

Inhalt

Vorwort zur 8. Auflage	V
1 Einleitung	1
1.1 Statistische Verfahren in der industriellen Produktion	1
1.2 Statistik als Basis qualitätsmethodischen Denkens und Handelns	2
1.2.1 Begrüßung	3
1.2.2 Einleitung	3
1.2.3 Beginn	4
1.2.4 Vor-Moderne	5
1.2.5 Walter Shewhart	7
1.2.6 Wirtschaftlichkeit	8
1.2.7 2. Weltkrieg	9
1.2.8 Stichproben	10
1.2.9 Von TESTA zur Deutschen Gesellschaft für Qualität	11
1.2.10 Denken in Wahrscheinlichkeiten	12
1.2.11 Herkunft der Ausgangsdaten	13
1.2.12 Statistische Arbeit	13
1.2.13 Auslegung durch den Leser	14
1.2.14 Abschluss	15
1.3 Anforderungen aus der Normung	15
1.4 Internationale Normung von statistischen Verfahren	19
1.5 Eignungsnachweis von Messprozessen	22
1.6 Statistical Process Control	23
1.7 DoE – Design of Experiments	28
1.8 Six Sigma	30

1.8.1	Entwicklung der Methode Six Sigma	30
1.8.2	Was ist Six Sigma?	30
1.8.3	Die Projektphasen bei Six Sigma in der Produktion	34
1.8.4	Six Sigma in der Entwicklung	36
2	Grundlagen der technischen Statistik	39
2.1	Einführung	39
2.2	Grundmodell der technischen Statistik	40
2.3	Klassifizierung von Produktmerkmalen	42
2.3.1	Merkmalsarten	42
2.3.2	Erfassung von Merkmalswerten	45
2.4	Klassifizierung von Wahrscheinlichkeitsverteilungen	47
2.5	Definition des Vertrauensbereiches	50
2.6	Definition des Zufallsstrebereiches	52
2.7	Aufgabe der Wahrscheinlichkeitsfunktionen	53
2.8	Zusammenstellung der grundlegenden Verfahren	54
3	Ermittlung statistischer Kenngrößen	57
3.1	Tabellarische Darstellungen	57
3.2	Markante Kenngrößen einer Messwertreihe	62
3.3	Ergebnisdarstellung der Kennwerte	73
4	Markante Grafiken	79
4.1	Darstellung von Einzelwerten	79
4.2	Wertestahl	89
4.3	Histogramm	90
4.4	Relative Summenhäufigkeit oder empirische Verteilungsfunktion	97
4.5	Prinzip des Wahrscheinlichkeitsnetzes	100
4.6	Darstellung von Wertepaaren	104
4.7	Darstellung von statistischen Kennwerten	108
4.8	Pareto-Analyse	111
4.9	Box-Plot	114
4.10	Übersicht Fähigkeitsindizes	118
4.11	Grafische und numerische Darstellung	125

4.12	Spezielle Toleranzbetrachtung	127
4.12.1	Überschreitungen der Toleranzgrenzen	128
4.12.2	Toleranzausnutzung	131
5	Wahrscheinlichkeitsverteilungen	133
5.1	Verteilungen für diskrete Zufallsvariablen	133
5.1.1	Hypergeometrische Verteilung	133
5.1.2	Binomialverteilung	137
5.1.3	Poisson-Verteilung	144
5.2	Verteilungen für kontinuierliche Zufallsvariablen	150
5.2.1	Normalverteilung	151
5.2.2	Mathematische Beschreibung der Normalverteilung	155
5.3	Verteilungen von Kenngrößen	162
5.3.1	t-Verteilung	162
5.3.2	χ^2 -Verteilung	165
5.3.3	F-Verteilung	167
5.4	Eingipflige unsymmetrische Verteilungen	169
5.4.1	Transformation	171
5.4.2	Logarithmische Normalverteilung	175
5.4.3	Betragsverteilung 1. Art	176
5.4.4	Betragsverteilung 2. Art (Rayleigh-Verteilung)	178
5.4.5	Weibullverteilung	180
5.4.6	Pearson-Funktionen	182
5.4.7	Johnson-Transformationen	183
5.5	Mehrgipflige Verteilungen	186
5.5.1	Mischverteilung über Momentenmethode	186
5.5.2	Mischverteilung durch Überlagerung	187
5.6	Zweidimensionale Normalverteilung	188
5.7	Zufalls- und Vertrauensbereiche	190
5.7.1	Zufallsstreubereiche	190
5.7.2	Vertrauensbereiche	192
5.7.3	Vertrauensbereich für Fähigkeitskennwerte	194

6	Numerische Testverfahren	197
6.1	Beurteilungskriterien mittels grafischer Darstellungen	198
6.2	Beschreibung der numerischen Testverfahren	199
6.2.1	Hypothesenformulierung und Testauswahl	200
6.2.2	Prüfgröße	201
6.2.3	Irrtumswahrscheinlichkeit	203
6.2.4	Testentscheidung	204
6.2.5	Fehlerrisiken bei der Testentscheidung	208
6.2.6	Operationscharakteristik	209
6.2.7	Power ($1 - \beta$)	210
6.2.8	Wichtige Einflüsse auf die Power von Testverfahren	212
6.2.9	Einseitige Testverfahren	214
6.2.10	Testplanung für den optimalen Stichprobenumfang	216
6.3	Tests auf spezielle Eigenschaften von Datenreihen	218
6.3.1	Test auf Zufälligkeit	218
6.3.2	Tests auf Trend	220
6.3.3	Tests auf Normalverteilung	225
6.3.4	Tests auf Ausreißer	236
6.4	Vergleich von Varianzen und Mittelwerten	241
6.4.1	Normalverteilte Messwertreihen	241
6.4.2	Nicht normalverteilte Messwertreihen	247
6.4.3	Test von Kruskal und Wallis	247
6.4.4	Levene-Test	249
6.5	Übersichtsdarstellung von Testergebnissen	251
7	Qualitätsregelkartentechnik	253
7.1	Was ist eine Qualitätsregelkarte?	253
7.2	Stichprobenentnahme und -frequenz	258
7.3	Gebräuchliche Qualitätsregelkarten	260
7.4	Qualitätsregelkarten für diskrete Merkmalswerte	261
7.4.1	Berechnung der Eingriffsgrenzen	263
7.4.2	Shewhart np-Karte (BV) für Anteilwerte	264
7.4.3	Shewhart np-Karte, Näherung auf Basis der Normalverteilung	271

7.4.4	Shewhart p-Karte (BV) für die Überwachung des Anteils fehlerhafter Einheiten	275
7.4.5	Shewhart p-Karte (NV) für Anteilswerte	278
7.4.6	Shewhart c-Karte für Ereignisse je Einheit (PV)	280
7.4.7	Shewhart c-Karte für Ereignisse je Einheit (NV)	288
7.4.8	Shewhart u-Karte für die Überwachung der mittleren Anzahl Fehler je Einheit	291
7.4.9	Shewhart u-Karte für Ereignisse je Einheit (NV)	294
7.5	Fehlersammelkarten	297
7.5.1	Aufbau einer Fehlersammelkarte	297
7.5.2	Erstellung einer Fehlersammelkarte	299
7.6	Qualitätsregelkarten für kontinuierliche Merkmale	304
7.6.1	Aufbau der Regelkarten	304
7.6.2	Vorgehensweise anhand einer $\bar{x}/s$ -Karte	307
7.6.3	Stabilitätskriterien für Normalverteilung	314
7.6.4	Shewhart-Karten	325
7.6.5	Bewertung der verschiedenen Lage- und Streuungskarten	331
7.7	Annahmequalitätsregelkarten	333
7.7.1	Entstehung einer Annahmekarte	334
7.7.2	Fallbeispiele zur Annahmekarte	339
7.7.3	Eingriffsgrenzen der Annahmekarten	341
7.8	Shewhart-Karte mit gleitenden Kennwerten	342
7.9	Pearson- oder Johnson-Qualitätsregelkarten	345
7.10	Shewhart-Karten mit erweiterten Grenzen	347
7.10.1	Prozess mit zufälligen Schwankungen	347
7.10.2	Prozesse mit systematischem Trend	355
7.11	Qualitätsregelkarten und zeitabhängige Verteilungsmodelle	361
7.12	Stabilitätsstufen	364
7.13	Empfindlichkeit von Qualitätsregelkarten	368
7.14	Weitere Qualitätsregelkarten	374
7.14.1	Pre-Control-Regelkarten	374
7.14.2	CUSUM-Regelkarten	375
7.14.3	EWMA-Regelkarten	377

8	Prozessbewertung anhand diskreter Merkmale	379
8.1	Einleitung	379
8.2	DPU und DPO als Kennzahl für diskrete Merkmale	380
8.3	Fähigkeitskennzahlen für diskrete Merkmale	382
9	Prozessbewertung kontinuierlicher Merkmale	385
9.1	Allgemeines	385
9.2	Zeitabhängige Verteilungsmodelle	387
9.2.1	Zeitabhängiges Verteilungsmodell A1	389
9.2.2	Zeitabhängiges Verteilungsmodell A2	390
9.2.3	Zeitabhängiges Verteilungsmodell B	391
9.2.4	Zeitabhängiges Verteilungsmodell C1	392
9.2.5	Zeitabhängiges Verteilungsmodell C2	393
9.2.6	Zeitabhängiges Verteilungsmodell C3	394
9.2.7	Zeitabhängiges Verteilungsmodell C4	395
9.2.8	Zeitabhängiges Verteilungsmodell D	396
9.2.9	Qualitätsfähigkeit eines Prozesses	397
9.3	Typische Kenngrößen	398
9.3.1	Prozessleistung (Prozesspotenzial)	399
9.3.2	Kleinster Fähigkeitsindex C_{pk} (P_{pk})	401
9.3.3	Qualifikationsphasen und Indizes	403
9.3.4	Beherrscht und stabil	406
9.3.4.1	Stabilitätsbewertungen mit Analyse- Qualitätsregelkarten nach W.A. Shewhart	408
9.3.4.2	Stabilitätsbewertung mit einem statistischen Testverfahren	410
9.4	Allgemeine geometrische Methode $M_{l,d}$	412
9.4.1	Fähigkeitskenngrößen nach ISO 22514-2:2019	413
9.4.2	Bezeichnungen und Bestimmungsgleichungen für den Lageschätzer l nach ISO 22514-2	415
9.4.3	Bezeichnungen und Bestimmungsgleichungen für den Streuungsschätzer d nach ISO 22514-2	416
9.4.4	Zuordnung von Schätzmethoden zu den Verteilungs- zeitmodellen nach ISO 22514-02:2019	416

9.5	Fähigkeitsermittlung bei nicht definierten Verteilungsmodellen	417
9.6	Falsche Berechnungsmethoden	419
9.7	Kompensation der zusätzlichen $\bar{x}$ -Streuung	421
9.8	Sonderfall – „Potenzial“ kleiner als Fähigkeit	423
9.9	Berechnungsmethode nach CNOMO	426
9.10	Kenngrößen für zweidimensionale Normalverteilungen	429
9.11	Grenzwerte für Qualitätsfähigkeitskenngrößen	435
10	Prozess- und Produktbeurteilung	439
10.1	Zeitliche Abfolge der Fähigkeitsbeurteilung	439
10.2	Auswahl der zeitabhängigen Verteilungsmodelle	443
10.2.1	Ausgangssituation und Zielsetzung	445
10.2.2	Vorbemerkungen	445
10.2.2.1	Testverfahren	445
10.2.2.2	Verteilungsmodell suchen	446
10.2.2.3	Verteilungsmodell Mischverteilung	448
10.2.3	Beschreibung einer Auswertestrategie im Einzelnen	449
10.2.4	Automatisierte Auswahl von zeitabhängigen Verteilungsmodellen	458
10.2.4.1	Überblick	458
10.2.4.2	Auswahl von Verteilungsmodellen	460
10.2.4.3	Beurteilungskriterien	461
10.2.4.4	Verteilungsmodell auswählen	465
10.3	Abnahmebedingungen für Fertigungseinrichtungen	475
10.4	Produkte bewerten	487
10.4.1	Prüfplan	487
10.4.2	Bewertung basierend auf Merkmals Ergebnissen	487
10.4.3	Bewertung basierend auf Toleranzausnutzung	492
10.5	Automatisierte Auswertung	494
10.5.1	Anforderungen	495
10.5.2	Datenhaltung	496
10.5.3	Regelkreise	498
10.5.4	Auswertung und Berichtssystem	499
10.5.5	Nutzen	501

10.6	Datenverdichtung und Langzeitauswertung	502
10.7	Prozesssicht	511
11	Korrelations- und Regressionsanalyse	515
11.1	Grafische Analyse	516
11.2	Korrelationsanalyse	519
11.2.1	Der Korrelationskoeffizient nach Karl Pearson	520
11.2.2	Rangkorrelation	526
11.3	Regressionsanalyse	528
11.3.1	Einfache lineare Regression	528
11.3.1.1	Das Regressionsmodell	529
11.3.1.2	Berechnung des Regressionsmodells	530
11.3.1.3	Beurteilung des Regressionsmodells	533
11.3.2	Mehrfache und quasilineare Regression	541
12	Zuverlässigkeit	547
12.1	Bedeutung der Zuverlässigkeitsanalyse	547
12.2	Der Begriff Zuverlässigkeit	547
12.3	Die Zuverlässigkeitsprüfung	548
12.3.1	Der prinzipielle Ablauf einer Zuverlässigkeitsprüfung	548
12.3.2	Das Weibull-Verteilungsmodell	550
12.4	Fallbeispiele zur Zuverlässigkeitsprüfung	555
12.4.1	End-of-Life Tests	555
12.4.2	Zeitzensierte Tests	557
12.5	Prüfplanung für einen Success-Run-Test	561
13	Firmenrichtlinie: Ford Testbeispiele	565
14	Anhang	603
14.1	Modelle der Varianzanalyse	603
14.1.1	Prozessbeurteilung	603
14.1.2	Varianzanalysetafel (ANOVA-Tafel)	605
14.1.3	Schätzen der unbekannten Parameter	605
14.2	Formelsammlung für Verteilungen	606
14.3	Tabellen	608

15	Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen	619
16	Literaturverzeichnis	623
Index		627