

Dubbel

Taschenbuch für den Maschinenbau

23., neu bearbeitete und erweiterte Auflage

Herausgegeben von

K.-H. Grote und J. Feldhusen

Mit mehr als 3000 Abbildungen und Tabellen

^A \
Springer

Inhaltsverzeichnis

Hinweise zur Benutzung XLV

Chronik des Taschenbuchs XLVn

A Mathematik

1 Mathematik für Ingenieure A1

2 Ergänzungen zur Höheren Mathematik A1

3 Numerische Methoden A1

3.1 Numerische - Analytische Lösung A2

3.2 Standardaufgabe der linearen Algebra A2

3.2.1 Mehrgitterverfahren.

3.3 Interpolation, Integration A3

3.4 Rand- und Anfangswertprobleme. A4

3.5 Optimierungsprobleme. A4

Literatur. A 5

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. - 1.2.2 Räumliche Kräftegruppe.

1.3 Zusammensetzen und Zerlegen von Kräften mit verschiedenen Angriffspunkten B 3
1.3.1 Kräfte in der Ebene. - 1.3.2 Kräfte im Raum.

1.4 Gleichgewicht und Gleichgewichtsbedingungen B4
1.4.1 Kräftesystem im Raum. - 1.4.2 Kräftesystem in der Ebene. - 1.4.3 Prinzip der virtuellen Arbeiten. -
1.4.4 Arten des Gleichgewichts. - 1.4.5 Standsicherheit.

1.5 Lagerungsarten, Freimachungsprinzip. B 6

1.6 Auflagerreaktionen an Körpern. B 6
1.6.1 Körper in der Ebene. - 1.6.2 Körper im Raum.

1.7 Systeme starrer Körper. B7

1.8 Fachwerke. B8
1.8.1 Ebene Fachwerke. - 1.8.2 Räumliche Fachwerke.

1.9 Seile und Ketten. B9
1.9.1 Seil unter Eigengewicht (Kettenlinie). - 1.9.2 Seil unter konstanter Streckenlast. - 1.9.3 Seil mit
Einzellast.

1.10 Schwerpunkt (Massenmittelpunkt). B 11

1.11 Haftung und Reibung. B 11
1.11.1 Anwendungen zur Haftung und Gleitreibung. - 1.11.2 Schraube (Bewegungsschraube). -
1.11.3 Rollwiderstand. - 1.11.4 Widerstand an Seilrollen.

2 Kinematik B 15

2.1 Bewegung eines Punkts. B 15
2.1.1 Allgemeines. - 2.1.2 Ebene Bewegung. - 2.1.3 Räumliche Bewegung.

2.2 Bewegung starrer Körper. B 19
2.2.1 Translation (Parallelverschiebung, Schiebung). - 2.2.2 Rotation (Drehbewegung, Drehung). -
2.2.3 Allgemeine Bewegung des starren Körpers.

3 Kinetik B24

3.1 Energetische Grundbegriffe - Arbeit, Leistung, Wirkungsgrad. B24
3.1.1 Spezielle Arbeiten.

3.2	Kinetik des Massenpunkts und des translatorisch bewegten Körpers.	B 25
	3.2.1 Dynamisches Grundgesetz von Newton (2. Newton'sches Axiom). - 3!2.2 Arbeits- und Energiesatz. - 3.2.3 Impulssatz. - 3.2.4 Prinzip von d'Alembert und geführte Bewegungen. - 3.2.5 Impulsmomenten- (Flächen-) und Drehimpulssatz.	
3.3	Kinetik des Massenpunktsystems.	B 27
	3.3.1 Schwerpunktsatz. - 3.3.2 Arbeits- und Energiesatz. - 3.3.3 Impulssatz. - 3.3.4 Prinzip von d* Alembert und geführte Bewegungen. - 3.3.5 Impulsmomenten- und Drehimpulssatz. — 3.3.6 Lagrange'sche Gleichungen. - 3.3.7 Prinzip von Hamilton. — 3.3.8 Systeme mit veränderlicher Masse.	
3.4	Kinetik starrer Körper.	B 30
	3.4.1 Rotation eines starren Körpers um eine feste Achse. - 3.4.2 Allgemeines über Massenträgheitsmomente. - 3.4.3 Allgemeine ebene Bewegung starrer Körper. - 3.4.4 Allgemeine räumliche Bewegung.	
3.5	Kinetik der Relativbewegung	B 35
3.6	Stoß	B 35
	3.6.1 Gerader zentraler Stoß. - 3.6.2 Schiefer zentraler Stoß. - 3.6.3 Exzentrischer Stoß. - 3.6.4 Drehstoß.	
4	Schwingungslehre	B 36
4.1	Systeme mit einem Freiheitsgrad.	B 36
	4.1.1 Freie ungedämpfte Schwingungen. - 4.1.2 Freie gedämpfte Schwingungen. - 4.1.3 Ungedämpfte erzwungene Schwingungen. - 4.1.4 Gedämpfte erzwungene Schwingungen. - 4.1.5 Kritische Drehzahl und Biegeschwingung der einfach besetzten Welle.	
4.2	Systeme mit mehreren Freiheitsgraden (Koppelschwingungen).	B 40
	4.2.1 Freie Schwingungen mit zwei und mehr Freiheitsgraden. - 4.2.2 Erzwungene Schwingungen mit zwei und mehr Freiheitsgraden. - 4.2.3 Eigenfrequenzen ungedämpfter Systeme. — 4.2.4 Schwingungen der Kontinua.	
4.3	Nichtlineare Schwingungen	B 44
	4.3.1 Schwinger mit nichtlinearer Federkennlinie oder Rückstellkraft. - 4.3.2 Schwingungen mit periodischen Koeffizienten (rheolineare Schwingungen).	
5	Hydrostatik (Statik der Flüssigkeiten)	B 45
6	Hydro- und Aerodynamik (Strömungslehre, Dynamik der Fluide)	B 47
6.1	Eindimensionale Strömungen idealer Flüssigkeiten.	B 47
	6.1.1 Anwendungen der Bernoulli'schen Gleichung für den stationären Fall. - 6.1.2 Anwendung der Bernoulli'schen Gleichung für den instationären Fall.	
6.2	Eindimensionale Strömungen zäher Newton'scher Flüssigkeiten (Rohrhydraulik)	B 49
	6.2.1 Stationäre laminare Strömung in Rohren mit Kreisquerschnitt. — 6.2.2 Stationäre turbulente Strömung in Rohren mit Kreisquerschnitt. - 6.2.3 Strömung in Leitungen mit nicht vollkreisförmigen Querschnitten. — 6.2.4 Strömungsverluste durch spezielle Rohrleitungselemente und Einbauten. - 6.2.5 Stationärer Ausfluss aus Behältern. - 6.2.6 Stationäre Strömung durch offene Gerinne. - 6.2.7 Instationäre Strömung zäher Newton'scher Flüssigkeiten. — 6.2.8 Freier Strahl.	
6.3	Eindimensionale Strömung Nicht-Newton'scher Flüssigkeiten.	B 55
	6.3.1 Berechnung von Rohrströmungen.	
6.4	Kraftwirkungen strömender inkompressibler Flüssigkeiten.	B 55
	6.4.1 Impulssatz. - 6.4.2 Anwendungen.	
6.5	Mehrdimensionale Strömung idealer Flüssigkeiten.	B 57
	6.5.1 Allgemeine Grundgleichungen. - 6.5.2 Potentialströmungen.	
6.6	Mehrdimensionale Strömung zäher Flüssigkeiten.	B 59
	6.6.1 Bewegungsgleichungen von Navier-Stokes. - 6.6.2 Einige Lösungen für kleine Reynolds'sche Zahlen (laminare Strömung). - 6.6.3 Grenzschichttheorie. - 6.6.4 Strömungswiderstand von Körpern. - 6.6.5 Tragflügel und Schaufeln. - 6.6.6 Schaufeln und Profile im Gitterverband.	
7	Ähnlichkeitsmechanik	B 65
7.1	Allgemeines.	B 65
7.2	Ähnlichkeitsgesetze (Modellgesetze).	B 65
	7.2.1 Statische Ähnlichkeit. - 7.2.2 Dynamische Ähnlichkeit. - 7.2.3 Thermische Ähnlichkeit. - 7.2.4 Analyse der Einheiten (Dimensionsanalyse) und U-Theorem.	
Literatur.	. . . . .	B 68

C Festigkeitslehre

1	Allgemeine Grundlagen	C 1
1.1	Spannungen und Verformungen	C 1
	1.1.1 Spannungen.- 1.1.2 Verformungen. - 1.1.3 Formänderungsarbeit.	
1.2	Festigkeitsverhalten der Werkstoffe.	C 4
1.3	Festigkeits-hypothesen und Vergleichsspannungen	C 6
	1.3.1 Normalspannungshypothese.- 1.3.2 Schubspannungshypothese. -	
	1.3.3 Gestaltänderungsenergiehypothese.- 1.3.4 Erweiterte Schubspannungshypothese. -	
	1.3.5 Anstrengungsverhältnis nach Bach.	
2	Beanspruchung stabförmiger Bauteile	C 7
2.1	Zug- und Druckbeanspruchung	C 7
	2.1.1 Stäbe mit konstantem Querschnitt und konstanter Längskraft. - 2.1.2 Stäbe mit veränderlicher Längskraft. - 2.1.3 Stäbe mit veränderlichem Querschnitt. - 2.1.4 Stäbe mit Kerben. - 2.1.5 Stäbe unter Temperatureinfluss.	
2.2	Abscherbeanspruchung	C 8
2.3	Flächenpressung und Lochleibung.	C 8
	2.3.1 Ebene Flächen. - 2.3.2 Gewölbte Flächen.	
2.4	Biegebeanspruchung.	C 9
	2.4.1 Schnittlasten: Normalkraft, Querkraft, Biegemoment. - 2.4.2 Schnittlasten am geraden Träger in der Ebene. - 2.4.3 Schnittlasten an gekrümmten ebenen Trägern. - 2.4.4 Schnittlasten an räumlichen Trägern. - 2.4.5 Biegespannungen in geraden Balken. - 2.4.6 Schubspannungen und Schubmittelpunkt am geraden Träger. - 2.4.7 Biegespannungen in stark gekrümmten Trägern. - 2.4.8 Durchbiegung von Trägern. — 2.4.9 Formänderungsarbeit bei Biegung und Energiemethoden zur Berechnung von Einzeldurchbiegungen.	
2.5	Torsionsbeanspruchung.	C 25
	2.5.1 Stäbe mit Kreisquerschnitt und konstantem Durchmesser. - 2.5.2 Stäbe mit Kreisquerschnitt und veränderlichem Durchmesser. - 2.5.3 Dünnwandige Hohlquerschnitte (Bredt'sche Formeln). - 2.5.4 Stäbe mit beliebigem Querschnitt. - 2.5.5 Wölbkrafttorsion.	
2.6	Zusammengesetzte Beanspruchung	C 28
	2.6.1 Biegung und Längskraft. - 2.6.2 Biegung und Schub. - 2.6.3 Biegung und Torsion. - 2.6.4 Längskraft und Torsion. - 2.6.5 Schub und Torsion. — 2.6.6 Biegung mit Längskraft sowie Schub und Torsion.	
2.7	Statisch unbestimmte Systeme	C 30
3	Elastizitätstheorie	C 31
3.1	Allgemeines	C 31
3.2	Rotationssymmetrischer Spannungszustand	C 32
3.3	Ebener Spannungszustand	C 33
4	Beanspruchung bei Berührung zweier Körper (Hertz'sche Formeln)	C 34
4.1	Kugel	C 34
4.2	Zylinder	C 34
4.3	Beliebig gewölbte Fläche	C 34
5	Flächentragwerke	C 35
5.1	Platten	C 35
	5.1.1 Rechteckplatten. - 5.1.2 Kreisplatten. - 5.1.3 Elliptische Platten. - 5.1.4 Gleichseitige Dreieckplatte. - 5.1.5 Temperaturspannungen in Platten.	
5.2	Scheiben	C 37
	5.2.1 Kreisscheibe. - 5.2.2 Ringförmige Scheibe. - 5.2.3 Unendlich ausgedehnte Scheibe mit Bohrung. - 5.2.4 Keilförmige Scheibe unter Einzelkräften.	
5.3	Schalen	C 37
	5.3.1 Biegeschlaffe Rotationsschalen und Membrantheorie für Innendruck. - 5.3.2 Biegesteife Schalen.	
6	Dynamische Beanspruchung umlaufender Bauteile durch Fliehkräfte	C 39
6.1	Umlaufender Stab	C 39
6.2	Umlaufender dünnwandiger Ring oder Hohlzylinder.	C 40

6.3 Umlaufende Scheiben	C 40
6.3.1 Vollscheibe konstanter Dicke. - 6.3.2 Ringförmige Scheibe konstanter Dicke. - 6.3.3 Scheiben gleicher Festigkeit. - 6.3.4 Scheiben veränderlicher Dicke. - 6.3.5 Umlaufender dickwandiger Hohlzylinder.	
7 Stabilitätsprobleme	C 41
7.1 Knickung	C 41
7.1.1 Knicken im elastischen (Euler-)Bereich. - 7.1.2 Knicken im unelastischen (Tetmajer-)Bereich. - 7.1.3 Näherungsverfahren zur Knicklastberechnung. - 7.1.4 Stäbe bei Änderung des Querschnitts bzw. der Längskraft. - 7.1.5 Knicken von Ringen, Rahmen und Stabsystemen. - 7.1.6 Biegedrillknicken.	
7.2 Kippen	C 44
7.2.1 Träger mit Rechteckquerschnitt. - 7.2.2 Träger mit I-Querschnitt.	
7.3 Beulung	C 44
7.3.1 Beulen von Platten. - 7.3.2 Beulen von Schalen. - 7.3.3 Beulspannungen im unelastischen (plastischen) Bereich.	
8 Finite Berechnungsverfahren	C 47
8.1 Finite Elemente Methode	C 47
8.2 Randelemente	C 49
8.3 Finite Differenzen Methode	C 51
9 Plastizitätstheorie	C 52
9.1 Allgemeines	C 52
9.2 Anwendungen	C 53
9.2.1 Biegung des Rechteckbalkens. - 9.2.2 Räumlicher und ebener Spannungszustand.	
10 Festigkeitsnachweis	C 55
10.1 Berechnungs- und Bewertungskonzepte	C 55
10.2 Nennspannungskonzepte	C 55
10.3 Kerbgrundkonzepte	C 56
11 Anhang C: Diagramme und Tabellen.	C 59
Literatur.	C 63

D Thermodynamik

1 Thermodynamik. Grundbegriffe	D 1
1.1 Systeme, Systemgrenzen, Umgebung	D 1
1.2 Beschreibung des Zustands eines Systems. Thermodynamische Prozesse	D 1
2 Temperaturen. Gleichgewichte	D 2
2.1 Thermisches Gleichgewicht	D 2
2.2 Nullter Hauptsatz und empirische Temperatur	D 2
2.3 Temperaturskalen	D 2
2.3.1 Die Internationale Praktische Temperaturskala.	
3 Erster Hauptsatz	D 3
3.1 Allgemeine Formulierung	D 3
3.2 Die verschiedenen Energieformen	D 3
3.2.1 Arbeit. - 3.2.2 Innere Energie und Systemenergie. - 3.2.3 Wärme.	
3.3 Anwendung auf geschlossene Systeme	D 5
3.4 Anwendung auf offene Systeme	D 5
3.4.1 Stationäre Prozesse. — 3.4.2 Instationäre Prozesse.	
4 Zweiter Hauptsatz	D 6
4.1 Das Prinzip der Irreversibilität	D 6
4.2 Allgemeine Formulierung	D 7
4.3 Spezielle Formulierungen	D 7
4.3.1 Adiabate, geschlossene Systeme. - 4.3.2 Systeme mit Wärmezufuhr.	

5 Exergie und Anergie	D 8
5.1 Exergie eines geschlossenen Systems	D8
5.2 Exergie eines offenen Systems.	D 8
5.3 Exergie einer Wärme.	D9
5.4 Anergie.	D9
5.5 Exergieverluste.	D9
6 Stoffthermodynamik	D 10
6.1 Thermische Zustandsgrößen von Gasen und Dämpfen.	D 10
6.1.1 Ideale Gase. - 6.1.2 Gaskonstante und das Gesetz von Avogadro. - 6.1.3 Reale Gase. - 6.1.4 Dämpfe.	
6.2 Kalorische Zustandsgrößen von Gasen und Dämpfen.	D 12
6.2.1 Ideale Gase. - 6.2.2 Reale Gase und Dämpfe.	
6.3 Inkompressible Fluide.	D 14
6.4 Feste Stoffe.	D 14
6.4.1 Wärmedehnung. - 6.4.2 Schmelz- und Sublimationsdruckkurve. - 6.4.3 Kalorische Zustandsgrößen.	
7 Zustandsänderungen von Gasen und Dämpfen	D15
7.1 Zustandsänderungen ruhender Gase und Dämpfe.	D15
7.2 Zustandsänderungen strömender Gase und Dämpfe.	D 16
7.2.1 Strömung idealer Gase. — 7.2.2 Düsen- und Diffusorströmung.	
8 Thermodynamische Prozesse	D 17
8.1 Energiewandlung mittels Kreisprozessen.	D17
8.2 Carnot-Prozess.	D17
8.3 Wärmekraftanlagen.	D18
8.3.1 Ackeret-Keller-Prozess. - 8.3.2 Geschlossene Gasturbinenanlage. - 8.3.3 Dampfkraftanlage.	
8.4 Verbrennungskraftanlagen.	D 20
8.4.1 Offene Gasturbinenanlage. - 8.4.2 Ottomotor. - 8.4.3 Dieselmotor. - 8.4.4 Brennstoffzellen.	
8.5 Kälteanlagen und Wärmepumpen.	D 22
8.5.1 Kompressionskälteanlage.- 8.5.2 Kompressionswärmepumpe.	
8.6 Kraft-Wärme-Kopplung.	D 23
9 Gemische	D24
9.1 Gemische idealer Gase.	D 24
9.2 Gas-Dampf-Gemische. Feuchte Luft.	D24
9.2.1 Mollier-Diagramm der feuchten Luft. - 9.2.2 Zustandsänderungen feuchter Luft.	
10 Verbrennung	D 27
10.1 Reaktionsgleichungen.	D 27
10.2 Heizwert und Brennwert	D 27
10.3 Verbrennungstemperatur.	D28
11 Wärmeübertragung	D28
11.1 Stationäre Wärmeleitung.	D28
11.2 Wärmeübergang und Wärmedurchgang	D29
11.3 Nichtstationäre Wärmeleitung.	D 30
11.3.1 Der halbunendliche Körper. - 11.3.2 Zwei halbunendliche Körper in thermischem Kontakt. - 11.3.3 Temperatenausgleich in einfachen Körpern.	
11.4 Wärmeübergang durch Konvektion	D 32
11.4.1 Wärmeübergang ohne Phasenumwandlung. - 11.4.2 Wärmeübergang beim Kondensieren und beim Sieden.	
11.5 Wärmeübertragung durch Strahlung.	D 35
11.5.1 Gesetz von Stefan-Boltzmann. - 11.5.2 Kirchhoffsches Gesetz. - 11.5.3 Wärmeaustausch durch Strahlung. - 11.5.4 Gasstrahlung.	
12 Anhang D: Diagramme und Tabellen	D 36
Literatur	D51

E Werkstofftechnik

1	Werkstoff- und Bauteileigenschaften	E1
1.1	Beanspruchungs- und Versagensarten	E1
	1.1.1 Belastungs- und Beanspruchungsfälle. - 1.1.2 Versagen durch mechanische Beanspruchung. - 1.1.3 Versagen durch komplexe Beanspruchungen.	
1.2	Grundlegende Konzepte für den Festigkeitsnachweis	E5
	1.2.1 Festigkeitshypothesen. - 1.2.2 Nenn-, Struktur- und Kerbspannungskonzept. - 1.2.3 Örtliches Konzept. - 1.2.4 Plastisches Grenzlastkonzept. - 1.2.5 Bruchmechanikkonzepte.	
1.3	Werkstoffkennwerte für die Bauteildimensionierung	E7
	1.3.1 Statische Festigkeit. - 1.3.2 Schwingfestigkeit. - 1.3.3 Bruchmechanische Werkstoffkennwerte bei statischer Beanspruchung. - 1.3.4 Bruchmechanische Werkstoffkennwerte bei zyklischer Beanspruchung.	
1.4	Einflüsse auf die Werkstoffeigenschaften	E 12
	1.4.1 Werkstoffphysikalische Grundlagen der Festigkeit und Zähigkeit metallischer Werkstoffe. - 1.4.2 Metallurgische Einflüsse. - 1.4.3 Technologische Einflüsse. - 1.4.4 Oberflächeneinflüsse. - 1.4.5 Umgebungseinflüsse. - 1.4.6 Gestalteinfluss auf statische Festigkeitseigenschaften. — 1.4.7 Gestalteinfluss auf Schwingfestigkeitseigenschaften.	
1.5	Festigkeitsnachweis von Bauteilen	E 16
	1.5.1 Festigkeitsnachweis bei statischer Beanspruchung. - 1.5.2 Festigkeitsnachweis bei Schwingbeanspruchung mit konstanter Amplitude. - 1.5.3 Festigkeitsnachweis bei Schwingbeanspruchung mit variabler Amplitude (Betriebsfestigkeitsnachweis). - 1.5.4 Bruchmechanischer Festigkeitsnachweis unter statischer Beanspruchung. - 1.5.5 Bruchmechanischer Festigkeitsnachweis unter zyklischer Beanspruchung. - 1.5.6 Festigkeitsnachweis unter Zeitstand- und Kriechermüdungsbeanspruchung.	
2	Werkstoffprüfung	E23
2.1	Grundlagen	E 23
	2.1.1 Probenentnahme. - 2.1.2 Versuchsauswertung.	
2.2	Prüfverfahren	E24
	2.2.1 Zugversuch. - 2.2.2 Druckversuch. - 2.2.3 Biegeversuch. - 2.2.4 Härteprüfverfahren. - 2.2.5 Kerbschlagbiegeversuch. - 2.2.6 Bruchmechanische Prüfungen. - 2.2.7 Chemische und physikalische Analysemethoden. - 2.2.8 Materialographische Untersuchungen. - 2.2.9 Technologische Prüfungen. - 2.2.10 Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung. - 2.2.11 Dauerversuche.	
3	Eigenschaften und Verwendung der Werkstoffe	E 32
3.1	Eisenwerkstoffe	E32
	3.1.1 Das Zustandsschaubild Eisen-Kohlenstoff. - 3.1.2 Stahlerzeugung. - 3.1.3 Wärmebehandlung. - 3.1.4 Stähle. - 3.1.5 Gusseisenwerkstoffe.	
3.2	Nichteisenmetalle	E53
	3.2.1 Kupfer und seine Legierungen. - 3.2.2 Aluminium und seine Legierungen. - 3.2.3 Magnesiumlegierungen. - 3.2.4 Titanlegierungen. - 3.2.5 Nickel und seine Legierungen. - 3.2.6 Zink und seine Legierungen. - 3.2.7 Blei. - 3.2.8 Zinn. - 3.2.9 Überzüge auf Metallen.	
3.3	Nichtmetallische anorganische Werkstoffe	E61
	3.3.1 Keramische Werkstoffe. - 3.3.2 Glas. - 3.3.3 Beton. - 3.3.4 Holz.	
3.4	Werkstoffauswahl	E69
4	Kunststoffe	E71
4.1	Einführung	E71
4.2	Aufbau und Verhalten von Kunststoffen	E71
4.3	Eigenschaften	E72
4.4	Wichtige Thermoplaste	E72
4.5	Fluorhaltige Kunststoffe	E74
4.6	Duroplaste	E74
4.7	Kunststoffschäume	E75
4.8	Elastomere	E75
4.9	Prüfung von Kunststoffen	E 76
	4.9.1 Kennwertermittlung an Probekörpern. - 4.9.2 Prüfung von Fertigteilen.	
4.10	Verarbeiten von Kunststoffen	E79
	4.10.1 Urformen von Kunststoffen. - 4.10.2 Umformen von Kunststoffen. - 4.10.3 Fügen von Kunststoffen.	

4.11	Gestalten und Fertigungsgenauigkeit von Kunststoff-Formteilen.	E83
4.12	Nachbehandlungen.	E84
5	Tribologie.	E85
5.1	Reibung.	E85
5.2	Verschleiß.	E86
5.3	Systemanalyse von Reibungs- und Verschleißvorgängen.	E 87
	5.3.1 Funktion von Tribosystemen. - 5.3.2 Beanspruchungskollektiv. - 5.3.3 Struktur tribologischer Systeme. - 5.3.4 Tribologische Kenngrößen. - 5.3.5 Checkliste zur Erfassung der wichtigsten tribologisch relevanten Größen.	
5.4	Schmierung.	E89
5.5	Schmierstoffe.	E90
	5.5.1 Schmieröle. - 5.5.2 Schmierfette. - 5.5.3 Festschmierstoffe.	
5.6	Tribotechnische Werkstoffe.	E92
6	Korrosion und Korrosionsschutz.	E 93
6.1	Einleitung.	E93
6.2	Elektrochemische Korrosion.	E 94
	6.2.1 Allgemeine Korrosion. - 6.2.2 Lokalkorrosion und Passivität. — 6.2.3 Galvanische Korrosion. - 6.2.4 Interkristalline Korrosion. - 6.2.5 Rissphänomene. — 6.2.6 Korrosion unter Verschleißbeanspruchung. - 6.2.7 Mikrobiologisch beeinflusste Korrosion.	
6.3	Chemische Korrosion und Hochtemperaturkorrosion.	E 106
	6.3.1 Hochtemperaturkorrosion ohne mechanische Beanspruchung. - 6.3.2 Hochtemperaturkorrosion mit mechanischer Beanspruchung.	
6.4	Korrosion nichtmetallischer Werkstoffe.	E 108
	6.4.1 Korrosion von anorganischen nichtmetallischen Werkstoffen. - 6.4.2 Korrosionsartige Schädigung von organischen Werkstoffen.	
6.5	Korrosionsprüfung.	E110
7	Anhang E: Diagramme und Tabellen.	E 111
 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. — 1.1.2 Funktionszusammenhang. - 1.1.3 Wirkzusammenhang. — 1.1.4 Bauzusammenhang. - 1.1.5 Systemzusammenhang. - 1.1.6 Generelle Zielsetzung und Bedingungen.	
1.2	Methodisches Vorgehen.	F4
	1.2.1 Allgemeine Arbeitsmethodik. - 1.2.2 Allgemeiner Lösungsprozess. - 1.2.3 Abstrahieren zum Erkennen der Funktionen. - 1.2.4 Suche nach Lösungsprinzipien. - 1.2.5 Beurteilen von Lösungen.	
1.3	Konstruktionsprozess.	F10
	1.3.1 Klären der Aufgabenstellung. - 1.3.2 Konzipieren. - 1.3.3 Entwerfen. - 1.3.4 Ausarbeiten. - 1.3.5 Effektive Organisationsformen. - 1.3.6 Rapid Prototyping. - 1.3.7 Konstruktionsarten.	
1.4	Gestaltung.	F14
	1.4.1 Grundregeln. - 1.4.2 Gestaltungsprinzipien. - 1.4.3 Gestaltungsrichtlinien. - 1.4.4 Faser-Kunststoff-Verbunde.	
1.5	Baureihen-und Baukastenentwicklung.	F25
	1.5.1 Ähnlichkeitsbeziehungen. - 1.5.2 Dezimalgeometrische Normzahlreihen. - 1.5.3 Geometrisch ähnliche Baureihe. - 1.5.4 Halbähnliche Baureihen. — 1.5.5 Anwenden von Exponentengleichungen. - 1.5.6 Baukasten.	
1.6	Normen-und Zeichnungswesen.	F28
	1.6.1 Normenwerk.— 1.6.2 Grundnormen. - 1.6.3 Zeichnungen und Stücklisten. - 1.6.4 Sachnummernsysteme.	
2	Anwendung für Maschinensysteme der Stoffverarbeitung.	F38
2.1	Aufgabe und Einordnung.	F38
2.2	Struktur von Verarbeitungsmaschinen.	F39
	2.2.1 Verarbeitungssystem. - 2.2.2 Antriebs- und Steuerungssystem. - 2.2.3 Raumsystem.	
2.3	Verarbeitungsanlagen.	F47

3 Bio-Industrie-Design: Herausforderungen und Visionen	F 49
Literatur	F 51
 G Mechanische Konstruktionselemente	
1 Bauteilverbindungen	G 1
1.1 Schweißen	G 1
1.1.1 Schweißverfahren. - 1.1.2 Schweißbarkeit der Werkstoffe. - 1.1.3 Stoß- und Nahtarten. -	
1.1.4 Darstellung der Schweißnähte. - 1.1.5 Festigkeit von Schweißverbindungen. - 1.1.6 Thermisches Abtragen.	
1.2 Löten	G 21
1.2.1 Vorgang. - 1.2.2 Weichlöten. - 1.2.3 Hartlöten und Schweißblöten (Fugelöten). -	
1.2.4 Hochtemperaturlöten.	
1.3 Kleben	G 23
1.3.1 Anwendung und Vorgang. - 1.3.2 Klebstoffe. - 1.3.3 Tragfähigkeit.	
1.4 Reibschlussverbindungen	G 25
1.4.1 Formen, Anwendungen.— 1.4.2 Pressverbände. — 1.4.3 Klemmverbindungen.	
1.5 Formschlussverbindungen	G 29
1.5.1 Formen, Anwendungen. — 1.5.2 Stiftverbindungen. — 1.5.3 Bolzenverbindungen.—	
1.5.4 Keilverbindungen. - 1.5.5 Pass- und Scheibfeder-Verbindungen. - 1.5.6 Zahn- und Keilwellenverbindungen.- 1.5.7 Polygonwellenverbindungen.- 1.5.8 Vorgespannte Welle-Nabe-Verbindungen.- 1.5.9 Axiale Sicherungselemente.- 1.5.10 Nietverbindungen.	
1.6 Schraubenverbindungen	G 34
1.6.1 Aufgaben. - 1.6.2 Kenngrößen der Schraubenbewegung. - 1.6.3 Gewindarten. - 1.6.4 Schrauben- und Mutterarten. - 1.6.5 Schrauben- und Mutternwerkstoffe. - 1.6.6 Kräfte und Verformungen beim Anziehen von Schraubenverbindungen. - 1.6.7 Überlagerung von Vorspannkraft und Betriebslast. - 1.6.8 Auslegung und Dauerfestigkeitsberechnung von Schraubenverbindungen. - 1.6.9 Sicherung von Schraubenverbindungen.	
2 Federnde Verbindungen (Federn)	G 48
2.1 Aufgaben, Eigenschaften, Kenngrößen	G 48
2.1.1 Aufgaben. - 2.1.2 Federkennlinie, Federsteifigkeit, Federnachgiebigkeit. -	
2.1.3 Arbeitsaufnahmefähigkeit, Nutzungsgrad, Dämpfungsvermögen, Dämpfungsfaktor.	
2.2 Metallfedern	G 50
2.2.1 Zug/Druck-beanspruchte Zug- oder Druckfedern. - 2.2.2 Einfache und geschichtete Blattfedern (gerade oder schwachgekrümmte, biegebeanspruchte Federn). - 2.2.3 Spiralfedern (ebene gewundene, biegebeanspruchte Federn) und Schenkelfedern (biegebeanspruchte Schrauben federn). - 2.2.4 Tellerfedern (scheibenförmige, biegebeanspruchte Federn). - 2.2.5 Drehstabfedern (gerade, drehbeanspruchte Federn). - 2.2.6 Zylindrische Schraubendruckfedern und Schraubenzugfedern.	
2.3 Gummifedern	G 56
2.3.1 Der Werkstoff „Gummi“ und seine Eigenschaften. - 2.3.2 Gummifederelemente.	
2.4 Federn aus Faser-Kunststoff-Verbunden	G 59
2.5 Gasfedern	G 59
2.6 Industrie-Stoßdämpfer	G 60
2.6.1 Anwendungsgebiete. - 2.6.2 Funktionsweise des Industrie-Stoßdämpfers. - 2.6.3 Aufbau eines Industrie-Stoßdämpfers. - 2.6.4 Berechnung und Auswahl.	
3 Kupplungen und Bremsen	G 61
3.1 Überblick, Aufgaben	G 61
3.2 Drehstarre, nicht schaltbare Kupplungen	G 62
3.2.1 Starre Kupplungen. - 3.2.2 Drehstarre Ausgleichskupplungen.	
3.3 Elastische, nicht schaltbare Kupplungen	G 64
3.3.1 Feder- und Dämpfungsverhalten. — 3.3.2 Auslegungsgesichtspunkte, Schwingungsverhalten. — 3.3.3 Bauarten. - 3.3.4 Auswahlgesichtspunkte.	
3.4 Drennachgiebige, nicht schaltbare Kupplungen	G 67
3.5 Fremdgeschaltete Kupplungen	G 68
3.5.1 Formschlüssige Schaltkupplungen. - 3.5.2 Kraft-(Reib-)schlüssige Schaltkupplungen. - 3.5.3 Der Schaltvorgang bei reibschlüssigen Schaltkupplungen. - 3.5.4 Auslegung einer reibschlüssigen Schaltkupplung. — 3.5.5 Auswahl einer Kupplungsgröße. — 3.5.6 Allgemeine Auswahlkriterien. — 3.5.7 Bremsen.	

3.6	Selbsttätig schaltende Kupplungen	G 73
3.6.1	Drehmomentgeschaltete Kupplungen. - 3.6.2 Drehzahlgeschaltete Kupplungen. -	
3.6.3	Richtungsgeschaltete Kupplungen (Freiläufe).	
4	Wälzlager	G76
4.1	Kennzeichen und Eigenschaften der Wälzlager.	G 76
4.2	Bauarten der Wälzlager.	G76
4.2.1	Lager für rotierende Bewegungen. - 4.2.2 Linearwälzlager.	
4.3	Wälzlagerkäfige.	G 80
4.4	Wälzlagerwerkstoffe.	G81
4.5	Bezeichnungen für Wälzlager.	G81
4.6	Konstruktive Ausführung von Lagerungen.	G81
4.6.1	Konstruktive Ausführung von Lagerungen. - 4.6.2 Schwimmende oder Stütz-Traglagerung	
	und angestellte Lagerung. - 4.6.3 Lagersitze, axiale und radiale Festlegung der Lagerringe. -	
4.6.4	Lagerluft.	
4.7	Wälzlagerschmierung.	G 84
4.7.1	Allgemeines. — 4.7.2 Fettschmierung. — 4.7.3 Ölschmierung. — 4.7.4 Feststoffschmierung.	
4.8	Wälzlagerdichtungen.	G 86
4.9	Belastbarkeit und Lebensdauer der Wälzlager.	G 87
4.9.1	Belastbarkeit und Lebensdauer der Wälzlager. - 4.9.2 Statische bzw. dynamische Tragfähigkeit und	
	Lebensdauerberechnung.	
4.10	Bewegungswiderstand und Referenzdrehzahlen der Wälzlager.	G90
5	Gleitlagerungen	G 92
5.1	Grundlagen.	G 92
5.1.1	Aufgabe, Einteilung und Anwendungen. - 5.1.2 Wirkungsweise. - 5.1.3 Reibungszustände.	
5.2	Berechnung hydrodynamischer Gleitlager.	G93
5.2.1	Stationär belastete Radialgleitlager. - 5.2.2 Radialgleitlager im instationären Betrieb. -	
5.2.3	Stationär belastete Axialgleitlager. - 5.2.4 Mehrgleitflächenlager.	
5.3	Hydrostatische Anfahrhilfen.	G 100
5.4	Berechnung hydrostatischer Gleitlager.	G 100
5.4.1	Hydrostatische Radialgleitlager. - 5.4.2 Hydrostatische Axialgleitlager.	
5.5	Dichtungen.	G 102
5.6	Wartungsfreie Gleitlager.	G 102
5.7	Konstruktive Gestaltung.	G 102
5.7.1	Konstruktion und Schmierspaltausbildung. - 5.7.2 Lagerschmierung. - 5.7.3 Lagerkühlung. -	
5.7.4	Lagerwerkstoffe. - 5.7.5 Lagerbauformen.	
6	Zugmittelgetriebe	G 106
6.1	Bauarten, Anwendungen.	G106
6.2	Flachriemengetriebe.	G 106
6.2.1	Kräfte am Flachriemengetriebe. - 6.2.2 Beanspruchungen. - 6.2.3 Geometrische Beziehungen. -	
6.2.4	Kinematik, Leistung, Wirkungsgrad. - 6.2.5 Riemenlaufund Vorspannung. -	
6.2.6	Riemenwerkstoffe. - 6.2.7 Entwurfsberechnung.	
6.3	Keilriemen.	G111
6.3.1	Anwendungen und Eigenschaften. - 6.3.2 Typen und Bauarten von Keilriemen.-	
6.3.3	Entwurfsberechnung.	
6.4	Synchronriemen (Zahnriemen).	G 112
6.4.1	Aufbau, Eigenschaften, Anwendung. — 6.4.2 Gestaltungshinweise. — 6.4.3 Entwurfsberechnung.	
6.5	Kettengetriebe.	G 113
6.5.1	Bauarten, Eigenschaften, Anwendung. - 6.5.2 Gestaltungshinweise. - 6.5.3 Entwurfsberechnung.	
7	Reibradgetriebe	G114
7.1	Wirkungsweise, Definitionen.	G114
7.2	Bauarten, Beispiele.	G 114
7.2.1	Reibradgetriebe mit festem Übersetzungsverhältnis. - 7.2.2 Wälzgetriebe mit stufenlos einstellbarer	
	Übersetzung.	

7.3	Berechnungsgrundlagen	G117
	7.3.1 Bohrbewegung. - 7.3.2 Schlupf. - 7.3.3 Übertragbare Leistung und Wirkungsgrad. - 7.3.4 Gebräuchliche Werkstoffpaarungen.	
7.4	Hinweise für Anwendung und Betrieb.	G 120
8	Zahnradgetriebe	G121
8.1	Stirnräder - Verzahnungsgeometrie.	G 121
	8.1.1 Verzahnungsgesetz. - 8.1.2 Übersetzung, Zähnezahlgewinn, Momentenverhältnis. - 8.1.3 Konstruktion von Eingriffsinie und Gegenflanke. — 8.1.4 Flankenlinien und Formen der Verzahnung. — 8.1.5 Allgemeine Verzahnungsgrößen. - 8.1.6 Gleit- und Rollbewegung. - 8.1.7 Evolventenverzahnung. - 8.1.8 Sonstige Verzahnungen (außer Evolventen) und ungleichmäßig übersetzende Zahnräder.	
8.2	Verzahnungsabweichungen und -toleranzen, Flankenspiel.	G 127
8.3	Schmierung und Kühlung.	G 128
	8.3.1 Schmierstoff und Schmierungsart.	
8.4	Werkstoffe und Wärmebehandlung - Verzahnungsherstellung.	G 130
	8.4.1 Typische Beispiele aus verschiedenen Anwendungsgebieten. - 8.4.2 Werkstoffe und Wärmebehandlung - Gesichtspunkte für die Auswahl.	
8.5	Tragfähigkeit von Gerad- und Schrägstirnrädern.	G 130
	8.5.1 Zahnschäden und Abhilfen. - 8.5.2 Pflichtenheft. - 8.5.3 Anhaltswerte für die Dimensionierung. - 8.5.4 Nachrechnung der Tragfähigkeit.	
8.6	Kegelräder.	G138
	8.6.1 Geradzahn-Kegelräder. - 8.6.2 Kegelräder mit Schräg- oder Bogenverzahnung. - 8.6.3 Zahnform. - 8.6.4 Kegelrad-Geometrie. - 8.6.5 Tragfähigkeit. - 8.6.6 Lagerkräfte. - 8.6.7 Hinweise zur Konstruktion von Kegelrädern. - 8.6.8 Sondergetriebe.	
8.7	Stirnschraubräder.	G 140
8.8	Schneckengetriebe.	G 140
	8.8.1 Zylinderschnecken-Geometrie. - 8.8.2 Auslegung. - 8.8.3 Zahnkräfte, Lagerkräfte. - 8.8.4 Geschwindigkeiten, Beanspruchungskennweite. - 8.8.5 Reibungszahl, Wirkungsgrad. - 8.8.6 Nachrechnung der Tragfähigkeit. — 8.8.7 Gestaltung, Werkstoffe, Lagerung, Genauigkeit, Schmierung, Montage.	
8.9	Umlaufgetriebe.	G146
	8.9.1 Kinematische Grundlagen, Bezeichnungen. - 8.9.2 Allgemeingültigkeit der Berechnungsgleichungen, — 8.9.3 Vorzeichenregeln. - 8.9.4 Drehmomente, Leistungen, Wirkungsgrade. - 8.9.5 Selbsthemmung und Teilhemmung. - 8.9.6 Konstruktive Hinweise. - 8.9.7 Auslegung einfacher Planetengeräte. - 8.9.8 Zusammengesetzte Planetengeräte.	
8.10	Gestaltung der Zahnradgetriebe.	G 154
	8.10.1 Bauarten. - 8.10.2 Anschluss an Motor und Arbeitsmaschine. - 8.10.3 Gestalten und Bemaßen der Zahnräder. - 8.10.4 Gestalten der Gehäuse. - 8.10.5 Lagerung.	
9	Getriebetechnik	G160
9.1	Getriebesystematik.	G160
	9.1.1 Grundlagen. - 9.1.2 Arten ebener Getriebe.	
9.2	Getriebeanalyse.	G163
	9.2.1 Kinematische Analyse ebener Getriebe. - 9.2.2 Kinetostatische Analyse ebener Getriebe. - 9.2.3 Kinematische Analyse räumlicher Getriebe. - 9.2.4 Laufgüte der Getriebe.	
9.3	Getriebesynthese.	G168
	9.3.1 Viereckgetriebe. - 9.3.2 Kurvengetriebe.	
9.4	Sondergetriebe.	G169
10	Anhang G: Diagramme und Tabellen	G 171
	Literatur	G188
H	Fluidische Antriebe	
1	Grundlagen der fluidischen Energieübertragung	H1
1.1	Der Fließprozess.	H1
	1.1.1 Energieübertragung durch Flüssigkeiten. - 1.1.2 Energieübertragung durch Gase.	
1.2	Hydraulikflüssigkeiten.	H3
1.3	Systematik.	H3
	1.3.1 Aufbau und Funktion der Hydrogetriebe. - 1.3.2 Ordnung der Fluidgetriebe.	

2	Bauelemente hydrostatischer Getriebe	H4
2.1	Verdrängermaschinen mit rotierender Welle.	H4
	2.1.1 ZahnringmaschineZahnradpumpen und Zahnring-(Gerotor-)pumpen. - 2.1.2 Flügelzellenpumpen. -	
	2.1.3 Kolbenpumpen. - 2.1.4 Andere Pumpenbauarten. - 2.1.5 Hydromotoren in Umlaufverdrängerbauart.	
	- 2.1.6 Hydromotoren in Hubverdränger-(Kolben-)bauart.	
2.2	Verdrängermaschinen mit translatorischem (Ein- und) Ausgang.	H 10
2.3	Hydroventile.	H 10
	2.3.1 Wegeventile. - 2.3.2 Sperrventile. - 2.3.3 Druckventile. - 2.3.4 Stromventile. -	
	2.3.5 Proportionalventile. - 2.3.6 Servoventile.	
2.4	Hydraulikzubehör.	H 14
3	Aufbau und Funktion der Hydrogetriebe	H14
3.1	Hydrokreise.	H 14
	3.1.1 Offener Kreislauf. - 3.1.2 Geschlossener Kreislauf. - 3.1.3 Halboffener Kreislauf.	
3.2	Funktion der Hydrogetriebe.	H 15
	3.2.1 Berechnung des stationären Betriebsverhaltens. — 3.2.2 Dynamisches Betriebsverhalten.	
3.3	Steuerung der Getriebeübersetzung.	H 16
	3.3.1 Getriebe mit Verstelleinheiten. - 3.3.2 Selbsttätig arbeitende Regler und Verstellungen an	
	Verstellmaschinen. - 3.3.3 Stromteilgetriebe.	
4	Ausführung und Auslegung von Hydrogetrieben	H17
4.1	Getriebebeschaltung.	H 17
4.2	Auslegung von Hydrokreisen.	H 18
5	Pneumatische Antriebe	H19
5.1	Bauelemente.	H 19
5.2	Schaltung.	H 20
6	Anhang H: Diagramme und Tabellen	H 21
	Literatur	H 24

I Mechatronische Systeme

1	Mechatronik: Methodik und Komponenten	II
1.1	Einführung	II
1.2	Basisdisziplinen.	II
1.3	Modellbildung und Entwurf.	II
1.4	Komponenten mechatronischer Systeme. . . . .	.12
	1.4.1 Sensoren. - 1.4.2 Aktoren. - 1.4.3 Prozessdatenverarbeitung und Büssysteme.	
2	Elektronische Bauelemente . . . . .	.16
2.1	Passive Komponenten. . . . .	.16
	2.1.1 Aufbau elektronischer Schaltungen. - 2.1.2 Widerstände. - 2.1.3 Kapazitäten. - 2.1.4 Induktivitäten.	
2.2	Dioden. . . . .	.18
	2.2.1 Diodenkennlinien und Daten. - 2.2.2 Schottky-Dioden. - 2.2.3 Kapazitätsdioden. - 2.2.4 Z-Dioden.	
	- 2.2.5 Leistungsdioden.	
2.3	Transistoren. . . . .	.18
	2.3.1 Bipolartransistoren. - 2.3.2 Feldeffekttransistoren. - 2.3.3 IGB-Transistoren.	
2.4	Thyristoren.	I 12
	2.4.1 Thyristorkennlinien und Daten. - 2.4.2 Steuerung des Thyristors. - 2.4.3 Triacs, Diacs. -	
	2.4.4 Abschaltbare Thyristoren.	
2.5	Operationsverstärker. . . . .	.113
2.6	Optoelektronische Komponenten. . . . .	.113
	2.6.1 Optoelektronische Empfänger. - 2.6.2 Optoelektronische Sender. - 2.6.3 Optokoppler.	
3	Aufbau mechatronischer Systeme. . . . .	.116
3.1	Einführung.	I 16
3.2	Beispiele mechatronischer Systeme. . . . .	.117

K Thermischer Apparatbau und Industrieöfen

1	Industrieöfen	K1
1.1	Grundlagen	K1
1.2	Charakterisierung	K1
1.3	Spezifischer Energieverbrauch	K4
1.4	Wärmerückgewinnung durch Luftvorwärmung	K5
2	Drehrohröfen	K7
2.1	Bauarten und Prozesse	K7
	2.1.1 Wirkungsweise. - 2.1.2 Materialtransport. - 2.1.3 Beheizung. - 2.1.4 Drehrohrmantel. - 2.1.5 Lagerung und Antrieb. - 2.1.6 Ofenköpfe. - 2.1.7 Sonderbauarten. - 2.1.8 Anbackungen. - 2.1.9 Historische Entwicklung. - 2.1.10 Thermische Behandlungsprozesse.	
2.2	Quertransport	K 12
	2.2.1 Arten der Querbewegung. - 2.2.2 Rolling Motion. - 2.2.3 Segregation.	
2.3	Axialtransport	K 13
	2.3.1 Bettiefenprofil. - 2.3.2 Mittlere Verweilzeit.	
2.4	Wärmeübergang	K 14
	2.4.1 Gesamtmechanismus. - 2.4.2 Direkter Wärmeübergang. - 2.4.3 Regenerativer Wärmeübergang. - 2.4.4 Axiale Temperaturverläufe.	
3	Schacht-, Kupol- und Hochöfen	K 17
3.1	Prozesse und Funktionsweisen	K 17
3.2	Strömung	K 17
	3.2.1 Druckverlust. - 3.2.2 Lückengrad. - 3.2.3 Quereinblasung.	
3.3	Wärme- und Stoffübertragung	K 20
3.4	Axiale Temperatur- und Massenstromprofile	K 20
4	Öfen für geformtes Gut	K 21
4.1	Betriebsweise	K 21
4.2	Durchlauföfen	K 22
	4.2.1 Stoßöfen. - 4.2.2 Hubbalkenöfen. - 4.2.3 Tunnelwagenöfen. - 4.2.4 Rollenherdöfen. - 4.2.5 Konstruktive Merkmale. - 4.2.6 Verfahrenstechnische Merkmale.	
4.3	Beschreibung von Chargenöfen	K 29
4.4	Beheizung	K 30
	4.4.1 Direkte Beheizung. - 4.4.2 Indirekte Beheizung. - 4.4.3 Elektrobeheizung.	
4.5	Wärmeübertragung	K 34
	4.5.1 Strahlung in Industrieöfen. - 4.5.2 Konvektion. - 4.5.3 Wärmeübergang in Solid.	
5	Feuerfestmaterialien	K 43
6	Wärmeübertrager	K 45
6.1	Konstante Wärmestromdichte	K 45
6.2	Konstante Wandtemperatur	K 46
6.3	Wärmeübertragung Fluid-Fluid	K 46
	6.3.1 Temperaturverläufe. - 6.3.2 Gleiche Kapazitätsströme (Gegenstrom). - 6.3.3 Ungleiche Kapazitätsstromverhältnisse.	
6.4	Auslegung von Wärmeübertragern	K 48
6.5	Kondensatoren	K 49
	6.5.1 Grundbegriffe der Kondensation. - 6.5.2 Oberflächenkondensatoren. - 6.5.3 Luftgekühlte Kondensatoren.	
7	Konstruktionselemente von Apparaten und Rohrleitungen	K 51
7.1	Berechnungsgrundlagen	K 51
7.2	Zylindrische Mäntel und Rohre unter innerem Überdruck	K 52
7.3	Zylindrische Mäntel unter äußerem Überdruck	K 53

7.4	Ebene Böden.	K 53
	7.4.1 Wanddicke verschraubter runder ebener Böden ohne Ausschnitt. - 7.4.2 Wanddicke ebener Böden mit Ausschnitten.	
7.5	Gewölbte Böden.	K55
7.6	Ausschnitte.	K 56
	7.6.1 Spannungsbeanspruchte Querschnitte. - 7.6.2 Druckbeanspruchte Querschnittsflächen A_p .	
7.7	Flanschverbindungen.	K57
	7.7.1 Schrauben. - 7.7.2 Flansche.	
7.8	Rohrleitungen.	K62
	7.8.1 Rohrdurchmesser. - 7.8.2 Strömungsverluste. - 7.8.3 Rohrarten, Normen, Werkstoffe. - 7.8.4 Rohrverbindungen. - 7.8.5 Dehnungsausgleicher. - 7.8.6 Rohralterungen.	
7.9	Absperr- und Regelorgane.	K 65
	7.9.1 Allgemeines. - 7.9.2 Ventile. - 7.9.3 Schieber. - 7.9.4 Hähne (Drehschieber). - 7.9.5 Klappen.	
7.10	Dichtungen.	K 68
	7.10.1 Berührungsdichtungen an ruhenden Flächen. — 7.10.2 Berührungsdichtungen an gleitenden Flächen.	
8	Anhang K: Diagramme und Tabellen.	K 72
	Literatur.	K 74
 L Energietechnik und Wirtschaft		
1	Grundsätze der Energieversorgung.	L 1
1.1	Planung und Investitionen.	L2
1.2	Elektrizitätswirtschaft.	L2
1.3	Gaswirtschaft.	L5
1.4	Fernwärmewirtschaft.	L6
	1.4.1 Stand der Fernwärmeversorgung und Entwicklungsmöglichkeiten.	
2	Primärenergien.	L 7
2.1	Definitionen.	L7
2.2	Feste Brennstoffe.	L7
	2.2.1 Natürliche feste Brennstoffe. - 2.2.2 Künstliche feste Brennstoffe. - 2.2.3 Abfallbrennstoffe. - 2.2.4 Eigenschaften. - 2.2.5 Mineralische Bestandteile.	
2.3	Flüssige Brennstoffe.	L9
	2.3.1 Zusammensetzung. - 2.3.2 Natürliche flüssige Brennstoffe. - 2.3.3 Künstliche flüssige Brennstoffe. - 2.3.4 Abfallbrennstoffe. - 2.3.5 Eigenschaften.	
2.4	Gasförmige Brennstoffe oder Brenngase.	L12
	2.4.1 Natürliche Brenngase. — 2.4.2 Künstliche Brenngase. — 2.4.3 Eigenschaften.	
2.5	Kernbrennstoffe.	L 13
	2.5.1 Brutprozess. - 2.5.2 Brennstoffkreislauf. - 2.5.3 Endlagerung radioaktiver Abfälle.	
2.6	Regenerative Energien.	L 15
	2.6.1 Wasserenergie. - 2.6.2 Windenergie. - 2.6.3 Solarenergie. - 2.6.4 Geothermische Energie. — 2.6.5 Biogas. - 2.6.6 Biomasse.	
3	Wandlung von Primärenergie in Nutzenergie.	L19
3.1	Erzeugung elektrischer Energie.	L 19
	3.1.1 Wärmekraftwerke. - 3.1.2 Kernkraftwerke. - 3.1.3 Kombi-Kraftwerke. - 3.1.4 Motorkraftwerke. - 3.1.5 Brennstoffzelle.	
3.2	Kraft-Wärme-Kopplung.	L27
3.3	Wandlung regenerativer Energien.	L 29
	3.3.1 Wasserkraftanlagen. - 3.3.2 Windkraftanlagen. — 3.3.3 Anlagen zur Nutzung der Sonnenenergie. - 3.3.4 Wärmepumpen. - 3.3.5 Prognose Windenergie.	
4	Verteilen und Speicherung von Nutzenergie.	L 34
4.1	Energietransport.	L 34
	4.1.1 Mineralöltransporte. - 4.1.2 Erdgastransporte. - 4.1.3 Elektrische Verbundnetze. - 4.1.4 Fernwärmetransporte.	

4.2	Energiespeicherung	L 37
	4.2.1 Pumpspeicherwerke. — 4.2.2 Luftspeicherwerke. - 4.2.3 Dampfspeicherung. - 4.2.4 Elektrische Speicher.	
5	Feuerungen	L 39
5.1	Allgemeines.	L 39
	5.1.1 Verbrennungsvorgang. - 5.1.2 Kennzahlen. - 5.1.3 Druckzustände. - 5.1.4 Emissionen.	
5.2	Feuerungen für feste Brennstoffe.	L 41
	5.2.1 Rostfeuerungen. - 5.2.2 Kohlenstaubfeuerung. - 5.2.3 Wirbelschichtfeuerung.	
5.3	Feuerungen für flüssige Brennstoffe.	L 47
	5.3.1 Besondere Eigenschaften. - 5.3.2 Brenner. - 5.3.3 Gesamtanlage.	
5.4	Feuerungen für gasförmige Brennstoffe.	L 48
	5.4.1 Verbrennung und Brennererteilung. - 5.4.2 Brennerbauarten.	
5.5	Allgemeines Feuerungszubehör.	L48
	5.5.1 Gebläse. - 5.5.2 Schornstein.	
5.6	Umweltschutztechnologien.	L49
	5.6.1 Rauchgasentstaubung. - 5.6.2 Rauchgasentschwefelung. - 5.6.3 Rauchgasentstickung. - 5.6.4 Entsorgung der Kraftwerksnebenprodukte. - 5.6.5 Kohlendioxidabscheidung.	
6	Dampferzeuger.	L53
6.1	Angaben zum System.	L 53
	6.1.1 Bauarten. - 6.1.2 Dampferzeugersysteme. - 6.1.3 Drücke. - 6.1.4 Temperaturen. - 6.1.5 Leistung. - 6.1.6 Sicherheit.	
6.2	Ausgeführte Dampferzeuger.	L 54
	6.2.1 Großwasserraumkessel. — 6.2.2 Naturumlaufkessel für fossile Brennstoffe. - 6.2.3 Zwanglaufkessel für fossile Brennstoffe. - 6.2.4 Dampferzeuger für Kernreaktoren.	
6.3	Teile und Bauelemente von Dampferzeugern.	L 59
	6.3.1 Verdampfer. - 6.3.2 Überhitzer und Zwischenüberhitzer. - 6.3.3 Speisewasservorwärmer(Eco). - 6.3.4 Luftvorwärmer (Luvo). - 6.3.5 Speisewasseraufbereitung.	
6.4	Wärmetechnische Berechnung.	L 62
	6.4.1 Energiebilanz und Wirkungsgrad. - 6.4.2 Ermittlung der Heizfläche. - 6.4.3 Strömungswiderstände. - 6.4.4 Festigkeitsberechnung.	
7	Kernreaktoren	L64
7.1	Bauteile des Reaktors und Reaktorgebäude.	L64
7.2	Sicherheitstechnik von Kernreaktoren.	L64
7.3	Funktionsbedingungen für Kernreaktoren.	L 65
	7.3.1 Grundbegriffe der Reaktortheorie. - 7.3.2 Reaktorkern mit Reflektor.	
7.4	Bauarten von Kernreaktoren.	L66
	7.4.1 Leichtwasserreaktoren (LWR). - 7.4.2 Weiterentwicklung der Leichtwasserreakorteknik. - 7.4.3 Schwerwasserreaktoren. - 7.4.4 Gasgekühlte thermische Reaktoren. - 7.4.5 Schnelle Brutreaktoren (SNR). - 7.4.6 Kennwerte von Reaktortypen.	
8	Anhang L: Diagramme und Tabellen	L71
	Literatur.	L74
M Kälte-, Klima- und Heizungstechnik		
1	Kältetechnik	M1
1.1	Einsatzgebiete.	M1
1.2	Kältetechnische Verfahren.	M1
	1.2.1 Kaldampf-Kompressionskälteanlage.- 1.2.2 Absorptionskälteanlage.- 1.2.3 Verdunstungskühlverfahren.	
1.3	Kältetechnische Betriebsstoffe.	M4
	1.3.1 Kältemittel. - 1.3.2 Kältemaschinen-Öle. - 1.3.3 Kühlsole.	
1.4	Systeme und Bauteile der kältetechnischen Anlagen.	M8
	1.4.1 Kältemittelverdichter. - 1.4.2 Verdampfer. - 1.4.3 Verflüssiger. - 1.4.4 Sonstige Bauteile.	
1.5	Direktverdampfer-Anlagen.	M 12
	1.5.1 Verflüssigersätze, Splittergeräte für Klimaanlage.	

1.6	Kaltwassersätze.	M 13
1.6.1	Kompressions-Kaltwassersätze. - 1.6.2 Absorptions-Kaltwassersatz.	
1.7	Rückkühlwerke.	M 15
1.7.1	Kühlwassertemperaturen im Jahresverlauf. - 1.7.2 Wasserbehandlung.	
1.8	Freie Kühlung	M 16
1.8.1	Freie Kühlung durch Außenluft. - 1.8.2 Freie Kühlung durch Solekreislauf. - 1.8.3 Freie Kühlung durch Kältemittel-Pumpen-System. - 1.8.4 Freie Kühlung durch Rückkühlwerk.	
1.9	Speichersysteme.	M 17
1.9.1	Eisspeichersysteme. - 1.9.2 Kältespeicherung in eutektischer Lösung. - 1.9.3 Kältespeicherung in Binäreis.	
1.10	Wärmepumpenanlagen	M 19
1.10.1	Wärmequellen. - 1.10.2 Kleinwärmepumpen. - 1.10.3 Wärmepumpen größerer Leistung. - 1.10.4 Absorptionswärmepumpen. - 1.10.5 Wärmepumpensysteme Heizbetrieb. - 1.10.6 Systeme für gleichzeitigen Kühl- und Heizbetrieb. - 1.10.7 Wärmepumpen in Heizsystemen.	
2	Klimatechnik	M27
2.1	Anforderungen an das Raumklima.	M 27
2.1.1	Raumtemperatur. - 2.1.2 Raumluftfeuchte. - 2.1.3 Raumluftgeschwindigkeit. - 2.1.4 Schadstoffgehalt. - 2.1.5 Weitere Einflussgröße.	
2.2	Auslegung von Klimadaten.	M 29
2.2.1	Meteorologische Grundlagen. - 2.2.2 Heizlast. - 2.2.3 Kühllast. - 2.2.4 Luftbedarf.	
2.3	Luftführung und Luftdurchlässe	M 33
2.3.1	Luftführung. - 2.3.2 Luftdurchlässe.	
2.4	Komponenten von Lüftungs- und Klimaanlage.	M 38
2.4.1	Ventilator. - 2.4.2 Lufterhitzer, -kühler. - 2.4.3 Luftbefeuchter. - 2.4.4 Wärmerückgewinnung. - 2.4.5 Filter. - 2.4.6 Schalldämpfer. - 2.4.7 Luftkanalsystem. - 2.4.8 Mess- und Regelungstechnik.	
2.5	Lüftungsanlage.	M 47
2.5.1	Einrichtungen zur freien Lüftung. - 2.5.2 Mechanische Lüftungsanlagen.	
2.6	Zentrale Raumlufthechnische Anlagen	M 48
2.6.1	Klassifizierung raumlufthechnischer Systeme. - 2.6.2 Nur-Luft-Anlagen. - 2.6.3 Luft-Wasser-Anlagen.	
2.7	Dezentrale Klimaanlage.	M 56
3	Systeme und Bauteile der Heizungstechnik	M58
3.1	Einzelheizung	M 58
3.2	Zentralheizung	M 59
3.2.1	Systeme. - 3.2.2 Raum-Heizkörper, -Heizflächen. - 3.2.3 Rohrnetz für Warm- und Heißwasserleitungen. - 3.2.4 Armaturen. - 3.2.5 Umwälzpumpen. - 3.2.6 Wärmeerzeugung. - 3.2.7 Heizzentrale. - 3.2.8 Wärmeverbrauchsermittlung.	
4	Anhang M: Diagramme und Tabellen	M 69
N	Grundlagen der Verfahrenstechnik	
1	Einführung	N1
2	Mechanische Verfahrenstechnik	N 2
2.1	Einführung	N2
2.2	Zerkleinern	N 3
2.2.1	Bruchphysik; Zerkleinerungstechnische Stoffeigenschaften. - 2.2.2 Zerkleinerungsmaschinen.	
2.3	Agglomerieren/Granulieren.	N4
2.3.1	Bindemechanismen, Agglomeratfestigkeit. - 2.3.2 Agglomerationstechnik.	
2.4	Trennen	N5
2.4.1	Abscheiden von Partikeln aus Gasen. — 2.4.2 Abscheiden von Feststoffpartikeln aus Flüssigkeiten. — 2.4.3 Klassieren in Gasen.	
2.5	Mischen von Feststoffen.	N 7
2.6	Lagern	N 8
2.6.1	Fließverhalten von Schüttgütern. - 2.6.2 Dimensionierung von Silos.	

3	Thermische Verfahrenstechnik	N 9
3.1	Absorbieren, Rektifizieren, Flüssig-flüssig-Extrahieren.	N9
	3.1.1 Durchsatz. - 3.1.2 Stofftrennung.	
3.2	Verdampfen und Kristallisieren	N 13
3.3	Adsorbieren, Trocknen, Fest-flüssig-Extrahieren.	N 14
3.4	Membrantrennverfahren.	N17
4	Chemische Verfahrenstechnik	N18
4.1	Einleitung	N18
4.2	Stöchiometrie	N 18
4.3	Chemische Thermodynamik.	N 19
4.4	Kinetik chemischer Reaktionen.	N20
4.5	Ideale isotherme Reaktoren.	N 22
4.6	Reale Reaktoren.	N 23
5	Mehrphasenströmungen	N 25
5.1	Einphasenströmung	N 25
5.2	Widerstand fester und fluider Partikel.	N26
5.3	Feststoff/Fluidströmung.	N 27
	5.3.1 Pneumatische Förderang. - 5.3.2 Hydraulische Förderung. - 5.3.3 Wirbelschicht.	
5.4	Gas-/Flüssigkeitsströmung	N 32
	5.4.1 Strömungsform. - 5.4.2 Druckverlust. - 5.4.3 Filmströmung.	
6	Bioverfahrenstechnik	N33
6.1	Mikroorganismen mit technischer Bedeutung.	N 34
	6.1.1 Bakterien. - 6.1.2 Pilze. - 6.1.3 Hefen. - 6.1.4 Algen. - 6.1.5 Viren. - 6.1.6 Pflanzliche und tierische Zellen (Gewebe).	
6.2	Kultivierungsbedingungen	N 36
	6.2.1 Wachstumsbedingungen. - 6.2.2 Phänomenologie des Wachstums. - 6.2.3 Ablauf technischer Fermentationen.	
6.3	Sterilisation	N39
	6.3.1 Hitzesterilisation. - 6.3.2 Sterilfiltration.	
6.4	Bioreaktoren	N42
	6.4.1 Oberflächenkultivierung. - 6.4.2 Submerskultivierung. - 6.4.3 Mess- und Regelungstechnik. - 6.4.4 Schaumzerstörung. - 6.4.5 Steriler Betrieb.	
6.5	Kinetik enzymatischer Reaktionen	N45
	6.5.1 Katalytische Wirkung der Enzyme. — 6.5.2 Michaelis-Menten-Kinetik. - 6.5.3 Transformationen der Michaelis-Menten-Gleichung. - 6.5.4 Einfluss von Temperatur, pH-Wert, Inhibitoren und Aktivatoren.	
6.6	Kinetik des mikrobiellen Wachstums.	N 47
	6.6.1 Substratlimitiertes Wachstum. - 6.6.2 Wachstumshemmung. - 6.6.3 Wachstum mit Transportlimitierung. - 6.6.4 Wachstum in kontinuierlicher Kultivierung. - 6.6.5 Fed-Batch-Kultivierung. — 6.6.6 Zellerhaltung. - 6.6.7 Filamentöses Wachstum.	
0	Maschinendynamik	
1	Kurbeltrieb, Massenkräfte und -momente, Schwungradberechnung	01
1.1	Drehkraftdiagramm von Mehrzylindermaschinen	0 1
1.2	Massenkräfte und Momente	0 3
	1.2.1 Analytische Verfahren. - 1.2.2 Ausgleich der Kräfte und Momente.	
2	Schwingungen	0 9
2.1	Problematik der Maschinenschwingungen.	09
2.2	Einige Grundbegriffe	0 9
	2.2.1 Mechanisches Ersatzsystem. - 2.2.2 Bewegungsgleichungen, Systemmatrizen. - 2.2.3 Modale Parameter: Eigenfrequenzen, modale Dämpfungen, Eigenvektoren. - 2.2.4 Modale Analyse. - 2.2.5 Frequenzgangfunktionen mechanischer Systeme, Amplituden- und Phasengang.	

2.3 Grundaufgaben der Maschinendynamik O12
 2.3.1 Direktes Problem. - 2.3.2 Eingangsproblem. - 2.3.3 Identifikationsproblem. —
 2.3.4 Entwurfsproblem. - 2.3.5 Verbesserung des Schwingungszustands einer Maschine.

2.4 Darstellung von Schwingungen im Zeit- und Frequenzbereich. O 14
 2.4.1 Darstellung von Schwingungen im Zeitbereich. — 2.4.2 Darstellung von Schwingungen im
 Frequenzbereich.

2.5 Entstehung von Maschinenschwingungen, Erregerkräfte $F(t)$ O 16
 2.5.1 Freie Schwingungen (Eigenschwingungen). - 2.5.2 Selbsterregte Schwingungen. -
 2.5.3 Parametererregte Schwingungen. — 2.5.4 Erzwungene Schwingungen.

2.6 Mechanische Ersatzsysteme, Bewegungsgleichungen. O 19
 2.6.1 Strukturfestlegung. - 2.6.2 Parameterermittlung. - 2.6.3 Beispiele für mechanische Ersatzsysteme:
 Feder-Masse-Dämpfer-Modelle. - 2.6.4 Beispiele für mechanische Ersatzsysteme:
 Finite-Elemente-Modelle.

2.7 Anwendungsbeispiele für Maschinenschwingungen. O 22
 2.7.1 Drehschwinger mit zwei Drehmassen. — 2.7.2 Torsionsschwingungen einer Turbogruppe.—
 2.7.3 Biegeschwingungen einer mehrstufigen Kreiselpumpe.

3 Maschinenakustik O27

3.1 Grundbegriffe. O 27
 3.1.1 Schall, Frequenz, Hörbereich, Schalldruck, Schalldruckpegel, Lautstärke. - 3.1.2 Schnelle,
 Schnellepegel, Kennimpedanz. - 3.1.3 Schallintensität, Schallintensitätspegel. - 3.1.4 Schallleistung,
 Schallleistungspegel. — 3.1.5 Fourierspektrum, Spektrogramm, Geräuschanalyse.—
 3.1.6 Frequenzbewertung, A-, C- und Z-Bewertung. - 3.1.7 Bezugswerte, Pegelarithmetik.

3.2 Geräuschenstehung. O29
 3.2.1 Direkte und indirekte Geräuschenstehung. - 3.2.2 Maschinenakustische Grundgleichung. -
 3.2.3 Anregungskräfte. - 3.2.4 Körperschallfunktion. - 3.2.5 Luftschallabstrahlung.

3.3 Möglichkeiten zur Geräuschkinderung. O 32
 3.3.1 Verminderung der Kraftanregung. — 3.3.2 Verminderung der Körperschallfunktion. -
 3.3.3 Verminderung der Luftschallabstrahlung.

3.4 Aktive Maßnahmen zur Lärm- und Schwingungsminderung. O 34

3.5 Numerische Verfahren zur Simulation von Luft- und Körperschall. O 35

3.6 Strukturintensität und Körperschallfluss. O 36

P Kolbenmaschinen

1 Allgemeine Grundlagen der Kolbenmaschinen P1

1.1 Definition und Einteilung der Kolbenmaschinen. P 1

1.2 Vollkommene und reale Kolbenmaschine. P 1
 1.2.1 Die vollkommene Maschine. - 1.2.2 Die reale Maschine.

1.3 Hubkolbenmaschinen. P4
 1.3.1 Triebwerksbauarten. - 1.3.2 Kinematik des Kurbeltriebs. - 1.3.3 Kräfte am Kurbeltrieb.

1.4 Elemente der Kolbenmaschine. P 8
 1.4.1 Kurbeltrieb. - 1.4.2 Abdichten des Arbeitsraumes. - 1.4.3 Zylinderanordnung und -zahl. -
 1.4.4 Lagerung und Schmierung. — 1.4.5 Kühlung.

2 Verdrängerpumpen P12

2.1 Bauarten und Anwendungsgebiete. P 12

2.2 Berechnungsgrundlagen. P13
 2.2.1 Förderhöhen, Geschwindigkeiten und Drücke. - 2.2.2 Förderleistung, Antriebsleistung,
 Gesamtwirkungsgrad. - 2.2.3 Instationäre Strömung. — 2.2.4 Kavitation. — 2.2.5 Pulsationsdämpfung.

2.3 Verlustteilung. P 17
 2.3.1 Betriebsverhalten der verlustfreien Verdrängerpumpe. - 2.3.2 Definition von Wirkungsgraden. -
 2.3.3 Volumetrische Verluste. - 2.3.4 Mechanisch-hydraulische Verluste. - 2.3.5 Nutzliefergrad und
 Gesamtwirkungsgrad.

2.4 Auslegung und Hauptabmessungen. P19
 2.4.1 Oszillierende Verdrängerpumpen. - 2.4.2 Rotierende Verdrängerpumpen.

2.5 Baugruppen und konstruktive Gestaltung P 21
 2.5.1 Baugruppen zur Ein- und Auslasssteuerung. - 2.5.2 Verstellung und Regelung. -
 2.5.3 Verwendungsbedingte Gestaltung."

3	Kompressoren	P 25
3.1	Bauarten und Anwendungsgebiete	P 25
3.2	Grundlagen und Vergleichsprozesse	P 26
3.2.1	Volumenstrom, Eintrittspunkt, Austrittspunkt	- 3.2.2 Verdichtung idealer und realer Gase. -
3.2.3	Vergleichsprozesse für einstufige Verdichtung	— 3.2.4 Definition von Wirkungsgraden. —
3.2.5	Mehrstufige Verdichtung	- 3.2.6 Verdichtung feuchter Gase.
3.3	Arbeitszyklus, Liefergrade und Druckverluste	P 30
3.3.1	Arbeitszyklus	- 3.3.2 Liefergrade. - 3.3.3 Druckverluste.
3.4	Auslegung und Hauptabmessungen	P 33
3.4.1	Hubkolbenverdichter	- 3.4.2 Schraubenverdichter. - 3.4.3 Rotationsverdichter. -
3.4.4	Flüssigkeitsringverdichter	- 3.4.5 Roots-Gebläse.
3.5	Ein- und Auslasssteuerung	P 36
3.5.1	Aufbau selbsttätiger Ventile	- 3.5.2 Ventileinbau. - 3.5.3 Ventilauslegung.
3.6	Regelung und Betriebsverhalten	P 39
3.6.1	Regelung	- 3.6.2 Betriebsverhalten.
3.7	Bauformen und Baugruppen	P 42
3.7.1	Hubkolbenverdichter	- 3.7.2 Membranverdichter. - 3.7.3 Schraubenverdichter. -
3.7.4	Rotationsverdichter	.
4	Verbrennungsmotoren	P 46
4.1	Einteilung und Verwendung	P 46
4.2	Arbeitsverfahren und Arbeitsprozesse	P 46
4.2.1	Arbeitsverfahren	- 4.2.2 Vergleichsprozesse. - 4.2.3 Wirklicher Arbeitsprozess.
4.3	Ladungswechsel	P 52
4.3.1	Kenngrößen des Ladungswechsels	- 4.3.2 Steuerorgane für den Ladungswechsel. -
4.3.3	Ladungswechsel des Viertaktmotors	— 4.3.4 Ladungswechsel des Zweitaktmotors. — 4.3.5 Aufladung von Motoren.
4.4	Verbrennung im Motor	P 60
4.4.1	Motoren-Kraftstoffe	- 4.4.2 Gemischbildung und Verbrennung im Ottomotor. ~
4.4.3	Gemischbildung und Verbrennung im Dieselmotor	- 4.4.4 Hybride Verfahren für Gemischbildung und Verbrennung.
4.5	Verfahren zur Gemischbildung und Zündung bei Ottomotoren	P 64
4.5.1	Anforderungen an Gemischbildung	— 4.5.2 Vergaser. — 4.5.3 Saugrohr-Benzin-Einspritzung. —
4.5.4	Direkte Benzin-Einspritzung	- 4.5.5 Zündausrüstung.
4.6	Einrichtungen zur Gemischbildung und Zündung bei Dieselmotoren	P 67
4.6.1	Einspritzsysteme	- 4.6.2 Einspritzdüse. - 4.6.3 Start- und Zündhilfen.
4.7	Betriebsverhalten und Kenngrößen	P 71
4.7.1	Leistung, Drehmoment und Verbrauch	- 4.7.2 Kenngrößen. - 4.7.3 Umwelverhalten. -
4.7.4	Verbrennungsmotor als Antriebsaggregat	.
4.8	Konstruktion von Motoren	P 78
4.8.1	Ähnlichkeitsbeziehungen und Beanspruchung	- 4.8.2 Motorbauarten. — 4.8.3 Motorbauteile. -
4.8.4	Ausgeführte Motorkonstruktionen	.
Q	Fahrzeugtechnik	
1	Kraftfahrzeugtechnik	Q 1
1.1	Definition von Kraftfahrzeugen	Q 1
1.2	Bedeutung von Kraftfahrzeugen	Q 1
1.3	Karosserie	Q 2
1.4	Fahrwerk	Q 5
1.4.1	Räder	- 1.4.2 Radführungen. - 1.4.3 Federung und Dämpfung. - 1.4.4 Lenkung.
1.5	Antrieb und Bremsen	Q 10
1.5.1	Brmsen	- 1.5.2 Fahrdynamikregelsysteme. - 1.5.3 Energiewandlung. - 1.5.4 Kupplung und Kennungswandler. - 1.5.5 Achsgetriebe.
1.6	Ausstattungen	Q 21
1.6.1	Verglasung, Scheibenwischer	- 1.6.2 Sitzanlage, Bedienelemente, Anzeigen. - 1.6.3 Heizung und Klimatisierung. - 1.6.4 Systeme für den Insassenschutz. - 1.6.5 Licht und Beleuchtung. -
1.6.6	Fahrerassistenzsysteme	.

1.7	Elektrische Infrastruktur.	Q24
1.8	Eigenschaften des Gesamtfahrzeugs.	Q 26
	1.8.1 Package, Ergonomie, Mensch-Maschine-Interface. — 1.8.2 Fahrdynamik. — 1.8.3 Aerodynamik. -	
	1.8.4 Verbrauch und CO ₂ -Emission. - 1.8.5 Abgasverhalten. - 1.8.6 Geräusch. - 1.8.7 Fahrzeugsicherheit.	
	- 1.8.8 Betriebsfestigkeit.	
1.9	Typgenehmigung.	Q 32
1.10	Entwicklungsprozesse und-methoden.	Q 33
2	Schienerfahrzeuge.	Q35
2.1	Generelle Anforderungen.	Q 35
	2.1.1 Fahrzeugbegrenzungsprofil. - 2.1.2 Fahrgastwechselzeiten. - 2.1.3 Lebenszykluskosten LCC.	
2.2	Fahrwerke.	Q 37
	2.2.1 Grandbegriffe der Spurführungstechnik. - 2.2.2 Radbauarten. - 2.2.3 Radsatz. - 2.2.4 Rad-Schiene-	
	Kontakt. - 2.2.5 Fahrwerkskonstruktionen. - 2.2.6 Neigtechnik.	
2.3	Aufbau, Fahrzeugarten.	Q 45
	2.3.1 Rohbau. - 2.3.2 Klimaanlage. - 2.3.3 Türen. - 2.3.4 Fenster. - 2.3.5 Führerräume. -	
	2.3.6 Zug-Stoßeinrichtungen. — 2.3.7 Fahrzeugarten.	
2.4	Antriebe.	Q 52
	2.4.1 Fahrwiderstand. - 2.4.2 Konstruktionen.	
2.5	Elektrische/Elektronische Ausrüstung/Diagnose.	Q 54
	2.5.1 Elektrische/Elektronische Ausrüstung/Diagnose. — 2.5.2 Diagnosetechnik.	
2.6	Sicherheitstechnik.	Q 56
	2.6.1 Aktive Sicherheitstechnik/Bremse, Bremsbauarten. - 2:6.2 Passive Sicherheit.	
2.7	Entwicklungsmethodik.	Q61
	2.7.1 Modelle. - 2.7.2 Fahrkomfort. - 2.7.3 Rad-Schiene-Kräfte.	
2.8	Zuverlässigkeitsprüfung.	Q 64
3	Luftfahrzeuge.	Q66
3.1	Allgemeines.	Q 66
	3.1.1 Luftverkehr. - 3.1.2 Anforderungen an den Luftverkehr und an Luftfahrzeuge. -3.1.3 Einordnung	
	und Konstruktionsgruppen von Luftfahrzeugen. - 3.1.4 Einordnung von Luftfahrzeugen nach Vorschriften.	
3.2	Definitionen.	Q 69
	3.2.1 Die internationale Standardatmosphäre (ISA). - 3.2.2 Achsenkreuze. - 3.2.3 Winkel. -	
	3.2.4 Gewichte. - 3.2.5 Fluggeschwindigkeiten. — 3.2.6 Geometrische Beschreibung des Luftfahrzeuges. -	
	3.2.7 Kräfte und Winkel im Flug. - 3.2.8 Flugsteuerung. - 3.2.9 Flugstabilitäten.	
3.3	Grundlagen der Flugphysik.	Q79
	3.3.1 Einführung. - 3.3.2 Flugzeugpolare. - 3.3.3 Flugleistungen.	
3.4	Zelle, Struktur.	Q 90
	3.4.1 Konstruktionsphilosophien und -prinzipien. - 3.4.2 Lasten, Lastannahmen. - 3.4.3 Leichtbau. -	
	3.4.4 Werkstoffe und Bauweisen. - 3.4.5 Rumpf. - 3.4.6 Tragflügel. - 3.4.7 Wartung und Instandhaltung.	
R	Strömungsmaschinen	
1 •	Gemeinsame Grundlagen.	R 1
1.1	Strömungstechnik.	R 1
	1.1.1 Einleitung und Definitionen. — 1.1.2 Wirkungsweise. - 1.1.3 Strömungsgesetze. - 1.1.4 Absolute	
	relative Strömung. — 1.1.5 Schaufelanordnung für Pumpen und Verdichter. - 1.1.6 Schaufelanordnung für	
	Turbinen. — 1.1.7 Schaufelgitter, Stufe, Maschine, Anlage.	
1.2	Thermodynamik.	R3
	1.2.1 Thermodynamische Gesetze. - 1.2.2 Zustandsänderung. - 1.2.3 Totaler Wirkungsgrad. -	
	1.2.4 Statischer Wirkungsgrad. - 1.2.5 Polytroper und isentroper Wirkungsgrad. - 1.2.6 Mechanische	
	Verluste.	
1.3	Arbeitsfluid.	R6
	1.3.1 Allgemeiner Zusammenhang zwischen thermischen und kalorischen Zustandsgrößen. - 1.3.2 Ideale	
	Flüssigkeit. - 1.3.3 Ideales Gas. - 1.3.4 Reales Fluid. - 1.3.5 Kavitation bei Flüssigkeiten. -	
	1.3.6 Kondensation bei Dämpfen.	
1.4	Schaufelgitter.	R8
	1.4.1 Anordnung der Schaufeln im Gitter. - 1.4.2 Leit- und Laufgitter. - 1.4.3 Einteilung nach	
	Geschwindigkeits- und Druckänderung. - 1.4.4 Reale Strömung durch Gitter. — 1.4.5 Gitterauslegung.-	
	1.4.6 Profilverluste. - 1.4.7 Verluste an den Schaufelenden.	

1.5	Stufen	R 11
	1.5.1 Zusammensetzen von Gittern zu Stufen. - 1.5.2 Stufenkenngrößen.- 1.5.3 Axiale Repetierstufe eines vielstufigen Verdichters. — 1.5.4 Radiale Repetierstufe eines Verdichters. — 1.5.5 Kenngrößen-Bereiche für Verdichterstufen. - 1.5.6 Axiale Repetierstufe einer Turbine. - 1.5.7 Radiale Turbinenstufe. - 1.5.8 Kenngrößen-Bereiche für Turbinenstufen.	
1.6	Maschine.	R 16
	1.6.1 Beschauelung, Ein- und Austrittsgehäuse. - 1.6.2 Maschinenkenngrößen. - 1.6.3 Wahl der Bauweise.	
1.7	Betriebsverhalten und Regelmöglichkeiten.	R 18
	1.7.1 Instabiler Betriebsbereich bei Verdichtern. - 1.7.2 Anlagencharakteristik. - 1.7.3 Zusammenarbeit von Maschine und Anlage. - 1.7.4 Regelung von Verdichtern. - 1.7.5 Regelung von Turbinen.	
1.8	Beanspruchung und Festigkeit der wichtigsten Bauteile.	R 20
	1.8.1 Rotierende Scheibe, rotierender Zylinder. - 1.8.2 Durchbiegung, kritische Drehzahlen von Rotoren. - 1.8.3 Beanspruchung der Schaufeln durch Fliehkräfte. - 1.8.4 Beanspruchung der Schaufeln durch stationäre Strömungskräfte. - 1.8.5 Schaufelschwingungen. - 1.8.6 Gehäuse. - 1.8.7 Thermische Beanspruchung.	
2	Wasserturbinen	R 26
2.1	Allgemeines	R 26
	2.1.1 Kennzeichen. - 2.1.2 Wasserkraftwerke. - 2.1.3 Wirtschaftliches.	
2.2	Gleichdruckturbinen.	R 27
	2.2.1 Peltonurbinen. - 2.2.2 Ossbergerturbinen.	
2.3	Überdruckturbinen.	R 27
	2.3.1 Francisturbinen. - 2.3.2 Kaplanurbinen. - 2.3.3 Deriazurbinen.	
2.4	Werkstoffe.	R 29
2.5	Kennliniendarstellungen.	R 30
2.6	Extreme Betriebsverhältnisse.	R 31
2.7	Laufwasser-und Speicherkraftwerke.	R 31
3	Kreiselpumpen	R 32
3.1	Allgemeines.	R 32
3.2	Bauarten.	R 32
	3.2.1 Laufrad. - 3.2.2 Gehäuse. - 3.2.3 Fluid. - 3.2.4 Werkstoff. - 3.2.5 Antrieb.	
3.3	Betriebsverhalten	R 34
	3.3.1 Kavitation. — 3.3.2 Kennlinien. — 3.3.3 Anpassung der Kreiselpumpe an den Leistungsbedarf. — 3.3.4 Achsschubausgleich.	
3.4	Ausgeführte Pumpen	R 40
	3.4.1 Wasserwirtschaft - 3.4.2 Kraftwerktechnik. - 3.4.3 Verfahrenstechnik. - 3.4.4 Andere Einsatzgebiete.	
4	Schiffspropeller.	R 44
4.1	Allgemeines.	R 44
4.2	Schiffspropeller.	R 44
5	Föttinger-Getriebe	R 46
5.1	Prinzip und Bauformen.	R 46
5.2	Auslegung.	R 47
5.3	Föttinger-Kupplungen.	R 48
5.4	Bremsen.	R 48
5.5	Föttinger-Wandler.	R 49
6	Dampfturbinen	R 50
6.1	Benennungen.	R 50
6.2	Bauarten.	R 50
	6.2.1 Kraftwerksturbinen. - 6.2.2 Industrieturbinen. - 6.2.3 Kleinturbinen.	
6.3	Konstruktionselemente.	R 57
	6.3.1 Gehäuse. - 6.3.2 Ventile und Klappen. - 6.3.3 Beschauelung. - 6.3.4 Wellendichtungen. - 6.3.5 Läufer-Dreheinrichtung. — 6.3.6 Lager.	
6.4	Anfahren und Betrieb.	R 60

6.5	Regelung, Sicherheits- und Schutzeinrichtungen	R 60
6.6	Berechnungsverfahren	R60
	6.6.1 Allgemeines. - 6.6.2 Auslegung von Industrieturbinen.	
7	Turboverdichter	R61
7.1	Einteilung und Einsatzbereiche	R61
	7.1.1 Ventilatoren. - 7.1.2 Axialverdichter.-7.1.3 Radialverdichter.	
7.2	Radiale Laufradbauarten	R63
	7.2.1 Das geschlossene 2D-Laufrad. - 7.2.2 Das geschlossene 3D-Laufrad. - 7.2.3 Das offene Laufrad. - 7.2.4 Laufradverwendung. - 7.2.5 Laufradherstellung. - 7.2.6 Laufradfestigkeit und Strukturndynamik.	
7.3	Radiale Verdichterbauarten	R 65
	7.3.1 Einwellenverdichter. - 7.3.2 Mehrwellen-Getriebeverdichter.	
7.4	Regelungsarten	R67
	7.4.1 Drehzahlregelung. — 7.4.2 Saugdrosselregelung. - 7.4.3 Eintrittsleitschaufelregelung. - 7.4.4 Bypass-Regelung.	
7.5	Beispiel einer Radialverdichterauslegung nach vereinfachtem Verfahren	R 70
	7.5.1 Betriebsbedingungen (vorgegeben). - 7.5.2 Gasdaten. - 7.5.3 Volumenstrom, Laufraddurchmesser, Drehzahl. - 7.5.4 Endtemperatur, spezifische polytrope Arbeit. - 7.5.5 Wirkungsgrad, Stufenzahl. - 7.5.6 Leistung.	
8	Gasturbinen	R73
8.1	Einteilung und Verwendung	R73
8.2	Thermodynamische Grundlagen	R 74
	8.2.1 Idealisierte Kreisprozesse. - 8.2.2 Reale Gasturbinenprozesse.	
8.3	Baugruppen	R 76
	8.3.1 Verdichter. - 8.3.2 Turbine. - 8.3.3 Brennkammer. - 8.3.4 Wärmetauscher.	
8.4	Gasturbine im Kraftwerk	R 79
	8.4.1 Allgemeines und Bauweise. - 8.4.2 Gas- und Dampf-Anlagen. - 8.4.3 Luftspeicher-Kraftwerk.	
8.5	Gasturbine für Verkehrsfahrzeuge	R80
	8.5.1 Luftfahrt. - 8.5.2 Schifffahrt. - 8.5.3 Straßenfahrzeuge. - 8.5.4 Abgasturbolader.	
8.6	Brennstoffe	R 82
8.7	Beanspruchungen und Werkstoffe	R82
8.8	Betriebsverhalten	R 84
	8.8.1 Ähnlichkeitskennfelder. - 8.8.2 Teillastbetrieb.	
8.9	Abgasemission	R 84
Literatur		R85

S Fertigungsverfahren

1	Übersicht über die Fertigungsverfahren	S 1
1.1	Definition und Kriterien	S1
1.2	Systematik	S 1
2	Urformen	S2
2.1	Einordnung des Urformens in die Fertigungsverfahren	S2
2.2	Begriffsbestimmung	S2
2.3	Das Urformen im Prozess der Herstellung von Einzelteilen	S2
2.4	Wirtschaftliche Bedeutung des Formgießens	S4
2.5	Technologischer Prozess des Formgießens	S4
2.6	Formverfahren und -ausrüstungen	S5
	2.6.1 Urformwerkzeuge. — 2.6.2 Verfahren mit verlorenen Formen. - 2.6.3 Dauerformverfahren.	
3	Umformen	S 26
3.1	Systematik und Einführung	S 26
3.2	Grundlagen der Umformtechnik	S 27
	3.2.1 Fließspannung. - 3.2.2 Formänderungsgrößen. - 3.2.3 Fließkriterien. - 3.2.4 Fließkurve. - 3.2.5 Anisotropie. - 3.2.6 Formänderungsvermögen. - 3.2.7 Grenzformänderungsdiagramm.	

3.3	Modellvorstellungen	S 30
3.4	Spannungen und Kräfte bei ausgewählten Verfahren der Umformtechnik	S 31
	3.4.1 Stauchen zylindrischer Körper. - 3.4.2 Stauchen rechteckiger Körper. - 3.4.3 Drahtziehen. - 3.4.4 Durchdrücken. - 3.4.5 Tiefziehen.	
3.5	Technologie.	S 34
	3.5.1 Streckziehen. - 3.5.2 Tiefziehen. - 3.5.3 Biegen. - 3.5.4 Superplastisches Umformen von Blechen. — 3.5.5 Stauchen. - 3.5.6 Schmieden. - 3.5.7 Strangpressen.	
4	Trennen	S42
4.1	Allgemeines.	S 42
4.2	Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden.	S42
	4.2.1 Grundlagen. - 4.2.2 Drehen. - 4.2.3 Bohren. - 4.2.4 Fräsen. - 4.2.5 Sonstige Verfahren: Hobeln und Stoßen, Räumen, Sägen. - 4.2.6 Schneidstoffe.	
4.3	Spanen mit geometrisch unbestimmter Schneide.	S 56
	4.3.1 Grundlagen. - 4.3.2 Schleifen mit rotierendem Werkzeug. - 4.3.3 Honen. - 4.3.4 Sonstige Verfahren: Läppen, Innendurchmesser-Trennschleifen.	
4.4	Abtragen.	S 62
	4.4.1 Gliederung. — 4.4.2 Thermisches Abtragen mit Funken (Funkenerosives Abtragen). - 4.4.3 Lasertrennen. - 4.4.4 Elektrochemisches Abtragen. - 4.4.5 Chemisches Abtragen.	
4.5	Scheren und Schneiden.	S 66
	4.5.1 Systematik. - 4.5.2 Technologie. - 4.5.3 Kräfte und Arbeiten. - 4.5.4 Werkstückeigenschaften. - 4.5.5 Werkzeuge. - 4.5.6 Sonderschneidverfahren.	
5	Sonderverfahren	S72
5.1	Gewindefertigung	S 72
	5.1.1 Gewindedrehen. - 5.1.2 Gewindestrehlen. - 5.1.3 Gewindeschneiden.- 5.1.4 Gewindebohren.— 5.1.5 Gewindefräsen. - 5.1.6 Gewindeschleifen. - 5.1.7 Gewindeerodieren. -5.1.8 Gewindewalzen. - 5.1.9 Gewindefurchen. - 5.1.10 Gewindedrücken.	
5.2	Verzahnen	S 75
	5.2.1 Verzahnen von Stirnrädern. - 5.2.2 Verzahnen von Schnecken. - 5.2.3 Verzahnen von Schneckenrädern. - 5.2.4 Verzahnen von Kegelrädern.	
5.3	Fertigungsverfahren der Feinwerk- und Mikrotechnik.	S 84
	5.3.1 Einführung. - 5.3.2 Laserstrahlverfahren. - 5.3.3 Elektronenstrahlverfahren. - 5.3.4 Ultraschallverfahren. - 5.3.5 Funkenerosion und elektrochemisches Abtragen. - 5.3.6 Herstellen planarer Strukturen. — 5.3.7 Verfahren der Mikrotechnik.	
5.4	Beschichten.	S93
5.5	Rapid Prototyping	S 94
	5.5.1 Stereolithografie (SL). - 5.5.2 Selektives Lasersintern (SLS). - 5.5.3 Fused Deposition Modelling (FDM). - 5.5.4 Laminated Object Manufacturing (LOM). - 5.5.5 3D-Printing (3DP).	
6	Montage und Demontage	S 97
6.1	Begriffe.	S 97
6.2	Aufgaben der Montage und Demontage.	S 99
	6.2.1 Montage. - 6.2.2 Demontage.	
6.3	Durchführung der Montage und Demontage.	S 99
	6.3.1 Montageprozess. - 6.3.2 Demontageprozess. - 6.3.3 Montageplanung. - 6.3.4 Organisationsformen der Montage. - 6.3.5 Montagesysteme. - 6.3.6 Automatisierte Montage.	
7	Fertigungs- und Fabrikbetrieb	S 103
7.1	Management der Produktion.	S 103
7.2	Qualitätsmanagement	S 104
	7.2.1 Aufgaben. - 7.2.2 Qualitätsmanagementsysteme(QM-Systeme). - 7.2.3 Excellence-Modelle. - 7.2.4 Werkzeuge. - 7.2.5 Methoden. - 7.2.6 Prüfverfahren. - 7.2.7 CAQ-Systeme. - 7.2.8 Literatur.	
7.3	Organisation der Produktion.	S 112
	7.3.1 Formen der Organisation. - 7.3.2 Bereiche der Produktion.	
7.4	Arbeitsvorbereitung.	S 113
	7.4.1 Arbeitsplanung. - 7.4.2 Arbeitssteuerung.	
7.5	Fertigungssysteme.	S 116
	7.5.1 Das System „Fertigung“. - 7.5.2 Einteilung von Fertigungssystemen. — 7.5.3 Automatisierung von Handhabungsfunktionen. — 7.5.4 Transferstraßen und automatische Fertigungslinien. - 7.5.5 Flexible Fertigungssysteme. - 7.5.6 Wandlungsfähige Fertigungssysteme.	

7.6	Betriebliche Kostenrechnung	S 120
	7.6.1 Grundlagen der betrieblichen Kostenrechnung. - 7.6.2 Kostenartenrechnung. - 7.6.3 Kostenstellenrechnung und Betriebsabrechnungsbögen.— 7.6.4 Maschinenstundensatzrechnung. — 7.6.5 Kalkulation. - 7.6.6 Prozesskostenrechnung/-kalkulation. - 7.6.7 Lebenslaufkostenrechnung.	
7.7	Arbeitswissenschaftliche Grundlagen	S 122
8	Anhang S: Diagramme und Tabellen	S 125

T Fertigungsmittel

1	Elemente der Werkzeugmaschinen	T 1
1.1	Grundlagen	T 1
	1.1.1 Funktionsgliederang. - 1.1.2 Mechanisches Verhalten.	
1.2	Antriebe	T 4
	1.2.1 Motoren.- 1.2.2 Getriebe. - 1.2.3 Mechanische Vorschub-Übertragungselemente.	
1.3	Gestelle	T 21
	1.3.1 Anforderungen, Bauformen. - 1.3.2 Werkstoffe für Gestellbauteile. - 1.3.3 Gestaltung der Gestellbauteile. - 1.3.4 Berechnung und Optimierung.	
1.4	Führungen	T 26
	1.4.1 Linearführungen. - 1.4.2 Drehführungen.	
2	Steuerungen	T 35
2.1	Steuerungstechnische Grundlagen	T 35
	2.1.1 Zum Begriff Steuerung. -2.1.2 Informationsdarstellung. -2.1.3 Programmsteuerung und Funktionssteuerung. -2.1.4 Signaleingabe und -ausgabe. — 2.1.5 Signalbildung. - 2.1.6 Signalverarbeitung. — 2.1.7 Steuerungsprogramme. — 2.1.8 Aufbauorganisation von Steuerungen. - 2.1.9 Aufbau von Steuerungssystemen. -2.1.10 Dezentralisierung durch den Einsatz industrieller Kommunikationssysteme.- 2.1.11 Feldbusse. — 2.1.12 Offene Steuerungssysteme.	
2.2	Steuerungsmittel	T 42
	2.2.1 Mechanische Speicher und Steuerungen. - 2.2.2 Fluidische Steuerungen. - 2.2.3 Elektrische Steuerungen.	
2.3	Speicherprogrammierbare Steuerungen	T 43
	2.3.1 Aufbau. — 2.3.2 Arbeitsweise. - 2.3.3 Programmierung.	
2.4	Numerische Steuerungen	T 45
	2.4.1 Zum Begriff. - 2.4.2 Bewegungssteuerungen.— 2.4.3 NC-Programmierung. - 2.4.4 Datenschnittsteilen. - 2.4.5 Steuerdatenverarbeitung. - 2.4.6 Numerische Grundfunktionen. - 2.4.7 Lageeinstellung.	
3	Maschinen zum Scheren und Schneiden	T 52
3.1	Maschinen zum Scheren	T 52
3.2	Maschinen zum Schneiden	T 53
3.3	Blechbearbeitungszentren	T 54
4	Werkzeugmaschinen zum Umformen	T 54
4.1	Kenngrößen von Pressmaschinen	T 54
4.2	Weggebundene Pressmaschinen	T 56
	4.2.1 Bauarten. — 4.2.2 Baugruppen. - 4.2.3 Kinetik und Kinematik. - 4.2.4 Anwendung, Ausführungsbeispiele.	
4.3	Kraftgebundene Pressmaschinen	T 60
	4.3.1 Bauarten. - 4.3.2 Baugruppen. - 4.3.3 Anwendung, Ausführungsbeispiele.	
4.4	Arbeitgebundene Pressmaschinen	T 61
	4.4.1 Hämmer. - 4.4.2 Spindelpressen.	
4.5	Arbeitsicherheit	T 65
5	Spanende Werkzeugmaschinen	T 66
5.1	Drehmaschinen	T 66
	5.1.1 Allgemeines.- 5.1.2 Universaldrehmaschinen.—5.1.3 Frontdrehmaschinen.- 5.1.4Drehautomaten. - 5.1.5 Großdrehmaschinen.- 5.1.6 Sonderdrehmaschinen.- 5.1.7 Flexible Drehbearbeitungszentren.	

5.2	Bohrmaschinen	T75
	5.2.1 Allgemeines. - 5.2.2 Tischbohrmaschinen.- 5.2.3 Säulenbohrmaschinen. -	
	5.2.4 Ständerbohrmaschinen. - 5.2.5 Mehrspindelbohrmaschinen.- 5.2.6 Schwenkbohrmaschinen. -	
	5.2.7 Koordinatenbohrmaschinen.- 5.2.8 Revolverbohrmaschinen. - 5.2.9 Feinbohrmaschinen. —	
	5.2.10 Tiefbohrmaschinen. - 5.2.11 Sonderbohrmaschinen.	
5.3	Fräsmaschinen	T77
	5.3.1 Allgemeines. - 5.3.2 Konsolfräsmaschinen.-5.3.3 Bettfräsmaschinen. -	
	5.3.4 Nachformfräsmaschinen. - 5.3.5 Rundfräsmaschinen. - 5.3.6 Universal-Werkzeugfräsmaschinen. -	
	5.3.7 Waagrecht-Bohr- und -Fräsmaschinen. - 5.3.8 Hochgeschwindigkeitsfräsmaschinen.-	
	5.3.9 Fräsmaschinen mit Parallelkinematiken. - 5.3.10 Sonderfräsmaschinen.	
5.4	Bearbeitungszentren	T81
5.5	Hobel- und Stoßmaschinen	T 83
	5.5.1 Hobelmaschinen. - 5.5.2 Stoßmaschinen.	
5.6	Räummaschinen	T 84
5.7	Säge- und Feilmaschinen	T 85
	5.7.1 Allgemeines. — 5.7.2 Kaltkreissägemaschinen. — 5.7.3 Bandsäge- und Bandfeilmaschinen. —	
	5.7.4 Hubsäge- und Hubfeilmaschinen.	
5.8	Schleifmaschinen	T 85
	5.8.1 Allgemeines. - 5.8.2 Planschleifmaschinen. - 5.8.3 Rundschleifmaschinen. -	
	5.8.4 Schraubflächenschleifmaschinen. - 5.8.5 Verzahnungsschleifmaschinen. -	
	5.8.6 Profilschleifmaschinen. - 5.8.7 Bandschleifmaschinen. - 5.8.8 Entwicklungstendenzen.	
5.9	Honmaschinen	T 89
	5.9.1 Langhubhonmaschinen.- 5.9.2 Kurzhubhonmaschinen.	
5.10	Läppmaschinen	T91
	5.10.1 Allgemeines. - 5.10.2Einscheiben-Läppmaschinen.-5.10.3 Zweisheiben-Läppmaschinen.—	
	5.10.4 Kugelläppmaschinen.	
5.11	Mehrmaschinensysteme	T92
6	Schweiß- und Lötmaschinen	T94
6.1	Lichtbogenschweißmaschinen	T 94
	6.1.1 Bauausführungen.	
6.2	Widerstandsschweißmaschinen	T96
6.3	Laserstrahl-Schweiß- und Löteinrichtungen	T96
6.4	Löteinrichtungen	T 96
	6.4.1 Mechanisiertes Hartlöten. - 6.4.2 Ofenlöten mit Weich- und Hartloten. - 6.4.3 Weichlöteinrichtungen in der Elektronik.	
7	Industrieroboter	T97
7.1	Einteilung von Handhabungseinrichtungen	T97
7.2	Komponenten des Roboters	T98
7.3	Kinematisches und dynamisches Modell	T 98
	7.3.1 Kinematisches Modell. - 7.3.2 Dynamisches Modell.	
7.4	Genauigkeit, Kenngrößen, Kalibrierung	T 99
7.5	Steuerungssystem eines Industrieroboters	T 99
7.6	Programmierung	T100
	7.6.1 Programmierverfahren. — 7.6.2 Offline-Programmiersysteme.	
7.7	Anwendungsgebiete und Auswahl von Industrierobotern	T 102
U	Fördertechnik	
1	Grundlagen	U1
1.1	Begriffsbestimmungen und Übersicht	U1
	1.1.1 Einordnung der Fördertechnik. - 1.1.2 Fördergüter und Fördermaschinen. - 1.1.3 Kenngrößen des Fördervorgangs.	
1.2	Antriebe der Fördermaschinen	U2
	1.2.1 Hubwerke. - 1.2.2 Fahrwerke. - 1.2.3 Drehwerke. - 1.2.4 Einzieh- und Wippwerke. -	
	1.2.5 Kraftschlüssige Antriebe. - 1.2.6 Formschlüssige Antriebe. - 1.2.7 Antriebsmotoren und Steuerungen.	

1.3	Tragwerke	U10
1.3.1	Tragwerksgestaltung. - 1.3.2 Grundlagen der Tragwerksberechnung. - 1.3.3 Lasten und Lastkombinationen.- 1.3.4 Zu führende Einzelnachweise.	
1.4	Charakteristische Maschinenelemente der Fördertechnik	U 14
1.4.1	Ketten und Kettentriebe. - 1.4.2 Seile und Seiltriebe. - 1.4.3 Faserseile. - 1.4.4 Mechanische Elemente der Antriebe. — 1.4.5 Laufrad und Schiene (Schienefahrwerke).	
2	Hebezeuge und Krane	U 32
2.1	Tragmittel und Lastaufnahmemittel	U 32
2.1.1	Lasthaken. - 2.1.2 Lastaufnahmemittel für Stückgüter. - 2.1.3 Lastaufnahmemittel für Schüttgüter.	
2.2	Hubwerksausführungen.	U34
2.2.1	Serienhebezeuge. - 2.2.2 Einzelhebezeuge.	
2.3	Kranarten	U36
2.3.1	Brücken- und Portalkrane. - 2.3.2 Drehkrane. - 2.3.3 Fahrzeugkrane. - 2.3.4 Weitere Kranarten.	
3	Flurförderzeuge	U44
3.1	Baugruppen.	U44
3.1.1	Fahrwerk. - 3.1.2 Fahrtrieb. - 3.1.3 Hubgerüst. - 3.1.4 Lastaufnahmeverrichtung. - 3.1.5 Hubantrieb, Antrieb der Nebenfunktionen.	
3.2	Handbetriebene Flurförderzeuge.	U46
3.2.1	Karren, Handwagen und Rollwagen. - 3.2.2 Handgabelhubwagen.	
3.3	Motorisch betriebene Flurförderzeuge.	U46
3.3.1	Niederhubwagen. - 3.3.2 Gabelhochhubwagen. - 3.3.3 Spreizenstapler. - 3.3.4 Gegengewichtstapler. - 3.3.5 Schubstapler. - 3.3.6 Mehrwegestapler. - 3.3.7 Querstapler. - 3.3.8 Schmalgangstapler. - 3.3.9 Kommissionier-Flurförderzeuge.— 3.3.10 Wagen. - 3.3.11 Schlepper. - 3.3.12 Portalstapler, Portalhubwagen. - 3.3.13 Fahrerlose Transportsysteme (FTS).	
4	Weitere Unstetigförderer	U51
4.1	Elektrohängebahn.	U51
5	Aufzüge und Schachtförderanlagen	U51
5.1	Übersicht	U51
5.2	AufUgE	U52
5.2.1	Hydraulikalifzüge. - 5.2.2 Seilauflzüge. - 5.2.3 Bemessung, Förderström, Steuerung. - 5.2.4 Steuerungen, - 5.2.5 Spezifische Sicherheitseinrichtungen.	
5.3	Schachtförderanlagen.	U55
6	Stetigförderer	U55
6.1	Berechnungsgrundlagen	U 55
6.2	Stetigförderer mit Zugmittel.	U 56
6.2.1	Grundlagen der Berechnung. - 6.2.2 Gurtförderer. - 6.2.3 Becherwerke (Becherförderer). - 6.2.4 Kreisförderer. - 6.2.5 Gliederbandförderer. - 6.2.6 Kratzerförderer. - 6.2.7 Trogkettenförderer.	
6.3	Stetigförderer ohne Zugmittel.	U 74
6.3.1	Förderer mit Schnecken. - 6.3.2 Schwingförderer. - 6.3.3 Rollen- und Kugelbahnen.	
6.4	Sorter.	U77
6.4.1	Sortiersystem - Sortieranlage - Sorter. - 6.4.2 Systematik der Verteilförderer. - 6.4.3 Quergurtsorter. - 6.4.4 Kippchalensorter. - 6.4.5 Schiebeschusorter.	
6.5	Weitere Stetigförderer.	U79
6.5.1	Plattenbandförderer. - 6.5.2 Schubplattformförderer. - 6.5.3 Schuppenförderer. - 6.5.4 Umlauf-S-Förderer. - 6.5.5 Rutschen und Fallrohre.	
6.6	Strömungsförderer.	U81
6.6.1	Pneumatische Förderer. - 6.6.2 Hydraulische Förderer. — 6.6.3 Berechnungsgrundlagen.	
7	Lager- und Systemtechnik	U 83
7.1	Stückgut-Systemtechnik	U83
7.1.1	Transporteinheiten (TE) und Transporthilfsmittel (THM). - 7.1.2 Funktion und Subsysteme. - 7.1.3 Theoretische Behandlung von Materialnussystemen. - 7.1.4 Lagereinrichtung und Lagerbedienug. - 7.1.5 Belegungs- und Bedienstrategien. - 7.1.6 Lagerkennzahlen. - 7.1.7 Kommissionierung. — 7.1.8 Steuerung automatischer Lagersysteme. - 7.1.9 Betrieb von Lagersystemen.	
7.2	Schüttgut-Systemtechnik	U97
7.2.1	Übersicht. - 7.2.2 Schüttgutlager.	

8	Automatisierung in der Materialflusstechnik	U98
8.1	Materialflussteuerungen.	U 98
8.2	Sensorik.	U 98
8.3	Aktuatoren.	U 98
8.4	Identifikationssysteme.	U 99
	8.4.1 Identifikation durch Personen und Geräte. - 8.4.2 Optische Datenerfassung und -Übertragung. - 8.4.3 Elektronische Datenerfassung und -Übertragung durch RFID. - 8.4.4 Magnetische Datenübertragung. - 8.4.5 Mechanische Datenübertragung. - 8.4.6 Weiterverarbeitung der gewonnenen Daten.	
9	Baumaschinen	U105
9.1	Einteilung und Begriffe.	U 105
9.2	Hochbaumaschinen.	U105
	9.2.1 Turmdrehkrane. - 9.2.2 Betonmischanlagen. — 9.2.3 Transportbetonmischer. — 9.2.4 Betonpumpen. - 9.2.5 Verteilermasten.	
9.3	Erdbaumaschinen.	U108
	9.3.1 Bagger. - 9.3.2 Schaufellader. - 9.3.3 Planiermaschinen. - 9.3.4 Transportfahrzeuge.	
V Elektrotechnik		
1	Grundlagen	VI
1.1	Grundgesetze.	VI
	1.1.1 Feldgrößen und -gleichungen. - 1.1.2 Elektrostatisches Feld. - 1.1.3 Stationäres Strömungsfeld. - 1.1.4 Stationäres magnetisches Feld. - 1.1.5 Quasistationäres elektromagnetisches Feld.	
1.2	Elektrische Stromkreise.	V3
	1.2.1 Gleichstromkreise. - 1.2.2 Kirchhoff "sehe Sätze. - 1.2.3 Kapazitäten. - 1.2.4 Induktionsgesetz. - 1.2.5 Induktivitäten. - 1.2.6 Magnetische Materialien. - 1.2.7 Kraftwirkungen im elektromagnetischen Feld.	
1.3	Wechselstromtechnik.	V7
	1.3.1 Wechselstromgrößen. - 1.3.2 Leistung. - 1.3.3 Drehstrom. - 1.3.4 Schwingkreise und Filter.	
1.4	Netzwerke.	V 12
	1.4.1 Ausgleichsvorgänge. - 1.4.2 Netzwerkberechnung.	
1.5	Werkstoffe und Bauelemente.	V 14
	1.5.1 Leiter, Halbleiter, Isolatoren. - 1.5.2 Besondere Eigenschaften bei Leitern. - 1.5.3 Stoffe im elektrischen Feld. - 1.5.4 Stoffe im Magnetfeld. - 1.5.5 Elektrolyte.	
2	Transformatoren und Wandler	V 16
2.1	Einphasentransformatoren.	V16
	2.1.1 Wirkungsweise und Ersatzschaltbilder. - 2.1.2 Spannungsinduktion. - 2.1.3 Leerlaufund Kurzschluss. — 2.1.4 Zeigerdiagramm.	
2.2	Messwandler.	V 18
	2.2.1 Stromwandler. - 2.2.2 Spannungswandler.	
2.3	Drehstromtransformatoren.	V 18
3	Elektrische Maschinen	V 20
3.1	Allgemeines.	V 20
	3.1.1 Maschinenarten. - 3.1.2 Bauformen und Achshöhen. - 3.1.3 Schutzarten. - 3.1.4 Elektromagnetische Ausnutzung. - 3.1.5 Verluste und Wirkungsgrad. - 3.1.6 Erwärmung und Kühlung. - 3.1.7 Betriebsarten. - 3.1.8 Schwingungen und Geräusche. — 3.1.9 Drehfelder in Drehstrommaschinen.	
3.2	Asynchronmaschinen.	V 25
	3.2.1 Ausführungen. - 3.2.2 Ersatzschaltbild und Kreisdiagramm. - 3.2.3 Betriebskennlinien. - 3.2.4 Einfluss der Stromverdrängung. - 3.2.5 Einphasenmotoren.	
3.3	Synchronmaschinen.	V 27
	3.3.1 Ausführungen. — 3.3.2 Betriebsverhalten. — 3.3.3 Kurzschlussverhalten.	
3.4	Gleichstrommaschinen.	V 30
	3.4.1 Ausführungen. - 3.4.2 Stationäres Betriebsverhalten. - 3.4.3 Instationäres Betriebsverhalten.	
3.5	Kleinmotoren.	V31
	3.5.1 Allgemeines. — 3.5.2 Asynchron-Kleinmotoren. — 3.5.3 Synchron-Kleinmotoren für Netzbetrieb. — 3.5.4 Schrittmotoren. - 3.5.5 Elektronisch kommutierte Motoren. - 3.5.6 Gleichstrom-Kleinmotoren. - 3.5.7 Universalmotoren.	

3.6	Linearmotoren.	V 34
	3.6.1 Gleichstromlinearmotoren.- 3.6.2 Asynchronlinearmotoren.- 3.6.3 Synchronlinearmotoren.	
3.7	Torquemotoren.	V 36
4	Leistungselektronik	V 36
4.1	Grundlagen und Bauelemente.	V 36
	4.1.1 Allgemeines.- 4.1.2 Ausführungen von Halbleiterventilen.- 4.1.3 Leistungsmerkmale der Ventile. - 4.1.4 Einteilung der Stromrichter.	
4.2	Wechselstrom- und Drehstromsteller.	V 39
4.3	Netzgeführte Stromrichter.	V 39
	4.3.1 Netzgeführte Gleich- und Wechselrichter.- 4.3.2 Steuerkennlinien.- 4.3.3 Umkehrstromrichter. - 4.3.4 Netzurückwirkungen.- 4.3.5 Direktumrichter.	
4.4	Selbstgeführte Stromrichter.	V 42
	4.4.1 Gleichstromsteller.- 4.4.2 Selbstgeführte Wechselrichter und Umrichter. - 4.4.3 Blindleistungskompensation.	
5	Elektrische Antriebstechnik	V45
5.1	Allgemeines.	V 45
	5.1.1 Aufgaben.- 5.1.2 Stationärer Betrieb.- 5.1.3 Anfahren.- 5.1.4 Drehzahlverstellung. - 5.1.5 Drehschwingungen.- 5.1.6 Elektrische Bremsung.- 5.1.7 Elektromagnetische Verträglichkeit.	
5.2	Gleichstromantriebe.	V 48
	5.2.1 Gleichstromantriebe mit netzgeführten Stromrichtern. - 5.2.2 Regelung in der Antriebstechnik.- 5.2.3 Drehzahlregelung.	
5.3	Drehstromantriebe.	V 52
	5.3.1 Antriebe mit Drehstromsteller. - 5.3.2 Stromrichteraskaden. - 5.3.3 Stromrichtermotor. - 5.3.4 Umrichterantriebe mit selbstgeführtem Wechselrichter. - 5.3.5 Regelung von Drehstromantrieben.	
6	Energieverteilung	V 57
6.1	Allgemeines.	V 57
6.2	Kabel und Leitungen.	V 58
	6.2.1 Leitungsnachbildung.- 6.2.2 Kenngrößen der Leitungen.	
6.3	Schaltgeräte.	V 59
	6.3.1 Schaltanlagen.- 6.3.2 Hochspannungsschaltgeräte.- 6.3.3 Niederspannungsschaltgeräte.	
6.4	Schutzeinrichtungen.	V 60'
	6.4.1 Kurzschlusschutz.- 6.4.2 Schutzschalter.- 6.4.3 Thermischer Überstromschutz. - 6.4.4 Kurzschlussströme. — 6.4.5 Selektiver Netzschutz. — 6.4.6 Berührungsschutz.	
6.5	Energiespeicherung.	V 62
	6.5.1 Energiespeicherung.- 6.5.2 Batterien.- 6.5.3 Andere Energiespeicher.	
6.6	Elektrische Energie aus erneuerbaren Quellen.	V 64
	6.6.1 Elektrische Energie aus erneuerbaren Quellen. - 6.6.2 Windenergie.	
7	Elektrowärme	V 66
7.1	Widerstandserwärmung.	V 66
7.2	Lichtbogenerwärmung.	V 67
	7.2.1 Lichtbogenofen. - 7.2.2 Lichtbogenschweißen.	
7.3	Induktive Erwärmung.	V 68
	7.3.1 Stromverdrängung, Eindringtiefe. - 7.3.2 Aufwölbung und Bewegungen im Schmelzgut. - 7.3.3 Oberflächenerwärmung.- 7.3.4 Stromversorgung.	
7.4	Dielektrische Erwärmung.	V 69
8	Anhang V: Diagramme und Tabellen	V71
	Literatur.	V 73
W	Messtechnik und Sensorik	
1	Grundlagen	W1
1.1	Aufgabe der Messtechnik.	W1

1.2	Strukturen der Messtechnik . . . . .	.W1
	1.2.1 Messkette. - 1.2.2 Kenngrößen von Messgliedern. — 1.2.3 Messabweichung von Messgliedern. -	
	1.2.4 Dynamische Übertragungseigenschaften von Messgliedern.	
1.3	Planung von Messungen . . . . .	.W4
1.4	Auswertung von Messungen . . . . .	.W4
	1.4.1 Typ A - Methode zur Ermittlung der Standardmessunsicherheit durch statistische Analyse von	
	Messreihen. - 1.4.2 Typ B - Methode zur Ermittlung der Standardmessunsicherheit.	
1.5	Ergebnisdarstellung und Dokumentation. . . . .	.W 5
2	Messgrößen und Messverfahren . . . . .	.W 6
2.1	Einheitensystem und Gliederung der Messgrößen der Technik . . . . .	.W 6
	2.1.1 Internationales Einheitensystem. -2.1.2 Gliederung der Messgrößen.	
2.2	Sensoren und Aktoren. . . . .	.W6
	2.2.1 Messgrößenumformung. - 2.2.2 Zerstörungsfreie Bauteil- und Maschinendiagnostik.	
2.3	Geometrische Messgrößen . . . . .	.W7
	2.3.1 Längenmesstechnik. - 2.3.2 Gewinde- und Zahnradmesstechnik. - 2.3.3 Oberflächenmesstechnik. -	
	2.3.4 Mustererkennung und Bildverarbeitung.	
2.4	Kinematische und schwingungstechnische Messgrößen. . . . .	.W 12
	2.4.1 Wegmesstechnik. - 2.4.2 Geschwindigkeits- und Drehzahlmessstechnik. -	
	2.4.3 Beschleunigungsmesstechnik.	
2.5	Mechanische Beanspruchungen. . . . .	.W14
	2.5.1 Kraftmesstechnik. — 2.5.2 Dehnungsmesstechnik. - 2.5.3 Experimentelle Spannungsanalyse. -	
	2.5.4 Druckmesstechnik.	
2.6	Strömungstechnische Messgrößen . . . . .	.W18
	2.6.1 Flüssigkeitsstand. — 2.6.2 Volumen, Durchfluss, Strömungsgeschwindigkeit. — 2.6.3 Viskosimetrie.	
2.7	Thermische Messgrößen . . . . .	.W20
	2.7.1 Temperaturmesstechnik. - 2.7.2 Kalorimetrie.	
2.8	Optische Messgrößen. . . . .	.W 22
	2.8.1 Licht- und Farbmessstechnik. - 2.8.2 Refraktometrie. - 2.8.3 Polarimetrie.	
2.9	Umweltmessgrößen . . . . .	.W23
	2.9.1 Strahlungsmesstechnik. - 2.9.2 Akustische Messtechnik. - 2.9.3 Klimamesstechnik.	
2.10	Stoffmessgrößen. . . . .	.W25
	2.10.1 Anorganisch-chemische Analytik. - 2.10.2 Organisch-chemische Analytik. —	
	2.10.3 Oberflächenanalytik.	
3	Messsignalverarbeitung . . . . .	.W27
3.1"	Signalarten . . . . .	.W27
3.2	Analoge elektrische Messtechnik . . . . .	.W27
	3.2.1 Strom-, Spannungs- und Widerstandsmesstechnik. — 3.2.2 Kompensatoren und Messbrücken. -	
	3.2.3 Messverstärker. - 3.2.4 Funktionsbausteine.	
3.3	Digitale elektrische Messtechnik . . . . .	.W31
	3.3.1 Digitale Messsignalverarbeitung. - 3.3.2 Analog-Digital-Umsetzer.	
3.4	Rechnerunterstützte Messsignalverarbeitung. . . . .	.W32
4	Messwertausgabe . . . . .	.W34
4.1	Messwertanzeige . . . . .	.W34
	4.1.1 Messwerke. - 4.1.2 Digitalvoltmeter, Digitalmultimeter. - 4.1.3 Oszilloskope.	
4.2	Messwertregistrierung . . . . .	.W 36
	4.2.1 Schreiber. - 4.2.2 Drucker. - 4.2.3 Messwertspeicherung.	
5	Anhang W: Diagramme und Tabellen . . . . .	.W37
	Literatur. . . . .	.W39
X	Regelungstechnik	
1	Grundbegriffe . . . . .	.XI
2	Lineare Übertragungsglieder.	X 3
2.1	Statisches Verhalten . . . . .	.X3
	2.1.1 Lineare Kennlinie. -2.1.2 Nichtlinearitäten.	

2.2	Dynamisches Verhalten linearer zeitinvarianter Übertragungsglieder.	X 3
2.2.1	Sprungantwort und Übergangsfunktion. - 2.2.2 Frequenzgang und Ortskurve. -	
2.2.3	Differentialgleichung und Übertragungsfunktion.	
2.3	Lineare Grundglieder.	X5
2.3.1	/s-Glied. - 2.3.2 /-Glied. - 2.3.3 D-Glied. - 2.3.4 T-Glied. - 2.3.5 T _i -Glied. - 2.3.6 T _{2/s} -Glied.	
2.4	Grundstrukturen des Wirkungsplans.	X 6
2.4.1	Reihenstruktur. - 2.4.2 Parallelstruktur. - 2.4.3 Kreisstruktur.	
3	Regelstrecken	X 7
3.1	Struktur und Größen des Regelkreises.	X7
3.1.1	Funktionsblöcke des Regelkreises. - 3.1.2 Größen des Regelkreises. - 3.1.3 Stell- und Störverhalten der Strecke.	
3.2	Regelstrecken mit Ausgleich (P-Strecken).	X 9
3.2.1	/s-Strecke 0. Ordnung (>=0). - 3.2.2 /s-Strecke 1. Ordnung (>=1). - 3.2.3 /s-Strecke 2. und höherer Ordnung (P-T _n). - 3.2.4 /s-Strecke mit Totzeit P-T _n . - 3.2.5 Strecke mit Ausgleich i-ter Ordnung und Totzeit P-7VT _n .	
3.3	Regelstrecken ohne Ausgleich (/Strecken).	X 10
3.3.1	/-Strecke 0. Ordnung (U-To). - 3.3.2 /-Strecke 1. Ordnung (I-T _i). - 3.3.3/-Strecke i-ter Ordnung und Totzeit (I-T _i -T _n).	
4	Regler	X11
4.1	Arten linearer Regler.	X11
4.1.1	/s-Anteil, /s-Regler. - 4.1.2 /-Anteil, /-Regler. - 4.1.3 «-Regler. - 4.1.4 /sD-Regler. - 4.1.5 «D-Regler.	
4.2	Technische Ausführung der Regler.	X 12
4.2.1	Verstärker mit Rückführung. - 4.2.2 Rechnergestützter Regler. - 4.2.3 Entwicklungstendenzen.	
5	Linearer Regelkreis	X 14
5.1	Führungs- und Störungsverhalten des Regelkreises.	X 14
5.1.1	Führungsverhalten des Regelkreises. - 5.1.2 Störungsverhalten des Regelkreises.	
5.2	Stabilität des Regelkreises.	X 15
5.3	Optimierung von Regelkreisen.	X 16
5.3.1	Güte der Regelung. - 5.3.2 Einstellregeln für Regelkreise.	
6	Spezielle Formen der Regelung	X 17
6.1	Mehrschleifige Regelung.	X 17
6.1.1	Regelung mit Störgrößenaufschaltung. - 6.1.2 Kaskadenregelung.	
6.2	Zweipunkt-Regelung.	X 18
6.3	Adaptive Regelung.	X 19
Literatur.	. . . . .	X19

Y Elektronische Datenverarbeitung

1	Einführung. . . . .	.Y 1
2	Informationstechnologie. . . . .	.Y1
2.1	Grundlagen und Begriffe. . . . .	.Y1
2.1.1	Zahlendarstellungen und arithmetische Operationen. - 2.1.2 Datenstrukturen und Datentypen. -	
2.1.3	Algorithmen. - 2.1.4 Numerische Berechnungsverfahren. - 2.1.5 Programmiermethoden. -	
2.1.6	Programmiersprachen. - 2.1.7 Objektorientierte Programmierung. - 2.1.8 Softwareentwicklung.	
2.2	Digitalrechner-technologie. . . . .	.Y 8
2.2.1	Hardwarekomponenten. - 2.2.2 Hardwarearchitekturen. - 2.2.3 Rechnernetze. -	
2.2.4	Client-/Serverarchitekturen. - 2.2.5 Betriebssysteme.	
2.3	Internet. . . . .	.Y 12
2.4	Integrierte-technologie. . . . .	.Y 12
2.5	Sicherheit. . . . .	.Y 13
2.5.1	Safety. - 2.5.2 Security.	
3	Virtuelle Produktentstehung. . . . .	.Y 15
3.1	Produktentstehungsprozess. . . . .	.Y 15

3.2 Basismethoden Y 15
 3.2.1 Geometrische Modellierung. - 3.2.2 Featuretechnologie. - 3.2.3 Parametrik und
 Zwangsbedingungen. - 3.2.4 Wissensbasierte Modellierung. - 3.2.5 Strukturmodellierung. -
 3.2.6 Durchgängige Erstellung von Dokumenten.

3.3 Systeme der rechnerunterstützten Produktentstehung Y 22
 3.3.1 CAA-Systeme. - 3.3.2 CAD-Systeme. - 3.3.3 CAE-Systeme. - 3.3.4 CAI-Systeme. -
 3.3.5 CAM-Systeme. - 3.3.6 CAP-Systeme. - 3.3.7 CAPP-Systeme. - 3.3.8 CAR-Systeme. -
 3.3.9 CAS-Systeme. - 3.3.10 CAT-Systeme. - 3.3.11 DMU-Systeme. - 3.3.12 VR-/AR-Systeme. -
 3.3.13 RPT-Systeme. - 3.3.14 TDM-/PDM-Systeme. - 3.3.15 ERP-Systeme. - 3.3.16 PPS-Systeme.

3.4 Produktdatenmanagement Y 24

3.5 Kooperative Produktentwicklung Y28

3.6 Schnittstellen Y 28

4 Anhang Y: Diagramme und Tabellen. Y30

Literatur. Y33

Z Allgemeine Tabellen

Fachausdrücke. 1

Autorenporträts. 51

Sachverzeichnis. 69

Inserentenverzeichnis. 121