbeitsberichte der FH Ingolstadt, Nr. 12*.

155. Krämer, W. (2007): Vermeidung von Grenzyklen in einem Servolenksystem. In: *Mechatronik 2007 - Innovative Produktentwicklung: Maschinenbau, Elektrotechnik, Informationstechnik, VDI-Berichte* (2007), Nr. 1971, S. 811–818, VDI-Verlag.
156. Красовский, Н.Н. (1952): Теоремы об устойчивости движений, определяемых системой двух уравнений. *Прикладная математика и механика* 16(5):547–554 (Krasovskii, N.N. (1952): Sätze zur Stabilität dynamischer Systeme auf der Basis eines Systems mit zwei Gleichungen. *Prikladnaia matematika i mekhanika* 16(5):547–554).
157. Krause, P. C., Wasynczuk, O. und Sudhoff, S. D. (2013): *Analysis of Electric Machinery and Drive Systems*, Wiley & Sons.
158. Krause, U. und Nesemann, T. (2012): *Differenzgleichungen und diskrete dynamische Systeme*, Teubner.
159. Kroll, A. (2013): *Computational Intelligence*, Oldenbourg.
160. Krstić, M., Fontaine, D., Kokotović, P. V. und Paduano, J. D. (1998): Useful Nonlinearities and Global Stabilization of Bifurcations in a Model of Jet Engine Surge and Stall. *IEEE Transactions on Automatic Control* 43(12):1739–1745.
161. Krstić, M., Kanellakopoulos, I. und Kokotović, P. V. (1995): *Nonlinear and Adaptive Control Design*, Wiley & Sons.
162. Krstić, M. und Smyshlyaev, A. (2008): *Boundary Control of PDEs: A Course on Backstepping Designs*, SIAM.
163. Kugi, A (2001): *Non-linear Control Based on Physical Models*, Springer.
164. Kundur, P. (1994): *Power System Stability and Control*, McGraw-Hill.
165. Lafferriere, G. und Sussmann, H. (1991): Motion Planning for Controllable Systems without drift. *Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation*, Sacramento, 1148–1153.
166. Lancaster, P. und Tismenetsky, M. (1985): *The Theory of Matrices*, Academic Press.
167. Landau, Y. D. (1979): *Adaptive Control*, Marcel Dekker Inc.
168. Larsen, M. und Kokotović, P. V. (2001): A brief look at the Tsytkin criterion: from analysis to design. *International Journal of Adaptive Control and Signal Processing* 15(2):121–128.
169. LaSalle, J. P. (1960): Some Extensions of Liapunov's Second Method. *IRE Transactions on Circuit Theory* 7(4):520–527.
170. Lee, Y., Jang, S.-I., Chung, K., Lee, D., Kim, W. und Lee, C.-W. (1994): A Fuzzy-Control Processor for Automatic Focusing. *IEEE Transactions on Consumer Electronics* 40(2):138–144.
171. Leith, D. J. und Leithead, W. E. (1998): Gain-scheduled controller design: an analytic framework directly incorporating non-equilibrium plant dynamics. *International Journal of Control* 70(2):249–269.
172. Leith, D. J. und Leithead, W. E. (2000): Survey of gain-scheduling analysis and design. *International Journal of Control* 73(11):1001–1025.
173. Lens, H. und Adamy, J. (2009): Schnelle Regelung von linearen Systemen mit Stellgrößenbeschränkungen, *Automatisierungstechnik* 57(2):70–79.
174. Lens, H., Adamy, J. und Domont-Yankulova, D. (2011): A fast nonlinear control method for linear systems with input saturation. *Automatica* 47(4):857–860.
175. Lentz, W. (1993): *Neuere Entwicklungen in der Theorie dynamischer Systeme und ihre Bedeutung für die Agrarökonomie*. Duncker & Humblot.

176. Leonhard, W. (1976): Zeitoptimale Scherenregelung. *Archiv für Elektrotechnik* 58(1):61–67.
177. Lévine, J. (1997): Static and dynamic feedback linearization. In Fossard, A. J. and Normand-Cyrot, D. (Hrsg.): *Nonlinear Systems - Vol. 3, Control*: 93–126, Chapman & Hall
178. Lévine, J. (2009): *Analysis and Control of Nonlinear Systems - A Flatness-based Approach*, Springer.
179. Li, A. und Ando, K. (2013): Measuring the Acceptability of Self-Balancing Two-Wheeled Personal Mobility Vehicles. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies* 10:444–453.
180. Li, T.-Y. und Yorke, J. A. (1975): Period Three Implies Chaos. *The American Mathematical Monthly* 82(10):985–992.
181. Liao, X. und Yu, P. (2008): *Absolute Stability of Nonlinear Control Systems*, Springer.
182. Liapounoff, A. M. (1907): Problème générale de la stabilité du mouvement. Übersetzung der Originalarbeit [183] durch É. Davaux. *Annales de la Faculté des Sciences de l'Université de Toulouse* 9:203–474.
183. Ляпунов, А. М. (1892): Общая задача объ устойчивости движени́я. Разсуждение, Харьковъ (Ljapunov, A. M (1892): Eine allgemeine Aufgabe zur Stabilität einer Bewegung. Dissertation, Universität Charkow).
184. Lyapunov, A. M. (1992): The general problem of the stability of motion. Übersetzung der französischen Version [182] durch A. T. Fuller. *International Journal of Control* 55(3):531–534.
185. Llamas, A., De La Ree Lopez, J., Mili, L., Phadke, A. G. und Thorp, J. S. (1995): Clarifications of the BCU Method for Transient Stability Analysis. *IEEE Transactions on Power Systems* 10(1):210–219.
186. Lobry, C. (1970): Contrôlabilité des systèmes non linéaires. *SIAM Journal on Control* 8(4):573–605.
187. Lozano-Leal, R. und Joshi, S. M. (1990): Strictly Positive Real Transfer Functions Revisited. *IEEE Transactions on Automatic Control* 35(11):1243–1245.
188. Ludyk, G. (1995): *Theoretische Regelungstechnik 2*, Springer.
189. Luenberger, D. G. (1966): Observers for Multivariable Systems. *IEEE Transactions on Automatic Control* 11(2):190–197.
190. Lunze, J. (2010): *Regelungstechnik 1*, Springer.
191. Lunze, J. (2013): *Regelungstechnik 2*, Springer.
192. Maciejowski, J. M. (2002): *Predictive Control with Constraints*, Pearson.
193. Maggiore, M. und Passino, K. M. (2003): A Separation Principle for Non-UCO Systems: The Jet Engine Stall and Surge Example. *IEEE Transactions on Automatic Control* 48(7):1264–1269.
194. Mancilla Aguilar, J. L., García, R. A. und D'Attellis, C. E. (1996): Exact linearization of nonlinear systems: trajectory tracking with bounded controls and state constraints. *International Journal of Control* 65(3):455–467.
195. Margono, B. S. (2004): Optimierung von Bewegungsabläufen mit schwingungsfreien Endpositionen zur Verkürzung der Arbeitszyklen von Container-Schnellumschlaganlagen, Dissertation, Universität Duisburg-Essen.
196. Marquez, H. J. und Damaren, G. J. (1996): Analysis and Synthesis of Strictly Positive Real Transfer Functions, *Journal of the Franklin Institute* 333 B(2):245–256.
197. Marquez, H. J. (2003): *Nonlinear Control Systems*, Wiley & Sons.

198. Martin, P., Devasia, S. und Paden, B. (1996): A Different Look at Output Tracking: Control of a VTOL Aircraft. *Automatica* 32(1):101–107.
199. Maurer, G. F. (1995): A Fuzzy Logic Controller for an ABS Braking System. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems* 3(4):381–388.
200. Mazenc, F., de Queiroz, M. S., Malisoff, M. und Gao, F. (2006): Further Results on Active Magnetic Bearing Control with Input Saturation. *IEEE Transactions on Control Systems Technology* 14(5):914–919.
201. McMahan, J. (1978): Flight 1080. *Air Line Pilot* 47(7):6–10.
202. Meditch, J. S. (1964): On the Problem of Optimal Thrust Programming For a Lunar Soft Landing. *IEEE Transactions on Automatic Control* 9(4):477–484.
203. Michels, K., Klawonn, F., Kruse, R. und Nürnberger, A. (2002): *Fuzzy-Regelung: Grundlagen, Entwurf, Analyse*, Springer.
204. Miller, S., Kennedy, J. F., Molino, J., Emo, A., Rousseau, G., Tan, G. und Do, A. (2010): Operating Characteristics of the Segway Human Transporter. Technical Report of the U. S. Department of Transportation, No. FHWA-HRT-10-025.
205. Miri, A. M. (2000): *Ausgleichsvorgänge in Elektroenergiesystemen*, Springer.
206. Mokhtari, F., Sicard, P. und Lechevin, N. (2007): Stabilizing Winding Systems by Injection Damping Control on Control Based on Controlled Hamiltonian Systems, *IEEE Proceedings of the International Electric Machines and Drives Conference (IEMDC)*, Antalya, 95–100.
207. Marino, R. (1986): On the largest feedback linearizable subsystem. *Systems & Control Letters* 6(1): 345–351.
208. Müller, A., Marsili-Libelli, S., Aivasidis, A., Lloyd, T., Kroner, S. und Wandrey, C. (1997): Fuzzy control of disturbances in a wastewater treatment process. *Water Research* 31(12):3157–3167.
209. Mukhopadhyay, B. K. und Malik, O. P. (1972): Optimal control of synchronous-machine excitation by quasilinearisation techniques. *IEE Proceedings - Electric Power Applications* 119(1):91–98.
210. National Transportation Safety Board (1989): Aircraft Accident Report - United Airlines Flight 232, McDonnell Douglas DC-10-10, Sioux Gateway Airport, Sioux City, Iowa, July 19, 1989. Report No. NTSB/AAR-90/06.
211. Narendra, K. S. und Taylor, J. H. (1973): *Frequency Domain Criteria for Absolute Stability*, Academic Press.
212. Narendra, K. S. und Goldwyn, R. M. (1964): A Geometrical Criterion for the Stability of Certain Nonlinear Nonautonomous Systems. *IEEE Transactions on Circuit Theory* 11(3):406–408.
213. Nayfeh, A. H. und Mook, D. T. (1995): *Nonlinear Oscillations*, Wiley & Sons.
214. Newell, R. B. und Lee, P. L. (1989): *Applied Process Control: A Case Study*, Prentice Hall.
215. Nijmeijer, H. und van der Schaft, A. (1996): *Nonlinear Dynamical Control Systems*, Springer.
216. Ochi, Y. (2005): Flight control system design for propulsion-controlled aircraft. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers - Part G: Journal of Aerospace Engineering* 219(4):329–340.
217. Opitz, H.-P. (1984): Entwurf robuster, strukturvariabler Regelungssysteme mit der Hyperstabilitätstheorie, *VDI Fortschritt-Berichte, Reihe 8, Nr. 75*.
218. Opitz, H.-P. (1986): Die Hyperstabilitätstheorie - eine systematische Methode zur Analyse und Synthese nichtlinearer Systeme. *Automatisierungstechnik* 34(6):221–230.

219. Oppenheim, A. V., Schaffer, R. W. und Buck, J. R. (2004): Zeitdiskrete Signalverarbeitung, Pearson.
220. Orloff, R. W. und Harland, D. M. (2006): Apollo, Springer.
221. Ortega, R. und Garcia-Canseco, E. (2004): Interconnection and Damping Assignment Passivity-Based Control: A survey. *European Journal of Control* 10(5):432–450.
222. Ortega, R., van der Schaft, A., Maschke, B. und Escobar, G. (2002): Interconnection and damping assignment passivity-based control of port-controlled Hamiltonian systems. *Automatica* 38(4):585–596.
223. Ortega, R., van der Schaft, A., Mareels, J. und Maschke, B. (2001): Putting Energy Back in Control. *IEEE Control Systems Magazine* 21(2):18–33.
224. van Overloop, P.-J., Weijs, S. und Dijkstra, S. (2008): Multiple model predictive control on a drainage canal system. *Control Engineering Practice* 16(5):531–540.
225. Owusu, K. O., Lewis, F. L., Borovic, B. und Liu, A. Q. (2006): Nonlinear Control of a MEMS Optical Switch. *Proceedings of the 45th IEEE Conference on Decision and Control*, San Diego, 597–602.
226. Palacios-Quiñonero, F., Rubió-Massegú, J., Rossell, J. M. und Karimi, H. R. (2012): Optimal passive-damping design using a decentralized velocity-feedback H_∞ approach. *Modelling, Identification and Control* 33(3):87–97.
227. Pappas, G. J., Lygeros, J. und Godbole, D. N. (1995): Stabilization and Tracking of Feedback Linearizable Systems under Input Constraints. *IEEE Conference on Decision and Control*, New Orleans, 596–601.
228. Park, M.-H. und Won, C.-Y. (1991): Time Optimal Control for Induction Motor Servo System. *IEEE Transactions on Power Electronics* 6(3):514–524.
229. Parks, P. C. und Hahn, V. (1981): *Stabilitätstheorie*, Springer.
230. Perruquetti, W. und Barbot, J. P. (Hrsg.) (2002): *Sliding Mode Control in Engineering*, Marcel Dekker Inc.
231. Paulus, T. (2007): Integration flachheitsbasierter Regelungs- und Steuerungsverfahren in der Prozessleittechnik. *Fortschritt-Berichte VDI*, Reihe 8, Nr. 1124, VDI-Verlag.
232. Pfiffner R. und Guzella, L. (1999): Feedback Linearization Idle-Speed Control: Design and Experiments. *Kybernetika* 35(4):441–458.
233. Piechottka, U. (1989): Steuerbarkeit nichtlinearer Systeme. *Automatisierungstechnik* 37(7):268–275.
234. Плисс, В. А. (1958): Некоторые проблемы теории устойчивости в целом. Издательство Ленинградского университета (Pliss, V. A. (1958): Bestimmte Probleme in der Theorie der Stabilität dynamischer Systeme im Großen. Leningrad University Press).
235. Pliss, V. A. (1965): Certain problems in the theory of stability of motion in the whole. Englische Übersetzung der Originalarbeit [234]. Nationalbibliothek Aeronautics and Space Administration.
236. Pólya, G. (1979): *Vom Lösen mathematischer Aufgaben*, Bd.1, Birkhäuser.
237. Pólya, G. (1983): *Vom Lösen mathematischer Aufgaben*, Bd.2, Birkhäuser.
238. Popov, V. M. (1959): Criterii de stabilitate pentru sistemele neliniare de reglare automată, bazate pe utilizarea transformatei Laplace. *Studii și Cercetări de Energetică* 9(1):119–135.
239. Popov, V. M. (1959): Criterii suficiente de stabilitate asimptotică in mare pentru sistemele automate neliniare cu mai multe organe de execuție. *Studii și Cercetări de Energetică* 9(4):647–680.

240. Popov, V. M. (1960): Noi criterii de stabilitate pentru sistemele automate neliniare. *Studii și Cercetări de Energetică* 10(1):159–174.
241. Popov, V. M. (1960): Nouveaux critères de stabilité pour les systèmes automatiques nonlinéaires. Französische Übersetzung der Originalarbeit [240]. *Revue d'Électrotechnique et Énergétique* 5(1):73–88.
242. Popov, V. M. (1960): Noi criterii grafice pentru stabilitatea stării staționare a sistemelor automate neliniare. *Studii și Cercetări de Energetică* 10(3):601–612.
243. Popov, V. M. (1961): New graphical criteria for the stability of the steady state of nonlinear control systems. Englische Übersetzung der Originalarbeit [242]. *Revue d'Électrotechnique et Énergétique* 6(1):25–34.
244. Popov, V. M. (1961): Absolute Stability of Nonlinear Systems of Automatic Control. *Automation and Remote Control* 22(8):857–875.
245. Popov, V. M. (1963): The Solution of a New Stability Problem for Controlled Systems. *Automation and Remote Control* 24(1):1–23.
246. Popov, V. M. (1973): *Hyperstability of Control Systems*, Springer.
247. Powell, B. K. und Cook, J. A. (1987): Nonlinear Low Frequency Phenomenological Engine Modeling and Analysis. *IEEE Proceedings of the American Control Conference, Minneapolis*, 332–340.
248. Quin, S. J. und Badgwell, T. A. (2003): A survey of industrial model predictive control technology. *Control Engineering Practice* 11(7):733–764.
249. Rawlings, J. B. (2000): Tutorial Overview of Model Predictive Control. *IEEE Control Systems Magazine* 20(3):38–52.
250. Ray, K. S. und Majumder, D. D. (1985): Fuzzy Logic Control of a Nonlinear Multivariable Steam Generating Unit Using Decoupling Theory. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics* 15(4):539–558.
251. Rothfuß, R. (1997): Anwendung der flachheitsbasierten Analyse und Regelung nichtlinearer Mehrgrößensysteme. *Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 8, Nr. 664*, VDI-Verlag.
252. Rothfuß, R., Rudolph, J. und Zeitz, M. (1997): Flachheit: Ein neuer Zugang zur Steuerung und Regelung nichtlinearer Systeme. *Automatisierungstechnik* 45(11):517–525.
253. Rouche, N., Habets, P. und Laloy, M. (1977): *Stability Theory by Liapunov's Direct Method*, Springer.
254. Rubio, F. R., Camacho, E. F. und Berenguel, M. (2006): Control de Campos de Colectores Solares. *Revista iberoamericana de automática e informática industrial* 3(4):26–45.
255. Rudolph, J. (2003): Beiträge zur flachheitsbasierten Regelung linearer und nichtlinearer Systeme endlicher und unendlicher Dimension, Shaker.
256. Rugh, W. J. und Shamma, J. S. (2000): Research on gain scheduling. *Automatica* 36(10):1401–1425.
257. Sabanovic, A., Fridman, L. M. und Spurgeon, S. K. (Hrsg.) (2004): *Variable Structure Systems: From Principles to Implementation*, The Institution of Engineering and Technology (IET).
258. Sadegh, N, Finney, J. D. und Heck, B. S. (1997): An explicit method for computing the positive real lemma matrices. *International Journal of Robust and Nonlinear Control* 7(12):1057–1069.
259. Sastry, S. (1999): *Nonlinear Systems: Analysis, Stability and Control*, Springer.
260. Schulz von Thun, F. (2008): *Miteinander reden 1: Störungen und Klärungen*, Rowohlt.

261. Schwarz, H. (1991): Nichtlineare Regelungssysteme, R. Oldenbourg.
262. Schwefel, H.-P. (1977): Numerische Optimierung von Computer-Modellen mittels der Evolutionsstrategie, Birkhäuser.
263. Scolaert, P. O. M., Mayne, D. Q. und Rawlings, J. B. (1999): Suboptimal Model Predictive Control (Feasibility Implies Stability). *IEEE Transactions on Automatic Control* 44(3):648–654.
264. Scott, M. (1986): Time/fuel optimal control of constrained linear discrete systems. *Automatica* 22(6):711–715.
265. Seibert, P. und Suarez, R. (1990): Global stabilization of nonlinear cascade systems. *Systems & Control Letters* 14(4):347–352.
266. Sepulchre, R., Janković, M. und Kokotović, P. V. (1997): *Constructive Nonlinear Control*, Springer.
267. Serrarens, A. F. A., von de Molengraft, J. J. K. und von den Steen, L. (1998): H_∞ Control for suppressing stickslip in oil well drillstrings. *IEEE Control Systems Magazine* 18(2):19–30.
268. Shampine, L. F. und Gordon, M. K. (1984): *Computer-Lösungen gewöhnlicher Differentialgleichungen: das Anfangswertproblem*, Vieweg.
269. Singer, J., Wang, Y.-Z. und Bau, H. H. (1991): Controlling a Chaotic System. *Physical Review Letters* 66(9):1123–1125.
270. Sira-Ramírez, H. und Agrawal, S. K. (2004): *Differentially Flat Systems*, Marcel Dekker.
271. Sira-Ramírez, H. (1989): Nonlinear Variable Structure Systems in Sliding Mode: The General Case. *IEEE Transactions on Automatic Control* 34(11): 1186–1188.
272. Sira-Ramírez, H. (1998): A general canonical form for feedback passivity of non-linear systems. *International Journal of Control* 71(5): 891–905.
273. Slotine, J.-J. E. und Li, W. (1991): *Applied nonlinear Control*, Prentice-Hall.
274. Sofrony, J. (2009): *Anti-windup Compensation of Input Constrained Systems: Synthesis using Riccati Equations*, VDM Verlag.
275. Sommer, R. (1980): Zusammenhang zwischen dem Entkopplungs- und dem Polvorgabeverfahren für nichtlineare, zeitvariante Mehrgrößensysteme. *Regelungstechnik* 28(7):232–236.
276. Sommer, R. (1980): Ein hinreichendes Kriterium für die Steuerbarkeit einer Klasse nichtlinearer, zeitvarianter Systeme. *Regelungstechnik* 28(1):30–31.
277. Sommer, R. (1980): Control design for multivariable nonlinear time-varying systems. *International Journal of Control* 31(5):883–891.
278. Sontag, E. D. (1998): *Mathematical Control Theory*, Springer.
279. Sontag, E. D. und Wang, Y. (1995): On characterizations of the input-to-state stability property. *Systems & Control Letters* 24(5):351–359.
280. Sontag, E. D. und Wang, Y. (1999): Notions of input to output stability. *Systems & Control Letters* 38(4-5):235–248.
281. Spencer, B. F. und Nagarajaiah, S. (2003): State of the Art of Structural Control. *Journal of Structural Engineering* 129(7):845–856.
282. Stelzner, P. (1987): *Spatförmige Ljapunov-Funktionen und ihre Anwendungen in der Regelungstechnik*, Dissertation, Universität Dortmund.
283. Stephani, H. (1994): *Differentialgleichungen: Symmetrien und Lösungsmethoden*. Spektrum, Akademischer Verlag.
284. Stoer, J. und Burlisch, R. (2012): *Numerische Mathematik 2*, Springer.
285. Ström, T. (1975) On logarithmic norms. *SIAM Journal on Numerical Analysis* 12(5):741–753

286. Strogatz, S. H. (2001): *Nonlinear Dynamics and Chaos*, Westview Press Inc.
287. Strubecker, K. (1984): *Einführung in die höhere Mathematik*. Band IV, R. Oldenbourg.
288. Sun, Y. und Peng, J. (2002): A New Lyapunov Function for Transient Stability Analysis of Power Systems with Emergency Control. *Proceedings of the IEEE International Conference on Power System Technology (PowerCon 2002)* 3:1540–1544, Kunming.
289. Symans, M. D. und Constantinou, M. C. (1997): Experimental Testing and Analytical Modeling of Semi-Active Fluid Dampers for Seismic Protection. *Journal of Intelligent Material Systems and Structures* 8(8):644–657.
290. Symans, M. D. und Constantinou, M. C. (1999): Semi-active control systems for seismic protection of structures: a state-of-the-art review. *Engineering Structures* 21(6):469–487.
291. Takagi, H. (1992): Application of neural networks and fuzzy logic to consumer products. *Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Electronics, Control, Instrumentation, and Automation* 3:1629–1633, San Diego.
292. Tan, S.-C., Lai, Y. M., Cheung, M. K. H. und Tse, C. K. (2005): On the Practical Design of a Sliding Mode Voltage Controlled Buck Converter. *IEEE Transactions on Power Electronics* 20(2):425–437.
293. Tao, G. und Ioannou, P. A. (1988): Strictly Positive Real Matrices and the Lefschetz-Kalman-Yakubovich Lemma. *IEEE Transactions on Automatic Control* 33(12):1183–1185.
294. Tarbouriech, S., Garcia, G., Gomes da Silva, J. M. und Queinnec, J. (2011): *Stability and Stabilization of Linear Systems with Saturating Actuators*, Springer.
295. Taylor, J. H. (1974): Strictly Positive-Real Functions and the Lefschetz-Kalman-Yakubovich (LKY) Lemma, *IEEE Transactions on Circuits and Systems* 21(2):310–311.
296. Terano, T., Asai, K. und Sugeno, M. (1994): *Applied Fuzzy Systems*, Academic Press.
297. Terrel, W. J. (2009): *Stability and Stabilization: An Introduction*, Princeton University Press.
298. Thompson, J. M. T. und Bishop, S. R. (Hrsg.) (1994): *Nonlinearity and Chaos in Engineering Dynamics*, Wiley & Sons.
299. Tolle, H. (1975): *Optimization Methods*, Springer.
300. Tolle, H. (1985): *Mehrgrößen-Regelkreissynthese, Band II: Entwurf im Zustandsraum*, R. Oldenbourg.
301. Tracht, R. (1990): Ein Verfahren zur Berechnung von optimalen Steuerfolgen für lineare Abtastsysteme mit konvexen Beschränkungen. *Automatisierungstechnik* 38(4):143–148.
302. Tsiotras, P. und Wilson, B. C. (2003): Zero- and Low- Bias Control Designs for Active Magnetic Bearings. *IEEE Transactions on Control Systems Technology* 11(6):889–904.
303. Tsympkin, Ya. S. (1964): A criterion for absolute stability of automatic pulse systems with monotonic characteristics of the nonlinear element. *Soviet Physics-Doklady* 9(4):262–266.
304. Tsympkin, Ya. S. (1964): Frequency Criteria for the Absolute Stability of Nonlinear Sampled-Data Systems. *Automation and Remote Control* 25(3):261–267.

305. Turner, M. C. und Bates, D. G. (Hrsg.) (2007): *Mathematical Methods for Robust and Nonlinear Control*, Springer.
306. Tyagunov, A. A. (2004): *High-Performance Model Predictive Control for Process Industry*, Dissertation, Technische Universität Eindhoven.
307. Unbehauen R. (1998): *Systemtheorie*, Bd. 2, R. Oldenbourg.
308. Utkin, V. I. (1992): *Sliding Modes in Control and Optimization*, Springer.
309. Verbruggen, H. B. und Babuška, R. (Hrsg.) (1999): *Fuzzy Logic Control: Advances in Applications*, World Scientific.
310. Vidyasagar, M. (2002): *Nonlinear Systems Analysis*, Society for Industrial & Applied Mathematics.
311. Vidyasagar, M. (1980): Decomposition Techniques for Large-Scale Systems with Nonadditive Interactions: Stability and Stabilization. *IEEE Transactions on Automatic Control* 25(4):773–779.
312. Voigt, C. und Adamy, J. (2007): *Formelsammlung der Matrizenrechnung*, R. Oldenbourg.
313. Waita, H., Hamaya, K. und Gomi, H. (2009): Inverted Pendulum - type vehicle. U. S. Patent 2011/0067943A1.
314. Waldherr, S. und Zeitz, M. (2008): Conditions for the existence of a flat input. *International Journal of Control* 81(3):439–443.
315. Wang, J. und Rugh, W. (1987): Feedback Linearization Families for Nonlinear Systems. *IEEE Transactions on Automatic Control* 32(10):935–940.
316. Wang, Y., Singer, J. und Bau, H. H. (1992): Controlling chaos in a thermal convection loop. *Journal of Fluid Mechanics* 237:479–498.
317. Weerasooriya, S., Low, T. S. und Huang, Y. H. (1994): Adaptive Time Optimal Control of a Disk Drive Actuator. *IEEE Transactions on Magnetics* 30(6):4224–4226.
318. Weinberg, L. und Slepian, P. (1960): Positive real matrices. *Indiana University Mathematics Journal* 9(1):71–83.
319. Wen, J. T. (1988): Time Domain and Frequency Domain Conditions for Strict Positive Realness. *IEEE Transactions on Automatic Control* 33(10):988–922.
320. Wey, T. (2002): *Nichtlineare Regelungssysteme: Ein differentialalgebraischer Ansatz*, Teubner.
321. Willems, J. G., (1972): Dissipative dynamical systems: Part II: Linear Systems with quadratic supply rates. *Archive for Rational Mechanics and Analysis* 45(5):352–393.
322. Wredenhagen, G. F. und Bélanger, P. R. (1994): Piecewise-linear LQ control for systems with input constraints. *Automatica* 30(3):403–416.
323. Yankulova, D. und Adamy, J. (2008): LMI-Entwurf schneller Regler mit impliziten Ljapunov-Funktionen. *Automatisierungstechnik* 56(12):636–643.
324. Ying, Y., Rao, M. und Sun, Y. (1992): Bilinear control strategy for paper-making process. *Chemical Engineering Communications* 111(1):13–28.
325. Youbin, P., Vrancic, D. und Hanus, R. (1996): Anti-Windup, Bumpless, and Conditioned Transfer Techniques for PID Controllers. *IEEE Control Systems Magazine* 16(4):48–57.
326. Yulin, X. (2009): Modeling and LPV Control of Web Winding System with Sinusoidal Tension Disturbance. *IEEE Proceedings of the Chinese Control Conference (CCDC)*, Guilin, 3815–3820.
327. Zaccarian, L. und Teel, A. R. (2011): *Modern Anti-Windup Synthesis: Control Augmentation for Actuator Saturation*, Princeton University Press.

328. Zadeh, L. A. (1965): Fuzzy Sets. *Information and Control* 8(3):338–353.
329. Zames, G. (1966): On the Input-Output Stability of Time-Varying Nonlinear Feedback Systems-Part I: Conditions Derived Using Concepts of Loop Gain, Conicity, and Positivity. *IEEE Transactions on Automatic Control* 11(2):228–238.
330. Zames, G. (1966): On the Input-Output Stability of Time-Varying Nonlinear Feedback Systems-Part II: Conditions Involving Circles in the Frequency Plane and Sector Nonlinearities. *IEEE Transactions on Automatic Control* 11(3):465–476.
331. Zeitz, M. (1977): Nichtlineare Beobachter für chemische Reaktoren, VDI Fortschritt-Berichte, Reihe 8, Nr. 27, VDI-Verlag.
332. Zeitz, M. (2014): Minimalphasigkeit – keine relevante Eigenschaft für die Regelungstechnik! *Automatisierungstechnik* 62(1):3–10
333. Zeitz, M. (2010): Differenzielle Flachheit: Eine nützliche Methodik auch für lineare SISO-Systeme. *Automatisierungstechnik* 58(1):5–13.
334. Zhang, H. und Liu, D. (2006): *Fuzzy Modeling and Fuzzy Control*, Birkhäuser.
335. Zhao, Z.-Y., Tomizuka, M. und Isaka, S. (1993): Fuzzy Gain Scheduling of PID Controllers. *IEEE Transactions on System, Man & Cybernetics* 23(5):1392–1398.
336. Zhou, J. und Wen, C. (2008): *Adaptive Backstepping Control of Uncertain Systems: Nonsmooth Nonlinearities, Interactions of Time-Variations*, Springer.
337. Zypkin, Ja. S. (1963): Die absolute Stabilität nichtlinearer Impulsregelsysteme. *Regelungstechnik* 11(4):145–148, sowie S. 224.
338. Zypkin, Ja. S. (1981): *Grundlagen der Theorie automatischer Systeme*. R. Oldenbourg.

Sachverzeichnis

- ABS-Bremssystem, 495
- Abscheider, 437
- abschnittweise linearer Regler, 255
- Abstandsregelung, 497
- Ackermann-Formel
 - nichtlineare, 292
- ad-Operator, 339
- Adams-Bashforth
 - Verfahren von, 36, 37
- Adams-Moulton
 - Verfahren von, 37
- Aggregation, **488**, 494, 498
- Aisermans Vermutung, 71
- Akkumulation, **490**, 494, 498
- algebraische Summe, 488
- algebraisches Produkt, 488
- Annihilatormatrix, 476, 481
- Antiwindup, **223**, 285
 - allgemeines, 235
 - für PID-Regler, 225
- Apollo-Mission, 305
- Asynchronmaschine, 212
 - doppeltgespeist, 212
- Attraktionsgebiet, 94
- Attraktivität, 13
 - globale, 13
 - lokale, 13
- Ausgang
 - flach, *siehe* flacher Ausgang
 - linearisierender, *siehe*
 - linearisierender Ausgang
- Ausgangsvektor, 2, 25, 187, 421
- Autofokussteuerung, 495
- Automobil, *siehe* Kraftfahrzeug
- autonomes System, **3**, 26, 207, 381, 384, 391, 505, 511
- Autopilot, 4, 155, 270, 369
- Backstepping, **400**, 413
 - einfaches, 403
- Barbashin und Krasovskii
 - Stabilitätssatz von, **87**, 103, 109, 389, 475
- Barrierefunktion, 439
- Begleitmatrix, 207
- Begrenzungsglied, 45, 46, 54, 57, 108, 223, 231, 255, 264, 286, 392
- Beispiel
 - Abstandsregelung, 497
 - Balancierendes Fahrzeug, 137
 - Bioreaktor, 526
 - Bohrturm, 343
 - chemischer Reaktor, 544
 - Containerkran, 259
 - Dampferzeuger, 184
 - DC-DC-Wandler, 447
 - Doppelpendel, 23
 - Eindampfanlage, 437
 - Entwässerungssystem, 427

- Flugzeugsteuerung, 366
- Flugzeugtriebwerk, 534
- Fluidsystem, 411
- Fremderregte
 - Gleichstrommaschine, 143
- Gebäudeschwingungen, 459
- Gleichstrommotor, 226
- Helikopter, 270
- Industrieroboter, 168
- Kraftwerk, 394
- Magnetlager, 294
- Marktmodell, 385
- Materialbahntransport, 118
- Mondlandefähre, 305
- Mutualismus, 97
- optischer Schalter, 453
- Papiermaschine, 479
- Park-Transformation, 212
- PKW mit Anhänger, 179
- Pneumatikmotor, 376
- Rakete, 354
- Satellit, 6
- Schiffsregelung, 72
- Servolenksystem, 60
- Solkraftwerk, 281
- Synchrongenerator, 509
- U-Boot, 247
- Verbrennungsmotor, 334
- VTOL-Flugzeug, 194
- Benzinmotor, 334
- beobachtbar, 126
- Beobachtbarkeit, **503**, 504, 511
 - allgemeiner nichtlinearer Systeme, 511
 - autonomer Systeme, 507, 511
 - ingangslinärer Systeme, 301, 308, 516
 - globale, 506
 - linearer Systeme, 200, 318, 322, 508
 - lokale, 506
 - schwache, 505, 512
- Beobachtbarkeitsmatrix, 384, 508, 512
- Beobachtbarkeitsnormalform, 537, 542
 - nichtlineare, 513, 518, 546
- Beobachter, 229, 303, 419
 - Entwurf mittels Linearisierung, **521**, 527, 532
 - für eingangslinäre Systeme, 303, **548**
 - linearer, 504
 - mit High-gain, **537**, 547
 - reduzierter, 232
 - von Luenberger, **519**, 521, 524, 530, 538
- Beobachterfehler, 521, 530, 540
- Beschleunigungsregelkreis, 497
- Beschreibungsfunktion, 48
- BIBO-Stabilität, 18
- Bimetall, 4, 51, 237
- Bioreaktor, 526
- Bohrturm, 343
- Braunkohlekraftwerk, 395
- Brunovský-Normalform, **167**, **338**, 342, 347, 349, 372, 538, 550
- Byrnes-Isidori-Normalform, **300**, 315, 329
- Chaos, **22**, 26, 411
- charakteristisches Polynom, 39, 202, 221, 229, 234, 318, 375, 446, 456, 523, 527, 539
- chemische Prozessindustrie, 273, 417
- COA-Defuzzifizierung, **493**, 499
- Containerkran, 259
- Control-Ljapunov-Funktion, **388**, 398, 400, 403
- COS-Defuzzifizierung, **494**, 498
- Dämpfung, 236, 454
- Dampferzeuger, 184
- DC-DC-Wandler, 447
- Definition
 - 1 (Ruhelage), 5
 - 2 (Attraktivität), 13
 - 3 (Stabilität im Sinne von Ljapunov), 13

- 4 (Asymptotische Stabilität), 14
 5 (Einzugsgebiet), 14
 6 (Eingangs-Zustands-Stabilität), 15
 7 (Eingangs-Ausgangs-Stabilität), 18
 8 (Stabilität von Ruhelagen zeitdiskreter Systeme), 25
 9 (Absolute Stabilität), 64
 10 (Grenzstabilität), 65
 11 (Invariante Menge), 101
 12 (Positiv invariante Menge), 101
 13 (Positive und negative Semidefinitheit), 107
 14 (Passivität, strenge Passivität und Verlustfreiheit), 107
 15 (Positive Reellheit von Übertragungsfunktionen), 121
 16 (Positive Reellheit von Übertragungsmatrizen), 124
 17 (Steuerbarkeit), 155
 19 (Omnidirektionale Steuerbarkeit), 159
 18 (Proxime Steuerbarkeit), 158
 20 (Globale Steuerbarkeit), 162
 21 (Lokale Steuerbarkeit), 163
 22 (Flachheit), 188
 24 (Exakte Zustandslinearisierbarkeit), 338
 23 (Vektorieller relativer Grad von MIMO-Systemen), 328
 26 (Erweiterte Control-Ljapunov-Funktion), 389
 25 (Control-Ljapunov-Funktion), 389
 27 (Nullzustandsermittelbarkeit), 459
 28 (Fuzzy-Menge), 485
 29 (Fuzzy-Und und Fuzzy-Oder), 487
 30 (Beobachtbarkeit), 504
 31 (Schwache Beobachtbarkeit), 505
 Defuzzifizierung, **484**, 494, 498
 Delfland, 428
 deterministisch, 23
 Diffeomorphismus, 166, **208**, 290, 298, 315, 329, 338, 342, 347, 352, 353, 374, 379, 468, 517, 546
 Differenzgleichung, 25, 26, 39
 differenziell flach, 189
 differenziell unabhängig, 190, 192, 206
 Differenzordnung, *siehe auch* relativer Grad
 Doppelpendel, 23
 Dreipunktglied, 46, 53, 108, 483
 mit Hysterese, 56
 driftfrei, **172**, 179
 Dual-mode-MPR, 435
 Dual-mode-Regler, 435
 E/A-Stabilität, *siehe* Eingangs-Ausgangs-Stabilität
 E/Z-Stabilität, *siehe* Eingangs-Zustands-Stabilität
 Eigenwertplatzierung, 256
 Eindampfanlage, 437
 Eingangs-Ausgangs-Stabilität, 18
 Eingangs-Zustands-Stabilität, 15
 eingangsaffines System, *siehe* eingangslineares System
 eingangsgesteuert, 136, 141
 eingangslineares System, 164, 179, 182, 203, 208, 219, **287**, 391, 400, 452, 473, 517, 548
 ohne Eigendynamik, 172
 Eingangsvektor, 2, 25
 Eingrößensystem, *siehe* SISO-System
 Einschnittverfahren, 33
 Einzugsgebiet, **14**, **94**, 268
 kreisförmiges, 100
 maximales, 94
 Elektromagnet, 294
 Energieversorgungsnetz, 394
 Entkopplungsmatrix, **328**, 351, 474
 Entwässerungssystem, 427
 Erreichbarkeitsmenge, 157, 159, 163
 Euler'sche Kreiselgleichungen, 8
 Euler-Cauchy

- implizites Verfahren von, 42
- verbessertes Verfahren von, 30
- Verfahren von, **27**, 32, 33, 439
- Everglades, 427
- exakte Linearisierung, **287**, 296, 400, 452, 549
 - allgemeiner Systeme, 310
 - linearer Systeme, 314
 - von MIMO-Systemen, 325
- exakte Zustandslinearisierung, **338**, 371
- exakte Zustandslinearisierung von MIMO-Systemen, **349**
- exakte Zustandslinearisierung von SISO-Systemen, **337**
- externe Dynamik, **300**, 471
 - linearer Systeme, 318, 469
 - von MIMO-Systemen, 332
- Feder-Masse-System, 131, 142, 151
- Fehlerordnung, 29
- Feldbaum
 - Satz von, 238
- fiktiver flacher Ausgang, **188**, 198, 357, 360, 362
- Filippov
 - Methode von, 445
- Flächenschwerpunkt, 493
- flache Koordinaten, 192, 193
- flacher Ausgang, **188**, 192, 207, 359, 369, 384
 - der nichtlinearen Regelungsnormform, 203
 - fiktiver, *siehe* fiktiver flacher Ausgang
 - linearer Systeme, 199
 - realer, *siehe* realer flacher Ausgang
 - zustandslinearisierbarer Systeme, 353
- flacher Eingang, 380
- Flachheit, **187**
 - exakt zustandslinearisierbarer MIMO-Systeme, 354
 - exakt zustandslinearisierbarer Systeme, 353
 - global, 189
 - lokal, 189
- flachheitsbasierte Folgeregelung, **376**, 379
- flachheitsbasierte Regelung, 371
- flachheitsbasierte Steuerung, 364
- Flachheitsnormalform, 202
- Flugregelung, 270, 273, 280
- Flugzeug, 194, 366
- Flugzeugsteuerung
 - triebwerkbasierter, 366
- Flugzeugtriebwerk, 534
- Fluiddämpfer, 459
- Fluidsystem, 411
- Fourier-Reihe, 47
- freies System, 13, 400
- Fuzzifizierung, **484**, 486, 494
- Fuzzy-Control, **483**, 495
- Fuzzy-Logik, 484
- Fuzzy-Menge, 485
- Fuzzy-Regler, 494, 497, 500
- Fuzzy-System, 494
- Gain-scheduling-Regler, **273**, 283
- Gao und Hung
 - Ansatz von, **444**, 455
- Gasturbine, 535
- Gauß-Funktion, 277, 285, 486
- Gear
 - Verfahren von, 42
- Generator, 212
- Geradenbedingung für Flachheit, 205
- gewichteter Mittelwert, 277, 285
- Gleichstrommotor, 226
 - fremderregt, 143
- Gleichstromsteller, 447
- gleitender Horizont, 419
- Gleitzustand, **20**, 253, 390, 392, 442, 450, 456
- Gleitzustandsregler, 22, **440**, 448, 452
- Grenzstabilität, **65**, 66, 71, 73
- Grenzzyklus, **18**, 26, **46**, 57, 101, 434
 - eines Servolenksystems, 63
 - instabil, 20, **57**

- semistabil, 20, **57**
- stabil, 20, **57**
- Gütefunktion, *siehe* Gütemaß
- Gütemaß, 256, 418, 423, 432, 439

- Halbschrittverfahren, 31
- Hamilton-Funktion, 132, 139
- Hamilton-Gleichungen, **132**, 139
- Hamilton-Normalform, 132
- Hamilton-System, 475
 - dissipatives, 141
 - eingangsgesteuertes, 136
 - lineares, 146
 - lineares dissipatives, 151
 - verlustfreies, 130
- harmonische Balance, **45**, 83
- harmonischer Oszillator, 10, 14, 20
- Helikopter, 270
- hermitesche Matrix, 124
- Heun
 - Verfahren von, **31**, 33
- High-gain-Beobachter, **537**, 547
 - für eingangslinere Systeme, 548
- hochfrequentes Schalten, 441, 448
- Hooke und Jeeves
 - Optimierungsverfahren von, 439
- Hu und Lin
 - Stabilitätssatz von, 268
- Hurwitz-Sektor, 65, 71, 72
- Hydraulikzylinder, 462
- Hyperstabilität, 121
- Hysterese, 4, 51, 56, 237

- Implikation, **489**, 494, 498
- implizite Funktion, 183, 508
- implizite Gleichung, 5, 32, 311, 361
- Industrieroboter, 130, 133, **168**, 191
- Inferenz, 484, **487**, 491
- Infimum, 388
- instabil, 10
- Instabilitätssatz, 105
- Integrationsverfahren, **27**, 534
 - Stabilität von, 38
- Integrationszeit, 29

- Integrator-Backstepping, *siehe*
 - Backstepping
- interne Dynamik, **298**, 301, 307, 328, 333, 470
 - linearer Systeme, 314, 318, 469
 - von MIMO-Systemen, 332
- Interpolationsfunktion, 32
- invariante Menge, 103
- Invarianzprinzip von LaSalle, **101**
- involutiv, **341**, 350, 357
- Involutivitätsbedingung, 342
- Iterationsgleichung, 25

- Jacobi-Identität, 340
- Jacobi-Matrix, 183, 208, 220, 298, 383, 507, 508, 516, 527, 532, 544, 551
- Jordan-Normalform, 221

- Kalman-Filter
 - erweitertes, **530**, 535
 - lineares, 530
- Kalman-Jakubovich-Popov-Gleichungen (KJP-Gleichungen), **115**, 125, 148, 468
- Kalman-Jakubovich-Popov-Lemma, 150
- Kanalsystem, 427
- Karnaugh-Diagramm, 490
- Kennfeld, 457
- Kennfeldregler, 457
- Kennlinie
 - Begrenzungsglied, 46, 54, 62, 223, 231, 255
 - Dreipunktglied, 53
 - Dreipunktglied mit Hysterese, 56
 - Hysterese, 51, 56, 237
 - Lose, 52, 55
 - Polygonzug, 57
 - Potenz, 54
 - Totzone, 54, 225
 - trockene Reibung, 55
 - Vorlast, 53
 - Wurzel, 55
 - Zweipunktglied, 53

- Kettenfahrzeug, 162
 KJP-Gleichungen, *siehe* Kalman-Jakubovich-Popov-Gleichungen
 Kläranlage, 495
 Kompressor, 534
 Kondensator, 437
 Konklusion, 488
 Kontrollbeobachter, 229
 Konvergenzordnung, 29
 Koordinatentransformation, **207**, 290, 298, 402, 413, 508, 516, 538, 543, 544, 546, 548, 551
 Kovarianzmatrix, 530, 532, 536
 Kraftfahrzeug, 60, 162, 179, 497
 Kraftwerk, 281, 394
 Kran, 130, 259
 Kreiskriterium, 76, 83
- Lagrange'sche Multiplikatormethode, 256
 Lagrange-Funktion, 130, 134, 138, **168**, 191
 Lagrange-Gleichungen, **130**, 140, 168, 191
 Laplace-Übertragungsfunktion, 45
 Lenkrad, 61
 Lenksystem, 60
 Leverrier-Faddejew-Souriau-Frame-Gleichung, 314
 Lichtwellenleiter, 453
 Lie-Bäcklund-Transformation, **192**
 Lie-Derivierte, **288**, 296, 325, 339, 371, 452, 468, 506, 518, 549
 Lie-Klammer, **177**, 181, 339, 341, 347, 350, 356
 verschachtelte, 339
 linear-quadratischer Regler, 256
 lineare Matrixungleichung, 269
 linearisierender Ausgang, **339**, 347, 350, 351, 371, 378
 Linearisierungsfamilie
 parametrierte, **275**, 283
 linguistische Variable, **484**, 496
 linguistischer Wert, **484**, 496, 498
 Lipschitz-Bedingung, 520
 lipschitzstetig, 520
 Ljapunov
 -Funktion, **86**, 99, 108, 141, 190, 388, 400, 408, 409, 433
 -Funktion, quadratische, 90
 -Gebiet, **95**, 101, 256, 262, 435
 -Gebiet, ellipsoides, 265
 -Gebiete, geschachtelt, 257
 -Gleichung, **91**, 256
 -Gleichung, diskrete, 92
 direkte Methode von, 83
 erste Methode von, 93
 indirekte Methode von, 93
 Methode der ersten Näherung, 93
 Stabilitätssatz von, **85**, 109
 zweite Methode von, 85
 Logik
 Boole'sche, 483
 klassische, 484
 Lorenz-Gleichungen, 412
 Lose, 52, 55
 Lotka-Volterra-Gleichungen, 97
 Luenberger-Beobachter, **519**, 521, 524, 530, 538
 für nichtlineare Regelkreise, 520
- Magnetlager, 294
 Marktmodell, 385
 Materialbahntransport, 118
 max-Operator, 488, 498
 Maximum-Prinzip, 237
 mechatronisches System, 273
 Mehrgrößensystem, *siehe* MIMO-System
 Mehrkörpersysteme, 130
 Mehrschrittverfahren, 36
 mikro-elektro-mechanisches System (MEMS), 453
 MIMO-System, **3**, 114, 123, 129, 166, 189, 205, 269, 325, 328, 349, 354, 376, 453, 473
 min-Operator, 488
 minimalphasig, 319, *siehe* phasenminimal

- modellbasierte prädiktive Regelung, **417**
 lineare (LMPR), 420
 mit Beschränkungen, 425
 mit Dual-Mode, 435
 nichtlineare (NMPR), 431
 Stabilität, 432, 436, 439
- Mondlandefähre, 305
- Moore-Greitzer-Gleichungen, 535
- Motorrad, 162
- Mutualismus, 97
- NASA, 305
- negativ definit, 107
- negativ semidefinit, 107
- Nulldynamik, **319**, 323, 470
- Nullzustandsermittelbarkeit, 459
- Nyquist-Kriterium, 59, 80
- Oder-Verknüpfung
 Boole'sche, 487
 in der Fuzzy-Logik, 487, 488
- optischer Schalter, 453
- Ortskurve, 78
- P-Regler, 73, 224, 252, 279
- Papiermaschine, 479, 495
- Parameteroptimierung, 263, 432
- Park-Transformation, 212
- partielle Differenzialgleichung, 299
- passives System, 457
- Passivierbarkeit linearer Systeme, 472
- Passivierung, 467
- Passivität, 106
 eines statischen Systems, 108
 linearer Systeme, **113**, 470
 strenge, **107**, 110, 129, 458
 verbundener Systeme, **111**
- passivitätsbasierte Regelung, 457
 mit IDA, 474
- Passivitätsnormalform, **141**, 151
- Passivitätsungleichung, 114, 120,
 135, 141, 149, 462, 463, 471
- PCH-System, **136**, 146
- PCHD-System, **141**, 474
- PD-Regler, 61, 224
- phasenminimal, **319**
 schwach, 319
- PI-Regler, 228, 284
 mit Antiwindup, 228
- PID-Regler, 275
 mit Antiwindup, 224
- PKW mit Anhänger, 179
- Pneumatikmotor, 376
- Polarkoordinaten, 100
- Polradwinkel, 395, 509
- Polygonzug, 57, 492, 493
- Pontrjagin
 Maximum-Prinzip von, 237
- Popov
 -Gerade, 68
 -Kriterium, **65**, 73, 76, 80, 82, 83,
 236
 -Ortskurve, 69, 78
 -Sektor, 70
 -Ungleichung, 66
- positiv definit, 85, **107**
- positiv invariante Menge, 95, **101**
- positiv reell, **121**, 129
- positiv semidefinit, 107
- Potenzkennlinie, 54
- Prädiktionshorizont, **418**, 429, 439
- Prädiktor-Korrektor-Verfahren, 32,
37
- Prämisse, 487
- Prandtl-Zahl, 412
- proxim, 182
- Pseudoinverse, 477
- Pulsweitenmodulation (PWM), 447
- QP-Verfahren, 427
- quadratische Form, 90, 427
- quadratische Programmierung, 427
- quadratisches Optimierungsproblem,
 427
- Querstrahlruder, 160
- radial unbeschränkt, **86**, 96
- Räuber-Beute-Beziehung, 97

- Raffinerie, 417
 Rakete, 354
 Rattern, *siehe* hochfrequentes Schalten
 Rauschprozess, 530
 Rayleigh-Zahl, 412
 realer flacher Ausgang, **188**, 359, 380
 Regelbasis
 in Matrixform, 490
 in Tabellenform, 490
 Regelungsform
 nichtlineare, 372, 373
 Regelungsnormalform, 208
 lineare, 199, 202, 289, 364, 445, 446
 nichtlineare, **165**, 205, 287, 328, 337, 352, 383, 452
 Rekursionsgleichung, 27
 relativer Grad, **290**, 297, 304, 314, 321, 328, 337, 341, 452, 470, 516, 549, 551
 vektorieller, **328**, 352, 474
 wohldefinierter, 293, 304, 307, 328
 Riccati-Differenzialgleichung, 532
 Riccati-Gleichung, 532
 Robustheit, 22, 322, 400, 440, 443, 446, 456
 Routh-Kriterium, 65
 Rücktransformation, 210, 543
 Rührkesselreaktor, 544
 Ruhelage, 101
 asymptotisch stabile, **14**, 91, 93, 103, 109, 142, 268, 403, 404, 413, 520, 521
 eines linearen Systems, 9
 eines nichtlinearen Systems, 4
 global asymptotisch stabile, **14**, 64, 86, 110, 388, 389, 391, 392, 520
 stabil im Sinne von Ljapunov, **13**, 109
 Rundungsfehler, 30
 Runge-Kutta-Verfahren, **33**, 362, 432, 534
- Sättigungskennlinie, *siehe* Begrenzungsglied
 Sättigungsregler, **264**, 271, 520
 Satellit, 6, 130
 Satz
 1 (Eingangs-Zustands-Stabilität linearer Systeme), 17
 2 (Eingangs-Ausgangs-Stabilität linearer Systeme), 18
 3 (Popov-Kriterium), 66
 4 (Kreiskriterium für stabile Systeme), 77
 5 (Allgemeines Kreiskriterium), 78
 6 (Einfaches Zypkin-Kriterium), 81
 7 (Allgemeines Zypkin-Kriterium), 82
 8 (Direkte Methode von Ljapunov), 85
 9 (Satz von Barbashin und Krasovskii), 87
 10 (Ljapunov-Gleichung), 91
 11 (Indirekte Methode von Ljapunov), 93
 12 (Einzugsgebiet), 95
 13 (Invarianzprinzip von LaSalle), 102
 14 (Instabilitätssatz), 105
 15 (Stabilität passiver Systeme), 109
 16 (Asymptotische Stabilität passiver Systeme), 110
 17 (Asymptotische Stabilität streng passiver Systeme), 110
 18 (Parallelschaltung passiver Systeme), 112
 19 (Regelkreis mit passiven Teilsystemen), 113
 20 (Passivitätssatz für lineare Systeme), 115
 21 (Passivität und die KJP-Gleichungen), 116
 23 (Positiv reelle Übertragungsfunktionen I), 122
 22 (Strenge Passivität und die KJP-Gleichungen), 117

- 24 (Positiv reelle Übertragungsfunktionen II), 122
- 25 (Streng positiv reelle Übertragungsfunktionen), 123
- 26 (Notwendige Bedingungen für positive Reellheit), 123
- 27 (Positiv reelle Übertragungsmatrizen), 124
- 28 (Streng positiv reelle Übertragungsmatrizen), 125
- 29 (Positive Reellheit und die KJP-Gleichungen), 127
- 30 (Strenge positive Reellheit und die KJP-Gleichungen), 128
- 31 (Passivität und positive Reellheit), 129
- 32 (Strenge Passivität und strenge positive Reellheit), 129
- 34 (Stabilität von PCHD-Systemen), 142
- 33 (Satz von Corless und Shorten), 130
- 35 (Lineare PCH-Systeme), 148
- 36 (Lineare PCHD-Systeme), 151
- 37 (Steuerbarkeit und proxime Steuerbarkeit), 158
- 38 (Proxime und omnidirektionale Steuerbarkeit), 160
- 39 (Steuerbarkeit der nichtlinearen Regelungsnormform), 167
- 41 (Omnidirektionale Steuerbarkeit eingangslinärer Systeme), 182
- 40 (Satz von Chow), 177
- 42 (Omnidirektionale Steuerbarkeit nichtlinearer Systeme), 184
- 43 (Steuerbarkeit und Flachheit linearer Systeme), 199
- 44 (Steuerbarkeit und Flachheit nichtlinearer Systeme), 199
- 45 (Flachheit der nichtlinearen Regelungsnormform), 205
- 46 (Geradenbedingung für Flachheit), 205
- 47 (Fehlende Flachheit autonomer Systeme), 207
- 48 (Diffeomorphismus), 209
- 49 (Allgemeines Antiwindup), 235
- 50 (Satz von Feldbaum), 238
- 51 (Stabilitätssatz von Hu und Lin), 268
- 52 (Exakte Linearisierung bei maximalem relativen Grad), 293
- 53 (Exakte Linearisierung bei reduziertem relativen Grad), 302
- 54 (Relativer Grad und interne Dynamik linearer Systeme), 318
- 57 (Exakte Zustandslinearisierbarkeit von SISO-Systemen), 341
- 55 (Stabilität eines exakt linearisierten Systems), 324
- 56 (Maximaler totaler relativer Grad), 328
- 59 (Exakte Zustandslinearisierbarkeit von MIMO-Systemen), 349
- 58 (Exakte Zustandslinearisierung von SISO-Systemen), 342
- 62 (Flachheit exakt zustandslinearisierbarer SISO-Systeme), 353
- 60 (Exakte Zustandslinearisierung von MIMO-Systemen), 350
- 63 (Flachheit exakt zustandslinearisierbarer MIMO-Systeme), 354
- 61 (Vektorieller relativer Grad), 352
- 65 (Flachheit und Linearisierbarkeit von SISO-Systemen), 374
- 64 (Reale und fiktive flache Ausgänge), 363
- 67 (Flache Eingänge eingangslinärer Systeme), 384
- 66 (Transformation in Brunovský-Normform), 374
- 68 (Existenz eines Regelgesetzes), 389

- 69 (Control-Ljapunov-Funktion für eingangslinere Systeme), 391
- 70 (Sontags Regelgesetz), 391
- 73 (Regelung streng passiver Regelstrecken mit Kennfeldern), 458
- 71 (Einfaches Backstepping), 403
- 74 (Regelung passiver Regelstrecken mit Kennfeldern), 459
- 72 (Backstepping), 404
- 75 (Passivität linearer Systeme), 470
- 78 (Passivierbarkeit eingangslinere Systeme), 474
- 76 (Passivierbarkeit linearer Systeme), 472
- 77 (Passivität eingangslinere Systeme), 473
- 79 (Beobachtbarkeit autonomer Systeme), 507
- 80 (Schwache Beobachtbarkeit autonomer Systeme), 508
- 83 (Beobachtbarkeit eingangslinere Systeme), 518
- 81 (Beobachtbarkeit nichtlinearer Systeme), 511
- 82 (Schwache Beobachtbarkeit nichtlinearer Systeme), 512
- 84 (Luenberger-Beobachter für nichtlineare Regelkreise), 520
- von Barbashin und Krasovskii, *siehe* Satz 9
- von Chow, *siehe* Satz 40
- von Corless und Shorten, *siehe* Satz 33
- von Feldbaum, *siehe* Satz 50
- von Hu und Lin, *siehe* Satz 51
- Schätzfehler, *siehe* Beobachterfehler
- Schachtelungsbedingung, 258
- Schaltfläche, 443, 445
- Schaltfunktion, 443
- Schaltgerade, 22, 252, 441, 450, 455
- Schaltintervall, 238, 240
- Schaltlinie, 243
- Schedulingvektor, 276
- schiefsymmetrische Matrix, **114**, 136, 147, 150, 476
- Schiff, 72, 160, 223, 259
- Schiffsregelung, 72
- schrittoptimale Steuerfolge, 250
- Schrittweite, 27
- Schrittweitenadaption, -steuerung, 35
- schwache Phasenminimalität, 319
- schwedische Räder, 182
- Scokaert, Mayne und Rawlings
Algorithmus von, 435
- seismische Gebäudeschwingungen, 459
- Sektor absoluter Stabilität, **65**, 77, 82
- selbstbalancierendes Fahrzeug, 137
- Separationstheorem, 229, 503
- Separatrix, **94**, 97
- Servoantrieb, 226
- Servolenkssystem, 60
- Simpson
Verfahren von, **31**, 33
- Simulationsfehler, 41
- Singleton, 493, 499
- SISO-Fall, 331
- SISO-System, **3**, 121, 129, 167, 189, 205, 237, 287, 337, 353, 360, 374, 381, 400, 457, 467, 537
- Sliding-mode-Regler, *siehe* Gleitzustandsregler
- Solarkraftwerk, 281
- Sontags Regelgesetz, 391
- Speicherfunktion, **106**, 457, 476
- Spule, 449
- Stabilität, **10**
absolute, 64
asymptotische, **14**, 85, 87, 91, 93, 267, 403, 404
global asymptotische, **14**, 389, 392, 407
globale, 86
im Sinne von Ljapunov, **13**, **85**, 457
linearer Systeme, 10

- modellbasierter prädiktiver
 - Regelungen, 432, 436
- passiver Systeme, 108
- von Fuzzy-Regelkreisen, 497
- von Grenzyklen, 60
- von Integrationsverfahren, 38
- von Regelungen mit Antiwindup, 236
- von Sättigungsreglern, 268
- zeitdiskreter Systeme, 25, 92
- Stabilität bei variablem
 - Eingangssignal, 15
- Stabilitätssatz
 - von Barbashin und Krasovskii, 87, 103
 - von Hu und Lin, 268
 - von Ljapunov, **85**, **93**, 109, 434
 - von Luenberger, 520
 - von Popov, 66
 - von Zypkin, 80
- Stabilität
 - der internen Dynamik, 303
- Standardregelkreis
 - mit Antiwindup, 234
 - nichtlinearer, 45
 - nichtlinearer diskreter, 80
 - nichtlinearer zeitvarianter, 76
- steifes System, 41
- Stellgrößenbeschränkung, 223, 225, 228, 229, 255, 261, 264, 297, 303, 425, 429, 438
- Stellhorizont, **418**, 429, 435, 439
- steuerbar, 126, 182
- Steuerbarkeit, **155**, 164, 203
 - der nichtlinearen
 - Regelungsnormalform, 167
 - global, 162
 - linearer Systeme, 318
 - lokal, 162
 - omnidirektionale, **159**, 162, 173, 181
 - proxime, **157**, 162, 172, 177
 - und Flachheit, 198
- Stick-Slip-Reibung, 344
- streng positiv reell, **121**, 128
- strenge Passivität, *siehe* Passivität, strenge
- strenge Rückkopplungsform, 400, 413
- strukturumschaltende Regelung, 251
- strukturvariable Regelung, 520
 - mit Gleitzustand, 440
 - ohne Gleitzustand, 251, **255**
 - weiche, 255
- Synchrongenerator, 395, 509
- System
 - autonom, 207
 - autonomes, 391, 505, 511
 - driftfrei, 172
 - eingangsaффines, *siehe*
 - eingangslineares
 - eingangslineares, **287**, 391, 400, 548
 - freies, 13, 400
 - ökologisches, 97
 - passives, **106**, 457
 - steifes, 41
 - triviales, 192
 - zeitdiskretes, **25**, 80, 92, 250, 417, 420, 429, 431
- Taylor-Reihe, 93, 174, 176, 184, 188, 507, 521
- Temperaturregelung, 4, 237, 283, 483
- Tempomat, 501
- Tiefenregelung, 247
- totaler relativer Grad, 328
- Totzone, 45, 54, 57, 108, 225
- Transformation, *siehe*
 - Koordinatentransformation
 - Lie-Bäcklund, 192
- triviales System, 192
- trockene Reibung, 55
- Turbofan, 534
- U-Bahn, 495
- U-Boot, 247
- Umkehrfunktion, 134, 183, 208, 290, 298, 353, 361, 507, 544
- Und-Verknüpfung
 - Boole'sche, 487
 - in der Fuzzy-Logik, 487, 488

- Unempfindlichkeitszone, *siehe*
Totzone
- Van-der-Pol-Differenzialgleichung, 18
- vektorieller relativer Grad, *siehe*
relativer Grad, vektorieller
- Verbrennungsmotor, 334
- Verdampfer, 437
- Verfahrensfehler, 29
- Verlustfreiheit, 107
- Vielfachheit eines Eigenwertes
algebraische, 221
geometrische, 221
- virtuelle Stellgröße, 401
- virtueller Regler, 405, 413
- viskose Reibung, 462
- viskoser Fluiddämpfer, 462
- Vorfilter, 229, 232, 291, 302, 308
- Vorlast, 53
- VTOL-Flugzeug, 194
- Wachstumskinetik, 526
- Waschmaschinensteuerung, 495
- weiche strukturvariable Regelung,
255
- Windenergieanlage, 212
- Windup, 223
- Wurzelkennlinie, 55
- Wurzelortskurvenverfahren, 65
- Zahnrad, 52
- Zapfluft, 535
- zeitdiskretes System, **25**, 80, 92, 250,
417, 420, 429, 431
- zeitinvariant, 3
- zeitoptimale
Ausregelgeschwindigkeit, 259
Regelung, **236**, 253
Regelung eines U-Bootes, 247
Steuerfolge, 239
Steuerung, 262, 271
Vorsteuerung, 250
- zeitvariant, 3
- Zellkultur, 526
- Zuckerfabrik, 437
- Zugehörigkeitsfunktion, **485**, 496,
498
- Zugehörigkeitsgrad, 486
- Zustandsgrößenbeschränkung, 426,
429, 438
- Zustandslinearisierung, *siehe* exakte
Zustandslinearisierung
- Zustandsregler, 229, 231, 232, 503
der exakten Linearisierung, 301
linearer, 258, 264, 275
mit Sättigung, 267
nichtlinearer, 535
- Zustandsvektor, 2, 25
- Zweipunktglied, 46, 49, 53, 483
- Zweipunktregler, 20, 49, 236, 483
- Zypkin
-Kriterium, 80
-Ortskurve, 82
-Ungleichung, 82
-allgemeines Kriterium, 82
-einfaches Kriterium, 81

Deep down in Louisiana close to New Orleans,
Way back up in the woods among the evergreens,
There stood a log cabin made of earth and wood
Where lived a country boy named Johnny B. Goode
Who never ever learned to read or write so well,
But he could play the guitar just like ringing a bell.

Go go, go Johnny go go ... Johnny B. Goode

He used to carry his guitar in a gunny sack
And sit beneath the trees by the railroad track.
Oh, the engineer would see him sitting in the shade
Strumming to the rhythm that the drivers made.
People passing by would stop and say
Oh my, that little country boy could play.

Go go, go Johnny go go ... Johnny B. Goode

His mother told him, "Someday you will be a man,
And you will be the leader of a big old band.
Many people coming from miles around
To hear you play your music when the sun goes down.
Maybe someday your name will be in lights
Saying Johnny B. Goode tonight."

Go go, go Johnny go go ... Johnny B. Goode

Chuck Berry