

## Inhaltsverzeichnis

|          |                                                                                                      |           |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Regelstrecken</b>                                                                                 | <b>13</b> |
| 1.1      | Blockbildreduktion                                                                                   | 13        |
| 1.2      | Polortskurven für ein $PT_2$ -Element                                                                | 14        |
| 1.3      | Exponentiell anwachsende Störung                                                                     | 14        |
| 1.4      | Störungsübertragungsfunktion                                                                         | 15        |
| 1.5      | Stoßantwort bei $D = 1$                                                                              | 15        |
| 1.6      | Resonanzfrequenz, 0-dB-Durchtrittsfrequenz und Transientenfrequenz in Abhängigkeit vom Dämpfungsgrad | 15        |
| 1.7      | Wendepunkt der Sprungantwort                                                                         | 16        |
| 1.8      | $PT_2$ -System                                                                                       | 17        |
| 1.9      | Ortskurve eines Elements mit Totzeit                                                                 | 17        |
| 1.10     | Identifikation einer Regelstrecke                                                                    | 17        |
| 1.11     | Greiferkran                                                                                          | 18        |
| 1.12     | Aufgestelltes Pendel                                                                                 | 19        |
| 1.13     | Heizungsregelstrecke                                                                                 | 19        |
| 1.14     | Ortskurve des Frequenzgangs eines $PDT_3$ -Elements                                                  | 20        |
| 1.15     | Allpass in Operationsverstärkerbeschaltung                                                           | 20        |
| 1.16     | Logarithmisch dargestellte Sprungantwort                                                             | 20        |
| 1.17     | SIMO-Regelstrecke                                                                                    | 21        |
| 1.18     | Trajektorien eines $IT_1$ -Systems                                                                   | 21        |
| 1.19     | Motorenanlauf                                                                                        | 22        |
| 1.20     | Regelstrecke in Form einer Differenzengleichung                                                      | 22        |
| 1.21     | Motorenanlaufverhalten                                                                               | 22        |
| 1.22     | Fahrleistung                                                                                         | 23        |
| 1.23     | Synthetische Division                                                                                | 23        |
| 1.24     | Bode-Diagramm, exakt und in Polygon-Approximation                                                    | 23        |
| 1.25     | Frequenzgangsermittlung aus der Sprungantwort                                                        | 24        |
| 1.26     | Nominal-Stationärleistung Kranantrieb                                                                | 24        |
| 1.27     | $IT_t$ -System                                                                                       | 25        |
| 1.28     | Linearisierung an einer Synchronmaschine                                                             | 25        |
| 1.29     | Sprungantwort mit endlichen Anfangsbedingungen                                                       | 26        |
| 1.30     | Bode-Diagramm eines hochgradig schwingungsfähigen Systems                                            | 26        |
| 1.31     | Sprungantwort eines ungedämpften Systems                                                             | 26        |
| 1.32     | Sprungantwort unter verschiedenen Anfangsbedingungen                                                 | 27        |
| 1.33     | Bode-Diagramm mit schlechter Polygonapproximation                                                    | 27        |
| 1.34     | Streckenidentifikation                                                                               | 28        |
| 1.35     | Identifikation eines Bandpasses                                                                      | 29        |
| 1.36     | Boje in stabiler aufrechter Lage                                                                     | 29        |
| <b>2</b> | <b>Analyse einfacher Regelkreise</b>                                                                 | <b>31</b> |
| 2.1      | Kenngrößen eines Regelkreises 2. Ordnung                                                             | 31        |
| 2.2      | * Drehzahlregelung einer Gleichstrommaschine                                                         | 31        |
| 2.3      | Störungsübertragung                                                                                  | 32        |
| 2.4      | Sprungantwort eines Regelkreises auf Sollwertsprung                                                  | 34        |
| 2.5      | * Stellenergie an einer integrierenden Strecke                                                       | 34        |
| 2.6      | Schleppfehler                                                                                        | 34        |
| 2.7      | Anregelzeit                                                                                          | 35        |

|      |                                                                |    |
|------|----------------------------------------------------------------|----|
| 2.8  | * Schwach instabiler Regelkreis mit $PT_2$ -Strecke            | 35 |
| 2.9  | Dynamischer Regelfaktor                                        | 36 |
| 2.10 | Stellgröße bei Führungssprung                                  | 37 |
| 2.11 | Asymptote einer Frequenzgangsortskurve                         | 37 |
| 2.12 | Fläche unter der Regelabweichung                               | 38 |
| 2.13 | Maximaler Wert des Störungsfrequenzgangs                       | 38 |
| 2.14 | Flächen zum Abweichungsfrequenzgang                            | 38 |
| 2.15 | * Regelkreis mit Toleranz im Dämpfungsgrad der Strecke         | 39 |
| 2.16 | Bode-Diagramm aus der analytischen Angabe                      | 40 |
| 2.17 | Phasenrand als Funktion der Kreisverstärkung                   | 40 |
| 2.18 | Störungsfrequenzgänge je nach Angriffspunkt                    | 40 |
| 2.19 | Regelkreispole mit gleichem Realteil                           | 41 |
| 2.20 | Ersatz der Störung durch simulierte Führung                    | 41 |
| 2.21 | Durchtrittsfrequenz nahe der Knickstelle                       | 41 |
| 2.22 | Abstandsregelung zweier Flugzeuge                              | 42 |
| 2.23 | Regelkreis und zugeschaltete harmonische Anregung              | 43 |
| 2.24 | Zeitbereichsdaten aus gegebenem $ F_o(j\omega) $               | 43 |
| 2.25 | Regelkreisverhalten aus $ F_o(j\omega) $                       | 44 |
| 2.26 | Regelkreisdiskussion mit Wurzelortskurve                       | 44 |
| 2.27 | Maximaler Schleppfehler                                        | 45 |
| 2.28 | * Phasenrand und Überschwingweite bei einer $PT_2$ -Schleife   | 45 |
| 2.29 | Regelkreisreaktion auf Sollwertstoß                            | 46 |
| 2.30 | * Wurzelortskurve und maximaler Dämpfungsfaktor                | 46 |
| 2.31 | Blockbildreduktion einer mehrschleifigen Anordnung             | 47 |
| 2.32 | Regelkreis mit zwei instabilen Schleifenpolen                  | 48 |
| 2.33 | Asymptote der Ortskurve eines $PIDT_1$ -Reglers                | 48 |
| 2.34 | Stoßantwortnäherung                                            | 49 |
| 2.35 | Maximale Stellgröße eines optimal ausgelegten Systems          | 49 |
| 2.36 | * Messgeräteausfall und seine Auswirkung                       | 50 |
| 2.37 | Regelkreisbeurteilung aus dem Betrag der Schleife              | 50 |
| 2.38 | * Wurzelort eines Systems vierter Ordnung                      | 52 |
| 2.39 | * Einfach- und Mehrfachverzweigung einer Wurzelortskurve       | 52 |
| 2.40 | * Dreiecksimpulsantwort mittels Faltung                        | 53 |
| 2.41 | Faltung und Laplace-Transformation                             | 53 |
| 2.42 | Schlechtestes Störungsverhalten                                | 54 |
| 2.43 | Signalflussdiagramm                                            | 54 |
| 2.44 | Wurzelortskurve und imaginäre Achse                            | 54 |
| 2.45 | * Wurzelortskurve und zulässiger Verstärkungsbereich           | 55 |
| 2.46 | Durchlaufdauer durch einen elliptischen Grenzzyklus            | 56 |
| 2.47 | * Wurzelortskurve nach einer Pollage                           | 56 |
| 2.48 | Wurzelortskurve für negative Verstärkung                       | 57 |
| 2.49 | Regelkreisresonanz im Führungsverhalten                        | 58 |
| 2.50 | Stabilität und Wurzelortskurven                                | 58 |
| 2.51 | * Durchtrittsfrequenz, Phasenrand und Anregelzeit              | 59 |
| 2.52 | Allpass-Schleife und Phasenrand                                | 60 |
| 2.53 | * Last an einem elastischem Seil                               | 60 |
| 2.54 | * Regelung mit Allpass als Strecke                             | 61 |
| 2.55 | Spezielle Anfangsbedingung                                     | 63 |
| 2.56 | Regelung mit $I_2$ -Strecke                                    | 63 |
| 2.57 | 3-dB-Bandbreite des Führungsverhaltens                         | 63 |
| 2.58 | * Regelkreisreaktion auf einen Dreiecksimpuls der Störgröße    | 64 |
| 2.59 | Ortskurve der Sensitivität eines Regelkreises                  | 64 |
| 2.60 | Größte Ortskurvendistanz                                       | 65 |
| 2.61 | Grenzstabilität bei Schleife mit Vierfachpol ( $2n$ -fach-Pol) | 66 |
| 2.62 | Phasenrand und Schleife mit Siebzehnfach-Polstelle             | 66 |

|                                                                   |           |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>3 Einfache Entwürfe von Regelkreisen</b>                       | <b>67</b> |
| 3.1 Regelkreis aus Totzeitelement und Integrator                  | 67        |
| 3.2 Förderband-Regelung                                           | 67        |
| 3.3 Betragsoptimum zu $PT_4$ -Strecke und PI-Regler               | 68        |
| 3.4 Reglerdimensionierung für dominierendes Polpaar               | 69        |
| 3.5 Dimensionierung auf Phasenreserve                             | 69        |
| 3.6 Ziegler-Nichols-Einstellung                                   | 70        |
| 3.7 * Totzeitkompensation                                         | 70        |
| 3.8 * Geschwindigkeitsregelung an einer Elektrolokomotive         | 71        |
| 3.9 PI-Regler-Dimensionierung                                     | 72        |
| 3.10 Phasenrand zur Dimensionierung                               | 72        |
| 3.11 Störungsfrequenz mit bestimmter Resonanz                     | 73        |
| 3.12 $PDT_1$ -Regler-Auslegung                                    | 73        |
| 3.13 Reglerdimensionierung auf bestimmte Regelkreisantwort        | 74        |
| 3.14 Betragsoptimum ohne Aufhebungskompensation                   | 74        |
| 3.15 Reglerdimensionierung auf Führungsimpulsantwort              | 74        |
| 3.16 Reglereinstellung für $48^\circ$ Phasenrand                  | 75        |
| 3.17 Ausbleibende Schwingungsneigung des Regelkreises             | 75        |
| 3.18 Betragsoptimale Auslegung mit Aufhebungskompensation         | 76        |
| 3.19 Regelkreisdimensionierung auf Führungsimpulsantwort          | 76        |
| 3.20 Bemessung auf bestimmten Phasenrand                          | 77        |
| 3.21 Symmetrisches Optimum                                        | 77        |
| 3.22 Reglerentwurf auf Überschwingfreiheit                        | 78        |
| 3.23 Entwurf eines P-Reglers zu einer Totzeitstrecke              | 78        |
| 3.24 Entwurf auf Durchtrittsfrequenz und Phasenrand               | 78        |
| 3.25 PI-Regler-Bemessung zu einer $PT_2T_1$ -Strecke              | 79        |
| 3.26 PI-Regler mit Stellgrößenbeschränkung                        | 79        |
| 3.27 Referenzmodell für den einschleifigen Regelkreis             | 80        |
| 3.28 * Reglerbemessung zu einer $I_2$ -Strecke                    | 80        |
| 3.29 Regelkreisbemessung auf maximale Stellgröße                  | 81        |
| 3.30 Zweischleifige Regelung mit Digitalrechner                   | 82        |
| 3.31 Reglerentwurf für Überschwingen und Ausregelzeit             | 82        |
| 3.32 Geschwindigkeitskonstante                                    | 82        |
| 3.33 Fehlerfreie Positionsregelung                                | 83        |
| 3.34 Kleinster Dämpfungsgrad                                      | 83        |
| 3.35 Transmissionsnullstelle                                      | 83        |
| 3.36 Kombinierte Anregung und Anfangsbedingungen                  | 83        |
| 3.37 Möglichkeit zur Stabilisierung?                              | 84        |
| 3.38 Vorgabe des Dämpfungsfaktors                                 | 84        |
| 3.39 Vorgabe des Schleppfehlers                                   | 84        |
| 3.40 Phasenrand und Stabilität                                    | 84        |
| <b>4 Stabilität</b>                                               | <b>85</b> |
| 4.1 Ortskurve vom Schleifenfrequenzgang $F_o(j\omega)$            | 85        |
| 4.2 Vollständige Ortskurve und Nyquist-Kriterium                  | 85        |
| 4.3 Stabilität eines Synchronmotor-Antriebs                       | 85        |
| 4.4 * Instabiler Regler und instabile Nichtphasenminimum-Strecke  | 86        |
| 4.5 * Reeller Stabilitätsradius für ein System 2. Ordnung         | 87        |
| 4.6 Nyquist-Stabilität einer $PIDT_2$ -Schleife                   | 88        |
| 4.7 * Stabilitätsradius. Polynomgrad bei analytischer Darstellung | 88        |
| 4.8 Lyapunov-Stabilität                                           | 90        |
| 4.9 Hurwitz-Kriterium                                             | 90        |
| 4.10 * Minimaler Stabilitätsradius                                | 91        |
| 4.11 * Youla-Stabilisierung einer skalaren integrierenden Strecke | 91        |
| 4.12 Stabilität mit Beiwertbedingungen und Nyquist-Kriterium      | 92        |
| 4.13 Stabilität bei instabiler $PIT_1$ -Schleife                  | 92        |
| 4.14 Routh-Schema zu einer $IT_3$ -Schleife                       | 94        |
| 4.15 Stabilität eines dreischleifigen Regelkreises                | 94        |

|          |                                                                                      |            |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.16     | Stabilität nach Nyquist bei allpasshaltiger Strecke . . . . .                        | 94         |
| 4.17     | Stabilitätsbereich mit Wurzelortskurve . . . . .                                     | 95         |
| 4.18     | Instabiler Regelkreis bei instabiler Schleife . . . . .                              | 95         |
| 4.19     | Bode-Diagramm und eigeninstabiles System . . . . .                                   | 96         |
| 4.20     | Nyquist-Kriterium und Stabilitätsbereich . . . . .                                   | 97         |
| 4.21     | Instabile $IT_1$ -Schleife und Nyquist-Kriterium . . . . .                           | 97         |
| 4.22     | Routh-Kriterium und PI-Regler-Bemessung . . . . .                                    | 97         |
| 4.23     | Regelschleife mit Vierfachpolstelle . . . . .                                        | 99         |
| 4.24     | Wurzelortskurve für imaginäres Streckenpolpaar . . . . .                             | 99         |
| 4.25     | Regelschleife mit zwei instabilen Polen . . . . .                                    | 99         |
| 4.26     | Wurzelortskurve für eine Regelschleife mit Doppelpol . . . . .                       | 100        |
| 4.27     | Nyquist-Kriterium für Allpass-Inverse . . . . .                                      | 101        |
| 4.28     | Interne Stabilität bei Pol-Nullstellen-Kürzung . . . . .                             | 101        |
| 4.29     | Kontinuierliche Regelung mit Halteglied . . . . .                                    | 101        |
| 4.30     | * Stabilität und verschwindender Schleppfehler . . . . .                             | 102        |
| 4.31     | Regelkreis fast an der Stabilitätsgrenze . . . . .                                   | 103        |
| 4.32     | Nyquist-Stabilitätskriterium für mehrere Schleifen . . . . .                         | 103        |
| 4.33     | * Stabilitätsbereich für Allpass-Regelkreis . . . . .                                | 104        |
| 4.34     | Nyquist-Ortskurve und -Stabilität bei $IT_1 T_t$ -Schleife . . . . .                 | 104        |
| 4.35     | * Stabilitätsbereich bei Allpass-Strecke . . . . .                                   | 105        |
| 4.36     | Stabilität bei Allpass-Strecke nahe einem Nennpunkt . . . . .                        | 107        |
| 4.37     | Stabilitätsbereich eines $PDT_1$ -Reglers mit instabiler $PT_2$ -Strecke . . . . .   | 107        |
| 4.38     | Stabilität nach den Beiwertbedingungen in zwei Varianten . . . . .                   | 107        |
| 4.39     | $PIT_t$ -Schleife und Nyquist-Stabilität . . . . .                                   | 109        |
| 4.40     | Stabilität bei $IT_2$ -Schleife nach Cremer, Leonhard, Michailow . . . . .           | 109        |
| 4.41     | Bode-Stabilitätskriterium . . . . .                                                  | 110        |
| 4.42     | Routh-Stabilitätskriterium . . . . .                                                 | 110        |
| 4.43     | Bestimmung der Stabilität . . . . .                                                  | 111        |
| 4.44     | Stabilität einer zweischleifigen Regelung . . . . .                                  | 111        |
| 4.45     | Stabilitätsbereich einer $IT_3$ -Schleife nach Routh . . . . .                       | 111        |
| 4.46     | Stabilitätsbereich mittels Routh-Schema . . . . .                                    | 112        |
| 4.47     | * Stabilität nach den Beiwertbedingungen für $PT_t$ -System . . . . .                | 112        |
| 4.48     | Beiwertbedingungen für Stabilitätsbereich eines $I_2 T_2$ -Systems . . . . .         | 113        |
| 4.49     | Schließbedingung für komplexe $s$ . . . . .                                          | 113        |
| 4.50     | Schließbedingung für imaginäre $s$ an $PT_3$ -System . . . . .                       | 114        |
| 4.51     | Phasenrand und Amplitudenrand aus der Frequenzgangsortskurve . . . . .               | 114        |
| 4.52     | * Interne Stabilität . . . . .                                                       | 114        |
| 4.53     | Instabiler Regler, stabiler Regelkreis unter Polvorgabe . . . . .                    | 115        |
| 4.54     | Nyquist-Stabilitätsbereich für einen P-Regler . . . . .                              | 116        |
| 4.55     | Stabilitätsbereich für $PDT_1$ -Regler an $IT_2$ -Strecke . . . . .                  | 116        |
| 4.56     | Nyquist-Stabilität . . . . .                                                         | 116        |
| 4.57     | * Familie der stabilisierenden Eingrößenregler. Polynommethode . . . . .             | 117        |
| 4.58     | Koordinatentransformation . . . . .                                                  | 117        |
| 4.59     | Entwurf auf Stabilitätsreserve . . . . .                                             | 118        |
| 4.60     | Cremer-Leonhard-Michailow-Stabilitätskriterium . . . . .                             | 118        |
| 4.61     | Stabilität nach Cremer, Leonhard, Michailow für verschiedene Verstärkungen . . . . . | 118        |
| 4.62     | Stabilitätsgrenze aus der Wurzelortskurve . . . . .                                  | 119        |
| 4.63     | Nyquist-Kriterium für $PDT_1$ -Schleife . . . . .                                    | 119        |
| 4.64     | * Ortskurven für entartetes $F_o(s)$ . . . . .                                       | 119        |
| <b>5</b> | <b>Zustandsregelungen</b> . . . . .                                                  | <b>121</b> |
| 5.1      | * Elemente der Transitionsmatrix einer Regelstrecke . . . . .                        | 121        |
| 5.2      | Eigenwerte der Transitionsmatrix einer Regelstrecke . . . . .                        | 122        |
| 5.3      | Transitionsmatrix für $PT_2$ -Regelstrecke . . . . .                                 | 123        |
| 5.4      | Regelstrecke in Regelungsnormalform . . . . .                                        | 123        |
| 5.5      | Koeffizientenmatrix aus der Übertragungsmatrix . . . . .                             | 123        |
| 5.6      | Übertragungsfunktion aus der Transitionsmatrix . . . . .                             | 124        |
| 5.7      | Transitionsmatrix und Übertragungsfunktion aus der Koeffizientenmatrix . . . . .     | 124        |

|          |                                                                                                    |            |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 5.8      | Stoßantwort zu einem System mit Angabe im Zustandsraum . . . . .                                   | 124        |
| 5.9      | Modalmatrix . . . . .                                                                              | 125        |
| 5.10     | Transitionsmatrix . . . . .                                                                        | 125        |
| 5.11     | Modalmatrix-Bestätigung . . . . .                                                                  | 125        |
| 5.12     | * Faddeev-Algorithmus . . . . .                                                                    | 125        |
| 5.13     | Zustandsraumdarstellung einer zeitdiskreten Regelstrecke . . . . .                                 | 126        |
| 5.14     | Transitionsmatrix einer zeitdiskreten Regelstrecke . . . . .                                       | 127        |
| 5.15     | Eigenwertrelationen gemäß Cayley–Hamilton . . . . .                                                | 127        |
| 5.16     | Änderung der Eigenwerte bei Änderung in der Koeffizientenmatrix . . . . .                          | 127        |
| 5.17     | Regelkreis mit Zustandsregler und I-Element . . . . .                                              | 127        |
| 5.18     | Zustandsregler und Vorfilter . . . . .                                                             | 128        |
| 5.19     | Zustandsregler unter Polvorgabe . . . . .                                                          | 128        |
| 5.20     | Zustandsregler und sein Koppelplan . . . . .                                                       | 129        |
| 5.21     | Zustandsregler auf vorgegebene Sollwertsprungantwort . . . . .                                     | 130        |
| 5.22     | * Symmetrische Mehrgrößenregelung im Zustandsraum . . . . .                                        | 130        |
| 5.23     | Nichtsteuerbarkeit und Nichtbeobachtbarkeit . . . . .                                              | 132        |
| 5.24     | Polverschiebung und Polkompensation durch Zustandsregelung . . . . .                               | 133        |
| 5.25     | Regelkreis in Zustandsraumdarstellung . . . . .                                                    | 133        |
| 5.26     | * Regelkreisentwurf bei Vorgabe von Polen und Nullstellen . . . . .                                | 133        |
| 5.27     | Zustandsregler und Sensitivität . . . . .                                                          | 134        |
| 5.28     | Matrixfunktion . . . . .                                                                           | 135        |
| 5.29     | Zustandsregler, Berechnung von Stellgröße und Vorfilter . . . . .                                  | 135        |
| 5.30     | Zustandsregler zur Polverschiebung . . . . .                                                       | 136        |
| 5.31     | * Eingeschränkter Zustandsregler und Polverschiebung . . . . .                                     | 136        |
| 5.32     | Analyse einer Zustandsregelung . . . . .                                                           | 136        |
| 5.33     | Entwurf einer Abtastregelung mit Polvorgabe . . . . .                                              | 137        |
| 5.34     | * Entwurf eines Zustandsreglers durch Polvorgabe bei verschiedenen Streckendarstellungen . . . . . | 138        |
| 5.35     | Zustandsraumdarstellung zu gegebener Streckenübertragungsfunktion . . . . .                        | 139        |
| 5.36     | * Dimensionierung einer Positions-Zustandsregelung . . . . .                                       | 139        |
| 5.37     | * Kontrolle der Transitionsmatrix . . . . .                                                        | 140        |
| 5.38     | Zustandsraumdarstellung aus der Übertragungsfunktion . . . . .                                     | 140        |
| 5.39     | Übertragungsfunktion aus der Zustandsraumdarstellung . . . . .                                     | 141        |
| 5.40     | Übertragungsfunktion und Zustandsraumdarstellung aus dem gegebenen Koppelplan . . . . .            | 141        |
| 5.41     | * Zustandsregler mit Integrator, Stabilitätsbereich . . . . .                                      | 141        |
| 5.42     | * Zustandsregler mit Integrator . . . . .                                                          | 142        |
| 5.43     | Zustandsregelung in Potenzreihenentwicklung . . . . .                                              | 144        |
| 5.44     | Stabilität einer Zustandsregelung . . . . .                                                        | 144        |
| 5.45     | * Differenzierung als Schaltungskombination im Zustandsraum . . . . .                              | 144        |
| 5.46     | Einfache Rückführung als Schaltungskombination . . . . .                                           | 145        |
| 5.47     | * Unbestimmte Form $s \rightarrow 0$ gegen Inverse der entarteten Systemmatrix . . . . .           | 145        |
| 5.48     | Spezielle Zustandsraumdarstellungen . . . . .                                                      | 146        |
| 5.49     | Zustandsraumdarstellung in Tabellenform . . . . .                                                  | 147        |
| 5.50     | * Zustandsraumdarstellung der Kettenschaltung zweier Mehrgrößensysteme . . . . .                   | 147        |
| 5.51     | Transienten in der Phasenebene . . . . .                                                           | 147        |
| 5.52     | Bewegungen in der Phasenebene . . . . .                                                            | 148        |
| 5.53     | * Ausgangs-Zustandsregler-Vektor mit Leverrier-Algorithmus . . . . .                               | 149        |
| 5.54     | Vermeidung einer Inversen . . . . .                                                                | 150        |
| <b>6</b> | <b>Beobachter</b> . . . . .                                                                        | <b>151</b> |
| 6.1      | Beobachter an einer Eingrößenstrecke . . . . .                                                     | 151        |
| 6.2      | Beobachterentwurf bei Strecke in Beobachtungsnormalform . . . . .                                  | 151        |
| 6.3      | Beobachter bei Strecke in Regelungsnormalform . . . . .                                            | 152        |
| 6.4      | Regelstrecke samt Beobachter . . . . .                                                             | 152        |
| 6.5      | Beobachterentwurf und Beobachterkoppelplan . . . . .                                               | 153        |
| 6.6      | Strecke zum Beobachter . . . . .                                                                   | 154        |
| 6.7      | * Beobachter für Modalgrößen . . . . .                                                             | 154        |
| 6.8      | Beobachter unter Polvorgabe . . . . .                                                              | 155        |
| 6.9      | Beobachterentwurf . . . . .                                                                        | 156        |

Test- und Prüfungsaufgaben Regelungstechnik  
457 durchgerechnete Beispiele mit analytischen,  
numerischen und computeralgebraischen Lösungen  
in MATLAB und MAPLE

Weinmann, A.

2007, IV, 310 S., Softcover

ISBN: 978-3-211-37135-0