

Inhaltsverzeichnis

[illegible]

3.3.6	Bohren	91	5	Fertigungsverfahren des Umformens	172
3.3.7	Berechnung von Schnittdaten zum Bohren/M	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	112	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	6	Fertigungsverfahren des Fügens	190
3.4.4.5	Spezielle Drehverfahren	122	6.1	Grundbegriffe	190
3.4.4.6	Einflussgrößen auf die Oberflächen- beschaffenheit beim Drehen	124	6.1.1	Einteilung der Fügeverfahren	190
3.4.4.7	Berechnungen zum Drehen	125	6.1.2	Reibung	M 192
3.4.4.8	Bestimmung der Schnittwerte für einen Auftrag	129	6.2	Fügen mit Gewinden	193
3.4.5	Fräsen	131	6.2.1	Kräfte am Gewinde	M 193
3.4.5.1	Einteilung der Fräsverfahren	131	6.2.2	Gewindearten	196
3.4.5.2	Vergleich wichtiger Fräsverfahren	132	6.2.3	Schrauben	199
3.4.5.3	Fräswerkzeuge	133	6.2.4	Berechnung des Drehmomentes zum Anziehen von Schrauben	M 202
3.4.5.4	Fräsmaschinen	137	6.3	Fügen mit Stiften und Bolzen	203
3.4.5.5	Spannen der Werkstücke	138	6.3.1	Stifte	203
3.4.5.6	Bestimmen von Arbeitsgrößen beim Fräsen	139	6.3.2	Bolzen	205
3.4.5.7	Arbeitsplan zur Auswahl von Fräswerkzeugen und Bestimmung von Einstellgrößen	143	6.4	Fügen mit Passfedern, Keilen und Profilformen	205
3.4.5.8	Teilen	144	6.4.1	Vergleich zwischen Passfeder- und Keilverbindung	205
3.4.5.9	Werkzeugverschleiß und Werkstückfehler	146	6.4.2	Formen von Passfedern	206
3.4.5.10	Kühlschmierstoffe	147	6.4.3	Formen von Keilen	206
3.4.6	Schleifen	150	6.4.4	Fügen mit Profilformen	207
3.4.6.1	Schleifwerkzeuge – Aufbau	150	6.5	Fügen mit Nieten	208
3.4.6.2	Schleifwerkzeuge – Einsatzbedingungen, Normung	152	6.5.1	Nietverbindung	208
3.4.6.3	Arbeitsverfahren auf Schleifmaschinen ..	155	6.5.2	Nietformen und Nietwerkstoffe	209
3.4.6.4	Schnittbedingungen und Oberflächen- beschaffenheit beim Schleifen	156	6.6	Fügen durch Schweißen	210
3.4.6.5	Schleifmaschinen	157	6.6.1	Einteilung der Schweißverfahren	210
3.4.7	Honen und Läppen	158	6.6.2	Schweißverbindungen	211
3.4.8	Abtragen	160	6.6.3	Gasschmelzschweißen	212
3.4.8.1	Thermisches Abtragen	160	6.6.4	Lichtbogenschmelzschweißen	216
3.4.8.2	Chemisches Abtragen	161	6.6.4.1	Schweißstrom	216
3.4.8.3	Elektrochemisches Abtragen	161	6.6.4.2	Lichtbogenhandschweißen, Kennziffer	111 219
4	Fertigungsverfahren des Urformens	162	6.6.4.3	Schutzgasschweißen	222
4.1	Gießen	163	6.6.5	Gefügeänderungen beim Metallschweißen	228
4.1.1	Arten von Formen	163	6.6.6	Fehler beim Metallschweißen	228
4.1.2	Physikalische Grundlagen des Gießens ...	164	6.6.7	Überblick über die Schweißverfahren zum Metallschweißen	230
4.1.3	Handformverfahren zum Herstellen von Sandformen	166	6.7	Fügen durch Kleben	232
4.1.4	Vollformgießverfahren	168	6.7.1	Vor- und Nachteile von Klebeverbindungen	232
4.1.5	Maskenformverfahren	168	6.7.2	Vorgänge beim Kleben	233
4.1.6	Feingussformverfahren (Wachsausschmelzverfahren)	168	6.7.3	Gestaltung von Klebeverbindungen	234
4.1.7	Druckgießverfahren	169	6.7.4	Schutzmaßnahmen beim Kleben	235
4.2	Urformverfahren für Kunststoffe	170	6.7.5	Übersicht über Klebstoffe	235
4.2.1	Spritzgießen	170	6.8	Fügen durch Löten	236
4.2.2	Pressen	171	6.8.1	Anwendung des Lötens	236
4.2.3	Extrudieren	171	6.8.2	Vorgänge beim Löten	236
4.3	Urformen durch Sintern	171	6.8.3	Lötverfahren	238
			6.8.4	Gestaltung von Lötverbindungen	239
			6.8.5	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
8	Arbeitssicherheit und Unfallschutz	245	4.2.1	Eigenschaften und Verwendung	297
8.1	Sicherheit beim Arbeiten an Werkzeugmaschinen	245	4.2.2	Kupferlegierungen	297
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	6	Verbundwerkstoffe	302
9	Umweltschutz	250	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
			8	Kunststoffe	306
			8.1	Einteilung der Kunststoffe nach Struktur und thermischem Verhalten	307
			8.2	Erzeugung von Kunststoffen	308
			8.3	Übersicht über wichtige Kunststoffe	309
			9	Werkstoffprüfung	311
			9.1	Mechanische Prüfverfahren	311
			9.1.1	Zugversuch	M 311
			9.1.2	Härteprüfung	M 313
			9.1.3	Kerbschlag-Biegeversuch	M 315
			9.2	Technologische Prüfverfahren	316
			9.2.1	Ausbreitprobe	316
			9.2.2	Faltversuch	316
			9.2.3	Tiefungsversuch nach Erichsen	316
			9.3	Metallografische Prüfverfahren	316
			9.3.1	Mikroskopische Untersuchungsverfahren	316
			9.4	Zerstörungsfreie Prüfverfahren	317
			9.4.1	Prüfung mit Röntgenstrahlen	317
			9.4.2	Prüfen mit Magnetpulver	317
			9.4.3	Prüfung mit Kapillarverfahren	318
			9.4.4	Prüfung mit Ultraschall	318
			Maschinen- und Gerätetechnik		
			1	Energie, Stoff, Information	320
			1.1	Energie und Energieumsetzung	320
			1.1.1	Arbeit	M 320
			1.1.2	Leistung	M 321
			1.1.3	Energie	M 322
			1.1.4	Wirkungsgrad	M 323
			1.2	Stoff und Stoffumsetzung	324
			1.2.1	Stoff	324
			1.2.2	Stoffumsetzung	M 324
			1.3	Information und Informationsumsetzung ..	326
			2	Systeme zur Umsetzung von Energie, Stoff und Information	329
			2.1	Systemtechnische Grundlagen	329

Werkstofftechnik

1	Eigenschaften der Werkstoffe	252
1.1	Physikalische Eigenschaften	252
1.1.1	Mechanische Eigenschaften	252
1.1.2	Thermische Eigenschaften	255
1.2	Chemische Eigenschaften	256
1.3	Technologische Eigenschaften	256
2	Aufbau metallischer Werkstoffe	257
2.1	Chemische Elemente	257
2.2	Aufbau von reinen Metallen	259
2.2.1	Metallbindung	259
2.2.2	Schmelzverhalten von reinem Metall	259
2.2.3	Metallgefüge	261
2.2.4	Gittertypen	262
2.3	Legierungen	263
2.3.1	Legierungen mit Mischkristallen	264
2.3.2	Legierungen mit Kristallgemengen	266
3	Eisen und Stahl	269
3.1	Roheisen- und Stahlerzeugung	269
3.1.1	Roheisenerzeugung	269
3.1.2	Stahlerzeugung	269
3.1.3	Entgasen und Vergießen von Stahl	271
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	275
3.3	Stoffeigenschaftändern von Stahl	276
3.3.1	Glühen	276
3.3.2	Härten	277
3.3.3	Vergüten	280
3.3.4	Härten der Randschicht	281
3.4	Einteilung, Normung und Verwendung von Stählen	283
3.4.1	Einteilung von Stählen	283
3.4.2	Normung von Stählen	284
3.4.3	Stahlsorten	288
3.5	Eisen-Kohlenstoff-Gusswerkstoffe	289
3.5.1	Stahlguss	290
3.5.2	Gusseisen	291
3.5.3	Normbezeichnung von Fe-C-Gusswerkstoffen	293

2.1.1	Technisches System	329
2.1.2	Unterteilung innerhalb eines technischen Systems	330
2.1.3	Funktionen von Einrichtungen	331
2.1.4	Funktionen von Gruppen	331
2.2	Systeme zum Energieumsatz	334
2.2.1	Kraftwerke	334
2.2.2	Kraftmaschinen	334
2.3	Systeme zum Stoffumsatz	337
2.3.1	Werkzeugmaschinen	337
2.3.2	Pumpen und Verdichter	338
2.4	Systeme zum Informationsumsatz	339
2.4.1	Informationsumsatz bei der industriellen Fertigung	339
2.4.2	Messsysteme	340
2.4.3	Steuerungs- und Regelungssysteme	341
2.4.4	Datenverarbeitungssysteme	342
3	Funktionseinheiten des Maschinenbaus ..	343
3.1	Einteilung der Funktionseinheiten	343
3.2	Funktionseinheiten zum Stützen und Tragen	M 343
3.2.1	Lager	344
3.2.1.1	Gleitlager	344
3.2.1.2	Wälzlager	348
3.2.1.3	Gegenüberstellung von Gleit- und Wälzlagern	352
3.2.2	Geradführungen	352
3.2.2.1	Gleitführungen	352
3.2.2.2	Wälzführungen	353
3.2.3	Achsen	M 354
3.3	Elemente und Gruppen zur Energieübertragung	355
3.3.1	Wellen	M 355
3.3.2	Kupplungen	358
3.3.2.1	Aufgaben und Einteilung von Kupplungen	358
3.3.2.2	Nicht schaltbare Kupplungen	358
3.3.2.3	Schaltbare Kupplungen	360
3.3.3	Getriebe und ihre Einteilung	363
3.3.4	Berechnungsgrundlagen für Getriebe ..	M 364
3.3.5	Zugmittelgetriebe	367
3.3.5.1	Kraftschlüssige Riemenge triebe	367
3.3.5.2	Formschlüssige Riemenge triebe	368
3.3.5.3	Kettenge triebe	368
3.3.5.4	Vergleich der Zugmittelgetriebe	369
3.3.6	Zahnradgetriebe	M 369
3.3.6.1	Zahnradmaße und ihre Berechnung	369
3.3.6.2	Zahnflankenformen	370
3.3.6.3	Formen von Zahnradgetrie ben	372
3.3.6.4	Verstellbare Zahnradstufengetriebe	374
3.3.7	Stufenlos verstellbare mechanische Getriebe	375
3.3.7.1	Reibradgetriebe	375
3.3.7.2	Umschlingungsgetriebe	376
3.3.7.3	Kugelscheibengetriebe	376
4	Festigkeitsberechnungen von Bauelementen	377
4.1	Grundlagen zur Festigkeitsberechnung ..	377
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

Technische Kommunikation

1	Technisches Zeichnen	387
1.1	Technische Zeichnungen als Informationsträger	387
1.2	Von der räumlichen Darstellung zur technischen Zeichnung	389
1.2.1	Festlegung der Werkstücklage für die zeichnerische Darstellung	390
1.2.2	Blatteinteilung	391
1.2.3	Schriftfeld	391
1.2.4	Blattgrößen und Maßstäbe	392
1.3	Beschriftungen in technischen Zeichnungen	393
1.3.1	Normschrift	393
1.3.2	Maßeintragungen	393
1.3.3	Maßbezugsebenen	394
1.3.4	Bemaßung einzelner Formelemente	395
1.3.5	Eintragung von Toleranzangaben	396
1.3.6	Eintragung von Oberflächenangaben	397
1.3.7	Anwendungsbezogene Bemaßung	399
1.4	Darstellung und Bemaßung zylindrischer Werkstücke	400
1.5	Schnittdarstellungen	401
1.6	Darstellung und Bemaßung von Gewinden	402
1.7	Normen und Normteile	403
1.8	Gesamtzeichnung und Stückliste	404
1.9	Darstellung von Schraubenverbindungen ..	406
2	Technische Informationsquellen	407
2.1	Arbeitspläne	407
2.2	Versuche und Versuchsprotokolle	408
2.2.1	Versuche	408
2.2.2	Versuchsprotokolle	408
2.3	Flächendiagramme	410
2.3.1	Balkendiagramme	410
2.3.2	Sankey-Diagramme	411
2.3.3	Kreisdiagramme	411
3	Technische Dokumentationen für Bedienungs- und Wartungsarbeiten	412
3.1	Betriebsanleitungen	412
3.2	Montage-/Demontagebeschreibungen	412
3.3	Anordnungspläne	414

Grundlagen der CNC-Technik

1	CNC-Werkzeugmaschinen	416
1.1	Datenfluss in CNC-Maschinen	416
1.2	Lageregelung an CNC-Maschinen	417
1.3	Bahnsteuerungen an CNC-Maschinen	418
2	Grundlagen zur manuellen Programmierung	419
2.1	Arbeitsablauf beim manuellen Programmieren	419
2.2	Koordinatensysteme	419
2.3	Wahl des Werkstücknullpunktes	420
2.4	Bemaßungsarten für die Programmierung ..	420
2.5	Programmierung von Bahnbewegungen ..	421
2.6	Programmierung von Schaltinformationen ..	425
2.7	Zusammenstellung von Programmdaten zu Sätzen	425
3	Programmieren zur Fertigung von Drehteilen	427

3.1	Programmieren der Weginformationen beim Drehen	427
3.1.1	Koordinatensysteme	427
3.1.2	Nullpunkte und Bezugspunkte	427
3.1.3	Drehteile mit geradliniger Kontur	428
3.1.4	Drehteile mit kreisförmiger Kontur	428
3.2	Programmieren von Werkzeugdaten	430
3.2.1	Werkzeuge und Werkzeugmaße	430
3.2.2	Schneidenradiuskompensation	431
3.3	Drehzyklen	432
4	Programmieren zur Fertigung von Frästeilen	433
4.1	Programmieren von Weginformationen beim Fräsen	433
4.1.1	Achsrichtungen bei Fräsarbeiten	433
4.1.2	Bahnsteuerungen beim Fräsen	434
4.1.3	Maschinennullpunkt und Referenzpunkt	435
4.1.4	Werkstücknullpunkt	435
4.1.5	Werkzeugbahnkorrekturen	436
4.2	Fräszyklen und Unterprogramme	437
4.2.1	Zyklen beim Fräsen	437
4.2.2	Manipulation von Programmteilen	438
4.2.3	Unterprogramme	439
4.2.4	Einbau von Unterprogrammen und Zyklen in Hauptprogramme	440
4.3	Programmieren von Schaltinformationen	440
4.3.1	Programmieren von Schnittdaten	440
4.3.2	Programmieren der Werkzeugdaten	441
5	Werkstückspannsysteme	442
5.1	Paletten als Spannsystemträger	443
5.2	Rasterspannsysteme nach dem Baukastenprinzip	443
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

2.2.5.2	Grundlagen zur Ermittlung des Kolbendurchmessers	462
2.3	Einheiten zum Steuern der Druckluft	464
2.3.1	Bauformen pneumatischer Wegeventile ..	464
2.3.1.1	Vorsteuerung von Ventilen	465
2.3.1.2	Betätigungsarten an pneumatischen Wegeventilen	466
2.3.1.3	Kriterien für die Auswahl von pneumatischen Wegeventilen	467
2.3.2	Bauformen pneumatischer Sperrventile und Stromventile	468
2.3.3	Bauformen pneumatischer Druckventile ..	470
2.4	Pneumatische Steuerungen	471
2.4.1	Grundschaftungen	471
2.4.2	Grundsteuerungen	472
2.4.3	Steuerungsplanung	474
2.4.3.1	Aufgabenstellung und Technologieschema ..	474
2.4.3.2	Funktionsdiagramme	474
2.4.3.3	Signalverarbeitung in Steuerungen	478
2.4.4	Pneumatische Verknüpfungssteuerungen ..	479
2.4.4.1	UND-Verknüpfung	479
2.4.4.2	ODER-Verknüpfung; NICHT-Verknüpfung ..	479
2.4.4.3	Steuerung mit Zeitglied	480
2.4.4.4	Steuerung mit Zweihand-Betätigung	482
2.4.5	Pneumatische Ablaufsteuerungen	483
2.4.5.1	Signalüberschneidung	483
2.4.5.2	Signalabschaltung	484
3	Elektropneumatik	486
3.1	Bauteile in elektropneumatischen Anlagen ..	486
3.1.1	Magnetventile	486
3.1.2	Druckschalter	487
3.1.3	Schutzbeschaltung	488
3.1.4	Schutzarten	488
3.1.5	Auswahlkriterien für Magnetventile	489
3.1.6	Grenztaster	489
3.1.7	Schütz und Relais	490
3.1.8	Anschlusskennzeichen an Relais	490
3.1.9	Schaltzeichen für elektrische Bauteile	490
3.2	Elektropneumatische Steuerungen	491
3.2.1	Pneumatikschaltplan und Stromlaufplan ..	491
3.2.2	Reihen- und Parallelschaltung	492
3.2.3	Ansteuerung von Wegeventilen	492
3.2.4	Wegabhängige Steuerungen	493
3.2.5	Weg- und zeitabhängige Steuerungen	494

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
4	Instandsetzen	512	5.3.1	Grundlagen der Galvanotechnik	536
5	Wartungsanleitungen	513	5.3.2	Grundlagen chemischer Abtragverfahren .	537
6	Schmierstoffe	514	5.4	Magnetische Wirkung des elektrischen Stromes	537
6.1	Schmieröle	514	5.4.1	Grundlagen	537
6.1.1	Schmieröleigenschaften	514	5.4.2	Anwendung des Elektromagnetismus . . M	539
6.1.2	Erzeugung und Aufbau von Schmierölen .	516	6	Maßnahmen zur Unfallverhütung	544
6.2	Schmierfette	517	6.1	Gefährliche Wirkungen des elektrischen Stromes und allgemeine Schutzmaßnahmen	545
6.2.1	Aufbau von Schmierfetten	517	6.1.1	Gefährliche Wirkungen des elektrischen Stromes	545
6.2.2	Klassifizierung	517	6.1.2	Allgemeine Schutzmaßnahmen	546
6.3	Festschmierstoffe	518	6.2	Leistungs- und Geräteschutzeinrichtungen .	546
7	Kühlschmierstoffe	518	6.2.1	Leistungsquerschnitte nach DIN VDE 0100 .	546
7.1	Arten von Kühlschmierstoffen	518	6.2.2	Schmelzsicherungen	546
7.2	Nicht wassermischbare Kühlschmierstoffe	519	6.2.3	Schutzschalter	547
7.3	Wassermischbare Kühlschmierstoffe . . .	519	6.3	Schutzmaßnahmen gegen gefährliche Körperströme	548
7.4	Gefahren beim Umgang mit Kühlschmierstoffen	520	6.3.1	Schutzisolierung	548
			6.3.2	Schutzkleinspannung	548
			6.3.3	Schutzerdung	549
			6.3.4	Fehlerstromschutzschalter	549
			6.4	Kennzeichnung elektrischer Geräte und Schutzsymbole	549
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> Elektrotechnik </div>					
1	Wirkungen und Einsätze elektrischer Energie	522	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> Lernsituationen </div>		
2	Physikalische Grundlagen	523	1	Fertigen einer Schraubzwinge	550
2.1	Elektrische Ladung	523	2	Biegen einer Rohrschelle	552
2.2	Strom	524	3	Fertigungsplanung und Preiskalkulation einer Halterung	553
2.3	Spannung	525	4	Fertigen einer Kreuzscheibenkupplung . .	555
2.4	Stromkreis	526	5	Drehen eines Bolzens	557
2.5	Messung von Strom und Spannung	526	6	Fräsen eines Deckels	558
2.6	Leiter – Halbleiter – Nichtleiter	527	7	Prüfen von Werkstoffeigenschaften	559
2.7	Elektrischer Widerstand M	528	8	Ermitteln des Energieumsatzes einer Bohrmaschine	560
2.8	Ohmsches Gesetz M	530	9	Entwurf und Test einer pneumatischen Steuerung	561
3	Grundschaltungen	531	10	Warten einer Fräsmaschine	563
3.1	Reihenschaltung M	531	Quellenverzeichnis		
3.2	Parallelschaltung M	532	Sachwortverzeichnis		
4	Schaltzeichen für elektrische Bauelemente und Schaltpläne	533			
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			