

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 zentraler 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	13
3 Eisen und Stahl	14
3.1 Stahlerzeugung	14
3.2 Das Eisen-Kohlenstoff-Diagramm	16
3.3 Stahlsorten	20
3.4 Eisen-Kohlenstoff-Gusswerkstoffe	31
3.5 Die Wärmebehandlung der Stähle, Stoffeigenschaft ändern	35
4 Nichteisenmetalle	43
4.1 Bezeichnung der NE-Metalle	43
4.2 Aluminium und Al-Legierungen	43
4.3 Kupfer	46
4.4 Titan	50
4.5 Magnesium	50
4.6 Nickel (DIN 17740...45)	51
4.7 Blei (DIN EN 12659, DIN 17640-1)	51
4.8 Zink (DIN EN 1774)	52
4.9 Zinn (DIN EN 611-1)	52
5 Kunststoffe (Polymere)	52
5.1 Herstellungsweg und wichtige Begriffe	52
5.2 Struktur der Polymere	53
5.3 Duroplastische Kunststoffe	55
5.4 Thermoplastische Kunststoffe	57
5.5 Elastomere	61
6 Werkstoffe besonderer Herstellungsart oder Verarbeitung	64
6.1 Pulvermetallurgie	64
6.2 Keramische Werkstoffe	65
6.3 Verbundwerkstoffe	67
6.4 Druckgusswerkstoffe	69

7 Oberflächenbeanspruchung durch Korrosion, Verschleiß und Schutzmaßnahmen	70
7.1 Korrosion	70
7.2 Tribologie	71
7.3 Verschleiß	73
7.4 Lager- und Gleitwerkstoffe	74
7.5 Beschichtungen und Schichtwerkstoffe	75
8 Prüfung metallischer Werkstoffe	77
8.1 Prüfung der Härte	77
8.2 Zugversuch	80
8.3 Kerbschlagbiegeversuch	81
8.4 Prüfung der Festigkeit bei höheren Temperaturen	82
8.5 Untersuchung von Verarbeitungseigenschaften	82
8.6 Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung	82

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 (Wärmekonvektion)	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	Magnetismus	12
1.5	Induktion und Kraftwirkung im Magnetfeld	16
1.6	Elektrisches Feld	19
1.7	Wechselstrom	24
1.8	Drehstrom (Dreiphasenwechselstrom)	30
2	Anwendungen	31
2.1	Verteilung der elektrischen Energie	31
2.2	Elektrischer Unfall und Schutzmaßnahmen	35
2.3	Transformatoren	37
2.4	Gleichstrommaschine als Generator	40
2.5	Gleichstrommaschine als Motor	42
2.6	Drehstrommaschine als Motor	45
2.7	Einphasen-Wechselstrommotoren	48
2.8	Wechselwirkung zwischen Elektromotor und Arbeitsmaschine	49
2.9	Stromrichter	52
2.10	Steuerung von Drehzahl und Drehmoment bei Motoren	54
2.11	Sondererscheinungen der Elektrizität	56
2.12	Elektrische Messgeräte	57
2.13	Elektrische Messungen	58

H Grundlagen der 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	13
1.4 Gestaltungshinweise zu bestimmten Forderungen	18
1.5 CAD in der Praxis	23
2 Normzahlen, Toleranzen, Passungen	36
2.1 Normzahlen	36
2.2 ISO-Passungen	36
2.3 Maßtoleranzen	38
2.4 Eintragen von Toleranzen in Zeichnungen	39
2.5 Verwendungsbeispiele für Passungen	39
3 Praktische Festigkeitsberechnungen im Maschinenbau	45
4 Klebverbindungen	45
4.1 Allgemeines	45
4.2 Klebstoffe	45
4.3 Herstellung der Klebverbindung	46

4.4	Berechnung	47
4.5	Gestaltungshinweise	48
5	Schweißverbindungen	48
5.1	Grundsätze	48
5.2	Berechnung von Schweißverbindungen	52
5.3	Berechnungsbeispiele	58
6	Nietverbindungen	61
6.1	Allgemeines	61
6.2	Nietformen	61
6.3	Nietwerkstoffe	61
6.4	Herstellen der Nietverbindungen	61
6.5	Verbindungsarten, Schnittigkeit	62
6.6	Nietverbindungen im Stahlbau	62
7	Schraubenverbindungen	66
7.1	Allgemeines	66
7.2	Gewinde	66
7.3	Schrauben und Muttern	67
7.4	Schraubensicherungen	68
7.5	Scheiben	69
7.6	Berechnung von Befestigungsschrauben	69
7.7	Berechnung der Bewegungsschrauben	84
8	Bolzen, Stiftverbindungen, Sicherungselemente	90
8.1	Allgemeines	90
8.2	Bolzen	90
8.3	Stifte	90
8.4	Bolzensicherungen	91
8.5	Gestaltung der Bolzen- und Stiftverbindungen	92
9	Federn	93
9.1	Allgemeines	93
9.2	Kenngrößen an Federn	93
9.3	Federwerkstoffe	96
9.4	Zug- und druckbeanspruchte Metallfedern	96
9.5	Biegebeanspruchte Metallfedern	96
9.6	Drehbeanspruchte Metallfedern	107
10	Achsen, Wellen und Zapfen	113
10.1	Allgemeines	113
10.2	Werkstoffe, Normen	113
10.3	Berechnung der Achsen	113
10.4	Berechnung der Wellen	113
10.5	Auszuführende Achsen- und Wellendurchmesser	115

10.6	Berechnung der Zapfen	115
10.7	Gestaltung	115
10.8	Tragfähigkeit für Wellen und Achsen	119
11	Nabenverbindungen	123
11.1	Übersicht	123
11.2	Zylindrische Pressverbände	126
11.3	Kegelige Pressverbände (Kegelsitzverbindungen)	132
11.4	Klemmsitzverbindungen	135
11.5	Keilsitzverbindungen	136
11.6	Ringfederspannverbindungen	136
11.7	Längsstiftverbindung	138
11.8	Querstiftverbindung	138
11.9	Passfederverbindungen (Nachrechnung)	140
11.10	Keilwellenverbindung	141
12	Kupplungen	141
12.1	Allgemeines	141
12.2	Feste Kupplungen	142
12.3	Bewegliche, unelastische Kupplungen	143
12.4	Elastische Kupplungen	143
12.5	Schaltkupplungen	145
13	Lager	147
13.1	Allgemeines	147
13.2	Wälzlager	147
13.3	Gleitlager	168
14	Zahnräder	183
14.1	Allgemeines	183
14.2	Verzahnungsgesetz	183
14.3	Begriffe, allgemeine Verzahnungsmaße	184
14.4	Verzahnungsarten	185
14.5	Geradstirnräder	193
14.6	Schrägstirnräder	197
14.7	Kegelräder	200
14.8	Schneckengetriebe	203
14.9	Gestaltung der Zahnräder aus Metall	207
14.10	Schmierung der Zahnradgetriebe	208
14.11	Zahnräder aus Kunststoff	208

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	15
3.3 Lastaufnahmeeinrichtungen und Ladehilfsmittel	17
4 Antriebe	23
4.1 Handantrieb	23
4.2 Elektrische Antriebe	23
4.3 Pneumatische Antriebe	25
4.4 Hydrostatische Antriebe	25
4.5 Dampfmaschinen, Verbrennungsmotoren, Hybridmotoren	25
5 Steuerungen in der Fördertechnik	25
5.1 Ablaufsteuerungen	26
5.2 Mikroprozessorsteuerungen	27
6 Bremsen und Rücklaufsperrn	29
6.1 Reibungsbremsen	29
6.2 Rücklaufsperrn	32
7 Hebezeuge	34
7.1 Handhebezeuge	34
7.2 Elektroseilzüge	34
8 Krane und Hängebahnen	40
8.1 Berechnung nach DIN 15018	40
8.2 Kranbauformen	44
8.3 Laufkrane	44
8.4 Konsolkrane, Säulendrehkrane, Wandschwenkkrane	44
8.5 Hängekrane, Hängebahnen	44
8.6 Portalkrane	46

8.7	Fahrzeugkrane	47
8.8	Verladeanlagen und Hafenkrane	47
8.9	Stapelkrane und Regalförderzeuge	50
9	Stetigförderer	53
9.1	Definition, Einteilung, Hauptanwendungen	53
9.2	Gurtförderer	53
9.3	Gliederbandförderer	57
9.3	Becherwerke	59
9.4	Schaufelradlader	59
9.5	Rutschförderer	60
9.6	Pneumatische Förderanlagen	62
10	Stetigförderer für Stückgut	68
10.1	Rollenförderer	68
10.2	Kreisförderer	68
10.3	Zielsteuerungen für Stückgutfördersysteme	72
11	Flurförderzeuge	73
11.1	Flurförderer ohne Lastaufnahmeeinrichtung	73
11.2	Flurförderer mit eigener Lastaufnahmeeinrichtung	74
11.3	Automatisch gesteuerte Flurförderer	78
11.4	Flurförderzeuge im Untertagebergbau	78

L Kraft- und Arbeitsmaschinen

1	Dampfturbinen	2
1.1	Erzeugung der kinetischen Energie	2
1.2	Nutzung der kinetischen Energie	4
1.3	Geschwindigkeitsstufung (Curtisrad)	7
1.4	Druckstufung (Zoellyturbine)	10
1.5	Überdruckstufung	12
1.6	Labyrinthdichtung	12
1.7	Regelung	13
1.8	Radialturbinen	13
1.9	Turbinenanlagen	13
2	Wasserturbinen	14
2.1	Stauanlagen	14
2.2	Durchfluss, Höhenwerte	15
2.3	Freistrahlturbinen	15
2.4	Francisturbinen	19
2.5	Kaplanturbinen	22

2.6	Spezifische Drehzahl	24
2.7	Kavitation	24
3	Windkraftanlagen	25
3.1	Nutzung der kinetischen Energie	25
3.2	Aufbau einer Windkraftanlage	25
3.3	Getriebe und Generator	26
4	Pumpen	27
4.1	Fördermenge, Förderhöhe	27
4.2	Pumpenleistung und Wirkungsgrad	27
4.3	Kolbenpumpen	28
4.4	Kreiselpumpen	33
4.5	Vergleich zwischen Kolben- und Kreiselpumpen	38
5	Verdichter	39
5.1	Mehrstufige Verdichtung und Kühlung	39
5.2	Verdichterleistung und Wirkungsgrad	40
5.3	Kolbenverdichter	40
5.4	Kreiseldverdichter (Turboverdichter)	43
6	Verbrennungsmotoren	47
6.1	Grundlagen	47
6.2	Bauteile der Verbrennungsmotoren	53
6.3	Gemischbildung bei Ottomotoren	66
6.4	Gemischbildung bei Dieselmotoren	72
6.5	Maßnahmen zur Verminderung der Abgasschadstoffe bei Verbrennungsmotoren	82
6.6	Zweitaktmotoren	85
6.7	Motorschmierung	87
6.8	Motorkühlung	91
6.9	Aufladung von Verbrennungsmotoren	93
6.10	Alternative Verbrennungsmotoren	96

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	24
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	Zahlensysteme und Codes	10
2.3	Logische Grundverknüpfung binärer Signale	11
2.4	Grundlagen und Anwendung der Schaltalgebra	13
2.5	Das Karnaugh-Veitch-Diagramm	16
2.6	Die Speicherfunktion	17
2.7	Zeitelemente und Zähler in Steuerungen	20
3	Steuerungsmittel	22
3.1	Mechanische Steuerungen und Speicher	22
3.2	Elektrische Steuerungen	24
3.3	Fluidische Steuerungen	29
4	Speicherprogrammierbare Steuerungen	39
4.1	Das Automatisierungssystem	39
4.2	Grundlagen der Programmierung nach IEC 1131-3	42
4.3	Bibliotheksfähige Programmbausteine	51
4.4	Verknüpfungssteuerung für einen Drehstrommotor	56
4.5	Ablaufsteuerungen	60
4.6	Analoge Signale in digitalen Steuerungen	72
4.7	Busankopplung der speicherprogrammierbaren Steuerung	79
5	Sicherheitsanforderungen an Steuerungen	83

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
5.4 Defuzzifizierung	47

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	9
3.1 Aufgaben der Finanzierung	9
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 Arbeitsteilung	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 Systeme vorbestimmter Zeiten (SvZ)	64
3.8 Rationalisierung der Zeitermittlung	68

Teil C: Qualitätsmanagement

1 Qualitätsmanagement	71
1.1 Entwicklung des Qualitätsmanagements	71
1.2 Begriffe des des Qualitätsmanagements	72
1.3 Normen des Qualitätsmanagements	72
1.4 Normenreihe DIN EN ISO 9000:2000 ff.	72
1.5 Forderungen an QM-Systeme der DIN EN ISO 9000:2000 ff.	73
1.6 European Foundation for Quality Management (EFQM)	80
2 Qualitätsmanagementmethoden	86
2.1 Statistische Prozessregelung (SPC)	86
2.2 Grundlagen der Statistik	86
2.3 Qualitätsregelkarten (QRK)	87
2.4 Prozessfähigkeitsuntersuchung PFU	93

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