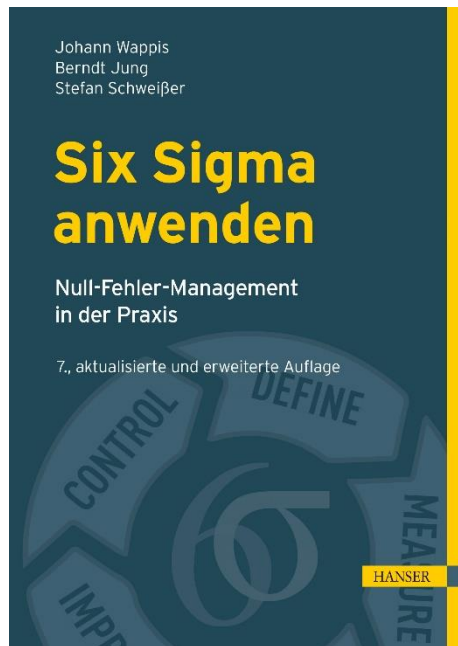


HANSER



Leseprobe

zu

Six Sigma anwenden

von Johann Wappis, Berndt Jung und Stefan Schweißner

Print-ISBN: 978-3-446-47674-5

E-Book-ISBN: 978-3-446-47742-1

Weitere Informationen und Bestellungen unter

<https://www.hanser-kundencenter.de/fachbuch/artikel/9783446476745>

sowie im Buchhandel

© Carl Hanser Verlag, München

Vorwort

Six Sigma wurde Mitte der 1980er-Jahre von Motorola als strategische Initiative zur Verbesserung der Qualität und Reduktion der Kosten entwickelt und eingeführt. Bis Mitte der 1990er-Jahre war Six Sigma relativ unbekannt. Erst nachdem General Electric eine Six Sigma-Initiative startete und damit in der Wirtschaftspresse Schlagzeilen machte, begannen sich weltweit Unternehmen damit zu beschäftigen. Heute zählt Six Sigma zu den leistungsfähigsten Modellen zur Optimierung von Produkten und Prozessen.

Im Zentrum von Six Sigma stehen Verbesserungsprojekte, so genannte „Six Sigma-Projekte“, mit deren Hilfe die Prozesse bzw. Produkte im Unternehmen optimiert werden. Verbesserungen werden nach dem **DMAIC-Ablauf**

Define – Measure – Analyze – Improve – Control

umgesetzt. Jeder Schritt ist mit schlagkräftigen und erprobten Werkzeugen hinterlegt. Während des gesamten Verbesserungsprojektes orientiert man sich konsequent an den Bedürfnissen der Kunden. Dieser klare und standardisierte Rahmen macht das Verbessern im Unternehmen zur Routine.

Das vorliegende Buch soll Six Sigma-Green Belts und Six Sigma-Black Belts, aber auch Führungskräften als Hilfestellung bei der Umsetzung von Six Sigma dienen. Zunächst wird dazu in **Abschnitt 1** ein **Überblick über Six Sigma** gegeben. Es wird erläutert, was Six Sigma ist und die Erfolgsfaktoren von Six Sigma werden dargestellt.

Abschnitt 2 beschreibt das **Management von Six Sigma-Projekten**. Um die begrenzten Ressourcen zielgerichtet einzusetzen, müssen aus den vielen Vorschlägen für Verbesserungen die besten Ideen ausgewählt werden. Diese werden anschließend konsequent in Projektform abgewickelt.

Abschnitt 3 behandelt die **statistischen Grundlagen**. Ein Erfolgsfaktor der Six Sigma-Projekte liegt in der Nutzung schlagkräftiger Werkzeuge. Auch wenn man in der Praxis die Berechnungen einer Statistik-Software überlässt, ist für die Interpretation der Ergebnisse die Kenntnis der statistischen Hintergründe erforderlich. Die grundlegenden statistischen Zusammenhänge sind in diesem Abschnitt zusammengefasst. Sie können ihn vorerst auch überspringen und sich erst bei der Interpretation der Berechnungen wieder diesem Kapitel zuwenden.

Anschließend wird in den **Abschnitten 4 bis 8** das **Vorgehen bei der Abwicklung von Verbesserungsprojekten** erläutert. Die Basis bildet die Six Sigma-Roadmap, ein Leitfaden zur Umsetzung der Six Sigma-Projekte. Anhand dieser Roadmap wird Schritt für Schritt die Umsetzung der Verbesserungsprojekte erläutert. Die eingesetzten Werkzeuge und Verfahren werden detailliert beschrieben.

Abschnitt 9 beschäftigt sich mit der **Verankerung von Six Sigma in der Unternehmensorganisation**. Damit Six Sigma auch nachhaltig und erfolgreich betrieben werden kann, müssen die notwendigen Rahmenbedingungen für die Verbesserungsarbeit geschaffen werden. Die erforderlichen Maßnahmen und Schritte zur Entwicklung dieser Rahmenbedingungen und zur Verankerung von Six Sigma in der Unternehmensorganisation werden vorgestellt. Am Ende dieses Abschnittes wird zudem auf die Problemlösung nach 8D eingegangen, da ein nachhaltiger Problemlösungsprozess eine wichtige Ergänzung zu Six Sigma ist.

Der letzte Teil des Buches ist **Design for Six Sigma (DFSS)** gewidmet. **Abschnitt 10** beschreibt die Anwendung von Six Sigma, wenn der Schwerpunkt des Verbesserungsprojektes in der Entwicklung von neuen Lösungen für Produkte bzw. Prozesse liegt. Die Umsetzung von Verbesserungen erfolgt nach dem **PIDOV-Modell**

Plan – Identify – Design – Optimize – Validate

Das Vorgehensmodell und auch die eingesetzten Werkzeuge werden erläutert.

Bei der Erstellung des Buches haben wir besonderes Augenmerk auf die Darstellung von bewährten Methoden und Werkzeugen gelegt. Keines der beschriebenen Werkzeuge ist neu. Vielmehr greift Six Sigma auf erprobte und etablierte Werkzeuge zurück.

Ebenso wichtig ist uns auch die leichte Übertragbarkeit der Inhalte in die betriebliche Praxis. Daher werden anhand von Beispielen auch der Rechengang mit Statistik-Software und die Interpretation der Ergebnisse erläutert. Zur leichteren Nachvollziehbarkeit sind die Menü-Pfade in der Software angegeben.

Für die Umsetzung von Six Sigma werden von den Autoren vor allem die im Folgenden angeführten Softwarepakete empfohlen. Diese wurden auch zur Erstellung der Beispiele im Buch herangezogen.

- **Minitab** (www.minitab.com): Minitab zählt zu den im Rahmen von Six Sigma-Programmen am häufigsten eingesetzten Softwarepaketen. Eine besondere Stärke von Minitab liegt im Bereich der Statistischen Versuchsplanung. Den Anwenderinnen und Anwendern wird bei der Erstellung der Versuchspläne und der Analyse der Versuchsergebnisse die Rechenarbeit abgenommen und sie können sich auf die Interpretation der Rechenergebnisse und der anschaulichen Grafiken konzentrieren. Dies hat maßgeblich zur breiteren Anwendung der Statistischen Versuchsplanung in der Praxis beigetragen.
- **JMP** (www.jmp.com): JMP ist hinsichtlich der Funktionen mit Minitab vergleichbar. Auch JMP stellt umfassende Rechenergebnisse und Grafiken sehr anschaulich dar. Es werden eine Vielzahl von Online-Ressourcen (z.B. Video-Tutorials) zur Verfügung gestellt, die den Anwenderinnen und Anwendern den Umgang mit JMP erleichtern.

- **SigmaXL** (www.SigmaXL.com): SigmaXL ist ein Excel-Add-In, das über eine Reihe von Analyseverfahren verfügt, die in Six Sigma-Projekten zur Anwendung kommen. Nachdem die Praxisanwender in der Regel mit Excel gut vertraut sind, ist die Hemmschwelle gering, SigmaXL für eine Analyse heranzuziehen. SigmaXL wird daher z. B. von Six Sigma-Green Belts genutzt, die nicht ständig und intensiv mit Statistik-Softwarepaketen arbeiten und daher nicht die Routine dabei haben.
- **Q-DAS** (www.q-das.com): Die Software von Q-DAS wird in den Unternehmen insbesondere für den Nachweis der Produkt- und Prozessqualität sowie der Prüfprozesseignung eingesetzt. Eine besondere Stärke dieses Programmpaketes liegt darin, dass eine Vielzahl von Normen und Richtlinien von Automobilherstellern in der Software abgebildet ist.

Um das Verständnis für die Werkzeuge zu erleichtern, stehen Ihnen viele der in diesem Buch verwendeten Dateien als Download zur Verfügung:

Internet-Adresse: www.step-up.at/download/nullfehler/

Benutzername: nullfehler

Kennwort: management

Häufig wird das Vorgehen beim Einsatz statistischer Werkzeuge erst klarer, wenn man den Rechengang anhand konkreter Beispiele mit Hilfe von Excel „händisch“ nachvollzieht. Für die industrielle Praxis empfehlen wir jedoch, eine auf die jeweilige Anwendung ausgerichtete Software einzusetzen.

An dieser Stelle ist es eine angenehme Aufgabe, all jenen zu danken, die zum Gelingen dieses Buches beigetragen haben. Unser herzlicher Dank ergeht an unsere Kollegen und Freunde, allen voran den Herren Dipl.-Ing. Dr. Markus Battisti, MA, Ing. Peter Gritsch, MSc und Dipl.-Ing. (FH) Gernot Schieg, MSc. Weiters danken wir Herrn Dipl.-Ing. Gunther Spork, Mitarbeiter der Magna Powertrain, für die vielen spannenden Diskussionen zu diesem Thema. Unser besonderer Dank gilt Frau Ing. Klaudia Priestersberger, MSc für das sorgfältige Lektorat.

Für die gute Zusammenarbeit über die vielen Jahre bedanken wir uns beim Herausgeber der „Praxisreihe Qualität“, Herrn ao. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Kurt Matyas. Nicht zuletzt gilt unser Dank auch dem Carl Hanser Verlag, vertreten durch Frau Lisa Hoffmann-Bäumel, für die gute Zusammenarbeit.

Der größte Dank gebührt aber unseren Ehefrauen. Durch viel Verständnis und das richtige motivierende Wort zum richtigen Zeitpunkt haben sie wesentlich zum Gelingen dieses Buches beigetragen.

Trotz aller Sorgfalt sind wir uns sicher, dass es noch verbesserungswürdige Stellen im Buch gibt. Kommentare, Verbesserungsvorschläge oder Fragen zu diesem Buch schreiben Sie bitte an buchautoren@step-up.at. Für wertvolle Hinweise dürfen wir uns schon jetzt bei unseren Leserinnen und Lesern bedanken.

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg bei der Umsetzung Ihrer Verbesserungsprojekte!

Wien, Mai 2023

Johann Wappis Berndt Jung Stefan Schweißer

Inhalt

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 (x-quer, 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.....	60
3.5.5	Transformation von Messwerten	61
3.5.5.1	Lineare Transformation.....	61
3.5.5.2	Nichtlineare Transformation.....	61
3.6	Zufallsstreuereich (ZB).....	63
3.6.1	Zufallsstreuereich für diskrete Merkmale	64
3.6.2	Zufallsstreuereich für kontinuierliche Merkmale.....	65
3.6.2.1	Zufallsstreuereich für den arithmetischen Mittelwert	65
3.6.2.2	Zufallsstreuereich für den Median	66
3.7	Vertrauensbereich (VB).....	68
3.7.1	Vertrauensbereich für den Mittelwert, falls σ bekannt ist	69
3.7.2	Vertrauensbereich für den Mittelwert, falls σ nicht bekannt ist	72
3.7.3	Vertrauensbereich für Streuungen.....	74
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
5.2.1.10	Gemeinsame Interpretation mehrerer Grafiken	103
5.2.1.11	Erstellung von grafischen Darstellungen mit JMP und Minitab	105
5.2.2	Zufällige oder signifikante Unterschiede	106
5.3	Daten erfassen und auswerten	108
5.3.1	Datenschichtung	110
5.3.2	Datenzerlegung	111
5.4	Eignung des Prüfsystems sicherstellen	112
5.4.1	Grundlagen und Begriffe	115
5.4.1.1	Einflüsse auf Prüfprozesse	115
5.4.1.2	Auflösung	115
5.4.1.3	Systematische Messabweichung (Bias)	116
5.4.1.4	Wiederholpräzision (Repeatability)	116
5.4.1.5	Vergleichspräzision (Reproducibility)	117
5.4.1.6	Linearität (Linearity)	118
5.4.1.7	Stabilität (Stability)	118
5.4.2	Eignungsnachweis von Messprozessen	119
5.4.2.1	Unsicherheit des Normals	120
5.4.2.2	Einfluss der Auflösung	121
5.4.2.3	Systematische Messabweichung	121
5.4.2.4	Verfahren 1	123
5.4.2.5	Linearität	127
5.4.2.6	Verfahren 2: GR&R-Study	129
5.4.2.7	Verfahren 3: GR&R-Study ohne Bedienereinfluss	138
5.4.2.8	Messbeständigkeit, Stabilität	138
5.4.2.9	Ergänzungen zum Eignungsnachweis von Messprozessen	139
5.4.3	Eignungsnachweis für Messprozesse nach VDA 5	139

5.4.4	Eignungsnachweis von attributiven Prüfprozessen.....	140
5.4.4.1	Verfahren nach VDA 5.....	142
5.4.4.2	Methode der Signalerkennung.....	143
5.4.4.3	Testen von Hypothesen mit Kreuztabellen.....	144
5.4.4.4	Bestimmung der fälschlichen Annahme / Rückweisung	145
5.5	Prozessleistung ermitteln	147
5.5.1	Bewertung von kontinuierlichen Merkmalen.....	147
5.5.1.1	Fähigkeitsindizes für normalverteilte Messwertreihen	149
5.5.1.2	Vorgehen zur Ermittlung der Prozessfähigkeit.....	153
5.5.1.3	Vertrauensbereich für die Fähigkeitskenngrößen	153
5.5.1.4	Phasen der Prozessqualifikation	154
5.5.1.5	Prozessfähigkeitskennwerte nach SPC-Referenzhandbuch	155
5.5.1.6	Prozessleistungs- und Prozessfähigkeitsindizes nach DIN ISO 22514-2	156
5.5.1.7	Zeitabhängige Verteilungsmodelle nach DIN ISO 22514-2..	157
5.5.1.8	Methoden zur Schätzung von Lage und Streuung nach DIN ISO 22514-2	163
5.5.1.9	Weitere Verfahren.....	164
5.5.1.10	Beispiele zur Berechnung der Prozessfähigkeit.....	165
5.5.2	Bewertung von diskreten Merkmalen – Process Sigma	174
5.5.3	Ermittlung der Gesamtanlageneffizienz	177
6	Phase Analyze.....	181
6.1	Mögliche Haupteinflussgrößen identifizieren.....	182
6.1.1	Ausgangsbasis Kundenforderungen	182
6.1.2	Prozesse analysieren	183
6.1.2.1	Analyse der Prozessdaten	183
6.1.2.2	Wertschöpfungsanalyse.....	184
6.1.2.3	Informationsflussanalyse	185
6.1.2.4	Leistungsanalyse.....	185
6.1.3	Mögliche Einflussgrößen in Prozessschritten identifizieren	186
6.2	Ursachen-Wirkungs-Zusammenhänge ermitteln und darstellen	188
6.2.1	Beurteilung mittels Kennwerten aus dem laufenden Prozess	189
6.2.1.1	Vergleich eines Mittelwertes mit einem Vorgabewert (u-Test).....	189
6.2.1.2	Vergleich eines Mittelwertes mit einem Vorgabewert (t-Test)	195
6.2.1.3	Vergleich von zwei Mittelwerten (t-Test).....	195
6.2.1.4	Varianzanalyse (ANOVA, Analysis of Variance).....	204
6.2.1.5	Häufig verwendete Testverfahren.....	210
6.2.1.6	Regressionsanalyse.....	211
6.2.2	Versuchsplanung mit „einfachen Methoden“	220
6.2.2.1	Komponententausch	220

6.2.2.2	Variablenvergleich	223
6.2.3	Versuchsplanung mit Statistischen Versuchsplänen	225
6.2.3.1	Begriffe und allgemeine Grundlagen	226
6.2.3.2	Arten von Versuchen	229
6.2.3.3	Planung und Durchführung von Versuchen	230
6.2.3.4	Vollständige faktorielle Versuchspläne	233
6.2.3.5	Unvollständige faktorielle Versuchspläne	249
6.2.3.6	Plackett-Burman-Versuchspläne	254
6.2.3.7	Versuchspläne für nichtlineare Zusammenhänge	254
6.2.3.8	Versuchspläne zur Untersuchung der Streuung	257
6.2.4	Zusammenfassung der Ursachen-Wirkungs-Zusammenhänge	260
7	Phase Improve	261
7.1	Lösungsvarianten entwickeln	262
7.1.1	Lösungen lassen sich direkt aus Phase Analyze ableiten	262
7.1.2	Lösungsfindung mittels Kreativitätstechnik	262
7.1.2.1	Klassisches Brainstorming	262
7.1.2.2	Kartenabfrage	263
7.1.2.3	Brainstorming mittels Ishikawa-Diagramm / Mindmapping	264
7.1.2.4	Methode 635	264
7.1.3	Lösungsfindung mittels Statistischer Versuchsmethodik	265
7.1.4	Spezielle Werkzeuge zur Lösungsfindung	266
7.1.4.1	Schnelles Rüsten / SMED	266
7.1.4.2	Prozessoptimierung mit Systemen vorbestimmter Zeiten ...	268
7.1.4.3	Ordnung und Sauberkeit am Arbeitsplatz (5S)	269
7.1.4.4	Fehlhandlungsvermeidung (Poka Yoke)	269
7.2	Lösungen bewerten und Lösung auswählen	272
7.2.1	Bewertung mittels Nutzwertanalyse	272
7.2.2	Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse (FMEA)	273
7.2.3	Fehlerbaumanalyse (Fault Tree Analysis)	279
7.3	Ausgewählte Lösung erproben und Wirksamkeit nachweisen	280
7.3.1.1	Hypothesentests	281
7.3.1.2	Prozessfähigkeitsuntersuchungen	281
7.3.1.3	Prozesssimulationen	281
7.3.2	Produkt- und Prozessfreigabe durchführen	283
7.4	Implementierung planen	284
8	Phase Control	287
8.1	Lösung organisatorisch verankern	288
8.2	Verbesserung nachhaltig absichern	289
8.2.1	Laufende Qualifikation der Mitarbeiter sicherstellen	289
8.2.2	Laufende Qualifikation der Prozesse sicherstellen	289

8.2.2.1	Wartung und Instandhaltung.....	290
8.2.2.2	Das Grundprinzip der Statistischen Prozessregelung.....	290
8.2.2.3	Auswahl der Merkmale für die Statistische Prozessregelung.....	293
8.2.2.4	Vorgehen zur Statistischen Prozessregelung	293
8.2.2.5	Regelung nach Lage und Streuung.....	295
8.2.2.6	Berechnung der Eingriffsgrenzen	297
8.2.2.7	Führen von Regelkarten.....	300
8.2.2.8	Indikatoren für das Vorhandensein besonderer Ursachen...	301
8.2.2.9	Weitere Regelkarten für kontinuierliche Merkmale	302
8.2.2.10	Regelkarten für diskrete Merkmalswerte	305
8.2.3	Verbesserten Prozess an Eigner übergeben	309
8.3	Projekt abschließen	310
8.3.1	Lessons Learned.....	310
8.3.1.1	Erfahrungen für bestehende Produkte bzw. Prozesse nutzen	310
8.3.1.2	Erfahrungen für zukünftige Produkte bzw. Prozesse nutzen	311
8.3.1.3	Erfahrungen für Six Sigma-Projektarbeit nutzen	312
8.3.2	Projektabschlussbericht erstellen	312
9	Verankerung von Six Sigma in der Unternehmensorganisation	313
9.1	Einordnung von Six Sigma in die Formen der Verbesserungsarbeit.....	314
9.1.1	PDCA-Zyklus – Grundlage aller Formen der Verbesserungsarbeit....	314
9.1.2	Verbesserungsmanagement im Überblick.....	315
9.1.3	Zusammenspiel zwischen Lean Management und Six Sigma	317
9.2	Einbindung von Six Sigma in die Aufbauorganisation	321
9.2.1	Six Sigma-Champions	322
9.2.2	Six Sigma-Manager	324
9.2.3	Six Sigma-Black Belts	326
9.2.4	Six Sigma-Green Belts	328
9.2.5	Six Sigma-Yellow Belts.....	328
9.2.6	Six Sigma-Master Black Belts	328
9.2.7	Unternehmensleitung.....	329
9.3	Einbindung von Six Sigma in die Ablauforganisation	329
9.3.1	Prozess „Projekt beauftragen“	331
9.3.2	Prozess „Projekt starten“.....	337
9.3.3	Prozess „Projektcontrolling durchführen“.....	339
9.3.4	Prozess „Multiprojektcontrolling durchführen“.....	340
9.3.5	Prozess „Projekt abschließen“	342
9.3.6	Prozess Projekt abnehmen und evaluieren	344
9.4	Beurteilung des Reifegrades des Unternehmens bezüglich Six Sigma	345

9.5	Einführung von Six Sigma	346
9.5.1	Modell zur Verankerung von Six Sigma in der Organisation	347
9.5.1.1	Strategie / Strategy	348
9.5.1.2	Struktur / Structure	349
9.5.1.3	Systeme / Systems	350
9.5.1.4	Stil / Style	352
9.5.1.5	Stammpersonal / Staff	352
9.5.1.6	Spezialfähigkeiten / Skills	354
9.5.1.7	Selbstverständnis / Shared values	354
9.5.2	Vorgehensplan zur Einführung von Six Sigma	355
9.5.2.1	Phase Unfreeze	356
9.5.2.2	Phasen Move und Refreeze	360
9.6	Problemlösungsprozess nach 8D	366
10	Design for Six Sigma	377
10.1	Six Sigma in der Entwicklung	377
10.2	Abwicklung von PIDOV-Projekten	380
10.2.1	Phase Plan	380
10.2.1.1	Ausgangssituation beschreiben	381
10.2.1.2	Innovationsziel festlegen	381
10.2.1.3	Projekt definieren	381
10.2.2	Phase Identify	381
10.2.2.1	Anforderungen der Kunden ermitteln und analysieren	382
10.2.3	Phase Design	385
10.2.3.1	Recherchen für Lösungsmöglichkeiten durchführen	386
10.2.3.2	Varianten für Produkt / Prozess entwerfen	386
10.2.3.3	Varianten für Produkt / Prozess bewerten und Lösungskonzept auswählen	391
10.2.4	Phase Optimize	391
10.2.4.1	Lösungskonzept für Produkt / Prozess detaillieren	391
10.2.4.2	Lösung für Produkt / Prozess optimieren	392
10.2.5	Phase Validate	398
10.2.5.1	Produkte / Prozesse erproben	398
10.2.5.2	Lösungen und Erkenntnisse aufbereiten und verfügbar machen	400
10.2.5.3	Projekt abschließen	400
10.3	Organisatorische Verankerung von DFSS	401
10.3.1	Einbindung von DFSS in den Entwicklungsprozess	401
10.3.2	Verankerung von DFSS im Unternehmen	403

11	Anhang	405
11.1	Wichtige verwendete Abkürzungen	405
11.2	Korrekturfaktoren a_n , c_n und d_n	407
11.3	Standardisierte Normalverteilung	408
11.4	t-Verteilung	410
11.5	χ^2 -Verteilung	412
11.6	F-Verteilung	414
	Stichwortverzeichnis	417

1

Einleitung

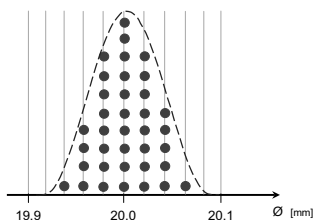
Das Hauptziel von Six Sigma ist die Verbesserung von Produkten und Prozessen. Unternehmen müssen Umsätze erzielen und vor allem Gewinne erwirtschaften. In einem sich ständig verschärfenden Wettbewerb ist es daher notwendig, Produkte und Leistungen in besserer Qualität, in kürzerer Zeit und zu geringeren Kosten als die Mitbewerber zu erstellen. Unternehmen sind gefordert, sich ständig zu verbessern.

■ 1.1 Verbesserungsprojekte zur Prozessoptimierung

Im Fokus von Six Sigma stehen die Prozesse des Unternehmens

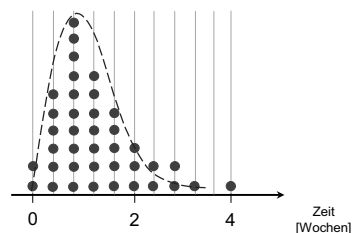
Allgemein formuliert ist ein Prozess eine Reihe von Tätigkeiten, die immer wieder durchlaufen werden und Einsatzfaktoren in Produkte oder Leistungen umwandeln. Einsatzfaktoren tragen zur Leistungserstellung bei und sind zum Beispiel Material, Maschinen und auch die menschliche Arbeit. Im Fokus der Optimierung kann ein Produktionsprozess stehen, wie zum Beispiel die Herstellung von Drehteilen. Es kann sich aber auch um einen Prozess im administrativen Bereich handeln, wie zum Beispiel die Erstellung von Angeboten.

... Optimierung von Produktionsprozessen



Beispiel:
Reduzierung der Streuung
bei einer Drehoperation

... Optimierung von Geschäftsprozessen



Beispiel:
Reduzierung der Durchlaufzeit
bis zur Angebotslegung

Bild 1-1 Ansatzpunkte für Six Sigma-Projekte

Bild 1-1 zeigt in der linken Hälfte die gemessenen Durchmesser von Drehteilen. Reduziert man zum Beispiel die Streuung des Durchmessers, dann wird ein größerer Anteil der Produktionsmenge innerhalb der Spezifikationsgrenzen (Kundenforderungen) liegen. Weniger zu verschrottende Teile und weniger Kundenreklamationen bedeuten reduzierte Kosten. Beim Prozess der Angebotslegung beispielsweise kann durch eine geeignete Standardisierung und die Verwendung von Vorlagen die Durchlaufzeit und der Aufwand für ein einzelnes Angebot deutlich verringert werden. Auch dies führt zu reduzierten Kosten.

Ein Prozess betrifft selten isoliert einen Bereich des Unternehmens, sondern durchläuft meist mehrere Bereiche und ist gleichzeitig Teil eines Prozessnetzwerkes im Unternehmen. Es reicht daher nicht aus, einen Prozessschritt zu optimieren, sondern ein systematisches Management der Prozesse ist notwendig. Prozesse müssen identifiziert, gemessen und verbessert werden, um die Wettbewerbsfähigkeit und den Unternehmenserfolg zu gewährleisten.

Verbesserungsprojekte zur Optimierung von Prozessen

Six Sigma bietet einen strukturierten Ansatz zur Optimierung der Prozesse. Im Kern von Six Sigma steht eine Verbesserungssystematik, die aus den folgenden fünf Schritten besteht.

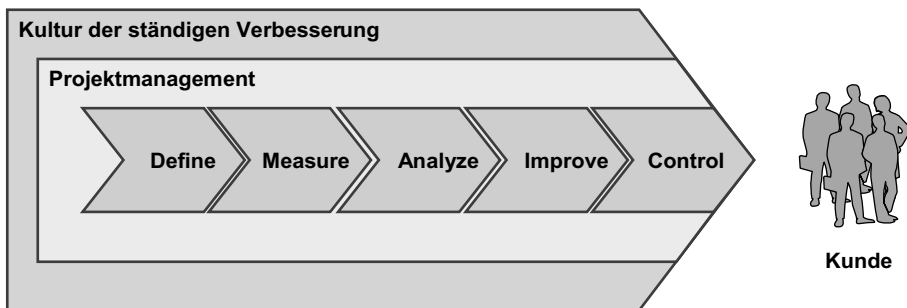


Bild 1-2 Der konzeptionelle Rahmen von Six Sigma

- Define:** Der zu verbessernde Umfang wird festgelegt. Zudem werden die notwendigen Rahmenbedingungen für das Verbesserungsprojekt geschaffen.
- Measure:** Die gegenwärtige Situation des zu optimierenden Prozesses wird ermittelt. Für die Zielgröße wird der Ausgangszustand auf Basis von konkreten Daten und Fakten erhoben.
- Analyze:** Der Zusammenhang zwischen der Zielgröße und den Einflussfaktoren wird erhoben.
- Improve:** Eine oder mehrere Lösungen werden entwickelt und erprobt. Nach einer Bewertung und Risikoanalyse wird die beste Lösung in die Praxis umgesetzt.
- Control:** Es wird sichergestellt, dass der verbesserte Zustand auch dauerhaft erhalten bleibt.

Die Six Sigma-Roadmap – Verbessern wird zur Routine

Bild 1-3 zeigt die Vorgehensweise zur Abwicklung von Verbesserungsprojekten in Form der Six Sigma-Roadmap. Jeder Balken beschreibt eine Six Sigma-Phase. Den Phasen zugeordnet sind die Ziele, die Hauptaufgaben, ausgewählte Werkzeuge und die Ergebnisse dargestellt.

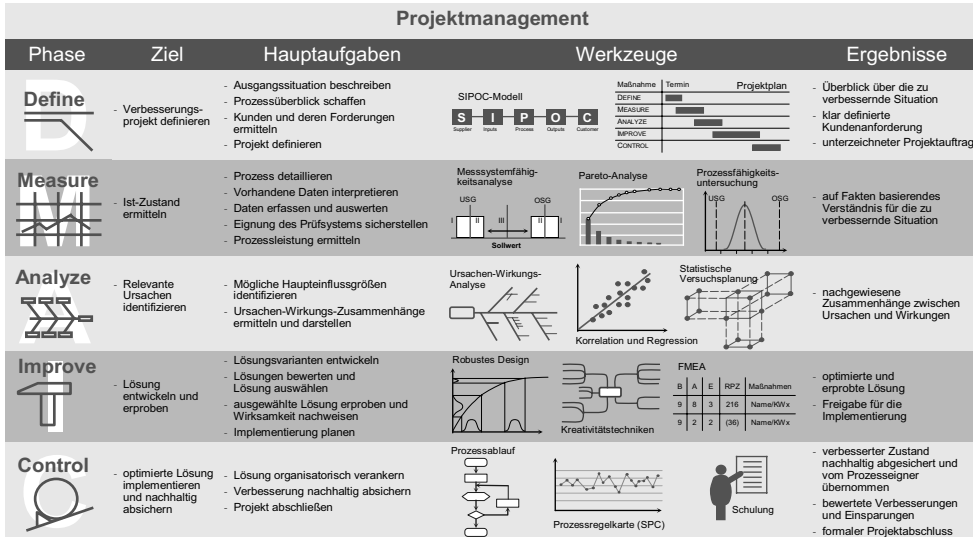


Bild 1-3 Die Six Sigma-Roadmap

Die Hauptaufgaben entsprechen den Arbeitspaketen im Projektstrukturplan. An ihnen orientiert sich die gesamte Abwicklung des Projektes. Während der Planung des Projektes unterstützen die Hauptaufgaben bei der Festlegung der notwendigen Aufgaben, bei der Planung der Termine sowie bei der Abschätzung der erforderlichen Ressourcen. Orientiert man die Projektpräsentationen und das Projektreporting an den Hauptaufgaben, so können sich Außenstehende rasch einen Überblick über das Projekt verschaffen. Nicht zuletzt hilft diese Struktur auch dem Projektteam, sich nicht im Detail zu verlieren. Ein regelmäßiger Blick auf die Gesamtstruktur des Projektes hilft zu überprüfen, ob man auch die richtigen Dinge tut.

Die Hauptaufgaben ermöglichen es dem Projektteam, die richtigen Schritte zu setzen und zum richtigen Zeitpunkt die geeigneten Werkzeuge anzuwenden. Beim ersten Projekt ist dies für das Projektteam meist noch sehr schwierig, beim zweiten Projekt läuft es schon etwas leichter. Beim dritten Projekt wird schon sehr geschickt ein Schritt nach dem anderen gesetzt. Darin liegt eines der Erfolgsgeheimnisse von Six Sigma: Verbessern wird zur Routine!

Six Sigma – ein geheimnisvoller Name für ein Verbesserungsprogramm

Bild 1-4 zeigt die Normalverteilung, häufig auch als Gauß'sche Glockenkurve bezeichnet. Wie wir später noch feststellen werden, ist σ ein Maß für die Streubreite der Normalverteilung, also für die Breite dieser Glocke.

Der Name Six Sigma ist aus dem Ziel der Prozessoptimierung abgeleitet. Er beschreibt die Güte des Prozesses, die man erreichen will. Die mittlere Kurve in Bild 1-4 zeigt einen

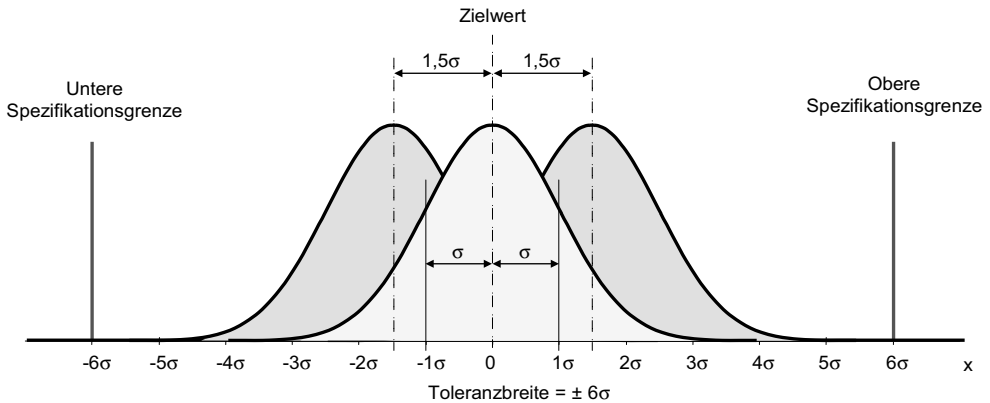


Bild 1-4 Der Six Sigma-Prozess (nach der Definition von Motorola)

innerhalb der Toleranzgrenzen zentrierten Prozess, dessen Streubreite so gering ist, dass die Standardabweichung σ insgesamt 12-mal innerhalb der Spezifikationsgrenzen untergebracht werden kann (sechsmal links und sechsmal rechts des Mittelwertes).

In der Praxis wird dieser Prozess im Laufe der Zeit etwas um die Mittellage schwanken. Für die Berechnung geht man von einer Verschiebung der Normalverteilung um $1,5\sigma$ nach links oder nach rechts aus. Für diese verschobene Prozesslage (deren Mittelwert nun noch $4,5\sigma$ von der Toleranzgrenze entfernt ist) wird der Fehleranteil berechnet. Das Bild erweckt den Eindruck, dass der Fehleranteil gleich null sein muss. Die Normalverteilung berührt jedoch nur scheinbar die x-Achse. Tatsächlich nähert sich die Kurve asymptotisch der x-Achse an und berührt sie erst im Unendlichen. Daher existiert auch eine Fläche unter der Kurve außerhalb der Spezifikationsgrenzen. Diese Fläche entspricht dem Fehleranteil und beträgt für den um $1,5\sigma$ verschobenen Prozess etwa 3,4 Fehler pro Million Möglichkeiten.

Dieses Ziel wird für viele Merkmale und auch viele Branchen unerreichbar sein. Im Vordergrund steht auch weniger dieser Zielwert, sondern die Verbesserung der aktuellen Situation. Ein typisches Ziel wäre, dass man für die qualitätskritischen Merkmale eine Verbesserung von 50% pro Jahr anstrebt. Damit ist im Regelfall immer eine wirtschaftliche Verbesserung verbunden.

■ 1.2 Erfolgsfaktoren für Six Sigma

Die Elemente von Six Sigma sind weder neu noch revolutionär. Die Besonderheit des Programms liegt in der Gesamtkomposition. Dies startet bei der Steuerung des Six Sigma-Programms durch die Führungskräfte und reicht über den Einsatz schlagkräftiger Werkzeuge und der damit verbundenen Mitarbeiterqualifikation bis hin zum zielgerichteten Ressourceneinsatz durch konsequentes Projektmanagement. Auf diese Aspekte soll im folgenden Abschnitt eingegangen werden.

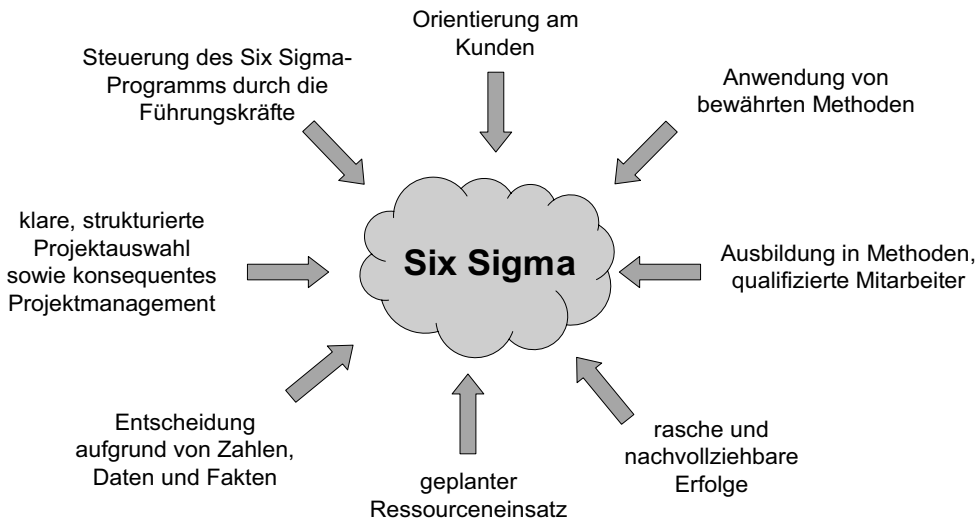


Bild 1-5 Die Erfolgsfaktoren für Six Sigma

Steuerung des Six Sigma-Programms durch die Führungskräfte

Wie bei allen vergleichbaren Programmen zählt die Unterstützung durch die Leitung zu den wichtigsten Erfolgsfaktoren. Der Anstoß für Six Sigma kommt häufig vom Eigentümer oder auch vom Kunden. Six Sigma einzuführen ist eine strategische Entscheidung, die durch die Unternehmensleitung getroffen werden muss.

Der langfristige Erfolg hängt in hohem Maße vom Commitment und Engagement der Geschäftsführung ab. Umgekehrt zeigt die Erfahrung, dass die Ursachen einer gescheiterten Einführung von Six Sigma meist darin liegen, dass die Unternehmensleitung Six Sigma nicht verstanden und auch die notwendigen Rahmenbedingungen nicht geschaffen hat.

Lippenbekenntnisse alleine reichen nicht aus. Die Unternehmensleitung muss von Six Sigma überzeugt sein und den Bedarf für Verbesserung im Unternehmen erkennen. Der Erfolg von Six Sigma muss von den Mitarbeitern als persönliches Anliegen des Geschäftsführers empfunden werden.

Six Sigma ist das Werkzeug, mit dem die Unternehmensleitung und die Führungskräfte aktiv die Verbesserungen im Unternehmen steuern. Die wesentlichen Aufgaben dabei sind:

- Einführen des Verbesserungsprogramms (z.B. Mitarbeiter auswählen und ausbilden)
- Schaffen und Aufrechterhalten der Erfolgsfaktoren (z. B. Ressourcen bereitstellen, Mitarbeiter motivieren)
- Auswählen von Projektthemen und Beauftragen der Projekte
- Verfolgen der Projektfortschritte und Unterstützen bei Schwierigkeiten
- Sicherstellen der nachhaltigen Umsetzung der Projektergebnisse

Orientierung am Kunden

Verbesserungsprojekte zielen darauf ab, die Kundenzufriedenheit zu erhöhen und die Kosten zu reduzieren. Um die Kundenzufriedenheit verbessern zu können, muss bekannt sein, was dem Kunden wichtig ist und was dem Kunden vielleicht weniger wichtig ist. Jedes Verbesserungsprojekt startet daher mit einer eingehenden Analyse der Kundenforderungen. Dies beschränkt sich nicht auf den externen Kunden, sondern gilt auch für gegebenenfalls vorhandene interne Kunden.

Die Einbindung des Kunden kann von einer Kundenbefragung zur Identifikation der für den Kunden wichtigen Merkmale bis hin zur gemeinsamen Abwicklung von Verbesserungsprojekten mit dem Kunden reichen.

Anwendung von bewährten Methoden

Gerade in den USA wurde Six Sigma häufig als neu und revolutionär dargestellt. Eine so radikale Reklame kommt in Europa nicht an, sondern führt eher zu einer Ablehnung.

Bei genauerer Betrachtung trifft man auf viel Bekanntes. Insbesondere die im Rahmen von Six Sigma-Projekten eingesetzten Werkzeuge und Methoden sind nicht neu. Das ist auch gut so, denn es handelt sich um bewährte und erprobte Werkzeuge. Beispiele dafür sind die Messsystemanalyse, die Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse und natürlich die Statistische Versuchsmethodik. Die meisten dieser Werkzeuge sind in den Unternehmen bekannt bzw. werden erfolgreich eingesetzt. Six Sigma vernetzt diese Werkzeuge und fokussiert sie im Zuge eines Verbesserungsprojektes auf eine Aufgabenstellung.

Relativ neu ist der breite Einsatz von Softwarepaketen bei der Verwendung dieser Werkzeuge und Methoden. Dies zeigt sich am Beispiel der Statistischen Versuchsmethodik. Obwohl dieses Verfahren sehr schlagkräftig ist, wurde es in der Industrie bis vor wenigen Jahren kaum eingesetzt. Die Erstellung von Versuchsplänen und Auswertung von Versuchen ist bei händischer Rechnung viel zu aufwendig. Erst mit der Verfügbarkeit von Softwarepaketen, die dem Benutzer alle Rechenaufgaben abnehmen, hat die Methodik breiteren Einzug in die Unternehmen gefunden. Dies ist ein wichtiger Baustein für den Erfolg von Six Sigma.

Ausbildung in Methoden, qualifizierte Mitarbeiter

Um die angesprochenen Werkzeuge und Methoden einzusetzen, sind die Mitarbeiter auch entsprechend zu qualifizieren. Dabei wird vor allem zwischen folgenden Rollen unterschieden:

Champions – die Rolle der Champions wird von Führungskräften wahrgenommen. Sie leiten die praktische Umsetzung des Six Sigma-Programms. Als Auftraggeber der Verbesserungsprojekte beauftragen sie den Black Belt / Green Belt und sein Team mit der Optimierung eines Prozesses. Sie stellen die notwendigen Ressourcen bereit, unterstützen das Projekt und beseitigen Barrieren. Vor allem durch die Auswahl der Mitarbeiter und der Six Sigma-Projekte bestimmen die Champions wesentlich den Erfolg bzw. den Misserfolg des Six Sigma-Programms.

Master Black Belts unterstützen die Champions bei der Auswahl der Mitarbeiter für das Six Sigma-Programm. Ebenso unterstützen sie bei der Auswahl und Festlegung der Verbesserungsprojekte. Sie trainieren und coachen alle Mitarbeiter im Six Sigma-Programm, führen aber auch selbst besonders anspruchsvolle Projekte durch. Darüber hinaus nehmen sie die wichtige Rolle des Veränderungsmanagers wahr. Sie unterstützen die Leitung bei der Schaffung der organisatorischen Rahmenbedingungen zur nachhaltigen Absicherung von Six Sigma.

Black Belts kommt die tragende Rolle in der Umsetzung von Six Sigma zu. Sie unterstützen die Champions bei der Auswahl der Six Sigma-Projekte und setzen diese Verbesserungsprojekte mit Unterstützung ihres Teams um. Ihre Aufgaben im Projekt reichen von der Führung des Teams bis hin zur Unterstützung bei der Anwendung der Werkzeuge im Tagesgeschäft. Daher werden Black Belts zumindest in großen Unternehmen für Six Sigma Aktivitäten freigestellt.

Green Belts arbeiten in Six Sigma-Projekten mit oder übernehmen wie Black Belts die Leitung von Six Sigma-Projekten. Auch die Green Belts sind sehr wichtig für den Erfolg des Six Sigma-Programms, denn durch sie erreicht man eine große Breitenwirkung im Unternehmen. Green Belts sind üblicherweise nur zum Teil für die Arbeit in Six Sigma-Projekten freigestellt.

Yellow Belts / White Belts bringen ihr fachliches Wissen in die Six Sigma-Projekte ein. Eine weitere sehr wichtige Rolle kommt dieser Gruppe nach Abschluss des Projektes zu. Yellow Belts und White Belts sorgen dafür, dass die erarbeitete Verbesserung dauerhaft aufrecht erhalten bleibt.

Die Anzahl der für die jeweilige Rolle qualifizierten Mitarbeiter hängt von Art und Umfang der Six Sigma-Initiative ab. Eine allgemeine Richtlinie sieht den Einsatz eines Black Belts pro 100 Mitarbeiter und etwa 20 Green Belts für einen Black Belt vor [1]. Die Erfahrung zeigt, dass dieser Anteil zumindest im deutschsprachigen Raum selten erreicht wird. Andererseits lassen sich auch mit fünf Green Belts pro Black Belt bereits gute Ergebnisse erzielen. Die Anzahl der Yellow Belts / White Belts kann nie groß genug sein. Die gesteigerte Problemlösungskompetenz dieser Mitarbeiter wirkt sich nicht nur auf die Six Sigma-Projekte, sondern auch auf das Tagesgeschäft nutzbringend aus.

Die Ausbildungsprogramme sind weitgehend standardisiert und auf die Six Sigma-Rollen ausgerichtet. Die folgende Tabelle zeigt ein Beispiel für ein Qualifikationsprogramm.

Tabelle 1-1 Beispiel für Aufgaben und Qualifikation im Six Sigma-Programm

Rolle	Wesentliche Aufgaben	Form der Qualifikation / Abschluss
White Belt	■ hält den optimierten Zustand im Tagesgeschäft aufrecht	Ausbildung im Umfang von 0,5 Trainingstagen
Yellow Belt	■ wirkt als Prozessexperte aktiv in Six Sigma-Projekten mit ■ hält den optimierten Zustand im Tagesgeschäft aufrecht	Ausbildung im Umfang von 2 Trainingstagen Abschlussprüfung
Green Belt	■ leitet Six Sigma-Projekte ■ wirkt als Prozessexperte aktiv in Six Sigma-Projekten mit ■ hält den optimierten Zustand im Tagesgeschäft aufrecht	Ausbildung im Umfang von 10 Trainingstagen und begleitende Abwicklung eines Verbesserungsprojektes Abschlussprüfung und Abschluss eines Verbesserungsprojektes mit einer Einsparung von mindestens € 5.000.-
Black Belt	■ leitet Six Sigma-Projekte ■ unterstützt Green Belts beim Einsatz komplexer Werkzeuge und Methoden	Ausbildung im Umfang von 20 Trainingstagen und Abwicklung von zwei Verbesserungsprojekten Prüfung und Abschluss von zwei Verbesserungsprojekten (eines davon mit einer Einsparung von mindestens € 50.000.-)
Master Black Belt	■ leitet Six Sigma-Projekte ■ unterstützt Green Belts und Black Belts beim Einsatz komplexer Werkzeuge und Methoden ■ trainiert Six Sigma im Unternehmen ■ unterstützt die Leitung bei der organisatorischen Verankerung von Six Sigma	Ausbildung baut auf der Ausbildung des Black Belts auf und ist nicht standardisiert. Folgende Themen sind häufig Inhalt der Ausbildung: ■ Organisatorische Verankerung von Six Sigma, Veränderungsmanagement ■ Train the Trainer ■ Vertiefung in den eingesetzten Werkzeugen
Champion	■ legt Aufgabenstellung für Six Sigma-Projekte fest und beauftragt die Projekte ■ stellt Ressourcen bereit ■ verfolgt den Fortschritt der Six Sigma-Projekte ■ beseitigt Barrieren ■ stellt die nachhaltige Umsetzung der Projektergebnisse sicher	Ausbildung im Umfang von 1 bis 2 Trainingstagen

Die Ausbildung zum Green Belt und Black Belt ist meist als abgestimmte Kombination aus Training, Umsetzung in die betriebliche Praxis sowie Reflexion der individuell gemachten Erfahrungen aufgebaut. Bild 1-6 zeigt ein Beispiel für den Aufbau von Green Belt-Qualifikationsprogrammen.

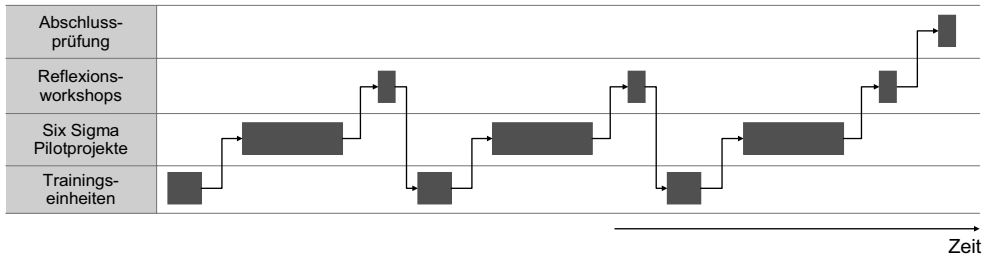


Bild 1-6 Beispiel für ein Qualifikationsprogramm zum Six Sigma-Green Belt

Die erste Trainingseinheit dauert zwei Tage und startet mit einem Überblick über Six Sigma. Anschließend werden die im Zuge von Six Sigma einzusetzenden Projektmanagement-Werkzeuge und Grundlagen der Statistik besprochen. Den Abschluss bildet die Erläuterung der Phase **Define**.

Nach den ersten Trainingseinheiten beginnen die Teilnehmer das Gelernte in ihrem Unternehmen an einem ausbildungsbegleitenden Six Sigma-Pilotprojekt anzuwenden. Durch die Projektdurchführung festigen die Mitarbeiter das erworbene Wissen und realisieren gleichzeitig Qualitätsverbesserungen und Einsparungen für ihr Unternehmen.

Den Abschluss des ersten Zyklus bildet der erste Reflexionsworkshop. Die Teilnehmer präsentieren ihren Kollegen die Ergebnisse ihrer Arbeit und haben so die Möglichkeit, viel an Erfahrung zu sammeln, da sie ja auch an den Erfahrungen der Projekte ihrer Kollegen partizipieren.

Im zweiten Zyklus werden die Phasen **Measure / Analyze** und im dritten Zyklus die Phasen **Improve / Control** behandelt. Nach dem zweiten und dritten Trainingsblock bearbeiten die Teilnehmer ihre Pilotprojekte weiter. Mit dem Abschluss dieser Ausbildung sind die Teilnehmer in der Lage, selbstständig Verbesserungsprojekte abzuwickeln.

Auch die Ausbildung zum Black Belt ist ähnlich aufgebaut. Der Unterschied zur Green Belt Ausbildung liegt vor allem darin, dass die eingesetzten Werkzeuge sehr viel detaillierter behandelt werden und zusätzliche Projekte umgesetzt werden müssen.

Rasche und nachvollziehbare Erfolge

Ein entscheidender Vorteil von Six Sigma ist, dass Erfolge rasch realisiert werden. Wie dargestellt, wickeln Green Belts und Black Belts während ihrer Ausbildung Verbesserungsprojekte ab und erzielen damit bereits während der Ausbildung Qualitätsverbesserungen und Einsparungen für ihr Unternehmen. Aus unserer Erfahrung liegt die durchschnittliche Netto-Einsparung pro Projekt bei Serienherstellern in der Größenordnung von etwa € 50.000.- und übersteigt damit bei weitem die Ausbildungskosten.

Der wirtschaftliche Nutzen des Projektes wird durch den „Net Benefit“ (Netto-Einsparung) belegt. Alle Berechnungen und Schätzungen zur Ermittlung dieser Größe müssen nachvoll-

ziehbar sein. Daher ist es notwendig, klare Festlegungen zur Berechnung des Net Benefits zu treffen.

- **Kosten:** Alle von Projektbeginn bis zu Projektabschluss durch das Projekt verursachten Kosten werden berücksichtigt. Vor allem betrifft dies Personalkosten, aber auch Materialkosten und beispielsweise Maschinenkosten für die Durchführung von Versuchen.
- **Nutzen:** Als Nutzen des Projektes werden üblicherweise die ausgabewirksamen Einsparungen während der 12 Monate ab Abschluss des Projektes gerechnet.
- **Net Benefit:** Der Net Benefit ergibt sich aus der Differenz zwischen dem Nutzen und den Kosten für das Verbesserungsprojekt.

Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass eine auf den Cent genaue Berechnung des Projekterfolges in vielen Fällen nicht möglich ist, da ein Teil des vom Projekt erbrachten Nutzens nicht monetär zu fassen ist. Die Einsparungen durch reduzierten Ausschuss oder reduzierte Gewährleistungskosten wird man noch relativ leicht erfassen können. Schwieriger hingegen ist die monetäre Bewertung von erhöhter Kundenzufriedenheit.

Eine Berechnung der Kosten und Einsparungen auf zwei Nachkommastellen genau ist auch nicht notwendig. Hauptziel der Berechnung des Net Benefits ist es, als Entscheidungsgrundlage für den zielgerichteten Einsatz der begrenzten Ressourcen zu dienen. Auch wenn man im Einzelfall um 10% falsch liegt, wird man insgesamt die richtigen Dinge tun.

Auf der Kostenseite stellt sich häufig die Frage nach der Zuordnung der Ausbildungskosten. Diese werden üblicherweise nicht in die Kosten eines Six Sigma-Projektes eingerechnet, sondern bei der Betrachtung des gesamten Six Sigma-Programms berücksichtigt.

Geplanter Ressourceneinsatz

Gerade an ausreichenden Ressourcen mangelt es meist in den Unternehmen. Green Belts bzw. Black Belts werden für ihre Projektarbeit nicht freigestellt, sondern erhalten diese Aufgabe zusätzlich zu ihren bestehenden Aufgaben. Auch in den Fachbereichen kommt es zu Kapazitätsengpässen, die Ressourcen stehen nicht zur Verfügung.

Six Sigma wirkt dem häufig gemachten Fehler entgegen, dass Projekte zwar mit großem Aufwand gestartet werden, dann aber mangels Ressourcen im Sand verlaufen. Während der Umsetzung des Projektes wird plötzlich anderen Themen höhere Priorität eingeräumt. Die Ressourcen aus einzelnen Fachbereichen stehen dann dem Verbesserungsprojekt nicht mehr zur Verfügung. Anfällige Bereiche dafür sind beispielsweise Zentralbereiche wie Werkzeugbau und Instandhaltung. Sind diese Bereiche unterbesetzt, stehen sie möglicherweise mitten im Verbesserungsprojekt nicht mehr zur Verfügung. Die Projekte geraten ins Stocken und werden nie zu Ende gebracht. Der Nutzen für das Unternehmen ergibt sich meist erst ab der Verwertung der Projektergebnisse. Nicht abgeschlossene Projekte sind daher Verschwendung von Ressourcen! Man hat Ressourcen investiert, ohne jemals einen Nutzen zu erhalten. Eine nicht außer Acht zu lassende weitere Folge ist die Frustration des restlichen Projektteams.

Bei Six Sigma-Projekten wird dem entgegengewirkt, indem der Ablauf des Verbesserungsprojektes standardisiert ist. Die für die Abwicklung des Projektes notwendigen Ressourcen

können durch die in der Grundstruktur standardisierte Projektdurchführung leichter abgeschätzt werden. Wenn von Anfang an erkennbar ist, dass die Ressourcen aus einem oder mehreren Bereichen nicht verfügbar sind, darf das Projekt nicht gestartet werden. Auch dies ist eine wichtige Information für das Management: Verbesserungspotenzial ist vorhanden, kann jedoch nicht gehoben werden, weil die Ressourcen nicht zur Verfügung stehen. Mit dieser Information kann man häufig vorhandene Sub-Optima (z.B. Reduktion der Instandhaltungskosten), die sich allerdings negativ auf das Gesamtoptimum (Ausbringung) auswirken, aufdecken.

Natürlich kann es trotzdem vorkommen, dass durch unvorhergesehene Ereignisse mitten im Projekt Ressourcen nicht mehr zur Verfügung stehen. Bei Six Sigma wird das Projekt nicht klammheimlich im Sand verlaufen, sondern spätestens beim nächsten Projektreporting wird der Ressourcenmangel evident. Ressourcenmangel ist ein typisches Problem, das nicht vom Projektteam gelöst werden kann. Es ist Aufgabe des Champions bzw. Projektauftraggebers, diese Barriere zu beseitigen oder den Projektauftrag zurückzuziehen.

Entscheidungen aufgrund von Zahlen, Daten und Fakten

Entscheidungen werden häufig auf Basis von Meinungen getroffen. Diese Meinungen unterscheiden sich oft von der Realität. Manchmal wurden zufällige Effekte beobachtet. Ebenso kann es sein, dass sich die Prozessleistung durch Umstellungen im Prozess verändert hat. Dies führt zur häufig praktizierten Probiermethode: Man dreht an der einen Schraube, dann an der anderen Schraube und hofft, dass das Ergebnis des Prozesses den Vorgaben entspricht. Man hat kein Wissen über den Prozess gesammelt, und nach einer Umstellung beginnt das Spiel von vorne.

In Six Sigma-Projekten werden Entscheidungen auf Basis von Zahlen, Daten und Fakten getroffen. „In God we trust, all others must bring data“ soll der Leitspruch nach W. Edwards Deming¹ sein. Datenanalyse ist wie die Arbeit eines Detektivs. Man nutzt Daten, um Informationen über den Prozess zu erhalten. Schlagkräftige Werkzeuge werden zur Entscheidungsfindung eingesetzt. Die Zusammenhänge im Prozess werden auf fundierter Basis beschrieben.

Klare, strukturierte Projektauswahl sowie konsequentes Projektmanagement

Die klare und strukturierte Auswahl, verbunden mit einer konsequenten Abwicklung der Projekte, ist wohl einer der wichtigsten Erfolgsfaktoren für Six Sigma. Viele Ideen für Projekte werden gesammelt, und die besten davon werden ausgewählt. Die Anzahl der gestarteten Projekte richtet sich nach den verfügbaren Ressourcen im Unternehmen. Ein konsequentes Management der Projekte sorgt dafür, dass die Projekte nicht im Sand verlaufen, sondern in der vorgesehenen Zeit zu Ende gebracht werden und der geplante Nutzen auch erzielt wird.

¹ William Edwards Deming (1900 – 1993) war ein amerikanischer Qualitätspionier, der einen entscheidenden Beitrag zur weltweiten Entwicklung des Qualitätsmanagements geleistet hat. Zu seinen Ehren wurde 1951 in Japan der Deming-Prize als einer der ersten Qualitätspreise eingeführt.

Stichwortverzeichnis

Symbole

5S 269
7-S-Modell 348
8D-Methode 366
8D-Report 374
40 Innovative Prinzipien 389

A

Ablauforganisation, Anpassung der 329,
350, 364
Alias-Struktur 251
Analysis of Variance 204
Annahme-Regelkarte 304
ANOVA 204
Appraiser Variation 130
Asymmetrie 50
- Audit-Checklisten 311
Aufbauorganisation, Anpassung der 321,
349, 364
Auflösung 115, 252
- Einfluss der 121
Aufwand 334
Ausbeute 175

B

Bestimmtheitsmaß 216
Bias 116
Binomialverteilung 305
Black Belt 7, 326
- Kandidaten 353
Blindleistung 184
Blockbildung 227
Box Plot 96
Brainstorming 262

C

Capability 155
Central Composite Design 230
Champion 6, 322
Confidence Interval 72
Control Plan 308
Critical to Quality 79
Crystal Ball 282
CTQ 79

D

Datenerfassungsplan 108
Datenschichtung 110
Datenzerlegung 111
Defects Per Million Opportunities 174
Defects Per Million Units 174
Design for Six Sigma 377
Design Generator 253
Design Verification Plan and Report 399
DFSS 377
- in der Produkt- und Prozessentwicklung 403
- in der Serienproduktion 403
- in der Technologieentwicklung 403
DMAIC-Vorgehensmodell 2
Dotplot 93
DPMO 174
DPMU 174
Dreiphasenmodell nach Lewin 356
Durchlaufzeitanalyse 184

E

Effekt 226
- Berechnung 236
- signifikant 106, 196
- zufällig 106, 196

Einflüsse 186
 - auf Prozess 289
 - auf Prüfprozesse 115
 - besondere 148, 292, 301
 - gewöhnliche 148
 - zufällige 292
 Eingriffsgrenzen 293 ff.
 Einsparungen 334
 Einzelprojektmanagement 330
 Einzelwertkarte 294
 Einzelwertverlauf 90
 Equipment Variation 129
 Erfolgsfaktoren für Six Sigma 4
 erweiterte Messunsicherheit 139
 EWMA-Regelkarten 303
 Excess 51

F

Fähigkeitsindizes 149
 - für nicht normalvert. Merkmale 172
 - für normalvert. Merkmale 165, 168
 - nach SPC-Referenzhandbuch 155
 Fähigkeit von Prozessen 148
 Faktoren 227
 - qualitative 231
 - quantitative 231
 Fault Tree Analysis 279
 Fehler 1. Art 193
 Fehler 2. Art 193
 Fehlerbaumanalyse 279
 Fehlerhafte Teile pro Million Teilen 174
 Fehler-Möglichkeits- und Einfluss-Analyse 273
 Fehler pro Million Einheiten 174
 Fehler pro Million Möglichkeiten 174
 Fehlersammelkarte 108
 Fehlhandlungsvermeidung 269
 Fehlleistung 184
 First Pass Yield 175
 Fischgräten-Diagramm 87
 FMEA 273
 Formen der Verbesserungsarbeit 316
 FPY 175
 Fraktionelle faktorielle Versuchspläne 230
 Freigabe
 - von Produkt 283
 - von Prozess 283

Freiheitsgrad 50
 Funktionsanalyse 388

G

Gesamtanlageneffizienz 177
 Gesamtausbeute 175
 Gesamtprozessfähigkeit 167
 Green Belt 7, 328
 - Kandidaten 353
 GR&R-Study 129
 Grundgesamtheit 30

H

Häufigkeiten 29
 Häufigkeitsdiagramm 93
 Haupteffekte 226, 244
 Histogramm 93
 Hypothesentest
 - Entscheidungsfehler 193
 - Paarreiser t-Test 203
 - Test auf Verteilungsform 59
 - Test von Hypothesen mit Kreuz-tabellen 204
 - t-Test 195
 - Übersicht 210
 - u-Test 189
 - Varianzanalyse 204

I

iGrafx Process 281
 Individual Chart 91
 Informationsflussanalyse 185
 Inspektion 290
 Instandsetzung 290
 Irrtumswahrscheinlichkeit 43, 69
 Ishikawa-Diagramm 87, 264

K

Kano-Modell 382
 Kartenabfrage 263
 Kennzahlen- und Reportingsystem 352, 365
 K-Faktoren 136
 Komponententausch 220
 Korrelation 211
 Korrelationskoeffizient 212
 Kostenanalyse 184

Kreativitätstechnik 262
 Kreuztabellen 144
 Kurtosis 51
 Kurzzeitbetrachtung 176
 KVP
 - Experten-KVP 317
 - Methoden-KVP 317
 - Mitarbeiter-KVP 316

L

Lagespur 296
 Langzeitbetrachtung 176
 Lean Management 317
 Leistungsanalyse 185
 Leistung von Prozessen 149
 Lessons Learned 310
 Lewin 356
 Linearität 118, 127
 Linearity 118

M

Macro Process Mapping 76
 Maschinenfähigkeit 154
 Master Black Belt 7, 328
 Median 49
 Medianzyklen-Diagramm 92
 Merkmale
 - diskrete 30, 182
 - kontinuierliche 30, 182
 - stetige 30
 Merkmale mit erhöhter Bedeutung 81
 Merkmalsarten 29
 Messbeständigkeit 138
 Methode 635 264
 Methode der kleinsten Quadrate 214
 Methode der Signalerkennung 143
 Mind-Map 88
 Mindmapping 264
 Mittelwert
 - arithmetischer 49
 - geometrischer 49
 Mittelwert- und Spannweiten-Verfahren 130
 Modalwert 49
 Modeling Design 230
 move 360
 MTM-Verfahren 269

Multiprojektmanagement 330
 Multi-Vari-Chart 98

N

ndc 134
 Net-Benefit 9
 Nichteingriffswahrscheinlichkeit 293
 Nichtlinearität 258
 - Prüfung auf 237
 Normalverteilung 38
 - Verteilungsfunktion 45
 - Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion 45
 - Wahrscheinlichkeitsnetz 45
 number of distinct categories 134
 Nutzleistung 184
 Nutzwertanalyse 272

O

one factor at a time 229
 Ordnung und Sauberkeit am Arbeitsplatz 269

P

Paarweiser Vergleich 102
 Pareto-Analyse 97
 Parts Per Million 174
 PDCA-Zyklus 315
 Performance 155
 Phase
 - Analyze 181
 - Control 287
 - Define 75
 - Improve 261
 - Measure 83
 PIDOV-Vorgehensmodell 378
 Pilotprojekte 356
 Pink X 102
 Plackett-Burman-Versuchspläne 254
 Poisson-Verteilung 305
 Poka Yoke 269
 Pooling 248
 Potenzielle Prozessfähigkeit (innerhalb) 167
 PPM 174
 Pre-Control-Regelkarten 304
 Probability Plot 45

Probiermethode 229
 Process Sigma 174
 Production Part Approval Process 283
 Produktionsteilfreigabe 283
 Project Charter 16
 Projekt

- Abnahme 344
- Abschluss 23, 310, 342
- Abschlussbericht 24
- Auftraggeber 322
- Auswahl 14, 331
- Beauftragung 331
- Bewertung 331
- Controlling 21, 339 f.
- Dokumentation 23
- Evaluierung 344
- Identifikation 331
- Kommunikation 22
- Kostenplanung 21
- Portfolio 22
- Projektauftrag 16, 338, 360
- Projektorganisation 18
- Projektsteuerkreis 22
- Projektstrukturplan 15, 361
- Review 22
- Start 337
- Statusbericht 339, 342
- Terminplanung 20
- Ziele 16

 Prozessdatenanalysen 183
 Prozessfähigkeit 148

- kritische 151
- potenzielle 149

 Prozessleistung 149

- Arten der 86
- ermitteln 147

 Prozessregelung

- Eingriffsgrenzen 297
- mit erweiterten Grenzen 303
- mit gleitenden Kennwerten 302
- nach Einzelwerten 294
- nach Lage und Streuung 295
- Statistische 290

 Prozesssimulation 281
 Prozessstabilität 148
 Prüfung

- Arten der 112
- attributive 140

- lehrende 112
- messende 112
- subjektive 112

 Punktdiagramm 93
 p-Wert

- Statistische Versuchsplanung 242
- Systematische Messabweichung 123
- Test auf Verteilungsform 59
- u-Test 192
- Varianzanalyse 209

 p-Werte 92

Q

Qualifizierung von Mitarbeitern 9, 289, 327, 353, 365
 Qualitätsanalyse 184
 Quality Function Deployment 383

R

Randomisierung 228
 Range 50
 Red X 102
 refreeze 360
 Regelgrenzen 295
 Regelkarte 294

- für diskrete Merkmalswerte 305
- für fehlerhafte Einheiten pro Stichprobe 306
- für Fehler pro Einheit 307
- händisch geführte 296

 Regressionsanalyse 211
 Reifegrad bzgl. Six Sigma 345
 Repeatability 116, 129
 Reproducibility 117, 130
 Residuenanalyse 218, 243
 Resolution 252
 Ressourcen-Checkliste 388
 Risikoprioritätszahl 275
 Roadmap

- für 8D-Problemlösungstechnik 371
- für DMAIC-Projekte 3
- für PIDOV-Projekte 380

 Rolled Throughput Yield 175
 Rosa X 102, 221, 224
 Rotes X 102, 221, 224
 RTY 175
 Run Chart 92

S

s^2_{between} 205
 s^2_{within} 205
 Schichtungskriterien 110
 Schiefe 50
 Schluss

- direkter 31, 63
- indirekter 31, 68

 Schnelles Rüsten 266
 Screening Design 230
 Selbstverständnis 354
 Shewhart-Regelkarten 300
 Short Method 142
 Sigma-Level 175
 signifikante Unterschiede 106
 Signifikanz

- Beurteilung der 238

 SIPOC-Analyse 76
 Six Sigma-Champion 322
 Six Sigma in der Entwicklung 377
 Six Sigma-Koordinationsstelle 350
 Six Sigma-Manager 324
 Six Sigma-Roadmap 3, 380
 Six Sigma-Rollen 8, 321
 Six Sigma-Steuerkreis 349
 SMED 266
 Spannweite 50
 Spezialfähigkeiten 354
 Spezifikationsgrenzen 295
 Stabilität 118, 138
 Stabilität von Prozessen 148
 Stability 118
 Stakeholder-Analyse 78
 Stammpersonal 352
 Standardabweichung 50
 Standortbestimmung 345, 363
 StdAbw (gesamt) 167
 StdAbw (innerhalb) 167
 Steuergrößen 86, 187
 Stichprobe 31
 Stichprobenumfang

- t-Test 203
- u-Test 194

 Stil 352
 Störgrößen 86, 187
 Strategie 348, 364
 Streudiagramm 95

Streuungsspur 296
 Streuungszerlegungstafel 208
 Strichliste 108
 Struktur 349
 Stufe 226
 Stützleistung 86, 184
 Summe der quadratischen Abweichungen 208
 Summs of Squares 208
 Systematische Messabweichung 116, 121, 127
 Systeme 350
 Systeme vorbestimmter Zeiten 268

T

Theorie des erfinderischen Problemlösens 386
 Time Series Plot 90
 Toleranzanalyse 392
 Toleranzgrenzen 295
 Tolerierung

- arithmetische 392
- statistische 392

 Transformation

- Box-Cox-Transformation 61
- Johnson Transformation 61
- lineare 61
- logarithmische 61
- nichtlineare 61

 Trends of Evolution 390
 trial and error 229
 TRIZ 386

- Idealität 390
- vier Säulen von TRIZ 387
- Vorgehensmodell 387

U

Umfeldanalyse 78
 unfreeze 356
 Universalprüfmittel 139
 Unsicherheit des Normals 120
 Unternehmensleitung 329
 Unterschied

- signifikant 106
- zufällig 106

 Ursachen-Wirkungs-Diagramm 87, 187

V

- Variablenvergleich 223
- Varianz 49
- Varianzanalyse 204
- VDA 5 139
- Verbesserungsmanagement 315
- verbundene Bedingungen 110
- Verfahren 1 123
- Verfahren 2 129
- Verfahren 3 138
- Vergleichspräzision 117, 130
- Vermengung 251
- Verschwendung 319
- Versuchsmethodik nach Shainin
 - Komponententausch 220
 - Multi-Vari-Chart 98
 - Paarweiser Vergleich 102
 - Variablenvergleich 223
- Versuchsplan
 - Auswertung 240
 - Erstellung 239
 - Erweiterbarkeit 237
 - orthogonal 237
- Versuchsplanung
 - in der Entwicklung 396
 - mit statistischen Versuchsplänen 225
- Verteilung
 - Binomialverteilung 33
 - Exponentialverteilung 47
 - F-Verteilung 54
 - Hypergeometrische Verteilung 33
 - Logarithmische Normalverteilung 47
 - Mischverteilung 47
 - Normalverteilung 38
 - Parametrische 52
 - Poisson-Verteilung 36
 - Standardisierte Normalverteilung 40
 - Student-Verteilung 53
 - t-Verteilung 53
 - u-Verteilung 40
 - von Mittelwerten 52
 - von Streuungen 52
 - Weibull-Verteilung 47
 - χ^2 -Verteilung 53

- Verteilungsformen 32
 - Identifikation der 60
- Vertrauensbereich 68
 - für den Mittelwert 69
 - für Fähigkeitskenngrößen 153
 - für Streuungen 74
- Vertrauensniveau 44, 64, 69
- Vier Separationsprinzipien 389
- Voice of the Customer 79
- Vollständige faktorielle Versuchspläne 229

W

- Wartung 290
- Wechselwirkungen 226, 244, 258
- Wertschöpfungsanalyse 184
- White Belt 7
- Widersprüche
 - physikalische 389
 - technische 389
- Wiederholpräzision 116, 129 f.
- Wiederhol- und Vergleichspräzision 130 f.
- Wiederholungen 227
- Wölbung 51

Y

- Yellow Belt 7, 328

Z

- Zentraler Grenzwertsatz 55
- Zentralwert 49
- Zentral zusammengesetzte Versuchspläne 230
- Zielgrößenoptimierung 246
- zufällige Unterschiede 106
- Zufallsstrebereich 43, 63, 293
 - für den arithmetischen Mittelwert 65
 - für den Median 66
 - für die Standardabweichung 67
 - für diskrete Merkmale 64
- Zuverlässigkeitstechnik 400