Inhaltsverzeichnis

1 Konstruktionsmethodik und Konstruktionssystematik 7

1.1 Einleitung ... 7
1.1.1 Begriffe, Definitionen ... 7
1.1.2 Geschichtliche Entwicklung ... 10
1.2 Vorgehensplan beim systematischen Konstruieren ... 14
1.3 Analyse der Aufgabenstellung ... 16
1.3.1 Anforderungsliste ... 18
1.3.2 Kern der Aufgabe, Problemkern, Gesamtfunktion ... 21
1.3.3 Aufgliedern der Gesamtfunktion in Teilfunktionen ... 23
1.3.4 Darstellung des Problemkerns ... 23
1.4 Systematische Lösungssuche ... 24
1.4.1 Bemerkungen zur Methodik und zum Denkprozess ... 24
1.4.2 Methoden zur Ideenfindung ... 27
1.4.3 Problemlösungs-Sitzungen ... 28
1.4.4 Einzelne Methoden ... 28
1.4.4.1 Brainstorming ... 28
1.4.4.2 Brainwriting-Methoden ... 30
1.4.4.3 Morphologischer Kasten ... 33
1.4.4.4 Verwendung von Katalogen ... 35
1.5 Bewertung und Auswahl ... 39
1.5.1 Allgemeines zum Wertbegriff ... 39
1.5.2 Bewertungskriterien ... 42
1.5.3 Bewertungsverfahren ... 43
1.5.3.1 Rangfolgeverfahren ... 43
1.5.3.2 Klassenbildung, Notengebung ... 43
1.5.3.3 Punktebewertungen ... 43
1.5.3.4 Punktebewertungen nach Wertefunktionen . 45
1.5.3.5 Nutzwertanalyse ... 45
1.5.3.6 Technisch-wirtschaftliche Bewertung nach VDI 2225 ... 47
1.6 Darstellung von Lösungsideen während der Lösungssuche ... 50
1.7 Übungen und Beispiele zur Lösungssuche .. 53
1.8 FMEA – Failure Mode And Effekt Analysis .. 59
1.8.1 Die Auswirkungen von Fehlern ... 59
1.8.2 Durchführung einer Konstruktions-FMEA 60
1.9 Von der Konstruktion zur Fertigung ... 63
1.9.1 Stücklisten und Erzeugnisgliederung ... 64
1.9.2 Erzeugnisstrukturierung ... 67
1.9.3 Teileverwendungsnachweis ... 68
1.9.4 Nummernsysteme ... 69
1.9.5 Sachmerkmale und Relationsmerkmale ... 70

2 Entwerfen und Gestalten 71

2.1 Prinzipielles Vorgehen ... 71
2.2 Allgemeine Gestaltungsgrundlagen ... 72
2.2.1 Gestaltungsgrundregeln ... 72
2.2.2 Allgemeine Gestaltungsregeln ... 76
2.2.2.1 Grundforderungen bei der Gestaltung ... 76
2.2.2.2 Einfache Gestaltungselemente und Formelemente ... 76
2.2.2.3 Prinzip der konstanten Wandstärke ... 78
2.2.2.4 Prinzip der Kraftleitung – Der Kraftfluss ... 80
2.2.2.5 Wirkung von Kerben auf den Kraftfluss ... 81
2.2.2.6 Berücksichtigung der Gefügestruktur bei Umformverfahren ... 85
2.3 Gestaltungsrichtlinien ... 86
2.3.1 Festigkeitsgerechtes Gestalten ... 86
2.3.1.1 Gestaltung bei Zugbeanspruchung ... 88
2.3.1.2 Gestaltung bei Druckbeanspruchung ... 88
2.3.1.3 Gestaltung bei Biegebeanspruchung ... 89
2.3.1.4 Gestaltung bei Schubbeanspruchung ... 90
2.3.1.5 Gestaltung bei Torsionsbeanspruchung ... 90
2.3.1.6 Gestaltung bei zusammengesetzter Beanspruchung ... 91
2.3.2 Werkstoffgerechtes Gestalten ... 93
2.3.2.1 Allgemeines ... 93
2.3.2.2 Einteilung der Werkstoffe ... 95
2.3.2.3 Metallische Werkstoffe ... 96
2.3.2.4 Polymere ... 99
2.3.2.5 Keramiken und Gläser ... 101
2.3.2.6 Verbundwerkstoffe ... 102
2.3.2.7 Werkstoffe für den Leichtbau ... 104
2.3.2.8 Praktische Werkstoffwahl ... 105
2.3.3 Fertigungsgerechtes Gestalten ... 106
2.3.3.1 Gussgerechtes Gestalten ... 110
2.3.3.2 Schweißgerechtes Gestalten ... 122
2.3.3.3 Lötgerechtes Gestalten ... 139
2.3.3.4 Klebegerechtes Gestalten ... 145
2.3.3.5 Schmiedegerechtes Gestalten ... 149
2.3.3.6 Zerspangerechtes Gestalten ... 156
2.3.3.7 Vorrichtungsgerechtes Gestalten ... 164
2.3.3.8 Gestalten von Blechteilen ... 167
2.3.4 Konstruieren mit Kunststoffen ... 173
2.3.4.1 Allgemeines ... 173
2.3.4.2 Werkstofftechnische Gesichtspunkte ... 176
2.3.4.3 Gestaltung ... 177
2.3.4.4 Werkzeugkonstruktion ... 183
2.3.5 Kostengerechtes Gestalten ... 191
2.3.5.1 Allgemeines ... 191
2.3.5.2 Kostenbegriffe ... 192
2.3.5.3 Relativkosten ... 193
2.3.5.4 Konstruktionskosten ... 195
2.3.5.5 Materialkosten ... 195
2.3.5.6 Fertigungskosten ... 196
2.3.6 Automatisierungsgerechtes Gestalten ... 197
2.3.6.1 Allgemeines ... 197
2.3.6.2 Automatisierungsgerechte Gestaltung ... 198
2.3.7 Montagegerechtes und demontagegerechtes Gestalten ... 200
2.3.7.1 Allgemeines ... 200
2.3.7.2 Montage ... 200
2.3.7.3 Demontage ... 202
2.3.7.4 Rationalisierung ... 202
2.3.7.5 Gestaltung ... 203
2.3.8 Ergonomische Gestaltung ... 205
2.3.8.1 Der Mensch ist das Maß ... 205
2.3.8.2 Methodik zur Ergonomie ... 209
2.3.8.3 Gestaltung von Griffen, Stellteilen und Bediengeräten ... 210
2.3.8.4 Projektbeispiel PHG ... 212
2.3.9 Sicherheitsgerechtes Gestalten von Maschinen ... 213
2.3.9.1 Bauteilversagen und mangelnde Stabilität .. 214
2.3.9.2 Ungeschützt bewegte Maschinenteile ... 217
2.3.9.3 Teile mit gefährlicher Oberfläche ... 220
2.3.9.4 Transportmittel und bewegte Arbeitsmittel . 220
2.3.9.5 Geprüfte Sicherheit ... 220

Bibliografische Informationen
http://d-nb.info/1138644722

digitalisiert durch DEUTSCHE NATIONAL BIBLIOTHEK

2.3.9.6 EU-Maschinenrichtlinie ... 221
2.3.9.7 Europäische Sicherheitsnormen ... 224
2.3.10 Umweltgerechtes Gestalten ... 227
2.3.10.1 Lärm ... 227
2.3.10.2 Vibration ... 233
2.3.10.3 Recyclinggerechte Konstruktion ... 236
2.3.11 Transportgerechtes und lagergerechtes Gestalten ... 239
2.3.12 Formgerechtes und ästhetisches Gestalten. 241

3 Maschinenelemente 243

3.1 Einführung ... 243
3.2 Achsen und Wellen ... 244
3.2.1 Übersicht ... 244
3.2.2 Formgebung ... 248
3.3 Naben und Verbindungen zu Wellen ... 251
3.3.1 Die Nabe ... 251
3.3.2 Welle-Nabe-Verbindungen (WNV) ... 252
3.3.2.1 Kraftschlüssige WNV ... 253
3.3.2.2 Formschlüssige WNV ... 258
3.3.2.3 Stoffschlüssige WNV ... 262
3.4 Drehlager und Führungen ... 263
3.4.1 Wälzlager ... 264
3.4.1.1 Einführung ... 264
3.4.1.2 Bezeichnungen ... 265
3.4.1.3 Lagerarten (Auswahl) ... 267
3.4.1.4 Einsatz ... 270
3.4.1.5 Reibung und Schmierung ... 270
3.4.1.6 Einbau und Ausbau ... 273
3.4.1.7 Passungen beim Einsatz von Wälzlagern ... 274
3.4.1.8 Gestaltung ... 275
3.4.1.9 Lagerluft und Betriebsspiel ... 277
3.4.1.10 Steifigkeit ... 278
3.4.1.11 Lebensdauer und Tragfähigkeit ... 279
3.4.1.12 Lebensdauerberechnung ... 280
3.4.2 Hydrodynamische Lager ... 285
3.4.2.1 Einführung ... 285
3.4.2.2 Werkstoffe und Bauformen ... 286
3.4.2.3 Normung, Ausführungsformen und Einbau. 287
3.4.2.4 Wartungsfreie Trockenlaufgleitlager ... 289
3.4.3 Hydrostatische Gleitlager ... 291
3.4.4 Aerostatische Lager (Luftlager) ... 292
3.4.5 Magnetlager ... 293
3.4.6 Führungen ... 294
3.4.6.1 Allgemeine Anforderungen ... 294
3.4.6.2 Wälzführungen ... 295
3.4.6.3 Hydrodynamische Führungen ... 297
3.4.6.4 Hydrostatische Führungen ... 299
3.4.6.5 Aerostatische Führungen ... 302
3.4.6.6 Magnetische Führungen ... 302
3.5 Dichtungen ... 303
3.5.1 Allgemeines ... 303
3.5.2 Statische Dichtungen ... 304
3.5.2.1 Unlösbare und bedingt lösbare Dichtungen. 304
3.5.2.2 Lösbare Berührdichtungen ... 305
3.5.3 Dynamische Dichtungen ... 309
3.5.3.1 Berührungsdichtungen ... 309
3.5.3.2 Berührungslose Dichtsysteme ... 313
3.5.3.3 Hermetische Abdichtungen ... 315
3.6 Technische Federn ... 316
3.6.1 Physikalische Grundlagen ... 316
3.6.2 Einteilung ... 318
3.6.3 Anwendung ... 319
3.6.4 Technische Grundlagen ... 320
3.6.4.1 Schraubenfedern ... 320
3.6.4.2 Tellerfedern ... 321
3.6.4.3 Blattfedern ... 322
3.6.4.4 Drehstabfedern ... 322
3.6.4.5 Spiralfedern ... 322
3.6.4.6 Ringfedern ... 323
3.6.4.7 Gasdruckfedern ... 323
3.6.4.8 Luftfedern ... 324
3.6.4.9 Gummifedern, Elastomerfedern ... 324
3.6.4.10 Memory-Metallfedern ... 325
3.6.4.11 Integration einer Federfunktion ... 325
3.7 Schrauben ... 326
3.7.1 Einführung ... 326
3.7.2 Kenngrößen und Ausführungsformen ... 327
3.7.3 Sicherung von Schraubverbindungen ... 331
3.7.4 Verschraubung von Blechen ... 333
3.7.5 Schraubenmontage ... 334
3.7.6 Festigkeitsgerechte Verschraubung ... 335
3.7.7 Berechnungen ... 338
3.7.7.1 Vorspannung ... 338
3.7.7.2 Dynamische Belastung ... 345
3.7.7.3 Scherbelastung von Passschrauben ... 346
3.8 Kupplungen ... 347
3.8.1 Allgemeines ... 347
3.8.2 Nichtschaltende Kupplungen ... 348
3.8.2.1 Starre Kupplungen ... 348
3.8.2.2 Ausgleichende Kupplungen ... 349
3.8.3 Schaltende Kupplungen und Bremsen ... 356
3.8.3.1 Selbsttätige Schaltkupplungen ... 356
3.8.3.2 Fremdbetätigte Kupplungen ... 357
3.9 Getriebe ... 359
3.9.1 Allgemeine kinematische Eigenschaften ... 360
3.9.2 Zugmittelgetriebe ... 365
3.9.2.1 Allgemeines ... 365
3.9.2.2 Riementriebe ... 366
3.9.3 Stufenlos verstellbare Getriebe ... 370
3.9.3.1 Umschlingungsgetriebe ... 370
3.9.3.2 Reibradgetriebe ... 371
3.9.3.3 Wälzgetriebe ... 371
3.9.3.4 Hydrodynamische Wandler ... 372
3.9.4 Zahnräder und Zahnradgetriebe ... 373
3.9.4.1 Zahnräder und Zahnradpaarungen ... 373
3.9.4.2 Zahnradgeometrie geradverzahnter Stirnräder ... 373
3.9.4.3 Schrägverzahnungen ... 377
3.9.4.4 Schneckenverzahnungen ... 378
3.9.4.5 Kegelradverzahnung ... 379
3.9.4.6 Innenverzahnung ... 380
3.9.4.7 Schraubradverzahnung ... 382
3.9.4.8 Zahnradwerkstoffe und ihre Behandlung ... 382
3.9.4.9 Belastungen am Zahnfuß und Modulauswahl ... 383
3.9.4.10 Getriebestufung und Zähnezahlauswahl ... 384
3.9.4.11 Getriebeart und Konstruktion ... 385
3.9.4.12 Schaltgetriebe ... 388
3.9.4.13 Getriebebeispiele ... 389
3.9.5 Getriebe mit ungleichförmigen Bewegungen ... 393
3.9.5.1 Kurbelgetriebe ... 393
3.9.5.2 Getriebe mit aussetzender Bewegung ... 394
3.9.6 Getriebe für Linearbewegungen ... 395
3.9.6.1 Lineare Zugmittelgetriebe ... 395
3.9.6.2 Zahnstange-Ritzel-Trieb ... 396
3.9.6.3 Gewindetrieb ... 397
3.9.6.4 Schnecke-Zahnstange-Trieb ... 401

4 Antriebe 402

4.1 Einführung und Übersicht ... 402
4.1.1 Fluidtechnik ... 402
4.1.2 Elektrische Antriebstechnik ... 402
4.2 Pneumatik ... 403
4.2.1 Drucklufterzeugung ... 403
4.2.2 Druckluftnetz ... 404
4.2.3 Ventile ... 404
4.2.4 Aktoren ... 405
4.3 Hydraulische Anlagen ... 408
4.3.1 Physikalische Grundlagen ... 409
4.3.1.1 Hydrostatik ... 409
4.3.1.2 Hydrodynamik ... 410
4.3.2 Komponenten ... 411
4.3.3 Aktoren ... 412
4.3.4 Hydrospeicher ... 414
4.4 Elektrische Antriebe ... 415
4.4.1 Rechnerische Grundlagen ... 415
4.4.2 Erste Orientierung ... 417
4.4.3 Drehstromantriebe am Drehstromnetz ... 419
4.4.3.1 Allgemeines ... 419
4.4.3.2 Drehstrom-Asynchronmotoren (ASM) ... 421
4.4.3.4 Energieeffizienz ... 422
4.4.4 Getriebemotoren ... 423
4.4.5 Drehstromantriebe mit Umrichter ... 425
4.4.6 Direktantriebe, Linearmotoren ... 427
4.4.7 Kleinmotoren ... 428
4.4.8 Schrittmotoren ... 429
4.4.9 Piezoaktoren ... 429

5 Computer und Konstruktion 431

5.1 CAD-Systeme ... 431
5.1.1 Entwicklung ... 431
5.1.2 Der CAD-Arbeitsplatz ... 432
5.1.3 Arten von CAD-Systemen ... 433
5.1.4 Werkzeuge und Begriffe ... 435
5.2 Konstruktionsautomatisierung ... 438
5.2.1 Knowledge Based Engineering ... 438
5.2.2 Eltern-Kind-Beziehungen ... 439
5.3 Produktdatenmodell ... 440
5.4 Schnittstellen ... 440
5.5 Baugruppe ... 444
5.6 Top- Down und Bottom- Up ... 446
5.7 Bionik ... 447
5.7.1 Topologieoptimierung ... 448
5.7.2 Gestaltoptimierung ... 449
5.8 Simulationswerkzeuge ... 451
5.9 Virtualisierung ... 453
5.9.1 Stereoskopische Betrachtung ... 453
5.9.2 Virtual Environments (VE) ... 453
5.9.3 Anwendungen von VE-Systemen ... 456
5.10 3D-Druck – Additive Fertigung ... 457
5.10.1 Körperliche Modelle (Rapid Prototyping) ... 457
5.10.2 Endprodukte (Rapid Manufacturing) ... 458
5.10.3 Werkzeuge und Vorrichtungen (Rapid Tooling) ... 459
5.10.4 Innovation in der Konstruktionstechnik ... 459
5.10.5 Additive Fertigungsverfahren ... 463
5.10.5.1 Allgemeines ... 463
5.10.5.2 Einteilung der Verfahren ... 464
5.10.5.3 Prozesse und Verfahren ... 466
5.11 Produktdatenmanagement (PDM) ... 471
5.12 Product Lifecycle Management (PLM) ... 472

Anhang 1: Kleine Festigkeitslehre 473

1 Aufgaben und Ziele ... 473
2 Grundbelastungsfälle ... 474
3 Beanspruchung auf Zug ... 474
3.1 Zugspannung ... 474
3.2 Zugversuch ... 475
3.3 Zulässige Zugspannung ... 477
4 Beanspruchung auf Druck ... 478
4.1 Druckspannung ... 478
4.2 Druckversuch ... 478
4.3 Zulässige Druckspannung ... 479
4.4 Knickung ... 479
4.5 Flächenpressung ... 481
5 Beanspruchung auf Biegung ... 482
5.1 Biegespannung ... 482
5.2 Biegemoment ... 483
5.3 Zulässige Biegespannung ... 484
6 Beanspruchung auf Schub ... 485
6.1 Schubspannung ... 485
6.2 Schubmodul ... 486
6.3 Zulässige Schubspannung ... 486
7 Beanspruchung auf Torsion ... 487
7.1 Torsionsspannung ... 487
7.2 Torsionsmoment ... 488
7.3 Zulässige Torsionsspannung ... 489
8 Dynamische Beanspruchung ... 490
8.1 Schwingende Beanspruchung ... 490
8.2 Spannungsermittlung ... 490
8.3 Zug-Druck-Wechselsfestigkeit ... 451
8.4 Dauerschwingfestigkeit ... 492
8.5 Zulässige Spannung ... 494
9 Kerbwirkung ... 495
9.1 Spannungskonzentration ... 495
9.2 Statische Beanspruchung ... 495
9.3 Formzahl ... 496
9.4 Festigkeitsverhalten unter Kerbwirkung ... 497
9.5 Kerbschlagbiegeversuch ... 498
10 Wärmespannungen ... 499
10.1 Wärmeausdehnungskoeffizient ... 499
10.2 Wärmedehnung ... 499
10.3 Einachsiger Spannungszustand ... 500
10.4 Mehrachsiger Spannungszustand ... 500
10.5 Eigenspannungen ... 500
11 Allgemeiner Spannungs- und Verformungszustand ... 501
11.1 Spannungen an schrägen Schnitten ... 501
11.2 Mohr'scher Spannungskreis ... 502
11.3 Verallgemeinertes Hooke'sches Gesetz ... 504
11.4 Festigkeitshypothesen ... 505
11.4.1 Normalspannungshypothese (NH) ... 506
11.4.2 Schubspannungshypothese (SH) ... 506
11.4.3 Gestaltänderungsenergiehypothese (GEH) ... 506
12 Aufgaben zur Festigkeitslehre ... 507

Anhang 2: Werkstoffvorauswahl 511

1 Vorbemerkungen ... 511
2 Wärmeleitfähigkeit – Temperaturleitfähigkeit ... 513
3 Dichte ... 517
4 Elastizitätsmodul ... 518
5 Versagensspannung ... 521
6 Bruchzähigkeit ... 526
7 Verlustfaktor ... 532
8 Linearer Wärmeausdehnungskoeffizient ... 534

Fachwörterbuch Deutsch – Englisch, Sachwortverzeichnis ... 536

Quellenverzeichnis ... 544