

HANSER



Leseprobe

zu

Statistische Verfahren zur Maschinen- und Prozessqualifikation

von Edgar Dietrich and Stephan Conrad

Print-ISBN: 978-3-446-46447-6

E-Book-ISBN: 978-3-446-46504-6

Weitere Informationen und Bestellungen unter
<https://www.hanser-kundencenter.de/fachbuch/artikel/9783446464476>
sowie im Buchhandel

© Carl Hanser Verlag, München

Vorwort zur 8. Auflage

Das Beständige in der Welt ist der Wechsel. Zur achten Auflage dieses Buches wird Stephan Conrad unseren hoch geschätzten ehemaligen Kollegen, Co-Geschäftsführer und Mitbegründer der Q-DAS GmbH Herrn Dipl.-Ing. Alfred Schulze als Autor ablösen.

Wir können mittlerweile auf deutlich über 25 Jahre gemeinsame Erfahrung im Umgang mit statistischen Verfahren in der industriellen Produktion zurückblicken. Durch den nahezu täglichen Kontakt mit dieser Thematik über die weltweit verbreiteten Kunden von Q-DAS® ist ein großer Erfahrungsschatz mit den unterschiedlichsten Facetten und Forderungen entstanden, den wir mit diesem Buch weitergeben.

Zum Thema „Statistik“ werden mehrere klassische Lehrbücher angeboten, bei denen theoretische Abhandlungen im Vordergrund stehen, mit denen ein Praktiker aber nur bedingt etwas anfangen kann. Leider lassen auch viele der in den Büchern enthaltenen Verfahren den Praxisbezug vermissen, da sie zwar theoretisch anwendbar und korrekt sind, in der Praxis aus diversen Gründen aber kaum Anwendung finden.

Bereits bei der ersten Ausgabe dieses Buches stand nicht die Theorie im Vordergrund, sondern die Anwendung der beschriebenen Verfahren. Anhand von Fallbeispielen und Hinweisen wird der Zusammenhang mit Aufgabenstellungen aus der Praxis hergestellt.

Durch den vielfältigen Gedankenaustausch mit Entscheidern und Experten aus der Industrie und verschiedenen Gremien wie ISO, DIN, VDA, VDMA und VDI konnten einige der bekannten Verfahren erweitert werden, um noch aussagekräftiger und praxisrelevanter zu werden. Damit kann der Nutzen deutlich gesteigert werden, insbesondere dadurch, dass diese Verfahren in der Q-DAS® Software implementiert sind.

Heute können mit Hilfe von softwaretechnischen Lösungen komplexe Sachverhalte, Geschäftsvorfälle und Prozesse basierend auf qualitativ hochwertigen Informationen/Daten mittels statistischen Verfahren durch die sich daraus ergebenden Kenn-

größen und Kennzahlen ausreichend genau beschrieben werden, um diese beurteilen und mittels Benchmark sowie vorgegebenen Grenzwerten bewerten zu können. Dazu ist insbesondere die Darstellung der Ergebnisse im Kontext mit der jeweiligen Aufgabenstellung anhand von aussagefähigen Grafiken äußerst wichtig. Gerade hierauf wird in diesem Buch großer Wert gelegt.

Die Anwendung statistischer Verfahren hat in den letzten Jahren weiter zugenommen und wird künftig noch mehr an Bedeutung gewinnen. Dafür sprechen mehrere Gründe:

- Je komplexer die Sachverhalte sind und je mehr die Komplexität zunimmt, umso mehr ist man auf statistische Verfahren angewiesen.
- Um die Kosten für die Fertigung und Herstellung von Produkten senken zu können, muss der Prüfaufwand reduziert werden. Fähigkeitsnachweis und die statistische Prozessregelung tragen dazu bei.
- Das Thema „Big Data“ und „Predictive Analytics“ basierend auf statistischen Verfahren ist in aller Munde und wird mit der Umsetzung von Industrie 4.0 immer mehr in den Vordergrund rücken.
- Trotz ersten Schritten mit künstlicher Intelligenz (KI/AI) werden sich die dort in Vorbereitung befindlichen Methoden immer an den bekannten statistischen Grundlagen messen lassen müssen. Um Ergebnisse der KI als plausibel und korrekt validieren zu können, müssen sie immer den statistischen Grundkonzepten entsprechen, die deshalb weiterhin bekannt und beherrscht sein müssen.

Das Buch soll dem Leser die zur Maschinen- und Prozessqualifikation benötigten statistischen Verfahren näherbringen, um ihn bei der praktischen Anwendung zu unterstützen. Auch wenn durch den Einsatz von Software der Werkzeugkasten der Statistik quasi zu einer Black Box wird, ist das Wissen, wann welches Verfahren anzuwenden ist und wie die Ergebnisse zu interpretieren sind, unumgänglich. Genau hierbei sollen die Inhalte des Buches einen Beitrag leisten. Gerne nehmen wir Anregungen und Änderungswünsche entgegen.

Mein Dank gilt Herrn Michael Radeck, der uns fachlich bei der Ausarbeitung unterstützt hat.

Q-DAS® stellt für das Buch eine Demoversion von qs-STAT® zur Verfügung, mit der die Fallbeispiele und die meisten Grafiken in dem Buch nachvollzogen werden können. Die verwendeten Datensätze werden mit der Software zur Verfügung gestellt. Laden Sie sich diese Version von der Q-DAS® Homepage (www.q-das.com) herunter oder fordern Sie die Software bei Q-DAS® direkt an.

Diese achte Auflage dieses Buches möchten wir Frau Heide Mesad widmen, die seit der ersten Auflage für das Layout und die textlichen sowie grafischen Ausarbeitungen verantwortlich war. Sie hat das Buch mit großem Einsatz und viel Herzblut gepflegt und ist zu unserem größten Bedauern nach kurzer Krankheit überraschend verstorben. Wir haben eine wunderbare Person und hoch geschätzte Kollegin verloren.

Weinheim, September 2021

Stephan Conrad/Edgar Dietrich

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	Merkmalarten	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	Wertestrahl	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	Zufallsstreibereiche	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 Verteilungszeitmodellen 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 Merkmalsergebnissen	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

■ 1.1 Statistische Verfahren in der industriellen Produktion

Die in dem Buch beschriebenen statistischen Verfahren finden ihren Einsatz bzw. ihre Anwendung in erster Linie in der industriellen Produktion. Dazu zählen die Bereiche:

- Fertigungstechnik, mit der Herstellung und Montage von diskreten bzw.zählbaren Teilen
- prozesstechnische Produktion, bei der der Güterausstoß mengen- oder volumenorientiert gemessen wird, wie sie vornehmlich in der chemischen Industrie und der Nahrungsmittelindustrie zum Tragen kommen
- Verfahrenstechnik, mit der Verarbeitung von Rohmaterialien anhand kontinuierlicher und diskontinuierlicher Prozesse.

Sicherlich sind die meisten Verfahren auch auf andere Bereiche wie den Dienstleistungssektor übertragbar. Allerdings beschreibt das Buch keine Anwendungsbeispiele aus diesen Bereichen.

Heute sind diese Verfahren am weitesten in der Automobil- und Zulieferindustrie verbreitet. Insbesondere die Forderung aus Normen (IATF 16949:2016, IATF, 2016), Verbandsrichtlinien wie VDA (2008; 2016; 2020; 2021) oder QS-9000 (A.I.A.G., 1998) haben wesentlich zur Verbreitung beigetragen. Damit waren sowohl die Hersteller als auch die Zulieferer gezwungen, diese Verfahren umzusetzen. Viele Großkonzerne haben darauf basierend ihre eigenen firmenspezifischen Richtlinien (Daimler, 2008; General Motors, 2004; Robert Bosch, 2019; Volkswagen, Audi, 2005a und 2005b) erstellt und in Form von Verfahrensanweisungen verbindlich vorgeschrieben.

In der Automobil- und Zulieferindustrie, die hierfür sicherlich eine Vorreiterrolle spielte, wurden die Machbarkeit, die Sinnhaftigkeit und der Nutzen dieser Verfahren nachgewiesen. Aufgrund dieser positiven Erfahrung haben sie sich mittler-

weile auch auf andere Branchen und Industriezweige ausgebreitet. Zumal die Anwendung statistischer Verfahren beim Aufbau und Betrieb eines Qualitätsmanagementsystems nach ISO 9001 (DIN, 2015b) gefordert ist. Dabei beschränken sich diese Verfahren nicht nur auf die Massenfertigung, sondern können sehr wohl auch für Kleinserien bis hin zu komplexen Einzelteilen verwendet werden. Bei Kleinserien ist es in erster Linie der Vergleich mit zurückliegenden Chargen, um Trends und Veränderungen zu erkennen. Bei komplexen Einzelteilen mit in der Regel vielen Merkmalen ist es sehr häufig der Vergleich baugleicher Merkmale und deren Dokumentation, um die Rückverfolgbarkeit sicher zu stellen. Die Anwendung statistischer Verfahren ist in der Normung nicht nur gefordert, sondern auch selbst genormt (Abschnitt 1.3 und Abschnitt 1.4).

Die hier beschriebenen statistischen Verfahren können thematisch zu folgenden Anwendungsbereichen zusammengefasst werden:

- Eignungsnachweise von Prüfprozessen (Abschnitt 1.5)
- SPC Statistical Process Control (Prozessregelung und -überwachung) sowie Abnahme von Maschinen und Fertigungseinrichtungen (Abschnitt 1.6)
- DoE – Design of Experiments (Versuchsplanung, Abschnitt 1.7).

In der Ausbildung werden statistische Verfahren oft singulär betrachtet und nicht im Gesamtkontext in Verbindung mit dem jeweiligen Einsatzbereich gesehen. Dies hat sich mit der Einführung von Six Sigma (Abschnitt 1.8) geändert. Dabei wird zwischen Six Sigma für die Produktion nach den DMAIC-Phasen und Six Sigma für die Entwicklung (DFSS – Design for Six Sigma) nach unterschiedlichen Phasenmodellen (z.B. IDOV) unterschieden. Jeder Phase sind dabei die entsprechenden statistischen Verfahren zugeordnet, wie sie sinnvollerweise angewandt werden sollen.

■ 1.2 Statistik als Basis qualitätsmethodischen Denkens und Handelns

Prof. Masing (Bild 1.1) hat anlässlich des Q-DAS[®]-Forums am 26.11.2003 den folgenden Vortrag gehalten. Er hat den Mitschnitt des Textes selbst korrigiert und der Fa. Q-DAS[®] zur Veröffentlichung freigegeben. Es war einer seiner letzten Auftritte vor seinem Tod am 29. März 2004. Sein Beitrag lebt von dem großen Erfahrungsschatz, den er in seinem langen Berufsleben gesammelt hat. Auch wenn der geschriebene Text nur sehr begrenzt den wundervollen Vortragsstil von Prof. Masing widerspiegeln kann, wollen wir aufgrund der historischen Bedeutung und der hervorragenden geschichtlichen Zusammenfassung die Abschrift hier wiedergeben.

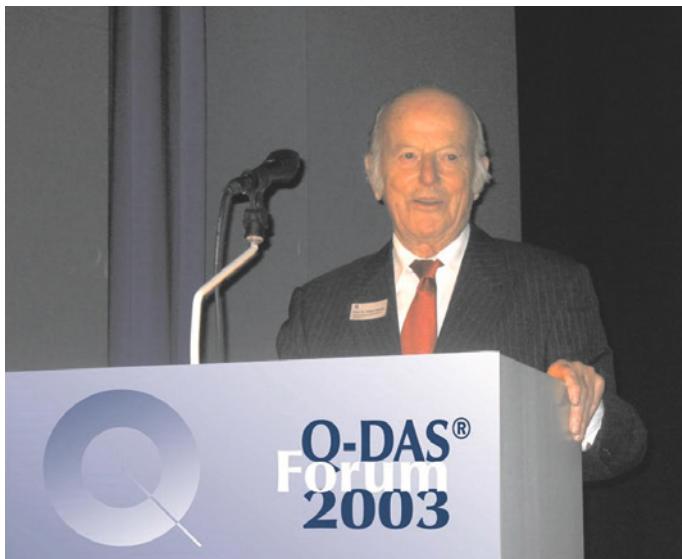


Bild 1.1 Prof. Dr. Masing (* 22. Juni 1915 – † 29. März 2004) beim Q-DAS®-Forum 2003

Niemand anderes als Prof. Masing hätte in der heutigen Zeit besser über die Anwendung statistischer Verfahren in der industriellen Produktion berichten können, zumal er wesentlich an der Einführung und Verbreitung dieser Verfahren in Deutschland beigetragen hat. Für Q-DAS® ist es eine große Ehre, dass Prof. Masing diesen Vortrag ausgearbeitet hat:

1.2.1 Begrüßung

Meine sehr verehrten Damen, meine Herren,
mir liegt viel daran, den Organisatoren dieser Veranstaltung für die Einladung zu diesem Forum zu danken. Sie gibt mir Gelegenheit, vor einem fachlich qualifizierten Auditorium Anmerkungen zu einem Thema zu machen, dem ein guter Teil meiner Lebensarbeit gewidmet war. Zu dieser Thematik hat ja das Unternehmen, dessen Ehrentag wir heute gemeinsam feiern, bedeutsame Beiträge geleistet.

1.2.2 Einleitung

Wir unterscheiden bekanntlich beschreibende und schließende Statistik. Klassische Beispiele beschreibender Statistik finden wir im Statistischen Jahrbuch der Bundesrepublik Deutschland mit seinen Angaben über Tausende von Gegebenhei-

ten und deren Entwicklung in unserem Land, wie Bevölkerung, Flächennutzung, Industrieproduktion, Verkehr und vieles andere mehr. Diese Art Statistik wird sicher schon in prähistorischer Zeit genutzt worden sein. Die Archäologie stellt uns zwar darüber keine Beweise zur Verfügung, doch dürfen wir annehmen, dass schon unsere Altvorderen im Neandertal die Anzahl ihrer Schafe und Rinder festgehalten und untereinander verglichen haben.

Die ersten Beweise für beschreibende Statistik haben wir aus einer Jahrzehntausende späteren Zeit. Es sind statistische Angaben in Keilschrift auf Tontafeln der Sumerer, die knapp 3000 Jahre vor unserer Zeitrechnung entstanden sind. Sie waren gut zwei Jahrtausende in diesem geografischen Raum bis hin nach Ägypten in Gebrauch. Heute zählen zur beschreibenden Statistik z.B. auch die vielen Millionen Daten, die tagein-tagaus in industriellen Produktionsbetrieben anfallen. Ihre Verarbeitung ist nur noch mit den modernsten elektronischen Mitteln möglich, wie sie vor allem unser gastgebendes Unternehmen entwickelt.

So wichtig beschreibende Statistik damals war und heute noch ist: Sie hat in der Öffentlichkeit nicht durchweg den besten Ruf, weil sie bis zum Geht-nicht-mehr manipulierbar ist und auch oft und gern manipuliert wird. Churchill soll gesagt haben: „Ich glaube nur einer Statistik, die ich selber gefälscht habe.“ Und in der Tat: So mancher von uns liest und hört mit großem Unbehagen statistische Angaben, und das besonders, wenn sie von Politikern stammen. Geradezu staunenswert ist ja, wie jemand es durch geschickte Interpretation fertigbringt, auch mit korrekten Daten allein durch deren Auswahl eindrucksvoll zu lügen. Ich habe beim Zuhören gelegentlich den Eindruck, dass der Redner das köstliche Buch von Darrell Huff „How to lie with statistics“ recht aufmerksam studiert haben muss. Das gilt übrigens auch für (gewiss nicht alle, aber doch für zu viele) Journalisten und andere Meinungsmacher.

1.2.3 Beginn

Die Anfänge der schließenden Statistik sind viel jüngeren Datums. Da sind vor allem zwei französische Mathematiker Mitte des 17. Jahrhunderts zu nennen, Blaise Pascal und Pierre de Fermat. Sie haben der Nachwelt nicht hinterlassen, wie sie darauf gekommen sind, sich mit Fragen der Wahrscheinlichkeit zu beschäftigen. Im Umlauf ist aber eine Erklärung, die viel für sich hat. Sie führt uns an den Hof des Sonnenkönigs Ludwigs des XIV in Versailles. Die einzige Aufgabe der meisten adeligen Höflinge dort war es, dem Herrscher auf einen Wink hin jederzeit zu Diensten zu sein.

Doch konnten Stunden, ja Tage vergehen, bis jemand antreten musste. Aus Langeweile vertrieb man sich die Zeit mit Glücksspielen. Wenn nun mitten im Spiel einer aus der Runde zum Dienst befohlen wurde, war das Spiel beendet und musste

Index

Symbolle

- \bar{x} /s-Karte 260
- \bar{x} /R-Karte 260
- \tilde{x} /s-Karte 307
- 1-/5-Teile Bericht 482
- α -Fehler 212
- χ^2 -Anpassungstest 226
- χ^2 -Netz 110
- χ^2 -Test 465
- χ^2 -Verteilung 165

A

- A1 Verteilungsmodell 388 f.
- A2 Verteilungsmodell 388, 390
- ABC-Bereich 113
- Ablehnungsbereich 203
- Abnahmebedingungen 475
- Abweichungsgrad 87
- Alternativhypothese 199
- analytische Statistik 40
- Annahmebereich 203
- Annahmekarte 333, 360
- Annahmequalitätsregelkarten 333
- ANOVA 245, 603
- Anpassungstests 464
- Anteil fehlerhafter Einheiten 271
- arithmetischer Mittelwert 60, 62
- ARL 372
- Asymmetrie 64
- Aufbewahrungszeitraum 509
- ausfallfreie Zeit 181, 553
- Ausfallsteilheit 181

- Ausfallverhalten 548
- Ausreißertest 236
- Ausschussanteil 379
- Auswertung 75
- automatisierte Datenanalyse 502

B

- Balkendiagramm 60
- Bartlett-Test 243
- beherrscht 406
- Benchmark 124
- beschreibende Statistik 40
- Best Fit Move 432
- Betragsverteilung 1. Art 171, 176, 460, 607
- Betragsverteilung 2. Art 178, 460, 607
- Beurteilungssystem 487
- Binomialverteilung 137, 366
- Box-Plot 114, 504
- B Verteilungsmodell 391

C

- C1 Verteilungsmodell 388, 392
- C2 Verteilungsmodell 388, 393
- C3 Verteilungsmodell 388, 394
- C4 Verteilungsmodell 388, 395
- CAD-Zeichnung 127
- CAM 426
- CDOV 37
- charakteristische Lebensdauer 181
- c-Karte 260, 262

CNOMO 91, 426
 Cpk 259
 CUSUM-Regelkarten 375
 C-Werte 259

D

d'Agostino 227, 464
 Datenverdichtung 502, 505
 Design of Experiments 28
 deskriptive Statistik 40
 DFSS 36
 Differenzenstreuung 220
 direkter Schluss 41
 diskrete Merkmale 261, 379
 DMADV 37
 DMAIC 34
 DoE 28
 DPMO 379, 381
 DPO 379 ff.
 DPU 379 ff.
 Drehmoment 171
 D Verteilungsmodell 396

E

Ebenheit 171
 einfache lineare Regression 528
 Einflussgrößen 477
 Eingriffsgrenze 309
 – Mittelwertkarte 309
 – Standardabweichungskarte 309
 Eingriffsgrenzenverletzungen 366
 einseitig begrenzte Merkmale 483
 einseitiger oberer Schwellenwert 156
 einseitiger unterer Schwellenwert 156
 Einzelwerte 79
 Einzelwerteverlauf 79
 Einzelwertkarten 328
 Empfindlichkeit 368
 End-of-Life Tests 555
 Epps-Pulley-Test 229
 Ereigniskatalog 82
 erweiterte Grenzen 347

erweiterter Shapiro-Wilk-Test 232
 Erweiterung Eingriffsgrenzen 353
 EWMA-Regelkarten 377
 Exzess 61, 65

F

Fähigkeit 259
 Fähigkeitsindizes 39, 61, 68, 118, 382, 429 f., 504
 Fehler 1. Art 208
 Fehler 2. Art 208
 Fehlerbeseitigungsaufwand 382
 Fehler je Einheit 278
 Fehlerrisiken 208
 Fehlersammelkarte 297, 299
 Flächenform 171
 Ford Testbeispiele 565
 Formelsammlung 606
 Formnester 85
 Formparameter 181, 552
 Formtoleranz 75
 Formtoleranzen 171, 460
 FSK *siehe* Fehlersammelkarte
 F-Test 242
 F-Verteilung 167

G

geometrischer Mittelwert 62
 Geradheit 171
 gerichtsverwertbare Daten 510
 Gesamtstandardabweichung 359
 gleitende Kennwerte 108, 342, 366
 Größtwert 60, 74
 Grundgesamtheit 40
 GUM 22
 Gut-Schlecht-Denken 24

H

Hampel-Test 239
 Histogramm 90, 152
 Hypergeometrische Verteilung 133

I

- ICOV 37
- IDOV 37
- indirekter Schluss 40
- induktive Statistik 40
- Irrtumswahrscheinlichkeit 54, 203

J

- Johnson-Transformation 183, 460

K

- Kendallsche Rangkorrelation 527
- Kenngrößen 57, 62
- Kennwerte 39, 73
- Klassengrenzen 90
- Klassierung 90, 95
- Kleinstwert 60, 74
- Koaxialität 171
- Kolmogoroff-Smirnoff-Lillefors-Test 464
- kontinuierliche Merkmale 304, 385
- Korrelation 40
- Korrelationsanalyse 515
- kritische Indizes 120
- Kruskal-Wallis-Test 247
- Kundenzufriedenheit 27
- Kurtosis 65, 235
- Kurzzeitfähigkeit 403, 439

L

- Lagekarte 260, 366
- Lageparameter 181, 258, 551
- Lagesprünge 221
- Lage-Spur 260
- Lagetoleranzen 171, 460
- Längenmaße 171
- Langzeitauswertung 502
- Langzeitfähigkeit 403, 441
- Levene-Test 249
- Lieferant 405
- lineare Regression 528

L

- Linienform 171
- logarithmische Normalverteilung 175, 460, 607
- logarithmische Transformation 172

M

- Maschine 258, 403
- Maschinenfähigkeit 439
- Masing 2
- Median 60, 62
- Mediankarte 326, 338
- Merkmal 40
 - diskret 133, 261
 - kontinuierlich 304
- Merkmalsarten 42
- Merkmalsübersicht 76
- Messmanagementsysteme 22
- Messprozesse 22
- Messunsicherheit 22
- Messwertkurven 86
- Messwertreihe 60, 62
- Methode M1 412
- Middle Third 256, 315, 320
- Mischverteilung 186
- Mittellinie 254
- Mittelwert 54, 62, 241
 - gleitender 108
- Mittelwertkarte 75, 326, 338
- Modellanpassung 459
- Modell I 603f.
- Modell II 603f.
- Momentenmethode 186

N

- Näherung 264
- Neigung 171
- Nelson Rules 322
- Nichteingriffswahrscheinlichkeit 366
- Normalverteilung 151, 171, 460, 606
 - logarithmische 175, 460
 - standardisierte 155
 - zweidimensional 188, 429
- Normung 15, 19

np-Karte 260
 Nullhypothese 199
 numerische Testverfahren 197
siehe Testverfahren

O

Operationscharakteristik 39, 209

P

Parallelität 171
 Pareto-Analyse 111, 302
 PDCA 36
 PDF-Format 507
 Pearson 182, 460
 Pearson-Qualitätsregelkarten 345
 Percentile 61
 p-Karte 260, 262
 Planlauf 171
 Poisson-Verteilung 144
 Polardarstellung 105
 Portfolio 124, 381
 Positionstoleranz 171, 431
 Potenzial 118f.
 Power 210
 Pre-Control-Karten 374
 Produktbeurteilung 439
 Produktbewertung 487
 Produktmerkmale 42
 Produzentenhaftung 511
 Prozess 258f., 365f., 403f.
 Prozessanalyse 404
 Prozessbeurteilung 439
 Prozesseigner 260
 Prozessfähigkeit 401
 Prozesslage 75, 352
 Prozesslage 358
 Prozesslageverschiebung 370
 Prozessleistung 399
 Prozesspotenzial 399
 Prozessstreu breite 74f.
 Prozessstreuung 75
 Prüffrequenz 259

Prüfgröße 201
 P-Wert Methode 205

Q

QRK *siehe* Regelkarte
 Qualifikationsphasen 403
 qualitative Merkmale 379
 Qualitätsfähigkeit 397
 Qualitätsregelkarte 39, 253, 366, 368, 374
 Qualitätsregelkarten 379
 Qualitätsregelkartentechnik 253
 Quantil 65
 Quantile 61, 75
 quantitative Merkmale 379
 quasilineare Regression 541

R

Range 63
 Rangkorrelation
 - Kendallsche 527
 - Spearmansche 526
 Rauheit 171
 Rayleigh-Verteilung 171, 178, 460
 rechtliche Aspekte 509
 Rechtwinkligkeit 171
 Regelkarten 253
 - \bar{x} /s-Karte 307
 - CUSUM-Karte 375
 - EWMA 377
 - Fehlersammelkarte 297
 - Pre-Control-Karte 374
 - Urwertkarte 330
 Regression 40, 515, 541
 Regressionskoeffizient 462
 Regressionsmodell 529
 Repeatability 22
 Reproducibility 22
 R-Karte 260
 Run 256, 317f.
 Rundheit 171
 Rundlauf 171

S

Schadensfall 509
Schätzer
– Prozesslage 311
– Prozessstreuung 311
Schiefe 61, 64
Schwellenwert 157
Selektionskriterien 506
Serienanlauf 403
Shapiro-Wilk-Test 231, 464
Shewhart 7
Shewhart-Karte 325, 342
Signifikanztest 536
Six Sigma 30
s-Karte 260
Spannweite 60, 63
Spannweitenkarte 327
Spearmansche Rangkorrelation 526
Spezifikationsgrenze 74f.
Spiegelung 173
s-Spur 307
stabil 406
Stabilität 366
Stabilitätskriterien 39, 314, 364
Stabilitätsstufen 364
Stabilitätsverletzungen 315
Standardabweichung 54, 60, 63
Standardabweichungskarte 327
Standardisierte Normalverteilung 155
Statistical Process Control 23
Statistik 40
statistische Kenngrößen 57
statistische Kennwerte 39, 504
Stichprobe 40, 258f., 366
Stichprobenentnahme 258
Stichprobenfrequenz 258
Stichprobenkennwerte 77
Stichprobenumfang 259, 365
Streuung 483
Streuung der Mittelwerte 351, 358
Streuungskarte 260, 366
Streuungs-Spur 260
Streuzahl 64
s über \bar{x} -Darstellung 125
Success-Run-Test 561

Summenlinie 97, 153
Summenwahrscheinlichkeit 157
Symmetrie 171
systematischer Trend 355
systematische Streuung 314

T

Tabellen 608
Taguchi 25
Teileprotokoll 75
Teileübersicht 76
Test
– Normalverteilung 225
TESTA 11
Testentscheidung 204
Testergebnisse 251
Testverfahren 39, 197
– Asymmetrie 234, 464
– Bartlett-Test 243
– d'Agostino 227
– David, Hartley und Pearson 236f.
– Epps-Pulley 229
– erweiterter Shapiro-Wilk 232
– F-Test 242
– Grubbs 238
– Hampel-Test 239
– Kruskal und Wallis 247
– Kurtosis 235, 464
– Levene-Test 249
– Shapiro-Wilk 231
– Swed und Eisenhart 218
– Trend 220
– t-Test 244
– Zufälligkeit 218
– Zweistichproben t-Test 246
– χ^2 -Anpassungstest 226
Toleranzausnutzung 131
Toleranzbetrachtung 127
Transformation 171f.
Transformation von Messwertreihen 39
Trend 220, 256, 315, 319
Trendprozess 356
t-Test 244
t-Verteilung 162

U

Überlagerung 83, 187
 Überschreitungsanteil 60, 96
 u-Karte 260, 262
 Unwucht 171
 Urwertkarte 326, 338

V

Varianz 60, 63, 108
 Varianzanalyse 40, 351, 357, 603
 Variationskoeffizient 61, 63
 Vergleichspräzision 22
 Vergleich von Varianzen 241
 Verlauf Einzelwerte 79
 Verletzung der Eingriffsgrenzen 262
 Verlustfunktion 25, 380
 Verschiebung 173
 Verteilung
 – hypergeometrische 133
 Verteilungsmodell 39, 361, 387, 458
 – A1 388f.
 – A2 388, 390
 – B 391
 – C1 388, 392
 – C2 388, 393
 – C3 388, 394
 – C4 388, 395
 – D 396
 Verteilungsmodelle und deren Beurteilung 39
 Vertrauensbereich 40, 50, 61, 138, 190, 192, 194
 – Fähigkeitsindizes 61
 – Mittelwerte 61
 – Überschreitungsanteile 61
 – Varianzen 61
 Vertrauensniveau 50
 Viewer 508
 Vorlauf 481
 Vorlauf 1-Teil 484
 Vorlauf 5-Teile 484
 Vorläufige Prozessfähigkeit 403, 439
 Vorlauftest 482

W

Wahrscheinlichkeitsfunktion 53
 Wahrscheinlichkeitsnetz 100, 109
 Wahrscheinlichkeitsverteilungen 39, 133
 Warmlaufphase 481
 Warngrenze 254f.
 Weibullverteilung 180, 460, 548, 607
 Werkzeug 258
 Wertepaare 104
 Wertestrahl 89
 Western Electric Rules 322
 Westgard Rules 322
 Wiederholbarkeit 22
 W-Netz 110
 Wölbung 61, 65

X

x-Karte 260, 262
 x(t)-Plot 81
 x-y-Plot 104

Z

Zeichnungswerte 74
 Zeitabhängige Verteilungsmodelle 387
 zeitzensierte Tests 557
 Zentralwert 62
 zerstörende Prüfung 259
 zufällige Schwankungen 347
 zufällige Streuung 314
 Zufälligkeit 218
 Zufallsstreibereich 41, 52, 138, 190, 366
 Zusatzdaten 59
 Zusatzinformationen 81
 Zuverlässigkeit 547
 zweidimensionale Darstellung 106
 zweidimensionale Normalverteilung 188, 429, 607
 zweidimensionale Rangkorrelation 526
 zweiseitiger symmetrischer
 Schwellenwert 157
 Zweistichproben t-Test 246
 Zylinderform 171