

Inhalt

1	Einleitung.....	1
1.1	Verbesserungsprojekte zur Prozessoptimierung	1
1.2	Erfolgsfaktoren für Six Sigma	5
2	Management von Six Sigma-Projekten.....	13
2.1	Auswahl der richtigen Projekte	13
2.2	Projektentwicklung.....	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	22
2.2.6	Projektkommunikation.....	23
2.2.7	Projektdokumentation	23
2.2.8	Projektabschluss	24
3	Grundlagen der Statistik.....	26
3.1	Allgemeine Grundlagen	26
3.1.1	Häufigkeiten und Wahrscheinlichkeiten	28
3.1.2	Merkmalsarten	29
3.1.3	Aufgaben der analytischen Statistik	30
3.2	Verteilungsformen	31
3.2.1	Hypergeometrische Verteilungen.....	32
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.....	48
3.2.6	Weibull-Verteilung	48
3.2.7	Exponentialverteilung.....	48
3.2.8	Weitere Verteilungen.....	48
3.3	Kennwerte von Stichproben	48
3.3.1	Kennwerte der Lage.....	49
3.3.1.1	Arithmetischer Mittelwert (x-quer, x-bar).....	50
3.3.1.2	Zentralwert / Median (x-Schlange).....	50

3.3.1.3	Häufigster Wert / Modalwert	50
3.3.1.4	Geometrisches Mittel	50
3.3.2	Kennwerte der Streuung	50
3.3.2.1	Varianz	51
3.3.2.2	Standardabweichung	51
3.3.2.3	Spannweite (Range)	51
3.3.3	Kennwerte der Verteilungsform	52
3.3.3.1	Schiefe, Asymmetrie	52
3.3.3.2	Excess / Wölbung (Kurtosis)	52
3.4	Parametrische Verteilungen	53
3.4.1	t-Verteilung	54
3.4.2	χ^2 -Verteilung	55
3.4.3	F-Verteilung	56
3.5	Spezielle Grundlagen der Statistik	57
3.5.1	Zentraler Grenzwertsatz	57
3.5.2	Addition von Verteilungsfunktionen	58
3.5.3	Prüfung auf Verteilungsform	59
3.5.4	Anpassung der Verteilungsform	62
3.5.5	Transformation von Messwerten	63
3.5.5.1	Lineare Transformation	63
3.5.5.2	Nichtlineare Transformation	63
3.6	Zufallsstrebereich (ZB)	66
3.6.1	Zufallsstrebereich für diskrete Merkmale	66
3.6.2	Zufallsstrebereich für kontinuierliche Merkmale	67
3.6.2.1	Zufallsstrebereich für den arithmetischen Mittelwert	67
3.6.2.2	Zufallsstrebereich für den Median	69
3.6.2.3	Zufallsstrebereich für die Standardabweichung	70
3.7	Vertrauensbereich (VB)	72
3.7.1	Vertrauensbereich für den Mittelwert, falls σ bekannt ist	72
3.7.2	Vertrauensbereich für den Mittelwert, falls σ nicht bekannt ist	75
3.7.3	Vertrauensbereich für Streuungen	77
4	Phase DEFINE	79
4.1	Ausgangssituation beschreiben	79
4.2	Prozessüberblick schaffen	80
4.3	Kunden und deren Forderungen ermitteln	84
4.4	Projekt definieren	86
5	Phase MEASURE	87
5.1	Prozess detaillieren	88

5.1.1	Detaillierte Darstellung des Prozesses.....	88
5.1.2	Mögliche Ursachen darstellen.....	92
5.2	Vorhandene Daten interpretieren	95
5.2.1	Grafische Darstellung von Daten	95
5.2.1.1	Verlauf der Einzelwerte (Time Series Plot)	95
5.2.1.2	Urwertkarte (Individual Chart).....	97
5.2.1.3	Medianzyklen-Diagramm (Run Chart)	97
5.2.1.4	Häufigkeitsdiagramme	98
5.2.1.5	Streudiagramme / Korrelationsdiagramme	100
5.2.1.6	Box Plots	102
5.2.1.7	Pareto-Analyse	103
5.2.1.8	Multi-Vari-Charts.....	104
5.2.1.9	Paarweiser Vergleich.....	108
5.2.2	Zufällige oder signifikante Unterschiede	109
5.3	Daten erfassen und auswerten.....	112
5.3.1	Datenschichtung	113
5.3.2	Datenzerlegung.....	115
5.4	Eignung des Prüfsystems sicherstellen	116
5.4.1	Grundlagen und Begriffe	119
5.4.1.1	Einflüsse auf Prüfprozesse	119
5.4.1.2	Auflösung.....	119
5.4.1.3	Systematische Messabweichung (Bias)	120
5.4.1.4	Wiederholpräzision (Repeatability)	121
5.4.1.5	Vergleichspräzision (Reproducibility).....	121
5.4.1.6	Linearität (Linearity).....	122
5.4.1.7	Stabilität (Stability).....	122
5.4.2	Eignungsnachweis von Messprozessen	123
5.4.2.1	Unsicherheit des Normals.....	124
5.4.2.2	Einfluss der Auflösung	125
5.4.2.3	Systematische Messabweichung.....	125
5.4.2.4	Verfahren 1	128
5.4.2.5	Linearität.....	131
5.4.2.6	Verfahren 2: GR&R-Study	133
5.4.2.7	Verfahren 3: GR&R-Study ohne Bedeinereinfluss	143
5.4.2.8	Messbeständigkeit, Stabilität	143
5.4.2.9	Ergänzungen zum Eignungsnachweis von Messprozessen	143
5.4.3	Eignungsnachweis für Messprozesse nach VDA 5.....	144
5.4.4	Eignungsnachweis von attributiven Prüfprozessen.....	145
5.4.4.1	Verfahren nach VDA 5.....	147
5.4.4.2	Methode der Signalerkennung.....	148

5.4.4.3	Testen von Hypothesen mit Kreuztabellen	149
5.4.4.4	Bestimmung der fälschlichen Annahme / Rückweisung	150
5.5	Prozessleistung ermitteln	152
5.5.1	Bewertung von kontinuierlichen Merkmalen	152
5.5.1.1	Fähigkeitsindizes für normalverteilte Messwertreihen	154
5.5.1.2	Vorgehen zur Ermittlung der Prozessfähigkeit	158
5.5.1.3	Vertrauensbereich für die Fähigkeitskenngrößen	159
5.5.1.4	Phasen der Prozessqualifikation	159
5.5.1.5	Prozessfähigkeitskennwerte nach SPC-Referenzhandbuch	162
5.5.1.6	Prozessfähigkeitsindizes nach DIN ISO 21747	163
5.5.1.7	Zeitabhängige Verteilungsmodelle nach DIN ISO 21747	164
5.5.1.8	Prozessleistung und -fähigkeit nach DIN ISO 21747	169
5.5.1.9	Weitere Verfahren	173
5.5.1.10	Beispiele zur Berechnung der Prozessfähigkeit	173
5.5.2	Bewertung von diskreten Merkmalen – Process Sigma.....	179
5.5.3	Ermittlung der Gesamtanlageneffizienz	182
6	Phase ANALYZE.....	185
6.1	Mögliche Haupteinflussgrößen identifizieren.....	185
6.1.1	Ausgangsbasis Kundenforderungen.....	185
6.1.2	Prozesse analysieren	187
6.1.2.1	Analyse der Prozessdaten.....	188
6.1.2.2	Wertschöpfungsanalyse	188
6.1.2.3	Informationsflussanalyse	189
6.1.2.4	Leistungsanalyse.....	189
6.1.3	Mögliche Einflussgrößen in Prozessschritten identifizieren	190
6.2	Ursachen-Wirkungs-Zusammenhänge ermitteln und darstellen.....	193
6.2.1	Beurteilung mittels Kennwerten aus dem laufenden Prozess.....	194
6.2.1.1	Vergleich eines Mittelwertes mit einem Vorgabewert (u-Test)..	194
6.2.1.2	Vergleich eines Mittelwertes mit einem Vorgabewert (t-Test)...	200
6.2.1.3	Vergleich von zwei Mittelwerten (t-Test).....	200
6.2.1.4	Varianzanalyse (ANOVA, Analysis of Variance).....	207
6.2.1.5	Häufig verwendete Testverfahren	212
6.2.1.6	Regressionsanalyse	213
6.2.2	Versuchsplanung mit „einfachen Methoden“	222
6.2.2.1	Komponententausch	222
6.2.2.2	Variablenvergleich	226
6.2.3	Versuchsplanung mit Statistischen Versuchsplänen	228
6.2.3.1	Begriffe und allgemeine Grundlagen	228
6.2.3.2	Arten von Versuchen	232

6.2.3.3	Planung und Durchführung von Versuchen	233
6.2.3.4	Vollständige faktorielle Versuchspläne	236
6.2.3.5	Unvollständige faktorielle Versuchspläne	250
6.2.3.6	Plackett-Burman-Versuchspläne	255
6.2.3.7	Versuchspläne für nichtlineare Zusammenhänge	255
6.2.3.8	Versuchspläne zur Untersuchung der Streuung	258
6.2.4	Zusammenfassung der Ursachen-Wirkungs-Zusammenhänge	261
7	Phase IMPROVE.....	262
7.1	Lösungsvarianten entwickeln.....	263
7.1.1	Lösungen lassen sich direkt aus Phase ANALYZE ableiten	263
7.1.2	Lösungsfindung mittels Kreativitätstechnik	263
7.1.2.1	Klassisches Brainstorming.....	263
7.1.2.2	Kartenabfrage	264
7.1.2.3	Brainstorming mittels Ishikawa-Diagramm / Mindmapping	265
7.1.2.4	Methode 635.....	265
7.1.3	Lösungsfindung mittels Statistischer Versuchsmethodik.....	266
7.1.4	Spezielle Werkzeuge zur Lösungsfindung	267
7.1.4.1	Schnelles Rüsten / SMED.....	267
7.1.4.2	Prozessoptimierung mit Systemen vorbestimmter Zeiten.....	269
7.1.4.3	Ordnung und Sauberkeit am Arbeitsplatz (6S)	270
7.1.4.4	Fehlhandlungsvermeidung (Poka Yoke).....	271
7.2	Lösungen bewerten und Lösung auswählen	273
7.2.1	Bewertung mittels Nutzwertanalyse	273
7.2.2	Fehler-Möglichkeits- und Einfluss-Analyse (FMEA)	274
7.2.3	Fehlerbaumanalyse (Fault Tree Analysis).....	280
7.3	Ausgewählte Lösung erproben und Wirksamkeit nachweisen.....	281
7.3.1.1	Hypothesentests	282
7.3.1.2	Prozessfähigkeitsuntersuchungen	282
7.3.1.3	Prozesssimulationen.....	282
7.3.2	Produkt- und Prozessfreigabe durchführen.....	284
7.4	Implementierung planen	286
8	Phase CONTROL	288
8.1	Lösung organisatorisch verankern.....	289
8.2	Verbesserung nachhaltig absichern	290
8.2.1	Laufende Qualifikation der Mitarbeiter sicherstellen	290
8.2.2	Laufende Qualifikation der Prozesse sicherstellen	290
8.2.2.1	Wartung und Instandhaltung	291
8.2.2.2	Das Grundprinzip der Statistischen Prozessregelung.....	292

8.2.2.3	Auswahl der Merkmale für die Statistische Prozessregelung ...	294
8.2.2.4	Vorgehen zur Statistischen Prozessregelung	294
8.2.2.5	Regelung nach Lage und Streuung	296
8.2.2.6	Berechnung der Eingriffsgrenzen	299
8.2.2.7	Führen von Regelkarten	302
8.2.2.8	Indikatoren für das Vorhandensein besonderer Ursachen	303
8.2.2.9	Weitere Regelkarten für kontinuierliche Merkmale	304
8.2.2.10	Regelkarten für diskrete Merkmalswerte	307
8.2.2.11	Control Plan.....	309
8.2.3	Verbesserten Prozess an Eigner übergeben	311
8.3	Projekt abschließen.....	313
8.3.1	Lessons Learned	313
8.3.1.1	Erfahrungen für bestehende Produkte bzw. Prozesse nutzen..	313
8.3.1.2	Erfahrungen für zukünftige Produkte bzw. Prozesse nutzen	313
8.3.1.3	Erfahrungen für Six Sigma-Projektarbeit nutzen	314
8.3.2	Projektabschlussbericht erstellen	315
9	Verankerung von Six Sigma in der Unternehmensorganisation	316
9.1	Voraussetzungen für Six Sigma schaffen	317
9.1.1	Unterstützung durch die Geschäftsführung sicherstellen.....	317
9.1.2	Leitungsteam und Mitarbeiter überzeugen	317
9.1.3	Führungskräfte als „Champions“ auswählen und qualifizieren	318
9.2	Six Sigma pilotmäßig erproben	319
9.2.1	Kandidaten für Black Belts und Green Belts auswählen.....	319
9.2.2	Pilotprojekte auswählen.....	319
9.2.3	Mitarbeiter qualifizieren und Pilotprojekte abwickeln	320
9.3	Six Sigma in der Organisation verankern.....	321
9.3.1	Anpassung der Aufbau- und Ablauforganisation	321
9.3.1.1	Aufbauorganisation	321
9.3.1.2	Ablauforganisatorische Regelungen.....	322
9.3.2	Einzel- und Multiprojektmanagement.....	322
9.3.2.1	Sammlung, Bewertung und Prioritätenreihung von Projekt- ideen	323
9.3.2.2	Prozesse messbar und vergleichbar machen.....	324
9.3.2.3	Bewertung des Nutzens von Verbesserungsprojekten	325
9.3.2.4	Start von Six Sigma-Projekten.....	326
9.3.2.5	Koordination und Verfolgung der Six Sigma-Projekte	326
9.3.2.6	Abschluss von Six Sigma-Projekten.....	327
9.4	Six Sigma nachhaltig absichern	327
9.5	Beispiel: Projekt zur Einführung von Six Sigma	328

9.6 Problemlösungstechnik nach 8D bzw. 7 STEP.....	330
9.6.1 Problemlösungstechnik nach 8D.....	330
9.6.2 Problemlösungstechnik nach 7 STEP.....	336
10 Design for Six Sigma	338
10.1 Six Sigma in der Entwicklung	338
10.2 Abwicklung von PIDOV-Projekten	341
10.2.1 Phase PLAN.....	341
10.2.1.1 Ausgangssituation beschreiben	342
10.2.1.2 Innovationsziel festlegen	342
10.2.1.3 Projekt definieren.....	342
10.2.2 Phase IDENTIFY.....	343
10.2.2.1 Anforderungen der Kunden ermitteln und analysieren.....	343
10.2.3 Phase DESIGN.....	347
10.2.3.1 Recherchen für Lösungsmöglichkeiten durchführen.....	347
10.2.3.2 Varianten für Produkt / Prozess entwerfen	347
10.2.3.3 Varianten für Produkt / Prozess bewerten und Lösungs- konzept auswählen	353
10.2.4 Phase OPTIMIZE	353
10.2.4.1 Lösungskonzept für Produkt / Prozess detaillieren	354
10.2.4.2 Lösung für Produkt / Prozess optimieren	354
10.2.5 Phase VALIDATE.....	360
10.2.5.1 Produkte / Prozesse erproben	360
10.2.5.2 Lösungen und Erkenntnisse aufbereiten und verfügbar machen.....	362
10.2.5.3 Projekt abschließen	362
10.3 Organisatorische Verankerung von DFSS.....	363
10.3.1 Einbindung von DFSS in den Entwicklungsprozess.....	363
10.3.2 Verankerung von DFSS im Unternehmen.....	365
11 Anhang.....	368
11.1 Wichtige verwendete Abkürzungen	368
11.2 Korrekturfaktoren a_n , c_n und d_n	369
11.3 Standardisierte Normalverteilung	370
11.4 t-Verteilung	372
11.5 χ^2 -Verteilung.....	374
11.6 F-Verteilung.....	376
Index.....	378