

Inhaltsverzeichnis

A Mathematik

1 Grundlagen	1
1.1 Mengen	1
1.2 Aussageformen und logische Zeichen	1
1.3 Indizes, Summenzeichen, Produktzeichen	2
1.4 Einteilung der Zahlen	2
1.5 Komplexe Zahlen	3
1.6 Matrizen und Determinanten	8
2 Funktionen	13
2.1 Definition und Darstellungen von Funktionen	13
2.2 Verhalten von Funktionen	14
2.3 Einteilung der elementaren Funktionen	16
2.4 Ganze rationale Funktionen	18
2.5 Gebrochene rationale Funktionen	21
2.6 Irrationale Funktionen	24
2.7 Transzendente Funktionen	25
3 Trigonometrie	27
3.1 Definition der trigonometrischen Funktionen	27
3.2 Trigonometrische Funktionen für beliebige Winkel	27
3.3 Beziehungen für den gleichen Winkel	28
3.4 Graphen der trigonometrischen Funktionen	29
3.5 Sinussatz und Kosinussatz	30
3.6 Arkusfunktionen	30
4 Analytische Geometrie	32
4.1 Koordinatensysteme	32
4.2 Geraden	34
4.3 Kreise	36
4.4 Kugeln	37
4.5 Kegelschnitte	38
4.6 Vektoren	43
5 Differenzial- und Integralrechnung	47
5.1 Folgen	47
5.2 Reihen	50
5.3 Grenzwerte von Funktionen	52
5.4 Ableitung einer Funktion	55
5.5 Integralrechnung	62

B Naturwissenschaftliche Grundlagen

B1 Physik

1	Physikalische Größen und und Größenarten	1
2	Basisgrößen und abgeleitete Größen	2
3	Größengleichungen	2
4	Dimension einer Größe	3
5	Einheiten	4
6	Basiseinheiten, abgeleitete Einheiten, kohärente Einheiten, Hilfs- oder Sondereinheiten	4
7	Das Meter ist die Basiseinheit der Basisgröße Länge	5
8	Das Kilogramm ist die Basiseinheit der Basisgröße Masse	6
9	Die Sekunde ist die Basiseinheit der Basisgröße Zeit	6
10	Krafteinheit Newton	6
11	Arbeits- und Energieeinheit Joule	7
12	Skalare und Vektoren	7
13	Geschwindigkeit	8
14	Beschleunigung	9
15	Masse	10
16	Dichte	11
17	Gewichtskraft	11
18	Gravitation oder Massenanziehung	12
19	Trägheit und Trägheitsgesetz	13
20	Dynamisches Grundgesetz	13
21	Wechselwirkungsgesetz	14
22	Kraft	15
23	Trägheitskraft	16
24	Statisches Gleichgewicht	17
25	Dynamisches Gleichgewicht	19

B2 Chemie

1	Stoffe	26
2	Aufbau der Materie	26
2.1	Atomaufbau und atomare Konstanten	26
2.2	Elementsymbole und Atommassen	26
2.3	Radioaktivität und Kernchemie	27
3	Periodensystem der Elemente (PSE)	27
3.1	Atommodelle und Quantenzahlen	27
3.2	Aufbau des Periodensystems	28
3.3	Elektronenkonfiguration	29
3.4	Periodische Eigenschaften der Elemente	30
4	Chemische Bindung	32
4.1	Ionenbindung (Salze)	33
4.2	Atombindung (Moleküle)	34

4.3	Metallbindung (Metalle und Legierungen)	36
4.4	Koordinationsverbindungen („Komplexe“)	36
4.5	Zwischenmolekulare Kräfte	38
5	Chemische Reaktionen	38
5.1	Stöchiometrie	38
5.2	Thermochemie	39
5.3	Chemisches Gleichgewicht	39
5.4	Katalyse	40
5.5	Chemische Reaktionen	40
6	Säuren und Basen	41
6.1	Definitionen und Eigenschaften	41
6.2	Benennung von Säuren und Salzen	41
6.3	Beispiele für Säuren und Basen	41
6.4	Luftschadstoffe und saurer Regen	42
6.5	Bauchemie und Wasserhärte	42
6.6	Verbrennungsvorgänge	42
6.7	Anorganische Basen	42
6.8	Stärke von Säuren und Basen	42
6.9	Neutralisation und Hydrolyse	43
6.10	Konzentrationsmaße	44
7	Fällungen und Wasserhärte	44
7.1	Löslichkeitsprodukt	44
7.2	Wasserhärte	45
7.3	Wasserreinigung	45
7.4	Kennwerte der Wasserqualität	45
7.5	Trinkwasseraufbereitung	45
8	Elektrochemie	46
8.1	Oxidation und Reduktion	46
8.2	Elektrochemische Zellen	46
8.3	Normalpotential	46
8.4	Galvanische Elemente und Korrosion	47
8.5	Batterien und Akkumulatoren	48
8.6	Brennstoffzellen	49
8.7	Elektrolyse	50
8.8	Metallgewinnung	50
8.9	Galvanotechnik	51
9	Organische Chemie	51
9.1	Kohlenwasserstoffe	51
9.2	Stoffklassen	51

C Mechanik

1 Statik starrer Körper in der Ebene	1
1.1 Grundlagen	2
1.2 Zusammensetzen, Zerlegen und Gleichgewicht von Kräften in der Ebene	6
1.3 Kräfte im Raum (Sonderfälle)	13
1.4 Schwerpunkt (Massenmittelpunkt)	16
1.5 Guldin'sche Regeln.....	22
1.6 Standsicherheit, Gleichgewichtslagen	23
1.7 Statik der ebenen Fachwerke	24
1.8 Reibung.....	30
2 Dynamik	43
2.1 Bewegungslehre (Kinematik)	44
2.2 Mechanische Arbeit und Leistung; Wirkungsgrad; Übersetzung	56
2.3 Dynamik der Verschiebewegung (Translation) des starren Körpers.....	60
2.4 Dynamik der Drehung (Rotation) des starren Körpers	66
2.5 Gegenüberstellung der Gesetze für Drehung und Schiebung	74
2.6 Gerader zentrischer Stoß.....	75
3 Statik der Flüssigkeiten (Hydrostatik)	81
3.1 Eigenschaften der Flüssigkeiten und Gase.....	82
3.2 Hydrostatischer Druck (Flüssigkeitsdruck, hydraulische Pressung).....	82
3.3 Druck-Ausbreitungsgesetz.....	82
3.4 Anwendung des Druck-Ausbreitungsgesetzes	82
3.5 Hydraulische Kraftübertragung	83
3.6 Druckverteilung durch Gewichtskraft der Flüssigkeit	84
3.7 Hydrostatische Kräfte gegen ebene Wände offener Gefäße	85
3.8 Auftrieb.....	85
3.9 Schwimmen	86
3.10 Gleichgewichtslagen schwimmender Körper	86
4 Hydrodynamik; Eindimensionale stationäre inkompressible Strömung	88
4.1 Einführung	89
4.2 Stromlinie, Bahnlinie, Stromfaden und Stromröhre	89
4.3 Kontinuitätsgleichung für die eindimensionale Strömung (Stromfadenströmung)..	89
4.4 Bernoulligleichung.....	90
4.5 Impulssatz	91
4.6 Eindimensionale inkompressible reibungsbehaftete Strömung	92
4.7 Ähnlichkeitsgesetze der Strömungsmechanik	103
4.8 Strömungswiderstand umströmter Körper	106
4.9 Düsen- und Diffusorströmung	107
4.10 Grenzschicht	108
4.11 Strömungstechnische Messtechnik	109
4.12 Numerische Berechnung instationärer Strömungen	113

5	Gasdynamik; Eindimensionale kompressible stationäre Strömung	115
5.1	Einführung	115
5.2	Schallgeschwindigkeit und Schallausbreitung	115
5.3	Energiegleichung der kompressiblen eindimensionalen Strömung; Bernoulligleichung der kompressiblen Strömung	118
5.4	Ruhegrößen und kritischer Zustand	120
5.5	Das Geschwindigkeitsdiagramm der Energiegleichung	121
5.6	Die Durchflussfunktion	122
5.7	Isentrope Strömung in Düsen und Blenden	123
5.8	Beschleunigte kompressible Strömung	124
5.9	Verdichtungsstoß	133

D Festigkeitslehre

1	Allgemeines	3
1.1	Aufgaben der Festigkeitslehre	3
1.2	Schnittverfahren.....	3
1.3	Spannung.....	5
1.4	Formänderung.....	6
1.5	Hooke'sches Gesetz (Elastizitätsgesetz)	6
1.6	Die Grundbeanspruchungsarten.....	7
1.7	Zusammengesetzte Beanspruchung.....	8
1.8	Festigkeit	8
1.9	Zulässige Spannung und Sicherheit.....	13
2	Die einzelnen Beanspruchungsarten	16
2.1	Zug und Druck.....	16
2.2	Biegung.....	20
2.3	Knickung	56
2.4	Abscheren	64
2.5	Torsion (Verdrehung).....	66
2.6	Flächenpressung	70
3	Zusammengesetzte Beanspruchungen	73
3.1	Gleichzeitiges Auftreten mehrerer Normalspannungen.....	73
3.2	Gleichzeitiges Auftreten mehrerer Schubspannungen.....	75
3.3	Gleichzeitiges Auftreten von Normal- und Schubspannungen.....	76
4	Beanspruchung bei Berührung zweier Körper	80
4.1	Voraussetzungen.....	80
4.2	Bedeutung der Formelzeichen	80
4.3	Berechnungsgleichungen.....	80

E Werkstofftechnik

1 Grundlagen	2
1.1 Allgemeines	2
2 Metallkundliche Grundlagen	4
2.1 Struktur der Metalle und Legierungen	4
2.2 Eigenschaften und Verhalten der Metallgitter	6
2.3 Verhalten bei höheren Temperaturen	8
2.4 Zweistofflegierungen (binäre Legierungen)	9
2.5 Kristall- und Gefügeveränderungen	14
3 Eisen und Stahl	15
3.1 Stahlerzeugung	15
3.2 Das Eisen-Kohlenstoff-Diagramm	17
3.3 Die Wärmebehandlung der Stähle, Stoffeigenschaftändern	21
3.4 Stahlsorten	29
3.5 Eisen-Kohlenstoff-Gusswerkstoffe	44
4 Nichteisenmetalle	48
4.1 Bezeichnung der NE-Metalle	48
4.2 Aluminium und Al-Legierungen	48
4.3 Kupfer	52
4.4 Titan	58
4.5 Magnesium	58
4.6 Nickel (DIN 17743)	59
4.7 Blei (DIN EN 12659, DIN 17640-1)	59
4.8 Zink (DIN EN 1774)	59
4.9 Zinn (DIN EN 611-1)	60
5 Kunststoffe (Polymere)	60
5.1 Herstellungsweg und wichtige Begriffe	60
5.2 Struktur der Polymere	62
5.3 Duroplastische Kunststoffe	63
5.4 Thermoplastische Kunststoffe	66
5.5 Elastomere	69
6 Werkstoffe besonderer Herstellungsart oder Verarbeitung	72
6.1 Pulvermetallurgie	72
6.2 Keramische Werkstoffe	73
6.3 Verbundwerkstoffe	75
6.4 Werkstoffe für Lötungen	77
6.5 Druckgusswerkstoffe	78
7 Oberflächenbeanspruchung durch Korrosion, Verschleiß und Schutzmaßnahmen	80

7.1	Korrosion.....	80
7.2	Tribologie.....	81
7.3	Verschleiß.....	86
7.4	Lager- und Gleitwerkstoffe.....	86
7.5	Beschichtungen und Schichtwerkstoffe.....	89
8	Prüfung metallischer Werkstoffe	91
8.1	Prüfung der Härte	91
8.2	Zugversuch	94
8.3	Kerbschlagbiegeversuch.....	95
8.4	Prüfung der Festigkeit bei höheren Temperaturen.....	96
8.5	Prüfung der Festigkeit bei schwingender Beanspruchung.....	96
8.6	Untersuchung von Verarbeitungseigenschaften.....	97
8.7	Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung.....	97

F Thermodynamik

1	Grundbegriffe	2
1.1	Temperatur	2
1.2	Druck.....	2
1.3	Volumen	3
1.4	Spezifische Wärmekapazität.....	5
1.5	Wärmeausdehnung	9
1.6	Aggregatzustände	12
2	Wärme und Arbeit	14
2.1	Thermodynamisches System	14
2.2	Innere Energie.....	14
2.3	Wärme	14
2.4	Arbeit.....	15
2.5	Dissipationsenergie.....	16
2.6	Erster Hauptsatz.....	17
2.7	Kreisprozesse.....	17
2.8	Thermischer Wirkungsgrad	18
2.9	Zweiter Hauptsatz.....	18
2.10	Entropie	18
2.11	Exergie und Anergie.....	19
3	Zustandsänderungen idealer Gase	20
3.1	Thermische Zustandsgleichung	20
3.2	Zustandsänderungen	21
3.3	Isochore Zustandsänderung	21
3.4	Isobare Zustandsänderung	23
3.5	Isotherme Zustandsänderung	24
3.6	Isentrope Zustandsänderung	25

3.7	Polytrope Zustandsänderung.....	27
3.8	Carnot-Prozess.....	29
3.9	Drosselung.....	30
3.10	Gasmischungen.....	30
4	Wärmeübertragung	32
4.1	Allgemeines.....	32
4.2	Wärmeleitung	32
4.3	Wärmeübergang (Wärme Konvektion).....	33
4.4	Wärmedurchgang.....	34
4.5	Wärmestrahlung.....	37

G Elektrotechnik

1	Grundlagen	3
1.1	Elektrischer Stromkreis.....	3
1.2	Leistung, Arbeit, Energieumrechnungen	8
1.3	Grundsaltungen der Praxis	9
1.4	Elektrochemie	12
1.5	Magnetismus.....	14
1.6	Induktion und Kraftwirkung im Magnetfeld.....	19
1.7	Elektrisches Feld.....	23
1.8	Wechselstrom	27
1.9	Drehstrom (Dreiphasenwechselstrom).....	33
2	Anwendungen	35
2.1	Verteilung der elektrischen Energie.....	35
2.2	Beleuchtungstechnik.....	39
2.3	Elektrischer Unfall und Schutzmaßnahmen.....	42
2.4	Transformatoren	43
2.5	Gleichstrommaschine als Generator	46
2.6	Gleichstrommaschine als Motor	49
2.7	Drehstrommaschine als Motor.....	52
2.8	Einphasen-Wechselstrommotoren	54
2.9	Wechselwirkung zwischen Elektromotor und Arbeitsmaschine.....	56
2.10	Stromrichter	58
2.11	Steuerung von Drehzahl und Drehmoment bei Motoren	60
2.12	Sondererscheinungen der Elektrizität	62
2.13	Elektrische Messgeräte	63
2.14	Elektrische Messungen	65

H Mechatronik

1 Einleitung	1
1.1 Begriffsbildung	1
1.2 Mechatroniker	1
1.3 Mechatronische Systeme	3
1.4 Unterschiede zwischen Maschinenbau, Elektrotechnik und Mechatronik	5
2 Modellbildung und Simulation	8
2.1 Verfahren der Modellbildung	9
2.2 Unterschiedliche Modelltypen von technischen Systemen	16
2.3 Modelle mechanischer Systeme	22
2.4 Modelle elektrischer Systeme	25
2.5 Simulation	26
3 Industrieroboter als mechatronisches System	29
3.1 Sensorkorrektur von Bewegungsdaten	30
3.2 Nachführen eines Roboterarms an einer Freiformfläche	30

I Maschinenelemente

1 Einführung in die Konstruktionsmethodik	1
1.1 Einordnung des konstruktiven Entwicklungsprozesses in den Produktlebenszyklus	1
1.2 Grundlagen	3
1.3 Phasen des Entwicklungs- und Konstruktionsprozesses	12
1.4 Gestaltungshinweise zu bestimmten Forderungen	17
2 Normzahlen, Toleranzen, Passungen	22
2.1 Normzahlen	22
2.2 ISO-Passungen	22
2.3 Maßtoleranzen	24
2.4 Eintragen von Toleranzen in Zeichnungen	25
2.5 Verwendungsbeispiele für Passungen	25
3 Praktische Festigkeitsberechnungen im Maschinenbau	31
4 Klebverbindungen	31
4.1 Allgemeines	31
4.2 Klebstoffe	31
4.3 Herstellung der Klebverbindung	32
4.4 Berechnung	33
4.5 Gestaltungshinweise	34

5	Schweißverbindungen	34
5.1	Grundsätze	34
5.2	Berechnung von Schweißverbindungen.....	38
5.3	Berechnungsbeispiele	44
6	Nietverbindungen	47
6.1	Allgemeines	47
6.2	Nietformen.....	47
6.3	Nietwerkstoffe	47
6.4	Herstellen der Nietverbindungen	47
6.5	Verbindungsarten, Schnittigkeit	48
6.6	Nietverbindungen im Stahlbau	48
7	Schraubenverbindungen	52
7.1	Allgemeines	52
7.2	Gewinde.....	52
7.3	Schrauben und Muttern.....	53
7.4	Schraubensicherungen	54
7.5	Scheiben.....	55
7.6	Berechnung von Befestigungsschrauben	55
7.7	Berechnung der Bewegungsschrauben	70
8	Bolzen, Stiftverbindungen, Sicherungselemente	76
8.1	Allgemeines	76
8.2	Bolzen.....	76
8.3	Stifte.....	76
8.4	Bolzensicherungen.....	77
8.5	Gestaltung der Bolzen- und Stiftverbindungen.....	78
9	Federn	79
9.1	Allgemeines	79
9.2	Kenngrößen an Federn.....	79
9.3	Federwerkstoffe	82
9.4	Zug- und druckbeanspruchte Metallfedern	82
9.5	Biegebeanspruchte Metallfedern	82
9.6	Drehbeanspruchte Metallfedern.....	93
10	Achsen, Wellen und Zapfen	99
10.1	Allgemeines	99
10.2	Werkstoffe, Normen	99
10.3	Berechnung der Achsen	99
10.4	Berechnung der Wellen	99
10.5	Auszuführende Achsen- und Wellendurchmesser	101
10.6	Berechnung der Zapfen.....	101
10.7	Gestaltung	101
10.8	Tragfähigkeit für Wellen und Achsen.....	105

11 Nabenverbindungen	109
11.1 Übersicht.....	109
11.2 Zylindrische Pressverbände	112
11.3 Kegelige Pressverbände (Kegelsitzverbindungen)	118
11.4 Klemmsitzverbindungen.....	121
11.5 Keilsitzverbindungen.....	122
11.6 Ringfederspannverbindungen	122
11.7 Längsstiftverbindung	124
11.8 Querstiftverbindung.....	124
11.9 Passfederverbindungen (Nachrechnung)	126
11.10 Keilwellenverbindung.....	127
12 Kupplungen	127
12.1 Allgemeines	127
12.2 Feste Kupplungen	128
12.3 Bewegliche, unelastische Kupplungen	129
12.4 Elastische Kupplungen	129
12.5 Schaltkupplungen	131
13 Lager	133
13.1 Allgemeines.....	133
13.2 Wälzlager.....	133
13.3 Gleitlager	154
14 Zahnräder	169
14.1 Allgemeines.....	169
14.2 Verzahnungsgesetz	169
14.3 Begriffe, allgemeine Verzahnungsmaße	170
14.4 Verzahnungsarten	171
14.5 Geradstirnräder	179
14.6 Schrägstirnräder.....	183
14.7 Kegelräder	186
14.8 Schneckengetriebe	189
14.9 Gestaltung der Zahnräder aus Metall.....	193
14.10 Schmierung der Zahnradgetriebe.....	194
14.11 Zahnräder aus Kunststoff.....	169

K Fördertechnik

1 Überblick über das Gesamtgebiet der Fördertechnik	2
1.1 Begriffsbestimmung und Abgrenzung.....	2
1.2 Häufig gestellte Fragen	2
1.3 Einteilung der Fördermittel.....	3
1.4 Transportarbeit, Transportleistung.....	3

2 Die Baukastensystematik in der Fördertechnik	4
2.1 Begriffsbestimmungen.....	4
2.2 Nutzen des Baukastenprinzips für die Betreiber und Hersteller förder- technischer Anlagen.....	5
2.3 Komponenten der Fördertechnik	5
3 Bauelemente der Fördertechnik	5
3.1 Bauelemente der Seiltriebe	6
3.2 Bauelemente für Kettentriebe	12
3.3 Lastaufnahmeeinrichtungen und Ladehilfsmittel.....	14
4 Antriebe	20
4.1 Handantrieb.....	20
4.2 Elektrische Antriebe	20
4.3 Pneumatische Antriebe	21
4.4 Hydrostatische Antriebe	22
4.5 Verbrennungsmotoren und Dampfmaschinen.....	22
5 Steuerungen in der Fördertechnik	22
5.1 Ablaufsteuerungen	22
5.2 Mikroprozessorsteuerungen.....	23
6 Bremsen und Rücklaufsperrn	26
6.1 Reibungsbremsen.....	26
6.2 Rücklaufsperrn.....	29
7 Hebezeuge	31
7.1 Handhebezeuge.....	31
7.2 Elektroseilzüge	31
8 Krane und Hängebahnen	37
8.1 Berechnung nach DIN 15018.....	37
8.2 Kranbauformen.....	41
8.3 Laufkrane.....	41
8.4 Konsolkrane, Säulendrehkrane, Wandschwenkkrane	42
8.5 Hängekrane, Hängebahnen	42
8.6 Portalkrane.....	43
8.7 Fahrzeugkrane.....	44
8.8 Verladeanlagen und Hafenkrane.....	44
8.9 Stapelkrane und Regalförderzeuge	46
9 Stetigförderer	50
9.1 Definition, Einteilung, Hauptanwendungen.....	50
9.2 Gurtförderer.....	50
9.3 Gliederbandförderer.....	53
9.3 Becherwerke	55

9.4	Schaufelradlader	56
9.5	Rutschförderer	57
9.6	Pneumatische Förderanlagen	59
10	Stetigförderer für Stückgut	62
10.1	Rollenförderer.....	62
10.2	Kreisförderer.....	62
10.3	Zielsteuerungen für Stückgutfördersysteme	66
11	Flurförderzeuge	67
11.1	Flurförderer ohne Lastaufnahmeeinrichtung	67
11.2	Flurförderer mit eigener Lastaufnahmeeinrichtung	68
11.3	Automatisch gesteuerte Flurförderer	69
11.4	Flurförderzeuge im Untertagebergbau.....	69

L Kraft- und Arbeitsmaschinen

1	Feuerungstechnik	2
1.1	Brennstoffe	2
1.2	Verbrennungswärme (Heizwert) und Verbrennungsluft.....	3
1.3	Verbrennungskontrolle	4
1.4	Feuerungsarten	5
2	Dampferzeugung	9
2.1	Dampfarten	9
2.2	Kesselwirkungsgrad, Verdampfziffer	9
2.3	Heizteile.....	11
2.4	Wärmeaustausch.....	11
2.5	Kesselbauarten.....	12
3	Dampfturbinen	16
3.1	Erzeugung der kinetischen Energie	16
3.2	Nutzung der kinetischen Energie.....	19
3.3	Geschwindigkeitsstufung (Curtisrad)	22
3.4	Druckstufung (Zoellyturbine).....	25
3.5	Überdruckstufung	27
3.6	Labyrinthdichtung	27
3.7	Regelung.....	28
3.8	Radialturbinen	28
3.9	Turbinenanlagen	28
4	Wasserturbinen	29
4.1	Stauanlagen.....	29
4.2	Durchfluss, Höhenwerte	30

4.3	Freistrahlturbinen.....	30
4.4	Francisturbinen	34
4.5	Kaplanturbinen	37
4.6	Spezifische Drehzahl	39
4.7	Kavitation	39
5	Windkraftanlagen	40
5.1	Nutzung der kinetischen Energie.....	40
5.2	Aufbau einer Windkraftanlage.....	40
5.3	Getriebe und Generator.....	41
6	Pumpen	42
6.1	Fördermenge, Förderhöhe.....	42
6.2	Pumpenleistung und Wirkungsgrad.....	42
6.3	Kolbenpumpen.....	43
6.4	Kreiselpumpen.....	48
6.5	Vergleich zwischen Kolben- und Kreiselpumpen.....	53
7	Verdichter	54
7.1	Mehrstufige Verdichtung und Kühlung.....	54
7.2	Verdichterleistung und Wirkungsgrad.....	55
7.3	Kolbenverdichter	55
7.4	Kreiselverdichter (Turboverdichter).....	58
8	Verbrennungsmotoren	62
8.1	Grundlagen	62
8.2	Bauteile der Verbrennungsmotoren	68
8.3	Kraftstoffe.....	81
8.4	Kraftstoff-Förderanlage	82
8.5	Luftfilter.....	83
8.6	Gemischbildung bei Ottomotoren.....	83
8.7	Gemischbildung bei Dieselmotoren.....	92
8.8	Maßnahmen zur Verminderung der Abgasschadstoffe bei Verbrennungsmotoren	101
8.9	Zweitaktmotoren.....	104
8.10	Motorschmierung.....	107
8.11	Motorkühlung	110
8.12	Abgasanlagen.....	112
8.13	Aufladung von Verbrennungsmotoren.....	113
8.14	Zündanlagen	117
8.15	Generator	121
8.16	Starter.....	122
8.17	Alternative Verbrennungsmotoren.....	123

M Spanlose Fertigung

1 Urformen	1
1.1 Gießverfahren	1
1.2 Modelle und Kokillen	1
1.3 Formerei	3
1.4 Herstellung der Schmelze	4
1.5 Strangguss	7
1.6 Schleuderguss	9
1.7 Druckguss	10
1.8 Feinguss (Schalenformverfahren)	11
2 Trennen und Umformen	12
2.1 Trennverfahren	12
2.2 Umformverfahren	20
2.3 Stahlbleche und ihre Verarbeitung	36
3 Verbindende Verfahren	39
3.1 Schweißen	39
3.2 Thermisches und nichtthermisches Schneiden	51
3.3 Löten	55

N Zerspantechnik

1 Drehen und Grundbegriffe der Zerspantechnik	1
1.1 Bewegungen	1
1.2 Zerspangeometrie	2
1.3 Kräfte und Leistungen	6
1.4 Wahl der Schnittgeschwindigkeit	9
1.5 Berechnung der Hauptnutzungszeit	11
2 Hobeln und Stoßen	12
2.1 Bewegungen	12
2.2 Zerspangeometrie	12
2.3 Kräfte und Leistungen	12
2.4 Wahl der Schnittgeschwindigkeit	12
2.5 Berechnung der Hauptnutzungszeit t_h	14
3 Räumen	15
3.1 Bewegungen	15
3.2 Zerspangeometrie	15
3.3 Schnittkraft (Räumkraft)	16
3.4 Wahl der Schnittgeschwindigkeit	16

3.5	Berechnung der Hauptnutzungszeit t_h	16
4	Fräsen	17
4.1	Bewegungen	17
4.2	Zerspangeometrie	18
4.3	Kräfte und Leistungen	20
4.4	Wahl der Schnittgeschwindigkeit und Grundregeln für Fräsen	22
4.5	Berechnung der Hauptnutzungszeit t_h	23
5	Bohren	26
5.1	Bewegungen	26
5.2	Zerspangeometrie	26
5.3	Kräfte und Leistungen	27
5.4	Wahl von Schnittgeschwindigkeit und Vorschub	28
5.5	Berechnung der Hauptnutzungszeit t_h (Maschinenlaufzeit).....	28
6	Schleifen	33
6.1	Bewegungen	33
6.2	Zerspangeometrie	33
6.3	Schleifkraft und Schleifleistung.....	33
6.4	Wahl von Geschwindigkeit, Vorschub und Zustellung	34
6.5	Oberflächen-Rautiefen.....	34
6.6	Berechnung der Hauptnutzungszeit t_h (Maschinenlaufzeit).....	35

O Werkzeugmaschinen

1	Grundlagen	1
1.1	Definition.....	1
1.2	Gebrauchswertparameter einer Werkzeugmaschine	1
1.3	Kenngrößen und Kennlinien von Werkzeugmaschinen.....	3
2	Baugruppen von Werkzeugmaschinen	4
2.1	Arbeitsspindeln (Hauptspindeln) und ihre Lagerungen	4
2.2	Hauptantriebe.....	12
2.3	Vorschub- und Stellantriebe	23
2.4	Geradführungen an Werkzeugmaschinen	36
2.5	Gestelle von Werkzeugmaschinen	48
2.6	Werkzeug- und Werkstückspanner	57
3	Steuerungs- und Automatisierungstechnik an Werkzeugmaschinen	61
3.1	Baugruppen und Aufgaben	61
3.2	Konventionelle Steuerungstechnik an Werkzeugmaschinen	61
3.3	Numerische Steuerungen	64
3.4	Die numerische Achse	66

4	Entwicklung der Werkzeugmaschine zum Komplettbearbeitungszentrum	71
4.1	Weichbearbeitung von Teilen mit überwiegend runder Gestalt	71
4.2	Hartbearbeitung von Teilen mit überwiegend runder Gestalt.....	75
4.3	Bearbeitung von Teilen mit prismatischer Gestalt.....	79
5	Werkzeugmaschinen zur Herstellung von Verzahnungen	83
5.1	Grundlagen der spanenden Verzahnungsherstellung	83
5.2	Verzahnmaschinen mit geometrisch bestimmten Schneiden zur Bearbeitung von Zylinderrädern und Zylinderschnecken	84
5.3	Verzahnmaschinen mit geometrisch unbestimmten Schneiden zur Bearbeitung von Zylinderrädern und Zylinderschnecken	89
5.4	Verzahnmaschinen zur Kegelradherstellung	92
6	Werkzeugmaschinen zur Feinstbearbeitung	94
6.1	Definition der Feinstbearbeitung	94
6.2	Spanende Feinstbearbeitungsmaschinen für Werkzeuge mit geometrisch bestimmter Schneide	94
6.3	Spanende Feinstbearbeitungsmaschinen für Werkzeuge mit geometrisch unbestimmter Schneide	95
6.4	Umformende Feinstbearbeitungswerkzeuge	102
7	Umformende und schneidende Werkzeugmaschinen	103
7.1	Maschineneinteilung	103
7.2	Werkzeugmaschinen zum Massivumformen	103
7.3	Werkzeugmaschinen zur Blechbearbeitung	110

P Programmierung von Werkzeugmaschinen

1	Geometrische Grundlagen für die Programmierung	1
1.1	Koordinatensystem	1
1.2	Lage der Achsrichtungen	1
1.3	Bezugspunkte im Arbeitsbereich einer CNC-Werkzeugmaschine	1
1.4	Bezugspunktverschiebung	2
1.5	Zeichnerische Grundlagen für die Programmierung	4
2	Informationsfluss bei der Fertigung	6
2.1	Informationsverarbeitung und Informationsträger.....	6
2.2	Informationsquellen.....	7
3	Steuerungsarten und Interpolationsmöglichkeiten	7
3.1	Punktsteuerungsverhalten	7
3.2	Streckensteuerung.....	7
3.3	Bahnsteuerung	8
3.4	Interpolationsarten	9

3.5	Ebenenauswahl	14
4	Manuelles Programmieren	15
4.1	Kurzbeschreibung	15
4.2	Aufbau eines CNC-Programms	15
4.3	Gliederung eines CNC-Programms	15
4.4	Satzaufbau.....	16
4.5	Kreisprogrammierung beim Drehen und Fräsen.....	21
4.6	Werkzeugkorrekturen beim Drehen und Fräsen	23
4.7	Programmierbeispiel.....	27
4.8	Besondere Programmierfunktionen für das Bohren, Fräsen und Drehen	34

Q Steuerungstechnik

1	Steuerungstechnische Grundlagen	1
1.1	Grundbegriffe der Steuerungstechnik.....	1
1.2	Unterscheidungsmerkmale für Steuerungen	3
1.3	Grafische Darstellung von Steuerungsabläufen.....	4
2	Signalverarbeitung in Steuerungen.....	9
2.1	Signalarten	9
2.2	Logische Grundverknüpfung binärer Signale	10
2.3	Grundlagen und Anwendung der Schaltalgebra	12
2.4	Das Karnaugh-Veitch-Diagramm	15
2.5	Die Speicherfunktion	16
2.6	Zeitelemente und Zähler in Steuerungen	19
3	Steuerungsmittel	21
3.1	Mechanische Steuerungen und Speicher.....	21
3.2	Elektrische Steuerungen	23
3.3	Fluidische Steuerungen.....	28
4	Speicherprogrammierbare Steuerungen	38
4.1	Das Automatisierungssystem	38
4.2	Grundlagen der Programmierung nach IEC 1131-3	41
4.3	Bibliotheksfähige Programmbausteine	50
4.4	Verknüpfungssteuerung für einen Drehstrommotor	55
4.5	Ablaufsteuerungen	59
4.6	Analoge Signale in digitalen Steuerungen	71
4.7	Busan Kopplung der speicherprogrammierbaren Steuerung	78
5	Sicherheitsanforderungen an Steuerungen	82

R Regelungstechnik

1 Grundlagen	1
1.1 Grundbegriffe	1
1.2 Grafische Darstellung von Regelkreisen mithilfe des Wirkungsplans.....	4
1.3 Beschreibung des Verhaltens von Regelkreisgliedern.....	7
2 Regelstrecken	10
2.1 Einteilung der Strecken.....	11
2.2 Regelstrecken mit Ausgleich (P-Strecken).....	12
2.3 Regelstrecken ohne Ausgleich (I-Strecken).....	14
2.4 Regelstrecken mit Verzögerung (PT_n -Strecken).....	15
2.5 Regelstrecken mit Totzeit (T_T -Strecken).....	18
3 Regler	21
3.1 Einteilung der Regler.....	21
3.2 Unstetige Regler am Beispiel des Zweipunktreglers	21
3.3 Stetige Regler	22
3.4 Quasistetige Regler.....	31
4 Zusammenwirken zwischen Regler und Strecke	32
4.1 Beurteilungskriterien	32
4.2 Regelung mit stetigen Reglern.....	33
4.3 Regelung mit Zweipunktreglern	38
4.4 Regelung mit einer SPS	40
5 Fuzzy-Regelung	41
5.1 Fuzzy-Mengen	41
5.2 Fuzzifizierung	43
5.3 Regelwerk und Inferenz	44

S Betriebswirtschaft

Teil A: Betriebswirtschaftliche Grundlagen

1 Aufgaben und Zielsetzungen	1
1.1 Anwendungsgebiete der Betriebswirtschaft im technischen Umfeld	1
1.2 Hauptaufgaben.....	1
1.3 Betriebswirtschaftliche Ziele und Erfolgsfaktoren	1
1.4 Kennzahlen	2
1.5 Wertschöpfungskette des Unternehmens	2
2 Unternehmensplanung und Unternehmensorganisation	3

2.1	Unternehmensstrategie.....	3
2.2	Die Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens im Markt.....	4
2.3	Die Aufbauorganisation des Unternehmens	5
2.4	Prozessorganisation	7
2.5	Führungsorganisation.....	7
2.6	Projektmanagement	8
3	Finanzierung	10
3.1	Aufgaben der Finanzierung.....	10
3.2	Finanzierungsarten.....	10
3.3	Finanzkennzahlen	10
4	Industrielle Kosten- und Wirtschaftlichkeitsrechnung	11
4.1	Aufgaben	11
4.2	Kostenplanung	11
4.3	Produktkalkulation.....	13
4.4	Kostenstellenrechnung	14
4.5	Deckungsbeitragsrechnung	15
4.6	Break Even-Analyse	16
4.7	Betriebsergebnis und Absatzsegmentrechnung	17
4.8	Wirtschaftlichkeits- und Investitionsrechnung	18
5	Produktmarketing und marktorientierte Produktgestaltung	20
5.1	Marketing-Instrumente	20
5.2	Marktforschung.....	21
5.3	Marketingstrategien	21
5.4	Target Costing	22
5.5	Wertanalyse	23
Teil B: Arbeitswissenschaft		
1	Arbeitswissenschaft im technischen Umfeld	24
1.1	Aufgaben und Zweck der Arbeitswissenschaft.....	24
1.2	Ziele der Arbeitswissenschaft.....	24
1.3	Rechtliche Vorschriften	24
2	Grundlagen des Arbeitsstudiums	28
2.1	Das Arbeitssystem	29
2.2	Der Mensch im Arbeitssystem.....	32
2.3	Arbeitsleistung.....	32
2.4	Arbeitssteilung	32
2.5	Einzel-Gruppen- und Mehrstellenarbeit.....	32
2.6	Fertigungsarten	33
3	Arbeitsvorbereitung und Arbeitsplanung.....	41
3.1	Arbeitsplanerstellung.....	42
3.2	Datenermittlung	45

3.3	Vorgabezeitermittlung (Synthese)	49
3.4	Methoden der Zeitermittlung	56
3.5	Leistungsgrad	57
3.6	Prozesszeiten	58
3.7	Rationalisierung der Zeitermittlung	64

Teil C: Qualitätsmanagement

1	Qualitätsmanagement	68
1.1	Entwicklung des Qualitätsmanagements	68
1.2	Begriffe des des Qualitätsmanagements	69
1.3	Normen des Qualitätsmanagements	69
1.4	Normenreihe DIN EN ISO 9000:2000 ff.	69
1.5	Forderungen an QM-Systeme der DIN EN ISO 9000:2000 ff.	70
1.6	European Foundation for Quality Management (EFQM)	77
2	Qualitätsmanagementmethoden	83
2.1	Statistische Prozessregelung (SPC)	83
2.2	Grundlagen der Statistik	83
2.3	Qualitätsregelkarten (QRK)	84
2.4	Prozessfähigkeitsuntersuchung PFU	90

T Produktionslogistik

1	Grundlagen der Produktionslogistik	1
1.1	Strategische Bedeutung	1
1.2	Hauptaufgaben und Ziele der Produktionslogistik.....	1
1.3	Organisationstypen der Produktionslogistik.....	2
1.4	ERP-Systeme	3
1.5	Prozesse in der Produktionslogistik	7
2	Produktionslogistik mit ERP-Systemen	7
2.1	Programmplanung	7
2.2	Materialplanung.....	8
2.3	Terminplanung.....	13
2.4	Kapazitätsplanung	16
2.5	Rückmeldung und Betriebsdatenerfassung.....	17
2.6	Materialfluss im Fertigungsprozess	18
3	Supply-Chain-Management	19
4	Spezielle Steuerungsmethoden in der Produktionslogistik	19
4.1	KANBAN-Fertigung	19
4.2	Belastungsorientierte Auftragsfreigabe	19
4.3	Steuerung mit Fortschrittszahlen	20

5	Kostenüberwachung und Wirtschaftlichkeitsrechnung	21
5.1	Produktkalkulation	21
5.2	Wirtschaftlichkeitsrechnung	22
6	Logistikcontrolling	22
6.1	Durchlaufzeitcontrolling	22
6.2	Lagercontrolling	23
6.3	Auftragskontrolle	24

Sachwortverzeichnis