

Inhaltsverzeichnis

Hinweise zur Benutzung	XLIII
---	-------

Chronik des Taschenbuches	XLV
--	-----

A Mathematik

1 Mathematik für Ingenieure	A 3
2 Ergänzungen zur Mathematik für Ingenieure	A 3
3 Numerische Methoden	A 4
3.1 Numerisch-analytische Lösung	A 4
3.2 Standardaufgaben der linearen Algebra	A 4
3.3 Interpolation, Integration	A 5
3.4 Rand- und Anfangswertprobleme	A 6

B Mechanik

1 Statik starrer Körper	B 1
1.1 Allgemeines	B 1
1.2 Zusammensetzen und Zerlegen von Kräften mit gemeinsamem Angriffspunkt	B 2
1.2.1 Ebene Kräftegruppe B 2. – 1.2.2 Räumliche Kräftegruppe B 3.	
1.3 Zusammensetzen und Zerlegen von Kräften mit verschiedenen Angriffspunkten	B 3
1.3.1 Kräfte in der Ebene B 3. – 1.3.2 Kräfte im Raum B 3.	
1.4 Gleichgewicht und Gleichgewichtsbedingungen	B 4
1.4.1 Kräftesystem im Raum B 4. – 1.4.2 Kräftesystem in der Ebene B 4. – 1.4.3 Prinzip der virtuellen Arbeiten B 5. – 1.4.4 Arten des Gleichgewichts B 5. – 1.4.5 Standsicherheit B 6.	
1.5 Lagerungsarten, Freimachungsprinzip	B 6
1.6 Auflagerreaktionen an Körpern	B 6
1.6.1 Körper in der Ebene B 6. – 1.6.2 Körper im Raum B 7.	
1.7 Systeme starrer Körper.	B 7
1.8 Fachwerke.	B 8
1.8.1 Ebene Fachwerke B 8. – 1.8.2 Räumliche Fachwerke B 9.	
1.9 Seile und Ketten	B 9
1.9.1 Seil unter Eigengewicht (Kettenlinie) B 10. – 1.9.2 Seil unter konstanter Streckenlast B 10. – 1.9.3 Seil mit Einzellast B 11.	
1.10 Schwerpunkt (Massenmittelpunkt)	B 11
1.11 Haftung und Reibung	B 11
2 Kinematik	B 15
2.1 Bewegung eines Punktes	B 15
2.1.1 Allgemeines B 15. – 2.1.2 Ebene Bewegung B 17. – 2.1.3 Räumliche Bewegung B 19.	
2.2 Bewegung starrer Körper.	B 19
2.2.1 Translation (Parallelverschiebung, Schiebung) B 19. – 2.2.2 Rotation (Drehbewegung, Drehung) B 19. – 2.2.3 Allgemeine Bewegung des starren Körpers B 20.	
3 Kinetik	B 24
3.1 Energetische Grundbegriffe – Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad	B 24
3.2 Kinetik des Massenpunktes und des translatorisch bewegten Körpers	B 25
3.2.1 Dynamisches Grundgesetz von Newton (2. Newtonsches Axiom) B 25. – 3.2.2 Arbeits- und Energiesatz B 26. – 3.2.3 Impulssatz B 26. – 3.2.4 Prinzip von d’Alembert und geführte Bewegungen B 26. – 3.2.5 Impulsmomenten- (Flächen-) und Drehimpulssatz B 26.	
3.3 Kinetik des Massenpunktsystems	B 27

3.3.1 Schwerpunktsatz B 27. – 3.3.2 Arbeits- und Energiesatz B 27. – 3.3.3 Impulssatz B 27. – 3.3.4 Prinzip von d’Alembert und geführte Bewegungen B 28. – 3.3.5 Impulsmomenten- und Drehimpulssatz B 28. – 3.3.6 Lagrangesche Gleichungen B 28. – 3.3.7 Prinzip von Hamilton B 29. – 3.3.8 Systeme mit veränderlicher Masse B 29.

3.4 Kinetik starrer Körper B 29
 3.4.1 Rotation eines starren Körpers um eine feste Achse B 29. – 3.4.2 Allgemeines über Massenträgheitsmomente (Bild 11) B 30. – 3.4.3 Allgemeine ebene Bewegung starrer Körper B 32. – 3.4.4 Allgemeine räumliche Bewegung B 33.

3.5 Kinetik der Relativbewegung B 35

3.6 Stoß B 35
 3.6.1 Gerader zentraler Stoß B 35. – 3.6.2 Schiefer zentraler Stoß B 35. – 3.6.3 Exzentrischer Stoß B 36. – 3.6.4 Drehstoß B 36.

4 Schwingungslehre B 36

4.1 Systeme mit einem Freiheitsgrad B 36
 4.1.1 Freie ungedämpfte Schwingungen B 36. – 4.1.2 Freie gedämpfte Schwingungen B 37. – 4.1.3 Ungedämpfte erzwungene Schwingungen B 38. – 4.1.4 Gedämpfte erzwungene Schwingungen B 39. – 4.1.5 Kritische Drehzahl und Biegeschwingung der einfach besetzten Welle B 39.

4.2 Systeme mit mehreren Freiheitsgraden (Koppelschwingungen) B 39
 4.2.1 Freie Schwingungen mit zwei und mehr Freiheitsgraden B 40. – 4.2.2 Erzwungene Schwingungen mit zwei und mehr Freiheitsgraden B 40. – 4.2.3 Eigenfrequenzen ungedämpfter Systeme B 41. – 4.2.4 Schwingungen der Kontinua B 41.

4.3 Nichtlineare Schwingungen. B 43
 4.3.1 Schwinger mit nichtlinearer Federkennlinie oder Rückstellkraft B 43. – 4.3.2 Schwingungen mit periodischen Koeffizienten (rheolineare Schwingungen) B 44.

5 Hydrostatik (Statik der Flüssigkeiten) B 44

6 Hydro- und Aerodynamik (Strömungslehre, Dynamik der Fluide) B 46

6.1 Eindimensionale Strömungen idealer Flüssigkeiten B 46
 6.1.1 Anwendungen der Bernoullischen Gleichung für den stationären Fall B 47. – 6.1.2 Anwendung der Bernoullischen Gleichung für den instationären Fall B 47.

6.2 Eindimensionale Strömungen zäher Newtonscher Flüssigkeiten (Rohrhydraulik) B 48
 6.2.1 Stationäre laminare Strömung in Rohren mit Kreisquerschnitt B 48. – 6.2.2 Stationäre turbulente Strömung in Rohren mit Kreisquerschnitt B 48. – 6.2.3 Strömung in Leitungen mit nicht vollkreisförmigen Querschnitten B 49. – 6.2.4 Strömungsverluste durch spezielle Rohrleitungselemente und Einbauten B 49. – 6.2.5 Stationärer Ausfluss aus Behältern B 52. – 6.2.6 Stationäre Strömung durch offene Gerinne B 53. – 6.2.7 Instationäre Strömung zäher Newtonscher Flüssigkeiten B 53. – 6.2.8 Freier Strahl B 53.

6.3 Eindimensionale Strömung Nicht-Newtonscher Flüssigkeiten B 53

6.4 Kraftwirkungen strömender inkompressibler Flüssigkeiten B 54
 6.4.1 Impulssatz B 54. – 6.4.2 Anwendungen B 54.

6.5 Mehrdimensionale Strömung idealer Flüssigkeiten B 55
 6.5.1 Allgemeine Grundgleichungen B 55. – 6.5.2 Potentialströmungen B 56.

6.6 Mehrdimensionale Strömung zäher Flüssigkeiten B 57
 6.6.1 Bewegungsgleichungen von Navier-Stokes B 57. – 6.6.2 Einige Lösungen für kleine Reynoldssche Zahlen (laminare Strömung) B 58. – 6.6.3 Grenzschichttheorie B 58. – 6.6.4 Strömungswiderstand von Körpern B 59. – 6.6.5 Tragflügel und Schaufeln B 60. – 6.6.6 Schaufeln und Profile im Gitterverband B 61.

7 Ähnlichkeitsmechanik B 63

7.1 Allgemeines B 63

7.2 Ähnlichkeitsgesetze (Modellgesetze) B 63
 7.2.1 Statische Ähnlichkeit B 63. – 7.2.2 Dynamische Ähnlichkeit B 64. – 7.2.3 Thermische Ähnlichkeit B 64. – Analyse der Einheiten (Dimensionsanalyse) und Π -Theorem B 65.

8 Spezielle Literatur B 65

C Festigkeitslehre

1 Allgemeine Grundlagen. C 1

1.1 Spannungen und Verformungen C 1
 1.1.1 Spannungen C 1. – 1.1.2 Verformungen C 3. – 1.1.3 Formänderungsarbeit C 4.

1.2 Festigkeitsverhalten der Werkstoffe C 4

1.3 Festigkeitshypothesen und Vergleichsspannungen. C 5
 1.3.1 Normalspannungshypothese C 5. – 1.3.2 Schubspannungshypothese C 6. –

1.3.3 Gestaltänderungsenergiehypothese C6. – 1.3.4 Erweiterte Schubspannungshypothese C6. – 1.3.5 Anstrengungsverhältnis nach Bach C6.	
2.1 Zug- und Druckbeanspruchung	C7
2.1.1 Stäbe mit konstantem Querschnitt und konstanter Längskraft C7. – 2.1.2 Stäbe mit veränderlicher Längskraft C7. – 2.1.3 Stäbe mit veränderlichem Querschnitt C7. – 2.1.4 Stäbe mit Kerben C7. – 2.1.5 Stäbe unter Temperatureinfluss C7.	
2.2 Abscherbeanspruchung	C7
2.3 Flächenpressung und Lochleibung	C8
2.3.1 Ebene Flächen C8. – 2.3.2 Gewölbte Flächen C8.	
2.4 Biegebeanspruchung	C8
2.4.1 Schnittlasten: Normalkraft, Querkraft, Biegemoment C8. – 2.4.2 Schnittlasten am geraden Träger in der Ebene C8. – 2.4.3 Schnittlasten an gekrümmten ebenen Trägern C9. – 2.4.4 Schnittlasten an räumlichen Trägern C9. – 2.4.5 Biegespannungen in geraden Balken C9. – 2.4.6 Schubspannungen und Schubmittelpunkt am geraden Träger C13. – 2.4.7 Biegespannungen in stark gekrümmten Trägern C16. – 2.4.8 Durchbiegung von Trägern C17. – 2.4.9 Formänderungsarbeit bei Biegung und Energiemethoden zur Berechnung von Einzeldurchbiegungen C22.	
2.5 Torsionsbeanspruchung	C24
2.5.1 Stäbe mit Kreisquerschnitt und konstantem Durchmesser C24. – 2.5.2 Stäbe mit Kreisquerschnitt und veränderlichem Durchmesser C25. – 2.5.3 Dünnwandige Hohlquerschnitte (Bredtsche Formeln) C25. – 2.5.4 Stäbe mit beliebigem Querschnitt C25. – 2.5.5 Wölbkrafttorsion C28.	
2.6 Zusammengesetzte Beanspruchung.	C28
2.6.1 Biegung und Längskraft C28. – 2.6.2 Biegung und Schub C28. – 2.6.3 Biegung und Torsion C28. – 2.6.4 Längskraft und Torsion C29. – 2.6.5 Schub und Torsion C29. – 2.6.6 Biegung mit Längskraft sowie Schub und Torsion C29.	
2.7 Statisch unbestimmte Systeme.	C29
3 Elastizitätstheorie	C30
3.1 Allgemeines	C30
3.2 Rotationssymmetrischer Spannungszustand	C31
3.3 Ebener Spannungszustand	C32
4 Beanspruchung bei Berührung zweier Körper (Hertzsche Formeln).	C33
4.1 Kugel.	C33
4.2 Zylinder.	C33
4.3 Beliebige gewölbte Fläche.	C33
5 Flächentragwerke	C34
5.1 Platten	C34
5.1.1 Rechteckplatten C34. – 5.1.2 Kreisplatten C34. – 5.1.3 Elliptische Platten C35. – 5.1.4 Gleichseitige Dreieckplatte C35. – 5.1.5 Temperaturspannungen in Platten C35.	
5.2 Scheiben	C35
5.2.1 Kreisscheibe C35. – 5.2.2 Ringförmige Scheibe C35. – 5.2.3 Unendlich ausgedehnte Scheibe mit Bohrung C36. – 5.2.4 Keilförmige Scheibe unter Einzelkräften C36.	
5.3 Schalen	C36
5.3.1 Biegeschleife Rotationsschalen und Membrantheorie für Innendruck C36. – 5.3.2 Biegesteife Schalen C37.	
6 Dynamische Beanspruchung umlaufender Bauteile durch Fliehkräfte	C38
6.1 Umlaufender Stab.	C38
6.2 Umlaufender dünnwandiger Ring oder Hohlzylinder.	C38
6.3 Umlaufende Scheiben	C38
6.3.1 Vollscheibe konstanter Dicke C38. – 6.3.2 Ringförmige Scheibe konstanter Dicke C38. – 6.3.3 Scheiben gleicher Festigkeit C38. – 6.3.4 Scheiben veränderlicher Dicke C39. – 6.3.5 Umlaufender dickwandiger Hohlzylinder C39.	
7 Stabilitätsprobleme	C39
7.1 Knickung	C39
7.1.1 Knicken im elastischen (Euler-)Bereich C39. – 7.1.2 Knicken im unelastischen (Tetmajer-) Bereich C40. – 7.1.3 Näherungsverfahren zur Knicklastberechnung C40. – 7.1.4 Stäbe bei Änderung des Querschnitts bzw. der Längskraft C41. – 7.1.5 Knicken von Ringen, Rahmen und Stabsystemen C41. – 7.1.6 Biegedrillknicken C41.	
7.2 Kippen	C41

7.2.1 Träger mit Rechteckquerschnitt C41. – 7.2.2 Träger mit I-Querschnitt C42.

7.3 **Beulung** C42
 7.3.1 Beulen von Platten C42. – 7.3.2 Beulen von Schalen C43. – 7.3.3 Beulspannungen im unelastischen (plastischen) Bereich C44.

8 Finite Berechnungsverfahren C44

8.1 Finite Elemente Methode. C44

8.2 Randelemente. C47

8.3 Finite Differenzen Methode C48

9 Plastizitätstheorie C49

9.1 Allgemeines C49

9.2 Anwendungen. C50
 9.2.1 Biegung des Rechteckbalkens C50. – 9.2.2 Räumlicher und ebener Spannungszustand C50.

10 Festigkeitsnachweis. C51

10.1 Berechnungs- und Bewertungskonzepte C51

10.2 Nennspannungskonzepte C52

10.3 Kerbgrundkonzepte C53

11 Anhang C: Diagramme und Tabellen C55

12 Spezielle Literatur C59

D Thermodynamik

1 Thermodynamik. Grundbegriffe D1

1.1 Systeme, Systemgrenzen, Umgebung D1

1.2 Beschreibung des Zustands eines Systems. Thermodynamische Prozesse D1

2 Temperaturen. Gleichgewichte D2

2.1 Thermisches Gleichgewicht D2

2.2 Nullter Hauptsatz und empirische Temperatur D2

2.3 Temperaturskalen D2
 2.3.1 Die Internationale Praktische Temperaturskala D3.

3 Erster Hauptsatz D4

3.1 Allgemeine Formulierung D4

3.2 Die verschiedenen Energieformen D4
 3.2.1 Arbeit D4. – 3.2.2 Innere Energie und Systemenergie D4. – 3.2.3 Wärme D5.

3.3 Anwendung auf geschlossene Systeme. D5

3.4 Anwendung auf offene Systeme. D5
 3.4.1 Stationäre Prozesse D5. – 3.4.2 Instationäre Prozesse D6.

4 Zweiter Hauptsatz D7

4.1 Das Prinzip der Irreversibilität D7

4.2 Allgemeine Formulierung D7

4.3 Spezielle Formulierungen D8
 4.3.1 Adiabate, geschlossene Systeme D8. – 4.3.2 Systeme mit Wärmezufuhr D8.

5 Exergie und Anergie D8

5.1 Exergie eines geschlossenen Systems D8

5.2 Exergie eines offenen Systems D9

5.3 Exergie einer Wärme D9

5.4 Anergie D9

5.5	Exergieverluste.	D 9
6	Stoffthermodynamik	D 10
6.1	Thermische Zustandsgrößen von Gasen und Dämpfen	D 10
	6.1.1 Ideale Gase D 10. – 6.1.2 Gaskonstante und das Gesetz von Avogadro D 10. – 6.1.3 Reale Gase D 10. – 6.1.4 Dämpfe D 11.	
6.2	Kalorische Zustandsgrößen von Gasen und Dämpfen	D 12
	6.2.1 Ideale Gase D 12. – 6.2.2 Reale Gase und Dämpfe D 13.	
6.3	Inkompressible Fluide	D 14
6.4	Feste Stoffe	D 14
	6.4.1 Wärmedehnung D 14. – 6.4.2 Schmelz- und Sublimationsdruckkurve D 14. – 6.4.3 Kalorische Zustandsgrößen D 14.	
7	Zustandsänderungen	D 15
7.1	Zustandsänderungen ruhender Gase und Dämpfe	D 15
7.2	Zustandsänderungen strömender Gase und Dämpfe	D 16
	7.2.1 Strömung idealer Gase D 16. – 7.2.2 Düsen- und Diffusorströmung D 17.	
8	Thermodynamische Prozesse	D 17
8.1	Energiewandlung mittels Kreisprozessen	D 17
8.2	Carnot-Prozess	D 17
8.3	Wärmeanlagen	D 18
	8.3.1 Ackeret-Keller-Prozess D 18. – 8.3.2 Geschlossene Gasturbinenanlage D 19. – 8.3.3 Dampfkraftanlage D 20.	
8.4	Verbrennungskraftanlagen	D 20
	8.4.1 Offene Gasturbinenanlage D 20. – 8.4.2 Ottomotor D 21. – 8.4.3 Dieselmotor D 21. – 8.4.4 Brennstoffzellen D 22.	
8.5	Kälteanlagen und Wärmepumpen	D 22
	8.5.1 Kompressionskälteanlage D 22. – 8.5.2 Kompressionswärmepumpe D 23.	
8.6	Kraft-Wärme-Kopplung	D 23
9	Gemische	D 24
9.1	Gemische idealer Gase.	D 24
9.2	Gas-Dampf-Gemische. Feuchte Luft	D 24
	9.2.1 Mollier-Diagramm der feuchten Luft D 25. – 9.2.2 Zustandsänderungen feuchter Luft D 26.	
10	Verbrennung	D 27
10.1	Reaktionsgleichungen	D 27
10.2	Heizwert und Brennwert	D 27
10.3	Verbrennungstemperatur	D 28
11	Wärmeübertragung	D 28
11.1	Stationäre Wärmeleitung	D 28
11.2	Wärmeübergang und Wärmedurchgang	D 29
11.3	Nichtstationäre Wärmeleitung	D 30
	11.3.1 Der halbunendliche Körper D 30. – 11.3.2 Zwei halbunendliche Körper in thermischem Kontakt D 31. – 11.3.3 Temperaturausgleich in einfachen Körpern D 31.	
11.4	Wärmeübergang durch Konvektion.	D 32
	11.4.1 Wärmeübergang ohne Phasenumwandlung D 32. – 11.4.2 Wärmeübergang beim Kondensieren und beim Sieden D 34.	
11.5	Wärmeübertragung durch Strahlung	D 35
	11.5.1 Gesetz von Stefan-Boltzmann D 35. – 11.5.2 Kirchhoffsches Gesetz D 35. – 11.5.3 Wärmeaustausch durch Strahlung D 35. – 11.5.4 Gasstrahlung D 36.	
12	Anhang D: Diagramme und Tabellen	D 36
13	Spezielle Literatur	D 36

E Werkstofftechnik

1	Werkstoff- und Bauteileigenschaften	E2
1.1	Beanspruchungs- und Versagensarten	E2
	1.1.1 Belastungs- und Beanspruchungsfälle E2. – 1.1.2 Versagen durch mechanische Beanspruchung E3. – 1.1.3 Versagen durch komplexe Beanspruchungen E4.	
1.2	Grundlegende Konzepte für den Festigkeitsnachweis	E6
	1.2.1 Festigkeitshypothesen E6. – 1.2.2 Nennspannungskonzept E6. – 1.2.3 Örtliches Konzept E7. – 1.2.4 Plastisches Grenzlastkonzept E7. – 1.2.5 Bruchmechanikkonzepte E7.	
1.3	Werkstoffkennwerte für die Bauteildimensionierung	E9
	1.3.1 Statische Festigkeit E9. – 1.3.2 Schwingfestigkeit E9. – 1.3.3 Bruchmechanische Werkstoffkennwerte bei statischer Beanspruchung E10. – 1.3.4 Bruchmechanische Werkstoffkennwerte bei zyklischer Beanspruchung E12.	
1.4	Einflüsse auf die Werkstoffeigenschaften	E13
	1.4.1 Werkstoffphysikalische Grundlagen der Festigkeit und Zähigkeit metallischer Werkstoffe E13. – 1.4.2 Metallurgische Einflüsse E13. – 1.4.3 Technologische Einflüsse E14. – 1.4.4 Oberflächeneinflüsse E14. – 1.4.5 Umgebungseinflüsse E15. – 1.4.6 Gestalteinfluss auf statische Festigkeitseigenschaften E16. – 1.4.7 Gestalteinfluss auf Schwingfestigkeitseigenschaften E16.	
1.5	Festigkeitsnachweis von Bauteilen	E17
	1.5.1 Festigkeitsnachweis bei statischer Beanspruchung E17. – 1.5.2 Festigkeitsnachweis bei Schwingbeanspruchung mit konstanter Amplitude E18. – 1.5.3 Festigkeitsnachweis bei Schwingbeanspruchung mit variabler Amplitude (Betriebsfestigkeitsnachweis) E18. – 1.5.4 Bruchmechanischer Festigkeitsnachweis unter statischer Beanspruchung E20. – 1.5.5 Bruchmechanischer Festigkeitsnachweis unter zyklischer Beanspruchung E21. – 1.5.6 Festigkeitsnachweis unter Zeitstand- und Kriechermüdigkeitsbeanspruchung E21.	
2	Werkstoffprüfung	E23
2.1	Grundlagen	E23
	2.1.1 Probenentnahme E23. – 2.1.2 Versuchsauswertung E24.	
2.2	Prüfverfahren	E24
	2.2.1 Zugversuch E24. – 2.2.2 Druckversuch E25. – 2.2.3 Biegeversuch E26. – 2.2.4 Härteprüfverfahren E26. – 2.2.5 Kerbschlagbiegeversuch E27. – 2.2.6 Bruchmechanische Prüfungen E27. – 2.2.7 Chemische und physikalische Analysemethoden E28. – 2.2.8 Metallographische Untersuchungen E29. – 2.2.9 Technologische Prüfungen E30. – 2.2.10 Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung E30. – 2.2.11 Dauerversuche E31.	
3	Eigenschaften und Verwendung der Werkstoffe	E32
3.1	Eisenwerkstoffe	E32
	3.1.1 Das Zustandsschaubild Eisen-Kohlenstoff E32. – 3.1.2 Stahlerzeugung E32. – 3.1.3 Wärmebehandlung E34. – 3.1.4 Stähle E38. – 3.1.5 Gusseisenwerkstoffe E49.	
3.2	Nichteisenmetalle	E52
	3.2.1 Kupfer und seine Legierungen E52. – 3.2.2 Aluminium und seine Legierungen E54. – 3.2.3 Magnesiumlegierungen E55. – 3.2.4 Titanlegierungen E56. – 3.2.5 Nickel und seine Legierungen E57. – 3.2.6 Zink und seine Legierungen E57. – 3.2.7 Blei E58. – 3.2.8 Zinn E58. – 3.2.9 Überzüge auf Metallen E58.	
3.3	Nichtmetallische anorganische Werkstoffe	E59
	3.3.1 Keramische Werkstoffe E59. – 3.3.2 Glas E61. – 3.3.3 Beton E62. – 3.3.4 Holz E63.	
3.4	Werkstoffauswahl	E66
4	Kunststoffe	E67
4.1	Einführung	E67
4.2	Aufbau und Verhalten von Kunststoffen	E68
4.3	Eigenschaften	E68
4.4	Wichtige Thermoplaste	E69
4.5	Fluorhaltige Kunststoffe	E71
4.6	Duroplaste	E71
4.7	Kunststoffschäume	E72
4.8	Elastomere	E72
4.9	Prüfung von Kunststoffen	E73
	4.9.1 Kennwertermittlung an Probekörpern E73. – 4.9.2 Prüfung von Fertigteilen E76.	
4.10	Verarbeiten von Kunststoffen	E76

4.10.1 Urformen von Kunststoffen E 76. – 4.10.2 Umformen von Kunststoffen E 78. – 4.10.3 Fügen von Kunststoffen E 79.

4.11 Gestalten und Fertigungsgenauigkeit von Kunststoff-Formteilen E 80

4.12 Nachbehandlungen E 81

5 Tribologie. E 82

5.1 Reibung. E 82

5.2 Verschleiß. E 82

5.3 Systemanalyse von Reibungs- und Verschleißvorgängen E 83

5.3.1 Funktion von Tribosystemen E 84. – 5.3.2 Beanspruchungskollektiv E 84. – 5.3.3 Struktur tribologischer Systeme E 85. – 5.3.4 Tribologische Kenngrößen E 85. – 5.3.5 Checkliste zur Erfassung der wichtigsten tribologisch relevanten Größen E 85.

5.4 Schmierung E 85

5.5 Schmierstoffe E 85

5.5.1 Schmieröle E 86. – 5.5.2 Schmierfette E 88. – 5.5.3 Festschmierstoffe E 89.

5.6 Tribotechnische Werkstoffe. E 89

6 Korrosion und Korrosionsschutz von Metallen E 89

6.1 Einführung E 89

6.2 Mechanismen der Korrosion E 90

6.3 Korrosionserscheinungen („Korrosionsarten“) E 90

6.4 Überlagerung von Korrosion und mechanischer Beanspruchung E 93

6.4.1 Spannungsrisskorrosion E 93. – 6.4.2 Schwingungsrisskorrosion (Bild 13) E 94. – 6.4.3 Korrosionsverschleiß E 95. – 6.4.4 Reibkorrosion (Schwingverschleiß) E 95. – 6.4.5 Erosionskorrosion E 95. – 6.4.6 Kavitationskorrosion E 96. – 6.4.7 Wasserstoffinduzierte Rissbildung E 96.

6.5 Korrosionsschutz E 96

6.5.1 Allgemeines E 96. – 6.5.2 Werkstoffreinheit E 96. – 6.5.3 Legierungstechnische Maßnahmen E 97. – 6.5.4 Erzeugung von Diffusionsschichten E 97. – 6.5.5 Schutz durch metallische Überzüge E 97. – 6.5.6 Kathodischer Schutz E 97. – 6.5.7 Korrosionsschutz durch Inhibitoren E 97. – 6.5.8 Korrosionsschutzgerechte Konstruktion E 97. – 6.5.9 Korrosionsschutzgerechte Fertigung E 98.

6.6 Korrosionsprüfung E 98

6.6.1 Allgemeines E 98. – 6.6.2 Hinweise zu den einzelnen Gruppen von Prüfverfahren E 98.

7 Anhang E: Diagramme und Tabellen E 99

8 Spezielle Literatur E 131

F Grundlagen der Konstruktionstechnik

1 Grundlagen technischer Systeme und des methodischen Vorgehens F 1

1.1 Technische Systeme. F 1

1.1.1 Energie-, Stoff- und Signalumsatz F 1. – 1.1.2 Funktionszusammenhang F 2. – 1.1.3 Wirkzusammenhang F 3. – 1.1.4 Bauzusammenhang F 3. – 1.1.5 Systemzusammenhang F 3. – 1.1.6 Generelle Zielsetzung und Bedingungen F 3.

1.2 Methodisches Vorgehen F 4

1.2.1 Allgemeine Arbeitsmethodik F 4. – 1.2.2 Allgemeiner Lösungsprozeß F 4. – 1.2.3 Abstrahieren zum Erkennen der Funktionen F 5. – 1.2.4 Suche nach Lösungsprinzipien F 5. – 1.2.5 Beurteilen von Lösungen F 7.

1.3 Konstruktionsprozess F 11

1.3.1 Klären der Aufgabenstellung F 11. – 1.3.2 Konzipieren F 12. – 1.3.3 Entwerfen F 12. – 1.3.4 Ausarbeiten F 12. – 1.3.5 Effektive Organisationsformen F 13. – 1.3.6 Rapid Prototyping F 14. – 1.3.7 Konstruktionsarten F 15.

1.4 Gestaltung. F 15

1.4.1 Grundregeln F 15. – 1.4.2 Gestaltungsprinzipien F 15. – 1.4.3 Gestaltungsrichtlinien F 18. – 1.4.4 Faser-Kunststoff-Verbunde F 21.

1.5 Baureihen- und Baukastenentwicklung F 25

1.5.1 Ähnlichkeitsbeziehungen F 25. – 1.5.2 Dezimalgeometrische Normzahlreihen F 26. – 1.5.3 Geometrisch ähnliche Baureihe F 27. – 1.5.4 Halbähnliche Baureihen F 28. – 1.5.5 Anwenden von Exponentenleichungen F 28. – 1.5.6 Baukasten F 28.

1.6 Normen- und Zeichnungswesen F 29

1.6.1 Normenwerk F29. – 1.6.2 Grundnormen F30. – 1.6.3 Zeichnungen und Stücklisten F34. – 1.6.4 Sachnummernsysteme F35.

2	Anwendung für Maschinensysteme der Stoffverarbeitung	F37
	2 Anwendung der Maschinensysteme der Stoffverarbeitung F37.	
2.1	Aufgabe und Einordnung	F37
2.2	Struktur von Verarbeitungsmaschinen	F38
	2.2.1 Verarbeitungssystem F38. – 2.2.2 Antriebs- und Steuerungssystem F42. – 2.2.3 Raumsystem F45.	
2.3	Verarbeitungsanlagen	F47
3	Spezielle Literatur	F47

G Mechanische Konstruktionselemente

1	Bauteilverbindungen	G3
1.1	Schweißen	
	1 Bauteilverbindungen G3.	
1.1	Schweißen	G3
	1.1.1 Schweißverfahren G3. – 1.1.2 Schweißbarkeit der Werkstoffe G3. – 1.1.3 Stoß- und Nahtarten G10. – 1.1.4 Darstellung der Schweißnähte G12. – 1.1.5 Festigkeit von Schweißverbindungen G12. – 1.1.6 Thermisches Abtragen G19.	
1.2	Löten	G22
	1.2.1 Vorgang G22. – 1.2.2 Weichlöten G22. – 1.2.3 Hartlöten und Schweißlöten (Fugelöten) G22. – 1.2.4 Hochtemperaturlöten G22.	
1.3	Kleben	G24
	1.3.1 Anwendung und Vorgang G24. – 1.3.2 Klebstoffe G24. – 1.3.3 Tragfähigkeit G25.	
1.4	Reibschlussverbindungen.	G26
	1.4.1 Formen, Anwendungen G26. – 1.4.2 Pressverbände G26. – 1.4.3 Klemmverbindungen G29.	
1.5	Formschlussverbindungen	G30
	1.5.1 Formen, Anwendungen G30. – 1.5.2 Stiftverbindungen G30. – 1.5.3 Bolzenverbindungen G31. – 1.5.4 Keilverbindungen G32. – 1.5.5 Pass- und Scheibenfeder-Verbindungen G32. – 1.5.6 Zahn- und Keilwellenverbindungen G33. – 1.5.7 Polygonwellenverbindungen G33. – 1.5.8 Vorgespannte Welle-Nabe-Verbindungen G33. – 1.5.9 Axiale Sicherungselemente G34. – 1.5.10 Nietverbindungen G34.	
1.6	Schraubenverbindungen	G35
	1.6.1 Aufgaben G35. – 1.6.2 Kenngrößen der Schraubenbewegung G35. – 1.6.3 Gewindearten G36. – 1.6.4 Schrauben- und Mutterarten G37. – 1.6.5 Schrauben- und Mutterwerkstoffe G38. – 1.6.6 Kräfte und Verformungen beim Anziehen von Schraubenverbindungen G38. – 1.6.7 Überlagerung von Vorspannkraft und Betriebslast G41. – 1.6.8 Auslegung und Dauerfestigkeitsberechnung von Schraubenverbindungen G43. – 1.6.9 Sicherung von Schraubenverbindungen G46.	
2	Federnde Verbindungen (Federn)	G47
2.1	Aufgaben, Eigenschaften, Kenngrößen.	G47
	2.1.1 Aufgaben G47. – 2.1.2 Federkennlinie, Federsteifigkeit, Federnachgiebigkeit G48. – 2.1.3 Arbeitsaufnahmefähigkeit, Nutzungsgrad, Dämpfungsvermögen, Dämpfungsfaktor G48.	
2.2	Metallfedern	G48
	2.2.1 Zug/Druck-beanspruchte Zug- oder Druckfedern G48. – 2.2.2 Einfache und geschichtete Blattfedern (gerade oder schwachgekrümmte, biegebeanspruchte Federn) G49. – 2.2.3 Spiralfedern (ebene gewundene, biegebeanspruchte Federn) und Schenkelfedern (biegebeanspruchte Schraubenfedern) G50. – 2.2.4 Tellerfedern (scheibenförmige, biegebeanspruchte Federn) G51. – 2.2.5 Drehstabfedern (gerade, drehbeanspruchte Federn) G52. – 2.2.6 Zylindrische Schraubendruckfedern und Schraubenzugfedern G53.	
2.3	Gummifedern	G55
	2.3.1 Der Werkstoff „Gummi“ und seine Eigenschaften G55. – 2.3.2 Gummifederelemente G56.	
2.4	Federn aus Faser-Kunststoff-Verbunden	G58
2.5	Gasfedern	G58
2.6	Industrie-Stoßdämpfer	G58
	2.6.1 Anwendungsgebiete G58. – 2.6.2 Funktionsweise des Industrie-Stoßdämpfers G59. – 2.6.3 Aufbau eines Industrie-Stoßdämpfers (Bild 17) G59. – 2.6.4 Berechnung und Auswahl (Bild 18) G59.	
3	Kupplungen und Bremsen	G60
3.1	Überblick, Aufgaben.	G60
3.2	Drehstarre, nicht schaltbare Kupplungen	G60
	3.2.1 Starre Kupplungen G60. – 3.2.2 Drehstarre Ausgleichkupplungen G60.	

3.3	Elastische, nicht schaltbare Kupplungen	G 62
	3.3.1 Feder- und Dämpfungsverhalten G 62. – 3.3.2 Auslegungsgesichtspunkte, Schwingungsverhalten G 64. – 3.3.3 Bauarten G 65. – 3.3.4 Auswahlgesichtspunkte G 66.	
3.4	Drehnachgiebige, nicht schaltbare Kupplungen	G 66
3.5	Fremdgeschaltete Kupplungen	G 66
	3.5.1 Formschlüssige Schaltkupplungen G 67. – 3.5.2 Kraft-(Reib-)schlüssige Schaltkupplungen G 67. – 3.5.3 Der Schaltvorgang bei reibschlüssigen Schaltkupplungen G 68. – 3.5.4 Auslegung einer reibschlüssigen Schaltkupplung G 70. – 3.5.5 Auswahl einer Kupplungsgröße G 70. – 3.5.6 Allgemeine Auswahlkriterien G 70. – 3.5.7 Bremsen G 71.	
3.6	Selbsttätig schaltende Kupplungen	G 72
	3.6.1 Drehmomentgeschaltete Kupplungen G 72. – 3.6.2 Drehzahlgeschaltete Kupplungen G 72. – 3.6.3 Richtungsgeschaltete Kupplungen (Freiläufe) G 73.	
4	Wälzlager.	G 74
4.1	Kennzeichen und Eigenschaften der Wälzlager	G 74
4.2	Bauarten der Wälzlager	G 74
	4.2.1 Lager für rotierende Bewegungen G 74. – 4.2.2 Linearwälzlager G 78.	
4.3	Wälzlagerkäfige	G 78
4.4	Wälzlagerwerkstoffe	G 78
4.5	Bezeichnungen für Wälzlager	G 79
4.6	Konstruktive Ausführung von Lagerungen	G 79
	4.6.1 Fest-Loslager-Anordnung G 79. – 4.6.2 Schwimmende oder Stütz-Traglagerung und angestellte Lagerung G 80. – 4.6.3 Lagersitze, axiale und radiale Festlegung der Lagerringe G 81. – 4.6.4 Lagerluft G 81.	
4.7	Wälzlagerschmierung	G 81
	4.7.1 Allgemeines G 81. – 4.7.2 Fettschmierung G 82. – 4.7.3 Ölschmierung G 83. – 4.7.4 Feststoffschmierung G 84.	
4.8	Wälzlagerdichtungen	G 84
4.9	Belastbarkeit und Lebensdauer der Wälzlager	G 84
	4.9.1 Grundlagen G 84. – 4.9.2 Statische bzw. dynamische Tragfähigkeit und Lebensdauerberechnung G 85.	
4.10	Bewegungswiderstand und Referenzdrehzahlen der Wälzlager	G 88
5	Gleitlagerungen	G 89
5.1	Grundlagen	G 89
	5.1.1 Aufgabe, Einteilung und Anwendungen G 89. – 5.1.2 Wirkungsweise G 89. – 5.1.3 Reibungszustände G 90.	
5.2	Berechnung hydrodynamischer Gleitlager	G 90
	5.2.1 Stationär belastete Radialgleitlager G 90. – 5.2.2 Radialgleitlager im instationären Betrieb G 93. – 5.2.3 Stationär belastete Axialgleitlager G 93. – 5.2.4 Mehrgleitflächenlager G 96.	
5.3	Hydrostatische Anfahrhilfen	G 97
5.4	Berechnung hydrostatischer Gleitlager	G 97
	5.4.1 Hydrostatische Radialgleitlager G 97. – 5.4.2 Hydrostatische Axialgleitlager G 98.	
5.5	Dichtungen	G 99
5.6	Wartungsfreie Gleitlager	G 99
5.7	Konstruktive Gestaltung	G 100
	5.7.1 Konstruktion und Schmierspaltausbildung G 100. – G 100. – 5.7.2 Lagerschmierung G 100. – 5.7.3 Lagerkühlung G 101. – 5.7.4 Lagerwerkstoffe G 101. – G 101. – 5.7.5 Lagerbauformen G 102.	
6	Zugmittelgetriebe	G 102
6.1	Bauarten, Anwendungen	G 102
6.2	Flachriemengetriebe.	G 103
	6.2.1 Kräfte am Flachriemengetriebe G 103. – 6.2.2 Beanspruchungen G 103. – 6.2.3 Geometrische Beziehungen G 104. – 6.2.4 Kinematik, Leistung, Wirkungsgrad G 104. – 6.2.5 Riemenlauf und Vorspannung G 105. – 6.2.6 Riemenwerkstoffe G 106. – 6.2.7 Entwurfsberechnung G 106.	
6.3	Keilriemen	G 107
	6.3.1 Anwendungen und Eigenschaften G 107. – 6.3.2 Typen und Bauarten von Keilriemen G 108. – 6.3.3 Entwurfsberechnung G 108.	
6.4	Synchronriemen (Zahnriemen)	G 109
	6.4.1 Aufbau, Eigenschaften, Anwendung G 109. – 6.4.2 Gestaltungshinweise G 109. – 6.4.3 Entwurfsberechnung G 109.	

6.5	Kettengetriebe	G 109
	6.5.1 Bauarten, Eigenschaften, Anwendung G 109. – 6.5.2 Gestaltungshinweise G 110. – 6.5.3 Entwurfsberechnung G 110.	
7	Reibradgetriebe	G 110
7.1	Wirkungsweise, Definitionen	G 110
7.2	Bauarten, Beispiele	G 111
	7.2.1 Reibradgetriebe mit festem Übersetzungsverhältnis G 111. – 7.2.2 Wälzgetriebe mit stufenlos einstellbarer Übersetzung G 111.	
7.3	Berechnungsgrundlagen	G 114
	7.3.1 Bohrbewegung G 114. – 7.3.2 Schlupf G 114. – 7.3.3 Übertragbare Leistung und Wirkungs- grad G 115. – 7.3.4 Gebräuchliche Werkstoffpaarungen G 116.	
7.4	Hinweise für Anwendung und Betrieb	G 116
8	Zahnradgetriebe	G 117
8.1	Stirnräder – Verzahnungsgeometrie	G 117
	8.1.1 Verzahnungsgesetz G 117. – 8.1.2 Übersetzung, Zähnezahverhältnis, Momentenverhältnis G 118. – 8.1.3 Konstruktion von Eingriffslinie und Gegenflanke G 118. – 8.1.4 Flankenlinien und Formen der Verzahnung G 118. – 8.1.5 Allgemeine Verzahnungsgrößen G 118. – 8.1.6 Gleit- und Rollbewegung G 120. – 8.1.7 Evolventenverzahnung G 120. – 8.1.8 Sonstige Verzahnungen (außer Evolventen) und ungleichmäßig übersetzende Zahnräder G 122.	
8.2	Verzahnungsabweichungen und -toleranzen, Flankenspiel	G 123
8.3	Schmierung und Kühlung	G 124
8.4	Werkstoffe und Wärmebehandlung –Verzahnungsherstellung	G 126
8.5	Tragfähigkeit von Gerad- und Schrägstirnrädern	G 126
	8.5.1 Zahnschäden und Abhilfen G 126. – 8.5.2 Pflichtenheft G 127. – 8.5.3 Anhaltswerte für die Dimensionierung G 127. – 8.5.4 Nachrechnung der Tragfähigkeit G 127.	
8.6	Kegelräder	G 134
	8.6.1 Geradzahn-Kegelräder G 134. – 8.6.2 Kegelräder mit Schräg- oder Bogenverzahnung G 134. – 8.6.3 Zahnform G 134. – 8.6.4 Kegelrad-Geometrie G 134. – 8.6.5 Tragfähigkeit G 135. – 8.6.6 Lagerkräfte G 135. – 8.6.7 Hinweise zur Konstruktion von Kegelrädern G 135. – 8.6.8 Sondergetriebe G 135.	
8.7	Stirnschraubräder	G 136
8.8	Schneckengetriebe.	G 136
	8.8.1 Zylinderschnecken-Geometrie G 136. – 8.8.2 Auslegung G 137. – 8.8.3 Zahnkräfte, Lagerkräfte G 138. – 8.8.4 Geschwindigkeiten, Beanspruchungskennwerte G 138. – 8.8.5 Reibungszahl, Wirkungsgrad G 138. – 8.8.6 Nachrechnung der Tragfähigkeit G 140. – 8.8.7 Gestaltung, Werkstoffe, Lagerung, Genauigkeit, Schmierung, Montage G 141.	
8.9	Umlaufgetriebe	G 142
	8.9.1 Kinematische Grundlagen, Bezeichnungen G 142. – 8.9.2 Allgemeingültigkeit der Berechnungsgleichungen G 143. – 8.9.3 Vorzeichenregeln G 144. – 8.9.4 Drehmomente, Leistungen, Wirkungsgrade G 144. – 8.9.5 Selbsthemmung und Teilhemmung G 146. – 8.9.6 Konstruktive Hinweise G 146. – 8.9.7 Auslegung einfacher Planetengetriebe G 147. – 8.9.8 Zusammengesetzte Planetengetriebe G 148.	
8.10	Gestaltung der Zahnradgetriebe	G 150
	8.10.1 Bauarten G 150. – 8.10.2 Anschluss an Motor und Arbeitsmaschine G 152. – 8.10.3 Gestalten und Bemaßen der Zahnräder G 152. – 8.10.4 Gestalten der Gehäuse G 152. – 8.10.5 Lagerung G 153.	
9	Getriebetechnik	G 154
9.1	Getriebesystematik	G 154
	9.1.1 Grundlagen G 154. – 9.1.2 Arten ebener Getriebe G 155.	
9.2	Getriebeanalyse	G 158
	9.2.1 Kinematische Analyse ebener Getriebe G 158. – 9.2.2 Kinetostatische Analyse ebener Getriebe G 160. – 9.2.3 Kinematische Analyse räumlicher Getriebe G 161. – 9.2.4 Laufgüte der Getriebe G 161.	
9.3	Getriebesynthese	G 162
	9.3.1 Viergelenkgetriebe G 162. – 9.3.2 Kurvengetriebe G 163.	
9.4	Sondergetriebe	G 164
10	Anhang G: Diagramme und Tabellen	G 165
11	Spezielle Literatur	G 182

H Fluidische Antriebe

1 Grundlagen der fluidischen Energieübertragung	H 1
1.1 Der Fließprozess	H 1
1.1.1 Energieübertragung durch Flüssigkeiten H 1. – 1.1.2 Energieübertragung durch Gase H 3.	
1.2 Hydraulikflüssigkeiten	H 3
1.3 Systematik	H 4
1.3.1 Aufbau und Funktion der Hydrogetriebe H 4. – 1.3.2 Ordnung der Fluidgetriebe H 4.	
2 Bauelemente hydrostatischer Getriebe	H 4
2.1 Verdrängermaschinen mit rotierender Welle	H 4
2.1.1 Zahnradpumpen und Zahnring-(Gerotor-)pumpen H 6. – 2.1.2 Flügelzellenpumpen H 7. – 2.1.3 Kolbenpumpen H 8. – 2.1.4 Andere Pumpenbauarten H 8. – 2.1.5 Hydromotoren in Umlaufverdrängerbauart H 10. – 2.1.6 Hydromotoren in Hubverdränger-(Kolben-)bauart H 10.	
2.2 Verdrängermaschinen mit translatorischem (Ein- und) Ausgang	H 10
2.3 Hydroventile	H 10
2.3.1 Wegeventile H 10. – 2.3.2 Sperrventile H 12. – 2.3.3 Druckventile H 12. – 2.3.4 Stromventile H 13. – 2.3.5 Proportionalventile H 13.	
2.4 Hydraulikzubehör	H 14
3 Aufbau und Funktion der Hydrogetriebe	H 14
3.1 Hydrokreise	H 14
3.1.1 Offener Kreislauf (Bild 1 a) H 14. – 3.1.2 Geschlossener Kreislauf (Bild 1 b) H 14. – 3.1.3 Halboffener Kreislauf H 15.	
3.2 Funktion der Hydrogetriebe	H 15
3.2.1 Berechnung des stationären Betriebsverhaltens H 15. – 3.2.2 Dynamisches Betriebsverhalten H 15.	
3.3 Steuerung der Getriebeübersetzung	H 15
3.3.1 Getriebe mit Verstelleinheiten H 15. – 3.3.2 Selbsttätig arbeitende Regler und Verstellungen an Verstellmaschinen H 16. – 3.3.3 Stromteilgetriebe H 17.	
4 Ausführung und Auslegung von Hydrogetrieben	H 17
4.1 Getriebebeschaltung	H 17
4.2 Auslegung von Hydrokreisen	H 18
5 Pneumatische Antriebe	H 19
5.1 Bauelemente	H 19
5.2 Schaltung	H 20
6 Anhang H: Diagramme und Tabellen	H 21
7 Spezielle Literatur	H 23

I Mechatronische Systeme

1 Mechatronik: Methodik und Komponenten	I 1
1.1 Einführung	I 1
1.2 Basisdisziplinen	I 1
1.3 Modellbildung und Entwurf	I 1
1.4 Komponenten mechatronischer Systeme	I 3
1.4.1 Sensoren I 3. – 1.4.2 Aktoren I 3. – 1.4.3 Prozeßdatenverarbeitung und Bussysteme I 4.	
2 Elektronische Bauelemente	I 6
2.1 Passive Komponenten	I 6
2.1.1 Aufbau elektronischer Schaltungen I 6. – 2.1.2 Widerstände I 6. – 2.1.3 Kapazitäten I 7. – 2.1.4 Induktivitäten I 7.	
2.2 Dioden	I 8
2.2.1 Diodenkennlinien und Daten I 8. – 2.2.2 Schottky-Dioden I 8. – 2.2.3 Kapazitätsdioden I 8. – 2.2.4 Z-Dioden I 8. – 2.2.5 Leistungsdioden I 9.	
2.3 Transistoren	I 9
2.3.1 Bipolartransistoren I 9. – 2.3.2 Feldeffekttransistoren I 10. – 2.3.3 IGB-Transistoren I 11.	

2.4	Thyristoren	I11
	2.4.1 Thyristorkennlinien und Daten I12. – 2.4.2 Steuerung des Thyristors I13. – 2.4.3 Triacs, Diacs I13. – 2.4.4 Abschaltbare Thyristoren I13.	
2.5	Operationsverstärker	I13
2.6	Optoelektronische Komponenten	I14
	2.6.1 Optoelektronische Empfänger I15. – 2.6.2 Optoelektronische Sender I15. – 2.6.3 Optokoppler I16.	
3	Aufbau mechatronischer Systeme	I16
3.1	Einführung	I16
3.2	Beispiele mechatronischer Systeme	I16
4	Spezielle Literatur	I18

K Komponenten des thermischen Apparatebaus

1	Grundlagen	K1
1.1	Unterscheidungsmerkmale von wärmeübertragenden Apparaten	K1
1.2	Wärme- und strömungstechnische Auslegung.	K1
	1.2.1 Wärmetechnische Auslegung von Rekuperatoren K1. – 1.2.2 Wärmetechnische Auslegung von Regeneratoren K3. – 1.2.3 Druckverlustberechnung K3.	
1.3	Stromführung und Betriebscharakteristik wärmeübertragender Apparate.	K4
1.4	Wirkungsgrade, Exergieverluste	K4
	1.4.1 Wirkungsgrade K4. – 1.4.2 Exergieverluste K5.	
2	Konstruktionselemente von Apparaten und Rohrleitungen	K5
2.1	Berechnungsgrundlagen	K5
2.2	Zylindrische Mäntel und Rohre unter innerem Überdruck	K5
2.3	Zylindrische Mäntel unter äußerem Überdruck	K6
2.4	Ebene Böden	K7
2.5	Gewölbte Böden	K9
2.6	Ausschnitte	K10
2.7	Flanschverbindungen	K11
	2.7.1 Schrauben K11. – 2.7.2 Flansche K13.	
2.8	Rohrleitungen.	K15
	2.8.1 Rohrdurchmesser K15. – 2.8.2 Strömungsverluste K15. – 2.8.3 Rohrarten, Normen, Werkstoffe K15. – 2.8.4 Rohrverbindungen K16. – 2.8.5 Dehnungsausgleicher K17. – 2.8.6 Rohrhalterungen K18.	
2.9	Absperr- und Regelorgane	K18
	2.9.1 Allgemeines K18. – 2.9.2 Ventile K20. – 2.9.3 Schieber K21. – 2.9.4 Hähne (Drehschieber) K21. – 2.9.5 Klappen K21.	
2.10	Dichtungen	K22
	2.10.1 Berührungsdichtungen an ruhenden Flächen K22. – 2.10.2 Berührungsdichtungen an gleitenden Flächen K23.	
3	Bauarten von Wärmeübertragern	K24
3.1	Rohrbündelapparate	K24
3.2	Sonstige Bauarten	K25
4	Kondensation und Rückkühlung	K27
4.1	Grundbegriffe der Kondensation	K27
4.2	Oberflächenkondensatoren	K28
	4.2.1 Wärmetechnische Berechnung K28. – 4.2.2 Kondensatoren in Dampfkraftanlagen K28. – 4.2.3 Kondensatoren in der chemischen Industrie K28. – 4.2.4 Konstruktive Gesichtspunkte K28.	
4.3	Einspritz-(Misch-)Kondensatoren	K29
4.4	Luftgekühlte Kondensatoren	K29
4.5	Hilfsmaschinen	K30
	4.5.1 Trockenluftpumpen K30. – 4.5.2 Kühlwasser- und Kondensatumpumpen K30.	

4.6	Indirekte Luftkühlung und Rückkühlanlagen	K 31
	4.6.1 Bauarten K 31. – 4.6.2 Berechnung K 32.	
5	Anhang K: Diagramme und Tabellen	K 33
6	Spezielle Literatur	K 35

L Energietechnik und Wirtschaft

1	Grundsätze der Energieversorgung.	L 1
1.1	Planung und Investitionen	L 2
1.2	Elektrizitätswirtschaft	L 3
1.3	Gaswirtschaft	L 5
1.4	Fernwärmewirtschaft	L 6
2	Primärenergien	L 7
2.1	Definitionen	L 7
2.2	Feste Brennstoffe	L 7
2.3	Flüssige Brennstoffe.	L 9
2.4	Gasförmige Brennstoffe oder Brenngase	L 11
2.5	Kernbrennstoffe	L 13
2.6	Regenerative Energien.	L 15
3	Wandlung von Primärenergie in Nutzenergie	L 17
3.1	Erzeugung elektrischer Energie	L 17
	3.1.1 Wärmekraftwerke L 17. – 3.1.2 Kernkraftwerke L 22. – 3.1.3 Kombi-Kraftwerke L 23. – 3.1.4 Motorkraftwerke L 25. – 3.1.5 Brennstoffzelle L 25.	
3.2	Kraft-Wärme-Kopplung	L 26
3.3	Wandlung regenerativer Energien	L 28
	3.3.1 Wasserkraftanlagen (s. L 2.6) L 28. – 3.3.2 Windkraftanlagen L 28. – 3.3.3 Anlagen zur Nutzung der Sonnenenergie L 29. – 3.3.4 Wärmepumpen L 31.	
4	Verteilen und Speicherung von Nutzenergie	L 31
4.1	Energietransport	L 31
	4.1.1 Mineralöltransporte L 31. – 4.1.2 Erdgastransporte L 32. – 4.1.3 Elektrische Verbundnetze L 33. – 4.1.4 Fernwärmetransporte L 34.	
4.2	Energiespeicherung	L 34
5	Feuerungen	L 36
5.1	Allgemeines	L 36
	5.1.1 Verbrennungsvorgang L 36. – 5.1.2 Kennzahlen L 36. – 5.1.3 Druckzustände L 37. – 5.1.4 Emissionen L 38.	
5.2	Feuerungen für feste Brennstoffe	L 39
	5.2.1 Rostfeuerungen L 39. – 5.2.2 Kohlenstaubfeuerung L 40. – 5.2.3 Wirbelschichtfeuerung L 43.	
5.3	Feuerungen für flüssige Brennstoffe	L 44
	5.3.1 Besondere Eigenschaften L 44. – 5.3.2 Brenner L 45. – 5.3.3 Gesamtanlage L 45.	
5.4	Feuerungen für gasförmige Brennstoffe	L 45
	5.4.1 Verbrennung und Brennereinteilung L 45 – 5.4.2 Brennerbauarten L 46.	
5.5	Allgemeines Feuerungszubehör	L 46.
	5.5.1 Gebläse L 46. – 5.5.2 Schornstein L 46	
5.6	Umweltschutztechnologien	L 46
	5.6.1 Rauchgasentstaubung L 46. – 5.6.2 Rauchgasentschwefelung L 47. – 5.6.3 Rauchgasentstickung L 49. – 5.6.4 Entsorgung der Kraftwerksnebenprodukte L 49.	
6	Dampferzeuger	L 50
6.1	Angaben zum System	L 50
	6.1.1 Bauarten L 50. – 6.1.2 Dampferzeugersysteme L 50. – 6.1.3 Drücke L 51. – 6.1.4 Temperaturen L 51. – 6.1.5 Leistung L 51. – 6.1.6 Sicherheit L 51.	

6.2	Ausgeführte Dampferzeuger	L 52
	6.2.1 Großwasserraumkessel L 52. – 6.2.2 Naturumlaufkessel für fossile Brennstoffe L 52. –	
	6.2.3 Zwanglaufkessel für fossile Brennstoffe L 53. – 6.2.4 Dampferzeuger für Kernreaktoren [10] L 55.	
6.3	Teile und Bauelemente von Dampferzeugern	L 55
	6.3.1 Verdampfer L 55. – 6.3.2 Überhitzer und Zwischenüberhitzer L 57. – 6.3.3 Speisewasservorwärmer (Eco) L 58. – 6.3.4 Luftvorwärmer (Luvo) L 58. – 6.3.5 Speisewasseraufbereitung L 59	
6.4	Wärmetechnische Berechnung	L 59
	6.4.1 Energiebilanz und Wirkungsgrad L 59. – 6.4.2 Ermittlung der Heizfläche L 60. –	
	6.4.3 Strömungswiderstände L 60. – 6.4.4 Festigkeitsberechnung L 61.	
7	Kernreaktoren	L 61
7.1	Bauteile des Reaktors und Reaktorgebäude	L 61
7.2	Sicherheitstechnik von Kernreaktoren	L 61
7.3	Funktionsbedingungen für Kernreaktoren	L 62
7.4	Bauarten von Kernreaktoren	L 63
	7.4.1 Leichtwasserreaktoren (LWR) L 63. – 7.4.2 Weiterentwicklung der Leichtwasserreakorteknik L 65. –	
	7.4.3 Schwerwasserreaktoren L 66. – 7.4.4 Gasgekühlte thermische Reaktoren L 66. – 7.4.5 Schnelle	
	Brutreaktoren (SNR) L 67. – 7.4.6 Kennwerte von Reaktortypen L 67.	
7.5	Kernfusion	L 67
8	Anhang L: Diagramme und Tabellen	L 69
9	Spezielle Literatur	L 71
M	Klimatechnik	
1	Grundlagen	M 1
1.1	Aufgabe	M 1
1.2	Meteorologische Grundlagen	M 2
	1.2.1 Lufttemperatur M 2. – 1.2.2 Luftfeuchte M 3. – 1.2.3 Wind M 3. – 1.2.4 Sonnenstrahlung M 3.	
1.3	Hygienische Grundlagen	M 3
	1.3.1 Raumklima M 3. – 1.3.2 Lüfterneuerung in Räumen M 4. – 1.3.3 Behagliches Raumklima in	
	Aufenthalts- und Arbeitsräumen M 4. – 1.3.4 Erträgliches Raumklima in Arbeitsräumen	
	und Industriebetrieben M 6.	
1.4	Kältetechnische Verfahren	M 6
	1.4.1 Allgemeines M 6. – 1.4.2 Kaldampf-Kompressionskälteanlage M 8. – 1.4.3	
	Absorptionskälteanlage M 9. – 1.4.4 Verdunstungskühlverfahren M 10. – 1.4.5 Kältemittel, Kältemaschinen-	
	Öle und Kühltölen M 10.	
1.5	Heiztechnische Verfahren	M 15
1.6	Raumlufttechnische Verfahren	M 15
2	Berechnungs- und Bemessungsgrundlagen der Heiz- und Raumlufttechnik	M 17
2.1	Wärmebedarf, Heizlast.	M 17
	2.1.1 Transmissionswärmeverluste M 17. – 2.1.2 Lüftungswärmeverluste M 17. –	
	2.1.3 Aufheizzuschlag M 18. – 2.1.4 Sonderfälle M 18.	
2.2	Kühllast	M 18
	2.2.1 Innere Kühllast M 18. – 2.2.2 Äußere Kühllast M 19.	
2.3	Luftbedarf	M 20
	2.3.1 Lüftung M 20. – 2.3.2 Lüftung M 20. – 2.3.3 Luftkühlung M 21. – 2.3.4 Klimaanlage M 21.	
2.4	Leitungen.	M 21
	2.4.1 Rohrnetz für Warm- und Heißwasserleitungen M 22. – 2.4.2 Kanalnetz für raumlufttechnische	
	Anlagen M 22. – 2.4.3 Luftführung im Raum M 23.	
3	Systeme und Bauteile der Heizungstechnik.	M 24
3.1	Einzelheizung.	M 24
	3.1.1 Einzelheizgeräte für Wohnräume M 24. – 3.1.2 Einzelheizgeräte für größere Räume und Hallen M 24.	
3.2	Zentralheizung	M 25
	3.2.1 Systeme M 25. – 3.2.2 Raum-Heizkörper, -Heizflächen M 25. – 3.2.3 Rohrnetz M 27. –	
	3.2.4 Armaturen M 29. – 3.2.5 Umwälzpumpen M 29. – 3.2.6 Wärmeerzeugung M 30. –	
	3.2.7 Heizzentrale M 34. – 3.2.8 Regelung und Steuerung M 35. – 3.2.9 Wärmeverbrauchsermittlung M 35.	

4	Systeme und Bauteile der Raumlufttechnik	M 37
4.1	Einrichtungen zur freien Lüftung	M 37
	4.1.1 Fensterlüftung M 37. – 4.1.2 Schachtlüftung M 37. – 4.1.3 Dachaufsatzlüftung M 37. – 4.1.4 Freie Lüftung, verstärkt durch Ventilatoren M 38.	
4.2	Raumlufttechnische Anlagen	M 38
	4.2.1 Klassifizierung raumlufttechnischer Systeme M 38. – 4.2.2 Systeme von Klimaanlageanlagen M 39.	
	4.2.3 Luftführung und Luftdurchlässe M 46. – 4.2.4 Kanalnetz M 51. – 4.2.5 Luftverteilung M 52. – 4.2.6 Lüftungs- und Klimazentralen M 52. – 4.2.7 Ventilatoren M 53. – 4.2.8 Filter M 57. – 4.2.9 Lufterhitzer, -kühler M 58. – 4.2.10 Luftbefeuchter M 59. – 4.2.11 Luftentfeuchter M 60. – 4.2.12 Schalldämpfer M 61. – 4.2.13 Nachbehandlungsgeräte mit Luftförderung M 61. – 4.2.14 Wärmerückgewinnung M 62. – 4.2.15 Schaltung und Regelung M 63.	
5	Systeme und Bauteile der kältetechnischen Anlagen.	M 63
5.1	Anwendungen und Bauarten	M 63
5.2	Bauteile.	M 63
	5.2.1 Kältemittelverdichter M 63. – 5.2.2 Verdampfer M 66. – 5.2.3 Verflüssiger M 66. – 5.2.4 Kältemittelkreisläufe M 66. – 5.2.5 Wasserkreisläufe M 68.	
5.3	Direktverdampfer-Anlagen	M 69
	5.3.1 Verflüssigersätze, Splitgeräte für Klimaanlageanlagen M 69. – 5.3.2 Direktverdampfer-Anlagen für EDV-Klimageräte M 70.	
5.4	Kaltwassersätze	M 70
	5.4.1 Kaltwassersatz mit Kolbenverdichter M 70. – 5.4.2 Kaltwassersatz mit Schraubverdichter M 70. – 5.4.3 Kaltwassersatz mit Turboverdichter M 71. – 5.4.4 Absorptions- Kaltwassersatz M 71.	
5.5	Rückkühlwerke.	M 72
	5.5.1 Bauarten und Zubehör M 72. – 5.5.2 Rückkühlsysteme M 73. – 5.5.3 Kühlwassertemperaturen im Jahresverlauf M 73. – 5.5.4 Wasserbehandlung M 74.	
5.6	Kaltwasserverteilsysteme für RLT-Anlagen	M 74
5.7	Systeme für ganzjährigen Kühlbetrieb	M 74
5.8	Speichersysteme	M 75
6	Systeme und Bauteile der Wärmepumpenanlagen	M 78
6.1	Anwendungen und Bauarten	M 78
6.2	Bauteile.	M 80
6.3	Kleinwärmepumpen.	M 80
6.4	Kaltdampfkompressions-Wärmepumpen größerer Leistung	M 81
6.5	Absorptionswärmepumpen	M 82
6.6	Wärmepumpensysteme nur für Heizbetrieb	M 82
6.7	Systeme für gleichzeitigen Kühl- und Heizbetrieb.	M 83
7	Sonderklima- und Kühlanlagen	M 84
7.1	Grubenkühlanlagen	M 84
7.2	Fahrzeuganlagen	M 86
7.3	Klimaprüfschränke und -kammern	M 87
8	Wirtschaftlichkeit und Energieverbrauch	M 88
8.1	Allgemeines	M 88
9	Anhang M: Diagramme und Tabellen.	M 89
10	Spezielle Literatur	M 91
N	Grundlagen der Verfahrenstechnik	
1	Einführung	N 2
2	Mechanische Verfahrenstechnik	N 3
2.1	Einführung	N 3

2.2	Zerkleinern	N 3
2.2.1	Bruchphysik; Zerkleinerungstechnische Stoffeigenschaften N 3. – 2.2.2 Zerkleinerungsmaschinen N 4.	
2.3	Agglomerieren	N 5
2.3.1	Bindemechanismen, Agglomeratfestigkeit N 5. – 2.3.2 Agglomerationstechnik N 5.	
2.4	Trennen	N 6
2.4.1	Abscheiden von Partikeln aus Gasen N 6. – 2.4.2 Abscheiden von Feststoffpartikeln aus Flüssigkeiten N 7. – 2.4.3 Klassieren in Gasen N 8.	
2.5	Mischen von Feststoffen	N 8
2.6	Bunkern	N 9
2.6.1	Fließverhalten von Schüttgütern N 9. – 2.6.2 Dimensionierung von Bunkern N 9.	
3	Thermische Verfahrenstechnik	N 10
3.1	Absorbieren, Rektifizieren, Flüssig-flüssig-Extrahieren	N 10
3.1.1	Durchsatz N 10. – 3.1.2 Stofftrennung N 10.	
3.2	Verdampfen und Kristallisieren	N 13
3.3	Adsorbieren, Trocknen, Fest-flüssig-Extrahieren	N 14
3.4	Membrantrennverfahren	N 16
4	Chemische Verfahrenstechnik	N 18
4.1	Einleitung	N 18
4.2	Stöchiometrie	N 19
4.3	Chemische Thermodynamik	N 19
4.4	Kinetik chemischer Reaktionen	N 20
4.5	Ideale isotherme Reaktoren.	N 21
4.6	Reale Reaktoren.	N 23
5	Mehrphasenströmungen	N 26
5.1	Einphasenströmung	N 26
5.2	Widerstand fester und fluider Partikel	N 26
5.3	Feststoff/Fluidströmung	N 27
5.3.1	Pneumatische Förderung N 27. – 5.3.2 Hydraulische Förderung N 31. – 5.3.3 Wirbelschicht N 31.	
5.4	Gas-/Flüssigkeitsströmung	N 32
5.4.1	Strömungsform N 32. – 5.4.2 Druckverlust N 33. – 5.4.3 Filmströmung N 33.	
6	Bioverfahrenstechnik	N 34
6.1	Mikroorganismen mit technischer Bedeutung.	N 34
6.1.1	Bakterien N 34. – 6.1.2 Pilze N 35. – 6.1.3 Hefen N 35. – 6.1.4 Algen N 36. – 6.1.5 Viren N 36. – 6.1.6 Pflanzliche und tierische Zellen (Gewebe) N 36.	
6.2	Kultivierungsbedingungen	N 36
6.2.1	Wachstumsbedingungen N 36. – 6.2.2 Phänomenologie des Wachstums N 37. – 6.2.3 Ablauf technischer Fermentationen N 38.	
6.3	Sterilisation.	N 40
6.3.1	Hitzesterilisation N 40. – 6.3.2 Sterilfiltration N 42.	
6.4	Bioreaktoren	N 42
6.4.1	Oberflächenkultivierung N 42. – 6.4.2 Submerskultivierung N 42. – 6.4.3 Mess- und Regelungstechnik N 44. – 6.4.4 Schaumzerstörung N 45. – 6.4.5 Steriler Betrieb N 45.	
6.5	Kinetik enzymatischer Reaktionen	N 45
6.5.1	Katalytische Wirkung der Enzyme N 45. – 6.5.2 Michaelis-Menten-Kinetik N 46. – 6.5.3 Transformationen der Michaelis-Menten-Gleichung N 46. – 6.5.4 Einfluss von Temperatur, pH-Wert, Inhibitoren und Aktivatoren N 46.	
6.6	Kinetik des mikrobiellen Wachstums	N 48
6.6.1	Substratlimitiertes Wachstum N 48. – 6.6.2 Wachstumshemmung N 49. – 6.6.3 Wachstum mit Transportlimitierung N 49. – 6.6.4 Wachstum in kontinuierlicher Kultivierung N 49. – 6.6.5 Fed-Batch-Kultivierung N 51. – 6.6.6 Zellerhaltung N 52.	

O Maschinendynamik

1 Kurbeltrieb, Massenkräfte und -momente, Schwungradberechnung	O1
1.1 Drehkraftdiagramm von Mehrzylindermaschinen	O1
1.2 Massenkräfte und Momente.	O3
1.2.1 Analytische Verfahren O3. – 1.2.2 Ausgleich der Kräfte und Momente O8.	
2 Schwingungen	O9
2.1 Problematik der Maschinenschwingungen	O9
2.2 Einige Grundbegriffe	O9
2.2.1 Mechanisches Ersatzsystem O9. – 2.2.2 Bewegungsgleichungen, Systemmatrizen O9. – 2.2.3 Modale Parameter: Eigenfrequenzen, modale Dämpfungen, Eigenvektoren O10. – 2.2.4 Modale Analyse O11. – 2.2.5 Frequenzgangfunktionen mechanischer Systeme, Amplituden- und Phasengang O11.	
2.3 Grundaufgaben der Maschinendynamik	O12
2.3.1 Direktes Problem O12. – 2.3.2 Eingangsproblem O13. – 2.3.3 Identifikationsproblem O13. – 2.3.4 Entwurfsproblem O13. – 2.3.5 Verbesserung des Schwingungszustands einer Maschine O13.	
2.4 Darstellung von Schwingungen im Zeit- und Frequenzbereich	O14
2.4.1 Darstellung von Schwingungen im Zeitbereich O14. – 2.4.2 Darstellung von Schwingungen im Frequenzbereich O14.	
2.5 Entstehung von Maschinenschwingungen, Erregerkräfte $F(t)$	O15
2.5.1 Freie Schwingungen (Eigenschwingungen) O15. – 2.5.2 Selbsterregte Schwingungen O16. – 2.5.3 Parametererregte Schwingungen O16. – 2.5.4 Erzwungene Schwingungen O16.	
2.6 Mechanische Ersatzsysteme, Bewegungsgleichungen	O19
2.6.1 Strukturfestlegung O19. – 2.6.2 Parameterermittlung O20. – 2.6.3 Beispiele für mechanische Ersatzsysteme: Feder-Masse-Dämpfer-Modelle O20. – 2.6.4 Beispiele für mechanische Ersatzsysteme: Finite-Elemente-Modelle O21.	
2.7 Anwendungsbeispiele für Maschinenschwingungen	O22
2.7.1 Drehschwinger mit zwei Drehmassen O22. – 2.7.2 Torsionsschwingungen einer Turbogruppe O23. – 2.7.3 Biegeschwingungen einer mehrstufigen Kreiselpumpe O24.	
3 Maschinenakustik	O27
3.1 Grundbegriffe	O27
3.2 Entstehung von Maschinengeräuschen	O29
3.3 Abschätzverfahren zur Bestimmung des Schalleistungspegels.	O29
3.4 Möglichkeiten zur Verminderung von Maschinengeräuschen	O31
3.4.1 Verminderung des Kraftpegels (Maßnahmen an der Kräfteerregung) O31. – 3.4.2 Verminderung von Körperschallmaß und Abstrahlmaß (Maßnahmen am Maschinengehäuse) O31.	
3.5 Maschinenakustische Berechnungen mit der Finite-Elemente-Methode/Boundary-Elemente-Methode	O33
3.6 Maschinenakustische Berechnungen mit der Statistischen Energieanalyse (SEA)	O34
3.7 Messung des akustischen Verhaltens von Maschinen	O35
4 Spezielle Literatur	O36

P Kolbenmaschinen

1 Allgemeine Grundlagen der Kolbenmaschinen	P2
1.1 Definition und Einteilung der Kolbenmaschinen	P2
1.2 Vollkommene und reale Kolbenmaschine	P2
1.2.1 Die vollkommene Maschine P2. – 1.2.2 Die reale Maschine P3.	
1.3 Hubkolbenmaschinen	P4
1.3.1 Triebwerksbauarten P4. – 1.3.2 Kinematik des Kurbeltriebs P5. – 1.3.3 Kräfte am Kurbeltrieb P6.	
1.4 Elemente der Kolbenmaschine	P8
1.4.1 Kurbeltrieb P8. – 1.4.2 Abdichten des Arbeitsraumes P10. – 1.4.3 Zylinderanordnung und -zahl P11. – P11. – 1.4.4 Lagerung und Schmierung P12. – 1.4.5 Kühlung P12.	
2 Verdrängerpumpen	P13
2.1 Bauarten und Anwendungsgebiete	P13

2.2	Berechnungsgrundlagen	P 14
	2.2.1 Förderhöhen, Geschwindigkeiten und Drücke P 14. – P 14. – 2.2.2 Förderleistung, Antriebsleistung, Gesamtwirkungsgrad P 15. – 2.2.3 Instationäre Strömung P 15. – 2.2.4 Kavitation P 15. – 2.2.5 Pulsationsdämpfung P 16. – P 16.	
2.3	Verluste	P 17
	2.3.1 Betriebsverhalten der verlustfreien Verdrängerpumpe P 17. – 2.3.2 Definition von Wirkungsgraden P 17. – 2.3.3 Volumetrische Verluste P 18. – 2.3.4 Mechanisch-hydraulische Verluste P 18. – 2.3.5 Nutzlieferrate und Gesamtwirkungsgrad P 18.	
2.4	Auslegung und Hauptabmessungen	P 19
	2.4.1 Oszillierende Verdrängerpumpen P 19. – 2.4.2 Rotierende Verdrängerpumpen P 20.	
2.5	Baugruppen und konstruktive Gestaltung	P 21
	2.5.1 Baugruppen zur Ein- und Auslaßsteuerung P 21. 2.5.2 Verstellung und Regelung P 22. – 2.5.3 Verwendungsbedingte Gestaltung P 22.	
3	Kompressoren	P 26
3.1	Bauarten und Anwendungsgebiete	P 26
3.2	Grundlagen und Vergleichsprozesse	P 26
	3.2.1 Volumenstrom, Eintrittspunkt, Austrittspunkt P 26. – 3.2.2 Verdichtung idealer und realer Gase P 26. – 3.2.3 Vergleichsprozesse für einstufige Verdichtung P 28. – 3.2.4 Definition von Wirkungsgraden P 29. – 3.2.5 Mehrstufige Verdichtung P 29. – 3.2.6 Verdichtung feuchter Gase P 30.	
3.3	Arbeitszyklus, Liefergrade und Druckverluste	P 30
	3.3.1 Arbeitszyklus P 30. – 3.3.2 Liefergrade P 31. – 3.3.3 Druckverluste P 32.	
3.4	Auslegung und Hauptabmessungen	P 33
	3.4.1 Hubkolbenverdichter P 33. – 3.4.2 Schraubenverdichter P 34. – 3.4.3 Rotationsverdichter P 35. – 3.4.4 Flüssigkeitsringverdichter P 36. – 3.4.5 Roots-Gebläse P 36.	
3.5	Ein- und Auslaßsteuerung	P 37
	3.5.1 Aufbau selbsttätiger Ventile P 37. – 3.5.2 Ventileinbau P 37. – 3.5.3 Ventilauslegung P 38.	
3.6	Regelung und Betriebsverhalten	P 39
	3.6.1 Regelung P 39. – 3.6.2 Betriebsverhalten P 41. – P 41.	
3.7	Bauformen und Baugruppen	P 42
	3.7.1 Hubkolbenverdichter P 42. – 3.7.2 Membranverdichter P 43. – 3.7.3 Schraubenverdichter P 43. – 3.7.4 Rotationsverdichter P 43.	
4	Verbrennungsmotoren	P 46
4.1	Einteilung und Verwendung	P 46
4.2	Arbeitsverfahren und Arbeitsprozesse	P 46
	4.2.1 Arbeitsverfahren P 46. – 4.2.2 Vergleichsprozesse P 47. – 4.2.3 Wirklicher Arbeitsprozeß P 48.	
4.3	Ladungswechsel	P 52
	4.3.1 Kenngrößen des Ladungswechsels P 52. – 4.3.2 Steuerorgane für den Ladungswechsel	
4.4	Verbrennung im Motor	P 60
	4.4.1 Motoren-Kraftstoffe P 60. – 4.4.2 Gemischbildung und Verbrennung im Ottomotor P 60. 4.4.3 Gemischbildung und Verbrennung im Dieselmotor P 62. – 4.4.4 Hybride Verfahren für Gemischbildung und Verbrennung P 63.	
4.5	Verfahren zur Gemischbildung und Zündung bei Ottomotoren	P 64
	4.5.1 Anforderungen an Gemischbildung P 64. – 4.5.2 Vergaser P 64. – 4.5.3 Saugrohr-Benzin-Einspritzung P 64. – 4.5.4 Direkte Benzin-Einspritzung P 65. – 4.5.5 Zündausrüstung P 66.	
4.6	Einrichtungen zur Gemischbildung und Zündung bei Dieselmotoren	P 67
	4.6.1 Einspritzsysteme P 67. – 4.6.2 Einspritzdüse P 69. – 4.6.3 Start- und Zündhilfen P 70. – P 70.	
4.7	Betriebsverhalten und Kenngrößen	P 71
	4.7.1 Leistung, Drehmoment und Verbrauch P 71. – 4.7.2 Kenngrößen P 72. – 4.7.3 Umweltverhalten P 72. – 4.7.4 Verbrennungsmotor als Antriebsaggregat P 76.	
4.8	Konstruktion von Motoren	P 78
	4.8.1 Ähnlichkeitsbeziehungen und Beanspruchung P 78. – 4.8.2 Motorbauarten P 79. – 4.8.3 Motorbauteile P 81. – 4.8.4 Ausgeführte Motorkonstruktionen P 83.	
5	Spezielle Literatur	P 88
Q	Fahrzeugtechnik	
1	Kraftfahrzeuge	Q 2
1.1	Definition und allgemeine Anforderungen	Q 2
	1.1.1 Definition Q 2. – 1.1.2 Allgemeine Anforderungen Q 2.	

1.2	Fahrwiderstand und Antrieb	Q 3
	1.2.1 Gesamtwiderstand Q 3. – 1.2.2 Zugkraftdiagramm Q 5. – 1.2.3 Kraftstoffverbrauch beeinflussende Maßnahmen Q 5. – 1.2.4 Dynamische Kräfte Q 5.	
1.3	Antriebsstrang	Q 5
	1.3.1 Bauformen Q 5. – 1.3.2 Kennungswandler Q 6. – 1.3.3 Gelenkwellen Q 10. – 1.3.4 Antriebschlupfregelung ASR Q 10. – 1.3.5 Alternative Antriebsformen Q 10.	
1.4	Bremsen	Q 11
	1.4.1 Gesetzliche Anforderungen Q 11. – 1.4.2 Physikalische Grundlagen Q 12. – 1.4.3 Bremsregelung Q 13. – 1.4.4 Bremsbauarten Q 13. – 1.4.5 Bremsanlagen für Nkw Q 15. – 1.4.6 Dauer-Bremsanlagen Q 15.	
1.5	Fahrwerke	Q 18
	1.5.1 Reifen und Felgen Q 18. – 1.5.2 Radaufhängung und Radführung Q 23. – 1.5.3 Federn Q 25. – 1.5.4 Dämpfung Q 28. – 1.5.5 Geregelte Feder-/Dämpfersysteme im Fahrwerk Q 29. – 1.5.6 Lenkungen Q 30.	
1.6	Querdynamik und Fahrverhalten	Q 32
	1.6.1 Offene und geschlossene Regelkreise Q 34. – 1.6.2 Bewertungskriterien Q 34. – 1.6.3 Simulationsmethoden Q 35.	
1.7	Aufbau	Q 37
	1.7.1 Fahrgastzelle Q 37. – 1.7.2 Innenraumgestaltung Q 38. – 1.7.3 Sicherheitsbestimmungen Q 38.	
1.8	Schwingungen und Komfort	Q 40
	1.8.1 Vertikaldynamik Q 40. – 1.8.2 Komfortbewertung Q 41. – 1.8.3 Innengeräusch Q 42.	
1.9	Krafträder	Q 43
	1.9.1 Bauarten Q 43. – 1.9.2 Fahrdynamik Q 44.	
1.10	Fahrzeugelektrik, -elektronik	Q 45
1.11	Automobil und Umwelt	Q 47
	1.11.1 Fahrzeugabgase Q 47. – 1.11.2 Kraftstoffverbrauch Q 48. – 1.11.3 Materialeinsatz Q 48. – 1.11.4 Geräusch Q 49. – 1.11.5 Flächenverbrauch Q 49.	
1.12	Entwicklungsmethodik	Q 49
2	Schienefahrzeuge	Q 50
2.1	Generelle Anforderungen	Q 50
	2.1.1 Fahrzeugbegrenzungsprofil Q 51. – 2.1.2 Fahrgastwechselzeiten Q 51. – 2.1.3 Lebenszykluskosten LCC Q 52.	
2.2	Fahrwerke	Q 52
	2.2.1 Grundbegriffe der Spurführungstechnik Q 52. – 2.2.2 Radbauarten Q 54. – 2.2.3 Radsatz Q 54. – 2.2.4 Rad-Schiene-Kontakt Q 54. – 2.2.5 Fahrwerkskonstruktionen Q 57. – 2.2.6 Neigetchnik Q 60.	
2.3	Aufbau, Fahrzeugarten	Q 61
	2.3.1 Rohbau Q 61. – 2.3.2 Klimaanlage Q 61. – 2.3.3 Türen Q 62. – 2.3.4 Fenster Q 63. – 2.3.5 Führerräume Q 65. – 2.3.6 Zug-Stoßeinrichtungen Q 65. – 2.3.7 Fahrzeugarten Q 67.	
2.4	Antriebe	Q 68
	2.4.1 Fahrwiderstand Q 68. – 2.4.2 Konstruktionen Q 69.	
2.5	Elektrische/Elektronische Ausrüstung/Diagnose	Q 70
	2.5.1 Leistungselektrik Q 70. – 2.5.2 Diagnosetechnik Q 71.	
2.6	Sicherheitstechnik	Q 72
	2.6.1 Aktive Sicherheitstechnik/Bremse, Bremsbauarten Q 72. – 2.6.2 Passive Sicherheit Q 76.	
2.7	Entwicklungsmethodik	Q 78
	2.7.1 Modelle Q 79. – Q 79. – 2.7.2 Fahrkomfort Q 81. – 2.7.3 Rad-Schiene-Kräfte Q 81.	
3	Luftfahrzeuge	Q 82
3.1	Allgemeines	Q 82
	3.1.1 Luftverkehr Q 82. – 3.1.2 Anforderungen an den Luftverkehr und an Luftfahrzeuge Q 82. – 3.1.3 Einordnung und Konstruktionsgruppen von Luftfahrzeugen Q 83. – 3.1.4 Einordnung von Luftfahrzeugen nach Vorschriften Q 84.	
3.2	Definitionen	Q 85
	3.2.1 Die internationale Standardatmosphäre (ISA) Q 86. – 3.2.2 Achsenkreuze Q 86. – 3.2.3 Winkel Q 86. – 3.2.4 Gewichte Q 86. – 3.2.5 Fluggeschwindigkeiten Q 88. – 3.2.6 Geometrische Beschreibung des Luftfahrzeuges Q 89. – 3.2.7 Kräfte und Winkel im Flug Q 92. – 3.2.8 Flugsteuerung Q 93. – 3.2.9 Flugstabilitäten Q 93.	
3.3	Grundlagen der Flugphysik	Q 94
	3.3.1 Einführung Q 94. – 3.3.2 Flugzeugpolare Q 96. – 3.3.3 Flugleistungen Q 96.	
3.4	Zelle, Struktur	Q 104
	3.4.1 Konstruktionsphilosophien und -prinzipien Q 104. – 3.4.2 Lasten, Lastannahmen Q 106. – 3.4.3 Leichtbau Q 107. – 3.4.4 Werkstoffe und Bauweisen Q 108. – 3.4.5 Rumpf Q 110. – 3.4.6 Tragflügel Q 111. – 3.4.7 Wartung und Instandhaltung Q 114.	

4	Spezielle Literatur	Q115
R	Strömungsmaschinen	
1	Gemeinsame Grundlagen	R1
1.1	Strömungstechnik	R1
	1.1.1 Einleitung und Definitionen R1. – 1.1.2 Wirkungsweise R1. – 1.1.3 Strömungsgesetze R2. – 1.1.4 Absolute und relative Strömung R3. – 1.1.5 Schaufelanordnung für Pumpen und Verdichter R3. – 1.1.6 Schaufelanordnung für Turbinen R3. – 1.1.7 Schaufelgitter, Stufe, Maschine, Anlage R4.	
1.2	Thermodynamik.	R4
	1.2.1 Thermodynamische Gesetze R4. – 1.2.2 Zustandsänderung R4. 1.2.3 Totaler Wirkungsgrad R5. – 1.2.4 Statischer Wirkungsgrad R5. – 1.2.5 Polytroper und isentroper Wirkungsgrad R5. – 1.2.6 Mechanische Verluste R6.	
1.3	Arbeitsfluid.	R6
	1.3.1 Allgemeiner Zusammenhang zwischen thermischen und kalorischen Zustandsgrößen R6. – 1.3.2 Ideale Flüssigkeit R6. – 1.3.3 Ideales Gas R7. – 1.3.4 Reales Fluid R7. – 1.3.5 Kavitation bei Flüssigkeiten R8. – 1.3.6 Kondensation bei Dämpfen R8.	
1.4	Schaufelgitter	R8
	1.4.1 Anordnung der Schaufeln im Gitter R8. – 1.4.2 Leit- und Laufgitter R9. – 1.4.3 Einteilung nach Geschwindigkeits- und Druckänderung R9. – 1.4.4 Reale Strömung durch Gitter R10. – 1.4.5 Gitterauslegung R10. – 1.4.6 Profilverluste R11. – 1.4.7 Verluste an den Schaufelenden R12.	
1.5	Stufen	R12
	1.5.1 Zusammensetzen von Gittern zu Stufen R12. – 1.5.2 Stufenkenngrößen R13. – 1.5.3 Axiale Repetierstufe eines vielstufigen Verdichters R14. – 1.5.4 Radiale Repetierstufe eines Verdichters R14. – 1.5.5 Kenngrößen-Bereiche für Verdichterstufen R15. – 1.5.6 Axiale Repetierstufe einer Turbine R15. – 1.5.7 Radiale Turbinenstufe R16. – 1.5.8 Kenngrößen-Bereiche für Turbinenstufen R16.	
1.6	Maschine	R17
	1.6.1 Beschauelung, Ein- und Austrittsgehäuse R17. – 1.6.2 Maschinenkenngrößen R17. – 1.6.3 Wahl der Bauweise R18.	
1.7	Betriebsverhalten und Regelmöglichkeiten	R18
	1.7.1 Instabiler Betriebsbereich bei Verdichtern R18. – 1.7.2 Anlagencharakteristik R18. – 1.7.3 Zusammenarbeit von Maschine und Anlage R18. – 1.7.4 Regelung von Verdichtern R20. – 1.7.5 Regelung von Turbinen R20.	
1.8	Beanspruchung und Festigkeit der wichtigsten Bauteile	R20
	Rotierende Scheibe, rotierender Zylinder R21. – Durchbiegung, kritische Drehzahlen von Rotoren R22. – 1.8.3 Beanspruchung der Schaufeln durch Fliehkräfte R22. – 1.8.4 Beanspruchung der Schaufeln durch stationäre Strömungskräfte R23. – Schaufelschwingungen R23. – 1.8.6 Gehäuse R24. – 1.8.7 Thermische Beanspruchung R25.	
2	Wasserturbinen	R26
2.1	Allgemeines	R26
	2.1.1 Kennzeichen R26. – 2.1.2 Wasserkraftwerke R26. – 2.1.3 Wirtschaftliches R27.	
2.2	Gleichdruckturbinen	R27
	2.2.1 Peltonurbinen R27. – 2.2.2 Ossbergerturbinen R28.	
2.3	Überdruckturbinen.	R28
	2.3.1 Francisturbinen R28. – 2.3.2 Kaplanurbinen R28. – 2.3.3 Dériazturbinen R29.	
2.4	Werkstoffe	R29
2.5	Kennliniendarstellungen	R29
2.6	Extreme Betriebsverhältnisse	R30
2.7	Laufwasser- und Speicherkraftwerke	R30
3	Kreiselpumpen	R32
3.1	Allgemeines	R32
3.2	Bauarten	R32
	3.2.1 Laufrad R32. – 3.2.2 Gehäuse R34. – Fluid R34. – Werkstoff R34. – 3.2.5 Antrieb R34.	
3.3	Betriebsverhalten	R34
	3.3.1 Kavitation R34. – 3.3.2 Kennlinien R36. – 3.3.3 Anpassung der Kreiselpumpe an den Leistungsbedarf R37. – 3.3.4 Achsschubausgleich R38.	
3.4	Ausgeführte Pumpen.	R39

4 Propeller	R 44
4.1 Vorbemerkungen	R 44
4.2 Schiffspropeller	R 44
5 Föttinger-Getriebe	R 45
5.1 Prinzip und Bauformen	R 45
5.2 Auslegung	R 47
5.3 Föttinger-Kupplungen	R 47
5.4 Bremsen	R 48
5.5 Föttinger-Wandler	R 48
6 Dampfturbinen	R 49
6.1 Benennungen	R 49
6.2 Bauarten	R 50
6.2.1 Kraftwerksturbinen R 50. – 6.2.2 Industrieturbinen R 53. – R 53. – 6.2.3 Kleinturbinen R 56.	
6.3 Konstruktionselemente.	R 56
6.3.1 Gehäuse R 56. – R 56. – 6.3.2 Ventile und Klappen R 57. – 6.3.3 Beschauelung R 57. – 6.3.4 Wellendichtungen R 58. – 6.3.5 Läufer-Dreheinrichtung R 58. – 6.3.6 Lager R 58.	
6.4 Anfahren und Betrieb	R 59
6.5 Regelung, Sicherheits- und Schutzeinrichtungen	R 59
6.6 Berechnungsverfahren	R 59
6.6.1 Allgemeines R 59. – 6.6.2 Auslegung von Industrieturbinen R 59.	
7 Turboverdichter	R 60
7.1 Einteilung und Einsatzbereiche	R 60
7.1.1 Ventilatoren R 61. – 7.1.2 Axialverdichter R 61. – 7.1.3 Radialverdichter R 61.	
7.2 Radiale Laufradbauarten	R 62
7.2.1 Das geschlossene 2 D-Laufrad R 62. – 7.2.2 Das geschlossene 3 D-Laufrad R 62. – 7.2.3 Das offene Laufrad R 62. – 7.2.4 Laufradverwendung R 63. – 7.2.5 Laufradherstellung R 63. – 7.2.6 Laufradfestigkeit R 64.	
7.3 Radiale Verdichterbauarten	R 64
7.3.1 Einwellenverdichter R 64. – 7.3.2 Mehrwellen-Getriebeverdichter R 66.	
7.4 Regelungsarten	R 66
7.4.1 Drehzahlregelung R 67. – 7.4.2 Saugdrosselregelung R 67. – 7.4.3 Eintrittsleitschaukelregelung R 68. – 7.4.4 Bypass-Regelung R 68. – R 68.	
7.5 Beispiel einer Radialverdichterauslegung nach vereinfachtem Verfahren	R 69
7.5.1 Betriebsbedingungen (vorgegeben) R 69. – 7.5.2 Gasdaten R 69. – 7.5.3 Volumenstrom, Laufraddurchmesser, Drehzahl R 69. – 7.5.4 Endtemperatur, spezifische polytrope Arbeit R 70. – 7.5.5 Wirkungsgrad, Stufenzahl R 70. – 7.5.6 Leistung R 70.	
8 Gasturbinen.	R 71
8.1 Einteilung und Verwendung	R 71
8.2 Thermodynamische Grundlagen	R 72
8.2.1 Idealierte Kreisprozesse R 72. – 8.2.2 Reale Gasturbinenprozesse R 72.	
8.3 Baugruppen	R 74
8.3.1 Verdichter R 74. – 8.3.2 Turbine R 74. – 8.3.3 Brennkammer R 75. – 8.3.4 Wärmetauscher R 77.	
8.4 Gasturbine im Kraftwerk	R 77
8.4.1 Allgemeines und Bauweise R 77. – 8.4.2 Gas- und Dampf-Anlagen R 78. – 8.4.3 Luftspeicher-Kraftwerk (Bild 15) R 79.	
8.5 Gasturbine für Verkehrsfahrzeuge	R 79
8.5.1 Luftfahrt R 79. – 8.5.2 Schifffahrt R 80. – 8.5.3 Straßenfahrzeuge R 80. – 8.5.4 Abgasturbolader (Bild 19) R 81.	
8.6 Brennstoffe	R 81
8.7 Beanspruchungen und Werkstoffe	R 81
8.8 Betriebsverhalten	R 82
8.8.1 Ähnlichkeitskennfelder R 82. – 8.8.2 Teillastbetrieb R 82.	

8.9	Abgasemission	R 82
9	Spezielle Literatur	R 83
S	Fertigungsverfahren	
1	Übersicht über die Fertigungsverfahren	S 3
1.1	Definition und Kriterien	S 3
1.2	Systematik	S 3
2	Urformen	S 4
2.1	Allgemeines	S 4
2.2	Formgebung bei metallischen Werkstoffen durch Gießen	S 5
	2.2.1 Herstellung von Halbzeugen S 5. – 2.2.2 Herstellung von Formteilen (Gussteilen) S 7. – 2.2.3 CAD/ CAM-Einsatz S 14. – 2.2.4 Vorbereitende und nachbehandelnde Arbeitsvorgänge S 14.	
2.3	Formgebung bei Kunststoffen.	S 16
	2.3.1 Foliengießen S 16. – 2.3.2 Strangpressen (Extrudieren) S 16. – 2.3.3 Kalandrieren S 16. – 2.3.4 Schichtpressen S 16. – 2.3.5 Spritzgießverfahren S 17. – 2.3.6 Formpressen S 17. – 2.3.7 Spritzpressen S 17. – 2.3.8 Schäumen S 17.	
2.4	Formgebung bei metallischen und keramischen Werkstoffen durch Sintern (Pulvermetallurgie)	S 17
	2.4.1 Allgemeines S 17. – 2.4.2 Anwendung S 18. – 2.4.3 Technologie S 18.	
3	Urformen	S 21
3.1	Systematik und Einführung.	S 21
3.2	Grundlagen der Umformtechnik.	S 21
	3.2.1 Fließspannung S 21. – 3.2.2 Formänderungsgrößen S 21. – 3.2.3 Fließkriterien S 22. – 3.2.4 Fließkurve S 22. – 3.2.5 Anisotropie S 23. – 3.2.6 Formänderungsvermögen S 23. – 3.2.7 Grenzformänderungsdiagramm S 24.	
3.3	Modellvorstellungen	S 24
3.4	Spannungen und Kräfte bei ausgewählten Verfahren der Umformtechnik	S 25
	3.4.1 Stauchen zylindrischer Körper S 25. – 3.4.2 Stauchen rechteckiger Körper S 26. – 3.4.3 Drahtziehen S 26. – 3.4.4 Durchdrücken S 26. – 3.4.5 Tiefziehen S 27.	
3.5	Technologie	S 28
	3.5.1 Streckziehen S 28. – 3.5.2 Tiefziehen S 28. – 3.5.3 Biegen S 30. – 3.5.4 Superplastisches Umformen von Blechen S 31. – 3.5.5 Stauchen S 32. – 3.5.6 Schmieden S 32. – 3.5.7 Strangpressen S 34.	
4	Trennen	S 35
4.1	Allgemeines	S 35
4.2	Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden.	S 35
	4.2.1 Grundlagen S 35. – 4.2.2 Drehen S 37. – 4.2.3 Bohren S 40. – 4.2.4 Fräsen S 42. – 4.2.5 Sonstige Verfahren: Hobeln und Stoßen, Räumen, Sägen S 46. – 4.2.6 Schneidstoffe S 47.	
4.3	Spanen mit geometrisch unbestimmter Schneide	S 49
	4.3.1 Grundlagen S 49. – 4.3.2 Schleifen mit rotierendem Werkzeug S 51. – 4.3.3 Honen S 52. – 4.3.4 Sonstige Verfahren: Läppen, Innendurchmesser-Trennschleifen S 53.	
4.4	Abtragen	S 54
	4.4.1 Gliederung S 54. – 4.4.2 Thermisches Abtragen mit Funken (Funkenerosives Abtragen) S 55. – 4.4.3 Lasertrennen S 56. – 4.4.4 Elektrochemisches Abtragen S 58. – 4.4.5 Chemisches Abtragen S 58.	
4.5	Scheren und Schneiden.	S 58
	4.5.1 Systematik S 58. – 4.5.2 Technologie S 60. – 4.5.3 Kräfte und Arbeiten S 61. – 4.5.4 Werkstückeigenschaften S 61. – 4.5.5 Werkzeuge S 62. – 4.5.6 Sonderschneidverfahren S 63.	
5	Sonderverfahren	S 64
5.1	Gewinfertigung	S 64
	5.1.1 Gewindedrehen S 64. – 5.1.2 Gewindestrehlen S 65. – 5.1.3 Gewindeschneiden S 65. – 5.1.4 Gewindebohren S 65. – 5.1.5 Gewindefräsen S 66. – 5.1.6 Gewindeschleifen S 66. – 5.1.7 Gewindeerodieren S 66. – 5.1.8 Gewindegewalzen S 67. – 5.1.9 Gewindefurchen S 67. – 5.1.10 Gewindedrücken S 67.	
5.2	Verzahnen	S 68
	5.2.1 Verzahnen von Stirnrädern S 68. – 5.2.2 Verzahnen von Schnecken S 74. – 5.2.3 Verzahnen von Schneckenrädern S 74. – 5.2.4 Verzahnen von Kegeln S 75.	

5.3	Fertigungsverfahren der Feinwerk- und Mikrotechnik	S 77
	5.3.1 Einführung S 77. – 5.3.2 Laserstrahlverfahren S 77. – 5.3.3 Elektronenstrahlverfahren S 79. – 5.3.4 Ultraschallverfahren S 80. – 5.3.5 Funkenerosion, Elysieren, Metallätzen S 81. – 5.3.6 Herstellen von Schichten S 81. – 5.3.7 Herstellen planarer Strukturen S 82. – 5.3.8 Verfahren der Mikrotechnik S 83.	
5.4	Beschichten	S 86
5.5	Rapid Prototyping	S 87
6	Montage und Demontage	S 90
6.1	Begriffe.	S 90
6.2	Aufgaben der Montage und Demontage	S 92
6.3	Durchführung der Montage und Demontage	S 92
7	Fertigungs- und Fabrikbetrieb.	S 95
7.1	Management der Produktion	S 95
7.2	Qualitätsmanagement	S 95
	7.2.1 Aufgaben des Qualitätsmanagements S 95. – 7.2.2 Qualitätsmanagement-System S 96. – 7.2.3 Umfassendes Qualitätsmanagement S 96. – 7.2.4 Werkzeuge und Methoden S 96. – 7.2.5 CAQ-Systeme S 97.	
7.3	Organisation der Produktion	S 97
	7.3.1 Formen der Organisation S 98. – 7.3.2 Bereiche der Produktion S 98.	
7.4	Arbeitsvorbereitung	S 98
	7.4.1 Arbeitsplanung S 98. – 7.4.2 Arbeitssteuerung S 100.	
7.5	Fertigungssysteme	S 101
	7.5.1 Das System „Fertigung“ S 101. – 7.5.2 Einteilung von Fertigungssystemen S 102. – 7.5.3 Automatisierung von Handhabungsfunktionen S 102. – 7.5.4 Transferstraßen und automatische Fertigungslinien S 103. – 7.5.5 Flexible Fertigungssysteme S 103. – 7.5.6 Wandlungsfähige Fertigungssysteme S 104.	
7.6	Betriebliche Kostenrechnung	S 105
	7.6.1 Grundlagen der betrieblichen Kostenrechnung S 105. – 7.6.2 Kostenartenrechnung S 105. – 7.6.3 Kostenstellenrechnung und Betriebsabrechnungsbögen S 106. – 7.6.4 Maschinenstundensatzrechnung S 106. – 7.6.5 Kalkulation S 107. – 7.6.6 Prozesskostenrechnung/- kalkulation S 107. – 7.6.7 Lebenslaufkostenrechnung S 107.	
7.7	Arbeitswissenschaftliche Grundlagen	S 107
8	Anhang S: Diagramme und Tabellen	S 108
9	Spezielle Literatur	S 110
T	Fertigungsmittel	
1	Elemente der Werkzeugmaschinen	T 1
1.1	Grundlagen	T 1
	1.1.1 Funktionsgliederung T 1. – 1.1.2 Mechanisches Verhalten T 3.	
1.2	Antriebe	T 5
	1.2.1 Motoren T 5. – 1.2.2 Getriebe T 11. – 1.2.3 Mechanische Vorschub-Übertragungselemente T 16.	
1.3	Gestelle	T 21
	1.3.1 Anforderungen, Bauformen T 21. – 1.3.2 Werkstoffe für Gestellbauteile T 23. – 1.3.3 Gestaltung der Gestellbauteile T 24. – 1.3.4 Berechnung und Optimierung T 25.	
1.4	Führungen.	T 26
	1.4.1 Linearführungen T 27. – 1.4.2 Drehführungen, Lagerungen T 32.	
2	Steuerungen.	T 34
2.1	Steuerungstechnische Grundlagen	T 34
	2.1.1 Zum Begriff Steuerung T 34. – 2.1.2 Informationsdarstellung T 34. – 2.1.3 Programmsteuerung und Funktionssteuerung T 34. – 2.1.4 Signaleingabe und -ausgabe T 35. – 2.1.5 Signalbildung T 35. – 2.1.6 Signalverarbeitung T 35. – 2.1.7 Steuerungsprogramme T 37. – 2.1.8 Aufbauorganisation von Steuerungen T 37. – 2.1.9 Aufbau von Steuerungssystemen T 38. – 2.1.10 Dezentralisierung durch den Einsatz industrieller Kommunikationssysteme T 38. – 2.1.11 Offene Steuerungssysteme T 40.	
2.2	Steuerungsmittel	T 42
	2.2.1 Mechanische Speicher und Steuerungen T 42. – 2.2.2 Fluidische Steuerungen T 42. – 2.2.3 Elektrische Steuerungen T 43.	
2.3	Speicherprogrammierbare Steuerungen	T 43
	2.3.1 Aufbau T 43. – 2.3.2 Arbeitsweise T 43. – 2.3.3 Programmierung T 44.	

2.4	Numerische Steuerungen	T 45
	2.4.1 Zum Begriff T 45. – 2.4.2 NC-Programmierung T 45. – 2.4.3 Datenschnittstellen T 46. – 2.4.4 Steuerdatenverarbeitung T 47. – 2.4.5 Numerische Grundfunktionen T 48. – 2.4.6 Lageeinstellung T 48.	
2.5	Einrichtungen zur Positionsmessung bei NC-Maschinen	T 51
	2.5.1 Arten der Positionserfassung T 51. – 2.5.2 Messort und Messwertabnahme T 51. – 2.5.3 Digitale Messwertfassung T 51. – 2.5.4 Analoge Messwertfassung T 52.	
2.6	Einrichtungen zur Geschwindigkeitserfassung bei NC-Maschinen	T 53
3	Maschinen zum Scheren und Schneiden	T 54
3.1	Maschinen zum Scheren	T 54
3.2	Maschinen zum Schneiden	T 55
3.3	Blechbearbeitungszentren	T 55
4	Werkzeugmaschinen zum Umformen	T 56
4.1	Kenngrößen von Pressmaschinen	T 56
4.2	Weggebundene Pressmaschinen	T 58
	4.2.1 Bauarten T 59. – 4.2.2 Baugruppen T 59. – 4.2.3 Kinetik und Kinematik T 59. – 4.2.4 Anwendung, Ausführungsbeispiele T 60.	
4.3	Kraftgebundene Pressmaschinen	T 61
	4.3.1 Bauarten T 62. – 4.3.2 Baugruppen T 62. – 4.3.3 Anwendung, Ausführungsbeispiele T 63.	
4.4	Arbeitgebundene Pressmaschinen	T 63
	4.4.1 Hämmer T 64. – 4.4.2 Spindelpressen T 65.	
4.5	Arbeitssicherheit	T 67
5	Spanende Werkzeugmaschinen	T 68
5.1	Drehmaschinen	T 68
	5.1.1 Allgemeines T 68. – 5.1.2 Universaldrehmaschinen T 69. – 5.1.3 Frontdrehmaschinen T 71. – 5.1.4 Drehautomaten T 71. – 5.1.5 Großdrehmaschinen T 72. – 5.1.6 Sonderdrehmaschinen T 72. – 5.1.7 Flexible Drehbearbeitungszentren T 73.	
5.2	Bohrmaschinen	T 75
	5.2.1 Allgemeines T 75. – 5.2.2 Tischbohrmaschinen T 77. – 5.2.3 Säulenbohrmaschinen T 77. – 5.2.4 Ständerbohrmaschinen T 77. – 5.2.5 Mehrspindelbohrmaschinen T 77. – 5.2.6 Schwenkbohrmaschinen T 77. – 5.2.7 Koordinatenbohrmaschinen T 77. – 5.2.8 Revolverbohrmaschinen T 79. – 5.2.9 Feinbohrmaschinen T 79. – 5.2.10 Tiefbohrmaschinen T 79. – 5.2.11 Sonderbohrmaschinen T 79.	
5.3	Fräsmaschinen	T 79
	5.3.1 Allgemeines T 79. – 5.3.2 Konsolfräsmaschinen T 79. – 5.3.3 Bettfräsmaschinen T 79. – 5.3.4 Nachformfräsmaschinen T 81. – 5.3.5 Rundfräsmaschinen T 81. – 5.3.6 Universal-Werkzeugfräsmaschinen T 81. – 5.3.7 Waagrecht-Bohr- und -Fräsmaschinen T 81. – 5.3.8 Hochgeschwindigkeitsfräsmaschinen T 82. – 5.3.9 Fräsmaschinen mit Parallelkinematiken T 82. – 5.3.10 Sonderfräsmaschinen T 82.	
5.4	Bearbeitungszentren	T 83
5.5	Hobel- und Stoßmaschinen	T 84
	5.5.1 Hobelmaschinen T 84. – 5.5.2 Stoßmaschinen T 85.	
5.6	Räummaschinen.	T 85
5.7	Säge- und Feilmaschinen	T 86
	5.7.1 Allgemeines T 86. – 5.7.2 Kaltkreissägemaschinen T 87. – 5.7.3 Bandsäge- und Bandfeilmaschinen T 87. – 5.7.4 Hubsäge- und Hubfeilmaschinen T 88.	
5.8	Schleifmaschinen	T 88
	5.8.1 Allgemeines T 88. – 5.8.2 Planschleifmaschinen T 88. – 5.8.3 Rundschleifmaschinen T 88. – 5.8.4 Schraubflächenschleifmaschinen T 89. – 5.8.5 Verzahnungsschleifmaschinen T 90. – 5.8.6 Profilschleifmaschinen T 90. – 5.8.7 Bandschleifmaschinen T 90. – 5.8.8 Entwicklungstendenzen T 90.	
5.9	Honmaschinen	T 91
	5.9.1 Langhubhonmaschinen T 91. – 5.9.2 Kurzhubhonmaschinen T 92.	
5.10	Läppmaschinen	T 93
	5.10.1 Allgemeines T 93. – 5.10.2 Einscheiben-Läppmaschinen T 93. – 5.10.3 Zweiseiben-Läppmaschinen T 93. – 5.10.4 Kugelläppmaschinen T 94.	
5.11	Mehrmaschinensysteme	T 94
6	Schweiß- und Lötmaschinen	T 96
6.1	Lichtbogenschweißmaschinen	T 96

6.2	Widerstandsschweißmaschinen	T 97
6.3	Laserstrahl-Schweiß- und Lötteinrichtungen	T 98
6.4	Lötteinrichtungen	T 98
7	Industrieroboter	T 98
7.1	Einteilung von Handhabungseinrichtungen	T 98
7.2	Komponenten des Roboters	T 99
7.3	Kinematisches und dynamisches Modell	T 100
	7.3.1 Kinematisches Modell T 100. – 7.3.2 Dynamisches Modell T 100.	
7.4	Genauigkeit, Kenngrößen, Kalibrierung	T 100
7.5	Steuerungssystem eines Industrieroboters	T 101
7.6	Programmierung	T 102
	7.6.1 Programmierverfahren T 102. – 7.6.2 Offline-Programmiersysteme T 103.	
7.7	Anwendungsgebiete und Auswahl von Industrierobotern	T 103
8	Spezielle Literatur	T 104
U	Fördertechnik	
1	Grundlagen	U 2
1.1	Begriffsbestimmungen und Übersicht	U 2
	1.1.1 Einordnung der Fördertechnik U 2. – 1.1.2 Fördergüter und Fördermaschinen U 2. – 1.1.3 Kenngrößen des Fördervorgangs U 3.	
1.2	Antriebe der Fördermaschinen.	U 3
	1.2.1 Hubwerke U 3. – 1.2.2 Fahrwerke U 3. – 1.2.3 Drehwerke U 5. – 1.2.4 Einzieh- und Wippwerke U 7. – 1.2.5 Kraftschlüssige Antriebe U 8. – 1.2.6 Formschlüssige Antriebe U 8. – 1.2.7 Antriebsmotoren und Steuerungen U 8.	
1.3	Tragwerke.	U 10
	1.3.1 Tragwerksgestaltung U 10. – 1.3.2 Grundlagen der Tragwerksberechnung U 11. – 1.3.3 Lasten und Lastkombinationen U 12. – 1.3.4 Zu führende Einzelnachweise U 13.	
1.4	Charakteristische Maschinenelemente der Fördertechnik	U 15
	1.4.1 Ketten und Kettentriebe U 15. – 1.4.2 Seile und Seiltriebe U 16. – 1.4.3 Faserseile U 23. – 1.4.4 Mechanische Elemente der Antriebe U 25. – 1.4.5 Lauftrad und Schiene (Schienefahrwerke) U 28.	
2	Hebezeuge und Krane	U 32
2.1	Tragmittel und Lastaufnahmemittel	U 32
	2.1.1 Lasthaken U 32. – 2.1.2 Lastaufnahmemittel für Stückgüter U 32. – 2.1.3 Lastaufnahmemittel für Schüttgüter U 33.	
2.2	Hubwerksausführungen	U 34
	2.2.1 Serienhebezeuge U 34. – 2.2.2 Einzelhebezeuge U 35.	
2.3	Kranarten	U 35
	2.3.1 Brücken- und Portalkrane U 36. – 2.3.2 Drehkrane U 39. – 2.3.3 Fahrzeugkrane U 41. – 2.3.4 Weitere Kranarten U 42.	
3	Flurförderzeuge	U 43
3.1	Baugruppen	U 43
	3.1.1 Fahrwerk U 43. – 3.1.2 Fahrantrieb U 44. – 3.1.3 Hubgerüst U 44. – 3.1.4 Lastaufnahmeverrichtung U 44. – 3.1.5 Hubantrieb, Antrieb der Nebenfunktionen U 45.	
3.2	Handbetriebene Flurförderzeuge	U 45
	3.2.1 Karren, Handwagen und Rollwagen U 45. – 3.2.2 Handgabelhubwagen U 45.	
3.3	Motorisch betriebene Flurförderzeuge	U 45
	3.3.1 Niederhubwagen U 45. – 3.3.2 Gabelhochhubwagen U 45. – 3.3.3 Spreizenstapler U 45. – 3.3.4 Gegengewichtstapler U 46. – 3.3.5 Schubstapler U 46. – 3.3.6 Mehrwegestapler U 46. – 3.3.7 Querstapler U 47. – 3.3.8 Schmalgangstapler U 47. – 3.3.9 Kommissionier-Flurförderzeuge U 48. – 3.3.10 Wagen U 48. – 3.3.11 Schlepper U 49. – 3.3.12 Portalstapler, Portalhubwagen U 49. – Fahrerlose Transportsysteme (FTS) U 49.	
4	Weitere Unstetigförderer	U 50
5	Aufzüge und Schachtförderanlagen.	U 50

5.1	Übersicht	U 50
5.2	Aufzüge	U 50
	5.2.1 Hydraulikaufzüge U 50. – 5.2.2 Seilaufzüge U 51. – 5.2.3 Bemessung, Förderstrom, Steuerung U 51. – 5.2.4 Steuerungen U 52. – 5.2.5 Spezifische Sicherheitseinrichtungen U 53.	
5.3	Schachtförderanlagen	U 54
6	Stetigförderer	U 54
6.1	Berechnungsgrundlagen	U 54
6.2	Stetigförderer mit Zugmittel	U 55
	6.2.1 Grundlagen der Berechnung U 55. – 6.2.2 Gurtförderer U 57. – 6.2.3 Becherwerke (Becherförderer) U 66. – 6.2.4 Kreisförderer U 68. – 6.2.5 Gliederbandförderer U 69. – 6.2.6 Kratzerförderer U 70. – 6.2.7 Trogkettenförderer U 71.	
6.3	Stetigförderer ohne Zugmittel.	U 72
	6.3.1 Förderer mit Schnecken U 72. – 6.3.2 Schwingförderer U 73. – 6.3.3 Rollen- und Kugelbahnen U 74.	
6.4	Sorter	U 75
6.5	Weitere Stetigförderer	U 77
	6.5.1 Plattenbandförderer U 77. – 6.5.2 Schubplattformförderer U 77. – 6.5.3 Schuppenförderer U 78. – 6.5.4 Umlauf-S-Förderer U 78. – 6.5.5 Rutschen und Fallrohre U 78.	
6.6	Strömungsförderer.	U 78
	6.6.1 Pneumatische Förderer U 79. – 6.6.2 Hydraulische Förderer U 80. – 6.6.3 Berechnungsgrundlagen U 80.	
7	Lager- und Systemtechnik	U 80
7.1	Stückgut-Systemtechnik	U 80
	7.1.1 Transporteinheiten (TE) und Transporthilfsmittel (THM) U 80. – 7.1.2 Funktion und Subsysteme U 81. – 7.1.3 Theoretische Behandlung von Materialflusssystemen U 83. – 7.1.4 Lagereinrichtung und Lagerbedienung U 85. – 7.1.5 Belegungs- und Bedienstrategien U 89. – 7.1.6 Lagerkennzahlen U 89. – 7.1.7 Kommissionierung U 90. – 7.1.8 Steuerung automatischer Lagersysteme U 92. – 7.1.9 Betrieb von Lagersystemen U 93.	
7.2	Schüttgut-Systemtechnik	U 94
	7.2.1 Übersicht U 94. – 7.2.2 Schüttgutlager U 94.	
8	Automatisierung in der Materialflusstechnik	U 95
8.1	Materialflussteuerungen	U 95
8.2	Sensorik	U 95
8.3	Aktuatoren	U 95
8.4	Identifikationssysteme	U 95
	8.4.1 Identifikation durch Personen und Geräte U 95. – 8.4.2 Optische Datenerfassung und -übertragung U 96. – 8.4.3 Elektronische Datenerfassung und -übertragung durch RFID U 99. – 8.4.4 Magnetische Datenübertragung U 101. – 8.4.5 Mechanische Datenübertragung U 101. – 8.4.6 Weiterverarbeitung der gewonnenen Daten U 101.	
9	Baumaschinen	U 102
9.1	Einteilung und Begriffe	U 102
9.2	Hochbaumaschinen	U 102
	9.2.1 Turmdrehkrane U 102. – 9.2.2 Betonmischanlagen U 102. – 9.2.3 Transportbetonmischer U 103. – 9.2.4 Betonpumpen U 103. – 9.2.5 Verteilermasten U 106.	
9.3	Erdbaumaschinen	U 106
	9.3.1 Bagger U 106. – 9.3.2 Schaufellader U 107. – 9.3.3 Planiermaschinen U 108. – 9.3.4 Transportfahrzeuge U 108.	
10	Spezielle Literatur	U 111
V	Elektrotechnik	
1	Grundlagen	V 1
1.1	Grundgesetze	V 2
	1.1.1 Feldgrößen und -gleichungen V 2. – 1.1.2 Elektrostatistisches Feld V 2. – 1.1.3 Stationäres Strömungsfeld V 3. – 1.1.4 Stationäres magnetisches Feld V 3. – 1.1.5 Quasistationäres elektromagnetisches Feld V 3.	

1.2	Elektrische Stromkreise	V 3
	1.2.1 Gleichstromkreise V 3. – 1.2.2 Kirchhoffsche Sätze V 4. – 1.2.3 Kapazitäten V 5. –	
	1.2.4 Induktionsgesetz V 5. – 1.2.5 Induktivitäten V 5. – 1.2.6 Magnetische Materialien V 6. –	
	1.2.7 Kraftwirkungen im elektromagnetischen Feld V 7.	
1.3	Wechselstromtechnik	V 8
	1.3.1 Wechselstromgrößen V 8. – 1.3.2 Leistung V 9. – 1.3.3 Drehstrom V 9. – 1.3.4 Schwingkreise und	
	Filter V 11.	
1.4	Netzwerke	V 12
	1.4.1 Ausgleichsvorgänge V 12. – 1.4.2 Netzwerkberechnung V 14.	
1.5	Werkstoffe und Bauelemente	V 14
	1.5.1 Leiter, Halbleiter, Isolatoren V 14. – 1.5.2 Besondere Eigenschaften bei Leitern V 14. –	
	1.5.3 Stoffe im elektrischen Feld V 15. – 1.5.4 Stoffe im Magnetfeld V 16. – 1.5.5 Elektrolyte V 16.	
2	Transformatoren und Wandler.	V 16
2.1	Einphasentransformatoren	V 16
	2.1.1 Wirkungsweise und Ersatzschaltbilder V 16. – 2.1.2 Spannungsinduktion V 17. – 2.1.3 Leerlauf und	
	Kurzschluß V 17. – 2.1.4 Zeigerdiagramm V 17.	
2.2	Meßwandler	V 18
	2.2.1 Stromwandler V 18. – 2.2.2 Spannungswandler V 18.	
2.3	Drehstromtransformatoren	V 18
3	Elektrische Maschinen	V 20
3.1	Allgemeines	V 20
	3.1.1 Maschinenarten V 20. – 3.1.2 Bauformen und Achshöhen V 20. – 3.1.3 Schutzarten V 21. –	
	3.1.4 Elektromagnetische Ausnutzung V 21. – 3.1.5 Verluste und Wirkungsgrad V 22. – 3.1.6 Erwärmung	
	und Kühlung V 22. – 3.1.7 Betriebsarten V 22. – 3.1.8 Schwingungen und Geräusche V 24. – 3.1.9 Drehfelder	
	in Drehstrommaschinen V 24.	
3.2	Asynchronmaschinen	V 25
	3.2.1 Ausführungen V 25. – 3.2.2 Ersatzschaltbild und Kreisdiagramm V 25. – 3.2.3 Betriebskennlinien V 26.	
	– 3.2.4 Einfluß der Stromverdrängung V 27. – 3.2.5 Einphasenmotoren V 27.	
3.3	Synchronmaschinen	V 27
	3.3.1 Ausführungen V 27. – 3.3.2 Betriebsverhalten V 28. – 3.3.3 Kurzschlußverhalten V 28.	
3.4	Gleichstrommaschinen.	V 29
	3.4.1 Ausführungen V 29. – 3.4.2 Stationäres Betriebsverhalten V 30. – 3.4.3 Instationäres	
	Betriebsverhalten V 30.	
3.5	Kleinmotoren	V 30
3.6	Linearmotoren	V 33
3.7	Torquemotoren.	V 34
4	Leistungselektronik	V 36
4.1	Grundlagen und Bauelemente	V 36
	4.1.1 Allgemeines V 36. – 4.1.2 Ausführungen von Halbleiterventilen V 36. – 4.1.3 Leistungsmerkmale der	
	Ventile V 37. – 4.1.4 Einteilung der Stromrichter V 37.	
4.2	Wechselstrom- und Drehstromsteller	V 38
4.3	Netzgeführte Stromrichter	V 38
	4.3.1 Netzgeführte Gleich- und Wechselrichter V 38. – 4.3.2 Steuerkennlinien V 39. –	
	4.3.3 Umkehrstromrichter V 40. – 4.3.4 Netzurückwirkungen V 40. – 4.3.5 Direktrichter V 41.	
4.4	Selbstgeführte Stromrichter	V 41
	4.4.1 Gleichstromsteller V 41. – 4.4.2 Selbstgeführte Wechselrichter und Umrichter V 42. –	
	4.4.3 Blindleistungskompensation V 44.	
5	Elektrische Antriebstechnik	V 44
5.1	Allgemeines	V 44
	5.1.1 Aufgaben V 44. – 5.1.2 Stationärer Betrieb V 44. – 5.1.3 Anfahren V 45. –	
	5.1.4 Drehzahlverstellung V 45. – 5.1.5 Drehschwingungen V 46. – 5.1.6 Elektrische Bremsung V 46. –	
	5.1.7 Elektromagnetische Verträglichkeit V 47.	
5.2	Gleichstromantriebe	V 47
	5.2.1 Gleichstromantriebe mit netzgeführten Stromrichtern V 47. – 5.2.2 Regelung in der	
	Antriebstechnik V 48. – 5.2.3 Drehzahlregelung V 48.	
5.3	Drehstromantriebe	V 50
	5.3.1 Antriebe mit Drehstromsteller V 50. – 5.3.2 Stromrichteraskaden V 51. –	
	5.3.3 Stromrichtermotor V 51. – 5.3.4 Umrichterantriebe mit selbstgeführtem Wechselrichter V 52. –	
	5.3.5 Regelung von Drehstromantrieben V 53.	

6	Energieverteilung	V 55
6.1	Allgemeines	V 55
6.2	Kabel und Leitungen	V 56
	6.2.1 Leitungsnachbildung V 57. – 6.2.2 Kenngrößen der Leitungen V 57.	
6.3	Schaltgeräte	V 57
	6.3.1 Schaltanlagen V 57. – 6.3.2 Hochspannungsschaltgeräte V 57. – 6.3.3 Niederspannungsschaltgeräte V 58.	
6.4	Schutzeinrichtungen	V 58
	6.4.1 Kurzschlußschutz V 58. – 6.4.2 Schutzschalter V 58. – 6.4.3 Thermischer Überstromschutz V 58. – 6.4.4 Kurzschlußströme V 58. – 6.4.5 Selektiver Netzschutz V 60. – 6.4.6 Berührungsschutz V 60.	
6.5	Energiespeicherung	V 60
	6.5.1 Speicherkraftwerke V 60. – 6.5.2 Batterien V 61. – 6.5.3 Andere Energiespeicher V 62.	
6.6	Elektrische Energie aus erneuerbaren Quellen	V 62
	6.6.1 Solarenergie V 62. – 6.6.2 Windenergie V 62.	
7	Elektrowärme	V 65
7.1	Widerstandserwärmung	V 65
7.2	Lichtbogenerwärmung	V 65
	7.2.1 Lichtbogenofen V 65. – 7.2.2 Lichtbogenschweißen V 66.	
7.3	Induktive Erwärmung	V 66
	7.3.1 Stromverdrängung, Eindringtiefe V 66. – V 66. – 7.3.2 Aufwölbung und Bewegungen im Schmelzgut V 67. – 7.3.3 Oberflächenerwärmung V 67. – 7.3.4 Stromversorgung V 67.	
7.4	Dielektrische Erwärmung	V 67
8	Anhang V: Diagramme und Tabellen	V 69
9	Spezielle Literatur	V 71

W Meßtechnik und Sensorik

1	Grundlagen	W 1
1.1	Aufgabe der Meßtechnik	W 1
1.2	Strukturen der Meßtechnik	W 1
	1.2.1 Meßkette W 1. – 1.2.2 Kenngrößen von Meßgliedern W 1. – 1.2.3 Meßabweichung von Meßgliedern W 2. – 1.2.4 Dynamische Übertragungseigenschaften von Meßgliedern W 3.	
1.3	Planung von Messungen	W 4
1.4	Auswertung von Messungen	W 4
2	Meßgrößen und Meßverfahren	W 6
2.1	Einheitensystem und Gliederung der Meßgrößen der Technik	W 6
	2.1.1 Internationales Einheitensystem W 6. – 2.1.2 Gliederung der Meßgrößen W 6.	
2.2	Sensoren und Aktoren	W 6
	2.2.1 Meßgrößenumformung W 6. – 2.2.2 Zerstörungsfreie Bauteil- und Maschinendiagnostik W 6.	
2.3	Geometrische Meßgrößen	W 7
	2.3.1 Längenmeßtechnik W 7. – 2.3.2 Gewinde- und Zahnradmeßtechnik W 9. – 2.3.3 Oberflächenmeßtechnik W 10. – 2.3.4 Mustererkennung und Bildverarbeitung W 11.	
2.4	Kinematische und schwingungstechnische Meßgrößen	W 11
	2.4.1 Wegmeßtechnik W 12. – 2.4.2 Geschwindigkeits- und Drehzahlmeßtechnik W 12. – 2.4.3 Beschleunigungsmeißtechnik W 13.	
2.5	Mechanische Beanspruchungen	W 14
	2.5.1 Kraftmeßtechnik W 14. – 2.5.2 Dehnungsmeißtechnik W 14. – 2.5.3 Experimentelle Spannungsanalyse W 16. – 2.5.4 Druckmeßtechnik W 17.	
2.6	Strömungstechnische Meßgrößen	W 18
	2.6.1 Flüssigkeitsstand W 18. – 2.6.2 Volumen, Durchfluß, Strömungsgeschwindigkeit W 18. – 2.6.3 Viskosimetrie W 19.	
2.7	Thermische Meßgrößen	W 19
	2.7.1 Temperaturmeßtechnik W 20. – 2.7.2 Kalorimetrie W 20.	
2.8	Optische Meßgrößen	W 21
	2.8.1 Licht- und Farbmeßtechnik W 21. – 2.8.2 Refraktometrie W 22. – 2.8.3 Polarimetrie W 22.	

2.9 Umweltmeßgrößen W 22
 2.9.1 Strahlungsmeßtechnik W 22. – 2.9.2 Akustische Meßtechnik W 23. – 2.9.3 Klimameßtechnik W 24.

2.10 Stoffmeßgrößen W 24
 2.10.1 Anorganisch-chemische Analytik W 24. – 2.10.2 Organisch-chemische Analytik W 25. –
 2.10.3 Oberflächenanalytik W 25.

3 Meßsignalverarbeitung W 26

3.1 Signalarten W 26

3.2 Analoge elektrische Meßtechnik W 26
 3.2.1 Strom-, Spannungs- und Widerstandsmeßtechnik W 26. – 3.2.2 Kompensatoren und Meß-
 brücken W 27. – 3.2.3 Meßverstärker W 28. – 3.2.4 Funktionsbausteine W 29.

3.3 Digitale elektrische Meßtechnik W 29
 3.3.1 Digitale Meßsignaldarstellung W 29. – 3.3.2 Analog-Digital-Umsetzer W 30.

3.4 Rechnerunterstützte Meßsignalverarbeitung W 30

4 Meßwertausgabe. W 32

4.1 Meßwertanzeige W 32
 4.1.1 Meßwerke W 32. – 4.1.2 Digitalvoltmeter, Digitalmultimeter W 33. – 4.1.3 Oszilloskope W 33.

4.2 Meßwertregistrierung W 33
 4.2.1 Schreiber W 34. – 4.2.2 Drucker W 34. – 4.2.3 Meßwertspeicherung W 34.

4.3 Ergebnisdarstellung und Dokumentation W 34

5 Anhang W: Diagramme und Tabellen. W 35

6 Spezielle Literatur W 37

X Regelungstechnik

1 Grundbegriffe. X 2

2 Lineare Übertragungsglieder X 3

2.1 Statisches Verhalten. X 3
 2.1.1 Lineare Kennlinie X 3. – 2.1.2 Nichtlinearitäten X 3.

2.2 Dynamisches Verhalten linearer zeitinvarianter Übertragungsglieder X 4
 2.2.1 Sprungantwort und Übergangsfunktion X 4. – 2.2.2 Frequenzgang und Ortskurve X 4. –
 2.2.3 Differentialgleichung und Übertragungsfunktion X 5.

2.3 Lineare Grundglieder X 6
 2.3.1 P -Glied X 6. – 2.3.2 I -Glied X 6. – 2.3.3 D -Glied X 6. – 2.3.43 T_1 -Glied X 6. – 2.3.5 T_1 -Glied X 6. –
 2.3.6 $T_{2/n}$ -Glied X 7.

2.4 Grundstrukturen des Wirkungsplans X 7
 2.4.1 Reihenstruktur X 7. – 2.4.2 Parallelstruktur X 7. – 2.4.3 Kreisstruktur X 7.

3 Regelstrecken X 8

3.1 Struktur und Größen des Regelkreises X 8
 3.1.1 Funktionsblöcke des Regelkreises X 8. – 3.1.2 Größen des Regelkreises X 9. – 3.1.3 Stell- und
 Störverhalten der Strecke X 9.

3.2 Regelstrecken mit Ausgleich (P -Strecken). X 9
 3.2.1 P -Strecke 0. Ordnung ($P-T_0$) X 9. – 3.2.2 P -Strecke 1. Ordnung ($P-T_1$) X 10. – 3.2.3 P -Strecke 2. und
 höherer Ordnung ($P-T_n$) X 10. – 3.2.4 P -Strecke mit Totzeit ($P-T_1$) X 10. – 3.2.5 Strecke mit Ausgleich
 i -ter Ordnung und Totzeit ($P-T_i-T_r$) X 10.

3.3 Regelstrecken ohne Ausgleich (I -Strecken) X 11
 3.3.1 I -Strecke 0. Ordnung ($I-T_0$) X 11. – 3.3.2 I -Strecke 1. Ordnung ($I-T_1$) X 11. – 3.3.3 I -Strecke i -ter
 Ordnung und Totzeit ($I-T_i-T_r$) X 11.

4 Regler X 12

4.1 Arten linearer Regler X 12
 4.1.1 P -Anteil, P -Regler X 12. – 4.1.2 I -Anteil, I -Regler X 12. – 4.1.3 PI -Regler X 12. –
 4.1.4 PD -Regler X 12. – 4.1.5 PID -Regler X 12.

4.2 Technische Ausführung der Regler X 13
 4.2.1 Verstärker mit Rückführung X 13. – 4.2.2 Rechnergestützter Regler X 13. –
 4.2.3 Entwicklungstendenzen X 14.

5 Linearer Regelkreis X 14

5.1	Führungs- und Störungsverhalten des Regelkreises	X 14
	5.1.1 Führungsverhalten des Regelkreises X 15. – 5.1.2 Störungsverhalten des Regelkreises X 15.	
5.2	Stabilität des Regelkreises	X 15
5.3	Optimierung von Regelkreisen	X 17
	5.3.1 Güte der Regelung X 17. – 5.3.2 Einstellregeln für Regelkreise X 17.	
6	Spezielle Formen der Regelung	X 18
6.1	Mehrschleifige Regelung	X 18
	6.1.1 Regelung mit Störgrößenaufschaltung X 18. – 6.1.2 Kaskadenregelung X 18.	
6.2	Zweipunkt-Regelung.	X 19
6.3	Adaptive Regelung	X 19

Y Elektronische Datenverarbeitung

1	Einführung	Y 1
2	Informationstechnologie	Y 1
2.1	Grundlagen und Begriffe	Y 1
	2.1.1 Zahlendarstellungen und arithmetische Operationen Y 2. – 2.1.2 Datenstrukturen und Datentypen Y 3. – 2.1.3 Algorithmen Y 4. – 2.1.4 Numerische Berechnungsverfahren Y 4. – 2.1.5 Programmiermethoden Y 5. – 2.1.6 Programmiersprachen Y 7. – 2.1.7 Objektorientierte Programmierung Y 7. – 2.1.8 Softwareentwicklung Y 8.	
2.2	Digitalrechner-technologie	Y 8
	2.2.1 Hardwarekomponenten Y 8. – 2.2.2 Hardwarearchitekturen Y 9. – 2.2.3 Rechnernetze Y 10. – 2.2.4 Client-/Serverarchitekturen Y 11. – 2.2.5 Betriebssysteme Y 11.	
2.3	Internet.	Y 12
2.4	Integrationstechnologien	Y 12
2.5	Sicherheit.	Y 13
3	Virtuelle Produktentstehung	Y 13
3.1	Produktentstehungsprozess	Y 13
3.2	Basismethoden	Y 14
	3.2.1 Geometrische Modellierung Y 14. – 3.2.2 Feature-technologie Y 17. – 3.2.3 Parametrik Y 18. – 3.2.4 Wissensbasierte Modellierung Y 19. – 3.2.5 Strukturmodellierung Y 19. – 3.2.6 Erstellung von Dokumenten Y 20.	
3.3	Systeme der rechnerunterstützten Produktentstehung	Y 21
3.4	Produktdatenmanagement	Y 22
3.5	Plattform zum Kollaborativen Engineering	Y 24
3.6	Schnittstellen	Y 24
4	Anhang Y: Diagramme und Tabellen	Y 25
5	Spezielle Literatur	Y 28

Z Allgemeine Tabellen

1. Basiseinheiten des SI-Systems Z 1. – 2. Abgeleitete Einheiten des SI-Systems Z 1. – 3. Vorsätze für Einheiten Z 1. – 4. Einheiten außerhalb des SI-Systems Z 1. – 5. Überschlagswerte zur Umrechnung von m kp s- in das SI-System Z 2. – 7. Umrechnung der wichtigsten Einheiten des f ps- in das SI-System Z 2. – 6. Namen und Abkürzungen englischer Einheiten Z 2. – 9. Große Zahlenwerte Z 2. – 8. Römisches Zahlensystem Z 2. – 10. Raum und Zeit Z 3. – 11. Mechanik Z 3. – 12. Wärme Z 4. – 13. Elektrizität Z 4. – 14. Magnetismus Z 4. – 15. Lichtstrahlung Z 5. – 16. Physikalische Konstanten Z 5. – 17. Grundbegriffe und Grundgrößen der Kernphysik Z 6. – 18. Grundgrößen der Lichttechnik Z 7. – 19. Die wichtigsten Größen der Schalltechnik Z 8. – 20. Angenäherte akustische Wirkungsgrade Z 8. – 23. Umrechnung von dB in Druckverhältnisse oder Verhältnisse von Druckquadraten Z 11. – Technische Regelwerke, die in den Textteilen und in den Anhängen auszugsweise als Hinweise enthalten sind, können entweder über die genannten Verlage oder direkt von den bearbeitenden Institutionen, Verbänden bzw. Vereinen bezogen werden. Z 12 – Die wichtigsten ausländischen Normen und ihre Bezugsquellen Z 13.

Deutsch-englische Fachausdrücke	1
Autorenporträts	21
Sachverzeichnis	39
Inserentenverzeichnis.	99