

# Inhaltsverzeichnis

<b>Prüftechnik</b>	
<b>1</b>	<b>Grundbegriffe .....</b>
1.1	Bedeutung des Prüfens in der Fertigung ....
1.2	Subjektives und objektives Prüfen .....
1.3	Grundgrößen (Basisgrößen) und ihre Einheiten (Basiseinheiten) .....
1.4	Formelzeichen .....
1.5	Prüfverfahren: Messen und Lehren .....
<b>2</b>	<b>Prüfen von Längen .....</b>
2.1	Maßsysteme und Einheiten .....
2.2	Hochstmaß – Mindestmaß – Toleranz ....M
2.3	Begriffe der Längenmeßtechnik .....
2.4	Direkte Langenmessung .....
2.4.1	Messen mit Strichmaßen .....
2.4.2	Messen mit Meßschiebern .....
2.4.3	Messen mit Meßschrauben .....
2.4.4	Messen mit Meßuhren und Feinzeigern .....
2.4.5	Messen mit Endmaßen .....
2.5	Indirekte Langenmessung .....
2.5.1	Pneumatische Langenmessung .....
2.5.2	Elektrische Längenmessung .....
2.6	Lehren .....
2.6.1	Formlehren .....
2.6.2	Maßlehren .....
2.6.3	Grenzlehren .....
<b>3</b>	<b>Prüfen von Winkeln .....</b>
3.1	Maßsystem und Einheiten .....
3.2	Messen von Winkeln .....
3.3	Lehren von Winkeln .....
<b>4</b>	<b>Prüfung der Rauheit von Oberflächen .....</b>
4.1	Rauheitskenngroßen .....
4.1.1	Gemittelte Rauhtiefe $R_a$ .....
4.1.2	Mittenerauhwert $R_g$ .....
4.2	Verfahren zur Prüfung der Rauheit .....
4.2.1	Prüfen mit Tastschnitengeräten .....
4.2.2	Prüfen durch Vergleich mit Oberflächenmustern .....
4.3	Angabe der Oberflächenbeschaffenheit in Zeichnungen .....
4.4	Fertigungsverfahren und Oberflächenbeschaffenheit .....
<b>5</b>	<b>Prüfen von Gewinden .....</b>
5.1	Lehren von Gewinden .....
5.2	Messen von Gewinden .....
<b>6</b>	<b>Meßabweichungen .....</b>
6.1	Größe der Meßabweichung .....
6.2	Arten von Meßabweichungen .....
6.3	Ursachen von Meßabweichungen .....
<b>7</b>	<b>Auswahl von Prüfverfahren und Prüfgeräten .....</b>
<b>8</b>	<b>Passungen und Prüfen von Paßmaßen .....</b>
8.1	Bedeutung der Passungen .....
8.2	Begriffe und Maße bei Passungen .....
8.3	ISO-Normen für Maß- und Passungsangaben .....
8.4	Passung, Spiel und Übermaß ....M
8.5	Einteilung der Passungen .....
8.6	Passungssysteme .....
8.7	Passungsnormen .....

  

<b>Fertigungstechnik</b>	
<b>8.8</b>	<b>Auswahl und Darstellung von Passungen (Arbeitsschritte) .....</b>
8.9	Lehren von Paßmaßen .....
<b>9</b>	<b>Form- und Lagetoleranzen und ihre Prüfung .....</b>
9.1	Toleranzzone .....
9.2	Formtoleranzen .....
9.3	Lagetoleranzen .....
9.4	Messen von Form- und Lageabweichungen .....
9.4.1	Symbolische Darstellung von Prüfeinrichtungen .....
9.4.2	Meßverfahren zum Messen von Form- und Lageabweichungen .....
<b>10</b>	<b>Einsatz numerisch gesteuerter Meßmaschinen .....</b>
10.1	Aufbau und Funktion von CNC-Meßmaschinen .....
10.1.1	Baueinheiten einer CNC-Meßmaschine .....
10.1.2	Koordinatensysteme .....
10.1.3	Statische und dynamische Meßwerterfassung .....
10.1.4	Meßtaster und ihre Kalibrierung .....
10.1.5	Steuerung von Meßabläufen .....
10.2	Software für CNC-Meßmaschinen .....
10.2.1	Standardsoftware .....
10.2.2	Sondersoftware .....
<b>1</b>	<b>Einteilung der Fertigungsverfahren .....</b>
<b>2</b>	<b>Vorbereitende Arbeiten zur Fertigung von Werkstücken .....</b>
2.1	Anreißen .....
2.2	Körnen .....
<b>3</b>	<b>Fertigungsverfahren des Trennens .....</b>
3.1	Grundbegriffe zum Zerteilen und Spanen ...
3.1.1	Keil als Werkzeugschneide .....
3.1.2	Kraft .....
3.1.3	Kräftezerlegung am Keil .....
3.1.4	Wahl eines geeigneten Keilwinkels für Werkzeuge .....
3.2	Zerteilen .....
3.2.1	Zerteilen durch Messerschneiden .....
3.2.2	Zerteilen durch Beißschneiden .....
3.2.3	Zerteilen durch Scherschneiden ....M
3.3	Spanen .....
3.3.1	Spanabhebende Wirkung des Keils .....
3.3.2	Winkel an der Werkzeugschneide beim Spanen .....
3.3.3	Spanen mit dem Meißel .....
3.3.4	Sagen .....
3.3.5	Feilen .....
3.3.6	Bohren .....
3.3.7	Berechnung von Schnittdaten beim Bohren ....M
3.3.8	Senken .....
3.3.9	Reiben .....
3.3.10	Gewindeherstellung .....
3.4	Spanendes Fertigen mit Dreh-, Fräse- und Schleifmaschinen .....
3.4.1	Technologische Grundbegriffe für maschinelle spanende Fertigungsverfahren .....
3.4.2	Schneidstoffe für maschinelles Zerspanen ..

3.4.3	Drehen .....	M	97	6.6.7	Überblick über alle Schweißverfahren	
3.4.4	Fräsen .....	M	113		zum Metallschweißen.....	213
3.4.5	Schleifen .....		128	6.6.8	Kunststoffschweißen .....	215
3.4.6	Arbeitsplanung einer Einzelanfertigung auf einer Werkzeugmaschine .....		136	6.7	Fügen durch Kleben .....	218
3.5	Abtragende Fertigungsverfahren .....		137	6.7.1	Vor- und Nachteile von Klebeverbindungen .....	218
3.5.1	Autogenes Brennschneiden .....		137	6.7.2	Vorgänge beim Kleben .....	219
3.5.2	Plasmuschneiden .....		141	6.7.3	Gestaltung von Klebeverbindungen .....	220
3.5.3	Trennen mit Laserstrahl .....		144	6.7.4	Schutzmaßnahmen beim Kleben .....	221
3.5.4	Funkenerosives Abtragen .....		146	6.7.5	Übersicht über Klebstoffe .....	221
4	<b>Fertigungsverfahren des Urformens .....</b>		149	6.8	Fügen durch Loten .....	222
4.1	Urformen von Metallen durch Gießen .....		149	6.8.1	Anwendung des Löten .....	222
4.2	Urformverfahren für Kunststoffe .....		153	6.8.2	Vorgänge beim Löten .....	222
4.3	Urformen durch Sintern .....		154	6.8.3	Lötverfahren .....	224
5	<b>Fertigungsverfahren des Umformens .....</b>		155	6.8.4	Gestaltung von Lötverbindungen .....	225
5.1	Einteilung der Umformverfahren .....		155	6.8.5	Lote und Flussmittel .....	225
5.2	Verhalten des Werkstoffs beim Umformen .....		156	7	<b>Arbeitssicherheit und Unfallschutz .....</b>	227
5.3	Biegen .....		157	7.1	Sicherheit beim Arbeiten an Werkzeugmaschinen .....	227
5.3.1	Vorgänge beim Biegen .....		157	7.1.1	Allgemeine Forderungen zum sicherheitsgerechten Verhalten .....	227
5.3.2	Biegeradius .....		158	7.1.2	Arbeitssicherheit bei speziellen Fertigungsverfahren .....	228
5.3.3	Berechnungen zum Biegen .....	M	159	7.2	Sicherheit beim Schweißen .....	229
5.3.4	Biegen von Blech .....		162	7.3	Schutzmaßnahmen beim Umgang mit Kuhlschmierstoffen .....	230
5.3.5	Biegen von Rohren .....		163	7.4	Maßnahmen bei Unfällen .....	230
5.4	Sicken, Bordein, Falzen .....		164	7.5	Sicherheitskennzeichnung .....	231
5.5	Tiefziehen .....	M	165	8	<b>Umweltschutz .....</b>	232
5.6	Schmieden .....		168			
5.6.1	Vorgänge beim Schmieden .....		168			
5.6.2	Schmiedeverfahren .....		169			
5.6.3	Volumen von Schmiedeteilen .....	M	171			
5.7	Fließpressen .....		172			
5.8	Richten .....		173			
5.8.1	Richten durch äußere Krafteinwirkung .....		173			
5.8.2	Richten durch Warmewirkung .....		173			
5.9	Umformverfahren für Kunststoffe .....		174			
5.9.1	Verhalten umgeformter Thermoplaste .....		174			
5.9.2	Blasen von Hohlkörpern .....		174			
5.9.3	Vakuumformen .....		174			
6	<b>Fertigungsverfahren des Fügens .....</b>		175			
6.1	Grundbegriffe .....		175			
6.1.1	Einteilung der Fügeverfahren .....		175			
6.1.2	Reibung .....	M	177			
6.2	Fügen mit Gewinden .....		178			
6.2.1	Gewinde .....		178			
6.2.2	Schrauben .....		182			
6.2.3	Berechnung des Drehmoments zum Anziehen von Schrauben .....	M	185			
6.3	Fügen mit Stiften und Bolzen .....		186			
6.3.1	Stifte .....		186			
6.3.2	Bolzen .....		188			
6.4	Fügen mit Paßfedern, Keilen und Profilformen .....		188			
6.4.1	Vergleich zwischen Paßfedererverbindung und Keilverbindung .....		188			
6.4.2	Formen von Paßfedern .....		189			
6.4.3	Formen von Keilen .....		189			
6.4.4	Fügen mit Profilformen .....		190			
6.5	Fügen mit Nieten .....		191			
6.5.1	Nietverbindungen .....		191			
6.5.2	Nietformen und Nietwerkstoffe .....		192			
6.6	Fügen durch Schweißen .....		193			
6.6.1	Einteilung der Schweißverfahren .....		193			
6.6.2	Schweißverbindungen .....		194			
6.6.3	Gasschmelzschweißen .....		195			
6.6.4	Lichtbogenschmelzschweißen .....		199			
6.6.5	Gefügeänderungen beim Metallschweißen .....		211			
6.6.6	Fehler beim Metallschweißen.....		211	3.4.1	Einteilung von Stählen .....	264

3.4.2	Normung von Stählen .....	265	9.2.1	Aufbau von Schmierfetten .....	309
3.4.3	Stahlsorten .....	269	9.2.2	Klassifizierung .....	309
3.5	Eisen-Kohlenstoff-Gußwerkstoffe .....	270	9.3	Festschmierstoffe .....	310
3.5.1	Stahlguß .....	271	9.4	Schneidole und Kühlemulsion .....	310
3.5.2	Gußeisen .....	272	<b>10</b>	<b>Maschinenschaden</b> .....	311
3.5.3	Normbezeichnung von Fe-C-Gußwerkstoffen .....	274	10.1	Verschleiß .....	311
<b>4</b>	<b>Nichteisenmetalle</b> .....	275	10.1.1	Einflußgrößen auf Verschleiß .....	311
4.1	Aluminium und Aluminiumlegierungen .....	275	10.1.2	Verschleißmechanismen .....	312
4.1.1	Aluminiumgewinnung .....	275	10.1.3	Verschleißarten .....	313
4.1.2	Eigenschaften und Verwendung .....	276	10.1.4	Verschleiß bei Gleiten, Rollen und Wälzen ..	313
4.1.3	Normbezeichnungen .....	277	10.1.5	Verschleiß durch strömende Medien ..	315
4.2	Kupfer und Kupferlegierungen .....	278	10.2	Maschinenbruch .....	316
4.2.1	Eigenschaften und Verwendung von Kupfer .....	278	10.2.1	Gewaltbruch .....	316
4.2.2	Kupferlegierungen .....	278	10.2.2	Dauerbruch .....	317
<b>5</b>	<b>Sinterwerkstoffe</b> .....	280	<b>11</b>	<b>Werkstoffprüfung</b> .....	319
5.1	Herstellung von Sinterteilen aus Metallpulvern .....	280	11.1	Mechanische Prüfverfahren .....	319
5.1.1	Pulvererzeugung .....	280	11.1.1	Zugversuch .....	M 319
5.1.2	Formgebung durch Kaltpressen .....	281	11.1.2	Harteprüfung .....	M 321
5.1.3	Sinterung .....	282	11.1.3	Kerbschlag-Biegeversuch .....	323
5.1.4	Nachbehandlung .....	282	11.2	Technologische Prüfverfahren .....	324
5.2	Sintermetalle .....	283	11.2.1	Ausbreitprobe .....	324
5.2.1	Arten, Eigenschaften und Verwendung .....	283	11.2.2	Faltversuch .....	324
5.2.2	Spanende Bearbeitung von Sintermetallen .....	284	11.2.3	Tiefungsversuch nach Erichsen .....	324
5.2.3	Normung .....	285	11.3	Metallographische Prüfverfahren .....	324
5.3	Hartmetalle .....	285	11.3.1	Mikroskopische Untersuchungsverfahren ..	324
5.3.1	Aufbau von Hartmetallen .....	285	11.3.2	Makroskopische Untersuchungsverfahren ..	325
5.3.2	Eigenschaften und Verwendung von Hartmetallen .....	286	11.4	Zerstörungsfreie Prüfverfahren .....	325
5.4	Keramische Werkstoffe .....	287	11.4.1	Prüfung mit Rontgenstrahlen .....	325
5.4.1	Erzeugung keramischer Werkstoffe .....	287	11.4.2	Prüfung nach Kapillar-Verfahren .....	326
5.4.2	Eigenschaften und Verwendung keramischer Werkstoffe .....	288	11.4.3	Prüfung mit Magnetpulver .....	326
5.4.4	Eigenschaften und Verwendung keramischer Werkstoffe .....	288	11.4.4	Prüfung mit Ultraschall .....	327
5.4.5	Eigenschaften und Verwendung keramischer Werkstoffe .....	288	11.5	Dauerfestigkeitsprüfung .....	327
5.4.6	Eigenschaften und Verwendung keramischer Werkstoffe .....	288	11.5.1	Dauerschwingfestigkeit .....	327
5.4.7	Eigenschaften und Verwendung keramischer Werkstoffe .....	288	11.5.2	Wöhlerversuch .....	328
<b>6</b>	<b>Verbundwerkstoffe</b> .....	289			
6.1	Einteilung .....	289			
6.2	Aufbau .....	289			
<b>7</b>	<b>Korrosion und Korrosionsschutz</b> .....	291			
7.1	Korrosion .....	291			
7.1.1	Chemische Korrosion .....	291	<b>1</b>	<b>Energie, Stoff, Information</b> .....	329
7.1.2	Elektrochemische Korrosion .....	292	1.1	Energie und Energieumsetzung .....	329
7.2	Korrosionsschutz .....	293	1.1.1	Arbeit .....	M 329
7.2.1	Korrosionsschutz bei chemische Korrosion .....	293	1.1.2	Leistung .....	M 330
7.2.2	Korrosionsschutz bei elektrochemischer Korrosion .....	294	1.1.3	Energie .....	331
<b>8</b>	<b>Kunststoffe</b> .....	294	1.1.4	Wirkungsgrad .....	M 332
8.1	Einteilung der Kunststoffe .....	295	1.2	Stoff und Stoffumsetzung .....	333
8.1.1	Einteilung nach dem Molekülaufbau .....	295	1.2.1	Stoff .....	333
8.1.2	Einteilung nach der Struktur und dem thermischen Verhalten .....	295	1.2.2	Stoffumsetzungen .....	M 333
8.1.3	Einteilung nach der Art der Erzeugung .....	297	1.3	Information und Informationsumsetzung .....	335
8.2	Kunststoffe durch Polymerisation .....	297	<b>2</b>	<b>Systeme zur Umsetzung von Energie, Stoff und Information</b> .....	338
8.2.1	Polymerisationsvorgang .....	297	2.1	Systemtechnische Grundlagen .....	338
8.2.2	Polymerate .....	297	2.1.1	Technisches System .....	338
8.3	Kunststoffe durch Polykondensation .....	300	2.1.2	Unterteilung innerhalb eines technischen Systems .....	339
8.3.1	Polykondensationsvorgang .....	300	2.1.3	Funktionen von Einrichtungen .....	340
8.3.2	Polykondensate .....	301	2.1.4	Funktionen von Gruppen .....	340
8.4	Kunststoffe durch Polyaddition .....	303	2.2	Systeme zum Energieumsatz .....	343
8.4.1	Polyadditionsvorgang .....	303	2.2.1	Kraftwerke .....	343
8.4.2	Polyaddukte .....	304	2.2.2	Kraftmaschinen .....	343
8.5	Unterscheiden von Kunststoffen .....	305	2.3	Systeme zum Stoffumsatz .....	346
<b>9</b>	<b>Schmierstoffe</b> .....	306	2.3.1	Werkzeugmaschinen .....	346
9.1	Schmierole .....	306	2.3.2	Pumpen und Verdichter .....	347
9.1.1	Schmieröl-eigenschaften .....	306	2.4	Systeme zum Informationsumsatz .....	348
9.1.2	Erzeugung und Aufbau von Schmierölen .....	308	2.4.1	Informationsumsatz bei der industriellen Fertigung .....	348
9.2	Schmierfette .....	309	2.4.2	Meßsysteme .....	349
			2.4.3	Steuerungs- und Regelungssysteme .....	350
			2.4.4	Datenverarbeitungssysteme .....	351

<b>3</b>	<b>Funktionseinheiten des Maschinenbaus</b>	352	<b>6</b>	<b>Fertigungssysteme</b>	448
3.1	Einteilung der Funktionseinheiten	352	6.1	Einteilung von Fertigungssystemen	448
3.2	Funktionseinheiten zum Stützen und Tragen	M 352	6.2	Flexible Fertigungssysteme	451
3.2.1	Lager	354	6.2.1	Aufbau flexibler Fertigungssysteme	451
3.2.2	Gerafführungen	362	6.2.2	Stoff- und Informationsfluß in flexiblen Fertigungssystemen	452
3.2.3	Achsen	364	6.2.3	Vernetzung der Teilsysteme	453
3.3	Elemente und Gruppen zur Energieübertragung	365	6.2.4	Handhabungssysteme	455
3.3.1	Wellen	365	6.2.5	Transportssysteme	459
3.3.2	Kupplungen	368	6.2.6	Meß- und Überwachungssysteme	460
3.3.3	Getriebe und ihre Einteilung	373	6.3	CIM-Konzept	461
3.3.4	Berechnungsgrundlagen von Getrieben	M 374			
3.3.5	Zugmittelgetriebe	377			
3.3.6	Zahnradgetriebe	M 379			
3.3.7	Stufenlos verstellbare mechanische Getriebe	385			
<b>4</b>	<b>Festigkeitsberechnungen von Bauelementen</b>	M 387	<b>1</b>	<b>Grundlagen der Datenverarbeitung</b>	462
4.1	Grundlagen zur Festigkeitsberechnung von Bauelementen	387	<b>2</b>	<b>Arbeitsweise eines Computers</b>	463
4.1.1	Beanspruchungsarten	387	2.1	Dateneingabe	463
4.1.2	Belastungsarten	387	2.2	Datenaufbereitung durch Codieren	463
4.1.3	Zugbeanspruchung	M 388	2.3	Datentransport	464
4.1.4	Druckbeanspruchung	M 389	2.4	Datenverarbeitung im Computer	465
4.1.5	Scherbeanspruchung	M 390	2.5	Datenausgabe	467
4.2	Berechnungen	M 391	2.6	Datensicherung auf Massenspeichern	468
4.2.1	Berechnung von Schrauben	M 391	<b>3</b>	<b>Programmieren</b>	469
4.2.2	Berechnung von Stiften	M 393	3.1	Betriebssysteme und Programme	469
4.2.3	Berechnung von Federn	M 394	3.2	Grundlagen für die Programmierung	469
4.2.4	Berechnung von Klebeverbindungen	M 395	3.2.1	Programmablaufplan und Struktogramm	470
4.2.5	Berechnung von Lötverbindungen	M 395	3.2.2	Darstellung von Programmabläufen	471
<b>5</b>	<b>Baugruppen und ihre Montage</b>	396	3.3	Programmieren in Turbo-PASCAL	473
5.1	Grundlagen	396	3.3.1	Steuerkommandos	473
5.1.1	Baugruppen und ihre Funktionen	396	3.3.2	Programmaufbau	474
5.1.2	Gliederung des Montageprozesses	397	3.3.3	Reservierte Wörter und Standardbezeichner	474
5.1.3	Montagetätigkeiten	399	3.3.4	Anweisungen in Turbo-PASCAL	478
5.2	Fügen im Montageprozeß	400	3.3.5	Turbo-PASCAL-Programme	479
5.2.1	Fügen durch Schrauben	M 400			
5.2.2	Fügen durch An- und Einpressen	M 407			
5.2.3	Fügen durch Schweißen	416			
5.3	Prüfen im Montageprozeß	419			
5.3.1	Abnahmeprüfungen von Maschinen	422			
5.3.2	Prüfungen in der maschinellen Montage	423			
5.4	Handhaben in Montageprozessen	425			
5.4.1	Handhabungsfunktionen zum Sichern	425			
5.4.2	Handhabungsfunktionen zum Bewegen	426			
5.4.3	Handhabungsfunktionen zum Verändern der Menge	427			
5.4.4	Handhabungsfunktionen zum Speichern	428			
5.4.5	Handhabungsfunktionen zum Kontrollieren	428			
5.4.6	Handhabungseinrichtungen	429			
5.5	Sondertätigkeiten im Montageprozeß	431			
5.5.1	Justieren	431			
5.5.2	Auswuchten	435			
5.6	Gestaltung von Montageplätzen	437			
5.6.1	Gestaltung manueller und teilautomatisierter Montageplätze	437			
5.6.2	Verkettung von Montageplätzen	438			
5.6.3	Menschengerechte Gestaltung von Montageplätzen	439			
5.6.4	Betrieblicher Arbeitsschutz	441			
5.7	Instandhaltung von Baugruppen	443			
5.7.1	Grundbegriffe	443			
5.7.2	Wartung, Inspektion und Instandsetzung	444			
5.7.3	Schmierung	446			

## Informationstechnik

<b>1</b>	<b>Grundlagen der Datenverarbeitung</b>	462
<b>2</b>	<b>Arbeitsweise eines Computers</b>	463
2.1	Dateneingabe	463
2.2	Datenaufbereitung durch Codieren	463
2.3	Datentransport	464
2.4	Datenverarbeitung im Computer	465
2.5	Datenausgabe	467
2.6	Datensicherung auf Massenspeichern	468
<b>3</b>	<b>Programmieren</b>	469
3.1	Betriebssysteme und Programme	469
3.2	Grundlagen für die Programmierung	469
3.2.1	Programmablaufplan und Struktogramm	470
3.2.2	Darstellung von Programmabläufen	471
3.3	Programmieren in Turbo-PASCAL	473
3.3.1	Steuerkommandos	473
3.3.2	Programmaufbau	474
3.3.3	Reservierte Wörter und Standardbezeichner	474
3.3.4	Anweisungen in Turbo-PASCAL	478
3.3.5	Turbo-PASCAL-Programme	479

## Grundlagen der CNC-Technik

<b>1</b>	<b>CNC-Werkzeugmaschinen</b>	481
1.1	Datenfluß in CNC-Maschinen	481
1.2	Lageregelung an CNC-Maschinen	482
1.3	Steuerungsarten an Werkzeugmaschinen	483
<b>2</b>	<b>Grundlagen zur manuellen Programmierung</b>	484
2.1	Arbeitsablauf beim manuellen Programmieren	484
2.2	Koordinatensystem	485
2.3	Wahl des Werkstücknullpunktes	486
2.4	Bemaßungsarten für die Programmierung	486
2.5	Programmierung von Bahnbewegungen	487
2.6	Programmierung von Schaltinformationen	490
2.7	Zusammenstellung von Programmdaten zu Sätzen	490
<b>3</b>	<b>Programmieren zur Fertigung von Drehteilen</b>	492
3.1	Programmieren der Weginformation beim Drehen	492
3.1.1	Koordinatensysteme	492
3.1.2	Nullpunkte und Bezugspunkte	492
3.1.3	Drehteile mit geradliniger Kontur	493
3.1.4	Drehteile mit kreisförmiger Kontur	493
3.2	Programmierung von Werkzeugdaten	495
3.2.1	Werkzeuge und Werkzeugmaße	495
3.2.2	Schneidenradiuskompenstation	496
3.3	Drehzyklen	497

<b>4</b>	<b>Programmieren zur Fertigung</b>	
<b>4.1</b>	<b>von Frästeilen</b>	<b>498</b>
4.1.1	Programmieren von Weginformationen beim Fräsen	498
4.1.2	Achsrichtungen bei Fräsarbeiten	498
4.1.3	Bahnsteuerung beim Fräsen	499
4.1.4	Maschinennullpunkt und Referenzpunkt	500
4.1.5	Werkstücknullpunkt	500
4.2	Werkzeugbahnnkorrekturen	501
4.2.1	Programmierhilfen	502
4.2.2	Zyklen beim Fräsen	502
4.2.3	Manipulation von Programmteilen	503
4.2.4	Unterprogramme	504
4.2.5	Einbau von Unterprogrammen und Zyklen in Hauptprogramme	505
4.3	Programmieren von Schaltinformationen	505
4.3.1	Programmieren von Schnittdaten	505
4.3.2	Programmieren der Werkzeugdaten	506
<b>5</b>	<b>Werkstückspannsysteme</b>	<b>507</b>
5.1	Paletten als Spannungsenträger	508
5.2	Rasterspannsysteme nach dem Baukastenprinzip	508
5.3	Planung der Aufspannung	509
<b>6</b>	<b>Steuerung einer CNC Maschine über das Bedienfeld</b>	<b>510</b>
<b>7</b>	<b>Planung, Programmierung, Programmerprobung und Programmspeicherung</b>	<b>512</b>
7.1	Erprobung und Optimierung von NC-Programmen	513
7.2	Werkzeugüberwachungssysteme	515
<b>8</b>	<b>CNC-Technik im Rahmen moderner Fertigung</b>	<b>516</b>

## Steuerungs- und Regelungstechnik

<b>1</b>	<b>Grundlagen für pneumatische und hydraulische Steuerungen</b>	<b>517</b>
1.1	Physikalische Grundlagen	517
1.1.1	Druck	M 517
1.1.2	Kolbenkraft	M 519
1.2	Bildzeichen und Schaltpläne in der Fluidtechnik	520
1.2.1	Zeichnerische Darstellung von Wegeventilen	520
1.2.2	Kennzeichnung der Anschlüsse von Ventilen	521
1.2.3	Aufbau von Schaltplänen in der Fluidtechnik	521
1.2.4	Bildzeichen in der Fluidtechnik	523
<b>2</b>	<b>Pneumatik</b>	<b>526</b>
2.1	Einheiten zur Bereitstellung der Druckluft	526
2.1.1	Verdichter (Kompressoren)	526
2.1.2	Druckluft und Luftfeuchtigkeit	527
2.1.3	Druckluftverteilung	528
2.1.4	Aufbereitung der Druckluft	528
2.2	Arbeitseinheiten in der Pneumatik	529
2.2.1	Aufbau von Pneumatikzylindern	529
2.2.2	Dämpfung	530
2.2.3	Befestigungsarten	530
2.2.4	Kriterien für die Auswahl von Pneumatikzylindern	531
2.2.5	Sonderformen von Pneumatikzylindern	531
2.3	Einheiten zum Steuern der Druckluft	532
2.3.1	Bauformen pneumatischer Wegeventile	532
2.3.2	Bauformen pneumatischer Sperrventile und Stromventile	536
<b>3</b>	<b>Bauformen pneumatischer Druckventile</b>	<b>538</b>
2.4	Pneumatische Steuerungen	539
2.4.1	Grundschaltungen	539
2.4.2	Grundsteuerungen	540
2.4.3	Steuerungsplanung	542
2.4.4	Pneumatische Verknüpfungssteuerungen	547
2.4.5	Pneumatische Ablaufsteuerungen	551
<b>3</b>	<b>Elektropneumatik</b>	<b>554</b>
3.1	Bauteile in elektropneumatischen Anlagen	554
3.1.1	Magnetventil	554
3.1.2	Druckschalter	555
3.1.3	Schutzbeschaltung	556
3.1.4	Schutzzarten	556
3.1.5	Auswahlkriterien für Magnetventile	557
3.1.6	Grenztaster	557
3.1.7	Schütz und Relais	558
3.1.8	Schaltzeichen für elektrische Bauteile	558
3.2	Elektropneumatische Steuerungen	559
3.2.1	Pneumatikschaltplan und Stromlaufplan	559
3.2.2	Signale in elektropneumatischen Steuerungen	560
3.2.3	Elektropneumatische Grundsteuerungen	561
3.2.4	Verknüpfungs- und Ablaufsteuerungen in der Elektropneumatik	564
<b>4</b>	<b>Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)</b>	<b>566</b>
4.1	Steuerungstechnische Grundlagen	566
4.1.1	Merkmale von VPS und SPS	566
4.1.2	Logikpläne von Steuerungen	567
4.1.3	Funktionsplan	568
4.2	Geratetechnischer Aufbau der SPS (Hardware)	571
4.2.1	Programmiergeräte	571
4.2.2	Programmspeicher	572
4.2.3	Automatisierungsgerät	572
4.3	Arbeitsweise der SPS	573
4.4	Programmieren von speicherprogrammierbaren Steuerungen	575
4.4.1	Anweisungsliste (AWL)	575
4.4.2	Kontaktplan (KOP) und Funktionsplan (FUP)	577
4.4.3	Grundverknüpfungen in der SPS	578
4.4.4	Kombinierte Verknüpfungen in der SPS	579
4.4.5	Ablaufsteuerungen in der SPS	581
4.5	Beispiel für die Steuerung einer Bohrvorrichtung	583
<b>5</b>	<b>Inbetriebnahme, Wartung und Fehlersuche in Steuerungen</b>	<b>586</b>
5.1	Inbetriebnahme von Steuerungen	586
5.2	Wartung von pneumatischen Steuerungen	587
5.3	Fehlersuche in pneumatischen Steuerungen	589
<b>6</b>	<b>Hydraulik</b>	<b>590</b>
6.1	Leistungsumwandlung und Leistungübertragung in der Hydraulik	590
6.2	Physikalische Grundlagen	591
6.2.1	Druck	M 591
6.2.2	Volumenstrom	M 591
6.2.3	Hydraulische Leistung	M 591
6.2.4	Durchflußgesetz	M 592
6.2.5	Strömung von Flüssigkeiten	593
6.2.6	Kavitation	593
6.2.7	Viskosität	594
6.2.8	Wirkungsgrad	594
6.3	Meßtechnische Grundlagen	595
6.3.1	Genauigkeitsklassen von Meßgeräten	595

6.3.2	Messen des Druckes .....	596
6.3.3	Messen des Volumenstromes .....	596
6.3.4	Beispiel für die Anordnung von Meßstellen .....	597
6.3.5	Volumenstrom-Druck-Diagramm ( $q_v$ -p-Diagramm) .....	M 598
6.4	Aufbau und Wirkungsweise einer Hydraulikanlage .....	599
6.4.1	Aufbau einer Hydraulikanlage .....	599
6.4.2	Vergleich zwischen Pneumatik- und Hydraulikanlagen .....	600
6.4.3	Hydraulikanlage als technisches System .....	600
6.5	Teilsystem zur Leistungswandlung und Leistungsbereitstellung (Antriebsaggregat) .....	601
6.5.1	Hydropumpen .....	601
6.5.2	Druckbegrenzungsventil .....	603
6.5.3	Druckflüssigkeitsbehälter .....	604
6.5.4	Druckflüssigkeiten .....	605
6.5.5	Filter .....	606
6.5.6	Hydrospeicher .....	607
6.6	Teilsystem zur Leistungsübertragung .....	607
6.6.1	Leitungen und Verbindungen .....	607
6.6.2	Wegeventile .....	609
6.6.3	Sperrventile .....	610
6.6.4	Druckventile .....	610
6.6.5	Stromventile .....	611
6.7	Teilsystem zur Leistungswandlung (Motorgruppe) .....	613
6.7.1	Hydraulikzylinder (Linearmotor) .....	613
6.7.2	Hydraulikmotor (Rotationsmotor) .....	615
6.8	Grundsteuerungen in der Hydraulik .....	616
6.8.1	Richtungssteuerung durch Wegeventile .....	616
6.8.2	Geschwindigkeitssteuerung .....	617
6.8.3	Eilgang-Vorschub-Steuerung .....	618
7	<b>Regelungstechnik</b> .....	619
7.1	Unterscheidung Steuern – Regeln .....	619
7.2	Funktionseinheiten und Größen im Regelkreis .....	620
7.3	Arten von Reglern .....	621
7.3.1	Unstetige Regler .....	621
7.3.2	Stetige Regler .....	622

## Elektrotechnik

1	<b>Wirkungen und Einsatz elektrischer Energie</b> .....	623
2	<b>Physikalische Grundlagen</b> .....	624
2.1	Elektrische Ladung .....	624
2.2	Strom .....	625
2.3	Spannung .....	626
2.4	Stromkreis .....	627
2.5	Messung von Strom und Spannung .....	627
2.6	Leiter – Halbleiter – Nichtleiter .....	628
2.7	Elektrischer Widerstand .....	M 629
2.8	Ohmsches Gesetz .....	M 630
3	<b>Grundschatungen</b> .....	631
3.1	Reihenschaltung .....	M 631
3.2	Parallelschaltung .....	M 632
4	<b>Schaltzeichen für elektrische Bauelemente und Schaltpläne</b> .....	633
4.1	Bauteile in der Elektrotechnik .....	633
4.2	Schaltpläne .....	633
4.3	Auswahl genormter Schaltzeichen .....	634
5	<b>Technische Nutzung des elektrischen Stromes</b> .....	635
5.1	Elektrische Leistung und elektrische Arbeit .....	M 635
5.2	Wärmewirkung des elektrischen Stromes ...	635
5.2.1	Grundlagen .....	635

5.2.2	Anwendung der Wärmewirkung des elektrischen Stromes in der Metalltechnik ..	636
5.3	Chemische Wirkung des elektrischen Stromes .....	636
5.3.1	Grundlagen der Galvanotechnik .....	636
5.3.2	Grundlagen chemischer Abtragverfahren ...	637
5.4	Magnetische Wirkung des elektrischen Stromes .....	637
5.4.1	Grundlagen .....	637
5.4.2	Anwendung des Elektromagnetismus .....	639
6	<b>Maßnahmen zur Unfallverhütung</b> .....	644
6.1	Gefährliche Wirkungen des elektrischen Stromes und allgemeine Schutzmaßnahmen ..	644
6.1.1	Gefährliche Wirkungen des elektrischen Stromes .....	644
6.1.2	Allgemeine Schutzmaßnahmen .....	645
6.2	Leitungs- und Geräteschutzeinrichtungen ...	645
6.2.1	Leitungsquerschnitte nach DIN VDE 0100 ...	645
6.2.2	Schmelzsicherungen .....	646
6.2.3	Schutzschalter .....	646
6.3	Schutzmaßnahmen gegen gefährliche Körperströme .....	647
6.3.1	Schutzisolierung .....	647
6.3.2	Schutzkleinspannung .....	647
6.3.3	Schutzerzung .....	648
6.3.4	Fehlerstromschutzschalter .....	648
6.4	Kennzeichnung elektrische Geräte und Schutzsymbole .....	648
7	<b>Funktionseinheiten in elektrotechnischen Einrichtungen</b> .....	649
7.1	Funktionseinheiten zum Steuern elektrischer Energie .....	649
7.1.1	Schalter .....	649
7.1.2	Schaltgeräte zum Schutz von Menschen und Anlagen .....	650
7.1.3	Sensorsysteme .....	651
7.2	Funktionseinheiten zum Leiten .....	654
7.2.1	Leitungen .....	654
7.2.2	Steckverbindungen .....	655
7.3	Elektrische Antriebssysteme .....	655
7.3.1	Kenngrößen von Elektromotoren .....	656
7.3.2	Gleichstrommotoren .....	657
7.3.3	Wechselstrom- und Drehstrommotoren .....	658
7.3.4	Schrittmotoren .....	663

## Fächerübergreifende Übungen

1	Prüfen eines Lagerblocks .....	664
2	Spanen mit vorwiegend handwerklichen Verfahren .....	665
3	Fertigen auf Werkzeugmaschinen .....	667
4	Biegen einer Rohrschelle .....	669
5	Fügen eines Schraubstocks .....	670
6	Prüfen von Werkstoffeigenschaften .....	671
7	Auswahl von Werkstoffen .....	673
8	Energieumsatz am technischen System Bohrmaschine .....	674
9	Erstellung eines Programms .....	675
10	Fertigungsplanung für die Fertigung auf CNC-Werkzeugmaschinen .....	676
11	Entwurf und Test einer pneumatischen Steuerung .....	677
12	Entwurf und Test einer Steuerung in Elektropneumatik und SPS-Technik .....	679
13	Signalanlage .....	680

<b>Sachwortverzeichnis</b> .....	681
<b>Quellenverzeichnis</b> .....	681