

Lernfeld 5: **Fertigen von Einzelteilen mit** **Werkzeugmaschinen**

1

Fertigen mit Werkzeugmaschinen

1.1	Bearbeitungsparameter beim Drehen und Fräsen	14
1.1.1	Schnittgrößen beim Drehen und Fräsen	14
1.1.2	Schneidengeometrie am Drehmeißel und Fräser	17
1.1.3	Spanbildung beim Drehen und Fräsen	18
1.1.4	Verschleiß und Standzeit	20
1.1.5	Schneidstoffe für Drehmeißel und Fräser	22
1.1.6	Wendeschneidplatten für Drehmeißel und Fräser	25
1.1.7	Kühlschmierstoffe (KSS)	27
1.2	Drehen	30
1.2.1	Fertigung des Gewindegelenks auf einer CNC-Drehmaschine	32
1.2.2	Weitere Drehverfahren	40
1.2.3	Drehwerkzeuge	43
1.2.4	Spannmittel für Werkstücke	45
1.2.5	Schnittkraft und Leistung beim Drehen	48
1.2.6	Zeitermittlung beim Drehen	51
1.2.7	Drehmaschinen	57
1.3	Fräsen	61
1.3.1	Fertigung der Konturplatte auf einer CNC-Fräsmaschine	64
1.3.2	Hochgeschwindigkeitsfräsen (HSC-Fräsen)	78
1.3.3	Schnittkraft und Leistung beim Fräsen	80
1.3.4	Zeitermittlung beim Fräsen	83
1.3.5	Teilen mit dem Teilapparat	86
1.3.6	Fräsmaschinen	88
1.4	Räumen	92
1.4.1	Verfahrensvarianten	93
1.4.2	Räummaschinen	94

1.5	Entgraten	95
1.5.1	Methoden und Verfahren (Auswahl)	95
1.5.2	Maschinelles Anfassen, Verrunden und Entgraten	96
1.6	Schleifen	99
1.6.1	Schleifkörper	99
1.6.2	Abrichten und Auswuchten	103
1.6.3	Sicherheit beim Schleifen	104
1.6.4	Einflüsse auf das Schleifergebnis	105
1.6.5	Schleifmaschinen und Schleifverfahren	107
1.6.6	Arbeitsplanung beim Schleifen	112
1.6.7	Zeitermittlung beim Schleifen	115
1.7	Honen	118
1.7.1	Langhubhonen	119
1.7.2	Kurzhubhonen	120
1.8	Läppen	121
1.9	Kosten im Betrieb	124
1.9.1	Kostenrechnung	124
1.9.2	Maschinenstundensatz	127
1.9.3	Belegungszeit/Hauptnutzungszeit	127
1.9.4	Deckungsbeitrag (Teilkostenrechnung)	130
1.10	Überprüfen Sie Ihre Kompetenz	131
1.11	Discover your profession in English	134

Lernfeld 6: **Installieren und Inbetriebnehmen** **steuerungstechnischer Systeme**

2

Steuerungstechnische Systeme

2.1	Pneumatiksteuerungen	137
2.1.1	Verknüpfungsteuerungen	137
2.1.2	Ablaufsteuerungen	141
2.1.3	Betriebsartanteil bei Ablaufsteuerungen	149

2.1.4	Vakuumtechnik	151	3.5	Passungen	260
2.1.5	Inbetriebnahmeschritte mit Checkliste	154	3.5.1	Passungen in der Montage	260
2.2	Elektropneumatische Steuerungen	159	3.6	Montage	262
2.2.1	Zeit- und Druckfunktionen	159	3.6.1	Montageplanung	262
2.2.2	Sensor als Signalelement	166	3.6.2	Automatisierung der Montage	263
2.2.3	Ablaufsteuerungen – löschende Taktkette	174	3.6.3	Organisationsformen bei der Montage	263
2.3	Hydraulische Steuerungen	179	3.6.4	Projektaufgabe: Montage eines Kegelradgetriebes	264
2.3.1	Physikalische Grundlagen	180	3.7	Überprüfen Sie Ihre Kompetenz	267
2.3.2	Aufbau einer Hydraulikanlage – Komponenten	184	3.8	Discover your profession in English	268
2.3.3	Hydromotoren und Hydropumpen	187			
2.3.4	Hydraulikzylinder – linearer Antriebsteil	190			
2.3.5	Energieversorgungssteil – Hydraulikaggregat	194			
2.3.6	Energiesteuerungssteil – Hydroventile und Schaltungen	200			
2.3.7	Zubehör (Rohre, Schläuche) – Druckspeicher	217			
2.4	Überprüfen Sie Ihre Kompetenz	225			
2.5	Discover your profession in English	234			

Lernfeld 7: Montieren von technischen Teilsystemen

3 Maschinentechnik und Montage

3.1	Belastung von Bauteilen	236
3.2	Wellen und Achsen, Wellen-Naben-Verbindungen	237
3.2.1	Wellen	237
3.2.2	Achsen	238
3.2.3	Welle-Nabe-Verbindungen	239
3.3	Lagerung und Dichtung	242
3.3.1	Lager	242
3.3.2	Führungen	254
3.3.3	Dichtungen	256
3.4	Festigkeit	258
3.4.1	Beanspruchung und Festigkeit der Bauteile	258

Lernfeld 8: Fertigen auf numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen

4 CNC-Technik

4.1	Aufbau von CNC-Maschinen	271
4.1.1	Antriebseinheiten	273
4.1.2	Wegmesssysteme	274
4.1.3	Schlittenführungen	276
4.2	Koordinatensysteme, Nullpunkte und Bezugspunkte	277
4.2.1	Koordinatensysteme	277
4.2.2	Null- und Bezugspunkte	278
4.2.3	Koordinatenvorzeichen und Verfahrbewegungen	279
4.3	Steuerungsarten	280
4.4	Werkzeugvermessung	281
4.5	Bahnkorrekturen	283
4.6	CNC-Programme nach DIN	285
4.6.1	Programmaufbau	285
4.6.2	Wegbedingungen (G-Wort)	286
4.6.3	Maßangaben	287
4.6.4	Zusatzfunktionen (M-Wort)	289
4.6.5	Eilgang- und Arbeitsbewegungen nach DIN	289
4.7	CNC-Drehen nach PAL	293
4.7.1	Arbeitsbewegungen für das CNC-Drehen nach PAL	293
4.7.2	CNC-Drehen des Gewindebolzens nach PAL	295

4.8	CNC-Drehen mit angetriebenen Werkzeugen und Gegenspindelübernahme	304	5.4	Instandhaltungsstrategien	338
4.8.1	CNC-Drehen des Bolzenadapters	305	5.4.1	Störungsbedingte (korrektive) Instandhaltung	338
4.8.2	Umspannen des Werkstücks, Gegenspindelübernahme	305	5.4.2	Intervallabhängige Instandhaltung	339
4.8.3	Drehebene G18	306	5.4.3	Zustandsabhängige Instandhaltung	339
4.8.4	Stirnseitenbearbeitungsebene G17	306	5.4.4	Auswahl der Instandhaltungsstrategie	339
4.8.5	Mantelflächen-/Sehnenflächenbearbeitungsebene G19	307	5.5	Ausfallverhalten	340
4.9	CNC-Fräsen nach PAL	311	5.6	Instandhaltungsplanung	341
4.9.1	Arbeitsbewegungen für das Fräsen nach PAL	311	5.7	Vereinheitlichen von Instandhaltungsplänen	343
4.9.2	Tangentiales An- und Abfahren an eine Kontur	314	5.8	Instandhaltung mechanischer Bauelemente	346
4.9.3	Bearbeitungszyklen für Fräss- und Drehmaschinen mit angetriebenen Werkzeugen nach PAL	315	5.8.1	Führungen	346
4.10	CNC-Fräsen der Konturplatte nach PAL	318	5.8.2	Abdeckungen und Abstreifer	347
4.11	CNC-Fräsen mit Mehrseitenbearbeitung	323	5.8.3	Lager	348
4.12	<i>Überprüfen Sie Ihre Kompetenz</i>	324	5.8.4	Zahnstangen und Zahnräder	351
4.13	<i>Discover your profession in English</i>	328	5.8.5	Riementriebe	352
			5.8.6	Kettentreibe	354
			5.9	Verschleiß und Abnutzung	355
			5.9.1	Verschleißmechanismen	355
			5.9.2	Ursachen von Abnutzung	356
			5.9.3	Korrosion	357
			5.10	Reibung und Schmierung	359
			5.10.1	Reibungszustände	361
			5.10.2	Schmierstoffauswahl	361
			5.10.3	Schmieröle	361
			5.10.4	Schmierfette	364
			5.10.5	Festschmierstoffe	365
			5.10.6	Bezeichnungssystem der Schmierstoffe	366
			5.10.7	Schmierverfahren	367
			5.10.8	Kühlschmierstoffe (KSS)	369
			5.10.9	Dokumentation der Instandhaltungs- und Instandsetzungsmaßnahmen	371
			5.11	Instandhaltung hydraulischer und pneumatischer Anlagen	372
			5.11.1	Pneumatische Systeme	372
			5.11.2	Hydraulische Systeme	374
			5.12	<i>Überprüfen Sie Ihre Kompetenz</i>	377
			5.13	<i>Discover your profession in English</i>	379

Lernfeld 9: Instandsetzen von technischen Systemen

5

Instandhalten von technischen Systemen

5.1	Elemente der Instandhaltung	331	5.11	Instandhaltung hydraulischer und pneumatischer Anlagen	372
5.2	Teilbereiche der Instandhaltung	333	5.11.1	Pneumatische Systeme	372
5.2.1	Wartung	334	5.11.2	Hydraulische Systeme	374
5.2.2	Inspektion	335	5.12	<i>Überprüfen Sie Ihre Kompetenz</i>	377
5.2.3	Instandsetzung	335	5.13	<i>Discover your profession in English</i>	379
5.2.4	Verbesserung	336			
5.3	Instandhaltungskosten	337			

Lernfeld 10: **Herstellen und Inbetriebnehmen** **von technischen Systemen**

6 Technische Komponenten

6.1 Getriebe	380
6.1.1 Getriebearten	380
6.1.2 Zahnradgetriebe	380
6.1.3 Stirnradgetriebe	384
6.1.4 Kegelradgetriebe	385
6.1.5 Schneckengetriebe	385
6.1.6 Zahnstangengetriebe	386
6.1.7 Planetengetriebe	386
6.1.8 Harmonic-Drive-Getriebe	387
6.1.9 Herstellung von Zahnrädern	388
6.1.10 Zugmittelgetriebe	389
6.2 Kupplungen	393
6.2.1 Nicht schaltbare Kupplungen	393
6.2.2 Schaltbare Kupplungen	396
6.3 Elektrische Antriebe	401
6.3.1 Elektromagnetismus	401
6.3.2 Wechselspannung	404
6.3.3 Gleichspannung	406
6.3.4 Elektromotoren	407
6.3.5 Universalmotoren	411
6.4 Pumpen	417
6.4.1 Leistungsberechnung einer Pumpe	417
6.4.2 Pumpenbauarten	418
6.4.3 Kreiselpumpen	418
6.4.4 Pumpen für die industrielle Anwendung	419
6.4.5 Pumpen- und Anlagenkennlinien	420
6.5 Fördertechnik	422
6.5.1 Serienhebezeuge	422
6.5.2 Krane	423
6.5.3 Lastaufnahmeeinrichtungen	424
6.5.4 Arbeitssicherheit in der Fördertechnik	428
6.6 Schweißen	429
6.6.1 Schmelzschweißen	430
6.6.2 Pressschweißen	440
6.6.3 Gestaltung und Prüfung von Schweißverbindungen	443

6.7 Kleben	446
6.7.1 Grundlagen der Klebeverbindungen	448
6.7.2 Klebstoffarten	449
6.7.3 Vorbehandlung der Oberflächen	451
6.7.4 Klebstoffverarbeitung	451
6.7.5 Aushärtung von Klebstoffen	451
6.7.6 Weitere Anwendungsbeispiele	452
6.8 Discover your profession in English	453

Lernfeld 11: **Überwachen der Produkt- und Prozessqualität**

7 Qualitätsmanagement (QM)

7.1 Qualitätsmanagement nach DIN EN ISO 9000	455
7.1.1 Aufgabenbereiche und Grundsätze des Qualitätsmanagements	456
7.1.2 Qualitätsbegriff und Qualitätsmerkmale	457
7.1.3 Fehler und Fehlermanagement	458
7.1.4 Qualitätslenkung und Qualitätssicherung	459
7.1.5 Kontinuierlicher Verbesserungsprozess	460
7.1.6 Auditierung	461
7.2 Qualitätswerkzeuge	462
7.2.1 Sieben Qualitätswerkzeuge zur Fehlervermeidung: Q7	462
7.2.2 Beispiel: Fehlersammelkarte und Paretoanalyse mit Excel	467
7.2.3 Beispiel: Ursachen-Wirkungs-Diagramm	468
7.2.4 Beispiel: Histogramm	469
7.3 Werkzeuge und Methoden der technischen Statistik	472
7.3.1 Verteilung von Messwerten	472
7.3.2 Die gaußsche Normalverteilung und ihre Kennwerte	474
7.3.3 Berechnung von statistischen Kennwerten	476

7.3.4	Beurteilung einer Stichprobe im Wahrscheinlichkeitsnetz	477
7.3.5	Qualitätsprüfung nach dem Stichprobenverfahren.	480
7.4	Statistische Prozesslenkung (Statistical Process Control, SPC)	485
7.4.1	Maschinenfähigkeit	486
7.4.2	Prozessfähigkeit	494
7.4.3	Statistische Prozesslenkung mit Qualitätsregelkarten (QRK)	495
7.5	<i>Überprüfen Sie Ihre Kompetenz.</i>	502
7.6	<i>Discover your profession in English.</i>	506

Lernfeld 12: Instandhalten von technischen Systemen

8 Instandhalten von technischen Systemen

8.1	Instandhaltung	508
8.1.1	Inspektion.	508
8.1.2	Wartung	509
8.1.3	Instandsetzung.	509
8.1.4	Instandhaltungskonzepte.	510
8.1.5	Kaufvertrag und Verbraucherschutz	511
8.2	Schadens- und Paretoanalyse	512
8.3	Werkstoffprüfverfahren	514
8.3.1	Technologische Prüfverfahren.	514
8.3.2	Fertigungstechnische Prüfverfahren	517
8.3.3	Zerstörungsfreie Prüfverfahren	517
8.3.4	Metallografische Prüfverfahren.	518
8.4	<i>Überprüfen Sie Ihre Kompetenz.</i>	519
8.5	<i>Discover your profession in English.</i>	522

Lernfeld 13: Sicherstellen der Betriebsfähigkeit automatisierter Systeme

9 Automatisierungstechnik

9.1	Aufbau und Grundfunktionen der SPS-Systeme	525
9.2	Kleinsteuerung (auch Logikmodul oder Steuerrelais)	528
9.3	Modulare SPS-Programmierung im TIA-Portal	541
9.3.1	Merkmale einer modularen SPS	541
9.3.2	Programmierung einer kombinatorischen Aufgabenstellung	543
9.3.3	Programmierung einer Ablaufsteuerung mit Betriebsartenteil	554
9.3.4	Sicherheitseinrichtungen	562
9.3.5	Schnittstellen und Bussysteme	563
9.4	Handhabungstechnik	568
9.4.1	Arten von Handhabungsgeräten	569
9.4.2	Industrieroboter	570
9.4.3	Roboterkenngrößen.	574
9.4.4	Komponenten eines Robotersystems.	576
9.4.5	Programmierung von Industrierobotern	580
9.5	Regelungstechnik	590
9.5.1	Der Regelkreis	590
9.5.2	Regelungsarten	591
9.5.3	Reglerarten.	592
9.6	Proportionalhydraulik	595
9.6.1	Steuer- und Regelelektronik.	595
9.6.2	Proportionalmagnet	595
9.6.3	Proportionalventile	597
9.7	<i>Überprüfen Sie Ihre Kompetenzen.</i>	600
9.8	<i>Discover your profession in English.</i>	604

Lernfeld 14:
Planen und Realisieren technischer Systeme

10 Projektmanagement

10.1 Projektdefinition	606
10.1.1 Projektvorbereitung	607
10.2 Projektorganisation	608
10.3 Projektstrukturierung	609
10.4 Projektdurchführung	613
10.5 Projektabschluss	614
10.6 <i>Discover your profession in English</i>	615

Lernfeld 15:
Optimieren von technischen Systemen

11 Optimieren von technischen Systemen

11.1 Wirtschaftliche Fertigung	616
11.1.1 Globalisierung	617
11.1.2 Innovation	617
11.2 Organisationsformen der Produktion	620
11.3 Energie- und Ressourceneffizienz	621
11.4 Umweltschutz	622
11.5 Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz	623
11.6 <i>Discover your profession in English</i>	625

Lernfeldübergreifende Inhalte

12 Spezielle Themen

12.1 Geometrische Produktspezifikation (ISO GPS)	627
12.1.1 Das ISO-GPS-Normensystem	627
12.1.2 Spezifikation und Verifikation	630
12.1.3 Tolerierung von Bauteilen	644
12.2 Prüftechnik	678
12.2.1 Koordinatenmessstechnik	679
12.2.2 Optisches und optoelektronisches Messen	684
12.2.3 Form- und Lageprüfung bei rotationssymmetrischen Teilen	692
12.2.4 Kenngrößen und Prüfung von Oberflächen	700
12.3 Wärmebehandlung	708
12.3.1 Aufbau der Metalle	709
12.3.2 Entstehung des Metallgefüges	712
12.3.3 Gefügearten von Eisenwerkstoffen	715
12.3.4 Das Eisen-Kohlenstoff-Diagramm (EKD)	717
12.3.5 Glühverfahren	720
12.3.6 Härt(en)	724
12.3.7 Anlassen	731
12.3.8 Vergüten	733
12.3.9 Oberflächenhärtung	734
12.4 Generative Fertigungsverfahren	741
12.4.1 Rapid Prototyping	742
12.4.2 Selektives Schmelzen	744
12.5 Industrie 4.0	746
Bildquellenverzeichnis	10
Sachwortverzeichnis	748