

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Konstruktionsmethodik und Konstruktionssystematik</b>	<b>7</b>		
<b>1.1 Einleitung</b>	<b>7</b>	<b>2.3 Gestaltungsrichtlinien</b>	<b>86</b>
1.1.1 Begriffe, Definitionen	7	2.3.1 Festigkeitsgerechtes Gestalten	86
1.1.2 Geschichtliche Entwicklung	10	2.3.1.1 Gestaltung bei Zugbeanspruchung	88
<b>1.2 Vorgehensplan beim systematischen Konstruieren</b>	<b>14</b>	2.3.1.2 Gestaltung bei Druckbeanspruchung	88
<b>1.3 Analyse der Aufgabenstellung</b>	<b>16</b>	2.3.1.3 Gestaltung bei Biegebeanspruchung	89
1.3.1 Anforderungsliste	18	2.3.1.4 Gestaltung bei Schubbeanspruchung	90
1.3.2 Kern der Aufgabe, Problemkern, Gesamtfunktion	21	2.3.1.5 Gestaltung bei Torsionsbeanspruchung	90
1.3.3 Aufgliedern der Gesamtfunktion in Teilfunktionen	23	2.3.1.6 Gestaltung bei zusammengesetzter Beanspruchung	91
1.3.4 Darstellung des Problemkerns	23	2.3.2 Werkstoffgerechtes Gestalten	93
<b>1.4 Systematische Lösungssuche</b>	<b>24</b>	2.3.2.1 Allgemeines	93
1.4.1 Bemerkungen zur Methodik und zum Denkprozess	24	2.3.2.2 Einteilung der Werkstoffe	95
1.4.2 Methoden zur Ideenfindung	27	2.3.2.3 Metallische Werkstoffe	96
1.4.3 Problemlösungs-Sitzungen	28	2.3.2.4 Polymere	99
1.4.4 Einzelne Methoden	28	2.3.2.5 Keramiken und Gläser	101
1.4.4.1 Brainstorming	28	2.3.2.6 Verbundwerkstoffe	102
1.4.4.2 Brainwriting-Methoden	30	2.3.2.7 Werkstoffe für den Leichtbau	104
1.4.4.3 Morphologischer Kasten	33	2.3.2.8 Praktische Werkstoffwahl	105
1.4.4.4 Verwendung von Katalogen	35	2.3.3 Fertigungsgerechtes Gestalten	106
<b>1.5 Bewertung und Auswahl</b>	<b>39</b>	2.3.3.1 Gussgerechtes Gestalten	110
1.5.1 Allgemeines zum Wertbegriff	39	2.3.3.2 Schweißgerechtes Gestalten	122
1.5.2 Bewertungskriterien	42	2.3.3.3 Lötgerechtes Gestalten	139
1.5.3 Bewertungsverfahren	43	2.3.3.4 Klebegerechtes Gestalten	145
1.5.3.1 Rangfolgeverfahren	43	2.3.3.5 Schmiedegerechtes Gestalten	149
1.5.3.2 Klassenbildung, Notengebung	43	2.3.3.6 Zerspanergerechtes Gestalten	156
1.5.3.3 Punktebewertungen	43	2.3.3.7 Vorrichtungsgerechtes Gestalten	164
1.5.3.4 Punktebewertungen nach Wertefunktionen	45	2.3.3.8 Gestalten von Blechteilen	167
1.5.3.5 Nutzwertanalyse	45	2.3.4 Konstruieren mit Kunststoffen	173
1.5.3.6 Technisch-wirtschaftliche Bewertung nach VDI 2225	47	2.3.4.1 Allgemeines	173
<b>1.6 Darstellung von Lösungsideen während der Lösungssuche</b>	<b>50</b>	2.3.4.2 Werkstofftechnische Gesichtspunkte	176
<b>1.7 Übungen und Beispiele zur Lösungssuche</b>	<b>53</b>	2.3.4.3 Gestaltung	177
<b>1.8 FMEA – Failure Mode And Effekt Analysis</b>	<b>59</b>	2.3.4.4 Werkzeugkonstruktion	183
1.8.1 Die Auswirkungen von Fehlern	59	2.3.5 Kostengerechtes Gestalten	191
1.8.2 Durchführung einer Konstruktions-FMEA	60	2.3.5.1 Allgemeines	191
<b>1.9 Von der Konstruktion zur Fertigung</b>	<b>63</b>	2.3.5.2 Kostenbegriffe	192
1.9.1 Stücklisten und Erzeugnisgliederung	64	2.3.5.3 Relativkosten	193
1.9.2 Erzeugnisstrukturierung	67	2.3.5.4 Konstruktionskosten	195
1.9.3 Teileverwendungsnachweis	68	2.3.5.5 Materialkosten	195
1.9.4 Nummernsysteme	69	2.3.5.6 Fertigungskosten	196
1.9.5 Sachmerkmale und Relationsmerkmale	70	2.3.6 Automatisierungsgerechtes Gestalten	197
<b>2 Entwerfen und Gestalten</b>	<b>71</b>	2.3.6.1 Allgemeines	197
<b>2.1 Prinzipielles Vorgehen</b>	<b>71</b>	2.3.6.2 Automatisierungsgerechte Gestaltung	198
<b>2.2 Allgemeine Gestaltungsgrundlagen</b>	<b>72</b>	2.3.7 Montagegerechtes und demontagegerechtes Gestalten	200
2.2.1 Gestaltungsgrundregeln	72	2.3.7.1 Allgemeines	200
2.2.2 Allgemeine Gestaltungsregeln	76	2.3.7.2 Montage	200
2.2.2.1 Grundforderungen bei der Gestaltung	76	2.3.7.3 Demontage	202
2.2.2.2 Einfache Gestaltungselemente und Formelemente	76	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
		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

2.3.9.6	EU-Maschinenrichtlinie .....	221	3.6.4	Technische Grundlagen .....	320
2.3.9.7	Europäische Sicherheitsnormen .....	224	3.6.4.1	Schraubenfedern .....	320
2.3.10	Umweltgerechtes Gestalten .....	227	3.6.4.2	Tellerfedern .....	321
2.3.10.1	Lärm .....	227	3.6.4.3	Blattfedern .....	322
2.3.10.2	Vibration .....	233	3.6.4.4	Drehstabfedern .....	322
2.3.10.3	Recyclinggerechte Konstruktion .....	236	3.6.4.5	Spiralfedern .....	322
2.3.11	Transportgerechtes und lagergerechtes Gestalten .....	239	3.6.4.6	Ringfedern .....	323
2.3.12	Formgerechtes und ästhetisches Gestalten .....	241	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
<b>3</b>	<b>Maschinenelemente .....</b>	<b>243</b>	<b>3.7</b>	<b>Schrauben .....</b>	<b>326</b>
<b>3.1</b>	<b>Einführung .....</b>	<b>243</b>	3.7.1	Einführung .....	326
<b>3.2</b>	<b>Achsen und Wellen .....</b>	<b>244</b>	3.7.2	Kenngößen und Ausführungsformen .....	327
3.2.1	Übersicht .....	244	3.7.3	Sicherung von Schraubverbindungen .....	331
3.2.2	Formgebung .....	248	3.7.4	Verschraubung von Blechen .....	333
<b>3.3</b>	<b>Naben und Verbindungen zu Wellen .....</b>	<b>251</b>	3.7.5	Schraubenmontage .....	334
3.3.1	Die Nabe .....	251	3.7.6	Festigkeitgerechte Verschraubung .....	335
3.3.2	Welle-Nabe-Verbindungen (WNV) .....	252	3.7.7	Berechnungen .....	338
3.3.2.1	Kraftschlüssige WNV .....	253	3.7.7.1	Vorspannung .....	338
3.3.2.2	Formschlüssige WNV .....	258	3.7.7.2	Dynamische Belastung .....	345
3.3.2.3	Stoffschlüssige WNV .....	262	3.7.7.3	Scherbelastung von Passschrauben .....	346
<b>3.4</b>	<b>Drehlager und Führungen .....</b>	<b>263</b>	<b>3.8</b>	<b>Kupplungen .....</b>	<b>347</b>
3.4.1	Wälzlager .....	264	3.8.1	Allgemeines .....	347
3.4.1.1	Einführung .....	264	3.8.2	Nichtschtaltende Kupplungen .....	348
3.4.1.2	Bezeichnungen .....	265	3.8.2.1	Starre Kupplungen .....	348
3.4.1.3	Lagerarten (Auswahl) .....	267	3.8.2.2	Ausgleichende Kupplungen .....	349
3.4.1.4	Einsatz .....	270	3.8.3	Schaltende Kupplungen und Bremsen .....	356
3.4.1.5	Reibung und Schmierung .....	270	3.8.3.1	Selbsttätige Schaltkupplungen .....	356
3.4.1.6	Einbau und Ausbau .....	273	3.8.3.2	Fremdbetätigte Kupplungen .....	357
3.4.1.7	Passungen beim Einsatz von Wälzlagern .....	274	<b>3.9</b>	<b>Getriebe .....</b>	<b>359</b>
3.4.1.8	Gestaltung .....	275	3.9.1	Allgemeine kinematische Eigenschaften .....	360
3.4.1.9	Lagerluft und Betriebsspiel .....	277	3.9.2	Zugmittelgetriebe .....	365
3.4.1.10	Steifigkeit .....	278	3.9.2.1	Allgemeines .....	365
3.4.1.11	Lebensdauer und Tragfähigkeit .....	279	3.9.2.2	Riementriebe .....	366
3.4.1.12	Lebensdauerberechnung .....	280	3.9.3	Stufenlos verstellbare Getriebe .....	370
3.4.2	Hydrodynamische Lager .....	285	3.9.3.1	Umschlingungsgetriebe .....	370
3.4.2.1	Einführung .....	285	3.9.3.2	Reibradgetriebe .....	371
3.4.2.2	Werkstoffe und Bauformen .....	286	3.9.3.3	Wälzgetriebe .....	371
3.4.2.3	Normung, Ausführungsformen und Einbau .....	287	3.9.3.4	Hydrodynamische Wandler .....	372
3.4.2.4	Wartungsfreie Trockenlaufgleitlager .....	289	3.9.4	Zahnräder und Zahnradgetriebe .....	373
3.4.3	Hydrostatische Gleitlager .....	291	3.9.4.1	Zahnräder und Zahnradpaarungen .....	373
3.4.4	Aerostatische Lager (Luftlager) .....	292	3.9.4.2	Zahnradgeometrie geradzahnter Stirnräder .....	373
3.4.5	Magnetlager .....	293	3.9.4.3	Schrägverzahnungen .....	377
3.4.6	Führungen .....	294	3.9.4.4	Schneckenverzahnungen .....	378
3.4.6.1	Allgemeine Anforderungen .....	294	3.9.4.5	Kegelradverzahnung .....	379
3.4.6.2	Wälzfürungen .....	295	3.9.4.6	Innenverzahnung .....	380
3.4.6.3	Hydrodynamische Führungen .....	297	3.9.4.7	Schraubradverzahnung .....	382
3.4.6.4	Hydrostatische Führungen .....	299	3.9.4.8	Zahnradwerkstoffe und ihre Behandlung .....	382
3.4.6.5	Aerostatische Führungen .....	302	3.9.4.9	Belastungen am Zahnfuß und Modulauswahl .....	383
3.4.6.6	Magnetische Führungen .....	302	3.9.4.10	Getriebestufung und Zähnezahlauswahl .....	384
<b>3.5</b>	<b>Dichtungen .....</b>	<b>303</b>	3.9.4.11	Getriebeart und Konstruktion .....	385
3.5.1	Allgemeines .....	303	3.9.4.12	Schaltgetriebe .....	388
3.5.2	Statische Dichtungen .....	304	3.9.4.13	Getriebebeispiele .....	389
3.5.2.1	Unlösbare und bedingt lösbare Dichtungen .....	304	3.9.5	Getriebe mit ungleichförmigen Bewegungen .....	393
3.5.2.2	Lösbare Berührdichtungen .....	305	3.9.5.1	Kurbelgetriebe .....	393
3.5.3	Dynamische Dichtungen .....	309	3.9.5.2	Getriebe mit aussetzender Bewegung .....	394
3.5.3.1	Berührungsdichtungen .....	309	3.9.6	Getriebe für Linearbewegungen .....	395
3.5.3.2	Berührungslose Dichtsysteme .....	313	3.9.6.1	Lineare Zugmittelgetriebe .....	395
3.5.3.3	Hermetische Abdichtungen .....	315	3.9.6.2	Zahnstange-Ritzel-Trieb .....	396
<b>3.6</b>	<b>Technische Federn .....</b>	<b>316</b>	3.9.6.3	Gewindetrieb .....	397
3.6.1	Physikalische Grundlagen .....	316	3.9.6.4	Schnecke-Zahnstange-Trieb .....	401
3.6.2	Einteilung .....	318			
3.6.3	Anwendung .....	319			

<b>4 Antriebe</b>	<b>402</b>	<b>Anhang 1: Kleine Festigkeitslehre</b>	<b>471</b>
4.1 Einführung und Übersicht	402	1 Aufgaben und Ziele	471
4.1.1 Fluidtechnik	402	2 Grundbelastungsfälle	472
4.1.2 Elektrische Antriebstechnik	402	3 Beanspruchung auf Zug	472
4.2 Pneumatik	403	3.1 Zugspannung	472
4.2.1 Drucklufterzeugung	403	3.2 Zugversuch	473
4.2.2 Druckluftnetz	404	3.3 Zulässige Zugspannung	475
4.2.3 Ventile	404	4 Beanspruchung auf Druck	476
4.2.4 Aktoren	405	4.1 Druckspannung	476
4.3 Hydraulische Anlagen	408	4.2 Druckversuch	476
4.3.1 Physikalische Grundlagen	409	4.3 Zulässige Druckspannung	477
4.3.1.1 Hydrostatik	409	4.4 Knickung	477
4.3.1.2 Hydrodynamik	410	4.5 Flächenpressung	479
4.3.2 Komponenten	411	5 Beanspruchung auf Biegung	480
4.3.3 Aktoren	412	5.1 Biegespannung	480
4.3.4 Hydrospeicher	414	5.2 Biegemoment	481
4.4 Elektrische Antriebe	415	5.3 Zulässige Biegespannung	482
4.4.1 Rechnerische Grundlagen	415	6 Beanspruchung auf Schub	483
4.4.2 Erste Orientierung	417	6.1 Schubspannung	483
4.4.3 Drehstromantriebe am Drehstromnetz	419	6.2 Schubmodul	484
4.4.3.1 Allgemeines	419	6.3 Zulässige Schubspannung	484
4.4.3.2 Drehstrom-Asynchronmotoren (ASM)	421	7 Beanspruchung auf Torsion	485
4.4.3.4 Energieeffizienz	422	7.1 Torsionsspannung	485
4.4.4 Getriebemotoren	423	7.2 Torsionsmoment	486
4.4.5 Drehstromantriebe mit Umrichter	425	7.3 Zulässige Torsionsspannung	487
4.4.6 Direktantriebe, Linearmotoren	427	8 Dynamische Beanspruchung	488
4.4.7 Kleinmotoren	428	8.1 Schwingende Beanspruchung	488
		8.2 Spannungsermittlung	488
		8.3 Zug-Druck-Wechselfestigkeit	489
		8.4 Dauerschwingfestigkeit	490
		8.5 Zulässige Spannung	492
		9 Kerbwirkung	493
<b>5 Computer und Konstruktion</b>	<b>429</b>	9.1 Spannungskonzentration	493
5.1 CAD-Systeme	429	9.2 Statische Beanspruchung	493
5.1.1 Entwicklung	429	9.3 Formzahl	494
5.1.2 Der CAD-Arbeitsplatz	430	9.4 Festigkeitsverhalten unter Kerbwirkung	495
5.1.3 Arten von CAD-Systemen	431	9.5 Kerbschlagbiegeversuch	496
5.1.4 Werkzeuge und Begriffe	433	10 Wärmespannungen	497
5.2 Konstruktionsautomatisierung	436	10.1 Wärmeausdehnungskoeffizient	497
5.2.1 Knowledge Based Engineering	436	10.2 Wärmedehnung	497
5.2.2 Eltern-Kind-Beziehungen	437	10.3 Einachsiger Spannungszustand	498
5.3 Produktdatenmodell	438	10.4 Mehrachsiger Spannungszustand	498
5.4 Schnittstellen	438	10.5 Eigenspannungen	498
5.5 Baugruppe	442	11 Allgemeiner Spannungs- und Verformungszustand	499
5.6 Top- Down und Bottom- Up	444	11.1 Spannungen an schrägen Schnitten	499
5.7 Bionik	445	11.2 Mohr'scher Spannungskreis	500
5.7.1 Topologieoptimierung	446	11.3 Verallgemeinertes Hooke'sches Gesetz	502
5.7.2 Gestaltoptimierung	447	11.4 Festigkeitshypothesen	503
5.8 Simulationswerkzeuge	449	11.4.1 Normalspannungshypothese (NH)	504
5.9 Virtualisierung	451	11.4.2 Schubspannungshypothese (SH)	504
5.9.1 Stereoskopische Betrachtung	451	11.4.3 Gestaltänderungsenergiehypothese (GEH)	504
5.9.2 Virtual Environments (VE)	451	12 Aufgaben zur Festigkeitslehre	505
5.9.3 Anwendungen von VE-Systemen	454		
5.10 Rapid Prototyping	455	<b>Anhang 2: Werkstoffvorauswahl</b>	<b>509</b>
5.10.1 Allgemeines	455	1 Vorbemerkungen	509
5.10.2 Prototypen	455	2 Wärmeleitfähigkeit – Temperaturleitfähigkeit	511
5.10.3 Konstruktion	457	3 Dichte	515
5.10.4 Additive Fertigungsverfahren	461	4 Elastizitätsmodul	516
5.10.4.1 Allgemeines	461	5 Versagensspannung	519
5.10.4.2 Einteilung der Verfahren	462	6 Bruchzähigkeit	524
5.10.4.3 Prozesse und Verfahren	464	7 Verlustfaktor	530
5.11 Produktdatenmanagement (PDM)	469	8 Linearer Wärmeausdehnungskoeffizient	532
5.12 Product Lifecycle Management (PLM)	470	<b>Fachwörterbuch Deutsch – Englisch, Sachwortverzeichnis</b>	<b>534</b>
		<b>Quellenverzeichnis</b>	<b>543</b>