

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	15
	Literatur zum Abschnitt 1	19
2	Konstruktiver Entwicklungsprozeß von Geräten	21
2.1	Begriffe und Grundlagen	22
2.1.1	Allgemeine Eigenschaften von Geräten und ihre Beschreibung	22
2.1.1.1	Umgebung	22
2.1.1.2	Funktion	23
2.1.1.3	Struktur	24
2.1.2	Ablauf des konstruktiven Entwicklungsprozesses	26
2.1.2.1	Einordnung und Charakter des Konstruierens	26
2.1.2.2	Stadien und Phasen des konstruktiven Entwicklungsprozesses	27
2.1.2.3	Rationalisierung des Konstruierens	28
2.2	Methoden	32
2.2.1	Elementare Methoden	33
2.2.2	Präzisieren von Konstruktionsaufgaben	34
2.2.3	Synthesemethoden	38
2.2.3.1	Ermitteln der Gesamtfunktion	38
2.2.3.2	Synthese von Funktionsstrukturen	39
2.2.3.3	Kombination	40
2.2.3.4	Variation	42
2.2.3.5	Ideenfindung	44
2.2.4	Methoden zur Entscheidungsfindung	48
2.2.4.1	Fehlerkritik	48
2.2.4.2	Bewertung und Entscheidung	50
2.3	Einsatz technischer Mittel	53
2.3.1	Voraussetzungen	54
2.3.1.1	Allgemeine Bedingungen	54
2.3.1.2	CAD in der Feinwerktechnik	55
2.3.2	Aufbau von CAD-Systemen	55
2.3.2.1	CAD-Hardware	55
2.3.2.2	CAD-Software	59
2.3.3	Fachkomponenten von CAD-Systemen	61
2.3.3.1	Berechnungen	62
2.3.3.2	Entwerfen	63
2.3.3.3	Zeichnen	67
2.3.3.4	Simulation	68
2.3.3.5	Struktursynthese	71
2.3.4	Komplexe Problembearbeitung	73

2.3.4.1	Objektbezogene CAD-Lösungen	74
2.3.4.2	Expertensysteme	75
	Literatur zum Abschnitt 2	77
3	Geräteaufbau	79
3.1	Funktioneller Geräteaufbau	79
3.1.1	Allgemeines Funktionsmodell	79
3.1.2	Verarbeitungsfunktion	81
3.1.2.1	Grundlagen	81
3.1.2.2	Informationsverarbeitung	81
3.1.3	Kommunikationsfunktion	87
3.1.4	Sicherungsfunktion	89
3.2	Geometrisch-stofflicher Geräteaufbau	92
3.2.1	Allgemeines Geometriemodell	92
3.2.2	Funktionsgruppen mit Verarbeitungsfunktion	93
3.2.3	Funktionsgruppen mit Kommunikationsfunktion	93
3.2.4	Funktionsgruppen mit Sicherungsfunktion	95
3.2.4.1	Bauelemente mit Stützfunktion	96
3.2.4.2	Bauelemente mit Schutzfunktion	100
3.2.5	Bauweisen des Geräts	100
3.2.5.1	Grundlagen	100
3.2.5.2	Elementarisierung des Geräteaufbaus	101
3.2.5.3	Teilung des Geräteaufbaus	105
3.2.5.4	Einordnung des Geräteaufbaus in die Umwelt	106
3.2.5.5	Montage- und demontagegerechtes Entwickeln von Produkten	106
3.2.5.5.1	Einleitung	106
3.2.5.5.2	Montage- und Demontagegerechtheit	108
3.2.5.5.3	Das Regelwerk	108
3.2.5.5.4	Katalog der Regeln	115
	Literatur zum Abschnitt 3	122
4	Genauigkeit und Zuverlässigkeit von Geräten	125
4.1	Grundbegriffe der Zuverlässigkeit, Beschaffenheit und Verhalten von Geräten	126
4.2	Konstruktionsprinzipien	127
4.2.1	Konstruktionsmethode, -richtlinie, -prinzip	127
4.2.2	Übersicht über Konstruktionsprinzipien	128
4.2.3	Ausgewählte Konstruktionsprinzipien und Beispiele	129
4.2.3.1	Funktionintegration und Funktionentrennung	129
4.2.3.2	Innozenz und Invarianz	132
4.2.3.3	Vermeiden von Überbestimmtheiten	136
4.2.3.4	Prinzipien des Kraftflusses	140
4.3	Genauigkeit und Fehlerverhalten	142
4.3.1	Gerätefehler	142
4.3.2	Erfassung der Einflußgrößen	143
4.3.3	Fehlerverhalten in der Geräteentwicklung	147

4.3.4	Verbessern des Fehlerverhaltens	147
4.3.5	Prinzipien der fehlerarmen Anordnungen	148
4.3.6	Minimieren des Fehlerfaktors	149
4.3.7	Justierung	149
4.3.7.1	Justierverfahren	151
4.3.7.2	Durchführung der Justierung	155
4.3.8	Kompensation	156
4.3.9	Maßnahmen zum Verbessern des Fehlerverhaltens	156
4.4	Maß- und Toleranzketten	157
4.4.1	Maßkette, Toleranzkette, Arten der Austauschbarkeit	158
4.4.2	Toleranzfortpflanzung in Maßketten	160
4.4.3	Maximum-Minimum-Methode	163
4.4.4	Wahrscheinlichkeitstheoretische Methode	169
4.4.5	Justier- und Kompensationsmethode	173
4.4.6	Methode der Gruppenaustauschbarkeit	173
4.4.7	Rechnerunterstützte Bearbeitung von Maß- und Toleranzketten	174
4.5	Zuverlässigkeit	174
4.5.1	Einflußbereiche auf die technische Zuverlässigkeit	175
4.5.2	Definition der technischen Zuverlässigkeit	176
4.5.3	Kennziffern zur Charakterisierung der Zuverlässigkeit	176
4.5.3.1	Ausfallbegriff	176
4.5.3.2	Ausfallcharakteristiken	178
4.5.3.3	Überlebenswahrscheinlichkeit	181
4.5.3.4	Verfügbarkeit	182
4.5.3.5	Kosten und Zuverlässigkeit	183
4.5.4	Ausfallverhalten von Elementen und Systemen	184
4.5.5	Besonderheiten des Ausfallverhaltens mechanischer Systeme	188
4.5.6	Maßnahmen und Regeln zur Verbesserung der Zuverlässigkeit	191
4.5.7	Ermittlung von Zuverlässigkeitsangaben für Erzeugnisse der Feinwerktechnik	198
	Literatur zum Abschnitt 4	201
5	Schutz von Gerät und Umwelt	205
5.1	Forderungen an den Geräteschutz	205
5.1.1	Gesetzliche Richtlinien und Normen	205
5.1.2	Sicherheitstechnisches Zertifikat	206
5.1.3	Schutzklassen	206
5.1.4	Schutzarten	207
5.2	Klimaschutz	209
5.2.1	Klimate	209
5.2.2	Korrosionsschutz	213
5.2.3	Werkstoffauswahl und Oberflächenschutz	213
5.2.4	Konstruktionsrichtlinien	216
5.3	Schutz gegen gefährliche Körperströme	217
5.3.1	Schutz gegen direktes Berühren	217
5.3.2	Schutz gegen indirektes Berühren im Fehlerfall	218
5.3.3	Konstruktive Maßnahmen	218
5.3.3.1	Schutzleiteranschluß	218

5.3.3.2	Schutzisolierung und -trennung	219
5.3.3.3	Schutzkleinspannung	220
5.4	Schutz gegen thermische Belastungen	220
5.4.1	Thermische Forderungen an elektronische Bauelemente und Geräte	221
5.4.2	Temperaturfeldermittlung	223
5.4.2.1	Temperaturbereiche	224
5.4.2.2	Temperaturfeldberechnung	225
5.4.2.3	Temperaturmessung	227
5.4.3	Wärmeübertragung	230
5.4.3.1	Wärmeleitung	231
5.4.3.2	Konvektion	232
5.4.3.3	Strahlung	234
5.4.4	Wärmeabführung von Bauelementen	236
5.4.4.1	Thermisches Ersatzschaltbild eines Halbleiterbauelementes	237
5.4.4.2	Kühlelementedimensionierung	239
5.4.4.3	Zwangskonvektion	241
5.4.4.4	Flüssigkeitskühlung	242
5.5	Schutz gegen elektromagnetische Beeinflussungen (EMV)	243
5.5.1	EMV-Forderungen an Geräte	243
5.5.2	Schirmungstechnische Grundlagen	244
5.5.3	Schirmwirkung nach dem Impedanzkonzept	248
5.6	Thermisch- und EMV-gerechte Konstruktion	249
5.6.1	Thermische Gerätedimensionierung	250
5.6.1.1	Wärmeabführung durch freie Konvektion mit Luft	250
5.6.1.2	Wärmeabführung durch erzwungene Konvektion mit Luft	253
5.6.1.3	Wärmeabführung durch Flüssigkeitskühlung	255
5.6.1.4	Wärmeabführung durch thermoelektrische Erscheinungen	256
5.6.1.5	Wärmeausgleichende Konstruktion	256
5.6.2	Dimensionierung und konstruktive Gestaltung von Schirmen	258
5.6.2.1	Werkstoffauswahl	258
5.6.2.2	Schirmkonstruktion	259
5.7	Schutz gegen Feuchte	263
5.7.1	Feuchte- Luft- Diagramm	264
5.7.2	Feuchteaufnahme in Kunststoffen	266
5.7.3	Analogie Feuchte - Elektrotechnik	267
5.7.4	FeuchteKennwerte und Meßmethoden	267
5.7.5	Konstruktive und technologische Richtlinien	269
5.8	Schutz gegen mechanische Beanspruchungen	270
5.8.1	Grundlagen	271
5.8.2	Ursachen mechanischer Beanspruchungen	271
5.8.2.1	Mechanische Beanspruchung durch Schwingungen	272
5.8.2.2	Stoßbelastung von Geräten und Menschen	273
5.8.3	Modellbildung	274
5.8.4	Untersuchungsmethoden	275
5.8.5	Möglichkeiten der Schwingungsabwehr und Stoßminderung	277
5.8.5.1	Dämpfung durch mechanische Reibung	279
5.8.5.2	Dämpfung durch angebaute mechanische Dämpfer	279
5.8.5.3	Dämpfung durch eingebaute elektrische Dämpfer	279
5.8.6	Isolierung von Schwingungen und Stößen	280

5.8.6.1	Schwingungsisolatoren und Konstruktionsbeispiele	280
5.8.6.2	Berechnungsbeispiel zur Schwingungsisolierung	280
5.8.7	Tilgung von Schwingungen	282
5.9	Lärminderung	283
5.9.1	Geräuschkenngößen	284
5.9.2	Entstehung, Ausbreitung und Wahrnehmung von Geräuschen	286
5.9.3	Meß- und Analyseverfahren	288
5.9.4	Konstruktive Richtlinien zur Lärminderung	291
5.9.4.1	Grundregeln der Lärminderung	291
5.9.4.2	Verminderung direkt erzeugter Geräusche	292
5.9.4.3	Verminderung der Körperschallanregung	292
5.9.4.4	Verminderung der Körperschallübertragung	293
5.9.4.5	Verminderung der Schallabstrahlung	297
5.9.4.6	Verringerung der Luftschallausbreitung	298
5.9.4.7	Spezielle Hinweise für typische Bauelemente der Feinwerktechnik	300
5.9.4.8	Lärminderung durch Schwingungsauslöschung (Antischall)	301
5.9.5	Systematisches Vorgehen bei der Lärminderung	301
Literatur zum Abschnitt 5		308
6	Funktionsgruppen	313
6.1	Elektrisch-elektronische Funktionsgruppen	313
6.1.1	Funktionsgruppen mit diskreten Bauelementen	317
6.1.1.1	Eigenschaften	317
6.1.1.2	Anwendung	324
6.1.2	Funktionsgruppen mit integrierten Schaltungen	331
6.1.2.1	Eigenschaften	332
6.1.2.2	Anwendung	340
6.1.2.3	Ausblick	343
6.1.3	Stromversorgung	343
6.1.3.1	Netzgespeiste Stromversorgung	344
6.1.3.2	Unterbrechungsfreie Stromversorgung	345
6.1.3.3	Autonome Stromversorgung	346
6.1.3.4	Schutz- und Signaleinrichtungen	346
6.1.3.5	Erwärmung	346
6.1.3.6	Konstruktive Gestaltung	348
6.1.4	Elektrische Leitungsverbindungen	348
6.1.4.1	Funktion und Aufbau	348
6.1.4.2	Leitungselemente	349
6.1.4.3	Verbindungselemente	350
6.1.4.4	Verdrahtungen	355
6.1.5	Funktionsgruppen mit Leiterplatten	357
6.1.5.1	Leiterplattenarten	358
6.1.5.2	Konstruktive Gestaltung	359
Literatur zum Abschnitt 6.1		373
6.2	Elektromechanische Funktionsgruppen und Aktoren	375
6.2.1	Elektromechanische Antriebssysteme	376
6.2.1.1	Typische Strukturen	376

6.2.1.2	Systemelemente	378
6.2.2	Elektromagnete	380
6.2.2.1	Grundlagen.....	381
6.2.2.2	Betriebsverhalten	383
6.2.2.3	Bauformen	384
6.2.3	Kontinuierliche Rotationsmotoren	386
6.2.3.1	Grundlagen.....	386
6.2.3.2	Gleichstromnebenschlußmotoren	389
6.2.3.3	Gleichstromreihenschluß- und Universalmotoren	394
6.2.3.4	Einphasenasynchron- und Synchronmotoren	395
6.2.4	Rotationsstufmotoren	396
6.2.4.1	Aufbau und Wirkungsweise	396
6.2.4.2	Betriebsverhalten	399
6.2.5	Linearmotoren	401
6.2.5.1	Erzeugung linearer Bewegungen	401
6.2.5.2	Kontinuierliche Linearmotoren	402
6.2.5.3	Linearschrittmotoren	408
6.2.6	Aktoren auf Basis von Festkörpereffekten	409
6.2.6.1	Piezoelektrische Aktoren	410
6.2.6.2	Magnetostruktive Aktoren	412
Literatur zum Abschnitt 6.2		413
6.3	Mechanische Funktionsgruppen	416
6.3.1	Mechanische Antriebe	417
6.3.1.1	Antriebsenergie	417
6.3.1.2	Statik der Antriebsfedern	419
6.3.1.3	Dynamik der Antriebsfedern	422
6.3.2	Mechanische Schaltsysteme	423
6.3.2.1	Übersicht	423
6.3.2.2	Modellierung	427
6.3.3	Mechanische Transportsysteme	431
6.3.3.1	Transportsysteme für Bänder	431
6.3.3.2	Transportsysteme für Karten	439
6.3.3.3	Antriebssysteme für Scheiben	440
6.3.4	Feinstellgetriebe	440
6.3.4.1	Getriebe mit konstanter Übersetzung	441
6.3.4.2	Getriebe mit nichtkonstanter Übersetzung	446
6.3.4.3	Kombination einfacher Getriebe	447
6.3.4.4	Konstruktive Probleme, Spielausgleich	447
6.3.5	Betätigungselemente	451
Literatur zum Abschnitt 6.3		465
6.4	Optische Funktionsgruppen	468
6.4.1	Übersicht über optische Systeme	469
6.4.2	Fassen optischer Bauelemente	476
6.4.2.1	Konstruktionsgrundsätze	478
6.4.2.2	Fassungen für runde Optikteile	479
6.4.2.3	Fassungen für prismatische Optikteile	489
6.4.2.4	Justieren von Fassungen	492
6.4.3	Lichtquellen und Beleuchtungseinrichtungen	495
6.4.3.1	Strahlungsübertragung in optischen Systemen	496

6.4.3.2	Strahlungsphysikalische und lichttechnische Begriffe und Einheiten	497
6.4.3.3	Hinweise zur Gestaltung und Bewertung von Beleuchtungseinrichtungen	498
6.4.3.4	Lichtquellen und Lampen	500
6.4.3.5	Beleuchtungseinrichtungen in Geräten	501
6.4.4	Optische Anzeigeelemente	504
6.4.4.1	Elemente zur Analoganzeige	504
6.4.4.2	Elemente zur Digitalanzeige	505
	Literatur zum Abschnitt 6.4	508
6.5	Optoelektronische Funktionsgruppen	510
6.5.1	Grundlagen	510
6.5.2	Optoelektronische Bauelemente im Kommunikationsbereich	515
6.5.3	Optoelektronische Baugruppen im Verarbeitungsbereich	517
6.5.4	Optoelektronische Baugruppen zur Meßwertgewinnung	525
	Literatur zum Abschnitt 6.5	530
6.6	Mikromechanische Funktionsgruppen	532
6.6.1	Charakterisierung und Systematik	532
6.6.2	Technologische Basis, Fertigungsverfahren, Werkstoffe	532
6.6.3	Mikromechanische Federn	534
6.6.4	Mikromechanische Achsen, Wellen, Lager und Führungen	536
6.6.5	Mikromechanische Anschläge und Dämpfer	540
6.6.6	Mikromechanische Getriebe	542
6.6.7	Übertragbarkeit bekannter feinmechanischer Lösungen	542
6.6.8	Aufbau- und Verbindungstechnik, mechanische Schnittstellen	546
	Literatur zum Abschnitt 6.6	548
7	Gerätedesign	550
7.1	Gebrauchen und Design	550
7.2	Designprozeß	553
7.3	Formwirksame Funktionen	555
7.3.1	Ergonomische Funktion	555
7.3.2	Technische Funktion	558
7.3.3	Ästhetische Funktion	559
7.4	Gestaltwahrnehmung	560
7.4.1	Reiz-Empfindung	560
7.4.2	Gesetz der guten visuellen Gestalt	560
7.4.3	Simultanität	561
7.4.4	Kontraste	561
7.4.5	Wahrnehmbare Geräteform als Nachricht	561
7.5	Sensuelle Mittel (Gestaltungsmittel)	563
7.5.1	Diskrete Formelemente zur Wahrnehmung (Reizelemente)	564
7.5.2	Ordnungsbeziehungen (Ordnungsmittel, -verfahren)	567
7.5.3	Bedeutungsgestalten	570
7.5.3.1	Assoziationsmuster/Synästhesien	570
7.5.3.2	Zeichen	572
7.5.3.3	Stereotype/Leitbilder	573
7.6	Besonderheiten des Design von Geräten	573
7.6.1	Merkmale	573

7.6.2	Kopplung Gebraucher-Gerät (Interface)	573
7.6.3	Zeichen an Geräten (Bezeichnungselemente)	576
7.6.4	Design von Gerätesystemen	577
Literatur zum Abschnitt 7		578
8	Geräteverpackung	579
8.1	Funktion der Verpackung	580
8.1.1	Schutzfunktion	580
8.1.2	Rationalisierungsfunktion	581
8.1.3	Kommunikationsfunktion	581
8.2	Verpackungsgrundsätze	581
8.3	Beanspruchungen bei Transport und Lagerung	582
8.3.1	Mechanische Beanspruchungen	582
8.3.2	Klimatische Beanspruchungen	584
8.3.3	Transportarten	585
8.4	Verpackungsschäden	587
8.5	Optimale Verpackung	588
8.6	Verpackungsarten, Verpackungsauswahl	589
8.6.1	Packmittel aus Holz	589
8.6.2	Packmittel aus Wellpappe	593
8.6.3	Packmittel aus Kunststoff	594
8.6.4	Verpackungspolster	596
8.6.5	Schutz vor klimatischen Beanspruchungen	597
8.6.6	Bildung von Ladeeinheiten, Ladegutsicherung	599
8.7	Verpackungsprüfung	599
Literatur zum Abschnitt 8		603
Sachwörterverzeichnis		604