

Inhaltsverzeichnis

Prüftechnik		
1	Grundbegriffe	9
1.1	Bedeutung des Prüfens in der Fertigung	9
1.2	Subjektives und objektives Prüfen	9
1.3	Grundgrößen (Basisgrößen) und ihre Einheiten (Basiseinheiten)	10
1.4	Formelzeichen	10
1.5	Prüfverfahren: Messen und Lehren	11
2	Prüfen von Längen	11
2.1	Maßsysteme und Einheiten	11
2.2	Hochstmaß – Mindestmaß – Toleranz	12
2.3	Begriffe der Längenmeßtechnik	13
2.4	Direkte Längenmessung	14
2.4.1	Messen mit Strichmaßen	14
2.4.2	Messen mit Meßschiebern	15
2.4.3	Messen mit Meßschrauben	17
2.4.4	Messen mit Meßuhren und Feinzeigern	19
2.4.5	Messen mit Endmaßen	20
2.5	Indirekte Längenmessung	21
2.5.1	Pneumatische Längenmessung	21
2.5.2	Elektrische Längenmessung	22
2.6	Lehren	23
2.6.1	Formlehren	23
2.6.2	Maßlehren	23
2.6.3	Grenzlehren	23
3	Prüfen von Winkeln	24
3.1	Maßsystem und Einheiten	24
3.2	Messen von Winkeln	24
3.3	Lehren von Winkeln	25
4	Prüfung der Rauheit von Oberflächen	26
4.1	Rauheitskenngrößen	26
4.1.1	Gemittelte Rauhtiefe R_z	26
4.1.2	Mittenrauhwert R_a	27
4.2	Verfahren zur Prüfung der Rauheit	27
4.2.1	Prüfen mit Tastschnittgeräten	27
4.2.2	Prüfen durch Vergleich mit Oberflächenmustern	27
4.3	Angabe der Oberflächenbeschaffenheit in Zeichnungen	28
4.4	Fertigungsverfahren und Oberflächenbeschaffenheit	28
5	Prüfen von Gewinden	29
5.1	Lehren von Gewinden	29
5.2	Messen von Gewinden	30
6	Meßabweichungen	31
6.1	Größe der Meßabweichung	31
6.2	Arten von Meßabweichungen	31
6.3	Ursachen von Meßabweichungen	31
7	Auswahl von Prüfverfahren und Prüfgeräten	33
8	Passungen und Prüfen von Paßmaßen	34
8.1	Bedeutung der Passungen	34
8.2	Begriffe und Maße bei Passungen	34
8.3	ISO-Normen für Maß- und Passungsangaben	35
8.4	Passung, Spiel und Übermaß	37
8.5	Einteilung der Passungen	37
8.6	Passungssysteme	38
8.7	Passungsnormen	39
8.8	Auswahl und Darstellung von Passungen (Arbeitsschritte)	40
8.9	Lehren von Paßmaßen	41
9	Form- und Lagetoleranzen und ihre Prüfung	42
9.1	Toleranzzone	42
9.2	Formtoleranzen	42
9.3	Lagetoleranzen	43
9.4	Messen von Form- und Lageabweichungen	44
9.4.1	Symbolische Darstellung von Prüfeinrichtungen	44
9.4.2	Meßverfahren zum Messen von Form- und Lageabweichungen	45
10	Einsatz numerisch gesteuerter Meßmaschinen	47
10.1	Aufbau und Funktion von CNC-Meßmaschinen	47
10.1.1	Baueneinheiten einer CNC-Meßmaschine	47
10.1.2	Koordinatensysteme	48
10.1.3	Statische und dynamische Meßwerterfassung	48
10.1.4	Meßtaster und ihre Kalibrierung	49
10.1.5	Steuerung von Meßabläufen	49
10.2	Software für CNC-Meßmaschinen	51
10.2.1	Standardsoftware	51
10.2.2	Sondersoftware	51
Fertigungstechnik		
1	Einteilung der Fertigungsverfahren	52
2	Vorbereitende Arbeiten zur Fertigung von Werkstücken	54
2.1	Anreißen	54
2.2	Körnen	56
3	Fertigungsverfahren des Trennens	57
3.1	Grundbegriffe zum Zerteilen und Spanen	58
3.1.1	Keil als Werkzeugschneide	58
3.1.2	Kraft	58
3.1.3	Kräftezerlegung am Keil	59
3.1.4	Wahl eines geeigneten Keilwinkels für Werkzeuge	60
3.2	Zerteilen	61
3.2.1	Zerteilen durch Messerschneiden	61
3.2.2	Zerteilen durch Beißschneiden	62
3.2.3	Zerteilen durch Scherschneiden	63
3.3	Spanen	69
3.3.1	Spanabhebende Wirkung des Keils	70
3.3.2	Winkel an der Werkzeugschneide beim Spanen	70
3.3.3	Spanen mit dem Meißel	71
3.3.4	Sagen	73
3.3.5	Feilen	75
3.3.6	Bohren	78
3.3.7	Berechnung von Schnittdaten beim Bohren	82
3.3.8	Senken	83
3.3.9	Reiben	84
3.3.10	Gewindeherstellung	86
3.4	Spanendes Fertigen mit Dreh-, Fräs- und Schleifmaschinen	90
3.4.1	Technologische Grundbegriffe für maschinelle spanende Fertigungsverfahren	90
3.4.2	Schneidstoffe für maschinelles Zerspanen	94

[illegible]

3	Funktionseinheiten des Maschinenbaus	352	6	Fertigungssysteme	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	Geradführungen	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	Transportsysteme	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			
4	Festigkeitsberechnungen von Bauelementen	M 387			
4.1	Grundlagen zur Festigkeitsberechnung von Bauelementen	387			
4.1.1	Beanspruchungsarten	387			
4.1.2	Belastungsarten	387			
4.1.3	Zugbeanspruchung	M 388			
4.1.4	Druckbeanspruchung	M 389			
4.1.5	Scherbeanspruchung	M 390			
4.2	Berechnungen	M 391			
4.2.1	Berechnung von Schrauben	M 391			
4.2.2	Berechnung von Stiften	M 393			
4.2.3	Berechnung von Federn	M 394			
4.2.4	Berechnung von Kliebeverbindungen	M 395			
4.2.5	Berechnung von Lötverbindungen	M 395			
5	Baugruppen und ihre Montage	396			
5.1	Grundlagen	396			
5.1.1	Baugruppen und ihre Funktionen	396			
5.1.2	Gliederung des Montageprozesses	397			
5.1.3	Montagetätigkeiten	399			
5.2	Fügen im Montageprozeß	400			
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

1	Grundlagen der Datenverarbeitung	462
2	Arbeitsweise eines Computers	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
3	Programmieren	469
3.1	Betriebssysteme und Programme	469
3.2	Grundlagen für die Programmerstellung ..	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

1	CNC-Werkzeugmaschinen	481
1.1	Datenfluß in CNC-Maschinen	481
1.2	Lageregelung an CNC-Maschinen	482
1.3	Steuerungsarten an Werkzeugmaschinen ..	483
2	Grundlagen zur manuellen Programmierung	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 Programmdateien zu Sätzen	490
3	Programmieren zur Fertigung von Drehteilen	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	Schneidenradiuskompensation	496
3.3	Drehzyklen	497

4	Programmieren zur Fertigung von Frästeilen	498
4.1	Programmieren von Weginformation beim Fräsen	498
4.1.1	Achsrichtungen bei Fräsarbeiten	498
4.1.2	Bahnsteuerung beim Fräsen	499
4.1.3	Maschinennullpunkt und Referenzpunkt	500
4.1.4	Werkstücknullpunkt	500
4.1.5	Werkzeugbahnkorrekturen	501
4.2	Programmierhilfen	502
4.2.1	Zyklen beim Fräsen	502
4.2.2	Manipulation von Programmteilen	503
4.2.3	Unterprogramme	504
4.2.4	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
5	Werkstückspannsysteme	507
5.1	Paletten als Spannsystemträger	508
5.2	Rasterspannsysteme nach dem Baukastenprinzip	508
5.3	Planung der Aufspannung	509
6	Steuerung einer CNC Maschine über das Bedienfeld	510
7	Planung, Programmierung, Programm-erprobung und Programmspeicherung	512
7.1	Erprobung und Optimierung von NC-Programmen	513
7.2	Werkzeugüberwachungssysteme	515
8	CNC-Technik im Rahmen moderner Fertigung	516

Steuerungs- und Regelungstechnik

1	Grundlagen für pneumatische und hydraulische Steuerungen	517
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
2	Pneumatik	526
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	Dampfung	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

2.3.3	Bauformen pneumatischer Druckventile	538
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
3	Elektropneumatik	554
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	Schutzarten	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
4	Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)	566
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
5	Inbetriebnahme, Wartung und Fehlersuche in Steuerungen	586
5.1	Inbetriebnahme von Steuerungen	586
5.2	Wartung von pneumatischen Steuerungen	587
5.3	Fehlersuche in pneumatischen Steuerungen	589
6	Hydraulik	590
6.1	Leistungsumwandlung und Leistungsübertragung 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	5.2.2	Anwendung der Wärmewirkung des elektrischen Stromes in der Metalltechnik ..	636
6.3.3	Messen des Volumenstromes	596	5.3	Chemische Wirkung des elektrischen Stromes	636
6.3.4	Beispiel für die Anordnung von Meßstellen	597	5.3.1	Grundlagen der Galvanotechnik	636
6.3.5	Volumenstrom-Druck-Diagramm (q_v - p -Diagramm)	M 598	5.3.2	Grundlagen chemischer Abtragverfahren ...	637
6.4	Aufbau und Wirkungsweise einer Hydraulikanlage	599	5.4	Magnetische Wirkung des elektrischen Stromes	637
6.4.1	Aufbau einer Hydraulikanlage	599	5.4.1	Grundlagen	637
6.4.2	Vergleich zwischen Pneumatik- und Hydraulikanlagen	600	5.4.2	Anwendung des Elektromagnetismus	639
6.4.3	Hydraulikanlage als technisches System	600	6	Maßnahmen zur Unfallverhütung	644
6.5	Teilsystem zur Leistungswandlung und Leistungsbereitstellung (Antriebsaggregat)	601	6.1	Gefährliche Wirkungen des elektrischen Stromes und allgemeine Schutzmaßnahmen	644
6.5.1	Hydropumpen	601	6.1.1	Gefährliche Wirkungen des elektrischen Stromes	644
6.5.2	Druckbegrenzungsventil	603	6.1.2	Allgemeine Schutzmaßnahmen	645
6.5.3	Druckflüssigkeitsbehälter	604	6.2	Leistungs- und Geräteschutzeinrichtungen ...	645
6.5.4	Druckflüssigkeiten	605	6.2.1	Leistungsquerschnitte nach DIN VDE 0100 ...	645
6.5.5	Filter	606	6.2.2	Schmelzsicherungen	646
6.5.6	Hydrospeicher	607	6.2.3	Schutzschalter	646
6.6	Teilsystem zur Leistungsübertragung	607	6.3	Schutzmaßnahmen gegen gefährliche Körperströme	647
6.6.1	Leitungen und Verbindungen	607	6.3.1	Schutzisolierung	647
6.6.2	Wegeventile	609	6.3.2	Schutzkleinspannung	647
6.6.3	Sperrventile	610	6.3.3	Schutzerdung	648
6.6.4	Druckventile	610	6.3.4	Fehlerstromschutzschalter	648
6.6.5	Stromventile	611	6.4	Kennzeichnung elektrische Geräte und Schutzsymbole	648
6.7	Teilsystem zur Leistungswandlung (Motorgruppe)	613	7	Funktionseinheiten in elektrotechnischen Einrichtungen	649
6.7.1	Hydraulikzylinder (Linearmotor)	613	7.1	Funktionseinheiten zum Steuern elektrischer Energie	649
6.7.2	Hydraulikmotor (Rotationsmotor)	615	7.1.1	Schalter	649
6.8	Grundsteuerungen in der Hydraulik	616	7.1.2	Schaltgeräte zum Schutz von Menschen und Anlagen	650
6.8.1	Richtungssteuerung durch Wegeventile	616	7.1.3	Sensorsysteme	651
6.8.2	Geschwindigkeitssteuerung	617	7.2	Funktionseinheiten zum Leiten	654
6.8.3	Eilgang-Vorschub-Steuerung	618	7.2.1	Leitungen	654
7	Regelungstechnik	619	7.2.2	Steckverbindungen	655
7.1	Unterscheidung Steuern – Regeln	619	7.3	Elektrische Antriebssysteme	655
7.2	Funktionseinheiten und Größen im Regelkreis	620	7.3.1	Kenngrößen von Elektromotoren	656
7.3	Arten von Reglern	621	7.3.2	Gleichstrommotoren	657
7.3.1	Unstetige Regler	621	7.3.3	Wechselstrom- und Drehstrommotoren	658
7.3.2	Stetige Regler	622	7.3.4	Schrittmotoren	663

Elektrotechnik		
1	Wirkungen und Einsatz elektrischer Energie	623
2	Physikalische Grundlagen	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	Grundschaltungen	631
3.1	Reihenschaltung	M 631
3.2	Parallelschaltung	M 632
4	Schaltzeichen für elektrische Bauelemente und Schaltpläne	633
4.1	Bauteile in der Elektrotechnik	633
4.2	Schaltpläne	633
4.3	Auswahl genormter Schaltzeichen	634
5	Technische Nutzung des elektrischen Stromes	635
5.1	Elektrische Leistung und elektrische Arbeit	M 635
5.2	Wärmewirkung des elektrischen Stromes ...	635
5.2.1	Grundlagen	635

Fächerübergreifende Übungen		
1	Prüfen eines Lagerblocks	664
2	Spannen 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
Sachwortverzeichnis		681
Quellenverzeichnis		