

<b>1 Statistische Grundlagen</b>	<b>1</b>
1.1 Definition der Grundbegriffe	1
1.1.1 Ursprünge des Wahrscheinlichkeitsbegriffs nach Bernoulli und Mises	1
1.1.2 Einige hilfreiche Rechenregeln für Wahrscheinlichkeiten	5
1.1.3 Zufallsvariablen – Vom Einzelergebnis zum Maßstab	10
1.1.4 Erwartungswert und Varianz von Zufallsvariablen	16
1.1.5 Stichproben und Punktschätzer	20
1.1.6 Intervallschätzer und Konfidenzintervalle	24
1.1.7 Verteilungsfunktion und Quantilfunktion	27
1.2 Statistische Verteilungen	30
1.2.1 Normalverteilung	31
1.2.2 Gleichverteilung	42
1.2.3 Betragsverteilung erster Art	45
1.2.4 Rayleigh-Verteilung (Betragsverteilung zweiter Art)	50
1.2.5 Typische Verteilungsfunktionen für mechanische Messgrößen	55
1.2.6 Poisson-Verteilung	55
1.2.7 Binomialverteilung	61
1.3 Grafische Hilfsmittel	71
1.3.1 Strichliste und Fehlersammelkarte	72
1.3.2 Pareto-Diagramm	73
1.3.3 Ursache-Wirkungs-Diagramm	75
1.3.4 Histogramm	76
1.3.5 Werteverlauf und Streudiagramm	76
1.3.6 Flussdiagramm	81
1.4 Zusammenfassung	82
Literatur	84

<b>2</b>	<b>Statistische Hypothesentests und Inferenz</b>	85
2.1	Grundlagen statistischer Hypothesentests	87
2.1.1	Der p-Wert als Entscheidungskriterium für Hypothesentests	90
2.1.2	Trennschärfe von Hypothesentests und Operationscharakteristiken	92
2.1.3	Allgemeines Vorgehen bei statistischen Hypothesentests	97
2.2	Test auf Lageänderung	98
2.2.1	Test auf Lageänderung bei bekannter Standardabweichung (z-Test)	98
2.2.2	Test auf Lageänderung bei unbekannter Standardabweichung (t-Test)	105
2.2.3	Test auf Lageabweichung zweier Stichproben (Zweistichproben t-Test)	109
2.2.4	Test auf Lageabweichung zweier Stichproben bei unterschiedlicher Standardabweichung (Welch-Test)	114
2.3	Test auf Änderung der Standardabweichung	114
2.3.1	Test auf Änderung der Standardabweichung mit einer Stichprobe	115
2.3.2	Test auf unterschiedliche Standardabweichung zweier Stichproben (F-Test)	118
2.4	Test auf Änderung des Fehleranteils (p-Test)	125
2.5	Lineare statistische Modelle	134
2.5.1	Varianzanalyse	139
2.5.2	Zweifache Varianzanalyse	147
2.5.3	Lineare Regression	151
2.5.4	Bewertung der Modellqualität mit Hilfe des $R^2$ -Koeffizienten	159
2.6	Zusammenfassung	162
	Literatur	163
<b>3</b>	<b>Messsystemanalyse</b>	165
3.1	Beschreibung von Messunsicherheit nach JCGM 2008 (GUM)	166
3.2	Rückführbarkeit von Messmitteln und Normalen	172
3.3	Eignungsnachweis von Messmitteln	179
3.3.1	Unterscheidung von variablen und attributiven Messmitteln	179
3.3.2	Methode 1 ( $C_g/C_{gk}$ -Studie)	182
3.3.3	Methode 2 (%GRR-Studie mit Bedienerinfluss)	188
3.3.4	Methode 3 (%GRR-Studie ohne Bedienerinfluss)	196
3.3.5	Bedeutung der Teilestreuung für die Methoden 2 und 3 ( $ndc$ )	199
3.3.6	Attributiver Eignungsnachweis von Messmitteln	201
3.4	Optimierung eines Messprozesses mit Hilfe der Methoden 1, 2 und 3	207
3.4.1	Einflussfaktor Mensch	208
3.4.2	Einflussfaktor Messobjekt/Normal	208
3.4.3	Einflussfaktor Auswertemethode	211

3.4.4	Einflussfaktor Umwelt .....	214
3.4.5	Einflussfaktor Messmethode .....	218
3.4.6	Einflussfaktor Messmittel .....	219
3.4.7	Einflussfaktor Prüflingsaufnahme .....	221
3.5	Vorgehen bei nicht fähigen Messmitteln .....	222
3.6	Zusammenfassung .....	224
	Literatur .....	225
<b>4</b>	<b>Statistische Prozesskontrolle .....</b>	<b>227</b>
4.1	Bewertung der Prozessleistung .....	228
4.1.1	Attributive Bewertung des Fehleranteils .....	229
4.1.2	Bewertung des Fehleranteils über die Verteilungsfunktion .....	232
4.1.3	Bewertung des Fehleranteils mittels Wahrscheinlichkeitsnetzen .....	242
4.1.4	Vergleich der attributiven und variablen Schätzung des Fehleranteils .....	245
4.1.5	Prozessbewertung mittels Prozessfähigkeitsindex ( $C_p$ und $C_{pk}$ ) .....	249
4.2	Regelkarten .....	264
4.2.1	Statistische Kontrolle der Prozesslage ( $\bar{x}$ - und $\tilde{x}$ -Karte) .....	266
4.2.2	Statistische Kontrolle der Streuung ( $s$ -Karte und $R$ -Karte) .....	274
4.2.3	Statistische Kontrolle von Fehleranteil und Fehleranzahl ( $p$ -Karte und $np$ -Karte) .....	285
4.2.4	Statistische Kontrolle der Fehlerrate ( $c$ -Karte) .....	291
4.2.5	Steigerung der Empfindlichkeit von Regelkarten .....	296
4.2.6	Alternative Regelkarten zu statistische Kontrolle der Prozesslage .....	309
4.3	Statistische Anomalieerkennung .....	320
4.3.1	Anomalieerkennung bei bekannter Grundgesamtheit .....	322
4.3.2	Anomalieerkennung bei unbekannter Grundgesamtheit .....	325
4.4	Zusammenfassung .....	330
	Literatur .....	332
<b>5</b>	<b>Statistische Modellbildung im Fertigungsprozess .....</b>	<b>333</b>
5.1	Statistische Versuchsplanung (Design of Experiments) .....	333
5.1.1	Optimierung mit ein und zwei Einflussfaktoren .....	334
5.1.2	Wiederholungen und Blockbildung in faktoriellen Versuchen .....	346
5.1.3	Faktorielle Versuche mit mehr als zwei Einflussfaktoren und teilkonfaktorielle Versuche .....	357
5.1.4	Nichtlineare Beiträge und Wirkflächen .....	363
5.2	Einige hilfreiche Transformationen zur statistischen Modellbildung .....	371

---

5.2.1	Logarithmische Transformation .....	372
5.2.2	Probit- und Logit-Modelle (logistische Regression).....	377
5.2.3	Verallgemeinerte lineare Modelle .....	387
5.3	Zusammenfassung .....	389
	Literatur.....	389
<b>6</b>	<b>Schlusswort .....</b>	<b>391</b>
<b>A</b>	<b>Tabellen und Regelkartenparameter .....</b>	<b>393</b>
	<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>407</b>