

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
So nutzen wir dieses Buch	VII
Der allgemeine Bereich	IX
Das Praxisbeispiel	IX
Der IE Praxis Kommentar	IX
Praxisbeispiel Antriebsgelenkwelle.....	X
Praxisbeispiel Massivumformen.....	XII

Teil I – Mensch

1 Mensch und Menschen	5
1.1 Menschen im Alltag	7
1.2 Menschen: miteinander kommunizieren	9
1.3 Menschen in Wirtschaftseinheiten	9
1.4 Menschen und das Ich.....	10
2 Der Mensch und das Industrial Engineering	11
3 Menschliches Verhalten – Ursachen und Wirkungen	13
3.1 Wir haben immer einen Grund	13

3.2	Unser Bild von Menschen.....	13
3.3	Erkenntnisse über unsere Antriebskräfte.....	14
4	Der Mensch als Eisberg.....	15
4.1	Unterbewusstsein und Unbewusstes	16
4.2	Bilder werden magisch.....	16
5	Bedürfnisse der Menschen	19
5.1	Motivation.....	20
5.2	Stress und Beanspruchung	22
5.3	Belastung.....	24
5.4	Ängste	24
5.5	Stressvermeidung.....	25
6	Anforderungen an Menschen	27
6.1	Führungskompetenz	29
6.2	Verhaltens-/soziale Kompetenz	29
6.3	Fachkompetenz.....	29
6.4	Methodenkompetenz.....	29
7	Der Mensch im Unternehmen	31
8	Mensch – Zusammenfassung.....	33
9	Anhang Liste Charaktereigenschaften.....	35
 Teil II – Markt.....		43
1	Markt.....	47
1.1	Der Markt als universeller Ort des Austauschs.....	48

1.1.1	Marktarten und Marktformen.....	49
1.1.2	Die Nachfrage, die Bedürfnisse und das Angebot	50
1.1.3	Marktforschung	51
1.1.4	Der Markt und die Preisbildung.....	52
1.1.5	Der Wirtschaftskreislauf.....	55
1.1.5.1	Das Marketing.....	55
1.2	Vertrieb.....	58
1.3	Produktentwicklung.....	60
1.3.1	Komplexität	61
1.3.2	Produktentwicklungsphasen.....	63
1.3.3	Entwicklungsmethoden	63
1.3.4	Product Lifecycle Management.....	64
1.3.5	Werkzeuge der Produktentwicklung	65
1.3.5.1	CAD-Systeme (Computer Aided Design)	65
1.3.5.2	Collaborative Engineering - miteinander!.....	66
1.3.5.3	Rapid Prototyping.....	67
1.3.5.4	Berechnung und Simulation.....	69
2	Praxisbeispiel Antriebsgelenkwelle	71
2.1	Der Markt der Antriebsgelenkwellen	71
2.2	Produktentwicklungen der Antriebsgelenkwellen	76
2.3	Berechnung von Antriebsgelenkwellen	77
2.4	Die Konstruktion der Antriebsgelenkwelle.....	88
2.5	Versuche und Tests	93
2.6	PPAP	96
3	Praxisbeispiel Massivumformung	97
3.1	Der Markt des Massivumformens.....	97
3.2	Produktentwicklung Massivumformen.....	103
4	Markt - Zusammenfassung.....	107

Teil III – Mitwelt	111
1 Mitwelt	115
1.1 Die Mitwelt als Fabrikstandort	116
1.1.1 Standortauswahl.....	117
1.1.2 Bebauungsplan.....	120
1.2 Gesetze und Rahmenbedingungen	121
1.2.1 Arbeitsschutz und Gesundheitsschutz.....	122
1.2.1.1 Belastung und Beanspruchung.....	124
1.2.1.2 Gefährdungsermittlung und -beurteilung.....	127
1.2.2 Umweltschutz.....	130
1.2.3 Umweltrecht.....	133
1.3 Effiziente Nutzung der Ressourcen	134
1.4 Nachhaltigkeit	134
1.5 Gesellschaftliche Verantwortung	135
2 Praxisbeispiel Antriebsgelenkwelle	137
2.1 Blickwinkel des herzustellenden Produktes.....	137
2.2 Blickwinkel der Produktionsstätte.....	137
2.3 Planung und Planungsphasen des Layouts.....	137
2.4 Simulation.....	141
3 Mitwelt – Zusammenfassung	143
Teil IV – Materialien	145
1 Material	149
1.1 Die Material- oder Werkstoffentwicklung.....	150
1.2 Die Material- oder Werkstoffentscheidungsfindung.....	155
1.3 Material- oder Werkstoffkunde.....	156
1.4 Material- oder Werkstoffeigenschaften.....	157

2	Materialien: Metalle	163
2.1	Werkstoff Eisen und Stahl	164
2.1.1	Einteilung nach Legierungsbestandteilen	164
2.1.2	Einteilung nach Anwendungsgebieten	164
2.1.3	Verfahren zur Stahlerzeugung.....	165
2.1.4	Werkstoff Grauguss	168
2.2	Werkstoff Aluminium	168
2.3	Metallschäume	169
2.4	Kunststoffe	170
2.5	Neue Materialien und Werkstoffe	172
3	Materialien – Praxisbeispiel	175
3.1	Praxisbeispiel Antriebsgelenkwellen	175
3.2	Praxisbeispiel Massivumformen – Schmiedbare Materialien und Werkstoffe	177
4	Material – Zusammenfassung	179

Teil V – Maschinen (und Fertigungsverfahren)..... 181

1	Maschinen, Fertigungsverfahren und Industrial Engineering	187
1.1	Produktionstechnik allgemein.....	187
2	Maschinen im Unternehmen	191
2.1	Fertigungsverfahren	191
2.2	Werkzeugmaschinen allgemein.....	191
2.3	Maschinenbewegungen – Achsen	193
2.4	Schnittgeschwindigkeit.....	193
2.5	Vorschub.....	194
2.6	Spannmittel	194
2.7	Werkzeuge.....	196

2.8	Fertigungsverfahren der Umformung.....	197
2.9	Maschinen der spanenden Bearbeitung.....	197
2.10	Messtechnologie.....	198
3	Fertigungsverfahren nach DIN 8580.....	201
3.1	Urformen.....	203
3.1.1.1	Schwerkraftgießen.....	204
3.1.1	Urformen aus dem flüssigen Zustand.....	204
3.1.1.2	Druckgießen.....	206
3.1.1.3	Niederdruckgießen.....	207
3.1.1.4	Schleudergießen.....	209
3.1.1.5	Stranggießen.....	210
3.1.1.6	Schäumen.....	211
3.1.1.7	Tauchformen.....	212
3.1.1.8	Urformen von faserverstärkten Kunststoffen.....	213
3.1.1.9	Züchten von Kristallen.....	214
3.1.2	Urformen aus dem plastischen Zustand.....	215
3.1.2.1	Pressformen.....	215
3.1.2.2	Spritzgießen.....	217
3.1.2.3	Spritzpressen.....	218
3.1.2.4	Strangpressen.....	219
3.1.2.5	Ziehformen.....	220
3.1.2.6	Kalandrieren.....	221
3.1.2.7	Blasformen.....	221
3.1.2.8	Modellieren.....	222
3.1.3	Urformen aus dem breiigen Zustand.....	222
3.1.3.1	Gießen von Beton und Gips.....	222
3.1.3.2	Gießen von Porzellan und Keramik.....	222
3.1.4	Urformen aus dem körnigen oder pulverförmigen Zustand.....	223
3.1.4.1	Pressen.....	223
3.1.4.2	Sandformen.....	224
3.1.4.3	Urformen durch thermisches Spritzen.....	225
3.1.4.4	Rapid Prototyping.....	226
3.1.5	Urformen aus span- oder faserförmigem Zustand.....	228
3.1.5.1	Herstellung von Spanplatten.....	228
3.1.5.2	Herstellung von Faserplatten.....	228
3.1.5.3	Herstellung von Papier und Pappe.....	229
3.1.7	Punkt entfällt.....	231
3.1.8	Punkt entfällt.....	231
3.1.6	Urformen aus dem gas- oder dampfförmigen Zustand.....	231
3.1.6.1	Abscheiden aus der Dampfphase in eine Form.....	231
3.1.9	Urformen aus ionisiertem Zustand durch elektrolytisches Abscheiden.....	232
3.1.9.1	Elektrolytisches Abscheiden in eine Form.....	232
3.2	Umformen.....	233
3.2.1	Druckumformen.....	235
3.2.1.1	Walzen.....	235
3.2.1.2	Freiformen.....	236
3.2.1.3	Gesenkformen.....	238

3.2.1.4	Eindrücken	239
3.2.1.5	Durchdrücken	240
3.2.1.6	Umformstrahlen	240
3.2.1.7	Oberflächenveredlungsstrahlen.....	240
3.2.2	Zugdruckumformen.....	241
3.2.2.1	Durchziehen	241
3.2.2.2	Tiefziehen	242
3.2.2.3	Drücken.....	243
3.2.2.4	Kragenziehen.....	244
3.2.2.5	Knickbauchen	244
3.2.2.6	Innendruck-Weitstauchen.....	245
3.2.3	Zugumformen	245
3.2.3.1	Längen.....	245
3.2.3.2	Weiten	246
3.2.3.3	Tiefen.....	246
3.2.4	Biegeumformen	247
3.2.4.1	Biegeumformung mit geradliniger Werkzeugbewegung.....	247
3.2.4.2	Biegeumformung mit drehender Werkzeugbewegung.....	248
3.2.5	Schubumformen	248
3.2.5.1	Verschieben (Schubumformen) mit geradliniger Werkzeugbewegung	248
3.2.5.2	Verschieben (Schubumformen) mit drehender Werkzeugbewegung.....	249
3.3	Trennen	250
3.3.1	Zerteilen.....	251
3.3.1.1	Scherschneiden	251
3.3.1.2	Messerschneiden.....	252
3.3.1.3	Beißschneiden.....	253
3.3.1.4	Spalten	254
3.3.1.5	Reißen	254
3.3.1.6	Brechen	254
3.3.2	Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden	255
3.3.2.1	Drehen.....	256
3.3.2.2	Bohren, Senken, Reiben	263
3.3.2.3	Fräsen.....	265
3.3.2.4	Hobeln, Stoßen.....	270
3.3.2.5	Räumen	271
3.3.2.6	Sägen	272
3.3.2.7	Feilen, Raspeln	273
3.3.2.8	Bürstenspanen.....	274
3.3.2.9	Schaben, Meißeln	275
3.3.3	Spanen mit geometrisch unbestimmten Schneiden.....	276
3.3.3.1	Schleifen mit rotierendem Werkzeug	276
3.3.3.2	Bandschleifen.....	278
3.3.3.3	Hubschleifen	279
3.3.3.4	Honen	280
3.3.3.5	Läppen.....	281
3.3.3.6	Strahlspanen	282
3.3.3.7	Gleitspanen/Gleitschleifen	283
3.3.4	Abtragen	284
3.3.4.1	Thermisches Abtragen	284
3.3.4.2	Chemisches Abtragen.....	284
3.3.4.3	Elektrochemisches Abtragen.....	285
3.3.5	Zerlegen	286

3.3.5.1	Auseinandernehmen	286
3.3.5.2	Entleeren	286
3.3.5.3	Lösen kraftschlüssiger Verbindungen	286
3.3.5.4	Zerlegen von durch Urformen gefügten Teilen	287
3.3.5.5	Zerlegen von durch Umformen gefügten Teilen	287
3.3.5.6	Punkt entfällt	287
3.3.5.7	Ablöten	287
3.3.5.8	Lösen von Klebeverbindungen.....	287
3.3.5.9	Zerlegen textiler Verbindungen.....	287
3.3.6	Reinigen	288
3.3.6.1	Reinigungsstrahlen.....	288
3.3.6.2	Mechanisches Reinigen.....	288
3.3.6.3	Strömungstechnisches Reinigen.....	289
3.3.6.4	Lösungsmittelreinigen	290
3.3.6.5	Chemisches Reinigen	290
3.3.6.6	Thermisches Reinigen.....	293
3.4	Fügen.....	294
3.4.1	Zusammensetzen	295
3.4.2	Füllen	295
3.4.3	An- und Einpressen	295
3.4.4	Fügen durch Urformen.....	295
3.4.5	Fügen durch Umformen.....	295
3.4.6	Fügen durch Schweißen.....	296
3.4.7	Fügen durch Löten	298
3.4.8	Kleben	299
3.4.9	Textiles Fügen.....	299
3.5	Beschichten	300
3.5.1	Beschichten aus dem flüssigen Zustand	301
3.5.1.1	Schmelztauchen	301
3.5.1.2	Anstreichen, Lackieren	301
3.5.1.3	Färben	302
3.5.1.4	Emaillieren, Glasieren.....	302
3.5.1.5	Beschichten durch Gießen	302
3.5.1.6	Drucken, Bedrucken	303
3.5.1.7	Beschriften	303
3.5.2	Beschichten aus dem plastischen Zustand	303
3.5.2.1	Spachteln.....	303
3.5.3	Beschichten aus dem breiigen Zustand.....	304
3.5.3.1	Putzen, Verputzen.....	304
3.5.4	Beschichten aus dem körnigen oder pulverförmigen Zustand.....	304
3.5.4.1	Wirbelsintern.....	304
3.5.4.2	Elektrostatisches Beschichten.....	306
3.5.4.3	Beschichten durch thermisches Spritzen	307
3.5.5	Punkt entfällt	310
3.5.6	Beschichten durch Schweißen	310
3.5.6.1	Schmelzauftragsschweißen	310
3.5.7	Beschichten durch Löten.....	311
3.5.7.1	Auftragsweichlöten	311
3.5.7.2	Auftragshartlöten.....	311
3.5.8	Beschichten aus dem gas- oder dampfförmigen Zustand.....	312
3.5.8.1	Vakuumbedampfen.....	312

3.5.8.2	Vakuumbestäuben	313
3.5.9	Beschichten aus dem ionisierten Zustand	314
3.5.9.1	Galvanisches Beschichten.....	314
3.5.9.2	Chemisches Beschichten.....	315
3.6	Stoffeigenschaften ändern	316
3.6.1	Verfestigung durch Umformen	317
3.6.1.1	Verfestigungsstrahlen	317
3.6.1.2	Verfestigen durch Walzen.....	318
3.6.1.3	Verfestigen durch Ziehen.....	319
3.6.1.4	Verfestigen durch Schmieden	319
3.6.2	Wärmebehandeln	319
3.6.2.1	Glühen.....	319
3.6.2.2	Härten	320
3.6.2.3	Isothermisches Umwandeln	321
3.6.2.4	Anlassen, Auslagern.....	321
3.6.2.5	Vergüten	322
3.6.2.6	Tiefkühlen	322
3.6.2.7	Thermochemisches Behandeln	323
3.6.2.8	Aushärten.....	323
3.6.3	Thermomechanisches Behandeln.....	323
3.6.3.1	Austenitformhärten	323
3.6.3.2	Heißisostatisches Nachverdichten.....	324
3.6.4	Sintern, Brennen	324
3.6.5	Magnetisieren	325
3.6.6	Bestrahlen	325
3.6.7	Photochemische Verfahren.....	325
3.6.7.1	Belichten.....	325
4	Maschinen und Fertigungsverfahren – Praxisbeispiel.....	327
5	Maschinen und Fertigungsverfahren – Zusammenfassung	331

Teil VI – Methoden

1	Methoden.....	339
1.1	IMS – Integrierte Managementsysteme	339
1.2	SWOT-Analyse.....	350
1.3	Effizienzanalyse	350
1.4	Risikoanalyse	352
1.5	Kundenzufriedenheitsanalyse.....	355

1.6	Machbarkeitsanalyse	356
1.7	Investitionsstudie/-analyse.....	357
1.8	FTA (Ursache-Wirkung)	357
1.9	Prozess- und Schnittstellenanalyse	358
1.10	Kernkompetenz- und Wertkettenanalyse.....	359
1.11	Brainstorming.....	359
1.12	Audit.....	360
1.13	CAX-Anwendung mit Simulation.....	361
1.14	Benchmarkanalyse	364
1.15	Projektmanagement.....	365
1.16	FMEA.....	365
1.17	KVP-Management	366
1.18	Balanced Scorecard.....	366
1.19	Stakeholderanalyse	367
1.20	Lebenszyklusanalyse.....	368
1.21	ABC-Analyse und Pareto-Diagramm.....	370
1.22	TPM.....	371
1.23	SPC – MFU/PFU.....	376
1.24	Poka Yoke	377
1.25	Weitere Methoden.....	377
1.25.1	Methoden der Entscheidung	377
1.25.2	Entgeltsysteme.....	377
1.25.3	Systemanalyse	378
1.25.4	Lastenheft und Pflichtenheft	378
1.25.5	Bestellung.....	378
1.25.6	Maschinenabnahme.....	379
1.25.7	Innovationsmanagement.....	379
2	Methoden – Praxisbeispiel	381
2.1	Praxisbeispiel Antriebsgelenkwelle.....	381
2.1.1	Methodenmöglichkeiten.....	381
2.1.2	Arbeitsvorbereitung – Prozessschritte und Prozesse	388

2.1.3	Kalkulation.....	409
2.1.4	Lastenheft.....	421
2.1.5	Angebots-, Verfahrens- und Kostenvergleiche	433
2.1.6	Verfahrensvergleiche.....	436
2.1.7	Detailplanung Maschinen.....	436
2.1.8	Detailplanung Spannsysteme.....	437
2.1.9	Detailplanung Werkzeuge.....	445
2.1.10	Operations- und Prüfpläne	452
2.1.11	Arbeitssysteme	452
2.1.12	Produktion.....	452
2.2	Planungsliste einer Investitionsstudie	453
2.2.1	Zusammenfassung (Seite 1).....	454
2.2.2	Überblick Phase 1 und 2 - Produktion und Produktionsumfeld (Seite 2).....	455
2.2.3	Überblick Phase 3 und 4 - Produktion und Produktionsumfeld (Seite 3).....	456
2.2.4	Überblick Phase 1 und 2 - Kosten Industrial Engineering und Entwicklung (Seite 4).....	457
2.2.5	Überblick Phase 3 und 4 - Kosten Industrial Engineering und Entwicklung (Seite 5).....	458
2.2.6	Detailplanung Phase 1 Festgelenk Gelenkaußenteil (Seite 6).....	459
2.2.7	Detailplanung Phase 2 Festgelenk Gelenkaußenteil (Seite 7).....	460
2.2.8	Detailplanung Phase 3 Festgelenk Gelenkaußenteil (Seite 8).....	461
2.2.9	Detailplanung Phase 4 Festgelenk Gelenkaußenteil (Seite 9).....	462
2.2.10	Detailplanung Phase 1 Festgelenk Kugelnabe (Seite 10).....	463
2.2.11	Detailplanung Phase 2 Festgelenk Kugelnabe (Seite 11).....	464
2.2.12	Detailplanung Phase 3 Festgelenk Kugelnabe (Seite 12).....	465
2.2.13	Detailplanung Phase 4 Festgelenk Kugelnabe (Seite 13).....	466
2.2.14	Detailplanung Phase 1 Festgelenk Kugelkäfig (Seite 14).....	467
2.2.15	Detailplanung Phase 2 Festgelenk Kugelkäfig (Seite 15).....	468
2.2.16	Detailplanung Phase 3 Festgelenk Kugelkäfig (Seite 16).....	469
2.2.17	Detailplanung Phase 4 Festgelenk Kugelkäfig (Seite 17).....	470
2.2.18	Detailplanung Phase 1 Verschiebegelenk Gelenkaußenteil (Seite 18).....	471
2.2.19	Detailplanung Phase 2 Verschiebegelenk Gelenkaußenteil (Seite 19).....	472
2.2.20	Detailplanung Phase 3 Verschiebegelenk Gelenkaußenteil (Seite 20).....	473
2.2.21	Detailplanung Phase 4 Verschiebegelenk Gelenkaußenteil (Seite 21).....	474
2.2.22	Detailplanung Phase 1 Verschiebegelenk Kugelnabe (Seite 22).....	475
2.2.23	Detailplanung Phase 2 Verschiebegelenk Kugelnabe (Seite 23).....	476
2.2.24	Detailplanung Phase 3 Verschiebegelenk Kugelnabe (Seite 24).....	477
2.2.25	Detailplanung Phase 4 Verschiebegelenk Kugelnabe (Seite 25).....	478
2.2.26	Detailplanung Phase 1 Verschiebegelenk Kugelkäfig (Seite 26).....	479
2.2.27	Detailplanung Phase 2 Verschiebegelenk Kugelkäfig (Seite 27).....	480
2.2.28	Detailplanung Phase 3 Verschiebegelenk Kugelkäfig (Seite 28).....	481
2.2.29	Detailplanung Phase 4 Verschiebegelenk Kugelkäfig (Seite 29).....	482
2.2.30	Detailplanung Phase 1 Verschiebegelenk Tripode Gelenkaußenteil (Seite 30).....	483
2.2.31	Detailplanung Phase 2 Verschiebegelenk Tripode Gelenkaußenteil (Seite 31).....	484
2.2.32	Detailplanung Phase 3 Verschiebegelenk Tripode Gelenkaußenteil (Seite 32).....	485
2.2.33	Detailplanung Phase 4 Verschiebegelenk Tripode Gelenkaußenteil (Seite 33).....	486
2.2.34	Detailplanung Phase 1 Verschiebegelenk Tripode Gelenkaußenteil (Seite 34).....	487
2.2.35	Detailplanung Phase 2 Verschiebegelenk Tripode Gelenkaußenteil (Seite 35).....	488
2.2.36	Detailplanung Phase 3 Verschiebegelenk Tripode Gelenkaußenteil (Seite 36).....	489
2.2.37	Detailplanung Phase 4 Verschiebegelenk Tripode Gelenkaußenteil (Seite 37).....	490
2.2.38	Detailplanung Phase 1 Zwischenwelle (Seite 38).....	491
2.2.39	Detailplanung Phase 2 Zwischenwelle (Seite 39).....	492
2.2.40	Detailplanung Phase 3 Zwischenwelle (Seite 40).....	493
2.2.41	Detailplanung Phase 4 Zwischenwelle (Seite 41).....	494

2.2.42	Detailplanung Phase 1 Montage (Seite 42).....	495
2.2.43	Detailplanung Phase 2 Montage (Seite 43).....	496
2.2.44	Detailplanung Phase 3 Montage (Seite 44).....	497
2.2.45	Detailplanung Phase 4 Montage (Seite 45).....	498
2.2.46	Detailplanung Phase 1 Sonstige Kosten (Seite 46).....	499
2.2.47	Detailplanung Phase 2 Sonstige Kosten (Seite 47).....	500
2.2.48	Detailplanung Phase 3 Sonstige Kosten (Seite 48).....	501
2.2.49	Detailplanung Phase 4 Sonstige Kosten (Seite 49).....	502
2.2.50	Detailplanung Phase 1 Sonstige Kosten (Seite 50).....	503
2.2.51	Detailplanung Phase 2 Sonstige Kosten (Seite 51).....	504
2.2.52	Detailplanung Phase 3 Sonstige Kosten (Seite 52).....	505
2.2.53	Detailplanung Phase 4 Sonstige Kosten (Seite 53).....	506
3	Methoden – Zusammenfassung	507

Teil VII – Management..... 509

1	Management allgemein	513
2	Kompetenzen im Management	515
3	Management ist schwierig	519
4	Projektmanagement	523
4.1	Projektablauf.....	523
4.2	Projektinteressen.....	524
4.3	Projektarbeit	525
5	Management und Industrial Engineering	527
5.1	Das Industrial Engineering allgemein und die Planung	527
5.2	Aufgaben des Industrial Engineerings – Ziele	527
5.3	Planungsverfahren	529
6	Managementsysteme	531
7	Management – Praxisbeispiel	533

8	Management – Zusammenfassung	535
Teil VIII – Miteinander		509
1	Das Miteinander	541
2	Teamarbeit	547
3	Regeln für eine offene Kommunikation	553
4	Selbstmanagement	555
4.1	Selbstmanagement im Beruf	556
5	Grundlagen der Moderation – Phasen	557
6	Problem oder Aufgabe lösen	559
7	Industrial Engineering	563
7.1	Die Bedeutung des Industrial Engineerings	563
7.1.1	Funktionen des Industrial Engineers	563
7.1.2	Organisationsmöglichkeit des Industrial Engineers	564
7.2	Industrial Engineering und die Entwicklung	566
7.3	Industrial Engineering und Controlling	567
7.4	Industrial Engineering und Joint Ventures	568
8	Miteinander – Praxisbeispiele	569
9	Miteinander – Zusammenfassung	573
Sachverzeichnis		575