

# Inhalt

<b>Vorwort.....</b>	<b>V</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Verbesserungsprojekte zur Prozessoptimierung.....	1
1.2 Erfolgsfaktoren für Six Sigma .....	4
<b>2 Management von Six Sigma-Projekten .....</b>	<b>13</b>
2.1 Auswahl der richtigen Projekte.....	13
2.2 Projektabwicklung.....	15
2.2.1 Projektstrukturplan für Verbesserungsprojekte.....	15
2.2.2 Projektauftrag.....	16
2.2.3 Planung der Projekt-Ecktermine und Aufgaben.....	19
2.2.4 Kostenplanung und -verfolgung.....	21
2.2.5 Projektcontrolling .....	21
2.2.6 Projektkommunikation.....	22
2.2.7 Projektdokumentation .....	23
2.2.8 Projektabschluss .....	23
<b>3 Grundlagen der Statistik.....</b>	<b>27</b>
3.1 Allgemeine Grundlagen .....	27
3.1.1 Häufigkeiten und Wahrscheinlichkeiten.....	29
3.1.2 Merkmalsarten .....	29
3.1.3 Aufgaben der analytischen Statistik.....	30
3.2 Verteilungsformen.....	32
3.2.1 Hypergeometrische Verteilungen .....	33
3.2.2 Binomialverteilung.....	33
3.2.3 Poisson-Verteilung .....	36
3.2.4 Normalverteilung .....	38
3.2.4.1 Standardisierte Normalverteilung .....	40
3.2.4.2 Wahrscheinlichkeitsnetz (Probability Plot) .....	45
3.2.5 Logarithmische Normalverteilung.....	47
3.2.6 Weibull-Verteilung .....	47

3.2.7	Exponentialverteilung .....	47
3.2.8	Weitere Verteilungen .....	47
3.3	Kennwerte von Stichproben.....	47
3.3.1	Kennwerte der Lage .....	48
3.3.1.1	Arithmetischer Mittelwert ( $\bar{x}$ -quer, $\bar{x}$ -bar) .....	49
3.3.1.2	Zentralwert / Median ( $\bar{x}$ -Schlange).....	49
3.3.1.3	Häufigster Wert / Modalwert .....	49
3.3.1.4	Geometrisches Mittel.....	49
3.3.2	Kennwerte der Streuung.....	49
3.3.2.1	Varianz .....	49
3.3.2.2	Standardabweichung .....	50
3.3.2.3	Spannweite (Range) .....	50
3.3.3	Kennwerte der Verteilungsform .....	50
3.3.3.1	Schiefe, Asymmetrie.....	50
3.3.3.2	Excess / Wölbung (Kurtosis).....	51
3.4	Parametrische Verteilungen .....	52
3.4.1	t-Verteilung .....	53
3.4.2	$\chi^2$ -Verteilung.....	53
3.4.3	F-Verteilung .....	54
3.5	Spezielle Grundlagen der Statistik .....	55
3.5.1	Zentraler Grenzwertsatz.....	55
3.5.2	Addition von Verteilungsfunktionen .....	56
3.5.3	Prüfung auf Verteilungsform .....	57
3.5.4	Anpassung der Verteilungsform.....	59
3.5.5	Transformation von Messwerten .....	60
3.5.5.1	Lineare Transformation.....	60
3.5.5.2	Nichtlineare Transformation.....	60
3.6	Zufallsstrebereich (ZB).....	62
3.6.1	Zufallsstrebereich für diskrete Merkmale .....	63
3.6.2	Zufallsstrebereich für kontinuierliche Merkmale.....	64
3.6.2.1	Zufallsstrebereich für den arithmetischen Mittelwert .....	64
3.6.2.2	Zufallsstrebereich für den Median .....	65
3.7	Vertrauensbereich (VB).....	67
3.7.1	Vertrauensbereich für den Mittelwert, falls $\sigma$ bekannt ist.....	68
3.7.2	Vertrauensbereich für den Mittelwert, falls $\sigma$ nicht bekannt ist .....	71
3.7.3	Vertrauensbereich für Streuungen .....	72
4	Phase Define .....	75
4.1	Ausgangssituation beschreiben .....	75
4.2	Prozessüberblick schaffen .....	76
4.3	Kunden und deren Forderungen ermitteln .....	79
4.4	Projekt definieren .....	81

<b>5 Phase Measure</b>	<b>83</b>
5.1 Prozess detaillieren	84
5.1.1 Detaillierte Darstellung des Prozesses	84
5.1.2 Mögliche Ursachen darstellen	87
5.2 Vorhandene Daten interpretieren	89
5.2.1 Grafische Darstellung von Daten	90
5.2.1.1 Verlauf der Einzelwerte (Time Series Plot)	90
5.2.1.2 Urwertkarte (Individual Chart)	91
5.2.1.3 Medianzyklen-Diagramm (Run Chart)	92
5.2.1.4 Häufigkeitsdiagramme	93
5.2.1.5 Streudiagramme / Korrelationsdiagramme	95
5.2.1.6 Box Plots	96
5.2.1.7 Pareto-Analyse	97
5.2.1.8 Multi-Vari-Charts	98
5.2.1.9 Paarweiser Vergleich	102
5.2.2 Zufällige oder signifikante Unterschiede	103
5.3 Daten erfassen und auswerten	105
5.3.1 Datenschichtung	107
5.3.2 Datenzerlegung	108
5.4 Eignung des Prüfsystems sicherstellen	109
5.4.1 Grundlagen und Begriffe	112
5.4.1.1 Einflüsse auf Prüfprozesse	112
5.4.1.2 Auflösung	112
5.4.1.3 Systematische Messabweichung (Bias)	113
5.4.1.4 Wiederholpräzision (Repeatability)	113
5.4.1.5 Vergleichspräzision (Reproducibility)	114
5.4.1.6 Linearität (Linearity)	115
5.4.1.7 Stabilität (Stability)	115
5.4.2 Eignungsnachweis von Messprozessen	116
5.4.2.1 Unsicherheit des Normals	117
5.4.2.2 Einfluss der Auflösung	118
5.4.2.3 Systematische Messabweichung	118
5.4.2.4 Verfahren 1	120
5.4.2.5 Linearität	123
5.4.2.6 Verfahren 2: GR&R-Study	125
5.4.2.7 Verfahren 3: GR&R-Study ohne Bedienerinfluss	134
5.4.2.8 Messbeständigkeit, Stabilität	134
5.4.2.9 Ergänzungen zum Eignungsnachweis von Messprozessen	135
5.4.3 Eignungsnachweis für Messprozesse nach VDA 5	135
5.4.4 Eignungsnachweis von attributiven Prüfprozessen	136
5.4.4.1 Verfahren nach VDA 5	138
5.4.4.2 Methode der Signalerkennung	139
5.4.4.3 Testen von Hypothesen mit Kreuztabellen	140

5.4.4.4	Bestimmung der fälschlichen Annahme / Rückweisung .....	141
5.5	Prozessleistung ermitteln .....	143
5.5.1	Bewertung von kontinuierlichen Merkmalen .....	143
5.5.1.1	Fähigkeitsindizes für normalverteilte Messwertreihen .....	145
5.5.1.2	Vorgehen zur Ermittlung der Prozessfähigkeit .....	149
5.5.1.3	Vertrauensbereich für die Fähigkeitskenngrößen .....	149
5.5.1.4	Phasen der Prozessqualifikation .....	150
5.5.1.5	Prozessfähigkeitskennwerte nach SPC-Referenzhandbuch .....	151
5.5.1.6	Prozessfähigkeitsindizes nach DIN ISO 21747 .....	152
5.5.1.7	Zeitabhängige Verteilungsmodelle nach DIN ISO 21747 ....	153
5.5.1.8	Prozessleistung und -fähigkeit nach DIN ISO 21747 .....	158
5.5.1.9	Weitere Verfahren .....	162
5.5.1.10	Beispiele zur Berechnung der Prozessfähigkeit.....	163
5.5.2	Bewertung von diskreten Merkmalen – Process Sigma .....	168
5.5.3	Ermittlung der Gesamtanlageneffizienz .....	172
6	<b>Phase Analyze.....</b>	175
6.1	Mögliche Haupteinflussgrößen identifizieren.....	176
6.1.1	Ausgangsbasis Kundenforderungen .....	176
6.1.2	Prozesse analysieren .....	177
6.1.2.1	Analyse der Prozessdaten .....	177
6.1.2.2	Wertschöpfungsanalyse.....	178
6.1.2.3	Informationsflussanalyse .....	179
6.1.2.4	Leistungsanalyse.....	179
6.1.3	Mögliche Einflussgrößen in Prozessschritten identifizieren .....	180
6.2	Ursachen-Wirkungs-Zusammenhänge ermitteln und darstellen .....	182
6.2.1	Beurteilung mittels Kennwerten aus dem laufenden Prozess .....	183
6.2.1.1	Vergleich eines Mittelwertes mit einem Vorgabewert (u-Test) .....	183
6.2.1.2	Vergleich eines Mittelwertes mit einem Vorgabewert (t-Test) .....	189
6.2.1.3	Vergleich von zwei Mittelwerten (t-Test).....	189
6.2.1.4	Varianzanalyse (ANOVA, Analysis of Variance).....	195
6.2.1.5	Häufig verwendete Testverfahren.....	200
6.2.1.6	Regressionsanalyse.....	201
6.2.2	Versuchsplanung mit „einfachen Methoden“ .....	210
6.2.2.1	Komponententausch .....	210
6.2.2.2	Variablenvergleich .....	213
6.2.3	Versuchsplanung mit Statistischen Versuchsplänen.....	215
6.2.3.1	Begriffe und allgemeine Grundlagen .....	215
6.2.3.2	Arten von Versuchen .....	218
6.2.3.3	Planung und Durchführung von Versuchen .....	220
6.2.3.4	Vollständige faktorielle Versuchspläne.....	223

6.2.3.5	Unvollständige faktorielle Versuchspläne .....	235
6.2.3.6	Plackett-Burman-Versuchspläne.....	239
6.2.3.7	Versuchspläne für nichtlineare Zusammenhänge .....	240
6.2.3.8	Versuchspläne zur Untersuchung der Streuung .....	243
6.2.4	Zusammenfassung der Ursachen-Wirkungs-Zusammenhänge .....	245
<b>7</b>	<b>Phase Improve</b> .....	<b>247</b>
7.1	Lösungsvarianten entwickeln.....	248
7.1.1	Lösungen lassen sich direkt aus Phase Analyse ableiten .....	248
7.1.2	Lösungsfindung mittels Kreativitätstechnik .....	248
7.1.2.1	Klassisches Brainstorming.....	248
7.1.2.2	Kartenabfrage.....	249
7.1.2.3	Brainstorming mittels Ishikawa-Diagramm / Mindmapping.....	250
7.1.2.4	Methode 635.....	250
7.1.3	Lösungsfindung mittels Statistischer Versuchsmethodik .....	251
7.1.4	Spezielle Werkzeuge zur Lösungsfindung.....	252
7.1.4.1	Schnelles Rüsten / SMED.....	252
7.1.4.2	Prozessoptimierung mit Systemen vorbestimmter Zeiten ...	254
7.1.4.3	Ordnung und Sauberkeit am Arbeitsplatz (5S) .....	254
7.1.4.4	Fehlhandlungsvermeidung (Poka Yoke) .....	255
7.2	Lösungen bewerten und Lösung auswählen .....	258
7.2.1	Bewertung mittels Nutzwertanalyse .....	258
7.2.2	Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse (FMEA) .....	259
7.2.3	Fehlerbaumanalyse (Fault Tree Analysis) .....	265
7.3	Ausgewählte Lösung erproben und Wirksamkeit nachweisen .....	266
7.3.1.1	Hypothesentests.....	267
7.3.1.2	Prozessfähigkeitsuntersuchungen .....	267
7.3.1.3	Prozesssimulationen.....	267
7.3.2	Produkt- und Prozessfreigabe durchführen.....	269
7.4	Implementierung planen .....	270
<b>8</b>	<b>Phase Control</b> .....	<b>273</b>
8.1	Lösung organisatorisch verankern .....	274
8.2	Verbesserung nachhaltig absichern .....	275
8.2.1	Laufende Qualifikation der Mitarbeiter sicherstellen.....	275
8.2.2	Laufende Qualifikation der Prozesse sicherstellen .....	275
8.2.2.1	Wartung und Instandhaltung.....	276
8.2.2.2	Das Grundprinzip der Statistischen Prozessregelung.....	276
8.2.2.3	Auswahl der Merkmale für die Statistische Prozessregelung.....	279
8.2.2.4	Vorgehen zur Statistischen Prozessregelung .....	279
8.2.2.5	Regelung nach Lage und Streuung.....	281

8.2.2.6	Berechnung der Eingriffsgrenzen .....	283
8.2.2.7	Führen von Regelkarten .....	286
8.2.2.8	Indikatoren für das Vorhandensein besonderer Ursachen...	287
8.2.2.9	Weitere Regelkarten für kontinuierliche Merkmale .....	288
8.2.2.10	Regelkarten für diskrete Merkmalswerte .....	290
8.2.3	Verbesserten Prozess an Eigner übergeben .....	294
8.3	Projekt abschließen .....	295
8.3.1	Lessons Learned.....	295
8.3.1.1	Erfahrungen für bestehende Produkte bzw. Prozesse nutzen .....	295
8.3.1.2	Erfahrungen für zukünftige Produkte bzw. Prozesse nutzen .....	296
8.3.1.3	Erfahrungen für Six Sigma-Projektarbeit nutzen .....	297
8.3.2	Projektabschlussbericht erstellen .....	297
9	Verankerung von Six Sigma in der Unternehmensorganisation .....	299
9.1	Einordnung von Six Sigma in die Formen der Verbesserungsarbeit.....	300
9.1.1	PDCA-Zyklus – Grundlage aller Formen der Verbesserungsarbeit.....	300
9.1.2	Verbesserungsmanagement im Überblick.....	301
9.1.3	Zusammenspiel zwischen Lean Management und Six Sigma .....	303
9.2	Einbindung von Six Sigma in die Aufbauorganisation .....	307
9.2.1	Six Sigma-Champions .....	308
9.2.2	Six Sigma-Manager .....	310
9.2.3	Six Sigma-Black Belts .....	312
9.2.4	Six Sigma-Green Belts .....	314
9.2.5	Six Sigma-Yellow Belts.....	314
9.2.6	Six Sigma-Master Black Belts .....	314
9.2.7	Unternehmensleitung.....	315
9.3	Einbindung von Six Sigma in die Ablauforganisation .....	315
9.3.1	Prozess „Projekt beauftragen“ .....	317
9.3.2	Prozess „Projekt starten“ .....	323
9.3.3	Prozess „Projektcontrolling durchführen“ .....	325
9.3.4	Prozess „Multiprojektcontrolling durchführen“ .....	326
9.3.5	Prozess „Projekt abschließen“ .....	328
9.3.6	Prozess Projekt abnehmen und evaluieren .....	330
9.4	Beurteilung des Reifegrades des Unternehmens bezüglich Six Sigma .....	331
9.5	Einführung von Six Sigma.....	332
9.5.1	Modell zur Verankerung von Six Sigma in der Organisation .....	333
9.5.1.1	Strategie / Strategy .....	334
9.5.1.2	Struktur / Structure .....	335
9.5.1.3	Systeme / Systems .....	336
9.5.1.4	Stil / Style .....	338
9.5.1.5	Stammpersonal / Staff .....	338

9.5.1.6	Spezialfähigkeiten / Skills .....	340
9.5.1.7	Selbstverständnis / Shared values .....	340
9.5.2	Vorgehensplan zur Einführung von Six Sigma .....	341
9.5.2.1	Phase Unfreeze .....	342
9.5.2.2	Phasen Move und Refreeze .....	346
9.6	Problemlösungstechnik nach 8D bzw. 7 STEP .....	352
9.6.1	Problemlösungstechnik nach 8D .....	353
9.6.2	Problemlösungstechnik nach 7 STEP .....	360
10	Design for Six Sigma .....	363
10.1	Six Sigma in der Entwicklung .....	363
10.2	Abwicklung von PIDOV-Projekten .....	366
10.2.1	Phase <b>Plan</b> .....	366
10.2.1.1	Ausgangssituation beschreiben .....	367
10.2.1.2	Innovationsziel festlegen .....	367
10.2.1.3	Projekt definieren .....	367
10.2.2	Phase <b>Identify</b> .....	367
10.2.2.1	Anforderungen der Kunden ermitteln und analysieren .....	368
10.2.3	Phase <b>Design</b> .....	371
10.2.3.1	Recherchen für Lösungsmöglichkeiten durchführen .....	372
10.2.3.2	Varianten für Produkt / Prozess entwerfen .....	372
10.2.3.3	Varianten für Produkt / Prozess bewerten und Lösungskonzept auswählen .....	377
10.2.4	Phase <b>Optimize</b> .....	377
10.2.4.1	Lösungskonzept für Produkt / Prozess detaillieren .....	377
10.2.4.2	Lösung für Produkt / Prozess optimieren .....	378
10.2.5	Phase <b>Validate</b> .....	384
10.2.5.1	Produkte / Prozesse erproben .....	384
10.2.5.2	Lösungen und Erkenntnisse aufbereiten und verfügbar machen .....	386
10.2.5.3	Projekt abschließen .....	386
10.3	Organisatorische Verankerung von DFSS .....	387
10.3.1	Einbindung von DFSS in den Entwicklungsprozess .....	387
10.3.2	Verankerung von DFSS im Unternehmen .....	389
11	Anhang .....	391
11.1	Wichtige verwendete Abkürzungen .....	391
11.2	Korrekturfaktoren $a_n$ , $c_n$ und $d_n$ .....	393
11.3	Standardisierte Normalverteilung .....	394
11.4	t-Verteilung .....	396
11.5	$\chi^2$ -Verteilung .....	398
11.6	F-Verteilung .....	400
	Stichwortverzeichnis .....	403