

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	11	8.5	Einteilung der Passungen	43
		8.6	Passungssysteme	44
		8.7	Passungsnormen	45
Prüftechnik, Qualitätsmanagement		8.8	Auswahl von Passungen	46
		8.9	Lehren von Passmaßen	47
1 Grundbegriffe	15	9	Form- und Lagetoleranzen und ihre Prüfung	48
1.1 Bedeutung des Prüfens in der Fertigung ..	15	9.1	Toleranzzone	48
1.2 Subjektives und objektives Prüfen	15	9.2	Formtoleranzen	49
1.3 Grundgrößen (Basisgrößen) und ihre Einheiten (Basiseinheiten)	M 16	9.3	Lagetoleranzen	49
1.4 Formelzeichen	16	9.4	Messen von Form- und Lageabweichungen	51
1.5 Prüfverfahren: Messen und Lehren	17	9.4.1	Symbolische Darstellung von Prüfeinrichtungen	51
2 Prüfen von Längen	17	9.4.2	Messverfahren zum Messen von Form- und Lageabweichungen	51
2.1 Maßsysteme und Einheiten	17	10	Qualitätsmanagement	53
2.2 Höchstmaß – Mindestmaß – Toleranz	M 18	10.1	Einleitung	53
2.3 Begriffe der Längenmesstechnik	19	10.2	Einflussgrößen auf Qualität	54
2.4 Direkte Längenmessung	20	10.3	Qualitätssicherungsnormen	55
2.4.1 Messen mit Strichmaßen	20	10.4	Qualitätssicherung in der Produktplanung	56
2.4.2 Messen mit Messschiebern	21	10.5	Qualitätssicherung in der Entwicklung	56
2.4.3 Messen mit Messschrauben	23	10.6	Qualitätssicherung in der Prozessplanung	57
2.4.4 Messen mit Messuhren und Feinzeigern ..	25	10.6.1	Fertigungsplanung	57
2.4.5 Messen mit Endmaßen	26	10.6.2	Prüfplanung	59
2.5 Indirekte Längenmessung	27	10.7	Qualitätssicherung in der Fertigung	61
2.5.1 Pneumatische Längenmessung	27	10.7.1	Maschinen- und Prozessfähigkeit	61
2.5.2 Elektrische Längemessung	28	10.7.2	Prozessüberwachung	61
2.6 Lehren	29	10.7.3	Fehlerdatenerfassung	63
2.6.1 Formlehren	29			
2.6.2 Maßlehren	29			
2.6.3 Grenzlehren	29			
3 Prüfen von Winkeln	30			
3.1 Messen von Winkeln	30			
3.2 Lehren von Winkeln	31			
Fertigungstechnik				
4 Prüfung der Rauheit von Oberflächen	32	1	Einteilung der Fertigungsverfahren	65
4.1 Oberflächenkenngrößen	32	2	Vorbereitende Arbeiten zur Fertigung von Werkstücken	67
4.1.1 Rauheitskenngroß Rz	32	2.1	Anreißen	67
4.1.2 Rauheitskenngroße Ra	33	2.2	Körnen	69
4.2 Verfahren zur Prüfung der Rauheit	33	3	Fertigungsverfahren des Trennens	70
4.2.1 Prüfen mit Tastschnittgeräten	33	3.1	Grundbegriffe zum Zerteilen und Spanen	71
4.2.2 Prüfen durch Vergleich mit Oberflächenmustern	33	3.1.1	Keil als Werkzeugschneide	71
4.3 Angabe der Oberflächenbeschaffenheit in Zeichnungen	34	3.1.2	Kraft	71
4.4 Fertigungsverfahren und Oberflächenbeschaffenheit	34	3.1.3	Kräftezerlegung am Keil	73
5 Prüfen von Gewinden	35	3.1.4	Keilwinkel zur Bearbeitung unterschiedlicher Werkstoffe	74
5.1 Lehren von Gewinden	35	3.2	Zerteilen	75
5.2 Messen von Gewinden	36	3.2.1	Zerteilen durch Messerschneiden	75
6 Messabweichungen	37	3.2.2	Zerteilen durch Beißschneiden	76
6.1 Größe der Messabweichung	37	3.2.3	Zerteilen durch Scherschneiden	M 77
6.2 Arten von Messabweichungen	M 37	3.2.3.1	Grundlagen	77
6.3 Ursachen von Messabweichungen	37	3.2.3.2	Blechscheren	78
7 Auswahl von Prüfverfahren und Prüfgeräten	39	3.2.3.3	Schneidwerkzeuge	79
		3.2.3.4	Schneidverfahren	80
		3.2.3.5	Scherkraft	81
8 Passungen und Prüfen von Passmaßen	40	3.3	Spanen	82
8.1 Bedeutung der Passungen	40	3.3.1	Spanabnehmende Wirkung des Keils	83
8.2 Begriffe und Maße bei Passungen	40	3.3.2	Winkel an der Werkzeugschneide	83
8.3 ISO-Normen für Maß- und Passungsangaben	M 41	3.3.3	Spanen mit dem Meißel	84
8.4 Passung, Spiel und Übermaß	M 43	3.3.4	Sägen	86
		3.3.5	Feilen	88

3.3.6	Bohren	91	5	Fertigungsverfahren des Umformens	172	
3.3.7	Berechnung von Schnittdaten zum BohrenM	95	5.1	Verhalten des Werkstoffs beim Umformen	173	
3.3.8	Senken	96	5.2	Übersicht über Umformverfahren	174	
3.3.9	Reiben	97	5.3	Biegen	175	
3.3.10	Gewindeschneiden	99	5.3.1	Vorgänge beim Biegen	175	
3.4	Fertigen mit Werkzeugmaschinen	103	5.3.2	Biegeradius	176	
3.4.1	Technologische Grundbegriffe	103	5.3.3	Biegen von Blech	177	
3.4.1.1	Eingangsgrößen	103	5.3.4	Biegen von Rohren	178	
3.4.1.2	Ausgangsgrößen	106	5.4	Sicken, Bördeln, Falzen	179	
3.4.2	Schneidstoffe für maschinelles Spanen	107	5.5	Richten	180	
3.4.2.1	Schnellarbeitsstähle	107	5.5.1	Richten durch äußere Krafteinwirkung	180	
3.4.2.2	Hartmetalle	107	5.5.2	Richten durch Wärmewirkung	181	
3.4.2.3	Polykristalliner Diamant (PKD)	108	5.6	Schmieden	182	
3.4.2.4	Keramische Schneidstoffe	108	5.6.1	Vorgänge beim Schmieden	182	
3.4.2.5	Normung von Wendeschneidplatten	109	5.6.2	Schmiedeverfahren	183	
3.4.3	Übersicht über maschinelle Fertigungsverfahren	110	5.7	Übersicht über weitere Umformverfahren	185	
3.4.4	Drehen	M	5.8	Berechnungen zum Umformen	M	186
3.4.4.1	Einteilung der Drehverfahren	112	5.8.1	Berechnung von gestreckten Längen	M	186
3.4.4.2	Drehmaschinen	113	5.8.2	Berechnung von Blechbedarf und Verschnitt	M	188
3.4.4.3	Drehwerkzeuge	115	5.8.3	Berechnung von Schmiederohlängen	M	189
3.4.4.4	Spannen der Werkstücke	119				
3.4.4.5	Spezielle Drehverfahren	122	6	Fertigungsverfahren des Fügens	190	
3.4.4.6	Einflussgrößen auf die Oberflächenbeschaffenheit beim Drehen	124	6.1	Grundbegriffe	190	
3.4.4.7	Berechnungen zum Drehen	125	6.1.1	Einteilung der Fügeverfahren	190	
3.4.4.8	Bestimmung der Schnittwerte für einen Auftrag	129	6.1.2	Reibung	M	192
3.4.5	Fräsen	M	6.2	Fügen mit Gewinden	193	
3.4.5.1	Einteilung der Fräswerkverfahren	131	6.2.1	Kräfte am Gewinde	M	193
3.4.5.2	Vergleich wichtiger Fräswerkverfahren	132	6.2.2	Gewindearten	196	
3.4.5.3	Fräswerkzeuge	133	6.2.3	Schrauben	199	
3.4.5.4	Fräsmaschinen	137	6.2.4	Berechnung des Drehmomentes zum Anziehen von Schrauben	M	202
3.4.5.5	Spannen der Werkstücke	138	6.3	Fügen mit Stiften und Bolzen	203	
3.4.5.6	Bestimmen von Arbeitsgrößen beim Fräsen	139	6.3.1	Stifte	203	
3.4.5.7	Arbeitsplan zur Auswahl von Fräswerkzeugen und Bestimmung von Einstellgrößen	143	6.3.2	Bolzen	205	
3.4.5.8	Teilen	144	6.4	Fügen mit Passfedern, Keilen und Profilformen	205	
3.4.5.9	Werkzeugverschleiß und Werkstückfehler	146	6.4.1	Vergleich zwischen Passfeder- und Keilverbindung	205	
3.4.5.10	Kühlenschmierstoffe	147	6.4.2	Formen von Passfedern	206	
3.4.6	Schleifen	150	6.4.3	Formen von Keilen	206	
3.4.6.1	Schleifwerkzeuge – Aufbau	150	6.4.4	Fügen mit Profilformen	207	
3.4.6.2	Schleifwerkzeuge – Einsatzbedingungen, Normung	152	6.5	Fügen mit Nieten	208	
3.4.6.3	Arbeitsverfahren auf Schleifmaschinen	155	6.5.1	Nietverbindung	208	
3.4.6.4	Schnittbedingungen und Oberflächenbeschaffenheit beim Schleifen	156	6.5.2	Nietformen und Nietwerkstoffe	209	
3.4.6.5	Schleifmaschinen	157	6.6	Fügen durch Schweißen	210	
3.4.7	Honen und Läppen	158	6.6.1	Einteilung der Schweißverfahren	210	
3.4.8	Abtragen	160	6.6.2	Schweißverbindungen	211	
3.4.8.1	Thermisches Abtragen	160	6.6.3	Gasschmelzschweißen	212	
3.4.8.2	Chemisches Abtragen	161	6.6.4	Lichtbogenschmelzschweißen	216	
3.4.8.3	Elektrochemisches Abtragen	161	6.6.5	Schweißstrom	216	
4	Fertigungsverfahren des Umformens	162	6.6.6	Lichtbogenhandschweißen, Kennziffer 111	219	
4.1	Gießen	163	6.6.7	Schutzgassschweißen	222	
4.1.1	Arten von Formen	163		Gefügeänderungen beim Metallschweißen	228	
4.1.2	Physikalische Grundlagen des Gießens	164		Fehler beim Metallschweißen	228	
4.1.3	Handformverfahren zum Herstellen von Sandformen	166		Überblick über die Schweißverfahren zum Metallschweißen	230	
4.1.4	Vollformgießverfahren	168		Fügen durch Kleben	232	
4.1.5	Maskenformverfahren	168		Vor- und Nachteile von Klebeverbindungen	232	
4.1.6	Feingussformverfahren (Wachsaußschmelzverfahren)	168		Vorgänge beim Kleben	233	
4.1.7	Druckgießverfahren	169		Gestaltung von Klebeverbindungen	234	
4.2	Urformverfahren für Kunststoffe	170		Schutzmaßnahmen beim Kleben	235	
4.2.1	Spritzgießen	170		Übersicht über Klebstoffe	235	
4.2.2	Pressen	171		Fügen durch Löten	236	
4.2.3	Extrudieren	171		Anwendung des Lötzens	236	
4.3	Urformen durch Sintern	171		Vorgänge beim Löten	236	
				Lötverfahren	238	
				Gestaltung von Lötverbindungen	239	
				Lote und Flussmittel	239	

7	Beschichten	241	4	Nichteisenmetalle	294
7.1	Beschichten durch Anstreichen	241	4.1	Aluminium und Aluminiumlegierungen ..	294
7.2	Beschichten durch Verzinken	241	4.1.1.	Aluminiumgewinnung	294
7.3	Beschichten durch Galvanisieren	243	4.1.2.	Eigenschaften und Verwendung	295
7.4	Beschichten durch Metallspritzen	244	4.1.3.	Normbezeichnungen	296
			4.2	Kupfer und Kupferlegierungen	297
			4.2.1	Eigenschaften und Verwendung	297
8	Arbeitssicherheit und Unfallschutz	245	4.2.2	Kupferlegierungen	297
8.1	Sicherheit beim Arbeiten an Werkzeugmaschinen	245			
8.1.1	Allgemeine Forderungen zum sicherheitsgerechten Verhalten	245	5	Sinterwerkstoffe	299
8.1.2	Arbeitssicherheit bei spanenden Fertigungsverfahren	246	5.1	Herstellung von Sinterteilen aus Metallpulvern	299
8.2	Sicherheit beim Schweißen	247	5.2	Sintermetalle	299
8.3	Schutzmaßnahmen beim Umgang mit Kühlschmierstoffen	248	5.3	Hartmetalle	301
8.4	Maßnahmen bei Unfällen	248	5.4	Keramische Werkstoffe	302
8.5	Sicherheitskennzeichnung	249			
9	Umweltschutz	250	6	Verbundwerkstoffe	302
			7	Korrosion und Korrosionsschutz	303
			7.1	Korrosion	303
			7.1.1	Chemische Korrosion	303
			7.1.2	Elektrochemische Korrosion	304
			7.2	Korrosionsschutz	305
			7.2.1	Korrosionsschutz bei chemischer Korrosion	305
			7.2.2	Korrosionsschutz bei elektrochemischer Korrosion	306
Werkstofftechnik					
1	Eigenschaften der Werkstoffe	252			
1.1	Physikalische Eigenschaften	252			
1.1.1	Mechanische Eigenschaften	252	8	Kunststoffe	306
1.1.2	Thermische Eigenschaften	255	8.1	Einteilung der Kunststoffe nach Struktur und thermischem Verhalten	307
1.2	Chemische Eigenschaften	256	8.2	Erzeugung von Kunststoffen	308
1.3	Technologische Eigenschaften	256	8.3	Übersicht über wichtige Kunststoffe	309
2	Aufbau metallischer Werkstoffe	257			
2.1	Chemische Elemente	257	9	Werkstoffprüfung	311
2.2	Aufbau von reinen Metallen	259	9.1	Mechanische Prüfverfahren	311
2.2.1	Metallbindung	259	9.1.1	Zugversuch	M 311
2.2.2	Schmelzverhalten von reinem Metall	259	9.1.2	Härteprüfung	M 313
2.2.3	Metallgefüge	261	9.1.3	Kerbsschlag-Biegeversuch	M 315
2.2.4	Gittertypen	262	9.2	Technologische Prüfverfahren	316
2.3	Legierungen	263	9.2.1	Ausbreitprobe	316
2.3.1	Legierungen mit Mischkristallen	264	9.2.2	Faltversuch	316
2.3.2	Legierungen mit Kristallgemengen	266	9.2.3	Tiefungsversuch nach Erichsen	316
			9.3	Metallografische Prüfverfahren	316
			9.3.1	Mikroskopische Untersuchungsverfahren	316
3	Eisen und Stahl	269	9.4	Zerstörungsfreie Prüfverfahren	317
3.1	Roheisen- und Stahlerzeugung	269	9.4.1	Prüfung mit Röntgenstrahlen	317
3.1.1	Roheisenerzeugung	269	9.4.2	Prüfen mit Magnetpulver	317
3.1.2	Stahlerzeugung	269	9.4.3	Prüfung mit Kapillarverfahren	318
3.1.3	Entgasen und Vergießen von Stahl	271	9.4.4	Prüfung mit Ultraschall	318
3.1.4	Einfluss der Legierungselemente	272			
3.2	Gefüge und Eigenschaften von Stahl	273			
3.2.1	Kohlenstoffgehalt von Stahl	273			
3.2.2	Gefügebestandteile	273			
3.2.3	Eigenschaften der Stähle in Abhängigkeit vom Gefüge	273			
3.3	Stoffeigenschaftändern von Stahl	275	1	Energie, Stoff, Information	320
3.3.1	Glühen	276	1.1	Energie und Energieumsetzung	320
3.3.2	Härten	277	1.1.1	Arbeit	M 320
3.3.3	Vergüten	280	1.1.2	Leistung	M 321
3.3.4	Härten der Randschicht	281	1.1.3	Energie	M 322
3.4	Einteilung, Normung und Verwendung von Stählen	283	1.1.4	Wirkungsgrad	M 323
3.4.1	Einteilung von Stählen	283	1.2	Stoff und Stoffumsetzung	324
3.4.2	Normung von Stählen	284	1.2.1	Stoff	324
3.4.3	Stahlsorten	288	1.2.2	Stoffumsetzung	M 324
3.5	Eisen-Kohlenstoff-Gusswerkstoffe	289	1.3	Information und Informationsumsetzung ..	326
3.5.1	Stahlguss	290			
3.5.2	Gusseisen	291	2	Systeme zur Umsetzung von Energie, Stoff und Information	329
3.5.3	Normbezeichnung von Fe-C-Gusswerkstoffen	293	2.1	Systemtechnische Grundlagen	329

2.1.1	Technisches System	329	Technische Kommunikation	
2.1.2	Unterteilung innerhalb eines technischen Systems	330		
2.1.3	Funktionen von Einrichtungen	331	1	Technisches Zeichnen 387
2.1.4	Funktionen von Gruppen	331	1.1	Technische Zeichnungen als Informationsträger 387
2.2	Systeme zum Energieumsatz	334	1.2	Von der räumlichen Darstellung zur technischen Zeichnung 389
2.2.1	Kraftwerke	334	1.2.1	Festlegung der Werkstücklage für die zeichnerische Darstellung 390
2.2.2	Kraftmaschinen	334	1.2.2	Blatteinteilung 391
2.3	Systeme zum Stoffumsatz	337	1.2.3	Schriftfeld 391
2.3.1	Werkzeugmaschinen	337	1.2.4	Blattgrößen und Maßstäbe 392
2.3.2	Pumpen und Verdichter	338	1.3	Beschriftungen in technischen Zeichnungen 393
2.4	Systeme zum Informationsumsatz	339	1.3.1	Normschrift 393
2.4.1	Informationsumsatz bei der industriellen Fertigung	339	1.3.2	Maßeintragungen 393
2.4.2	Messsysteme	340	1.3.3	Maßbezugsebenen 394
2.4.3	Steuerungs- und Regelungssysteme	341	1.3.4	Bemaßung einzelner Formelemente 395
2.4.4	Datenverarbeitungssysteme	342	1.3.5	Eintragung von Toleranzangaben 396
3	Funktionseinheiten des Maschinenbaus	343	1.3.6	Eintragung von Oberflächenangaben 37
3.1	Einteilung der Funktionseinheiten	343	1.3.7	Anwendungsbezogene Bemaßung 399
3.2	Funktionseinheiten zum Stützen und Tragen M	343	1.4	Darstellung und Bemaßung zylindrischer Werkstücke 400
3.2.1	Lager	344	1.5	Schnittdarstellungen 401
3.2.1.1	Gleitlager	344	1.6	Darstellung und Bemaßung von Gewinden 402
3.2.1.2	Wälzlager	348	1.7	Normen und Normteile 403
3.2.1.3	Gegenüberstellung von Gleit- und Wälzlagern	352	1.8	Gesamtzeichnung und Stückliste 404
3.2.2	Geradführungen	352	1.9	Darstellung von Schraubenverbindungen 406
3.2.2.1	Gleitführungen	352	2	Technische Informationsquellen 407
3.2.2.2	Wälzführungen	353	2.1	Arbeitspläne 407
3.2.3	Achsen M	354	2.2	Versuche und Versuchsprotokolle 408
3.3	Elemente und Gruppen zur Energieübertragung	355	2.2.1	Versuche 408
3.3.1	Wellen M	355	2.2.2	Versuchsprotokolle 408
3.3.2	Kupplungen	358	2.3	Flächendiagramme 410
3.3.2.1	Aufgaben und Einteilung von Kupplungen	358	2.3.1	Balkendiagramme 410
3.3.2.2	Nicht schaltbare Kupplungen	358	2.3.2	Sankey-Diagramme 411
3.3.2.3	Schaltbare Kupplungen	360	2.3.3	Kreisdiagramme 411
3.3.3	Getriebe und ihre Einteilung	363	3	Technische Dokumentationen für Bedienungs- und Wartungsarbeiten 412
3.3.4	Berechnungsgrundlagen für Getriebe M	364	3.1	Betriebsanleitungen 412
3.3.5	Zugmittelgetriebe	367	3.2	Montage-/Demontagebeschreibungen 412
3.3.5.1	Kraftschlüssige Riemengetriebe	367	3.3	Anordnungspläne 414
3.3.5.2	Formschlüssige Riemengetriebe	368	Grundlagen der CNC-Technik	
3.3.5.3	Kettengetriebe	368	1	CNC-Werkzeugmaschinen 416
3.3.5.4	Vergleich der Zugmittelgetriebe	369	1.1	Datenfluss in CNC-Maschinen 416
3.3.6	Zahnradgetriebe M	369	1.2	Lageregelung an CNC-Maschinen 417
3.3.6.1	Zahnradmaße und ihre Berechnung	369	1.3	Bahnsteuerungen an CNC-Maschinen 418
3.3.6.2	Zahnflankenformen	370	2	Grundlagen zur manuellen Programmierung 419
3.3.6.3	Formen von Zahnradgetrieben	372	2.1	Arbeitsablauf beim manuellen Programmieren 419
3.3.6.4	Verstellbare Zahnradstufengetriebe	374	2.2	Koordinatensysteme 419
3.3.7	Stufenlos verstellbare mechanische Getriebe	375	2.3	Wahl des Werkstücknullpunktes 420
3.3.7.1	Reibradgetriebe	375	2.4	Bemaßungsarten für die Programmierung 420
3.3.7.2	Umschaltungsgetriebe	376	2.5	Programmierung von Bahnbewegungen 421
3.3.7.3	Kugelscheibengetriebe	376	2.6	Programmierung von Schaltinformationen 425
4	Festigkeitsberechnungen von Bauelementen	377	2.7	Zusammenstellung von Programmdaten zu Sätzen 425
4.1	Grundlagen zur Festigkeitsberechnung	377	3	Programmieren zur Fertigung von Drehteilen 427
4.1.1	Beanspruchungsarten	377		
4.1.2	Belastungsarten – Belastungsfälle	377		
4.1.3	Zugbeanspruchung M	378		
4.1.4	Druckbeanspruchung M	379		
4.1.5	Scherbeanspruchung M	380		
4.2	Berechnungen M	381		
4.2.1	Berechnung von Schrauben M	381		
4.2.2	Berechnung von Stiften M	383		
4.2.3	Berechnung von Passfedern M	384		
4.2.4	Berechnung von Klebeverbindungen M	385		
4.2.5	Berechnung von Lötverbindungen M	385		

3.1	Programmieren der Weginformationen beim Drehen	427	2.2.5.2	Grundlagen zur Ermittlung des Kolbendurchmessers	462
3.1.1	Koordinatensysteme	427	2.3	Einheiten zum Steuern der Druckluft	464
3.1.2	Nullpunkte und Bezugspunkte	427	2.3.1	Bauformen pneumatischer Wegeventile . .	464
3.1.3	Drehteile mit geradliniger Kontur	428	2.3.1.1	Vorsteuerung von Ventilen	465
3.1.4	Drehteile mit kreisförmiger Kontur	428	2.3.1.2	Betätigungsarten an pneumatischen Wegeventilen	466
3.2	Programmieren von Werkzeugdaten	430	2.3.1.3	Kriterien für die Auswahl von pneumatischen Wegeventilen	467
3.2.1	Werkzeuge und Werkzeugmaße	430	2.3.2	Bauformen pneumatischer Sperrventile und Stromventile	468
3.2.2	Schneidenradiuskompensation.	431	2.3.3	Bauformen pneumatischer Druckventile . .	470
3.3	Drehzyklen.	432	2.4	Pneumatische Steuerungen	471
4	Programmieren zur Fertigung von Frästeilen.	433	2.4.1	Grundschaltungen	471
4.1	Programmieren von Weginformationen beim Fräsen	433	2.4.2	Grundsteuerungen.	472
4.1.1	Achsenrichtungen bei Fräsarbeiten	433	2.4.3	Steuerungsplanung	474
4.1.2	Bahnsteuerungen beim Fräsen	434	2.4.3.1	Aufgabenstellung und Technologieschema	474
4.1.3	Maschinennullpunkt und Referenzpunkt	435	2.4.3.2	Funktionsdiagramme	474
4.1.4	Werkstücknullpunkt	435	2.4.3.3	Signalverarbeitung in Steuerungen	478
4.1.5	Werkzeugbahnnkorrekturen.	436	2.4.4	Pneumatische Verknüpfungssteuerungen . .	479
4.2	Fräzyklen und Unterprogramme	437	2.4.4.1	UND-Verknüpfung	479
4.2.1	Zyklen beim Fräsen	437	2.4.4.2	ODER-Verknüpfung; NICHT-Verknüpfung .	479
4.2.2	Manipulation von Programmteilen.	438	2.4.4.3	Steuerung mit Zeitglied	480
4.2.3	Unterprogramme	439	2.4.4.4	Steuerung mit Zweihand-Betätigung	482
4.2.4	Einbau von Unterprogrammen und Zyklen in Hauptprogramme.	440	2.4.5	Pneumatische Ablaufsteuerungen	483
4.3	Programmieren von Schaltinformationen	440	2.4.5.1	Signalüberschneidung	483
4.3.1	Programmieren von Schnittdaten.	440	2.4.5.2	Signalabschaltung	484
4.3.2	Programmieren der Werkzeugdaten.	441	3	Elektropneumatik.	486
5	Werkstückspannungsystème	442	3.1	Bauteile in elektropneumatischen Anlagen	486
5.1	Paletten als Spannungsystèmeträger	443	3.1.1	Magnetventile.	486
5.2	Rasterspannungsystème nach dem Baukastenprinzip	443	3.1.2	Druckschalter	487

8 Bedienfeld von CNC-Maschinen 444

Steuerungstechnik

1	Grundlagen für pneumatische und hydraulische Steuerungen	447
1.1	Physikalische Grundlagen	447
1.1.1	Druck	M 447
1.1.2	Kolbenkraft	M 449
1.2	Grafische Symbole und Schaltpläne in der Fluidtechnik	450
1.2.1	Zeichnerische Darstellung von Wegeventilen	450
1.2.2	Kennzeichnung der Anschlüsse von Ventilen	451
1.2.3	Schaltpläne in der Fluidtechnik	451
1.2.4	Grafische Symbole in der Fluidtechnik	453

2	Pneumatik	456
2.1	Einheiten zur Bereitstellung der Druckluft	456
2.1.1	Verdichter (Kompressoren)	M 456
2.1.2	Druckluft und Luftfeuchtigkeit.	457
2.1.3	Druckluftverteilung.	458
2.1.4	Aufbereitung der Druckluft	458
2.2	Arbeitseinheiten in der Pneumatik	459
2.2.1	Aufbau von Pneumatikzylindern.	459
2.2.2	Dämpfung	460
2.2.3	Befestigungsarten	460
2.2.4	Bauarten	461
2.2.5	Auswahl von Pneumatikzylindern.	M 462
2.2.5.1	Kriterien für die Auswahl von Pneumatikzylindern	462

4	Inbetriebnahme, Wartung und Fehlersuche bei Steuerungen	495
4.1	Inbetriebnahme von Steuerungen	495
4.2	Wartung von pneumatischen Steuerungen	496
4.3	Fehlersuche in pneumatischen Steuerungen	498

Instandhaltung – Wartungstechnik

1	Instandhaltung (Wartung, Inspektion, Instandsetzung, Verbesserung)	500
1.1	Aufgaben der Instandhaltung	500
1.2	Begriffe der Instandhaltung.	500
1.3	Maßnahmen der Instandhaltung	501
2	Instandhaltungsmaßnahmen durch Wartung	502
2.1	Übersicht über Wartungsarbeiten.	502
2.2	Reinigen und Konservieren.	503
2.3	Schmieren.	505
2.4	Ergänzen, Nachstellen und Auswechseln	508

3	Systembeurteilung durch Inspektion	509	5.3	Chemische Wirkung des elektrischen Stromes	536
			5.3.1	Grundlagen der Galvanotechnik	536
4	Instandsetzen	512	5.3.2	Grundlagen chemischer Abtragverfahren .	537
			5.4	Magnetische Wirkung des elektrischen	
5	Wartungsanleitungen	513	5.4.1	Stromes	537
			5.4.2	Grundlagen	537
6	Schmierstoffe	514	6	Anwendung des Elektromagnetismus . M	539
6.1	Schmieröle	514			
6.1.1	Schmieröleigenschaften	514			
6.1.2	Erzeugung und Aufbau von Schmierölen .	516	6.1	Maßnahmen zur Unfallverhütung	544
6.2	Schmierfette	517		Gefährliche Wirkungen des elektrischen	
6.2.1	Aufbau von Schmierfetten	517		Stromes und allgemeine Schutzmaß-	
6.2.2	Klassifizierung	517	6.1.1	nahmen	545
6.3	Festschmierstoffe	518	6.1.2	Gefährliche Wirkungen des elektrischen	
				Stromes	545
				Allgemeine Schutzmaßnahmen	546
7	Kühlschmierstoffe	518	6.2	Leitungs- und Geräteschutzeinrichtungen .	546
7.1	Arten von Kühlschmierstoffen	518	6.2.1	Leitungsquerschnitte nach DIN VDE 0100 .	546
7.2	Nicht wassermischbare Kühlschmierstoffe .	519	6.2.2	Schmelzsicherungen	546
7.3	Wassermischbare Kühlschmierstoffe	519	6.2.3	Schutzschalter	547
7.4	Gefahren beim Umgang mit Kühlschmier- stoffen	520	6.3	Schutzmaßnahmen gegen gefährliche	
			6.3.1	Körperströme	548
			6.3.2	Schutzisolierung	548
			6.3.3	Schutzkleinspannung	548
			6.3.4	Schutzerzung	549
				Fehlerstromschutzschalter	549
				Kennzeichnung elektrischer Geräte und	
				Schutzsymbole	549

Elektrotechnik

1	Wirkungen und Einsätze elektrischer Energie	522	Lernsituationen		
2	Physikalische Grundlagen	523	1	Fertigen einer Schraubzwinge	550
2.1	Elektrische Ladung	523			
2.2	Strom	524	2	Biegen einer Rohrschelle	552
2.3	Spannung	525	3	Fertigungsplanung und Preiskalkulation einer Halterung	553
2.4	Stromkreis	526	4	Fertigen einer Kreuzscheibenkupplung . .	555
2.5	Messung von Strom und Spannung	526	5	Drehen eines Bolzens	557
2.6	Leiter – Halbleiter – Nichtleiter	527	6	Fräsen eines Deckels	558
2.7	Elektrischer Widerstand M	528	7	Prüfen von Werkstoffeigenschaften	559
2.8	Ohmsches Gesetz M	530	8	Ermitteln des Energieumsatzes einer Bohrmaschine	560
3	Grundschaltungen	531	9	Entwurf und Test einer pneumatischen Steuerung	561
3.1	Reihenschaltung M	531	10	Warten einer Fräsmaschine	563
3.2	Parallelschaltung M	532		Quellenverzeichnis	564
4	Schaltzeichen für elektrische Bauelemente und Schaltpläne	533		Sachwortverzeichnis	565
4.1	Bauteile in der Elektrotechnik	533			
4.2	Elektrische Schaltpläne	533			
4.3	Auswahl genormter Schaltzeichen	534			
5	Technische Nutzung des elektrischen Stromes	535			
5.1	Elektrische Leistung und elektrische Arbeit M	535			
5.2	Wärmewirkung des elektrischen Stromes M	535			
5.2.1	Grundlagen	535			
5.2.2	Anwendung der Wärmewirkung des elektrischen Stromes in der Metalltechnik .	536			