

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort zur 6. Auflage</b> .....	<b>v</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>vii</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Statistische Verfahren in der industriellen Produktion.....	1
1.2 Statistik als Basis qualitätsmethodischen Denkens und Handelns .....	2
1.2.1 Einleitung.....	3
1.2.2 Beginn .....	3
1.2.3 Vor-Moderne.....	4
1.2.4 Walter Shewhart .....	5
1.2.5 Wirtschaftlichkeit.....	7
1.2.6 Zweiter Weltkrieg.....	8
1.2.7 Stichproben .....	8
1.2.8 Von TESTA zur Deutschen Gesellschaft für Qualität .....	9
1.2.9 Denken in Wahrscheinlichkeiten .....	10
1.2.10 Herkunft der Ausgangsdaten.....	11
1.2.11 Statistische Arbeit.....	11
1.2.12 Auslegung durch den Leser.....	11
1.2.13 Abschluss .....	13
1.3 Anforderungen aus der Normung.....	13
1.4 Internationale Normung von Statistischen Verfahren.....	17
1.5 Eignungsnachweis von Messprozessen .....	19
1.6 Statistical Process Control .....	20
1.7 DoE – Design of Experiments .....	24
1.8 Six Sigma .....	26
1.8.1 Entwicklung der Methode Six Sigma .....	26
1.8.2 Was ist Six Sigma?.....	26
1.8.3 Die Projektphasen bei Six Sigma in der Produktion .....	31
1.8.4 Six Sigma in der Entwicklung .....	33
<b>2 Grundlagen der technischen Statistik</b> .....	<b>35</b>
2.1 Einführung.....	35
2.2 Grundmodell der technischen Statistik.....	36
2.3 Klassifizierung von Produktmerkmalen .....	37
2.3.1 Merkmalsarten.....	37
2.3.2 Erfassung von Merkmalswerten .....	38
2.4 Klassifizierung von Verteilungen .....	40
2.5 Definition des Vertrauensbereiches .....	44
2.6 Definition des Zufallsstrebereiches .....	46

2.7	Aufgabe der Wahrscheinlichkeitsfunktionen .....	47
2.8	Zusammenstellung der grundlegenden Verfahren .....	48
<b>3</b>	<b>Ermittlung statistischer Kenngrößen .....</b>	<b>51</b>
3.1	Tabellarische Darstellungen .....	51
3.2	Markante Kenngrößen einer Messwertreihe .....	55
3.3	Ergebnisdarstellung der Kennwerte .....	63
<b>4</b>	<b>Markante Grafiken .....</b>	<b>69</b>
4.1	Darstellung von Einzelwerten .....	69
4.2	Wertestrahl .....	78
4.3	Histogramm .....	79
4.4	Summenlinie .....	85
4.5	Wahrscheinlichkeitsnetz .....	87
4.6	Darstellung von Wertepaaren .....	89
4.7	Darstellung von statistischen Kennwerten .....	92
4.8	Pareto-Analyse .....	94
4.9	Box-Plot .....	97
4.10	Übersicht Fähigkeitsindizes .....	100
4.11	Grafische und numerische Darstellung .....	106
4.12	Spezielle Toleranzbetrachtung .....	108
4.12.1	Überschreitungen der Toleranzgrenzen .....	108
4.12.2	Toleranzausnutzung .....	111
<b>5</b>	<b>Wahrscheinlichkeitsverteilungen .....</b>	<b>113</b>
5.1	Verteilungen mit diskreten Merkmalswerten .....	113
5.1.1	Hypergeometrische Verteilung .....	113
5.1.2	Binomialverteilung .....	116
5.1.3	Poisson-Verteilung .....	122
5.2	Verteilung für kontinuierliche Merkmalswerte .....	126
5.2.1	Normalverteilung .....	127
5.2.2	Mathematische Beschreibung der Normalverteilung .....	131
5.3	Verteilungen von Kenngrößen .....	138
5.3.1	t-Verteilung .....	138
5.3.2	$\chi^2$ -Verteilung .....	140
5.3.3	F-Verteilung .....	142
5.4	Eingipflige Verteilungen .....	144
5.4.1	Transformation .....	146
5.4.2	Logarithmische Normalverteilung .....	149
5.4.3	Betragsverteilung 1. Art .....	150
5.4.4	Betragsverteilung 2. Art (Rayleigh-Verteilung) .....	152
5.4.5	Weibullverteilung .....	154

5.4.6	Pearson-Funktionen .....	155
5.4.7	Johnson-Transformationen.....	156
5.5	Mehrgipflige Verteilungen .....	158
5.5.1	Mischverteilung über Momentenmethode .....	158
5.5.2	Mischverteilung durch Überlagerung.....	159
5.6	Zweidimensionale Normalverteilung .....	160
5.7	Zufalls- und Vertrauensbereiche .....	162
5.7.1	Zufallsstrebereiche .....	162
5.7.2	Vertrauensbereiche .....	164
5.7.3	Vertrauensbereich für Fähigkeitskennwerte .....	166
<b>6</b>	<b>Numerische Testverfahren .....</b>	<b>168</b>
6.1	Beurteilungskriterien mittels grafischer Darstellungen .....	168
6.2	Beschreibung der numerischen Testverfahren .....	170
6.2.1	Hypothesenformulierung und Testauswahl .....	170
6.2.2	Prüfgröße.....	171
6.2.3	Irrtumswahrscheinlichkeit .....	172
6.2.4	Testentscheidung .....	173
6.2.5	Fehlerrisiken bei der Testentscheidung.....	177
6.2.6	Operationscharakteristik.....	179
6.2.7	Power ( $1-\beta$ ).....	180
6.2.8	Wichtige Einflüsse auf die Power von Testverfahren .....	181
6.2.9	Einseitige Testverfahren.....	184
6.2.10	Testplanung für den optimalen Stichprobenumfang.....	186
6.3	Test auf Zufälligkeit.....	187
6.4	Tests auf Trend .....	189
6.5	Tests auf Normalverteilung .....	195
6.6	Tests auf Ausreißer.....	205
6.7	Vergleich von Varianzen und Mittelwerten.....	209
6.7.1	Normalverteilte Messwertreihen .....	209
6.7.2	Nicht normalverteilte Messwertreihen .....	215
6.7.3	Test von Kruskal und Wallis .....	215
6.7.4	Levene-Test.....	217
6.8	Übersichtsdarstellung von Testergebnissen .....	218
<b>7</b>	<b>Qualitätsregelkartentechnik .....</b>	<b>219</b>
7.1	Was ist eine Qualitätsregelkarte? .....	219
7.2	Stichprobenentnahme und -frequenz.....	223
7.3	Gebräuchlichste Qualitätsregelkarten .....	225
7.4	Qualitätsregelkarten für diskrete Merkmalswerte.....	226
7.4.1	Berechnung der Eingriffsgrenzen .....	227
7.4.2	x-Karte für die Anzahl fehlerhafter Einheiten.....	229

7.4.3	p-Karte für den Anteil fehlerhafter Einheiten.....	232
7.4.4	np-Karte für die Anzahl fehlerhafter Einheiten.....	235
7.4.5	x-Karte für die Anzahl der Fehler je Einheit.....	236
7.4.6	c-Karte für die Fehlerzahl pro Einheit.....	238
7.4.7	u-Karte für die Fehlerzahl pro Einheit.....	239
7.5	Fehlersammelkarten .....	240
7.5.1	Aufbau einer Fehlersammelkarte .....	240
7.5.2	Erstellung einer Fehlersammelkarte .....	242
7.6	Qualitätsregelkarten für kontinuierliche Merkmale .....	246
7.6.1	Aufbau der Regelkarten.....	246
7.6.2	Vorgehensweise anhand einer $\bar{x}/s$ -Karte .....	248
7.6.3	Stabilitätskriterien für Normalverteilung .....	254
7.6.4	Shewhart-Karten.....	263
7.6.5	Bewertung der verschiedenen Lage- und Streuungskarten .....	269
7.7	Annahmequalitätsregelkarten .....	270
7.7.1	Entstehung einer Annahmekarte .....	270
7.7.2	Eingriffsgrenzen der Annahmekarten .....	273
7.8	Shewhart-Karte mit gleitenden Kennwerten.....	275
7.9	Pearson-Qualitätsregelkarten .....	278
7.10	Shewhart-Karten mit erweiterten Grenzen.....	279
7.10.1	Prozess mit zufälligen Schwankungen .....	279
7.10.2	Prozesse mit systematischem Trend.....	286
7.11	Qualitätsregelkarten und zeitabhängige Verteilungsmodelle .....	292
7.12	Stabilitätsstufen.....	294
7.13	Empfindlichkeit von Qualitätsregelkarten .....	297
7.14	Weitere Qualitätsregelkarten.....	302
7.14.1	Pre-Control-Regelkarten.....	302
7.14.2	CUSUM-Regelkarten .....	303
7.14.3	EWMA-Regelkarten.....	305
<b>8</b>	<b>Prozessbewertung anhand diskreter Merkmale .....</b>	<b>306</b>
8.1	Einleitung .....	306
8.2	DPU und DPO als Kennzahl für diskrete Merkmale.....	307
8.3	Fähigkeitskennzahlen für diskrete Merkmale.....	308
<b>9</b>	<b>Prozessbewertung anhand kontinuierlicher Merkmale.....</b>	<b>312</b>
9.1	Zeitabhängige Verteilungsmodelle.....	312
9.1.1	Zeitabhängiges Verteilungsmodell A1 .....	314
9.1.2	Zeitabhängiges Verteilungsmodell A2 .....	315
9.1.3	Zeitabhängiges Verteilungsmodell B .....	316
9.1.4	Zeitabhängiges Verteilungsmodell C1 .....	317
9.1.5	Zeitabhängiges Verteilungsmodell C2.....	318
9.1.6	Zeitabhängiges Verteilungsmodell C3.....	319

9.1.7	Zeitabhängiges Verteilungsmodell C4 .....	320
9.1.8	Zeitabhängiges Verteilungsmodell D .....	321
9.1.9	Qualitätsfähigkeit eines Prozesses .....	322
9.2	Typische Kenngrößen .....	323
9.2.1	Prozessleistung (Prozesspotenzial) .....	323
9.2.2	Prozessfähigkeit .....	325
9.2.3	Indizes und Qualifikationsphasen .....	326
9.2.4	Beherrscht und stabil .....	331
9.2.5	Übersicht Berechnungsmethoden .....	332
9.2.6	Auswahl einer Berechnungsmethode .....	335
9.2.7	Ergebnisdarstellung .....	336
9.3	Qualitätsfähigkeitskenngrößen nach Methode M1 .....	337
9.4	Qualitätsfähigkeitskenngrößen nach Methode M2 .....	339
9.5	Qualitätsfähigkeitskenngrößen nach Methode M3 .....	340
9.6	Vergleich der Methoden M2 und M3 .....	342
9.7	Qualitätsfähigkeitskenngrößen nach Methode M4 .....	343
9.8	Fähigkeitsermittlung bei nicht definierten Verteilungsmodellen .....	344
9.9	Falsche Berechnungsmethoden .....	347
9.10	Kompensation der zusätzlichen $\bar{X}$ -Streuung .....	348
9.11	Sonderfall – „Potenzial“ kleiner als Fähigkeit .....	350
9.12	Berechnungsmethode nach CNOMO .....	352
9.13	Kenngrößen für zweidimensionale Normalverteilungen .....	355
9.14	Grenzwerte für Qualitätsfähigkeitskenngrößen .....	358
<b>10</b>	<b>Prozess- und Produktbeurteilung .....</b>	<b>361</b>
10.1	Zeitliche Abfolge der Fähigkeitsbeurteilung .....	361
10.2	Auswahl der zeitabhängigen Verteilungsmodelle .....	365
10.2.1	Ausgangssituation und Zielsetzung .....	366
10.2.2	Vorbemerkungen .....	367
10.2.3	Beschreibung einer Auswertestrategie im Einzelnen .....	369
10.2.4	Automatisierte Auswahl von zeitabhängigen Verteilungsmodellen .....	375
10.3	Abnahmebedingungen für Fertigungseinrichtungen .....	389
10.4	Best Fit Move .....	399
10.5	Produkte bewerten .....	401
10.5.1	Bewertung basierend auf Merkmalsergebnissen .....	401
10.5.2	Bewertung basierend auf Toleranzausnutzung .....	405
10.6	Datenverdichtung und Langzeitauswertung .....	408
<b>11</b>	<b>Regressionsanalyse .....</b>	<b>417</b>
11.1	Untersuchung von Zusammenhängen .....	417
11.1.1	Grafische Analysen .....	418
11.1.2	Analysen mit statistischen Methoden .....	420

11.2 Korrelations- und Regressionsanalyse .....	422
11.2.1 Korrelationsanalyse .....	423
11.2.2 Einfache Lineare Regression .....	424
11.2.3 Mehrfache und quasilineare Regression .....	435
11.2.4 Ergänzende Themen .....	440
<b>12 Zuverlässigkeit .....</b>	<b>442</b>
12.1 Bedeutung der Zuverlässigkeitsanalyse .....	442
12.2 Der Begriff Zuverlässigkeit .....	442
12.3 Die Zuverlässigkeitsprüfung .....	442
12.3.1 Der prinzipielle Ablauf einer Zuverlässigkeitsprüfung .....	443
12.3.2 Das Weibull-Verteilungsmodell .....	444
12.4 Fallbeispiele zur Zuverlässigkeitsprüfung .....	449
12.4.1 End-of-Life Tests .....	449
12.5 Prüfplanung für einen Success-Run-Test .....	455
<b>13 Firmenrichtlinien .....</b>	<b>458</b>
13.1 Ford Testbeispiele .....	458
13.2 Daimler Leitfaden LF 1236 .....	488
13.3 General Motors PowerTrain MRO .....	580
13.4 Robert Bosch GmbH – Heft 9 .....	620
13.5 Volkswagen AG Konzernnorm 10130 .....	662
<b>14 Anhang .....</b>	<b>697</b>
14.1 Modelle der Varianzanalyse .....	697
14.1.1 Prozessbeurteilung .....	697
14.2 Formelsammlung für Verteilungen .....	701
14.3 Tabellen .....	702
<b>15 Verzeichnisse .....</b>	<b>711</b>
15.1 Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen .....	711
15.2 Literaturverzeichnis .....	713
<b>16 Index .....</b>	<b>718</b>