

GLEICHUNGEN FÜR TECHNOLOGEN

Metallverarbeitende Industrie

Prof.Dr.rer.oec., Ing. Gerhard Müller
Dr.-Ing.Kurt Helbing
Ober-Ing.Kurt Hoepner
Dipl.-Ing.Erich Wölki

Herausgegeben von
Prof.Dr.rer.oec., Ing.Gerhard Müller

2., stark bearbeitete Auflage
402 Bilder, 180 Tafeln



VEB VERLAG TECHNIK BERLIN

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung	13
1.1. System- und Komplexcharakter der technologischen Vorbereitung von Fertigungsprozessen	13
1.2. Struktur des Fertigungsprozesses	16
1.3. Aufgabenstellung Gleichungen für Technologen	18
1.4. Arten und Schreibweise von Gleichungen	19
1.5. Zur Anwendung von SI-Einheiten	21
2. Berechnungen zum Arbeitsgegenstand	22
2.1. Wertigkeit des Arbeitsgegenstandes	22
2.2. Materialverbrauchsnormung (MVN)	24
2.3. Vorratsnormen (VRN)	33
3. Fertigungstechnik	36
3.1. Einführende Übersicht	36
3.1.1. Fertigungsverfahren nach TGL 21 639	36
3.1.2. Zusammenwirken der Elemente der Fertigungstechnik	38
3.1.3. Zweckmäßige Darstellung der Grundgesetze von fertigungstechnischen Elementarprozessen	39
3.2. Urformtechnik	39
3.3. Schneid- und Umformtechnik	39
3.3.1. Kenngrößen	39
3.3.2. Schneiden	42
3.3.2.1. Verfahrensübersicht	42
3.3.2.2. Berechnungen beim Schneiden	42
3.3.3. Umformtechnik	49
3.3.3.1. Verfahrensunabhängige Grundlagen	49
3.3.3.2. Verfahrensübersicht	55
3.3.3.3. Stauchen (TGL 28-1028)	55
3.3.3.4. Freiformschmieden	60
3.3.3.5. Gesenkschmieden und -pressen	71
3.3.3.6. Kaltpressen und Prägen	83
3.3.3.7. Fließpressen	83
3.3.3.8. Walzen	88
3.3.3.9. Biegen (Winkelbiegen)	99
3.3.3.10. Fließ- oder Walzdrücken	106
3.3.3.11. Durchziehen	109

3.3.3.12. Streckziehen (Reckkrümmen oder -wölben)	114
3.3.3.13. Tiefziehen (Formstempeltiefziehen)	115
3.4. Abtrenntechnik	126
3.4.1. Grundlagen der spanenden Verfahren	126
3.4.1.1. Schneidstoffe	126
3.4.1.2. Verschleiß, Standzeit, Schnittgeschwindigkeit	137
3.4.1.3. Kräfte, Leistungen	140
3.4.1.4. Hilfsstoffe	142
3.4.1.5. Oberflächengüte	146
3.4.2. Drehen	149
3.4.2.1. Schnittkraft- und Leistungsberechnung	149
3.4.2.2. Berechnung der Maschinengrundzeit	169
3.4.3. Hobeln und Stoßen	176
3.4.3.1. Schnittkraft- und Leistungsberechnung	176
3.4.3.2. Berechnung der Maschinengrundzeit	178
3.4.4. Räumen	180
3.4.4.1. Schnittkraft- und Leistungsberechnung	180
3.4.4.2. Berechnung der Maschinengrundzeit	182
3.4.4.3. Werkzeugberechnung	182
3.4.4.4. Berechnung der Mengenleistung	184
3.4.5. Bohren, Senken, Reiben	185
3.4.5.1. Schnittkraft-, Drehmoment-, Leistungsberechnung	185
3.4.5.2. Berechnung der Maschinengrundzeit	188
3.4.6. Fräsen	190
3.4.6.1. Schnittkraft- und Leistungsberechnung	190
3.4.6.2. Berechnung der Maschinengrundzeit	200
3.4.6.3. Teilkopfarbeiten	204
3.4.6.4. Beispiel für Stirnfräsen	208
3.4.7. Sägen	211
3.4.7.1. Schnittkraft- und Leistungsberechnung	211
3.4.7.2. Berechnung der Maschinengrundzeit	212
3.4.7.3. Reibtrennen	213
3.4.8. Schleifen	214
3.4.8.1. Werkzeuge für die Schleiftechnik	214
3.4.8.2. Schnittkraft- und Leistungsberechnung	218
3.4.8.3. Berechnung der Maschinengrundzeit	218
3.4.8.3.1. Rundschleifen	218
3.4.8.3.2. Flächenschleifen	221
3.4.8.4. Trennschleifen	222
3.4.9. Gewindeherstellung	223
3.4.9.1. Spanende Verfahren	223
3.4.9.2. Spanlose Verfahren	226
3.4.10. Maschinengrundzeit bei der Herstellung von Zahnrädern	228
3.4.10.1. Fräsen von Geradzahnstirnrädern mit Scheibenfräser (Einzelteilverfahren)	229
3.4.10.2. Fräsen von Stirnrädern mit Schaftformfräser (Einzelteilverfahren)	229
3.4.10.3. Wälzfräsen von Stirnrädern mit Abwälzfräser	230
3.4.10.4. Wälzstoßen mit Schneidrad	233

3.4.10.5.	Zahnflankenwälzschleifen System Niles	235
3.4.10.6.	Zahnradschaben	235
3.4.10.7.	Schneckenradbearbeitung	236
3.4.11.	Spanende Bearbeitung von Plastwerkstoffen	237
3.4.12.	Spanende Bearbeitung bei höheren Temperaturen (Warmspanen)	239
3.4.13.	Abtragen	248
3.4.13.1.	Elektroerodieren (EDM)	248
3.4.13.2.	Elysieren (ECM)	253
3.5.	Fügetechnik	259
3.5.1.	Nietverbindungen	259
3.5.2.	Schweißverbindungen	259
3.5.3.	Klebeverbindungen	273
3.6.	Beschichten	275
3.6.1.	Beschichten durch Galvanotechnik	277
3.6.1.1.	Faradaysche Gesetze	277
3.6.1.2.	Niederschlagsmasse	278
3.6.1.3.	Schichtdicke	278
3.6.1.4.	Expositionszeit	278
3.6.1.5.	Strom	279
3.6.2.	Metallspritzen	279
3.6.2.1.	Geräte und Ausrüstungen	279
3.6.2.2.	Ausführung des Metallspritzens	282
3.6.2.3.	Bearbeitung der Spritzschichten	284
3.7.	Stoffeigenschaftsänderung	285
3.7.1.	Wärmebehandlung der wichtigsten Metalle und Metallegierungen	285
3.7.1.1.	Nutzanwendung des Fe-Fe ₃ C-Schaubildes zur Wärmebehandlung der Stähle	286
3.7.1.2.	Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild	288
3.7.1.3.	Schematische Darstellung der wichtigsten Wärmebehandlungsverfahren	289
3.7.1.4.	Bestimmung des Temperaturablaufs zur Wärmebehandlung der Stähle	296
3.7.1.5.	Abkühlwirkung verschiedener Medien auf Stahl	300
3.7.1.6.	Härtevergleichstabellen und Umrechnungsfaktoren	303
3.8.	Einheitliche Berechnungen in den Hauptgruppen der Fertigungstechnik	305
3.8.1.	Verfahrensoptimierung	305
3.8.1.1.	Festwertoptimierung	305
3.8.1.2.	Automatische Selbstoptimierung	314
3.8.2.	Fertigungseinrichtungen	319
3.8.2.1.	Antriebsmotoren	319
3.8.2.2.	Hydraulische Antriebe	320
3.8.2.3.	Mechanische Getriebe	323
3.8.2.4.	Automatisierte Fertigungseinrichtungen	334
3.8.2.5.	Verkettung von Fertigungseinrichtungen	371
3.8.3.	Fertigungsmittel	380
3.8.3.1.	Werkzeuge	380

3.8.3.2.	Vorrichtungen	386
3.8.3.3.	Werkstückbewegungseinrichtungen	396
3.8.4.	Prüftechnik	404
3.8.4.1.	Gliederung der Prüfung	404
3.8.4.2.	Werkstoffprüfung	405
3.8.4.3.	Maßprüfung	411
3.8.4.4.	Funktions- und Leistungsprüfung	430
4.	Fertigungsorganisation	437
4.1.	Einführende Bemerkungen	437
4.2.	Formen der Organisation der Fertigung	437
4.2.1.	Übersicht	437
4.2.2.	Losfertigung	438
4.2.2.1.	Zur Berechnung der Losgröße	439
4.2.2.2.	Erzeugnislos	440
4.2.2.3.	Einzelteillos	445
4.2.2.4.	Abstimmung von Losgrößen	446
4.2.2.5.	Rationelle Ermittlung von Losgrößen	447
4.2.3.	Fließfertigung	447
4.2.3.1.	Taktzeit (Arbeitstakt)	449
4.2.3.2.	Anzahl der Arbeitsplätze	450
4.2.3.3.	Ausrüstungseinheiten und ihre Auslastung	450
4.2.3.4.	Pufferung und Vorrat an Rohlingen	450
4.2.3.5.	Mengenleistung und Ausnutzung der Fließstraße	451
4.2.3.6.	Durchlaufzeit und Rhythmus	451
4.2.3.7.	Geschwindigkeit	451
4.2.3.8.	Taktzeit bei Wechselfließfertigung	451
4.2.4.	Technologische Vereinheitlichung	451
4.2.4.1.	Zeitvorrechnung	453
4.2.4.2.	Gruppenlosgröße	454
4.2.4.3.	Gruppenfließfertigung	454
4.2.5.	Mehrstellenarbeit	455
4.2.5.1.	Überprüfung auf Eignung zur MMB	457
4.2.5.2.	Reihenfolge und Anzahl der gleichzeitig bedienbaren Maschinen	458
4.2.5.3.	Dauer des Rhythmus der Maschinengruppe und der Arbeitstakte der einzelnen Maschinen	459
4.2.5.4.	Wartezeiten	460
4.2.5.5.	Ermittlung der Normzeit und Berücksichtigung des materiellen Anreizes ..	460
4.2.5.6.	Anzahl der Arbeitskräfte	462
4.2.5.7.	Belastung der Bediener	462
4.2.5.8.	Wirtschaftlichkeit der Mehrmaschinenbedienung	463
4.3.	Betriebsgestaltung	464
4.3.1.	Funktionelle Gestaltung der Fertigungsorganisation	464
4.3.2.	Grundsätze und allgemeine Berechnungsvorschriften für die Dimensionierung von Betriebsanlagen	467
4.3.3.	Räumliche Strukturen	469
4.3.4.	Zeitliche Gestaltung	472

4.4. Kapazitätsberechnung (Produktionskapazität)	478
4.4.1. Grundsätze der Kapazitätsermittlung	479
4.4.2. Erfassung und Aufbereitung von Produktionsprogrammen	481
4.4.3. Zeitfonds und Schichtkoeffizient der Produktionsanlagen	482
4.4.4. Kapazitätsberechnung bei eingelaufener Produktion	482
4.4.5. Kapazitätsberechnung beim Anlauf der Produktion	483
4.4.6. Maschinenleistung (Mengenleistung)	485
4.4.7. Zeitliche Auslastung von Betriebsanlagen	485
4.5. Kennzahlen der Fertigungsorganisation	486
5. Betriebsprojektierung	495
5.1. Grundsätze und Vorschriften für die Modellprojektierung	495
5.2. Projektierung von Hauptabteilungen	500
5.2.1. Besonderheiten bei der Dimensionierung	500
5.2.2. Flächenbedarfsrechnung	504
5.2.2.1. Arbeitsplatzflächen	504
5.2.2.2. Arbeitsplatzflächen für die Montage	506
5.2.2.3. Flächenbedarf von Werkstätten	508
5.3. Projektierung von Hilfsbereichen	513
5.3.1. Projektierung von Lagern	513
5.3.1.1. Lagerungskapazität und Dimensionierung von Lagern	513
5.3.1.2. Lagerflächenberechnung	515
5.3.2. Innerbetrieblicher Transport	517
5.3.2.1. Flurförderzeuge	517
5.3.2.2. Hebezeuge und Aufzüge	522
5.3.2.3. Stetigförderer	522
5.3.2.4. Transporthilfsmittel	523
5.3.2.5. Lastaufnahmemittel	527
5.3.2.6. Allgemeine Transportanlagen	527
5.3.2.7. Transportmittelbedarf	529
5.3.2.8. Transportfläche, Transportwege und Raumhöhe	532
5.3.3. Kontrolleinrichtungen	534
5.3.4. Fertigungs- und Rationalisierungsmittelbau	535
5.3.5. Instandhaltungseinrichtungen	537
5.4. Arbeitsgestaltung und Umweltbedingungen	539
5.4.1. Maßliche Gestaltung des Arbeitsplatzes	539
5.4.2. Beleuchtung	543
5.4.2.1. Grundlagen der Licht- und Beleuchtungstechnik	543
5.4.2.2. Innenraumbeleuchtung mit Tageslicht	544
5.4.2.3. Innenraumbeleuchtung mit künstlichem Licht	545
5.4.3. Lärm	552
5.5. Einrichtungen der betrieblichen Energiewirtschaft	557
5.5.1. Energiebedarfsberechnung	557
5.5.2. Anlagentechnik	560
5.6. Maschinenbefestigung und Fundamentierung	562

5.7. Industriegebäude	565
5.7.1. Maßordnung im Bauwesen	565
5.7.2. Ausgewählte Bauelemente	567
5.7.3. Gebäude	570
5.8. Projektierung des Generalplanes	571
6. Arbeitskräfte	574
6.1. Übersicht	574
6.2. Arbeitsklassifizierung	575
6.3. Arbeitsnormung	579
6.3.1. Überblick	579
6.3.2. Zeitvorrechnung	581
6.3.3. Normerfüllung	582
6.3.4. Zeitmessung	583
6.4. Anzahl der Arbeitskräfte	584
6.5. Arbeitsproduktivität	586
7. Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	590
7.1. Ermittlung der Kosten	593
7.1.1. Überblick	593
7.1.2. Direkt und indirekt zurechenbare Kosten	597
7.2. Entscheidungskriterien	599
7.2.1. Entscheidungskennzahlen bzw. -größen	601
7.3. Ökonomische Bewertung von technologischen Varianten und Variantenvergleich	604
7.3.1. Einführender Überblick	604
7.3.2. Zur Bewertung	605
7.3.2.1. Bewertung mit Koeffizienten	606
7.3.2.2. Bewertung durch Punkte, Zahlen, Noten	609
7.4. Ermittlung des ökonomischen Nutzeffekts	614
7.4.1. Einführung	614
7.4.2. Kennzahlen und Kriterien	615
8. Grundlagen zur Anwendung der Gleichungen	620
8.1. Zur Anwendung von Einheiten	620
8.1.1. Überblick	620
8.1.2. Größenarten und Einheiten	622
8.2. Grundlagen der maschinellen Datenverarbeitung	627
8.2.1. Zahlendarstellung	628
8.2.2. Rechnen mit Dualzahlen	629
8.2.3. Schaltalgebra	630
8.2.4. Programmierung	635
9. Literaturverzeichnis	639
10. Sachwörterverzeichnis	655