

Johann Wappis
Berndt Jung
Stefan Schweißer

Six Sigma anwenden

Null-Fehler-Management
in der Praxis

7., aktualisierte und erweiterte Auflage

HANSER

Johann Wappis / Berndt Jung / Stefan Schweißer
Six Sigma anwenden

Herausgeber der Praxisreihe Qualität (vormals Praxisreihe Qualitätswissen):
von 1991 (Gründungsjahr) bis 2016 Franz J. Brunner; seit 2016 Kurt Matyas.

In der Praxisreihe Qualität sind bereits erschienen:

Jörg Brenner

Lean Production

Praktische Umsetzung zur Erhöhung der Wertschöpfung
3., überarbeitete Auflage
ISBN 978-3-446-45664-8

Jörg Brenner

Lean Administration

Verschwendung erkennen, analysieren, beseitigen
ISBN 978-3-446-45472-9

Werner Friedrichs

Das Fitnessprogramm für KMU

Methoden für mehr Effizienz im Automobil-, Anlagen-
und Sondermaschinenbau
ISBN 978-3-446-45341-8

Franz J. Brunner

Japanische Erfolgskonzepte

Kaizen, KVP, Lean Production Management, Total
Productive Maintenance, Shopfloor Management,
Toyota Production Management, GD3 – Lean
Development
4., überarbeitete Auflage
ISBN 978-3-446-45428-8

Franz J. Brunner

Qualität im Service

Wege zur besseren Dienstleistung
ISBN 978-3-446-42241-4

Franz J. Brunner, Karl W. Wagner,
unter Mitarbeit von Peter H. Osanna, Kurt Matyas,
Peter Kuhlant

Qualitätsmanagement

Leitfaden für Studium und Praxis
6., überarbeitete Auflage
ISBN 978-3-446-44712-7

Menderes Güneş, Marwan Hamdan, Mirko Klug

Gewährleistungsmanagement

ISBN 978-3-446-44795-0

Marco Einhaus, Florian Lugauer, Christina Häußinger

Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik

Der Schnelleinstieg für (angehende) Führungskräfte:
Basiswissen, Haftung, Gefährdungen, Rechtslage
2., aktualisierte und erweiterte Auflage
ISBN 978-3-446-47185-6

René Kiem

Qualität 4.0

QM, MES und CAQ in digitalen Geschäftsprozessen
der Industrie 4.0
ISBN 978-3-446-44736-3

Bernd Klein

Kostenoptimiertes Produkt- und Prozessdesign

ISBN 978-3-446-42131-8

Wilhelm Kleppmann

Versuchsplanung

Produkte und Prozesse optimieren
10., überarbeitete Auflage
ISBN 978-3-446-46146-8

Veit Kohnhauser, Markus Pollhamer

Entwicklungsqualität

ISBN 978-3-446-42796-9

Karl Koltze, Valeri Souchkov

Systematische Innovation

TRIZ-Anwendung in der Produkt- und
Prozessentwicklung
2., überarbeitete Auflage
ISBN 978-3-446-45127-8

Kurt Matyas

Instandhaltungslogistik

Qualität und Produktivität steigern
8., aktualisierte Auflage
ISBN 978-3-446-46932-7

Arno Meyna, Bernhard Pauli

Zuverlässigkeitstechnik

Quantitative Bewertungsverfahren
2., überarbeitete und erweiterte Auflage
ISBN 978-3-446-41966-7

Wilfried Sihm, Alexander Sunk, Tanja Nemeth,
Peter Kuhlant, Kurt Matyas

Produktion und Qualität

Organisation, Management, Prozesse
ISBN 978-3-446-44735-6

Stephan Sommer

Taschenbuch automatisierte Montage- und Prüfsysteme

Qualitätstechniken zur fehlerfreien Produktion
ISBN 978-3-446-41466-2

Konrad Wälder, Olga Wälder

Statistische Methoden der Qualitätssicherung

Praktische Anwendung mit MINITAB und JMP
ISBN 978-3-446-43217-8

Johann Wappis
Berndt Jung
Stefan Schweißer

Six Sigma anwenden

Null-Fehler-Management in der Praxis

7., aktualisierte und erweiterte Auflage

Praxisreihe Qualität
Herausgegeben von Kurt Matyas

HANSER

Die Autoren:

Dipl.-Ing. Dr. Johann Wappis

Vorstand von StEP-Up – Unternehmensplattform zur Steigerung von Effektivität und Produktivität, selbstständiger Trainer und Coach sowie Lektor an mehreren Hochschulen

Dipl.-Ing. Dr. Berndt Jung

Geschäftsführer der Jung + Partner Management GmbH, Vorstand von StEP-Up – Unternehmensplattform zur Steigerung von Effektivität und Produktivität und Lektor an mehreren Hochschulen

Dipl.-Ing. Stefan Schweiß

ist Managing Partner und Produktmanager für die Fachthemen „Werkzeuge zur Produkt- und Prozessoptimierung“ und „Six Sigma“ bei der Jung + Partner Management GmbH sowie Lektor an mehreren Hochschulen



Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek:

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-446-47674-5

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

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Alle in diesem Buch enthaltenen Verfahren bzw. Daten wurden nach bestem Wissen dargestellt. Dennoch sind Fehler nicht ganz auszuschließen.

Aus diesem Grund sind die in diesem Buch enthaltenen Darstellungen und Daten mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Autoren und Verlag übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und werden keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Art aus der Benutzung dieser Darstellungen oder Daten oder Teilen davon entsteht.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Einwilligung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung – mit Ausnahme der in den §§ 53, 54 UrhG genannten Sonderfälle –, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

© 2023 Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, München

www.hanser-fachbuch.de

Lektorat: Lisa Hoffmann-Bäumli

Herstellung: Carolin Benedix

Satz: Eberl & Koesel Studio, Kempten

Coverconcept: Marc Müller-Bremer, Rebranding, München, Germany

Coverrealisierung: Max Kostopoulos

Druck und Bindung: CPI books GmbH, Leck

Printed in Germany

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 Leitfadens 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-Bäuml, 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, \bar{x})	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	Zufallsstrebereich (ZB).....	63
3.6.1	Zufallsstrebereich für diskrete Merkmale	64
3.6.2	Zufallsstrebereich für kontinuierliche Merkmale.....	65
3.6.2.1	Zufallsstrebereich für den arithmetischen Mittelwert	65
3.6.2.2	Zufallsstrebereich 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	Datenerlegung	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 Bedienerinfluss	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-Möglichkeits- 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

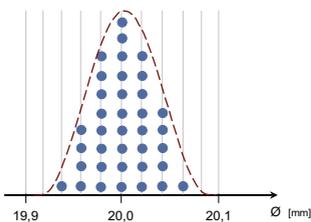
Das Hauptziel von Six Sigma ist die Verbesserung von Produkten und Prozessen. Unternehmen müssen Umsätze erzielen und vor allem Gewinne erwirtschaften. In einem sich ständig verschärfenden Wettbewerb ist es daher notwendig, Produkte und Leistungen in besserer Qualität, in kürzerer Zeit und zu geringeren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

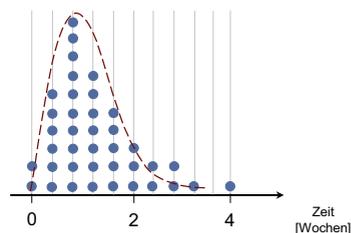
Allgemein formuliert ist ein Prozess eine Reihe von Tätigkeiten, die immer wieder durchlaufen werden und Einsatzfaktoren in Produkte oder Leistungen umwandeln. Einsatzfaktoren tragen zur Leistungserstellung bei und sind zum Beispiel Material, Maschinen und auch die menschliche Arbeit. Im Fokus der Optimierung 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.

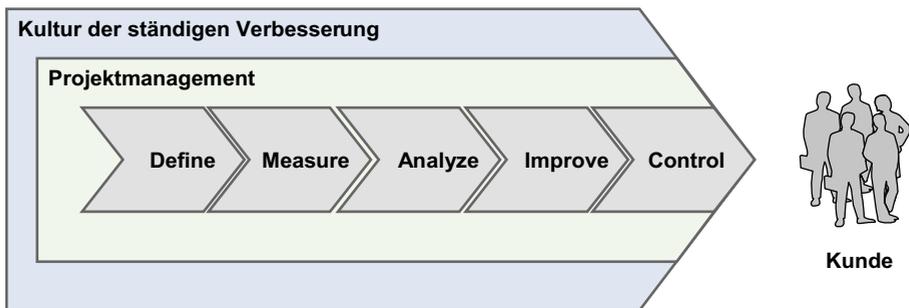


Bild 1-2 Der konzeptionelle Rahmen von Six Sigma

- 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.

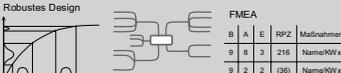
Projektmanagement				
Phase	Ziel	Hauptaufgaben	Werkzeuge	Ergebnisse
 Define	<ul style="list-style-type: none"> - Verbesserungsprojekt definieren 	<ul style="list-style-type: none"> - Ausgangssituation beschreiben - Prozessüberblick schaffen - Kunden und deren Forderungen ermitteln - Projekt definieren 		<ul style="list-style-type: none"> - Überblick über die zu verbessernde Situation - klar definierte Kundenanforderung - unterzeichneter Projektauftrag
 Measure	<ul style="list-style-type: none"> - Ist-Zustand ermitteln 	<ul style="list-style-type: none"> - Prozess detaillieren - Vorhandene Daten interpretieren - Daten erfassen und auswerten - Eignung des Prüfsystems sicherstellen - Prozessleistung ermitteln 		<ul style="list-style-type: none"> - auf Fakten basierendes Verständnis für die zu verbessernde Situation
 Analyze	<ul style="list-style-type: none"> - Relevante Ursachen identifizieren 	<ul style="list-style-type: none"> - Mögliche Haupteinflussgrößen identifizieren - Ursachen-Wirkungs-Zusammenhänge ermitteln und darstellen 		<ul style="list-style-type: none"> - nachgewiesene Zusammenhänge zwischen Ursachen und Wirkungen
 Improve	<ul style="list-style-type: none"> - Lösung entwickeln und erproben 	<ul style="list-style-type: none"> - Lösungsvarianten entwickeln - Lösungen bewerten und Lösung auswählen - ausgewählte Lösung erproben und Wirksamkeit nachweisen - Implementierung planen 		<ul style="list-style-type: none"> - optimierte und erprobte Lösung - Freigabe für die Implementierung
 Control	<ul style="list-style-type: none"> - optimierte Lösung implementieren und nachhaltig absichern 	<ul style="list-style-type: none"> - Lösung organisatorisch verankern - Verbesserung nachhaltig absichern - Projekt abschließen 		<ul style="list-style-type: none"> - verbesserter Zustand nachhaltig abgesichert und vom Prozesseigner übernommen - bewertete Verbesserungen und Einsparungen - formaler Projektabschluss

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 SPC Kurve in Bild 1-4 zeigt einen

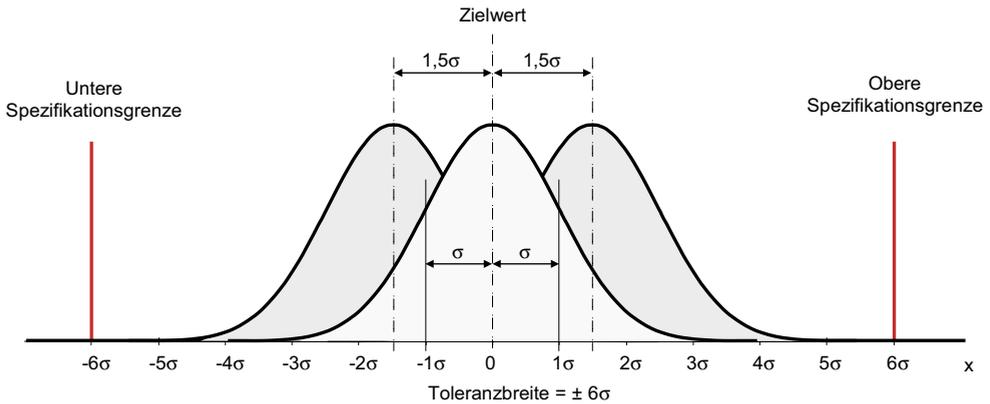


Bild 1-4 Der Six Sigma-Prozess (nach der Definition von Motorola)

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.

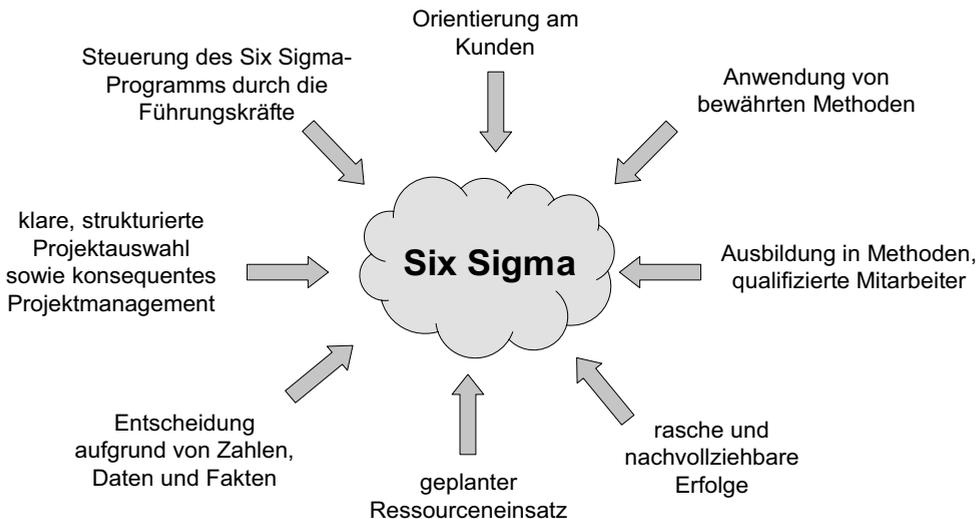


Bild 1-5 Die Erfolgsfaktoren für Six Sigma

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	<ul style="list-style-type: none"> ■ hält den optimierten Zustand im Tagesgeschäft aufrecht 	Ausbildung im Umfang von 0,5 Trainingstagen
Yellow Belt	<ul style="list-style-type: none"> ■ 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	<ul style="list-style-type: none"> ■ 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	<ul style="list-style-type: none"> ■ 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	<ul style="list-style-type: none"> ■ 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: <ul style="list-style-type: none"> ■ Organisatorische Verankerung von Six Sigma, Veränderungsmanagement ■ Train the Trainer ■ Vertiefung in den eingesetzten Werkzeugen
Champion	<ul style="list-style-type: none"> ■ 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.

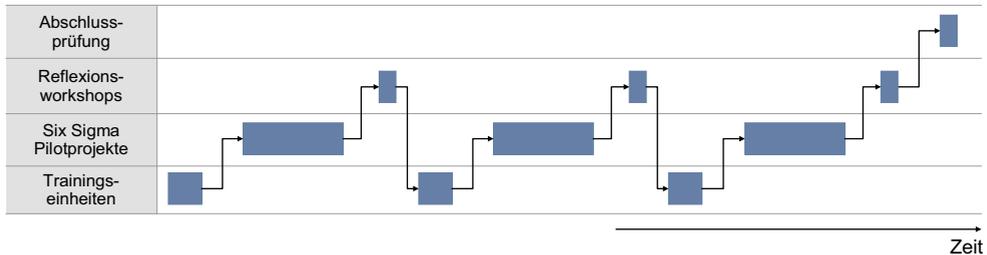


Bild 1-6 Beispiel für ein Qualifikationsprogramm zum Six Sigma-Green Belt

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.



Vertiefung zu diesem Abschnitt

Für die weitere Vertiefung zu diesem Abschnitt wird vor allem [1] und [2] empfohlen. [1] gehört zu den ersten Büchern über Six Sigma in deutscher Sprache und gibt einen sehr guten Überblick. [2] wird als Vertiefung empfohlen. Die darin enthaltenen Fallstudien und Erfahrungsberichte liefern eine Vielzahl von Tipps und Ideen für die Einführung von Six Sigma.

Daneben sei auch auf Artikel in Fachzeitschriften verwiesen. Besonders hilfreich ist die Möglichkeit, online in Archiv der Zeitschrift „Qualität und Zuverlässigkeit“ zu recherchieren. Dieses enthält viele Erfahrungsberichte zum Themengebiet Six Sigma (www.qz-online.de).

Literatur

- [1] *Magnusson K., Kroslid D., Bergman B.:* Six Sigma umsetzen, 2. Auflage, Carl Hanser Verlag, München, 2004
- [2] *Töpfer A. (Hrsg.):* Six Sigma, Konzeption und Erfolgsbeispiele für praktizierte Null-Fehler-Qualität, 3. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2004
- [3] *Rath & Strong Management Consultants (Hrsg.):* Rath & Strongs Six Sigma Pocket Guide, 1. Auflage, TÜV-Verlag, Köln, 2002
- [4] *Rehbehn R., Yurdakul Z. B.:* Mit Six Sigma zu Business Excellence, 1. Auflage, Publicis Corporate Publishing, Erlangen, 2003
- [5] *Eckes G.:* The Six Sigma Revolution, John Wiley & Sons, New York, 2001
- [6] *McElhiney G.:* Hüben wie drüben? Six Sigma sollte nicht blind aus Amerika übernommen werden, in: *Qualität und Zuverlässigkeit*, Jg. 47 (2002), S. 300-302
- [7] *Bergbauer A. K.:* Six Sigma in der Praxis, 1. Auflage, Expert Verlag, Renningen, 2004

2

Management von Six Sigma-Projekten

Verbesserungen werden meist unter Zeitdruck und Ressourcenknappheit durchgeführt. Daher hat in vielen Fällen die sofortige Umsetzung von Verbesserungsmaßnahmen Priorität gegenüber der Projektplanung und Projektorganisation.

Bei kleinen, überschaubaren Problemstellungen, die ohne Durchführung eines Projektes technisch, terminlich und wirtschaftlich effizient gelöst werden können, ist dies der richtige Weg. Sobald man jedoch umfangreichere Verbesserungsvorhaben startet, in die mehrere Fachbereiche einzubinden sind, ist ein systematisches Vorgehen unumgänglich.

Umfangreichere Verbesserungsvorhaben müssen daher in Form von Projekten abgewickelt werden. Dazu wird man die bestehenden Projektmanagementwerkzeuge adaptieren. Der folgende Abschnitt widmet sich den Projektmanagementwerkzeugen, die zur Abwicklung von Six Sigma-Projekten Verwendung finden.

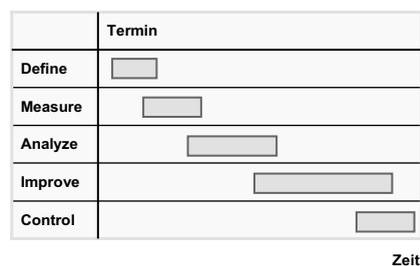
2.1 Auswahl der richtigen Projekte

Die im Unternehmen zur Verfügung stehenden Ressourcen sind begrenzt und müssen daher zielgerichtet eingesetzt werden. Das bedeutet, aus den vielen Ideen für Verbesserungsprojekte die besten Vorschläge auszuwählen. In der Praxis beschäftigt man sich leider häufig nicht mit den Themen, die dem Unternehmen den größten Nutzen bringen.

1. Auswahl der richtigen Projekte



2. Konsequente Abwicklung der Projekte



$$\text{Güte der Projektauswahl} \times \text{Güte der Projektabwicklung} = \text{Erfolg des Programms}$$

Bild 2-1 Kriterien für den Erfolg des Six Sigma-Programms

Der Erfolg des Six Sigma-Programms hängt von der Güte der Projektauswahl und der Güte der Projektabwicklung ab. Aufgabe des Managements ist es, die notwendigen Rahmenbedingungen dafür zu schaffen.

Projektauswahl:

Idealerweise verfügt das Unternehmen ständig über einen Pool an Ideen für Six Sigma-Projekte. Die Quellen dafür sind vielfältig:

- Unternehmenskennzahlen, Balanced Scorecard
- Gespräche mit Kunden, Reklamationen von Kunden
- Benchmarks
- Verbesserungsvorschläge von Mitarbeitern
- interne oder externe Audits
- usw.

Diese Ideen werden grob nach erforderlichlichem Aufwand und erwartetem Nutzen bewertet. Wenn es gelingt, jene Projekte herauszufiltern, die dem Unternehmen bei geringstem Aufwand den größten Nutzen bringen, wird man insgesamt den größten Erfolg erzielen. Je nach verfügbaren Ressourcen werden dann nach und nach die Projekte aus diesem Pool in der Organisation eingelastet.

An dieser Stelle kann bereits ein erster wichtiger Fehler gemacht werden. Das Unternehmen verfügt über keinen Pool an Ideen, welche zur Auswahl stehen. Projekte werden spontan, meist aus einem konkreten Anlass heraus, gestartet. Häufig werden diese Projekte dann auch nicht richtig gestartet. Insbesondere werden nicht die erforderlichen Rahmenbedingungen geschaffen. Zu viele Projekte werden gleichzeitig in die Organisation eingelastet. Es wird nicht berücksichtigt, dass die Ressourcen gar nicht zur Verfügung stehen.

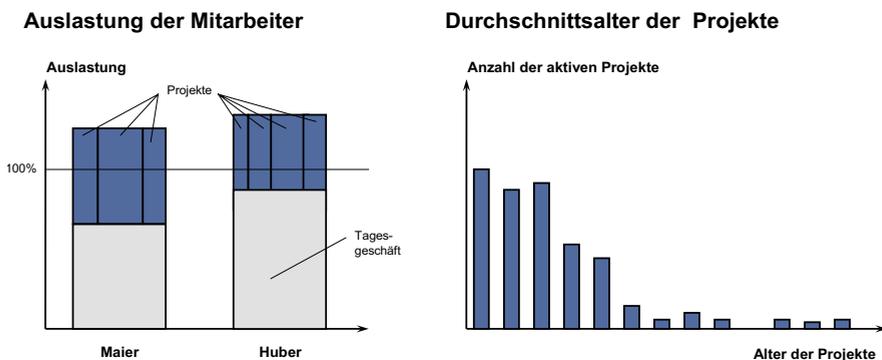


Bild 2-2 Zielgerichteter Ressourceneinsatz durch Management der Projekte

Bild 2-2 stellt diese Situation dar. Mitarbeiter werden neben ihrem Tagesgeschäft noch zusätzlich auch in Projekte eingebunden. Aufgrund mangelnder Planung und Steuerung der Ressourcen werden die Mitarbeiter mit zu vielen Aufgaben überladen. Arbeiten werden nicht rechtzeitig erledigt, Termine verschoben. Die Folge ist, dass Projekte im Sand verlaufen. Filtert man die Projekte nach dem Alter, so stellt man

oft fest, dass bei den älteren Projekten keine Aktivitäten mehr stattfinden. Man hat in ein Projekt investiert, das nie abgeschlossen wird. Dies ist Verschwendung der begrenzten Ressourcen.

Genau an diesem Punkt setzt Six Sigma an. Nur wenige Projekte werden gestartet. Diese werden jedoch konsequent verfolgt und zum Abschluss gebracht. Die Kombination von gezielter Auswahl und Abwicklung der Projekte bestimmt den Erfolg.

■ 2.2 Projektabwicklung

2.2.1 Projektstrukturplan für Verbesserungsprojekte

Im Zentrum von Six Sigma stehen die nach dem DMAIC-Zyklus abzuwickelnden Verbesserungsprojekte. Die Six Sigma-Roadmap detailliert diesen Zyklus, indem jedem Verbesserungsschritt auch Hauptaufgaben und Werkzeuge zugeordnet werden. Die Hauptaufgaben in dieser Roadmap können auch als Projektstrukturplan (PSP) für das Verbesserungsprojekt verstanden werden. Der Projektstrukturplan ist eine Gliederung der Gesamtaufgabe in plan- und überwachbare Teilaufgaben.

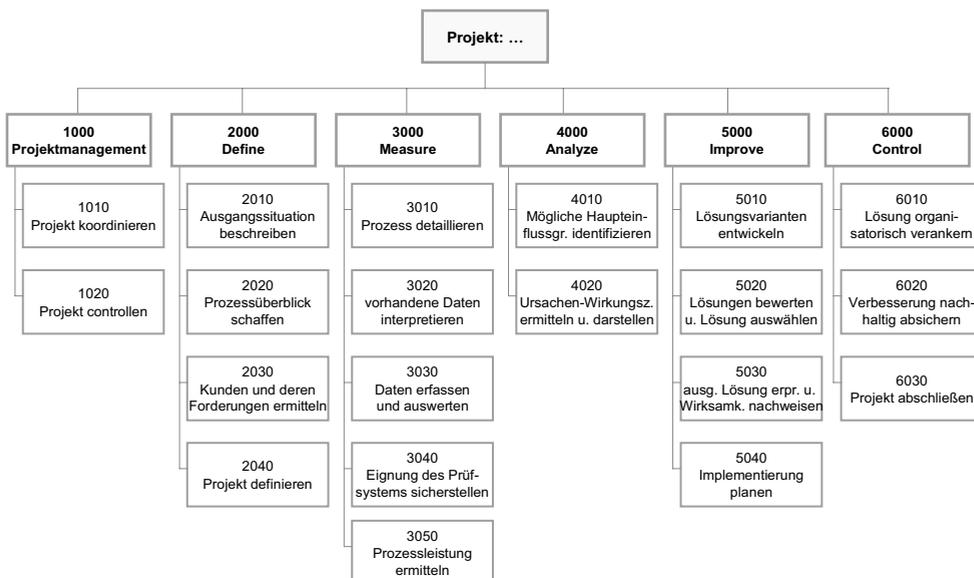


Bild 2-3 Projektstrukturplan für die Abwicklung von Six Sigma-Projekten

Diese Gliederung bildet zunächst die Struktur für die Planung des Verbesserungsprojektes. Anhand der Arbeitspakete werden die notwendigen Aufgaben und Ressourcen sowie die damit verbundenen Kosten abgeschätzt. Ebenso erfolgt die Terminplanung auf Basis dieser Struktur.

Vor allem die Abwicklung des Projektes orientiert sich an den Hauptaufgaben. Dies darf jedoch nicht als sequentielles Abarbeiten der Teilaufgaben verstanden werden. Häufig greifen die Hauptaufgaben ineinander.

Das regelmäßige Projektreporting, bei dem der Status der laufenden Projekte präsentiert wird, orientiert sich üblicherweise an den fünf Six Sigma-Phasen. Durch die einheitliche Struktur können sich die Führungskräfte rasch einen Überblick über den Status des Projektes verschaffen.

Der besondere Vorteil dieser Struktur liegt letztendlich in der Standardisierung. Nur wenn beim Verbessern immer gleich vorgegangen wird, bekommt die gesamte Organisation die notwendige Routine. Notwendige Schritte werden nicht vergessen.

2.2.2 Projektauftrag

Der Projektauftrag (Project Charter) ist eine Vereinbarung zwischen dem Auftraggeber und dem Projektleiter. Darin werden vor allem Ziele, Rahmenbedingungen und Ressourcen für das Verbesserungsprojekt definiert. Bild 2-4 zeigt ein Beispiel für einen Projektauftrag.

Beschreibung des Verbesserungspotenzials / Auslöser für das Projekt

Die Ausgangssituation bzw. das Problem wird wertneutral beschrieben. Dies bringt Aufklärung über die Vorgeschichte bis zur Entstehung des Projektes und ist wesentliche Grundlage für eine realistische Festlegung von Zielen.

Projektziele

Projektziele beschreiben den Zustand, der am Ende des Projektes vorliegen soll, in Form von überprüfbar Resultaten. Die zur Erlangung dieses Zustandes notwendigen Maßnahmen sind nicht Teil der Zielformulierung.

Projektziele müssen *SMART* sein. Der Begriff *SMART* unterstützt als Denkhilfe bei der Erarbeitung von Zielsetzungen.

- spezifiziert (so konkret wie möglich definiert)
- messbar
- ambitioniert (sie sollen herausfordern)
- realistisch (sie sollen aber auch erreichbar sein)
- terminiert

Für die Akzeptanz der Ziele ist die Einbindung des Teams in die Festlegung der Ziele erforderlich.

Nicht jedes Ziel ist quantifizierbar. Die „Erhöhung eines Marken-Images“ ist objektiv nur sehr schwer nachprüfbar, kann aber trotzdem ein sinnvolles Ziel sein. Bei solchen Zielen handelt es sich um qualitative Ziele. Die verbal formulierte Zielsetzung dient als Ausgangspunkt für eine zielorientierte Diskussion über notwendige Initiativen und Ergebnisse. Als Basis für die Verbesserungsarbeit sind quantifizierte Ziele den qualitativen Zielen vorzuziehen.

Muster GmbH	Six Sigma - Projektauftrag			Projektname: Prozessoptimierung P500 Projektnummer: P 20xx-08 Änderungsstand: 20xx-03-18	
Beschreibung des Projektes					
Beschreibung des Verbesserungspotentials / Auslöser für das Projekt					
Hohe Ausschuss-Kosten, Anlagenstillstände & Reparaturaufwand bei Presse P 500. Durch den Kapazitätsausfall entstehen laufend Lieferrückstände zum Kunden. Eine Verbesserung des Zustandes ist in der Vergangenheit nur teilweise gelungen, es erfolgte allerdings auch keine konzentrierte Bearbeitung dieses Problems.					
Projektziele	Kennzahl	Aktueller Stand	Zielwert		
Reduktion des Ausschusses	Stück / Jahr	23.500	2.500		
Reduktion der Stillstandszeiten	Stunden / Jahr	ca. 320	50 (-84%)		
Reduktion des Reparaturaufwandes	Stunden / Jahr	ca. 120	30 (-75%)		
Rahmenvorgaben	Risiken / Schwierigkeiten / Barrieren:				
Falls Anlagenumbau notwendig: nur im Betriebsurlaub möglich! Stückzahlsteigerung ab Oktober kann Kapazitätsengpass bringen!	Ressourcenengpass im Bereich Instandhaltung durch Aufbau Presse P503				
Nichtziele	Nachprojektphase:				
Eine Erhöhung der Hubzahl der Presse ist nicht Umfang des Projektes.	Transferieren der Erkenntnisse auf die Pressen P501 und P502				
Zusammenhang zu anderen Projekten	Zusammenhang zur Unternehmensstrategie				
Serienanlauf XG-700 ist zu beachten (Terminabstimmung, Ressourcen)	Projekt ist Bestandteil der Offensive "Produktivität +20%"				
Projektorganisation					
Funktion im Projekt	Name / Funktion im Unternehmen	Telefon	e-mail	Vertreter	
Projektleiter	Hans Wulz / Prozesstechnik	200	hans.wulz@muster.com	Manfred Pichler	
Produktion	Dietrich Maier / Einsteller	300	dietrich.maier@muster.com	Erwin Schuster	
Produktionsplanung	Werner Mast / Anlagenbeschaffer	321	werner.mast@muster.com	Erwin Schuster	
Instandhaltung	Erna Winkel / Instandhalterin	387	erna.winkel@muster.com	Fritz Stein	
Qualitätsmanagement	Karin Dunst / Messtechnikerin	802	karin.dunst@muster.com	Karin Erhard	
Logistik	Gerhard Müller / Logistikplaner	723	gerhard.mueller@muster.com	Jürgen Huber	
Controlling	Herbert Baum / Produktionscontroller	182	herbert.baum@muster.com	Andreas Bauer	
Projekt-Meilensteine					
Projektstart:	23.02.20xx	Abschluss Measure:	20.04.20xx	Abschluss Improve:	21.07.20xx
Abschluss Define:	20.03.20xx	Abschluss Analyze:	20.06.20xx	Abschluss Control:	10.09.20xx
Einsparungen, Kosten, Nettoerfolg					
A: geplante Einsparungen (erste zwölf Monate ab Implementierung): € 138.420					
B: geplante Projektkosten inkl. Investitionen: € 48.340					
C = A - B: geplanter Netto-Erfolg: € 90.080					
<small>Anmerkungen: Einzelheiten siehe Blatt Finanzplanung & Verfolgung</small>					
Beauftragung zur Projektdurchführung					
<i>G. Huber</i> 19.3.20xx Projektauftraggeber	<i>H. Wulz</i> 18.3.20xx Projektleiter	<i>H. Baum</i> 18.3.20xx Controller			

Bild 2-4 Beispiel für einen Projektauftrag

Rahmenvorgaben

Rahmenvorgaben legen Bedingungen fest, die vom Projektteam bei der Projektarbeit zu berücksichtigen sind. Häufig wird zum Beispiel bei Optimierungsprojekten in der Produktion der Wechsel eines Rohstofflieferanten von vornherein ausgeschlossen.

Nichtziele

Eine klare Abgrenzung des Projektumfanges erfolgt durch die Festlegung von Nichtzielen. Mit Hilfe von Nichtzielen definiert man Leistungen, die nicht Umfang des Projektes sind. Damit wird ein unbeabsichtigtes Ausufern des Projektumfanges vermieden. Ebenso ist es möglich, Graubereiche bewusst auszuschließen.

Risiken / Schwierigkeiten / Barrieren

Risiken, Schwierigkeiten und Barrieren können dazu führen, dass die gesteckten Projektziele nicht erreicht werden. Daher muss man sich mit ihnen befassen und planend und steuernd auf sie eingehen.

Zusammenhang mit anderen Projekten

Möglicherweise ist es notwendig, das Projekt im Kontext mit anderen Projekten zu betrachten. Zum einen kann es sein, dass andere Projekte die verfügbaren Ressourcen für das Projekt beschränken. Andererseits ist es in manchen Fällen notwendig, bei bestimmten Aktivitäten auf diese Projekte Rücksicht zu nehmen.

Nachprojektphase

In manchen Fällen werden bereits bei Projektstart Aktivitäten oder auch Projekte definiert, welche nach dem Abschluss des Projektes umgesetzt werden. Diese müssen beschrieben werden, damit das Projektteam darauf Rücksicht nehmen kann. Zum Beispiel könnte die Optimierung einer Produktionslinie Gegenstand des Six Sigma-Projektes sein und die Übertragung der Erfahrungen auf die anderen Linien in die Nachprojektphase fallen.

Zusammenhang mit der Unternehmensstrategie

Im Allgemeinen ist der Zusammenhang mit der Unternehmensstrategie und zu den Unternehmenszielen über die zu erzielenden Einsparungen gegeben. In besonderen Fällen kann es sein, dass das Six Sigma-Projekt Bestandteil eines Programms ist. Ebenso kommt es vor, dass ein Six Sigma-Projekt aus strategischen Überlegungen gestartet wird und der Nutzen für das Unternehmen nur schwer quantifizierbar ist (z. B. Umstellung eines Prozesses auf eine umweltfreundlichere Variante).

Projektorganisation

Die Benennung des Projektteams schafft Klarheit darüber, welche Mitarbeiter aus der Stammorganisation zumindest für einen Teil ihrer Zeit dem Verbesserungsprojekt zur Verfügung stehen und welche Rolle sie im Projektteam übernehmen.

Wichtige Funktionen im Six Sigma-Projektteam sind

- **Projektauftraggeber:** Im Idealfall ist der Projektauftraggeber auch gleichzeitig der Eigner des zu optimierenden Prozesses.
- **Projektleiter:** Dies ist ein zu Six Sigma qualifizierter Mitarbeiter, der auch einen Bezug zu dem zu optimierenden Prozess haben sollte.
- **Prozessexperten:** Dies sind Mitarbeiter mit Fachwissen über den zu verbessernden Prozess.
- **Fachexperten:** Mitarbeiter aus unterstützenden Bereichen, wie Werkzeugbau, Instandhaltung, Messtechnik, etc. sind entweder ständiges Projektteammitglied oder werden nach Bedarf hinzugezogen.
- **Controlling:** Ein Mitarbeiter des Controllings ist üblicherweise nicht ständiges Projektteammitglied. Er wird bei Projektstart und Projektabschluss zur Unterstützung bei der Berechnung und Verifizierung der Einsparungen eingebunden.

In der Literatur findet man manchmal auch die Trennung von Projektleiter und Six Sigma-Experte. Dies wird jedoch nicht empfohlen.

Die Auswahl der entsprechenden Teammitglieder ist ein wesentlicher Erfolgsfaktor für die Projekte. Dies betrifft die Anzahl wie auch die Qualifikation der Mitglieder. Bezüglich der Anzahl muss darauf geachtet werden, dass einerseits die notwendigen Funktionen im Team vertreten sind und andererseits die Teams nicht zu groß werden. Ein Projektteam wird daher aus etwa vier bis fünf ständigen Teammitgliedern bestehen.

Die Teammitglieder werden meist vom jeweiligen Fachvorgesetzten bzw. Abteilungsleiter der Stammorganisation nominiert. Insbesondere ist dabei festzulegen, in welchem Umfang und für welche Dauer der Mitarbeiter dem Projekt zur Verfügung steht. Damit soll vermieden werden, dass während der Projektlaufzeit Mitarbeiter nicht mehr zur Verfügung stehen.

Projekt-Ecktermine und Aufgaben

Die Projekt-Ecktermine und Aufgaben werden in einem separaten Formblatt im Detail geplant und in den Projektauftrag übertragen (siehe Abschnitt 2.2.3).

Einsparungen, Kosten, Netto-Einsparung

Ebenso werden auch die Einsparungen, Kosten und Netto-Einsparungen auf einem getrennten Formblatt ermittelt und in verdichteter Form in den Projektauftrag übertragen (siehe Abschnitt 2.2.4).

Beauftragung mit der Projektdurchführung

Im Projektauftrag sind damit Ziele, alle Rahmenbedingungen und auch die notwendigen Ressourcen für das Verbesserungsprojekt vereinbart. Im Team herrscht Klarheit über die Erwartungen des Projektauftraggebers. Mit der Unterzeichnung beauftragt der Auftraggeber das Team mit der Projektdurchführung und gibt damit auch die erforderlichen Ressourcen frei.

2.2.3 Planung der Projekt-Ecktermine und Aufgaben

Die Planung der Aufgaben stellt gerade beim ersten Verbesserungsprojekt eine große Herausforderung für die Teilnehmer dar. Eine sehr gute Hilfestellung dazu bietet wiederum die Six Sigma-Roadmap bzw. der Projektstrukturplan. Orientiert man sich an den Hauptaufgaben im Projekt, so lassen sich die erforderlichen Aufgaben leichter abschätzen.

Als Werkzeug dazu bietet sich Microsoft Project an. Oft wird auch Microsoft Excel zur Darstellung der Terminplanung verwendet, da die Mitarbeiter im Umgang mit Excel meist routinierter sind. Bild 2-5 zeigt ein Beispiel dafür.

Bei den Folgeprojekten gelingt es aufgrund der Erfahrung schon leichter, die notwendigen Aufgaben und die Projekt-Ecktermine zu planen.

2.2.4 Kostenplanung und -verfolgung

Ausgehend von der Aufgabenplanung werden die bei der Abwicklung des Projektes anfallenden Kosten abgeschätzt. Dazu bietet sich eine Unterteilung in Personalkosten, Materialkosten, Anlagenkosten, externe Kosten, Investitionen und weitere Kosten an. Auf Grundlage der solchermaßen für das Projekt geplanten Ressourcen kann ihre Verfügbarkeit mit den Führungskräften abgestimmt werden.

Muster GmbH		Planung & Verfolgung von Einsparungen und Kosten					Projektname: Prozessoptimierung P500 Projektnummer: P 20xx-08 Änderungsstand: 20xx-11-15		
Verbesserungen & Einsparungen									
Art der Verbesserungen	Kennzahl	Ausgangszustand	Zielwert	erreichter Wert	Einsparung pro Einheit	Plan	Ist	Abweichung	Bemerkung
Reduktion des Ausschusses Teil A	Stück / Jahr	12.000	1.200		3,7	39.960 €			
Reduktion des Ausschusses Teil B	Stück / Jahr	8.000	800		3,2	23.040 €			
Reduktion des Ausschusses Teil C	Stück / Jahr	3.500	500		4,8	14.400 €			
Reduktion der Stillstandszeiten	Std. / Jahr	320	50		210	56.700 €			
Reduktion des Reparaturaufwandes	Std. / Jahr	120	30		48	4.320 €			
Summe						138.420 €			
Kosten									
Personalkosten	Einheit	Einheiten geplant	Einheiten Ist	Kosten pro Einheit	Plan	Ist	Abweichung	Bemerkung	
Projektleiter	Stunden	230		45	10.350 €				
Produktion	Stunden	130		45	5.850 €				
Produktionsplanung	Stunden	90		45	4.050 €				
Instandhaltung	Stunden	60		45	2.700 €				
Qualitätsmanagement	Stunden	50		45	2.250 €				
Logistik	Stunden	40		45	1.800 €				
Controlling	Stunden	10		45	450 €				
Summe					27.450 €				
Materialkosten	Einheit	Einheiten geplant	Einheiten Ist	Kosten pro Einheit	Plan	Ist	Abweichung	Bemerkung	
Versuchsteile	Stück	100		5,2	520 €				
Spezialteile	Stück	100		1,3	130 €				
Summe					650 €				
Anlagenkosten	Einheit	Einheiten geplant	Einheiten Ist	Kosten pro Einheit	Plan	Ist	Abweichung	Bemerkung	
Presse P500	Stunden	36		210	7.560 €				
Summe					7.560 €				
Investitionen	Einheit	Einheiten geplant	Einheiten Ist	Kosten pro Einheit	Plan	Ist	Abweichung	Bemerkung	
Änderungen am Transportsystem					3.000 €				
Umbau an der Presse					5.800 €				
Summe					8.800 €				
Weitere Kosten	Einheit	Einheiten geplant	Einheiten Ist	Kosten pro Einheit	Plan	Ist	Abweichung	Bemerkung	
Analysen externes Werkstoff-Labor	Stunden	5		116	580 €				
Reisekosten					500 €				
Ausbildung der Maschinen-Bediener	Stunden	80		35	2.800 €				
Summe					3.880 €				
Gesamtkosten					48.340 €				
Netto-Erfolg (Net-Benefit)									
Netto-Erfolg (12 Monate)						90.080 €			

Bild 2-6 Beispiel für die Kostenplanung und -verfolgung

2.2.5 Projektcontrolling

Während der Projektabwicklung können unvorhergesehene Ereignisse, wie Änderungen der Zielsetzung oder Störungen auftreten. Ebenso ist es möglich, dass der geplante Projektablauf durch Planungsfehler nicht eingehalten werden kann.

Unter Projektcontrolling versteht man nun die laufende Überwachung des Projektes hinsichtlich Ergebnissen, Terminen und Kosten, verbunden mit der Umsetzung von Korrekturmaßnahmen bei Abweichungen vom Plan.

Controlling des Einzelprojektes durch den Projektleiter

Die Hauptaufgabe hinsichtlich des Projektcontrollings fällt dem Projektleiter zu. Er wird laufend den aktuellen Projektstatus mit dem Planungsstand abgleichen und bei Abweichungen Korrekturen durchführen.

Controlling des Projektportfolios im Zuge der Projektreviews

Eine weitere wichtige Controlling-Funktion übernimmt das Projektportfolio-Controlling. Darunter versteht man die Überwachung von Ergebnissen, Terminen und Kosten für alle laufenden Projekte. Üblicherweise werden zu festgelegten Zeitpunkten alle laufenden Six Sigma-Projekte einem Projektsteuerkreis präsentiert. Dieser Projektsteuerkreis wird meist aus den Projektauftraggebern und dem Master Black Belt gebildet.

Es hat sich bewährt, dass der Terminplan zu einem Signalbericht erweitert wird (wie in Bild 2-5 dargestellt). Damit kann dem Projektsteuerkreis auf einer Seite ein Überblick über den Status des Projektes gegeben werden.

Dieses Projektportfolio-Controlling hat zwei wichtige Funktionen:

- Information an den Projektsteuerkreis über den Status der Projekte

Der Projektsteuerkreis verschafft sich einen Überblick über den Stand der laufenden Six Sigma-Projekte. Probleme in einzelnen Projekten können erkannt werden. Die Zweckmäßigkeit des gesamten Projektportfolios kann bewertet werden. Mögliche neue Projekte und auch eventueller Handlungsbedarf für das gesamte Six Sigma-Programm können identifiziert werden.

- Einfordern von Unterstützung durch die Leitung

Aufgabe des Projektsteuerkreises ist es, die notwendigen Rahmenbedingungen für eine erfolgreiche Projektarbeit zu schaffen. Daher muss der Projektleiter diese Reportings auch nützen, wenn Probleme auftreten, die durch das Projektteam selbst nicht mehr gelöst werden können. Er muss bei Bedarf die notwendige Unterstützung durch die Leitung einfordern. Häufig betrifft dies die Verfügbarkeit von Ressourcen aus den Fachbereichen.

Daneben finden meist häufigere und oft auch informelle Abstimmungen zwischen dem Projektleiter und dem Projektauftraggeber statt. Verändert sich der Projektinhalt in großem Umfang, dann wird man mit dem Auftraggeber eine Neubewertung des Projektes durchführen. Zum Beispiel könnte man im Zuge der Projektarbeit feststellen, dass zur Erreichung der Projektziele ein kostenintensiver Umbau einer Anlage notwendig ist.

Im Einzelfall können solche Änderungen bis zum Abbruch des Projektes reichen. Stehen zum Beispiel durch eine geänderte Prioritätenreihung die Personalressourcen aus einem Fachbereich nicht mehr zur Verfügung, wird man das Projekt stoppen und eventuell später wieder aufsetzen. Es wäre Verschwendung, wenn einzelne Bereiche an diesem Projekt weiterarbeiten würden.

2.2.6 Projektkommunikation

Die Projektkommunikation umfasst vor allem Projekt-Kick-off-/Projektabschluss-Meeting, Einzelgespräche, Projektbesprechungen und -workshops, sowie die Projektreportings.

Die Projektbesprechungen sind ein zentrales Führungsinstrument. Informationen werden ausgetauscht, Entscheidungen werden getroffen, Maßnahmen und Ziele werden vereinbart, das Ergebnis wird abgestimmt.

Bei den Projektbesprechungen werden auch Maßnahmen definiert, welche die Projektteammitglieder selbstständig abarbeiten. Zur Verfolgung dieser Maßnahmen bietet sich eine einfache Liste an, wie z. B. in Bild 2-7 dargestellt.

Muster GmbH		Six Sigma - Maßnahmenverfolgung					Projektname: Prozessoptimierung P500 Projektnummer: P 20xx-08 Änderungsstand: 20xx-04-21	
Nr.	Phase	Maßnahme	zuständig	Zieltermin	Erledigungsgrad	Erledigungstermin	Ergebnis, Anmerkungen, Verweise	
1	M	Ausschuss nach Art und Häufigkeit erfassen	Wulz	02.04.20xx	100%	02.04.20xx		
2	M	Schichtaufzeichnungen zu Störungen auswerten	Schuster	03.04.20xx	50%			
3								
4								
5								

Bild 2-7 Maßnahmenverfolgungsliste zur Unterstützung der Projektkommunikation

2.2.7 Projektdokumentation

Bild 2-8 zeigt eine Laufwerksstruktur, die sich an den Six Sigma-Phasen orientiert. Mit dem Projektstart sollte für jedes Projekt eine solche Laufwerksstruktur angelegt werden. Dies erleichtert die Arbeit im Projektteam und ermöglicht es, auch nach Projektabschluss rasch auf die Erfahrungen und Daten aus diesem Projekt zuzugreifen.

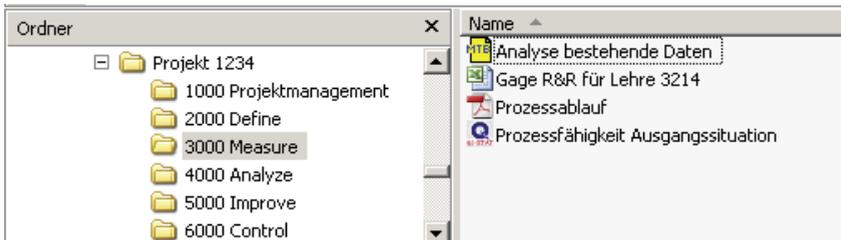


Bild 2-8 Beispiel für eine projektbezogene Laufwerksstruktur

2.2.8 Projektabschluss

So wie jedes Projekt formell gestartet werden sollte, sollte es auch formell wieder abgeschlossen werden. Damit wird sichergestellt, dass alle Arbeiten im Verbesserungsprojekt fertig gestellt werden und die Projektergebnisse nach Projektabschluss aufrecht bleiben. Es darf nicht vorkommen, dass das Projekt gegen Ende im Sand verläuft. Manche Mitarbeiter sehen das Projekt als beendet an und nehmen auch nicht mehr an den Besprechungen teil. Andere Mitarbeiter versuchen noch, die aus ihrer Sicht offenen Aufgaben abzuarbeiten.

Manchmal wird die Abschlusspräsentation zu einem Kurzbericht zusammengefasst. Dadurch wird es möglich, bei neuen Six Sigma-Projekten rasch festzustellen, ob bereits Erfahrungen in vergleichbaren Problemstellungen vorliegen.

Projektabschlussbericht / Projektübergabe

Muster GmbH	Six Sigma - Projektabschlussbericht				Projektname: Prozessoptimierung P500 Projektnummer: P 20xx-08 Änderungsstand: 20xx-11-15	
Zusammenfassung						
Erfüllung der Projektziele:		technische Ziele: grün	wirtschaftliche Ziele: grün	Terminziele: gelb		
Zur Verbesserung trugen hauptsächlich eine Hilfe bei der Bleicheinführung, ein verbessertes Transfersystem sowie eine geänderte Abstimmung des Presswerkzeuges bei.						
Technische Zielerreichung						
Projektziele	Kennzahl	Ausgangs-Zustand	Zielwert	Erreichter Wert	Verbesserung	
Reduktion des Ausschusses	Stück / Jahr	23.500	2.500	1.800	21.700	92%
Reduktion der Stillstandszeiten	Std. / Jahr	ca. 320	50 (-84%)	60	260	81%
Reduktion des Reparaturaufwandes	Std / Jahr	ca. 120	30 (-75%)	40	80	67%
Anmerkungen zur Zielerreichung: Die Ausschuss-Reduktion kann über die bisher laufenden Produktionen nachgewiesen werden, die tatsächlichen Verbesserungen betreffend Reparaturaufwand und Stillstandszeiten werden laufend verfolgt.						
Termine						
	Abschluss Measure	Abschluss Analyze	Abschluss Improve	Abschluss Control		
geplant:	20.04.20xx	20.06.20xx	21.07.20xx	10.09.20xx		
realisiert:	02.05.20xx	30.06.20xx	15.10.20xx	15.11.20xx		
Anmerkungen:	leichte Terminschwierigkeiten wegen Ausfall von Herrn Maier		Umbau konnte nicht im geplanten Betriebsurlaub erfolgen, Ersatztermin in Abstimmung mit den Kunden durch Vorlaufertigung ermöglicht			
Finanzziele						
	Kosten	davon Investitionen	Einsparungen	Netto-Einsparungen		
geplant:	48.340 €	7.000 €	138.420 €	90.080 €		
realisiert:	55.720 €	10.000 €	138.550 €	82.830 €		
Anmerkungen:	Hauptursachen: Vorlaufertigung, Ersatz für Herrn Maier		siehe technische Zielwerte			
Zusammengefasste Erfahrungen (Teamarbeit, Projektmanagement, Methodeneinsatz)						
Sehr gute Zusammenarbeit im Team, bereichsübergreifende Kooperation hervorragend, Unterstützung durch die Führungskräfte war gegeben. Konsequente Projektplanung und -verfolgung war die Basis, um trotz laufender Schwierigkeiten den Projekterfolg sicherzustellen.						
Weiterführende Maßnahmen (nach Projektabschluss)						
				zuständig	Termin	
Erkenntnisse auf andere Produkte und Pressen übertragen, vorrangig P501 und P502				G. Huber	15.02.20xx	
Reparaturaufwand und Stillstandszeiten verfolgen				U. Bauer	monatlich	
Unterschriften						
<i>G. Huber</i>		<i>H. Walz</i>		<i>H. Baum</i>		
15.11.20xx		15.11.20xx		15.11.20xx		
Projektauftraggeber		Projektleiter		Controller		

Bild 2-9 Beispiel für den Projektabschlussbericht

In der Abschlussitzung wird der Projektabschlussbericht gemeinsam mit dem Auftraggeber abgestimmt und unterzeichnet. Ein Beispiel dafür ist in Bild 2-9 dargestellt.

Die erreichten Ergebnisse und die dafür aufgewendeten Ressourcen werden analysiert und bewertet. Die Absicherung der Verbesserung in dem Prozess wird dargelegt. Sollten noch einzelne Restaufgaben offen bleiben, wird eine Liste mit diesen offenen Punkten an den Auftraggeber übergeben.



Nutzung von Lernchancen / Lessons Learned

Mit dem Abschluss des Projektes sollte sichergestellt werden, dass die gemachten Erfahrungen auch für andere Bereiche nutzbar sind. Dies muss systematisch und organisiert erfolgen, indem man zum Beispiel Richtlinien, Checklisten oder Lastenhefte ergänzt. Wenn dies in den Six Sigma-Projekten laufend erfolgt, hat man einen wichtigen Schritt zur lernenden Organisation geschafft.

Auf dieses Thema wird in der Phase Control noch im Detail eingegangen. Im Projektabschlussbericht findet sich eine Zusammenfassung der gemachten Erfahrungen.

Literatur

- [1] *Patzak G., Rattay G.*: Projektmanagement, 4. Auflage, Linde Verlag, Wien, 2004
- [2] *Magnusson K., Kroslid D., Bergman B.*: Six Sigma umsetzen, 2. Auflage, Carl Hanser Verlag, München, 2004
- [3] *Rath & Strong Management Consultants (Hrsg.)*: Rath & Strongs Six Sigma Pocket Guide, 1. Auflage, TÜV-Verlag GmbH, Köln, 2002
- [4] *Rehbehn R., Yurdakul Z.B.*: Mit Six Sigma zu Business Excellence, 1. Auflage, Publicis Corporate Publishing, Erlangen, 2003
- [5] *Bergbauer A.K.*: Six Sigma in der Praxis, 1. Auflage, Expert Verlag, Renningen, 2004
- [6] *Sterrer C., Winkler G.*: Let your projects fly, 1. Auflage, Goldegg Verlag, Wien, 2006

