

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Konstruktiver Entwicklungsprozess</b>	<b>5</b>
2.1	Der Lebenszyklus eines Produktes	6
2.2	Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren	7
2.3	Hinweise zur Produktplanung sowie zum Entwickeln und Konstruieren	9
2.3.1	Planung der Entwicklungstätigkeit	10
2.3.2	Informationsfluss	11
2.3.3	Durchführbarkeitsstudie bei der Produktplanung	12
2.3.4	Aufgabenpräzisierung und Konzeptphase	13
2.3.5	Pflichtenheft	14
2.3.6	Terminplanung	15
2.4	Technisches Zeichnen	18
2.5	Schaltpläne	23
2.6	Computer-Aided Design (CAD)	25
	Literatur	31
<b>3</b>	<b>Geräteaufbau und Geräteschutz</b>	<b>33</b>
3.1	Begriffe, Gerätefunktionen und -strukturen	34
3.1.1	Systemeigenschaften von Geräten	34
3.1.2	Umgebung	35
3.1.3	Funktion	36
3.1.4	Struktur	37
3.2	Bauweisen von Geräten	37
3.2.1	Elementarisierung des Geräteaufbaus	38
3.2.2	Vorgehensweise bei der Gerätemontage	39
3.2.3	Einordnung des Gerätes in die Umwelt	40
3.3	Elektronische Funktionsgruppen und Systemebenen	40

3.4	Geräteschutz .....	41
3.4.1	CE-Kennzeichnung .....	42
3.4.2	Schutzklassen .....	43
3.4.3	IP-Schutzarten .....	44
	Literatur .....	45
<b>4</b>	<b>Zuverlässigkeit elektronischer Geräte .....</b>	<b>47</b>
4.1	Einleitung .....	48
4.2	Berechnungsgrundlagen .....	50
4.2.1	Begriffe der Wahrscheinlichkeit .....	50
4.2.2	Begriffe der Zuverlässigkeit .....	51
4.2.3	Zuverlässigkeitskenngrößen .....	52
4.3	Exponentialverteilung .....	55
4.3.1	Lebensdauerverteilungen .....	55
4.3.2	Zuverlässigkeitskenngrößen bei der Exponentialverteilung .....	57
4.4	Ausfallverhalten elektronischer Bauelemente .....	59
4.4.1	Drift .....	59
4.4.2	Referenz- und Betriebsbedingungen .....	60
4.4.3	Ausfallraten elektronischer Bauelemente .....	61
4.4.4	Derating .....	62
4.4.5	Genauigkeit von Ausfallratenangaben .....	63
4.5	Ausfallverhalten von Systemen .....	64
4.5.1	Berechnungsgrundlagen .....	64
4.5.2	Serien- und Parallelsysteme .....	65
4.6	Ausfallverhalten elektronischer Geräte .....	66
4.6.1	Allgemeine Bemerkungen .....	66
4.6.2	Verfügbarkeit von reparierbaren Geräten .....	67
4.6.3	Elektronische Geräte ohne Redundanz (Seriensysteme) .....	68
4.6.4	Geräte mit Redundanz (Parallelsysteme) .....	70
4.6.5	Instandhaltung und Wartung elektronischer Geräte .....	73
4.7	Empfehlungen zur Zuverlässigkeitserhöhung .....	74
	Literatur .....	76
<b>5</b>	<b>Thermische Dimensionierung .....</b>	<b>77</b>
5.1	Einleitung .....	78
5.1.1	Problembeschreibung .....	78
5.1.2	Grundgrößen der thermischen Dimensionierung .....	82
5.1.3	Zulässige Temperaturbereiche von Bauelementen und Geräten ....	85
5.1.4	Verlustleistungsquellen in elektronischen Geräten .....	85
5.2	Berechnungsgrundlagen .....	86
5.2.1	Elektrische und thermische Netzwerke .....	86
5.2.2	Wärmenetzmethode .....	89

5.3	Wärmeübertragung .....	92
5.3.1	Grundlagen .....	92
5.3.2	Wärmeleitung .....	94
5.3.3	Wärmekonvektion .....	96
5.3.4	Wärmestrahlung .....	101
5.4	Elemente für eine intensivierte Wärmeübertragung .....	110
5.4.1	Kühlkörper .....	110
5.4.2	Thermische Kontaktwerkstoffe .....	112
5.4.3	Lüfter .....	113
5.4.4	Wärmerohr (Heat Pipe) .....	115
5.4.5	Peltier-Element .....	116
5.5	Beispiele aus der Gerätetechnik .....	118
5.5.1	Temperaturen von Bauelementen .....	118
5.5.2	Außen- und Innentemperaturen von Geräten .....	119
5.5.3	Zulässige Verlustleistungsdichten bei offenem und geschlossenem Gehäuse .....	121
5.5.4	Wärmeabführung aus offenem Gehäuse – Oberflächentemperatur und thermischer Widerstand .....	123
5.5.5	Wärmeabführung aus geschlossenem Gehäuse – Oberflächentemperatur und thermischer Widerstand .....	126
5.5.6	Wärmedurchgang durch Gehäusewände und Innentemperatur .....	131
5.5.7	Wärmeübertragung im Geräteinneren bei offenem Gehäuse .....	136
5.5.8	Wärmeübertragung im Geräteinneren bei geschlossenem Gehäuse .....	138
5.5.9	Erzwungene Konvektion mit Lüftern .....	139
5.6	Empfehlungen zur thermischen Gerätegestaltung .....	145
	Literatur .....	147
6	<b>Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)</b> .....	149
6.1	Einleitung .....	150
6.2	Kopplungen von Stromkreisen .....	151
6.2.1	Galvanische Kopplung .....	152
6.2.2	Kapazitive Kopplung .....	155
6.2.3	Induktive Kopplung .....	157
6.2.4	Elektromagnetische Kopplung .....	158
6.3	Bezugspotenziale elektrischer Systeme .....	160
6.3.1	Bedeutung von Bezugspotenzialen .....	160
6.3.2	Aufbau geeigneter Bezugssysteme (Massesysteme) .....	162
6.3.3	Führung des Rückleiters zum Bezugspunkt bei digitalen Signalen .....	165
6.3.4	Führung des Rückleiters zum Bezugspunkt bei analogen Signalen .....	166
6.3.5	Erdschleifen .....	167

---

6.4	Geräteschirmung vor Feldern .....	168
6.4.1	Grundlagen der Schirmung .....	168
6.4.2	Schirmung magnetostatischer Felder .....	171
6.4.3	Schirmung magnetischer Wechselfelder .....	173
6.4.4	Schirmung elektrostatischer Felder .....	176
6.4.5	Schirmung elektrischer Wechselfelder .....	178
6.4.6	Schirmung elektromagnetischer Felder .....	178
6.5	Elektrostatische Entladungen (ESD) .....	183
6.5.1	Ursachen .....	184
6.5.2	ESD-Schutzmaßnahmen .....	185
6.6	Empfehlungen zur EMV-gerechten Gerätegestaltung .....	185
6.6.1	Aufbau von Leiterplatten und Geräten .....	185
6.6.2	Aufbau von Geräteschränken .....	191
6.6.3	Anschluss externer Geräte .....	193
	Literatur .....	194
<b>7</b>	<b>Recyclinggerechtes Entwickeln und Konstruieren .....</b>	<b>195</b>
7.1	Einleitung .....	196
7.2	Herstellung, Nutzung und Entsorgung von Geräten in der Kreislaufwirtschaft .....	199
7.3	Produktrecycling bei der Geräteentsorgung .....	202
7.3.1	Neue Verkaufsstrategie – Verkauf der Gerätenutzung .....	203
7.3.2	Neue Konstruktionsstrategie – Langlebigkeit von Geräten .....	204
7.4	Stoffrecycling bei der Geräteentsorgung .....	206
7.5	Demontagegerechtes Entwickeln und Konstruieren .....	208
7.5.1	Baustrukturgerechtigkeit .....	208
7.5.2	Zerlegungsgerechtigkeit .....	210
7.5.3	Lösbarkeitsgerechtigkeit .....	211
7.6	Werkstoffgerechtes Entwickeln und Konstruieren .....	211
7.6.1	Mengengerechtigkeit .....	212
7.6.2	Trennungsgerechtigkeit .....	213
7.6.3	Verträglichkeitsgerechtigkeit .....	214
7.6.4	Verwertungsgerechtigkeit .....	215
7.6.5	Entsorgungsgerechtigkeit .....	216
7.6.6	Kennzeichnungsgerechtigkeit .....	217
7.7	Empfehlungen zur recyclinggerechten Geräteentwicklung .....	218
	Literatur .....	220

**8 Anhänge** ..... 221

8.1 Hinweise und Regeln zum technischen Zeichnen ..... 221

8.1.1 Schriftfeld ..... 221

8.1.2 Maßstäbe ..... 222

8.1.3 Zeichnungsnummer ..... 222

8.1.4 Blattformate ..... 222

8.1.5 Linienarten und -breiten ..... 223

8.1.6 Darstellung von Schnitten ..... 223

8.1.7 Maße und Bemaßungsregeln ..... 225

8.1.7.1 Elemente von Maßangaben ..... 225

8.1.7.2 Bemaßungsarten ..... 226

8.1.7.3 Begriffsdefinitionen ..... 226

8.1.8 Maßtolerierung ..... 227

8.1.8.1 Allgmeintoleranzen ..... 227

8.1.8.2 ISO-Toleranzen ..... 228

8.1.8.3 Form- und Lagetoleranzen ..... 228

8.1.8.4 Oberflächenangaben ..... 229

8.1.9 Werkstoffangaben ..... 229

8.2 Normzahlen und E-Reihen ..... 229

8.3 Schaltplansymbole von Bauelementen ..... 232

8.4 Beschriftungen von Bauelementen ..... 236

8.4.1 Kennzeichnung mit Farben ..... 236

8.4.2 Kennzeichnung mit Schrift ..... 237

8.4.2.1 Kennzeichnung von Widerständen und Kondensatoren  
durch Ziffern und Buchstaben ..... 237

8.4.2.2 Kennzeichnung von Widerständen und Kondensatoren  
durch Ziffern ..... 237

8.4.2.3 Kennzeichnung von Induktivitäten durch Ziffern und  
Buchstaben ..... 238

**Stichwortverzeichnis** ..... 239