

Leseprobe

Johann Wappis, Berndt Jung

Null-Fehler-Management

Umsetzung von Six Sigma

Herausgegeben von Kurt Matyas

ISBN (Buch): 978-3-446-44630-4

ISBN (E-Book): 978-3-446-44858-2

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-44630-4>

sowie im Buchhandel.

# 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 bzw. 7 STEP 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.

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

- **Microsoft Excel** ist in den meisten Unternehmen verfügbar und bei den meisten Mitarbeitern bereits bekannt.
- **Minitab** zählt zu den im Rahmen von Six Sigma-Programmen am häufigsten eingesetzten Softwarepaketen. Die besondere Stärke von Minitab liegt im Bereich der statistischen Versuchsmethodik. Unter [www.minitab.com](http://www.minitab.com) kann eine für einen Monat in vollem Umfang funktionsfähige Demo-Version heruntergeladen werden.
- **qs-STAT** wird von den Autoren vor allem für den Nachweis der Prozessfähigkeit, für die statistische Prozessregelung und den Nachweis der Fähigkeit von Prüfprozessen eingesetzt. Eine besondere Stärke dieses Programmpaketes liegt darin, dass eine Vielzahl von Vorgaben der Automobilhersteller abgebildet ist. Weitere Informationen finden Sie unter [www.q-das.de](http://www.q-das.de).

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

Internet-Adresse: [www.six-sigma-austria.at/download/nullfehler/](http://www.six-sigma-austria.at/download/nullfehler/)  
Benutzername: nullfehler  
Kennwort: management

Häufig wird das Vorgehen beim Einsatz statistischer Werkzeuge erst klarer, wenn man den Rechengang anhand eines konkreten Beispiels mit Hilfe von Excel „händisch“ nachvollzieht. Für die Umsetzung in der industriellen 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. Christian Edler, Ing. Peter Gritsch, MSc, Mag. (FH) Heinrich Rechberger, Dipl.-Ing. (FH) Gernot Schieg, MSc und Dipl.-Ing. Stefan Schweiber. Besonderer Dank gilt auch Herrn Dipl.-Ing. Gunther Spork, Mitarbeiter der Magna Powertrain, für die Durchsicht und die vielen spannenden Diskussionen zu diesem Thema. Für die vielen Anregungen und Tipps sowie die Möglichkeit, dieses Buch zu realisieren, bedanken wir uns beim Herausgeber der „Praxisreihe Qualitätswissen“, Herrn Univ.-Doz. Dr. Franz J. Brunner.

Weiters danken wir auch Herrn Jürgen Rainer und Herrn Ing. Manfred Paar für die Erstellung von Illustrationen zu diesem Buch sowie Frau Ing. Klaudia Priestersberger, MSc für die Durchsicht des Manuskripts. Nicht zuletzt gilt unser Dank auch dem Carl Hanser Verlag, vertreten durch Herrn Dipl.-Ing. Volker Herzberg, 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 [j.wappis@six-sigma-austria.at](mailto:j.wappis@six-sigma-austria.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, Jänner 2016

*Johann Wappis*

*Berndt Jung*



# Inhalt

Vorwort.....	V
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Verbesserungsprojekte zur Prozessoptimierung.....	1
1.2 Erfolgsfaktoren für Six Sigma .....	4
<b>2 Management von Six Sigma-Projekten .....</b>	<b>13</b>
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
<b>3 Grundlagen der Statistik.....</b>	<b>27</b>
3.1 Allgemeine Grundlagen .....	27
3.1.1 Häufigkeiten und Wahrscheinlichkeiten.....	29
3.1.2 Merkmalsarten .....	29
3.1.3 Aufgaben der analytischen Statistik.....	30
3.2 Verteilungsformen.....	32
3.2.1 Hypergeometrische Verteilungen .....	33
3.2.2 Binomialverteilung.....	33
3.2.3 Poisson-Verteilung .....	36
3.2.4 Normalverteilung .....	38
3.2.4.1 Standardisierte Normalverteilung.....	40
3.2.4.2 Wahrscheinlichkeitsnetz (Probability Plot) .....	45
3.2.5 Logarithmische Normalverteilung.....	47
3.2.6 Weibull-Verteilung .....	47
3.2.7 Exponentialverteilung .....	47
3.2.8 Weitere Verteilungen .....	47

3.3	Kennwerte von Stichproben.....	47
3.3.1	Kennwerte der Lage .....	48
3.3.1.1	Arithmetischer Mittelwert ( $\bar{x}$ , $\bar{x}$ ) .....	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	$\chi^2$ -Verteilung .....	53
3.4.3	F-Verteilung .....	54
3.5	Spezielle Grundlagen der Statistik .....	55
3.5.1	Zentraler Grenzwertsatz.....	55
3.5.2	Addition von Verteilungsfunktionen .....	56
3.5.3	Prüfung auf Verteilungsform .....	57
3.5.4	Anpassung der Verteilungsform.....	59
3.5.5	Transformation von Messwerten.....	60
3.5.5.1	Lineare Transformation.....	60
3.5.5.2	Nichtlineare Transformation.....	60
3.6	Zufallsstrebereich (ZB).....	62
3.6.1	Zufallsstrebereich für diskrete Merkmale .....	63
3.6.2	Zufallsstrebereich für kontinuierliche Merkmale.....	64
3.6.2.1	Zufallsstrebereich für den arithmetischen Mittelwert .....	64
3.6.2.2	Zufallsstrebereich für den Median .....	65
3.7	Vertrauensbereich (VB).....	67
3.7.1	Vertrauensbereich für den Mittelwert, falls $\sigma$ bekannt ist .....	68
3.7.2	Vertrauensbereich für den Mittelwert, falls $\sigma$ nicht bekannt ist .....	71
3.7.3	Vertrauensbereich für Streuungen .....	73
4	<b>Phase Define</b> .....	75
4.1	Ausgangssituation beschreiben .....	75
4.2	Prozessüberblick schaffen .....	76
4.3	Kunden und deren Forderungen ermitteln .....	79
4.4	Projekt definieren.....	81

<b>5</b>	<b>Phase Measure</b> .....	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	Urwertkarte (Individual Chart).....	91
5.2.1.3	Medianzyklen-Diagramm (Run Chart).....	92
5.2.1.4	Häufigkeitsdiagramme .....	93
5.2.1.5	Streudiagramme / Korrelationsdiagramme.....	95
5.2.1.6	Box Plots.....	96
5.2.1.7	Pareto-Analyse.....	97
5.2.1.8	Multi-Vari-Charts .....	98
5.2.1.9	Paarweiser Vergleich .....	102
5.2.2	Zufällige oder signifikante Unterschiede.....	103
5.3	Daten erfassen und auswerten.....	105
5.3.1	Datenschichtung.....	107
5.3.2	Datenzerlegung .....	108
5.4	Eignung des Prüfsystems sicherstellen.....	109
5.4.1	Grundlagen und Begriffe.....	112
5.4.1.1	Einflüsse auf Prüfprozesse.....	112
5.4.1.2	Auflösung.....	112
5.4.1.3	Systematische Messabweichung (Bias).....	113
5.4.1.4	Wiederholpräzision (Repeatability).....	113
5.4.1.5	Vergleichspräzision (Reproducibility).....	114
5.4.1.6	Linearität (Linearity) .....	115
5.4.1.7	Stabilität (Stability).....	115
5.4.2	Eignungsnachweis von Messprozessen .....	116
5.4.2.1	Unsicherheit des Normals .....	117
5.4.2.2	Einfluss der Auflösung .....	118
5.4.2.3	Systematische Messabweichung.....	118
5.4.2.4	Verfahren 1 .....	120
5.4.2.5	Linearität .....	124
5.4.2.6	Verfahren 2: GR&R-Study .....	126
5.4.2.7	Verfahren 3: GR&R-Study ohne Bedienerinfluss .....	135
5.4.2.8	Messbeständigkeit, Stabilität.....	135
5.4.2.9	Ergänzungen zum Eignungsnachweis von Messprozessen .	136
5.4.3	Eignungsnachweis für Messprozesse nach VDA 5 .....	136
5.4.4	Eignungsnachweis von attributiven Prüfprozessen.....	137
5.4.4.1	Verfahren nach VDA 5.....	139
5.4.4.2	Methode der Signalerkennung.....	140

5.4.4.3	Testen von Hypothesen mit Kreuztabellen.....	141
5.4.4.4	Bestimmung der fälschlichen Annahme / Rückweisung .....	142
5.5	Prozessleistung ermitteln .....	144
5.5.1	Bewertung von kontinuierlichen Merkmalen.....	144
5.5.1.1	Fähigkeitsindizes für normalverteilte Messwertreihen .....	146
5.5.1.2	Vorgehen zur Ermittlung der Prozessfähigkeit.....	150
5.5.1.3	Vertrauensbereich für die Fähigkeitskenngrößen .....	150
5.5.1.4	Phasen der Prozessqualifikation .....	151
5.5.1.5	Prozessfähigkeitskennwerte nach SPC-Referenzhandbuch	152
5.5.1.6	Prozessleistungs- und Prozessfähigkeitsindizes nach DIN ISO 22514-2.....	153
5.5.1.7	Zeitabhängige Verteilungsmodelle nach DIN ISO 22514-2..	154
5.5.1.8	Methoden zur Schätzung von Lage- und Streuung nach DIN ISO 22514-2.....	160
5.5.1.9	Weitere Verfahren .....	161
5.5.1.10	Beispiele zur Berechnung der Prozessfähigkeit.....	162
5.5.2	Bewertung von diskreten Merkmalen - Process Sigma .....	169
5.5.3	Ermittlung der Gesamtanlageneffizienz .....	172
<b>6</b>	<b>Phase Analyze.....</b>	<b>175</b>
6.1	Mögliche Haupteinflussgrößen identifizieren.....	176
6.1.1	Ausgangsbasis Kundenforderungen .....	176
6.1.2	Prozesse analysieren .....	177
6.1.2.1	Analyse der Prozessdaten .....	177
6.1.2.2	Wertschöpfungsanalyse.....	178
6.1.2.3	Informationsflussanalyse .....	179
6.1.2.4	Leistungsanalyse.....	179
6.1.3	Mögliche Einflussgrößen in Prozessschritten identifizieren .....	180
6.2	Ursachen-Wirkungs-Zusammenhänge ermitteln und darstellen .....	182
6.2.1	Beurteilung mittels Kennwerten aus dem laufenden Prozess .....	183
6.2.1.1	Vergleich eines Mittelwertes mit einem Vorgabewert (u-Test).....	183
6.2.1.2	Vergleich eines Mittelwertes mit einem Vorgabewert (t-Test).....	189
6.2.1.3	Vergleich von zwei Mittelwerten (t-Test).....	189
6.2.1.4	Varianzanalyse (ANOVA, Analysis of Variance).....	195
6.2.1.5	Häufig verwendete Testverfahren.....	200
6.2.1.6	Regressionsanalyse.....	201
6.2.2	Versuchsplanung mit „einfachen Methoden“ .....	210
6.2.2.1	Komponententausch .....	210
6.2.2.2	Variablenvergleich .....	213
6.2.3	Versuchsplanung mit Statistischen Versuchsplänen .....	215
6.2.3.1	Begriffe und allgemeine Grundlagen .....	215

6.2.3.2	Arten von Versuchen .....	218
6.2.3.3	Planung und Durchführung von Versuchen.....	220
6.2.3.4	Vollständige faktorielle Versuchspläne.....	223
6.2.3.5	Unvollständige faktorielle Versuchspläne .....	235
6.2.3.6	Plackett-Burman-Versuchspläne.....	240
6.2.3.7	Versuchspläne für nichtlineare Zusammenhänge .....	240
6.2.3.8	Versuchspläne zur Untersuchung der Streuung .....	243
6.2.4	Zusammenfassung der Ursachen-Wirkungs-Zusammenhänge .....	246
<b>7</b>	<b>Phase Improve</b> .....	<b>247</b>
7.1	Lösungsvarianten entwickeln.....	248
7.1.1	Lösungen lassen sich direkt aus Phase <b>Analyze</b> ableiten .....	248
7.1.2	Lösungsfindung mittels Kreativitätstechnik .....	248
7.1.2.1	Klassisches Brainstorming.....	248
7.1.2.2	Kartenabfrage.....	249
7.1.2.3	Brainstorming mittels Ishikawa-Diagramm / Mindmapping.....	250
7.1.2.4	Methode 635.....	250
7.1.3	Lösungsfindung mittels Statistischer Versuchsmethodik .....	251
7.1.4	Spezielle Werkzeuge zur Lösungsfindung.....	252
7.1.4.1	Schnelles Rüsten / SMED.....	252
7.1.4.2	Prozessoptimierung mit Systemen vorbestimmter Zeiten ...	254
7.1.4.3	Ordnung und Sauberkeit am Arbeitsplatz (5S).....	255
7.1.4.4	Fehlhandlungsvermeidung (Poka Yoke) .....	255
7.2	Lösungen bewerten und Lösung auswählen .....	258
7.2.1	Bewertung mittels Nutzwertanalyse .....	258
7.2.2	Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse (FMEA) .....	259
7.2.3	Fehlerbaumanalyse (Fault Tree Analysis) .....	265
7.3	Ausgewählte Lösung erproben und Wirksamkeit nachweisen .....	266
7.3.1.1	Hypothesentests .....	267
7.3.1.2	Prozessfähigkeitsuntersuchungen .....	267
7.3.1.3	Prozesssimulationen.....	267
7.3.2	Produkt- und Prozessfreigabe durchführen.....	269
7.4	Implementierung planen .....	270
<b>8</b>	<b>Phase Control</b> .....	<b>273</b>
8.1	Lösung organisatorisch verankern .....	274
8.2	Verbesserung nachhaltig absichern .....	275
8.2.1	Laufende Qualifikation der Mitarbeiter sicherstellen.....	275
8.2.2	Laufende Qualifikation der Prozesse sicherstellen .....	275
8.2.2.1	Wartung und Instandhaltung.....	276
8.2.2.2	Das Grundprinzip der Statistischen Prozessregelung.....	276

8.2.2.3	Auswahl der Merkmale für die Statistische Prozessregelung .....	279
8.2.2.4	Vorgehen zur Statistischen Prozessregelung .....	279
8.2.2.5	Regelung nach Lage und Streuung.....	281
8.2.2.6	Berechnung der Eingriffsgrenzen .....	283
8.2.2.7	Führen von Regelkarten .....	286
8.2.2.8	Indikatoren für das Vorhandensein besonderer Ursachen... 287	
8.2.2.9	Weitere Regelkarten für kontinuierliche Merkmale .....	288
8.2.2.10	Regelkarten für diskrete Merkmalswerte .....	290
8.2.3	Verbesserten Prozess an Eigner übergeben .....	294
8.3	Projekt abschließen .....	295
8.3.1	Lessons Learned.....	295
8.3.1.1	Erfahrungen für bestehende Produkte bzw. Prozesse nutzen.....	295
8.3.1.2	Erfahrungen für zukünftige Produkte bzw. Prozesse nutzen.....	296
8.3.1.3	Erfahrungen für Six Sigma-Projektarbeit nutzen .....	297
8.3.2	Projektabschlussbericht erstellen .....	297
<b>9</b>	<b>Verankerung von Six Sigma in der Unternehmensorganisation .....</b>	<b>299</b>
9.1	Einordnung von Six Sigma in die Formen der Verbesserungsarbeit.....	300
9.1.1	PDCA-Zyklus – Grundlage aller Formen der Verbesserungsarbeit.....	300
9.1.2	Verbesserungsmanagement im Überblick.....	301
9.1.3	Zusammenspiel zwischen Lean Management und Six Sigma .....	303
9.2	Einbindung von Six Sigma in die Aufbauorganisation .....	307
9.2.1	Six Sigma-Champions .....	308
9.2.2	Six Sigma-Manager .....	310
9.2.3	Six Sigma-Black Belts .....	312
9.2.4	Six Sigma-Green Belts .....	314
9.2.5	Six Sigma-Yellow Belts.....	314
9.2.6	Six Sigma-Master Black Belts .....	314
9.2.7	Unternehmensleitung.....	315
9.3	Einbindung von Six Sigma in die Ablauforganisation .....	315
9.3.1	Prozess „Projekt beauftragen“ .....	317
9.3.2	Prozess „Projekt starten“ .....	323
9.3.3	Prozess „Projektcontrolling durchführen“ .....	325
9.3.4	Prozess „Multiprojektcontrolling durchführen“ .....	326
9.3.5	Prozess „Projekt abschließen“ .....	328
9.3.6	Prozess Projekt abnehmen und evaluieren .....	330
9.4	Beurteilung des Reifegrades des Unternehmens bezüglich Six Sigma .....	331
9.5	Einführung von Six Sigma.....	332
9.5.1	Modell zur Verankerung von Six Sigma in der Organisation .....	333
9.5.1.1	Strategie / Strategy .....	334

9.5.1.2	Struktur / Structure .....	335
9.5.1.3	Systeme / Systems .....	336
9.5.1.4	Stil / Style .....	338
9.5.1.5	Stammpersonal / Staff .....	338
9.5.1.6	Spezialfähigkeiten / Skills .....	340
9.5.1.7	Selbstverständnis / Shared values .....	340
9.5.2	Vorgehensplan zur Einführung von Six Sigma .....	341
9.5.2.1	Phase Unfreeze .....	342
9.5.2.2	Phasen Move und Refreeze .....	346
9.6	Problemlösungstechnik nach 8D bzw. 7 STEP .....	352
9.6.1	Problemlösungstechnik nach 8D .....	353
9.6.2	Problemlösungstechnik nach 7 STEP .....	360
<b>10</b>	<b>Design for Six Sigma</b> .....	<b>363</b>
10.1	Six Sigma in der Entwicklung .....	363
10.2	Abwicklung von PIDOV-Projekten .....	366
10.2.1	Phase <b>Plan</b> .....	366
10.2.1.1	Ausgangssituation beschreiben .....	367
10.2.1.2	Innovationsziel festlegen .....	367
10.2.1.3	Projekt definieren .....	367
10.2.2	Phase <b>Identify</b> .....	367
10.2.2.1	Anforderungen der Kunden ermitteln und analysieren .....	368
10.2.3	Phase <b>Design</b> .....	371
10.2.3.1	Recherchen für Lösungsmöglichkeiten durchführen .....	372
10.2.3.2	Varianten für Produkt / Prozess entwerfen .....	372
10.2.3.3	Varianten für Produkt / Prozess bewerten und Lösungskonzept auswählen .....	377
10.2.4	Phase <b>Optimize</b> .....	377
10.2.4.1	Lösungskonzept für Produkt / Prozess detaillieren .....	377
10.2.4.2	Lösung für Produkt / Prozess optimieren .....	378
10.2.5	Phase <b>Validate</b> .....	384
10.2.5.1	Produkte / Prozesse erproben .....	384
10.2.5.2	Lösungen und Erkenntnisse aufbereiten und verfügbar machen .....	386
10.2.5.3	Projekt abschließen .....	386
10.3	Organisatorische Verankerung von DFSS .....	387
10.3.1	Einbindung von DFSS in den Entwicklungsprozess .....	387
10.3.2	Verankerung von DFSS im Unternehmen .....	389
<b>11</b>	<b>Anhang</b> .....	<b>391</b>
11.1	Wichtige verwendete Abkürzungen .....	391
11.2	Korrekturfaktoren $a_n$ , $c_n$ und $d_n$ .....	393
11.3	Standardisierte Normalverteilung .....	394

11.4	t-Verteilung .....	396
11.5	$\chi^2$ -Verteilung.....	398
11.6	F-Verteilung .....	400
	<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>403</b>

Prozesszeiten	Verlustbringer	Berechnung
Anlagenhauptzeit		Schichtzeit: 480 min Geplanter Stillstand: 20 min Anlagenhauptzeit = Schichtzeit – geplanter Stillstand = 480 – 20 = 460 min
Betriebszeit	Verlustzeiten: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anlagen-/Maschinenausfall</li> <li>• Rüsten und Einstellen</li> </ul>	ungeplante Stillstände: 30 min <b>Verfügbarkeitsrate</b> $= \frac{\text{Anlagenhauptzeit} - \text{ungeplante Stillstände}}{\text{Anlagenhauptzeit}} \times 100$ $= \frac{460 - 30}{460} \times 100 = 93,5\%$
Netto-Betriebszeit	Geschwindigkeitsverluste: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Leerlauf und geringfügige Unterbrechungen</li> <li>• verringerte Bearbeitungs-geschwindigkeit</li> </ul>	<b>Leistungsindex</b> $= \frac{\text{ideale Bearbeitungszeit} \times \text{erstellte Anzahl}}{\text{Betriebszeit}} \times 100$ $= \frac{6 \text{ min} \times 62 \text{ Teile}}{430} \times 100 = 86,5\%$
Wert-schöpfende Betriebszeit	Fehler: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prozessfehler verursachen Ausschuss, Nacharbeit und Qualitätsminderung</li> <li>• Anlaufverluste</li> </ul>	<b>Qualitätsrate</b> $= \frac{\text{erstellte Anzahl} - \text{defekte Anzahl}}{\text{erstellte Anzahl}} \times 100$ $= \frac{62 - 3}{62} \times 100 = 95,2\%$

<b>Gesamtanlageneffizienz</b> = Verfügbarkeitsrate x Leistungsindex x Qualitätsrate = 0,935 x 0,865 x 0,952 x 100 = 77,0 %
---

Bild 5-105 Ermittlung der Gesamtanlageneffizienz [9]

## Literatur

- [1] *DaimlerChrysler Corporation, Ford Motor Company, General Motors Corporation: Statistical Process Control (SPC), Reference Manual, 2. Auflage, Michigan, USA, 2005*
- [2] *DaimlerChrysler Corporation, Ford Motor Company, General Motors Corporation: Measurement System Analysis, Reference Manual, 3. Auflage, Michigan, USA, 2002*
- [3] *VDA - Verband der Automobilindustrie e.V.: VDA Band 5, Prüfprozesseignung, VDA, Frankfurt, 2003*
- [4] *Dietrich E., Schulze A.: Statistische Verfahren zur Maschinen- und Prozessqualifikation, 6. Auflage, Carl Hanser Verlag, München, 2009*
- [5] *Dietrich E., Schulze A., Conrad S.: Abnahme von Fertigungseinrichtungen, 2. Auflage, Carl Hanser Verlag, München, 2005*
- [6] *Dietrich E., Schulze A.: Eignungsnachweis von Prüfprozessen, 2. Auflage, Carl Hanser Verlag, München, 2004*
- [7] *Dietrich E., Schulze A., Conrad S.: Eignungsnachweis von Messsystemen, 2. Auflage, Carl Hanser Verlag, München, 2005*
- [8] *Bhote K. R.: Qualität - der Weg zur Weltspitze, 1. Auflage, IQM - Institut für Qualitätsmanagement, Großbottwar, 1990*

- [9] *Matyas K.*: Taschenbuch Instandhaltungslogistik, Qualität und Produktivität steigern, 2. Auflage, Carl Hanser Verlag, München, 2005
- [10] *Linß G.*: Qualitätsmanagement für Ingenieure, 2. Auflage, Carl Hanser Verlag, München, 2005
- [11] *Magnusson K., Kroslid D., Bergman B.*: Six Sigma umsetzen, 2. Auflage, Carl Hanser Verlag, München, 2004
- [12] *Rehbehn R., Yurdakul Z. B.*: Mit Six Sigma zu Business Excellence, 1. Auflage, Publicis Corporate Publishing, Erlangen, 2003
- [13] *Rath & Strong Management Consultants (Hrsg.)*: Rath & Strongs Six Sigma Pocket Guide, 1. Auflage, TÜV-Verlag, Köln, 2002
- [14] *Brunner F., Wagner K.*: Taschenbuch Qualitätsmanagement, Leitfaden für Ingenieure und Techniker, 3. Auflage, Carl Hanser Verlag, München, 2004
- [15] *Q-DAS GmbH (Hrsg.)*: Leitfaden der Automobilindustrie zum „Fähigkeitsnachweis von Messsystemen“, in [6]
- [16] *DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.)*: DIN ISO 21747:2006, Statistische Verfahren, Prozessleistungs- und Prozessfähigkeitskenngrößen für kontinuierliche Qualitätsmerkmale, Beuth Verlag, Berlin, 2007
- [17] *Timischl W.*: Qualitätssicherung, Statistische Methoden, 3. Auflage, Carl Hanser Verlag, München, 2002
- [18] *Pfeifer T.*: Fertigungsmesstechnik, 2. Auflage, Oldenbourg Verlag, München 2001
- [19] *VDA - Verband der Automobilindustrie e.V.*: VDA Band 5, Prüfprozesseignung, 2. Auflage, VDA, Frankfurt, 2010
- [20] *Chrysler Group LLC, Ford Motor Company, General Motors Corporation*: Measurement System Analysis, Reference Manual, 4. Auflage, Michigan, USA, 2010
- [21] *DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.)*: DIN ISO 22514-2:2015, Statistische Verfahren im Prozessmanagement - Fähigkeit und Leistung - Teil 2: Prozessleistungs- und Prozessfähigkeitskenngrößen von zeitabhängigen Prozessmodellen (ISO 22514-2:2013), Beuth Verlag, Berlin, 2015
- [22] *DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.)*: DIN ISO 3534-2:2013, Statistik - Begriffe und Formelzeichen - Teil 2: Angewandte Statistik (ISO 3534-2:2006), Beuth Verlag, Berlin, 2013
- [23] *Dietrich E., Schulze A.*: Statistische Verfahren zur Maschinen- und Prozessqualifikation, 7. Auflage, Carl Hanser Verlag, München, 2014

# 6

## Phase Analyze

Mit dem Abschluss der Phase Measure ist die aktuelle Situation des zu verbessernden Prozesses auf Basis von Fakten beschrieben.

Hauptaufgabe der Phase **Analyze** ist es, die wesentlichen Einflussfaktoren auf die Zielgrößen des Prozesses zu identifizieren und den Ursachen-Wirkungs-Zusammenhang darzustellen.



**Bild 6-1** Hauptaufgaben der Phase **Analyze**

Die Hauptschritte in dieser Phase sind:

### *6.1 Mögliche Haupteinflussgrößen identifizieren*

Mit den Experten werden mögliche Ursachen identifiziert. Aus den bisherigen Erfahrungen und den Ergebnissen der Phase **Measure** wird ein möglicher Zusammenhang zwischen Ursachen und Wirkung abgeschätzt.

### *6.2 Ursachen-Wirkungs-Zusammenhänge ermitteln und darstellen*

Versuche und Beobachtungen werden durchgeführt, um die vermuteten Zusammenhänge zu bestätigen bzw. nachzuweisen, dass kein Zusammenhang besteht. Für die identifizierten Ursachen wird der Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung quantifiziert.

Am Ende der Phase **Analyze** müssen die entscheidenden Ursachen identifiziert und ihre Auswirkungen auf die Zielgrößen bekannt sein. Auf dieser Basis können in der darauf folgenden Phase **Improve** Lösungen entwickelt werden.

## ■ 6.1 Mögliche Haupteinflussgrößen identifizieren

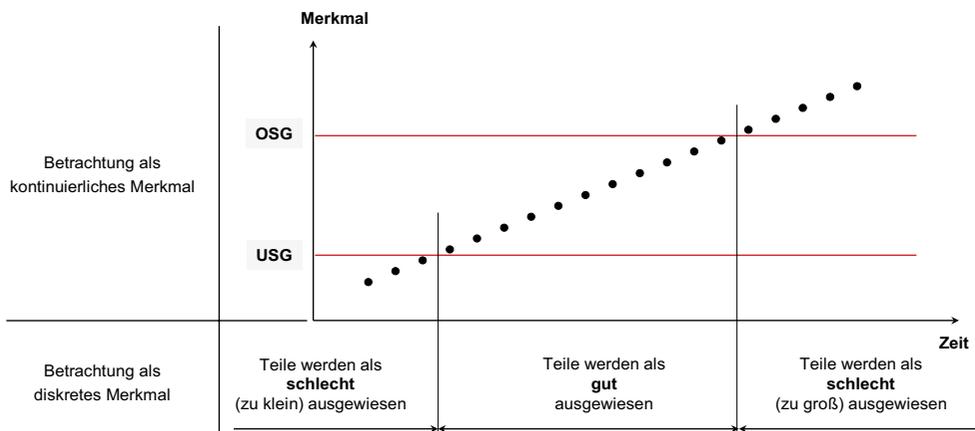
### 6.1.1 Ausgangsbasis Kundenforderungen

Ausgangspunkt für die Ursachenanalyse sind wiederum die Kundenforderungen. In der Phase **Define** wurden aus den allgemein formulierten Kundenforderungen messbare Spezifikationen (CTQs) abgeleitet. In der Phase **Measure** wurde der gegenwärtige Zustand dieser Spezifikationen gemessen. Damit ist die Ausgangssituation beschrieben. Nun sollen die Ursachen für die Abweichungen im Prozess ermittelt werden.

#### Kontinuierliche versus diskrete Merkmale als Zielgrößen

Die im Zuge des Projektes zu optimierende Größe wird häufig auch als Zielgröße bezeichnet. Manchmal ist die Zielgröße eine attributive Größe (z. B. gebrochener oder nicht gebrochener Kondensator). Ebenso ist es möglich, dass die Zielgröße ein kontinuierliches Merkmal ist, das durch die Art der Erfassung jedoch wie ein diskretes Merkmal behandelt wird.

Bild 6-2 zeigt den großen Nachteil solcher diskreter Prüfergebnisse. Es kann nur zwischen gut und schlecht unterschieden werden. Änderungen des Prozesses innerhalb der Toleranz können nicht erkannt werden. Um Veränderungen überhaupt erkennen zu können, sind fehlerhafte Teile notwendig. Dies widerspricht dem Null-Fehler-Ziel.



**Bild 6-2** Mäßiger Erkenntnisgrad bei der Behandlung als diskretes Merkmal

Um aus wenigen Versuchen aussagekräftige Erkenntnisse zu erhalten, sollen diskrete Zielgrößen soweit wie möglich durch kontinuierliche Zielgrößen ersetzt werden. Folgende Ansätze dienen dazu:

- Verwendung des entsprechenden Messwertes

Beispiel: Zur Prüfung von Blechteilen werden häufig Lehren verwendet, welche nur Gut/Schlecht-Aussagen zulassen. Bringt man an diesen Lehren Messwertaufnehmer an, so erhält man kontinuierliche Merkmale.

- Bei qualitativen (beobachtbaren) Merkmalen hilft man sich häufig durch die Vergabe von Punkten. Zur Bewertung von Lackfehlern kann dies beispielsweise folgendermaßen erfolgen:

Punkte	Bewertung	Maßstab für die Bewertung
10	sehr gut	keine Lackfehler erkennbar
8-9	gut	unter spezieller Beleuchtung 1 bis 2 Lackfehler erkennbar
5-7	akzeptabel	unter spezieller Beleuchtung mehr als 2 Lackfehler erkennbar
3-4	schlecht	Lackfehler unter normaler Beleuchtung erkennbar
1-2	sehr schlecht	Lackfehler von ungeübten Personen erkennbar

**Bild 6-3** Beispiel: Punktesystem zur Bewertung von Lackfehlern

- Ist auch dies nicht möglich, kann die Anzahl der Fehler als Bewertungskriterium verwendet werden. Eine Zusammenfassung von verschiedenen Fehlerarten sollte jedoch vermieden werden, da diese durch unterschiedliche Faktoren beeinflusst werden können. Bei einer Zusammenfassung würde diese Information verloren gehen.

## 6.1.2 Prozesse analysieren

Je nach Problemstellung wird man in der Phase **Analyze** unterschiedliche Vorgehensweisen wählen. In diesem Abschnitt werden Vorgehensmodelle für die Verbesserung von Prozessen im administrativen Bereich beschrieben. Weitere Informationen dazu finden Sie in [9]. Danach wird auf die Verbesserung von Prozessen im Produktionsbereich eingegangen.

Verbesserungen im administrativen Bereich betreffen beispielsweise:

- Erstellung von Angeboten: Trotz knapper verfügbarer Zeit und begrenzter Ressourcen muss das Angebot auf fundierter Basis erstellt sein.
- Abwicklung von Reklamationen: Beim Auftreten von Problemen erwartet der Kunde, dass rasch und kompetent reagiert wird.
- Durchlaufzeiten von Zeichnungsänderungen: Die Dauer des Durchlaufes von Zeichnungsänderungen soll trotz Einbindung aller betroffenen Bereiche so kurz wie möglich sein.
- Auslastung eines Operationssaals: Bei höchster Auslastung und ungeplanter Aufnahme von Notfallpatienten soll es keine Terminverschiebungen für reguläre Patienten geben.
- Zahlung von Rechnungen: Die Einzahlung soll so spät wie möglich erfolgen, wobei trotzdem alle Zahlungstermine eingehalten werden sollen.

### 6.1.2.1 Analyse der Prozessdaten

Prozessdatenanalysen orientieren sich an den Parametern Zeit, Kosten und Qualität. Mit Hilfe dieser Parameter lassen sich Aussagen über die Leistungsfähigkeit von Prozessen machen.

### Durchlaufzeitanalyse

Um Durchlaufzeiten gezielt analysieren zu können, ist es notwendig, diese zu erfassen. Daraus lassen sich Bearbeitungs-, Transfer- und Liegezeiten sowie daraus abgeleitete Kennzahlen ermitteln. Der Anteil der Bearbeitungszeit an der gesamten Durchlaufzeit ist das Maß für die Güte des Prozesses. Primäre Zielsetzung der Optimierung ist das Auffinden und Beseitigen unproduktiver Zeiten.

### Kostenanalyse

Im Fokus dieses Optimierungsansatzes stehen die Entstehungskosten für Produkte und Dienstleistungen. Vorrangig werden sie für die Preiskalkulation benötigt. In Optimierungsprojekten stehen das Auffinden und die anschließende Optimierung von kostenintensiven und gegebenenfalls unwirtschaftlichen Prozessabläufen im Vordergrund. „Non-Added-Value“-Tätigkeiten sollen eliminiert werden.

### Qualitätsanalyse

Qualität wird an der Übereinstimmung der Qualitätsleistung mit den Vorgaben gemessen. Die Messung der Qualität erfolgt zum Beispiel in Form von ppm-Raten an den Übergabestellen.

#### 6.1.2.2 Wertschöpfungsanalyse

Die Wertschöpfungsanalyse setzt bei jeder einzelnen Tätigkeit im Prozess an und überprüft ihren Beitrag zur Wertschöpfung. Es gilt, die Tätigkeiten im Prozess zu identifizieren, die keinerlei Wertschöpfung aus Sicht des Kunden beisteuern, jedoch Kosten verursachen und Zeit verbrauchen.

Auf der Basis einer detaillierten Prozessdarstellung werden sämtliche mit dem Prozess in Zusammenhang stehende Tätigkeiten analysiert und so genannten Leistungskategorien zugeordnet (siehe dazu auch Abschnitt 5.1.1).

Unter **Nutzleistung** werden Tätigkeiten verstanden, die aus der Sicht des Kunden zu einer Wertsteigerung führen. **Stützleistungen** tragen nur indirekt zur Wertsteigerung eines Produktes bei, indem sie die Nutzleistung unterstützen. Sie sind daher möglichst wirtschaftlich zu gestalten und auf ein möglichst geringes Maß zu reduzieren. Als **Blindleistung** bezeichnet man ungeplante Tätigkeiten, die weder direkt noch indirekt zur Wertsteigerung des Produktes beitragen. Sie sind zu eliminieren. **Fehlleistungen** sind Leistungen, die als Nutz- oder Stützleistung geplant wurden, wo jedoch Fehler bei der Leistungserbringung aufgetreten sind (z. B. Produktion von Ausschuss). Sie sind durch bessere Planung, Organisation und Schulung zu vermeiden.

Diese systematische Zuordnung ermöglicht die Konzentration auf Tätigkeiten, die den Kundennutzen erhöhen, und erleichtert die Identifikation und Beseitigung von Blind- und Fehlleistungen.

### 6.1.2.3 Informationsflussanalyse

Kein Prozess führt zu einem befriedigenden Ergebnis, wenn nicht die richtigen Informationen zum richtigen Zeitpunkt zur Verfügung stehen. Die Informationsflussanalyse dient damit der Verbesserung des betrachteten Prozesses.

Die zwischen den Tätigkeiten und den benötigten bzw. generierten Informationen stehenden Beziehungen werden zweckmäßig visualisiert. Auf dieser Basis kann das Zusammenspiel zwischen den Tätigkeiten und den Informationen untersucht werden.

Verbesserungen werden beispielsweise erzielt durch

- Entfall von Prüfschritten oder Einbindung der Prüfung in Tätigkeiten
- Vermeidung von Mehrfachgenerierung von Informationen
- Vereinfachung der Bereitstellung von Informationen

### 6.1.2.4 Leistungsanalyse

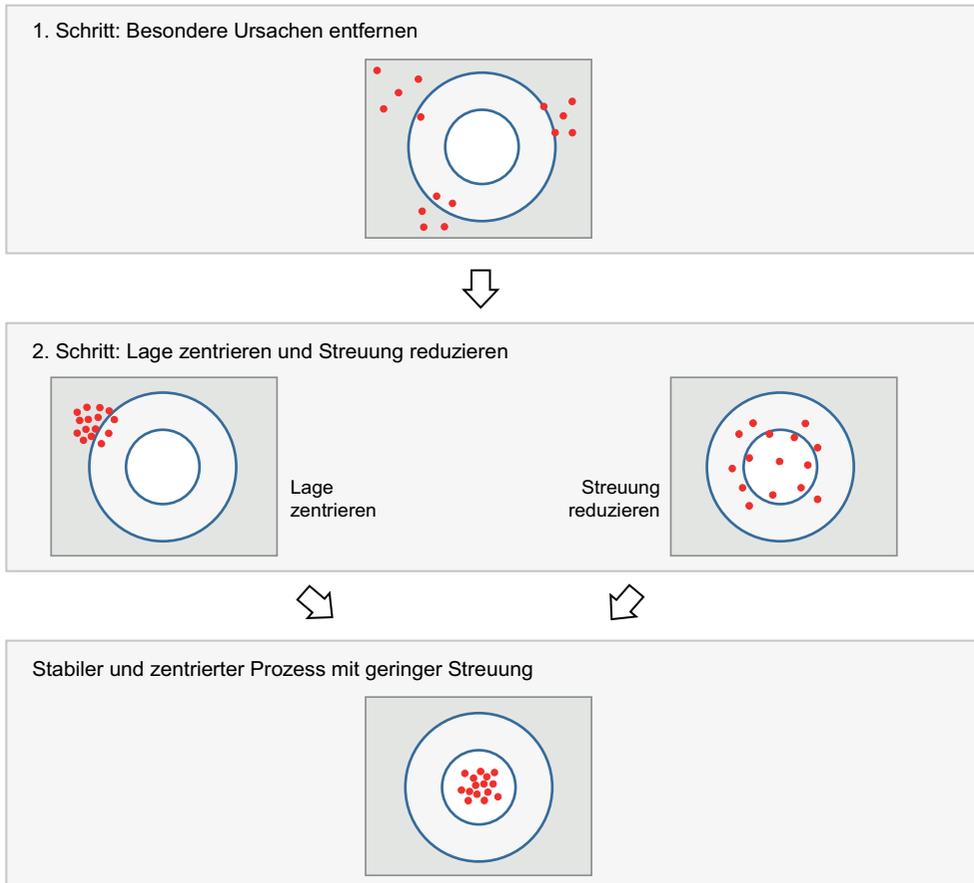
Die Leistungsanalyse soll eine realistische Einschätzung der Prozessleistung in Bezug auf die Bedürfnisse der Prozesskunden und in Relation zur Konkurrenz erbringen. Dabei wird unter Prozessleistung das Ergebnis des Prozesses verstanden, das an interne oder externe Kunden geht und materieller oder immaterieller Art sein kann.

Vorgehensweise:

- Leistungsbestandteile und -merkmale erfassen
- Leistung erheben
- Bewertungsergebnisse interpretieren

Stellt man fest, dass Kunden mit den Leistungen unzufrieden sind oder dass Mitbewerber bei für die Kunden wichtigen Leistungen besser eingestuft werden, dann sind die Ursachen dafür zu ermitteln und die identifizierten Verbesserungspotenziale umzusetzen.

### 6.1.3 Mögliche Einflussgrößen in Prozessschritten identifizieren



**Bild 6-4** Prinzipielles Vorgehen zur Optimierung von Prozessen

Das grundsätzliche Vorgehen zur Optimierung von Prozessen ist immer gleich. Zunächst werden die besonderen Streuungsursachen entfernt – der Prozess ist dann stabil. Im Anschluss daran wird der Prozess zentriert und die Streuung wird weiter reduziert. Dies alles passiert, indem man auf die Streuungsursachen Einfluss nimmt. Dazu ist auf Fakten basierendes Wissen über die Zusammenhänge im Prozess notwendig.

Um zu diesem Wissen zu gelangen, müssen vorerst die möglichen Ursachen identifiziert werden. Einflussgrößen werden unter Einbindung der Experten im Rahmen eines Brainstormings gesammelt und strukturiert. Das Ishikawa-Diagramm eignet sich hervorragend dazu, einen möglichen Zusammenhang zwischen Einflussgrößen und Zielgrößen übersichtlich darzustellen.

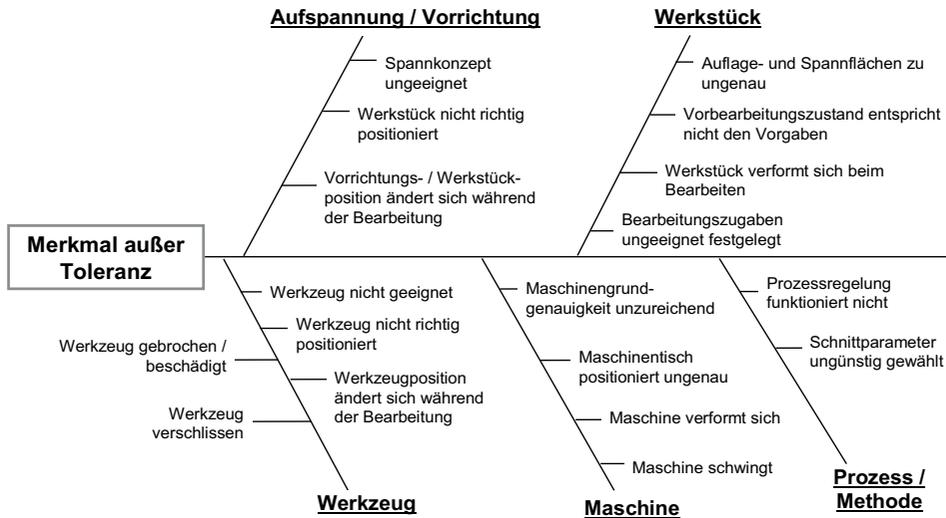


Bild 6-5 Beispiel: Ursache-Wirkungs-Diagramm für einen Bearbeitungsschritt

Im Zuge dieser Ideenfindung wird man eine Vielzahl von möglichen Einflussfaktoren identifizieren. Diese lassen sich folgendermaßen einteilen:

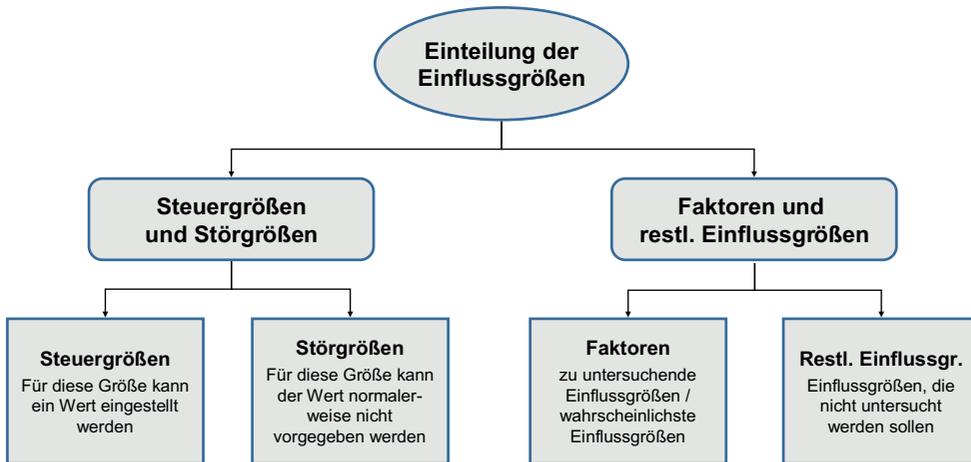


Bild 6-6 Einteilung der Einflussgrößen [1]

### Einteilung der Einflussgrößen in Steuergrößen und Störgrößen

**Steuergrößen** sind Einflussgrößen, die auf einen bestimmten Wert eingestellt und dort gehalten werden können. Beispiele für Steuergrößen sind die Temperatur in einem Härteofen oder die Vorschubgeschwindigkeit einer Drehmaschine. Die Steuergrößen werden auch als Prozessparameter bezeichnet.

**Störgrößen** sind Einflussgrößen, die üblicherweise nicht auf einen bestimmten Wert eingestellt und dort gehalten werden können. Meist verhindern die technische Machbarkeit

und die damit verbundenen Kosten eine Beeinflussung dieser Ursachen. Beispiele dafür sind die Umgebungstemperatur oder Schwankungen im Rohmaterial von Charge zu Charge. Auch die zufällige Abweichung eines Prozessparameters von seinem Vorgabewert wirkt wie eine Störgröße (z. B. unterschiedliche Temperaturen an verschiedenen Stellen im Ofen).

**Einteilung der Einflussgrößen in Faktoren und restliche Einflussgrößen**

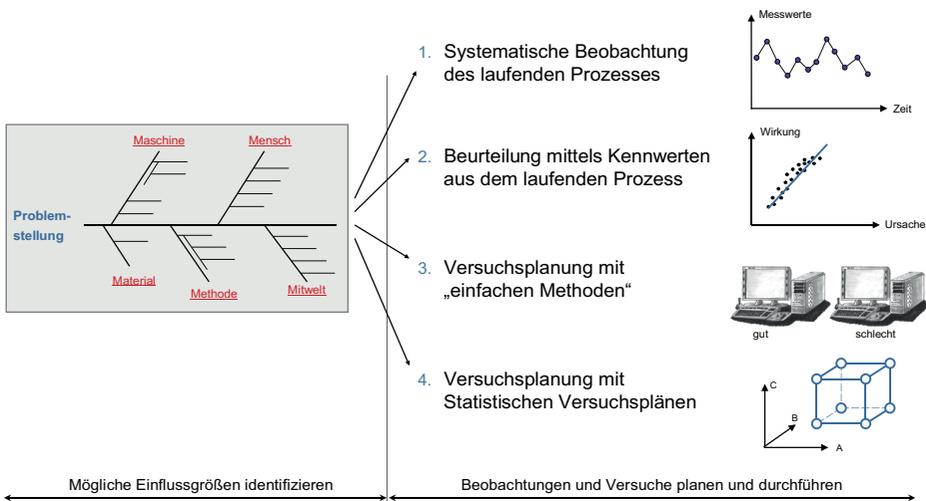
Weiters können die Einflussgrößen in Faktoren und Einflussgrößen, die nicht untersucht werden, eingeteilt werden. Darauf wird noch in Abschnitt 6.2.3.1 eingegangen.

**Auswahl der wahrscheinlichsten Ursachen**

Da die Ressourcen für Versuche begrenzt sind, ist es notwendig, aus den vielen möglichen Einflussgrößen jene auszuwählen, die näher untersucht werden sollen. Die in der Phase **Measure** erfassten Daten (Zielgrößen und gegebenenfalls dazu dokumentierte Einflüsse) sind wichtige Informationsquellen dafür.

Insbesondere wenn man eine gesamte Prozesskette betrachtet, kommt es vor, dass das Team mehr als 100 mögliche Ursachen identifiziert. Eine Auswahl der näher zu untersuchenden Ursachen kann dann zum Beispiel durch „Punkte Kleben“ erfolgen. Jedes Teammitglied erhält die gleiche Anzahl von Punkten und klebt diese zu den seiner Erfahrung nach wahrscheinlichsten Ursachen. Reiht man die Ursachen nach der Anzahl der Punkte, lassen sich so relativ rasch die aus der Sicht des Teams wahrscheinlichsten Ursachen auswählen (Pareto Analyse). Meist gelingt es, sich auf eine überschaubare Anzahl zu untersuchender Faktoren festzulegen.

**6.2 Ursachen-Wirkungs-Zusammenhänge ermitteln und darstellen**



**Bild 6-7** Möglichkeiten zur Ursachenfindung

Zu Beginn der Phase **Analyze** spiegelt das Ishikawa-Diagramm die Erfahrung des Teams wider. Die Inhalte sind bisher nicht durch Fakten belegt. Nun gilt es herauszufinden, ob diese Ursachen tatsächlich Einfluss auf die zu optimierenden Merkmale haben und wenn, wie der Zusammenhang ist. Bild 6-5 zeigt die Gruppen von Werkzeugen, die dazu dienen, mehr Klarheit zu schaffen.

- Systematische Beobachtung des laufenden Prozesses (s. 5.2)

Das Vorgehen zur systematischen Beobachtung und auch die Werkzeuge wurden bereits in der Phase Measure eingesetzt. Insbesondere der zeitliche Verlauf ist für ein Eingrenzen bzw. Ausschließen von Ursachen sehr hilfreich.

- Beurteilung mittels Kennwerten aus dem laufenden Prozess (s. 6.2.1)

Dieser Abschnitt stellt dar, wie man aus bestehenden Daten aussagekräftige Kennzahlen bilden kann. Mit Hilfe von Testverfahren prüft man, ob beobachtete Effekte auch tatsächlich signifikant sind. Die Regressionsanalyse dient zur Beschreibung von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen.

- Versuchsplanung mit „einfachen Methoden“ (s. 6.2.2)

Dieser Abschnitt behandelt Versuchsmethodik, die von Dorian Shainin zusammengestellt wurde. Es handelt sich dabei um relativ einfach anwendbare Werkzeuge, „wie es jemand mit Hausverstand sowieso machen würde“.

- Versuchsplanung mit Statistischen Versuchsplänen (s. 6.2.3)

Dieser Abschnitt beschreibt die Zugpferde unter den Analysewerkzeugen. Mit Hilfe von Statistischer Versuchsmethodik lassen sich komplexe Ursachen-Wirkungs-Zusammenhänge erfassen und beschreiben.

Für eine Vertiefung zu diesem Themengebiet wird [1] empfohlen. An diesem Buch orientieren sich auch die nachfolgenden Erläuterungen.

Bei der Betrachtung der statistischen Grundlagen in Abschnitt 3 wurde die untersuchte Größe allgemein mit  $x$  bezeichnet. Bei den nun folgenden Erläuterungen wird die zu optimierende Zielgröße mit  $y$  bezeichnet. Einflüsse werden entweder mit  $x$  oder mit  $A$ ,  $B$ ,  $C$ , etc. bezeichnet.

## 6.2.1 Beurteilung mittels Kennwerten aus dem laufenden Prozess

### 6.2.1.1 Vergleich eines Mittelwertes mit einem Vorgabewert (u-Test)

In Abschnitt 3.7.1 haben wir uns bereits mit der Berechnung des Vertrauensbereiches beschäftigt. Das Beispiel 3-12 zeigt, wie man aus Stichprobenwerten einen Schätzwert für den Mittelwert und in weiterer Folge den Vertrauensbereich für den Mittelwert bestimmt. Der Vertrauensbereich ( $30,03 \leq \mu \leq 31,27$ ) gibt an, in welchem Intervall ein der Stichprobe zugehöriger wahrer Mittelwert mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit erwartet werden kann. Üblicherweise liegt das Vertrauensniveau bei 95 % bzw. die Irrtumswahrscheinlichkeit bei  $\alpha = 5\%$ .