



Inhaltsverzeichnis

Jürgen Gamweger, Oliver Jöbstl, Manfred Strohrmann, Wadym
Suchowerskyj

Design for Six Sigma

Kundenorientierte Produkte und Prozesse fehlerfrei entwickeln

ISBN: 978-3-446-41454-9

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser.de/978-3-446-41454-9>

sowie im Buchhandel.

Inhalt

1 Grundlagen von Design for Six Sigma – DFSS	1
1.1 Strategische Rahmenbedingungen und Herausforderungen	1
1.2 Was erreicht DFSS?	1
1.2.1 Fehlerfreie, robuste und zuverlässige Produkte	2
1.2.2 Marktvorteile durch konsequente Kundenorientierung	3
1.2.3 Entwicklungsprozesse mit hoher Ressourceneffizienz	3
1.2.4 Nachhaltige Innovationsleistungen durch tiefgehendes Produktwissen	4
1.3 Entwicklung von Six Sigma und DFSS	5
1.3.1 Historische Entwicklung von Six Sigma	5
1.3.2 Zusammenfassung der Six-Sigma-Kerninhalte	5
1.3.3 Entstehung und Betrachtungsweisen von DFSS innerhalb des Six Sigma-Ansatzes	10
1.4 DFSS-Modell	14
1.4.1 Ziele von DFSS (Zielebene)	14
1.4.2 Prinzipien von DFSS (strategische Ebene)	16
1.4.3 Anwendung von DFSS (Prozessebene)	20
1.5 Zusammenfassung	23
1.6 Verwendete Literatur	23
2 Voice of the Customer – VOC	25
2.1 Zielsetzung	25
2.2 Einordnung von VOC in den Produktentstehungsprozess ..	26
2.3 Grundbegriffe	27
2.3.1 Klassifizierung von Kundenanforderungen	27
2.3.2 Qualität ersten und zweiten Grades	28
2.3.3 Das Kano-Modell	28
2.4 Vorgehensweise bei der Anwendung	30
2.4.1 Kunden und Markt identifizieren	30
2.4.2 Kundenanforderungen erheben	32
2.4.3 Erhobene Daten strukturieren	38
2.4.4 Anforderungen priorisieren	39
2.5 Praxisbeispiel Temperatursensor	43
2.6 Zusammenfassung und Erfolgsfaktoren	45
2.7 Verwendete Literatur	46

3	Quality Function Deployment – QFD	47
3.1	Zielsetzung	47
3.2	Einsatz von QFD im Produktentstehungsprozess	48
3.2.1	QFD-Ansätze	48
3.2.2	Einordnung der QFD-Phasenmodelle in den Produktentstehungsprozess	50
3.3	Grundbegriffe	52
3.3.1	Prinzip der Kundenorientierung	52
3.3.2	Prinzip der Teamarbeit	53
3.3.3	Prinzip des systematischen Vorgehens	53
3.4	Vorgehensweise bei der Anwendung	54
3.4.1	Vorgehensweise im House of Quality 1	54
3.4.2	Vorgehensweise im House of Quality 2	67
3.4.3	House of Quality 3: Prozess-QFD	70
3.5	Praxisbeispiel Temperatursensor	72
3.5.1	Einordnung des Temperatursensors im QFD-Phasenmodell	72
3.5.2	Messbarkeit von Anforderungen (Raum 1 der QFD-Matrix)	73
3.5.3	Benchmarking (Raum 2)	74
3.5.4	Ermittlung der Korrelationen (Raum 4)	75
3.5.5	Auszug aus dem Dach der QFD-Matrix (Raum 7) ..	77
3.5.6	Ableitung von Zielwerten (Raum 6)	78
3.6	Zusammenfassung und Erfolgsfaktoren	78
3.7	Verwendete Literatur	79
4	Generieren von Konzeptalternativen	81
4.1	Zielsetzung	81
4.2	Einordnung der Generierung von Konzeptalternativen in den Produktentstehungsprozess (PEP)	82
4.3	Grundlagen der kreativen Problemlösung	83
4.4	Vorgehen bei der Anwendung	84
4.4.1	Recherchierende Methoden	84
4.4.2	Intuitive Methoden	87
4.4.3	Diskursive Methoden	93
4.4.4	Die TRIZ-Methoden	95
4.5	Praxisbeispiel	106
4.6	Zusammenfassung und Erfolgsfaktoren	109
4.7	Verwendete Literatur	109

5	Bewertung von Konzeptalternativen	111
5.1	Zielsetzung	111
5.2	Einordnung der Bewertung von Konzeptalternativen in den Produktentstehungsprozess	111
5.3	Grundbegriffe	113
5.4	Vorgehensweise bei der Anwendung	115
5.4.1	Intuitive Methoden	115
5.4.2	Pugh-Matrix	117
5.4.3	Priorisierungsmatrix	120
5.5	Praxisbeispiel Temperatursensor	121
5.6	Zusammenfassung und Erfolgsfaktoren	125
5.7	Verwendete Literatur	125
6	Design for Manufacture and Assembly – DFMA	127
6.1	Zielsetzung	127
6.2	Einordnung der DFMA in den Produktentstehungsprozess	127
6.3	Grundbegriffe	129
6.4	Vorgehensweise bei der Anwendung	134
6.4.1	Bildung des Teams	134
6.4.2	Darstellung der Produktstruktur	134
6.4.3	Erarbeitung des Prozessgraphen	135
6.4.4	Analyse von kritischen Prozessschritten	137
6.4.5	Ableitung und Umsetzung von Verbesserungsmaßnahmen	138
6.5	Praxisbeispiel Temperatursensor	138
6.6	Zusammenfassung und Erfolgsfaktoren	141
6.7	Verwendete Literatur	142
7	Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse – FMEA	143
7.1	Zielsetzung	143
7.2	Einordnung der FMEA in den Produktentstehungsprozess	143
7.3	Grundbegriffe	145
7.3.1	Arten der FMEA	145
7.3.2	Inhalte der FMEA	146
7.3.3	Das FMEA-Team	147
7.3.4	Abgrenzung zur Fehlerbaumanalyse (FTA)	148
7.4	Vorgehensweise bei der Anwendung	148
7.4.1	Vorbereitung und Planung	148
7.4.2	Strukturanalyse	149
7.4.3	Funktionsanalyse	149
7.4.4	Fehleranalyse	150

7.4.5	Maßnahmenanalyse und Risikobewertung	151
7.4.6	Realisierung/Optimierung	155
7.4.7	Prozess-FMEA	157
7.5	Praxisbeispiel Temperatursensor	159
7.5.1	Strukturanalyse	159
7.5.2	Funktionsanalyse	159
7.5.3	Fehleranalyse	160
7.5.4	Maßnahmenanalyse und Risikobewertung	161
7.5.5	Realisierung/Optimierung	162
7.6	Zusammenfassung und Erfolgsfaktoren	163
7.7	Verwendete Literatur	163
8	Design Review Based on Failure Mode –DRBFM	165
8.1	Zielsetzung	165
8.2	Einordnung der DRBFM in den Produktentstehungsprozess	166
8.3	Grundbegriffe	168
8.3.1	Die GD ³ -Philosophie	168
8.3.2	Rollen der DRBFM	170
8.4	Vorgehensweise bei der Anwendung	170
8.4.1	Plausibilitätsprüfung der Anforderungen	171
8.4.2	Funktionsanalyse des Produktes	171
8.4.3	Definition der expliziten und impliziten Designänderungen	172
8.4.4	Erarbeitung potenzieller Probleme (Concern Points)	173
8.4.5	Problemanalyse	173
8.4.6	Beschreibung der Auswirkung	175
8.4.7	Ausarbeitung des bestmöglichen Designs	175
8.4.8	Design-Review	176
8.5	Praxisbeispiel Temperatursensor	177
8.5.1	Ausgangssituation (Plausibilitätsprüfung)	177
8.5.2	Funktionsanalyse des Produktes	177
8.5.3	Definition der expliziten und impliziten Designänderungen	178
8.5.4	Erarbeitung potenzieller Probleme	181
8.5.5	Problemanalyse	181
8.5.6	Beschreibung der Auswirkungen	183
8.5.7	Ausarbeitung des bestmöglichen Designs	183
8.5.8	Design-Review	184
8.6	Zusammenfassung und Erfolgsfaktoren	185
8.7	Verwendete Literatur	186

9	Grundlagen der Statistik	187
9.1	Zielsetzung	187
9.1.1	Ziele der Wahrscheinlichkeitsrechnung	187
9.1.2	Ziele der beschreibenden Statistik	187
9.1.3	Ziele der beurteilenden Statistik	187
9.2	Einordnung der Statistik in den Produktentstehungsprozess	188
9.3	Daten- und Messtypen	189
9.4	Wahrscheinlichkeitsrechnung	190
9.4.1	Begriff der Zufallsvariable	190
9.4.2	Diskrete Zufallsvariablen und Verteilungen	191
9.4.3	Stetige Zufallsvariablen und Verteilungen	193
9.4.4	Wichtige Kennwerte von Verteilungen	194
9.4.5	Spezielle diskrete Verteilungen	195
9.4.6	Zusammenfassung von wichtigen diskreten Verteilungen	198
9.4.7	Spezielle stetige Verteilungen	200
9.4.8	Prüfverteilungen	204
9.5	Beschreibende Statistik	212
9.5.1	Häufigkeitsverteilung, Histogramm	212
9.5.2	Lagekennwerte einer Stichprobe	214
9.5.3	Streuungswerte einer Stichprobe	216
9.5.4	Schiefe oder Symmetrie einer Stichprobe	218
9.5.5	Aufbereitung von Stichprobenergebnissen mittels Box-Plot	220
9.6	Beurteilende Statistik	221
9.6.1	Schätzung von Parametern einer Grundgesamtheit	221
9.6.2	Zentraler Grenzwertsatz	222
9.6.3	Berechnung von Konfidenzintervallen	223
9.6.4	Wahrscheinlichkeitsnetz	228
9.7	Beispiel	230
9.8	Zusammenfassung und Erfolgsfaktoren	232
9.9	Verwendete Literatur	233
10	Hypothesentests	235
10.1	Zielsetzung von Hypothesentests	235
10.2	Einordnung der Hypothesentests in den Produkt- entstehungsprozess	236
10.3	Wichtige Grundlagen	237
10.3.1	Grundlagen von statistischen Tests	237
10.3.2	Der P-Wert	245
10.3.3	Einfaktorielle Varianzanalysen	246
10.3.4	Zweifaktorielle Varianzanalysen	249

10.4 Durchführung von Hypothesentests	252
10.4.1 Auswahl des Tests	252
10.4.2 Planung des Tests	260
10.4.3 Durchführung des Tests und Interpretation der Ergebnisse	261
10.5 Zusammenfassung	264
10.6 Verwendete Literatur	265
11 Korrelations- und Regressionsanalysen	267
11.1 Zielsetzung	267
11.2 Einordnung der Methode in den Produktentstehungsprozess	268
11.3 Vorgehensweise bei der Anwendung	268
11.3.1 Daten sichten und aufbereiten	269
11.3.2 Korrelationsanalyse	275
11.3.3 Auswahl des Regressionsmodells und Modellierung	279
11.3.4 Modell überprüfen	288
11.3.5 Optimierung	294
11.4 Praxisbeispiel Feuchtesensor	295
11.4.1 Daten sichten und aufbereiten	295
11.4.2 Durchführung der Regressionsrechnung	297
11.4.3 Modell überprüfen	298
11.4.4 Optimierung	301
11.5 Zusammenfassung und Erfolgsfaktoren	302
11.6 Verwendete Literatur	302
12 Modellbildung von Systemen	303
12.1 Zielsetzung	303
12.2 Einordnung der analytischen Modellbildung in den Produktentstehungsprozess	303
12.3 Grundbegriffe	304
12.3.1 Systembegriff und Systemeigenschaften	304
12.3.2 Systemgrenzen und Systemumgebung	306
12.3.3 Zustand und Zustandsgrößen eines Systems	307
12.4 Vorgehensweise bei der Anwendung	309
12.4.1 Definition des Modellzweckes	309
12.4.2 Beschreibung des Systems mit Wirkungsgraphen . . .	310
12.4.3 Entwicklung des Simulationsmodells	312
12.4.4 Bestimmung der Größe von Systemparametern	320
12.4.5 Durchführung der Simulation mit bekannten Parametern und Verifizierung	321
12.5 Zusammenfassung und Erfolgsfaktoren	322
12.6 Verwendete Literatur	322

13 Design of Experiments – DoE	323
13.1 Zielsetzung	323
13.2 Einordnung von DoE in den Produktentstehungsprozess ...	324
13.3 Grundbegriffe	326
13.3.1 Mathematische Modellierung	326
13.3.2 Prinzipien von DoE	328
13.3.3 Orthogonale und balancierte Versuchspläne	330
13.3.4 „One Factor at a Time“-Versuchspläne	331
13.3.5 Vollfaktorielle Versuchspläne	333
13.3.6 Teilfaktorielle Versuchspläne	336
13.3.7 Blockbildung und Randomisierung	340
13.3.8 Response Surface Design	342
13.3.9 Box-Behnken-Versuchspläne	346
13.3.10 D-optimale Versuchspläne	347
13.3.11 Taguchi-Versuchspläne für Robustheitsanalysen ..	349
13.3.12 Auswertung von Versuchsplänen	354
13.4 Vorgehensweise bei der Anwendung	362
13.4.1 Durchführung einer Systemanalyse	363
13.4.2 Wahl des Versuchsdesigns	363
13.4.3 Planung/Bereitstellung von Ressourcen	364
13.4.4 Versuchsdurchführung	365
13.4.5 Datenanalyse	365
13.4.6 Ergebnisbestätigung	366
13.5 Praxisbeispiel	366
13.5.1 Durchführung der Systemanalyse	366
13.5.2 Wahl des Versuchsdesigns	367
13.5.3 Datenanalyse	369
13.5.4 Ergebnisbestätigung	370
13.6 Zusammenfassung und Erfolgsfaktoren	371
13.7 Verwendete Literatur	372
14 Optimierung und Robustheitsanalysen mittels Simulation	373
14.1 Ziele der Optimierung und Robustheitsanalyse mittels Simulation	373
14.2 Einsatz der Simulation im PEP	374
14.3 Wichtige Grundlagen der Simulation	375
14.3.1 Grundbegriffe der Simulation	375
14.3.2 Abgrenzung Sensitivitätsanalyse, Optimierung und Robustheitsbewertung	377
14.3.3 Einführung in Optimierungsverfahren	378
14.3.4 Deterministische Optimierungsverfahren	379
14.3.5 Stochastische Optimierungsverfahren	384

14.3.6	Verfahren der Robustheitsanalyse oder Störvariablenexperimente	388
14.3.7	Robuste Optimierung	393
14.4	Vorgehensweise bei der Anwendung	394
14.4.1	System- und Parameterbeschreibung	394
14.4.2	Aufbau des Simulationsmodells	394
14.4.3	Durchführung der Sensitivitätsanalyse	395
14.4.4	Optimierung	395
14.4.5	Robustheitsbewertung	395
14.5	Praxisbeispiel Simulation	396
14.5.1	System- und Parameterbeschreibung, Aufbau Simulationsmodell	396
14.5.2	Sensitivitätsanalyse	400
14.5.3	Optimierung	402
14.5.4	Robustheitsanalyse	412
14.5.5	Schlussfolgerungen und Ausblick	416
14.6	Zusammenfassung und Erfolgsfaktoren	417
14.7	Verwendete Literatur	418
15	Messsystemanalysen (MSA)	421
15.1	Zielsetzung	421
15.2	Einordnung der MSA in den Produktentstehungsprozess	423
15.3	Grundbegriffe	424
15.3.1	Messsystem	424
15.3.2	Kalibrieren, Eichen, Justieren	425
15.3.3	Ansprechschwelle, Auflösung	425
15.4	Vorgehensweise bei der Anwendung	427
15.4.1	Überprüfung der systematischen Messabweichung (Verfahren 1)	429
15.4.2	Untersuchung der Linearität (Verfahren 4)	433
15.4.3	Bewertung eines Messsystems bezüglich Streuverhalten unter Einfluss des Prüfers (Verfahren 2)	436
15.4.4	Bewertung eines Messsystems bezüglich Streuverhalten ohne Einfluss des Prüfers (Verfahren 3)	446
15.4.5	Bewertung eines Messsystems bezüglich seines Langzeitverhaltens (Verfahren 5)	450
15.4.6	Prüfung der Fähigkeit attributiver Prüfprozesse (Verfahren 6)	452
15.5	Zusammenfassung und Erfolgsfaktoren	458
15.6	Verwendete Literatur	458

16	Statistische Prozesslenkung – SPC	459
16.1	Zielsetzung	459
16.2	Einordnung von SPC in den Produktentstehungsprozess	460
16.3	Grundbegriffe	461
16.3.1	Prozessbeherrschung, Prozessfähigkeit	461
16.3.2	Prozesstypen nach DIN 55319	463
16.4	Vorgehensweise bei der Anwendung	464
16.4.1	Festlegung des Merkmals und der Messeinrichtung	464
16.4.2	Auswahl des Regelkartentyps	464
16.4.3	Festlegung des Stichprobenumfanges n	466
16.4.4	Festlegung des Stichprobenentnahmintervalls	471
16.4.5	Durchführung eines Vorlaufes, Bestimmung des Prozesstyps	472
16.4.6	Berechnung der Eingriffsgrenzen	473
16.4.7	Erstellung eines Reaktionsplans	476
16.4.8	Führen und Auswerten der Regelkarte	476
16.5	Praxisbeispiel	477
16.5.1	Weiterführende Betrachtungen mithilfe von QS Stat®	480
16.5.2	Ergebnisdarstellung in Minitab®	485
16.6	Zusammenfassung und Erfolgsfaktoren	485
16.7	Verwendete Literatur	486
17	Prozessfähigkeitsuntersuchungen	487
17.1	Ziel von Prozessfähigkeitsuntersuchungen	487
17.2	Einordnung von Prozessfähigkeit in den Produktentstehungsprozess	487
17.3	Grundbegriffe	489
17.3.1	Maschinenfähigkeit, Prozessfähigkeit, Prozessleistung	489
17.3.2	Prozessfähigkeitskennzahlen	489
17.3.3	Vertrauensbereich von Prozessfähigkeitskennwerten	492
17.3.4	Maschinenfähigkeitskennzahlen	493
17.3.5	Berechnung des Sigma-Niveaus	493
17.4	Vorgehensweise bei der Anwendung	496
17.4.1	Erfassung der Prozessdaten	496
17.4.2	Untersuchung der Prozessstabilität	498
17.4.3	Bestimmung der Wahrscheinlichkeitsverteilung	498
17.4.4	Berechnung der Fähigkeitskennwerte für stabile Prozesse	499
17.4.5	Berechnung der Fähigkeitskennwerte für nicht stabile Prozesse	501

17.5	Praxisbeispiel	503
17.5.1	Erfassen der Prozessdaten, Untersuchungsdauer	503
17.5.2	Untersuchung der Prozessstabilität, Bestimmung der Wahrscheinlichkeitsverteilung	503
17.5.3	Ermittlung der Fähigkeitskennwerte (nicht stabile Prozesse)	504
17.6	Zusammenfassung und Erfolgsfaktoren	507
17.7	Verwendete Literatur	508
18	Toleranzanalyse	509
18.1	Zielsetzung	509
18.2	Einordnung der Toleranzanalyse im Produktentstehungsprozess	510
18.3	Grundbegriffe	512
18.3.1	Wirkbeziehungen	512
18.3.2	Lineare Toleranzüberlagerung	513
18.3.3	Nicht lineare Toleranzüberlagerung	514
18.3.4	Worst-Case-Tolerierung	516
18.3.5	Statistische Tolerierung	516
18.4	Vorgehensweise bei der Anwendung	516
18.4.1	Systemabgrenzung	516
18.4.2	Toleranzfestlegung/Toleranzkonzept	517
18.4.3	Verteilungsfunktion der Eingangsgrößen	517
18.4.4	Identifikation des Wirkzusammenhanges	518
18.4.5	Verteilungsfunktion der Ausgangsgröße y	519
18.4.6	Toleranzanpassung	528
18.4.7	Statistische Überwachung der Eingangsgrößen	531
18.5	Praxisbeispiel Temperatursensor	531
18.5.1	Systemabgrenzung	531
18.5.2	Toleranzen und Verteilungsform der Eingangsgrößen	532
18.5.3	Identifikation des Wirkzusammenhanges	533
18.5.4	Bestimmung des Toleranzbereiches der Ausgangsgröße	533
18.5.5	Toleranzanpassung	534
18.5.6	Ausblick	535
18.6	Zusammenfassung und Erfolgsfaktoren	536
18.7	Verwendete Literatur	536

19 Reliability Engineering – Zuverlässigkeitsanalysen	537
19.1 Zielsetzung von Reliability Engineering	537
19.2 Einsatz von Reliability Engineering im Produktentstehungsprozess.	538
19.3 Wichtige Grundlagen	539
19.3.1 Grundbegriffe der Zuverlässigkeitsuntersuchung . . .	539
19.3.2 Testbeschleunigung, Testraffung	542
19.3.3 Testverfahren für die Zuverlässigkeitsanalyse	544
19.3.4 Weibull-Theorie	547
19.4 Vorgehensweise bei der Anwendung	552
19.4.1 Festlegung der Zuverlässigkeitsziele	552
19.4.2 Design for Reliability	554
19.4.3 Erstellung von Zuverlässigkeitstestplänen	555
19.4.4 Durchführung von Zuverlässigkeitstests	559
19.4.5 Evaluierung, Analyse und Bewertung	560
19.5 Zusammenfassung und Erfolgsfaktoren	561
19.6 Verwendete Literatur	562
20 Umsetzung von DFSS im Unternehmen	563
20.1 Strategische Gesichtspunkte	563
20.2 Umsetzung von DFSS am Beispiel Bosch	565
20.2.1 Rahmenbedingungen	565
20.2.2 Die Rolle von DFSS in der Produktentwicklung	566
20.2.3 Einzelheiten der Umsetzung von DFSS bei Bosch . . .	567
20.3 Zusammenfassung	571
Abkürzungen	573
Literatur	576
Register	580
Die Autoren	588
Die Co - Autoren	592