

Vorwort.....	V
1 Einleitung.....	1
1.1 Verbesserungsprojekte zur Prozessoptimierung.....	1
1.2 Erfolgsfaktoren für Six Sigma	4
2 Management von Six Sigma-Projekten	13
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
3 Grundlagen der Statistik.....	27
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 ($\bar{x}$, x-bar)	49
3.3.1.2	Zentralwert / Median (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	χ^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 σ bekannt ist	68
3.7.2	Vertrauensbereich für den Mittelwert, falls σ nicht bekannt ist	71
3.7.3	Vertrauensbereich für Streuungen.....	73
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

5	Phase Measure	83
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	Einzelwertkarte (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	124
5.4.2.6	Verfahren 2: GR&R-Study	126
5.4.2.7	Verfahren 3: GR&R-Study ohne Bedienereinfluss	135
5.4.2.8	Messbeständigkeit, Stabilität	135
5.4.2.9	Ergänzungen zum Eignungsnachweis von Messprozessen	136
5.4.3	Eignungsnachweis für Messprozesse nach VDA 5	136
5.4.4	Eignungsnachweis von attributiven Prüfprozessen	137
5.4.4.1	Verfahren nach VDA 5	139
5.4.4.2	Methode der Signalerkennung	140

5.4.4.3	Testen von Hypothesen mit Kreuztabellen	141
5.4.4.4	Bestimmung der fälschlichen Annahme / Rückweisung	142
5.5	Prozessleistung ermitteln	144
5.5.1	Bewertung von kontinuierlichen Merkmalen	144
5.5.1.1	Fähigkeitsindizes für normalverteilte Messwertreihen	146
5.5.1.2	Vorgehen zur Ermittlung der Prozessfähigkeit	150
5.5.1.3	Vertrauensbereich für die Fähigkeitskenngrößen	150
5.5.1.4	Phasen der Prozessqualifikation	151
5.5.1.5	Prozessfähigkeitskennwerte nach SPC-Referenzhandbuch	152
5.5.1.6	Prozessleistungs- und Prozessfähigkeitsindizes nach DIN ISO 22514-2	153
5.5.1.7	Zeitabhängige Verteilungsmodelle nach DIN ISO 22514-2.. ..	154
5.5.1.8	Methoden zur Schätzung von Lage und Streuung nach DIN ISO 22514-2	160
5.5.1.9	Weitere Verfahren	161
5.5.1.10	Beispiele zur Berechnung der Prozessfähigkeit	162
5.5.2	Bewertung von diskreten Merkmalen – Process Sigma	169
5.5.3	Ermittlung der Gesamtanlageneffizienz	172
6	Phase Analyze	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	240
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	246
7	Phase Improve	247
7.1	Lösungsvarianten entwickeln	248
7.1.1	Lösungen lassen sich direkt aus Phase Analyze 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)	255
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-Möglichkeits- 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
8	Phase Control	273
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	Problemlösungsprozess nach 8D	352
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 Plan	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 Identify	367
10.2.2.1	Anforderungen der Kunden ermitteln und analysieren	368
10.2.3	Phase Design	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 Optimize	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 Validate	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	χ^2 -Verteilung	398
11.6	F-Verteilung	400
	Stichwortverzeichnis	403