

DMAIC powered by TRIZ – Integration geeigneter TRIZ-Methoden in die einzelnen DMAIC-Phasen

Masterarbeit

MA 0553-15

Vorgelegt von

Laura Müller

Matrikelnummer: 21850803

Geboren am 30.06.1988 in Vreden

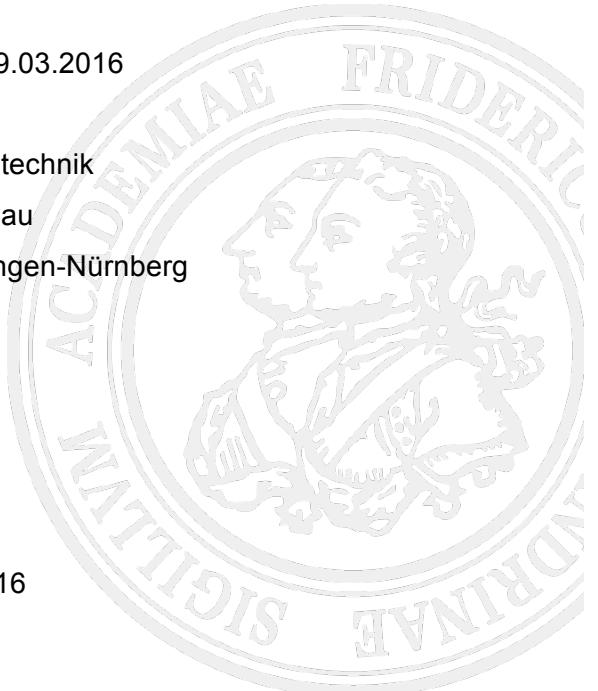
Angefertigt vom 01.10.2015 - 29.03.2016

Lehrstuhl für Fertigungsmesstechnik

Department Maschinenbau

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Erlangen – 29. März 2016



Schriftliche Versicherung

Ich versichere, dass ich die Arbeit ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Quellen angefertigt habe und dass die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen hat und von dieser als Teil einer Prüfungsleistung angenommen wurde. Alle Ausführungen, die wörtlich oder sinngemäß übernommen wurden, sind als solche gekennzeichnet.

Die Richtlinien des Lehrstuhls für Studien- und Diplomarbeiten habe ich gelesen und anerkannt, insbesondere die Regelung des Nutzungsrechts.

Laura Müller

Erlangen, den 29.03.2016

Danksagung

Hiermit möchte ich mich bei allen herzlich bedanken, die mich während der Anfertigung meiner Masterarbeit unterstützt haben.

Speziell gilt mein Dank

- Prof. Dr.-Ing. habil. Tino Hausotte für die Bereitstellung des Themas sowie für die angenehme Betreuung.
- Dipl.-Ing. Andreas Loderer für die ständige Unterstützung, die vielen hilfreichen Tipps und die geduldige und unkomplizierte Beantwortung meiner Fragen.
- Dr. Robert Adunka, Geschäftsführer der TRIZ Consulting Group GmbH und TRIZ-Master für die unterstützende Beratung während der Anfertigung meiner Arbeit speziell bezogen auf die Inhalte zum Stand der Technik und der Identifikation von Synergieeffekten zwischen Six Sigma und TRIZ.
- Dipl.-Ing. Erik Schwulera, Senior Master Black Belt bei der Siemens AG in Erlangen, für die intensive externe Betreuung meiner Arbeit. Die tatkräftige Unterstützung seinerseits und das entgegengebrachte Interesse prägen diese Masterarbeit und werden mir in guter Erinnerung bleiben. Ich hätte mir keinen kompetenteren Mentor vorstellen können.

Erlangen, den 29.03.2016

Laura Müller

Kurzzusammenfassung

Die vorliegende Masterarbeit beschreibt die strukturierte Erarbeitung eines durch TRIZ-Tools erweiterten DMAIC-Werkzeugkastens. Sowohl Six Sigma, mit DMAIC als Kernprozess, als auch TRIZ sind zwei Methoden, welche sich bereits in verschiedenen Branchen und Unternehmensbereichen als Qualitätsmanagementmethoden bewährt haben und erfolgreich zur Verbesserung von Produkten und Prozessen angewendet werden. Der aktuelle Trend geht dahin, dass Six Sigma mit anderen Methoden des Qualitätsmanagements kombiniert wird, um einen positiven Effekt auf die Optimierung von Prozessen und Produkten herbeizuführen. Die Weiterentwicklung von Six Sigma durch Erweiterung der bestehenden Werkzeuge mit ausgewählten TRIZ-Tools soll eine robustere und zielführendere Ergebnisfindung bei Verbesserungsprojekten ermöglichen. Weil TRIZ vor allem zur Unterstützung innovativer Prozessverbesserungen eingesetzt wird, könnte eine Kombination mit der Six Sigma-Methodik zu noch konkurrenzfähigeren Ergebnissen führen. Ziel der zu entwickelnden „Six Sigma^{+TRIZ}-Methode“ ist eine weniger statistische, datenbasierte DMAIC-Vorgehensweise und die Förderung kreativer Verbesserungsmöglichkeiten, um somit einen Mehrwert für Six Sigma-Projekte zu schaffen.

Abstract

The preceding master's thesis describes a structural analysis of a TRIZ-Tool containing DMAIC-toolbox. Both Six Sigma with its core process DMAIC as well as TRIZ were shown to be highly advanced as methods for quality-management, resulting in an improvement of products and process. The current trend seems to be going in the direction of combining Six Sigma with other methods to optimize both process and product. As further development, upgrading the Six Sigma-methods with TRIZ-Tools seems to be getting a much more robust and target-oriented result for improvement-projects. The fact that TRIZ is mainly used for process-improvements means that combining it with the Six Sigma-method should yield more competitive results. The goal of the 'Six Sigma^{+TRIZ}-method' is to gain less statistical, databased DMAIC-procedures and support of creative improvement-potentialities to result in overvalue of Six-Sigma projects.

Inhalt

1 Motivation und Zielsetzung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit	2
2 Theoretische Grundlagen – Die angewandte Praxis	4
2.1 Die Six Sigma-Methodik	4
2.1.1 Zeitliche Entwicklung und Bedeutung von Six Sigma	4
2.1.2 Ziele und Nutzen	9
2.1.3 Six Sigma Organisation – Die Belt-Grade	11
2.1.4 Der DMAIC-Zyklus als standardisierte Vorgehensweise	12
2.1.5 Der Diagnoseraum	19
2.2 Die TRIZ-Methodik	20
2.2.1 Zeitliche Entwicklung und Bedeutung von TRIZ	21
2.2.2 Ziele und Nutzen	23
2.2.3 Leistungs-Level der TRIZ-Methodik	25
2.2.4 Die 3 Schritte der TRIZ-Systematik	27
2.3 Die Entwicklungstendenzen der Six Sigma-Methodik	28
2.4 Schwachstellen der bestehenden Lösungen	30
3 Die Analyse – Integration geeigneter TRIZ-Tools in den DMAIC-Werkzeugkasten	32
3.1 Six Sigma vs. TRIZ	33
3.1.1 Unterschiede	33
3.1.2 Überschneidungen	34
3.1.3 Struktur der Vorgehensweisen beider Methoden	35
3.1.4 Der Mehrwert einer Integration von TRIZ-Ansätze in die DMAIC-Struktur	36
3.2 Mithilfe des DMAIC-Modells zur wertschöpfenden Lösungsfindung	37
3.2.1 Define-Phase: Problemformulierung	38
3.2.2 Measure-Phase: C&E Matrix	49
3.2.3 Analyze-Phase: Bewertungsmatrix	56
3.2.4 Improve-Phase: Der erweiterte Werkzeugkasten	65

3.2.5 Control-Phase: Verifikation an Praxisbeispielen	83
3.3 Fazit der eigenen Lösung – Lessons Learned	95
3.4 Erkenntnisse der eigenen Lösung	96
4 Zusammenfassung und Ausblick	98
5 Anhang	104
6 Literaturverzeichnis.....	117
7 Lebenslauf der Verfasserin.....	126

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1: Beschreibung von Six Sigma anhand der Gauß'schen Normalverteilung

Abb. 2.2: Das Prozessmodell

Abb. 2.3: Die ergebnisorientierten Zusammenhänge der Six Sigma-Ziele

Abb. 2.4: Die Rollen innerhalb der Six Sigma-Organisation

Abb. 2.5: Die Struktur des DMAIC-Zyklus

Abb. 2.6: Ablauf der Define-Phase

Abb. 2.7: Vorgehensweise der Measure-Phase

Abb. 2.8: Vorgehensweise der Analyze-Phase

Abb. 2.9: Abfolge der Improve-Phase

Abb. 2.10: Vorgehensweise in der Control-Phase

Abb. 2.11: Diagnoseraum zur Ermittlung der tatsächlichen Ursachen

Abb. 2.12: Genrich Saulowitsch Altschuller 1926 – 1998

Abb. 2.13: Der TRIZ-Kreislauf zur kreativen Problemlösung

Abb. 2.14: Überblick der TRIZ-Zertifizierungs-Level

Abb. 3.1: Aufbau der DMAIC-Struktur von Six Sigma-Projekten

Abb. 3.2: Aufbau der an den DMAIC-Zyklus angepassten TRIZ-Struktur

Abb. 3.3: Die drei wesentlichen Werkzeuge der Define-Phase

Abb. 3.4: Auswahl einiger Werkzeuge des DMAIC-Zyklus

Abb. 3.5: Die SIPOC-Analyse

Abb. 3.6: Die Vorgehensweise bei der VOC-Methodik

Abb. 3.7: Das Kano-Modell

Abb. 3.8: Übersicht des bestehenden Methodenbaukastens der TRIZ

Abb. 3.9: Systematisches Vorgehen zur Prozessverbesserung

Abb. 3.10: Priorisierung der TRIZ-Tools innerhalb einer Bewertungsmatrix

Abb. 3.11: Der Aufbau des um TRIZ optimierten DMAIC-Werkzeugkastens

Abb. 3.12: Die Anforderungskriterien des KANO-Modells der Define-Phase

Abb. 3.13: TRIZ-Schulungsinhalte der verschiedenen Six Sigma-Ausbildungsgrade

Abb. 3.14: Die S-Kurve zur aktuellen Situation der DMAIC-Vorgehensweise

Abb. 3.15: Der Kreislauf der Kontrollstrategie

Diagrammverzeichnis

Diagr. 3.1: Anteil an Einfluss der TRIZ-Tools auf die einzelnen DMAIC-Phasen

Diagr. 3.2: Summe der jeweiligen Input-Einflussstärken auf die Output-Größen

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1: Fehleranzahl für die verschiedenen Sigma-Niveaus

Tab. 2.2: Vor- und Nachteile von Six Sigma

Tab. 2.3: Beispiele von „klassischen“ und „modernen“ TRIZ-Werkzeugen

Tab. 2.4: Vor- und Nachteile der TRIZ

Tab. 2.5: Die Vorgehensweise der TRIZ-Systematik

Tab. 3.1: Projektcharter – Problembeschreibung

Tab. 3.2: Projektcharter – Messgrößen

Tab. 3.3: Projektcharter – Kopfdaten

Tab. 3.4: Die VOE-Übersetzungsmatrix

Tab. 3.5: Ausschnitt des C&E-Matrix-Templates

Tab. 3.6: Die C&E-Matrix mit den priorisierten Einflussgrößen

Tab. 3.7: Ausschnitt der Tabelle zur Bestimmung des %-Nutzens

Tab. 3.8: Zusammenfassung der Werte aller drei Bewertungsmatrix-Dimensionen

Tab. 3.9: Priorisierungsliste der Tools in der Bewertungsmatrix

Tab. 3.10: Der Morphologischer Kasten zur Ermittlung verschiedener Lösungsalternativen

Tab. 3.11: Die Ausprägungsalternative 4 als ermittelte Lösung

Tab. 3.12: Risikobeurteilung zur Umsetzung der um TRIZ erweiterten Six Sigma-Methode

Tab. 3.13: Anwendung des 9-Felder-Denken in der Lösungspilotierung

Tab. 3.14: Erfüllung der Kundenanforderungen zu Projektende

Tab. 3.15: Gegenüberstellung des Ist-Zustandes von Projektbeginn zu Projektende

1 Motivation und Zielsetzung

Dem Qualitätsbegriff wird in der heutigen Zeit eine immer größere Bedeutung zugeschrieben. Die Definition von Qualität hängt dabei immer von den jeweiligen gesellschaftlichen Anforderungen ab. Werden die Anforderungen an ein Produkt erfüllt, kann von einer angemessenen Qualität des Produktes ausgegangen werden. Nach DIN EN ISO 9000 wird die Qualität als „*Vermögen einer Gesamtheit inhärenter (lat. innenwohnend) Merkmale eines Produkts, eines Systems oder eines Prozesses zur Erfüllung von Forderungen von Kunden und anderen interessierten Parteien*“ beschrieben.

1.1 Motivation

Im Hinblick auf unternehmensbezogene Produkte und Prozesse werden verschiedene Qualitätsmanagementmethoden eingesetzt, welche sich durch ein strukturiertes Vorgehen auszeichnen und das Ziel verfolgen, die Qualität messbar zu machen und schließlich zu verbessern. Der Qualitätsgedanke wird dabei immer mehr zu einer zentralen Strategie jedes Unternehmens.

Six Sigma ist eine der bewährtesten und erprobtesten Qualitätsmanagementmethoden, welche sich in den letzten Jahren auf dem Markt durchgesetzt hat. Die Methodik dient als effizientes Kommunikationsmittel in allen Bereichen eines Unternehmens und bietet die Möglichkeit, dem Unternehmenserfolg dienliche, verlässliche Entscheidungen zu treffen – kurz: Six Sigma ist heute als Bestandteil einer modernen, prozessorientierten Unternehmensführung nicht mehr wegzudenken. Der verbreitete Einsatz von Six Sigma beruht dabei auf der klar strukturierten Vorgehensweise des sogenannten DMAIC-Zyklus [Przybilla 2013; Gamweger 2009; Gundlach 2008].

Trotz der so positiven und stetigen Entwicklung von Six Sigma bestehen jedoch auch hier Anhaltspunkte, welche Verbesserungspotential aufweisen. Der derzeitige Ansatz ist zwar durch eine strukturierte, standardisierte und auch Erfolg bringende Vorgehensweise charakterisiert, dennoch wird relativ formalistisch und datenbasiert gearbeitet. Das liegt unter anderem an dem festgelegten Werkzeugkasten der auf jede Phase des DMAIC angewendet wird. Durch die Anwendung der

vorgeschriebenen Werkzeuge werden zwar erfolgreiche Lösungen generiert, jedoch wird die Anzahl an Lösungsmöglichkeiten auch automatisch eingeschränkt.

Da die Six Sigma-Methodik einer stetigen Weiterentwicklung unterliegt, wäre es sinnvoll dabei auf eine Optimierung der Gestaltung des DMAIC-Ablaufes Wert zu legen und so qualitativ noch hochwertigere Ergebnisse zu ermöglichen. Eine sehr vielversprechende Möglichkeit einer solchen Werkzeugkasten-Ergänzung stellt die Integration von bewährten und als kreativ eingestuften TRIZ-Tools dar.

1.2 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit

Sowohl DMAIC als auch TRIZ sind Methoden, welche das Ziel verfolgen, mithilfe eines Leitfadens und festgelegter Werkzeuge Produkt- und Prozessverbesserungen anzustreben. Eine Integration verschiedener TRIZ-Werkzeuge in die DMAIC-Phasen könnte neue Sichtweisen und Erkenntnisse für die Verbesserung von Prozessen bedeuten. Es besteht die Vermutung eine robustere und hochwertigere Ergebnisfindung erreichen zu können, womit sich schließlich die Qualität der Projektergebnisse optimieren ließe.

Ziel der Masterarbeit ist somit die systematische Untersuchung und Erarbeitung einer Integration verschiedener und als mehrwertbringend identifizierter TRIZ-Werkzeuge in die einzelnen Phasen des DMAIC-Zyklus. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf der Improve-Phase, da dieser Arbeitsschritt sich in dessen Umfang an Werkzeugen und Vorgehensweisen, im Vergleich zu den anderen DMAIC-Phasen, am geringsten weiterentwickelt und erweitert hat. Außerdem findet hier die tatsächliche Lösungsgenerierung statt, weshalb davon ausgegangen wird, dass sich die kreativen Werkzeuge des TRIZ hier am logischsten eingliedern lassen.

Die Masterarbeit wird bei der Darlegung der Ergebnisse zum genannten Ziel wie folgt gegliedert:

- Zunächst erfolgt eine Hinführung zum Thema in Form einer Erläuterung der theoretischen Grundlagen zur Six Sigma- und TRIZ-Methodik.
- Um die Verbesserungsansätze von Six Sigma deutlich herauszustellen, werden, auf die theoretischen Grundlagen aufbauend, die Entwicklungstendenzen von Six Sigma und die bestehenden Schwachstellen der aktuellen Lösungen beschrieben.

- Daraufhin wird die eigene Leistung der Masterarbeit eingeleitet. Dazu werden die beiden Methoden Six Sigma und TRIZ zunächst voneinander abgegrenzt und die Gemeinsamkeiten werden definiert. Die Ähnlichkeit der Struktur der jeweiligen Vorgehensweisen soll schließlich die Grundlage der Analyse darstellen.
- Es folgt die eigene wissenschaftliche Analyse, welche sich auf die Prüfung der einzelnen TRIZ-Tools auf Eignung einer Integration in den DMAIC-Werkzeugkasten anhand von zuvor ausgewählten Bewertungskriterien bezieht.
- Die Methodik der Analyse beruht auf dem Prinzip „Verbesserung des DMAIC-Werkzeugkastens mithilfe der DMAIC-Vorgehensweise“. Die Weiterentwicklung der aktuellen Six Sigma-Strategie wird demnach mithilfe der DMAIC-Methodik durchgeführt.
- Nachdem der analytische Teil abgeschlossen ist, werden die Ergebnisse zum erweiterten Werkzeugkasten vorgestellt und dessen Mehrwert wird mithilfe von Beispielen aus der Praxis erläutert.
- Anschließend wird mittels einer Zusammenfassung das gesamte Vorgehen inklusive der Erfolge der Ergebnisse dieser Masterarbeit dargelegt.
- Einige Erkenntnisse zur erarbeiteten Lösung werden den Abschluss dieser Masterarbeit bilden.

Die schriftliche Ausarbeitung inklusive der vollständigen Ergebnisse und Tabellen können zudem der beigelegten CD entnommen werden.

2 Theoretische Grundlagen – Die angewandte Praxis

Dieses Kapitel beinhaltet zunächst die allgemeine Beschreibung der Six Sigma- und TRIZ-Systematiken, um ein grundlegendes Verständnis für die Abläufe beider Methoden zu schaffen. Dabei wird jeweils auf die Hintergründe, die zeitliche und inhaltliche Entwicklung und den Aufbau eingegangen. In der Ausführung der Unterkapitel *Entwicklungstendenzen der Six Sigma-Methodik* und *Schwachstellen der bestehenden Lösungen* rückt der Stellenwert des Begriffes „Innovationen“ in Bezug auf die aktuellen Marktbedingungen in den Mittelpunkt. Es wird deutlich gemacht, dass im Zusammenhang mit innovativem Denken und Handeln der TRIZ-Systematik eine große Bedeutung zugewiesen wird. Demnach können durch eine strukturierte Kombination von Six Sigma und TRIZ hochwertigere Ergebnisse bei Prozess- oder Produktverbesserungsprojekten erwartet werden.

2.1 Die Six Sigma-Methodik

Das Ziel eines jeden Unternehmens ist es stets Umsätze zu generieren und vor allem Gewinne zu erwirtschaften. Somit ist es aufgrund der sich stetig verändernden und verschärfenden Markt- und Wettbewerbsbedingungen unabdingbar die Qualität von Produkten und Dienstleistungen schneller und kostengünstiger anzubieten als die bestehende Konkurrenz. Unternehmen stehen somit immer vor der Herausforderung kontinuierliche Verbesserungen anzustreben [Wappis 2013]. Aufgrund dieses Tatbestandes und um stets konkurrenzfähig zu bleiben hat die Six Sigma-Methodik immer mehr an Bedeutung gewonnen [Gundlach 2008]. Das folgende Kapitel wird die Bedeutung und den heutigen Stellenwert der Methodik genauer beleuchten.

2.1.1 Zeitliche Entwicklung und Bedeutung von Six Sigma

Entwickelt und zum ersten Mal angewendet wurde Six Sigma Mitte der 1980er-Jahre. Damals wurde die Methode als strategisches Hilfsmittel zur Optimierung von Qualität und zur Kostenreduzierung von Motorola eingeführt. Bis Mitte der 1990er-Jahre war Six Sigma noch relativ unbekannt und konnte erst steigenden Bekanntheitsgrad für sich verzeichnen, nachdem General Electric anfing, diese Methode ebenfalls einzusetzen. Immer mehr Unternehmen setzten sich ab diesem Zeitpunkt mit dem Thema Six Sigma auseinander und erkannten schnell, dass

diese Methode zur Erreichung elementar wichtiger Ziele und Steigerung des Kundennutzens und der -zufriedenheit beisteuern kann. Zum heutigen Zeitpunkt ist Six Sigma als eines der leistungsstärksten und erfolgreichsten Modelle zur Produkt- und Prozessoptimierung bekannt [Wappis 2013; ESSC-D 2014a].

Ursprünglich wurde der Begriff „Six Sigma“ hauptsächlich als statistisches Qualitätsziel aufgefasst: zu 99,99966% wird eine fehlerfreie Produktion erreicht. Der griechische Buchstabe Sigma (σ) steht dabei für die Standardabweichung einer Grundgesamtheit und ist somit ein Indikator für die Mittelwertabweichung [Toutenburg 2009]. Die statistische Bedeutung von Six Sigma lässt sich am besten anhand einer Gauß'schen Normalverteilungskurve beschreiben (Abb. 2.1).

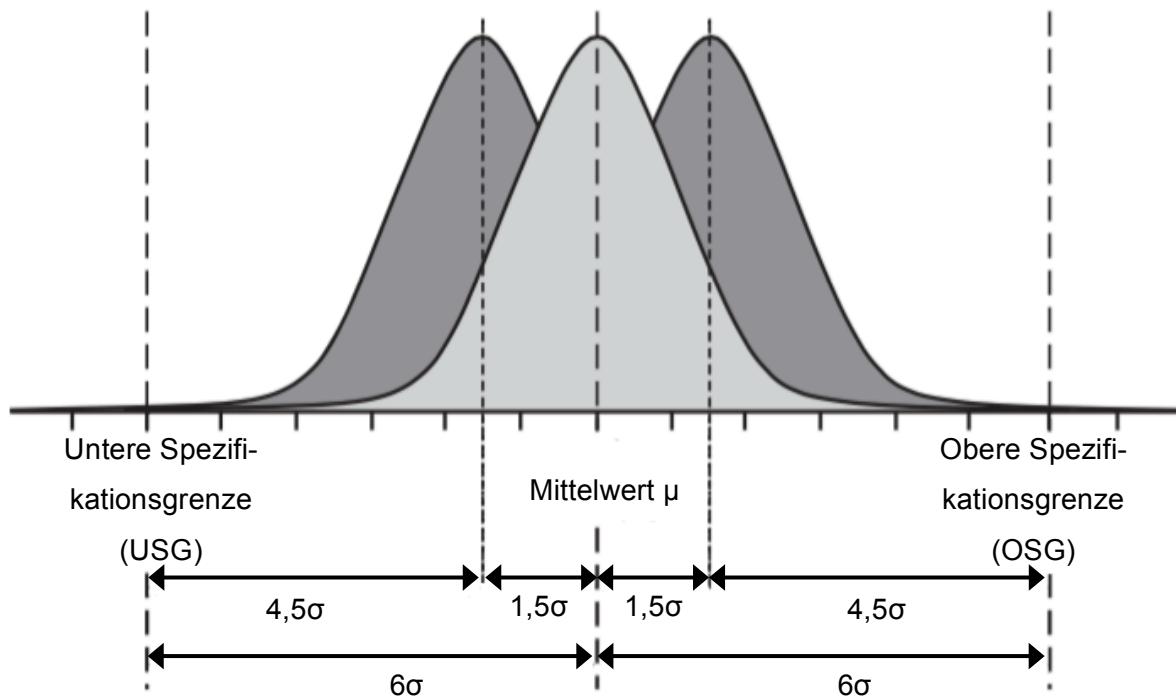


Abb. 2.1: Beschreibung von Six Sigma anhand der Gauß'schen Normalverteilung [Magnusson 2001; Schmutte 2008]

Der Mittelwert (μ) ist bezogen auf den Prozess das erwartete Ergebnis. Jedes Ergebnis bewegt sich um den Mittelwert, was als Varianz bezeichnet wird. Die Standardabweichung Sigma (σ) stellt darauf bezogen die Streuung um den Mittelwert dar. Die Standardabweichung bedeutet somit den Abstand zwischen μ und der unteren oder oberen Spezifikationsgrenze (USG oder OSG). Prozentual ausgedrückt wird die Anzahl der fehlerfreien Teile auch als Yield bezeichnet [Toutenburg 2009]. Bei der Verwendung der Standardnormalverteilung wird angenommen,

dass der erwartete Yield von 6σ 99.99966% und die erwartete Fehleranzahl pro 1 Mio. Fehlermöglichkeiten (parts per million/ppm) 3,4 sei. Dabei wird 3,4ppm als Wert für eine langfristige Prozessleistung wahrgenommen. Mithilfe empirischer Beobachtungen wurde jedoch festgestellt, dass Prozesse begründet durch langfristige Einflüsse nach einiger Zeit eine Mittelwertverschiebung um $\pm 1,5\sigma$ aufweisen. Demzufolge entspricht im Falle eines „Worst Case“-Szenarios $4,5\sigma$ dem Six Sigma-Niveau der Standardnormalverteilung von 3,4ppm [Schmitt 2010; Pyzdek 1997; Magnusson 2001]. Nachstehend wird der Zusammenhang zwischen Sigma-Niveau, Fehleranzahl und Yield in einer Tabelle (Tab. 2.1) zusammengefasst. Zu berücksichtigen ist die Mittelwertverschiebung um $\pm 1,5\sigma$.

Tab. 2.1: Fehleranzahl für die verschiedenen Sigma-Niveaus [Toutenburg 2009]

Sigma-Niveau	Fehleranzahl pro 1 Mio. Fehlermöglichkeiten/ parts per million (ppm)	Yield
1 σ	690,000	31%
2 σ	308,537	69.2%
3 σ	66,807	93.32%
4 σ	6,210	99.977%
5 σ	230	99.977%
6 σ	3.4	99.99966%

Ziel sollte es nicht sein, um jeden Preis ein höchstmögliches Qualitäts-Niveau zu erreichen, sondern eine Qualität anzustreben, mit der die Kundenbedürfnisse erfüllt werden. Mit anderen Worten sollte das Sigma-Niveau so hoch sein, wie der Kunde bereit ist es zu akzeptieren [Toutenburg 2009].

Seit Beginn der Six Sigma-Geschichte ist mit Six Sigma eine systematische und stringente Methode zur Optimierung von Prozessen und Produkten gemeint, welche die Erfüllung der Kunden- und Businessanforderungen anstrebt. Zu Anfang wurde die Methode noch relativ formalistisch angewendet, da die Werkzeuge zur Analyse der Daten für jede Bearbeitungsphase des Projektes festgelegt waren und verpflichtend angewendet werden mussten. So basierte die Entscheidungsfindung meist auf einer relativ zahlen- und faktenbasierten Grundlage und weniger auf Intuition. Diese sehr statistische und komplexe Vorgehensweise führte in den

meisten Fällen zu erfolgreichen Ergebnissen, jedoch rutschten die Six Sigma-Projektleiter oft in den Ruf von Wissenschaftlern. So wurde Six Sigma oft als sehr aufwändig und bürokratisch aufgefasst.

Nach und nach hat sich die Wahrnehmung allerdings gewandelt und die Aufstellung der Statistik wurde immer flexibler und anwendungsorientierter. Zudem wurde erkannt, dass der sogenannte DMAIC-Zyklus eine ideale Systematik darstellt, erprobte Werkzeuge zu integrieren und stets systematisch vorgehen zu können. Seither erfolgen Verbesserungsprojekte immer nach dem strukturierten Ablauf des DMAIC-Ansatzes (Define – Measure – Analyze – Improve – Control). Die Ziele während des Durchlaufens der einzelnen Phasen des Zyklus richten sich dabei kontinuierlich nach den Anforderungen des Kunden [Lunau 2013; Toutenburg 2009].

Die Tatsache, dass Six Sigma zu Ursprungszeiten in erster Linie in der Produktion Anwendung fand, hat sich ebenfalls geändert. Die Anwendungsbereiche haben sich erweitert und der Trend führte dahin, dass seit Ende der 1990er-Jahre auch die Finanzdienstleistungsbranche, der Servicebereich, das Gesundheitswesen sowie die Software-Entwicklung Six Sigma zur Verbesserung ihrer Prozesse einsetzen. Mittlerweile gehört Six Sigma zu den Top 25 Management Tools [Gundlach 2008; Knecht 2013; Rigby 2005].

Zum jetzigen Zeitpunkt bestehen viele unterschiedliche Sichtweisen und Definitionen zur Six Sigma-Methodik. Eine Definition von Mikel J. Harry, einem der weltweit bekanntesten Experten auf diesem Gebiet, wurde auf einer Six Sigma Academy Konferenz im Jahr 2002 zum Ausdruck gebracht: „*Six Sigma ist eine umfassende Strategie zur beschleunigten Verbesserung von Prozessen, Produkten und Dienstleistungen (Erzielung von Durchbrüchen), verbunden mit einem System zur Messung der Effizienz von Vorgehensweisen zur Eliminierung von Fehlern und Streuungen in Prozessen, Produkten und Dienstleistungen mit dem Ziel der Erhöhung der Ausbeute.“*

Die Prozessorientierung

Fest steht, dass Unternehmensprozesse den Kern der gesamten Six Sigma-Thematik bilden. Damit sind Tätigkeiten gemeint, die immer und immer wieder durchlaufen werden und mit dessen Hilfe Einsatzfaktoren (Input, Stellhebel, Ursachen) in Leistungen oder Produkte (Output, Wirkung, Ergebnis) umgewandelt werden. Solche Einsatzfaktoren können beispielsweise Material, Maschinen oder menschliche Arbeit sein und als Prozesse werden sowohl Produktions- (zum Beispiel die Herstellung von Getrieben) als auch Administrationsprozesse (zum Beispiel Angebotserstellung) bezeichnet [Wappis 2013]. Statistisch betrachtet sei y das Ergebnis des Prozesses, x die Eingangsgröße des Prozesses und f die Funktion. Das Prinzip der Prozessorientierung von Six Sigma ist in Abb. 2.2 dargestellt. Mit Störgrößen sind diejenigen Parameter gemeint, welche eine Abweichung der Wirkungsgröße y von der Soll-Zielgröße erzeugen, auf die jedoch nur ein geringer oder sogar kein Einfluss genommen werden kann. Als Streuparameter werden die frei spezifizierbaren Parameter bezeichnet, durch deren Einstellung sich optimale Werte für Produkte und Prozesse erreichen lassen [Klein 2007].

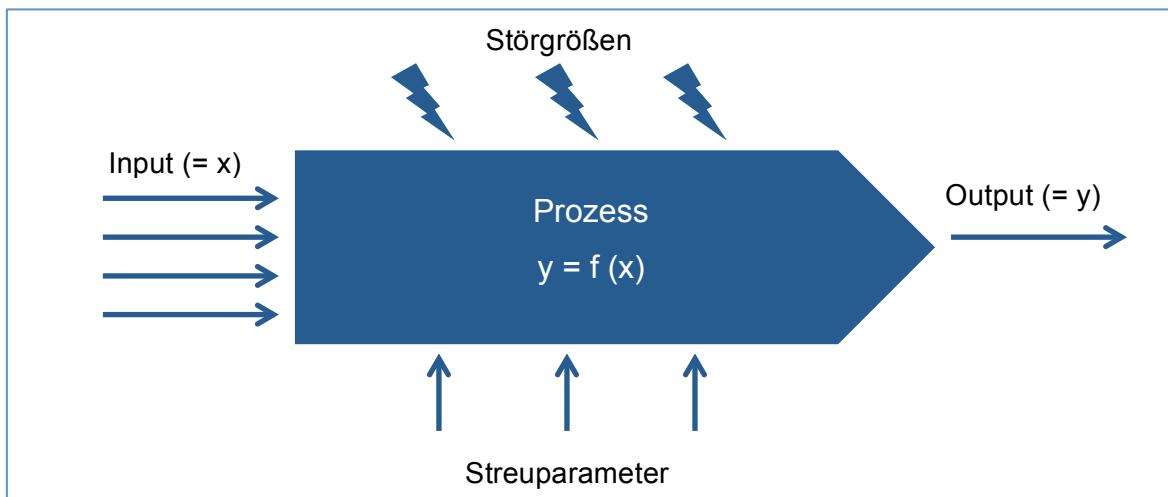


Abb. 2.2: Das Prozessmodell [Klein 2007]

Um eine Verbesserung eines Prozesses zu erreichen, muss y (Prozessergebnis) beobachtet und x (Einflussgrößen/Input-Variablen) gesteuert werden. Dadurch, dass bei der Six Sigma-Problemlösung die Prozessanalyse und -bewertung im Mittelpunkt steht, werden Fehler im Unternehmen nie isoliert oder personenkonzentriert, sondern immer in Zusammenhang mit dem Prozess und dessen Rand-

bedingungen betrachtet, in dem sie auftreten. Der Grundgedanke von Six Sigma erfüllt dadurch eine wesentliche Voraussetzung der modernen Unternehmensführung [Back 2014].

2.1.2 Ziele und Nutzen

Six Sigma wird mittlerweile als ein strategisch ausgerichtetes Qualitätsmanagementsystem anerkannt und beruht auf der stetigen Weiterentwicklung des ursprünglichen Ansatzes von Motorola. Unter der Verwendung des – auf Grundlage der Statistik beruhenden – Konzeptes der Messung und der datengesteuerten Vorgehensweise strebt Six Sigma nach höchster Qualität. Sämtliche erprobte Qualitätsansätze werden dabei miteinbezogen. Durchgeführt werden die Optimierungen projektorientiert und auf Basis von aufgezeichneten Prozessen. Die Projekte sollen einen effizienten Verbrauch von Kapazitäten und gleichzeitig die Kundenorientierung sicherstellen. Trotz der teilweise weniger neuartigen Bestandteile von Six Sigma ist die Erfolgswahrscheinlichkeit bei der Unternehmenseinführung unter Voraussetzung eines fortschrittlich entwickelten Qualitätsmanagements als sehr hoch einzustufen.

Grundlegendes Ziel von Six Sigma ist es, Prozesse im Unternehmen so zu steuern und zu gestalten, dass in Bezug zu den Prozessergebnissen eine nur sehr geringe Streuung und ein verbesserter Mittelwert auftreten. Damit einhergehend führt die reduzierte Streuung zu einer Verbesserung der Durchlaufzeit, womit gleichzeitig der Nutzungsgrad steigt [Koch 2015]. Mit anderen Worten wird mit Six Sigma eine höchstmögliche Prozessqualität verfolgt. Das Niveau von 6 Standardabweichungen (also Six Sigma) ist dabei nicht flächendeckend in allen Unternehmensprozessen anzustreben, sondern sollte eher als Grundstein angesehen werden, um einen Kulturwandel voranzutreiben. Kurz gesagt ist der Weg das Ziel [Gundlach 2008].

Nachstehend sind neben der bisher eher methodisch betrachteten Ziele die im allgemeinen betrachtet relevantesten Ziele zusammengefasst, welche bei der Durchführung von Six Sigma-Projekten im Mittelpunkt stehen sollten:

- Fehlereliminierung
- Verbesserung der Qualität und Prozessfähigkeit
- Stärkung der Vorhersagbarkeit von Prozessergebnissen

- Steigerung der Zuverlässigkeit von Waren und deren Lieferung
- Motivation der Mitarbeiter und Erweiterung des Knowhow
- Kundenzufriedenheit
- Optimierte Prozesskapazität
- Verbesserte Unternehmensergebnisse [Kaufmann 2012].

Es wird deutlich, dass sich die Ausrichtung der Ziele sowohl auf das Unternehmen als auch auf die Mitarbeiter und die Kunden bezieht. Eine Prozessverbesserung führt das Unternehmen zu einer gestärkten Konkurrenz- beziehungsweise Wettbewerbsfähigkeit auf dem Markt. Die Kunden erhalten eine auf ihre Anforderung abgestimmte Qualität und die Mitarbeiter beziehungsweise Projektbeteiligten profitieren von dem einhergehenden Lernprozess (Abb. 2.3).



Abb. 2.3: Die ergebnisorientierten Zusammenhänge der Six Sigma-Ziele [Gundlach 2015; Hofbauer 2011; Wappis 2013]

Vor- und Nachteile

Zusammenfassend lassen sich die Vor- und Nachteile der Six Sigma-Methodik wie folgt (Tab. 2.2) beschreiben:

Tab. 2.2: Vor- und Nachteile von Six Sigma [Gamweger 2015]

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit • Lieferung messbarer Ergebnisse • Reduzierung der Kosten 	<ul style="list-style-type: none"> • Teilweise komplexe Werkzeuge • Experten sind notwendig • Daten sind erforderlich

2.1.3 Six Sigma Organisation – Die Belt-Grade

Den Mittelpunkt des konzeptionellen Rahmens von Six Sigma bilden die zu verbesserten Projekte. Der Erfolg solcher Projekte hängt in hohem Maße von der Kompetenz der Unternehmensleitung ab, weshalb das Management die Hauptverantwortung des gesamten Vorhabens bezüglich Six Sigma steuert. Eine wesentliche Rolle bei der praktischen Ausführung dieser Projekte stellen dabei die Stakeholder dar. Unter Stakeholder sind Interessensgruppen zu verstehen, welche die Projekte in der Praxis ausführen, also in erster Linie die Mitarbeiter. Sie setzen die Verbesserungen um, indem sie an Ausbildungskursen teilnehmen, bei Projekten mitwirken und das Sammeln von Daten übernehmen. Zum Schlüsselement der Mitarbeitereinbeziehung gehört die Zuweisung von bestimmten Rollen und Verantwortlichkeiten. Diese Rollen orientieren sich dabei in den meisten Unternehmen, welche Six Sigma anwenden, an dem Gürtelsystem des Kampfsports [Gamweger 2015; Frank 2016; Toutenburg 2009].

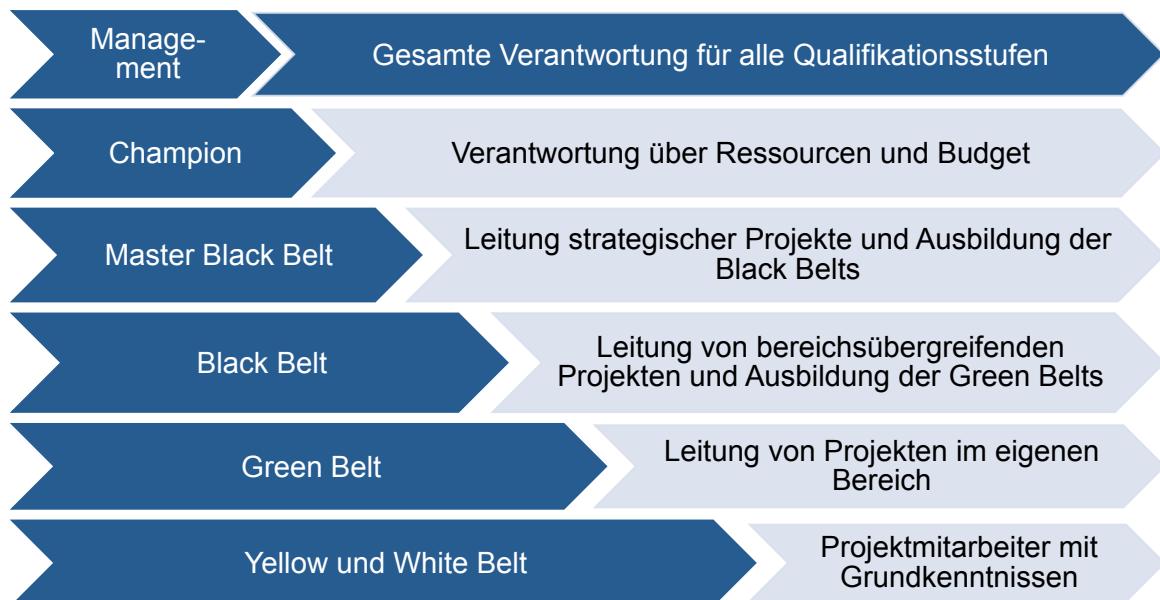


Abb. 2.4: Die Rollen innerhalb der Six Sigma-Organisation [Toutenburg 2009]

Wie Abb. 2.4 zeigt, deckt das System alle bestehenden Ebenen ab, vom leitenden Champion auf der obersten Führungsebene, dem Master Black Belt mit Ausbildungsverantwortung, dem Black Belt, welcher als Verbesserungsexperte angesehen wird bis hin zum White Belt auf ausführender Ebene. Insgesamt sind es sechs

Belt-Grade, die sich je nach Verantwortungsbereich und Qualifikation voneinander unterscheiden [Gamweger 2015; Frank 2016].

Um sich für die jeweiligen Belt-Grade zu qualifizieren werden auf dem freien Markt entsprechende Trainings angeboten, in denen der Umgang mit den notwendigen statistischen Problemlösungs-Werkzeugen erlernt werden kann. Anschließend besteht die Möglichkeit einer Zertifizierung des Gelernten.

Six Sigma-Praktiker, welche sich langfristig und intensiv mit der Thematik auseinandergesetzt haben, sind geprägt von einer individuellen, genauen Vorstellung über die Inhalte und den Umfang eines „Belt“-Trainings. Da die Begriffe „Green Belt“, „Black Belt“ und „Master Black Belt“ zum aktuellen Zeitpunkt nicht geschützt sind, existieren immer mehr Anbieter gleichnamiger Ausbildungen, die jedoch bedeutend weniger Inhalt anbieten, beziehungsweise sich in ihrer Komplexität und Qualität sehr voneinander unterscheiden.

Der anerkannte **European Six Sigma Club-Deutschland e.V. (ESSC-D)** arbeitet daran eine allgemeingültige, verpflichtende Richtlinie zu entwickeln. Der Verein wurde im Jahr 2007 gegründet und besteht aus mehr als 400 qualifizierten Fachleuten verschiedener Industriezweige und Unternehmensbereiche auf diesem Gebiet. Der ESSC-D versteht sich als „Designer für das Six Sigma von morgen“. Das grundlegende Ziel des Vereins ist eine europaweite Vereinheitlichung und eine flächendeckende Anwendung von Six Sigma als Verbesserungsmethode von Prozessen zu erreichen [ESSC-D 2015a; b; c; d].

Der ESSC-D hat Richtlinien für die Green Belt- und Black Belt-Ausbildung veröffentlicht, die Anhaltspunkte dazu geben, welche Themen in den DMAIC-Phasen vorkommen und in welchem Umfang und welcher Vermittlungstiefe diese verschiedenen Themen behandelt werden sollten. Dank der Maßnahmen des ESSC-D gibt es Mindestanforderungen für Ausbildungsrichtlinien, wodurch eine Einheitlichkeit in den angebotenen Schulungen erreicht werden kann, wenn sich die anbietenden Gesellschaften nach ihnen richten [ESSC-D 2015a].

2.1.4 Der DMAIC-Zyklus als standardisierte Vorgehensweise

Six Sigma-Projekte folgen bei ihrer Durchführung immer dem standardisierten Ablauf des DMAIC-Zyklus. Dieser baut auf dem klassischen Demingkreis PDCA (Plan, Do, Check, Act) auf und stellt die Basis jedes Six Sigma-Projektes dar [Töpfer 2007]. Die Bedeutung des DMAIC-Zyklus kann als kontinuierlicher Projekt- und

Regelkreisansatz verstanden werden, welcher eingesetzt wird, um Prozesse und Produkte nachhaltig zu optimieren [Gundlach 2008].

Zum jetzigen Zeitpunkt wird diese strukturierte Vorgehensweise weltweit als Standardverfahren für Six Sigma-Projekte verstanden. Solche Verbesserungsprojekte können kontinuierlich und konsequent durchlaufen werden, wobei die Inhalte und Vorgaben der einzelnen Phasen Freiheiten für spezifische Anwendungen lassen und die Werkzeuge flexibel einsetzbar sind [Gamweger 2009; Gundlach 2008].

Der Begriff „DMAIC“ steht dabei für die einzelnen Phasen, die während eines Projektes nacheinander durchlaufen werden und jeweils mit erprobten und schlüssigen Werkzeugen hinterlegt sind. So ist es den Anwendern von Six Sigma möglich, die Projekte strukturiert und als Routinetätigkeit durchzuführen [Wappis 2013].

Abb. 2.5 zeigt, wie die DMAIC-Struktur aufgebaut ist und mit welchen Aufgabenschwerpunkten die einzelnen Phasen arbeiten.

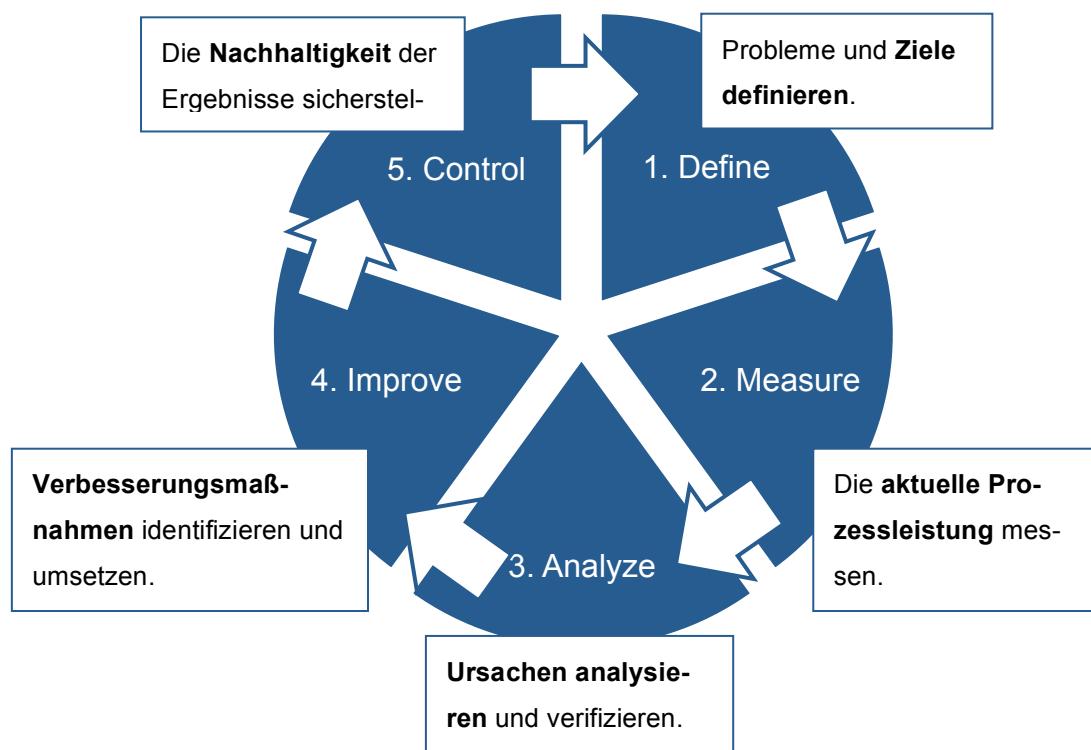


Abb. 2.5: Die Struktur des DMAIC-Zyklus

Nachstehend werden die einzelnen Phasen des DMAIC beschrieben, um die jeweiligen thematischen Schwerpunkte zu verdeutlichen.

Define – Problembeschreibung

Der Grundstein des gesamten Projektes wird in der Define-Phase gelegt. Hier geht es zunächst um die Problembeschreibung und Zielsetzung sowie darum, den zu optimierenden Umfang des Projektes zu bestimmen. Festgelegt werden die Rahmenbedingungen, wie Projektlauf und -struktur. Zudem wird in diesem Schritt des Projektes das Team zusammengestellt, welches für den reibungslosen Ablauf zuständig sein wird. Eine erste Grobprozessdarstellung wird erstellt und die Anforderungen des Kunden strukturiert. Innerhalb dieser Projektphase wird der Erfolg organisiert. [Wappis 2013; Kaufmann 2012]. Eine Übersicht über das Vorgehen in dieser Phase ist in folgender Darstellung (Abb. 2.6) zusammengetragen.



Abb. 2.6: Ablauf der Define-Phase [Lunau 2013]

Zu Beginn der Define-Phase kommt der sogenannte Project Charter zum Einsatz. Mithilfe dieses Werkzeuges können umfassend alle für das Projekt relevanten Informationen übersichtlich dargestellt und zusammengetragen werden. Die Definition des Projektes, das Problem und ein erster Ansatz zur Lösung mit entsprechenden Zielen sind darin enthalten. Der Aufbau eines Project Charters kann unterschiedlich ausfallen, da auch die Aufträge sich je nach Umfang und Ausprägung des zu optimierenden Prozesses sehr voneinander unterscheiden können [Kaufmann 2012; Lunau 2013].

Im nächsten Schritt wird die SIPOC-Analyse angewendet. Mit dieser wird der Prozessverlauf dargestellt und ein transparentes und einheitliches Verständnis bezüglich der Projektziele und -grenzen geschaffen. SIPOC kann als festgelegtes Pro-

zessflussdiagramm definiert und zur Klärung des Projektes genutzt werden. Dazu wird die Analyse in seine einzelnen Bestandteile „Supplier“, „Input“, „Process“, „Output“ und „Customer“ zerlegt und in sequentieller Abfolge dargestellt [Wappis 2013].

Da jeder Prozess dem Zweck dient die Anforderungen des Kunden zu erfüllen, muss nach Ermittlung der Kundengruppe mittels der SIPOC-Analyse die „Stimme des Kunden“ oder auch „Voice of Customer“ (VOC), eingeholt werden. Dazu werden die potentiellen Kunden beispielsweise durch Interviews oder Studien nach ihren Forderungen und Wünschen befragt [Lunau 2007].

Die ermittelten und gewichteten Kundenanforderungen werden schließlich in Spezifikationen (CTQs) übersetzt, damit die Forderungen messbar gemacht werden können. CTQs sind die quantifizierten und spezifizierten Kundenanforderungen und stellen die Merkmale dar, welche für die Erfüllung der Kundenzufriedenheit besonders relevant sind. Die CTQs stellen das messbare Endergebnis der Define-Phase dar [Wappis 2013; Lunau 2013; Back 2014].

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die VOC den Schlüssel jedes wirtschaftlichen Vorganges darstellt, da die Kundenanforderungen bekannt sein sollten, um diese optimal bedienen zu können [Back 2014].

Measure – Datenerfassung

Ist die Basis des Projektes geschaffen, kann damit begonnen werden die aktuellen Daten zum Prozess zu sammeln, um anschließend mithilfe der so erstellten Datengrundlage grafische und statistische Auswertungen zu erstellen. Potentielle Ursachen für das Problem können so herausgestellt werden [Wappis 2013; Kaufmann 2012].

Der Aufbau der Phase kann wie in Abb. 2.7 dargestellt werden.

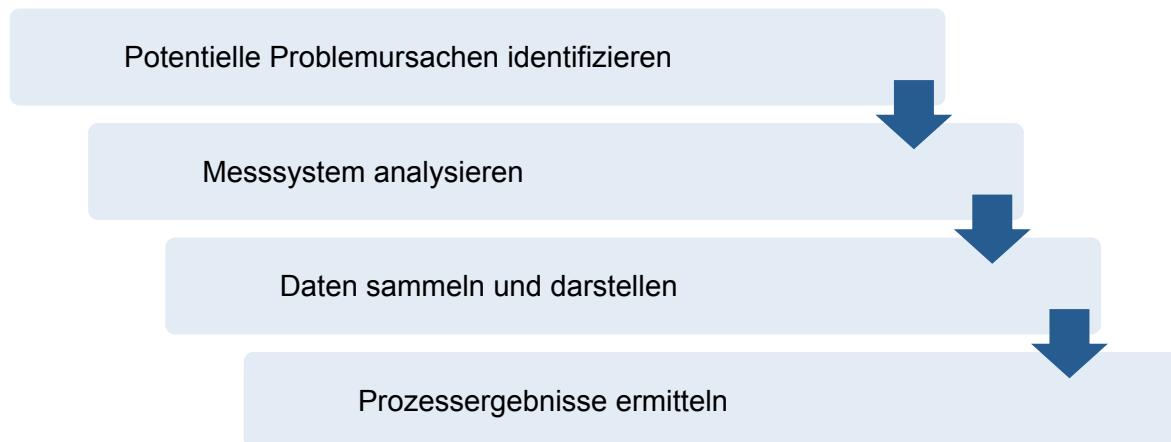


Abb. 2.7: Vorgehensweise der Measure-Phase [Kaufmann 2012]

Mittels der Datengrundlage können auf den Prozess einwirkende Faktoren identifiziert und quantifiziert werden, wodurch es schließlich möglich ist das Ergebnis des Prozesses zu steuern und zu optimieren [Lunau 2013; Wappis 2013; Kaufmann 2012].

Kennzeichnend für diese Phase ist eine umfangreiche Sammlung an nützlichen und sinnvollen Werkzeugen die eingesetzt werden und bei der Ermittlung der potentiellen Problemursachen helfen können. Die Measure-Phase ist oft der zeit- und arbeitsintensivste Abschnitt eines Projektes, weshalb das Team zu diesem Zeitpunkt meist zum ersten Mal vor Herausforderungen gestellt wird. Möglich ist beispielsweise, dass durch die grafische Darstellung der Daten nicht der erwartete „Aha“-Effekt mit der Erkenntnis potentieller Ursachen auftritt. Auch eine eventuell schlechter ausfallende Prozessfähigkeit als vor Beginn des Projektes erwartet stellt eine solche Herausforderung dar. Aufgrund solcher zu überwindenden Hürden ist es wichtig, dass der Projektleiter und der Sponsor in solch einem Fall gemeinsam mit dem Team die entsprechenden Maßnahmen bespricht und einleitet [Kaufmann 2012].

Analyse – Ursachenermittlung

Die zuvor geschaffene Datengrundlage dient in dieser Phase des DMAIC-Zyklus dazu, die potentiellen Ursachen weiter zu analysieren um schließlich die tatsächlichen Ursachen herauszufiltern (Abb. 2.8). So können erste Informationen für die Lösungsgenerierung gegeben werden [Wappis 2013; Kaufmann 2012].

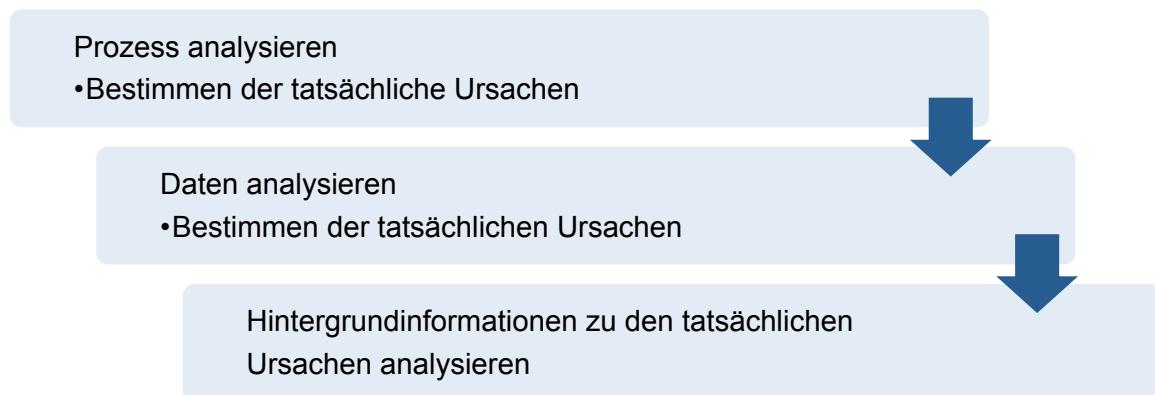


Abb. 2.8: Vorgehensweise der Analyze-Phase [Kaufmann 2012]

Die zuvor in der Measure-Phase zusammengetragenen potentiellen Ursachen werden nun mittels der gesammelten Daten auf deren Einfluss untersucht. Dazu wird mit verschiedenen Werkzeugen eine Datenanalyse und mit weiteren Werkzeugen eine Prozessanalyse durchgeführt. Beide Analysemethoden sind eng miteinander verbunden, unterstützen sich oft gegenseitig und werden zumeist gleichermassen eingesetzt. Als Ergebnis dieser Phase werden die tatsächlichen Ursachen für das Problem und der Grad des Einflusses auf das Problem verstanden [Kaufmann 2012].

Improve – Lösungsgenerierung und -implementierung

Hier werden auf Grundlage der ermittelten Ursachen erste Ideen zur Lösung entwickelt. Es wird so lange mithilfe diverser lösungsgenerierender Analysetechniken gearbeitet, bis Maßnahmen geschaffen worden sind, welche für die Beseitigung des Problems sinnvoll erscheinen. Daraufhin findet die Umsetzung und Einführung dieser Verbesserungsmaßnahmen in das Unternehmen statt [Wappis 2013; Kaufmann 2012].

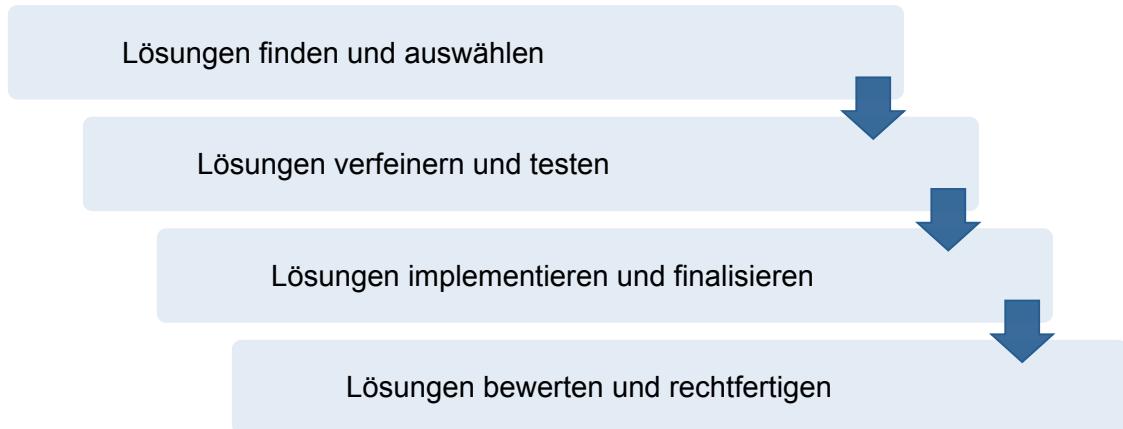


Abb. 2.9: Abfolge der Improve-Phase [Lunau 2013; Gundlach 2008; Toutenburg 2009]

Abb. 2.9 beschreibt den Ablauf der Improve-Phase. Detailliert beschrieben werden zunächst mithilfe von Kreativitätstechniken, wie beispielsweise dem Brainstorming, Lösungsideen gesammelt und ausgewählt. Im nächsten Schritt müssen diese Lösungen verfeinert und finalisiert werden, indem sie auf ihre Realisierbarkeit geprüft werden. Die Risikoerkennung spielt zu diesem Zeitpunkt ebenfalls eine wesentliche Rolle. Wenn die umzusetzenden Lösungsmaßnahmen festgelegt sind, geht es darum, diese in den Prozess zu implementieren. Dabei sollte der Prozess stetig überwacht und gesteuert werden. In dieser pilotartigen Lösungsimplementierung findet die endgültige Finalisierung der besten Lösungsmaßnahmen statt [Lunau 2013; Gundlach 2008; Toutenburg 2009; Kaufmann 2012].

Control – Sicherung der Nachhaltigkeit

Nach der Einführung der Verbesserungsmaßnahmen liegt die Kontrolle und Sicherung dieser im Fokus des Projektes. Es geht darum, die eingeführten Lösungen auch nachhaltig zu sichern und organisatorisch zu verankern. Der letzte Schritt dieser abschließenden Phase ist die Übergabe des verbesserten Prozesses an den Prozesseigner [Wappis 2013; Kaufmann 2012].

Die nachstehende Abbildung (Abb. 2.10) verdeutlicht die schrittweise Abfolge des letzten DMAIC-Abschnittes.

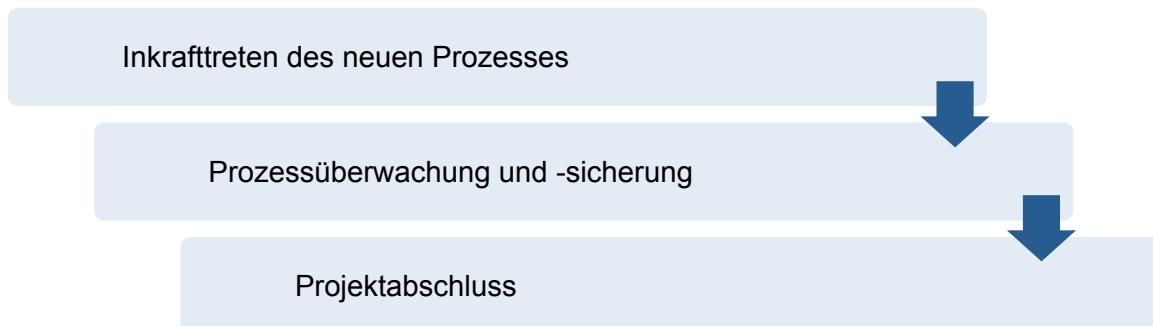


Abb. 2.10: Vorgehensweise in der Control-Phase [Wappis 2013]

Der verbesserte Prozess muss in Prozessbeschreibungen, Zeichnungen und diversen weiteren Unterlagen aktualisiert und angepasst werden. Die betroffenen Unternehmensbereiche müssen schließlich über alle Änderungen informiert werden, gegebenenfalls sind auch Schulungen der Mitarbeiter notwendig. Um die Verbesserungen nachhaltig absichern zu können, werden Maßnahmen getroffen, die dafür zuständig sind, dass der erreichte Zustand sich nicht wieder verschlechtern kann oder ein sich verschlechternder Zustand unmittelbar erkannt wird. Ist sichergestellt, dass der verbesserte Zustand auch dem Druck des Tagesgeschäfts standhalten wird, kann der optimierte Prozess dem Eigner übergeben werden. Unerlässlich ist anschließend der formale Abschluss des Projektes. Die gemachten Erfahrungen und „Lessons Learned“ werden dem Unternehmen ganzheitlich zugänglich gemacht. Sind alle DMAIC-Phasen während eines Six Sigma-Projektes erfolgreich durchlaufen worden, sollte ein nachhaltig abgesicherter und optimierter Zustand vorliegen [Wappis 2013].

2.1.5 Der Diagnoseraum

Um die beschriebene Vorgehensweise zu veranschaulichen kann die Darstellung eines Diagnoseraums helfen. Dieser Raum kann durch drei Türen betreten werden:

- Die Prozesstür,
- die Datentür
- oder die Kulturtür.

Die Nutzung der jeweiligen Tür hängt mit dem vorliegenden Problem und der Datengrundlage zusammen. Abb. 2.11 fasst die drei Türen mit Beispielen von deren typisch eingesetzten Werkzeugen oder Aufgaben zur Ermittlung der tatsächlichen Ursachen zusammen.

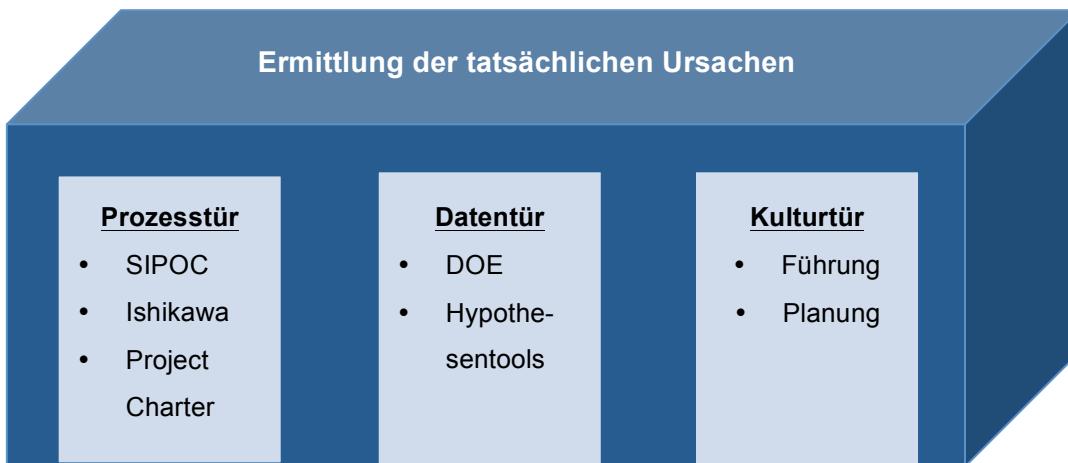


Abb. 2.11: Diagnoseraum zur Ermittlung der tatsächlichen Ursachen [Bergbauer 2007]

Die Prozesstür wird betreten, wenn die Analyse des Prozessablaufes zur Ermittlung der Grundursachen durchgeführt wird. Die Datentür hingegen ist für die unterschiedlichen Einsätze der Werkzeuge zur Ermittlung der potentiellen Ursachen aus den Grundursachen zuständig. Im Laufe des Projektablaufes beziehungsweise des DMAIC-Zyklus wird, je nach Datenlage, ein Wechsel zwischen den Türen stattfinden. Es empfiehlt sich durch beide Türen – Prozess- und Datentür – zu gehen, damit der Umfang an potentiellen Ursachen sichergestellt werden kann.

Mit „Betreten“ der Kulturtür ist der Einbezug der betreffenden Funktionsträger gemeint. Die Unternehmenskultur wirkt stetig und überall. Demnach sollte nie vernachlässigt werden, dass jede Änderung des Prozesses mit der Planung und Führung einhergeht [Bergbauer 2007].

2.2 Die TRIZ-Methodik

Anders als bei der Six Sigma-Methodik liegt der Ursprung der TRIZ-Methodik nicht in dem Bestreben nach optimierten Produktionsprozessen, sondern in der innovativen Problemlösung von Unternehmensprozessen. TRIZ, die russische Abkürzung für „Theorie des erfinderischen Problemlösens“ (ТРИЗ – Теория Решения

Изобретательских Задач) steht für einen Werkzeugkasten mit verschiedenen Methoden und Hilfsmitteln, welche ein strukturiertes und erfolgreiches Problemlösen vereinfachen sollen. Vor allem bei der Analyse und Lösung von technischen Problemen kommt diese Entwicklungsmethode oft zum Einsatz. Der Ursprung von TRIZ liegt im Bereich des Maschinenbaus und die Methodik zeigt vor allem dort ihre Kompetenz. Allerdings lassen sich auch Problemstellungen aus vielen anderen Bereichen mit den TRIZ-Werkzeugen lösen [Lindemann 2016; Adunka 2016].

2.2.1 Zeitliche Entwicklung und Bedeutung von TRIZ

Zu den Gründern von TRIZ zählt der russische Ingenieur und Wissenschaftler Genrich Saulowitsch Altschuller (Abb. 2.12). Er wird heute als Hauptgründer angesehen, obwohl bereits zur Anfangszeit mehrere Personen (z.B. R. Shapiro, D. Kabanov, S. Kornev, V. Zhuravleva) an der Entstehung der Methodik mitgearbeitet haben.

Aufgrund von Altschullers ausgeprägter Erfindungsgabe wurde er während seines Dienstes bei der russischen Marine im Jahre 1946 zum Patentbeauftragten ernannt. Seine Aufgabe war es den Erfindern die kreative Ideenfindung zu erleichtern. Dabei erkannte er schnell, dass es keine bestehende, einheitliche Vorgehensweise gab, was ihn dazu bewegte seine eigene Theorie mithilfe diverser Patentanalysen zu entwickeln [Lindemann 2016]. Er nutzte seine Erfindungsgabe und meldete zahlreiche Patente an. Sein Interesse lag vor allem in überraschenden und nicht naheliegenden, neuartigen Ideen, denn diese Form von Ideen empfand er selbst als höherwertiger.

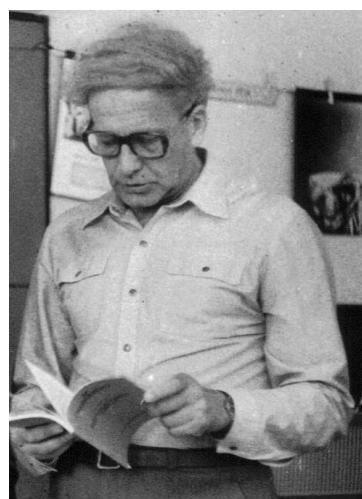


Abb. 2.12: Genrich Saulowitsch Altschuller 1926 – 1998 [Bukhman 2012]

Die so angesammelten Theorien und Methoden sind zum heutigen Zeitpunkt als die „klassische TRIZ“ bekannt. TRIZ wurde nach und nach in den Entwicklungsalltag innovativer Unternehmen wie beispielsweise Samsung, Intel, General Electrics oder Siemens integriert, wodurch sie stetig an die Umstände und Wünsche der Industrie angepasst wurde. Ziel in der Industrie war dabei der Erhalt von Produktinnovationen, also am Markt erfolgreich umgesetzten Ideen und nicht mehr nur die Suche nach neuen Patenten. Dieser neue Zielgedanke kann manchmal eine andere Vorgehensweise als die Ideenkreation und -bewertung mit sich bringen. Neben der „klassischen TRIZ“ wird diese andere Richtung der Zielverfolgung als „moderne TRIZ“ bezeichnet [Lindemann 2016].

Unterschiede zwischen der „klassischen“ und „modernen“ TRIZ

Wie bereits erläutert, versteht sich unter der „klassischen TRIZ“ die von Altschuller erarbeitete und vorangetriebene TRIZ, deren Werkzeugkasten im Laufe der Zeit immer weiter verfeinert und optimiert wurde. Die Methoden beruhen auf der Analyse verschiedener Patente und beschäftigen sich in erster Linie mit der Ideenkreation.

Die „moderne TRIZ“ ist die Weiterentwicklung der „klassischen TRIZ“ und beruht auf der Integration neu erschaffener Werkzeuge oder der Adaption anderer, bestehender Analyse- und Kreativmethoden. Das internationale TRIZ-Zertifikat des Level 5, auch TRIZ-Master genannt (siehe Kapitel 2.3.3), wird von einem Gremium aus 12 TRIZ-Mastern vergeben, wenn der TRIZ-Anwärter (Voraussetzung: TRIZ Level 4) eine neue Methode in die TRIZ integriert. Der Methodenbaukasten erweitert sich somit um jeden neuen TRIZ-Master [Adunka 2016]. Tab. 2.3 zeigt auf, welche Methoden der „klassischen“ sowie „modernen“ TRIZ zu den bekanntesten gehören.

Tab. 2.3: Beispiele von „klassischen“ und „modernen“ TRIZ-Werkzeugen [Adunka 2016; TRIZ-Online 2016a]

"Klassische TRIZ-Werkzeuge"	"Moderne TRIZ-Werkzeuge"
<ul style="list-style-type: none"> • Neun-Felder-Denken • Zwergmodell • MKZ-Operator • Technischer Widerspruch • Widerspruchsmatrix • 40 Innovationsprinzipien • Physikalischer Widerspruch • 4 Separationsprinzipien • Stoff-Feld-Analyse • 76 Standardlösungen • Trends der Technikrevolution • ARIZ-Algorithmus 	<ul style="list-style-type: none"> • Funktionsanalyse für Produkte und Prozesse mit ihren Erweiterungen • Ursachenanalyse • Trimmen • Effektdatenbanken • Feature Transfer • Flussanalyse • Erweiterte Trends der Technikrevolution • Idealität

Die **Idealität** ist mittlerweile eines der grundlegenden Philosophien der TRIZ und ist im Prinzip als eine Vision einer idealen Zukunft als Leuchtturm errichtet. Der Leuchtturm kann mit der Vision eines Unternehmens verglichen werden, welche dem Unternehmen eine Richtung weist. Diese Vision ist nicht zwingend zu erfüllen, sollte jedoch als Leitlinie für weitere Überlegungen angesehen werden. In ihrer Ausprägung als Idealität (beziehungsweise ideale Maschine und ideales Endresultat) kann diese Philosophie als Werkzeug genutzt werden, um bei Gruppenarbeiten die Basis eines gemeinsamen Ziels zu schaffen [Lindemann 2016].

2.2.2 Ziele und Nutzen

TRIZ befähigt den Anwender dazu, Innovationen nicht mehr nur zufällig herbeizuführen, sondern dabei systematisch vorzugehen. Ziel ist es komplexe, technische Probleme innovativ durch neue Lösungsansätze zu lösen. Bei technischen Widersprüchen und Zielkonflikten steht die Entwicklungsmethode unterstützend zur Seite. Sie deckt den gesamten Problemlösungsprozess (Ursache – Lösungen – Entscheidungen – Umsetzung) ab.

Die systematische Vorgehensweise zur Erarbeitung zahlreicher Ideen in der Konzeptphase eines Produktes bis hin zur Bearbeitung von akuten Problemstellungen im technischen Bereich wird in der Regel in folgende Schritte eingeteilt:

- *Problemanalyse*
Darlegen und analysieren des vorliegenden Problems
- *Abstraktion*
Das Problem auf abstrakte Bestandteile herunterbrechen (Modellformulierung)
- *Analogie- und Ideenfindung*
Das abstrakte beziehungsweise allgemeine Problem wird bewusst mit analogen Problemen verglichen
- *Konkretisierung*
Rücktransformation des Lösungsansatzes zum ursprünglichen Problem [Brückner 2015].

Verdeutlicht wird diese Herangehensweise von dem in folgender Abbildung (Abb. 2.13) dargestellten TRIZ-Kreislauf [Adunka 2016].

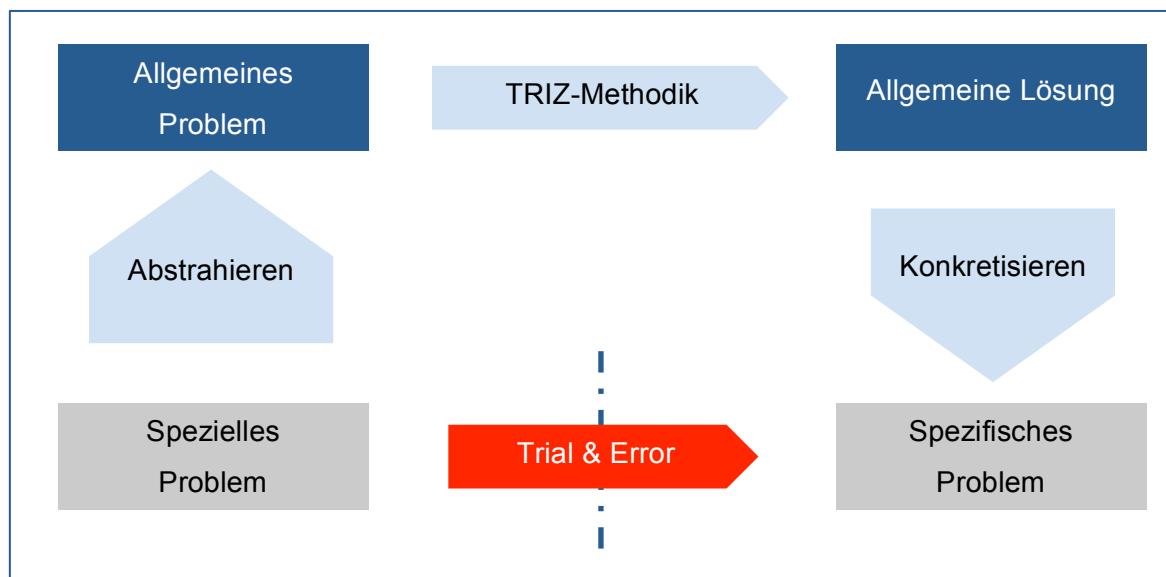


Abb. 2.13: Der TRIZ-Kreislauf zur kreativen Problemlösung [Adunka 2016]

Aufgrund der Vielzahl an bestehenden TRIZ-Werkzeugen ist ein Ordnungssystem sinnvoll, um eine Lösung strukturiert und mit den jeweils geeigneten Werkzeugen für jede Phase des Problemlösungsprozesses erarbeiten zu können. Als ein

bereits erfolgreich eingesetztes Ordnungssystem wird die folgende „3 Schritte-Systematik“ angewandt:

- Aufgaben analysieren,
- Herausforderungen lösen,
- Lösungskonzept auswählen.

Diese 3 Arbeitsschritte können als Leitstrahl auf dem Weg zur Lösung in Richtung Idealität angesehen werden. Sie hilft dabei die richtige Lösung in kürzester Zeit zu generieren [Adunka 2015].

Vor- und Nachteile

Zusammenfassend lassen sich die Vor- und Nachteile der TRIZ-Methodik wie folgt (Tab. 2.4) beschreiben:

Tab. 2.4: Vor- und Nachteile der TRIZ [Brückner 2015]

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Der Innovations- und Entwicklungsprozess wird systematisiert und strukturiert • Synergien mit Six Sigma (Probleme schnell und systematisch lösen) • Systematische Kreativitätstechnik 	<ul style="list-style-type: none"> • Hoher Aufwand bezüglich Recherchen und Aktualisierungen • Hoher Schulungsaufwand • Auf technische Probleme beschränkt

2.2.3 Leistungs-Level der TRIZ-Methodik

Im Laufe der Anwendungsgeschichte von TRIZ hat sich immer mehr herauskristallisiert, dass ein Zertifikat notwendig ist, um eine Vergleichbarkeit der Ausbildungen zu erreichen. Es bestehen die verschiedensten TRIZ-Schulen und Vereinigungen auf dem freien Markt, wodurch eine Diskussion über die Inhalte und Mindestanforderungen eines solchen Zertifikats unerlässlich bleibt. Die Ausbildungsinhalte und -abstufungen werden immer ähnlicher, allerdings besteht noch kein einheitlicher Standard [Adunka 2012]. Ähnlich wie bei der Six Sigma-Organisation bestehen auch bei TRIZ verschiedene Zertifizierungs-Abstufungen und Qualifikationsgrade. Damit die Ausbildung zum TRIZ-Experten stufenweise möglich ist, werden bestimmte Kompetenz-Stufen (Abb. 2.14) vorgeschlagen.

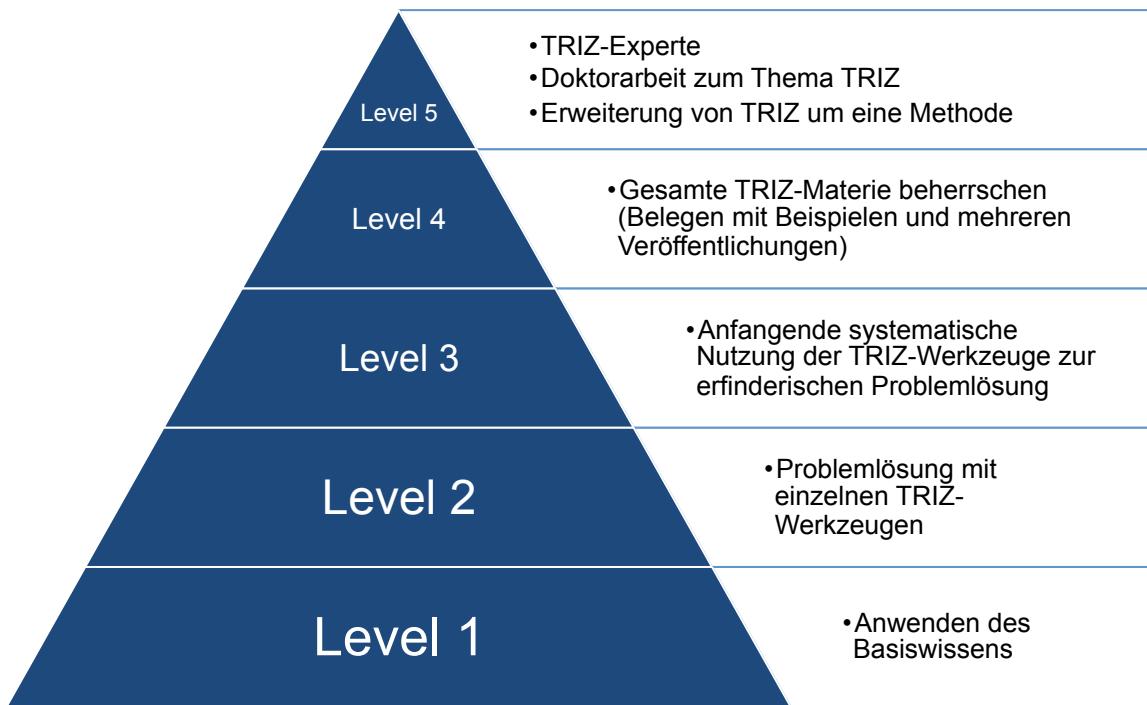


Abb. 2.14: Überblick der TRIZ-Zertifizierungs-Level [Koltze 2011; Adunka 2012]

Die 5 bestehenden Stufen – im Englischen als Level bezeichnet – werden im internationalen Rahmen von der russischen TRIZ-Organisation „MATRIZ“ zertifiziert. Beginnend mit Level 1, also dem Anwenden der Grundlagen von TRIZ bewegt sich die Qualifikationsspanne bis hin zu den TRIZ-Forschern auf Level 5. Von diesen TRIZ-Forschern oder -Experten sind weltweit aktuell erst 75 bei „MATRIZ“ verzeichnet [Koltze 2011].

2.2.4 Die 3 Schritte der TRIZ-Systematik

Wie bereits im vorigen Kapitel definiert bestehen drei wesentliche, aufeinander aufbauende Arbeitsschritte. Diese drei Schritte können als systematische Vorgehensweise verstanden werden und verfolgen jeweils verschiedene Aufgaben und Ziele (Tab. 2.5).

Tab. 2.5: Die Vorgehensweise der TRIZ-Systematik [Adunka 2015]

	Aufgaben analysieren	Herausforderungen lösen	Lösungskonzept auswählen
Ziel	<ul style="list-style-type: none"> • Aufgabe ganzheitlich verstehen • Analyse der Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge • Teilaufgaben priorisieren 	<ul style="list-style-type: none"> • Lösungsansätze entwickeln und filtern • Anwenden der 40 Innovationsprinzipien und 76 Standardlösungen • ARIZ-Ablaufstruktur 	<ul style="list-style-type: none"> • Priorisieren der Lösungsansätze • Kosten-Nutzen-Analyse der besten Möglichkeiten • Zusatznutzen durch Mehrfachnutzen generieren
Ergebnis	Identifikation der Herausforderungen	Ganzheitliche Abdeckung der Lösungsmöglichkeiten (hochwertige und wirtschaftliche Lösungen)	Erfolgsversprechendes Lösungskonzept

Schritt 1: Aufgaben analysieren

Der Einstieg in das Projekt erfolgt mithilfe des Ausfüllens eines Fragenkatalogs. Dieser soll die Basis für das Projekt schaffen und die grundlegenden Informationen zusammentragen, um das Projekt abstecken sowie Ziele und Rahmenbedingungen festlegen zu können. Sind sowohl die Vision, die Ziele und der Rahmen beschrieben, folgt eine Analyse, welche das Sammeln diverser hochwertiger Lösungsideen erleichtert.

Schritt 2: Herausforderungen lösen

Im nächsten Schritt steht weiterhin die Sammlung von Lösungsideen beziehungsweise die Extraktion dieser Ideen aus weltweitem Wissen im Mittelpunkt. Diverse Werkzeuge und Standard-Innovationsmethoden unterstützen diesen Vorgang und

sichern die Qualität der Lösungen. Ablauf-Strukturen unterstützen diesen Aufgabenschwerpunkt besonders bei komplexen Herausforderungen.

Schritt 3: Lösungskonzept wählen

Sind die gesammelten Lösungsideen analysiert, bewertet und aussortiert, folgt die Priorisierung und Konkretisierung der besten Vorschläge und es werden entsprechende Lösungskonzepte ausgearbeitet. Diese müssen daraufhin bewertet und die endgültigen Entscheidungen vorbereitet werden. Abschließend einigt sich das Management über das weitere Vorgehen [Adunka 2015].

2.3 Die Entwicklungstendenzen der Six Sigma-Methodik

Six Sigma ist einer kontinuierlichen Weiterentwicklung unterworfen und als dynamische Methode anzusehen. Derzeit stellen sich verschiedene Entwicklungstendenzen der bewährten Methode heraus. Insbesondere wird der ursprüngliche Werkzeugkasten stetig durch geeignete und mehrwertbringende Werkzeuge anderer Qualitätsmanagementmethoden ergänzt, um so die Ergebnisse von Six Sigma-Projekten weiter zu optimieren. Daraus resultiert eine Erweiterung der Anwendungsbereiche, denn schon längst kommt nicht mehr nur die Produktion als Einsatzgebiet von Six Sigma in Frage. Ein „CrossOver“ mit anderen Prozessverbesserungstechniken führt somit zu einer Erschließung ganz neuer Einsatzgebiete. So kommt die Methode neben der Produktion auch im Dienstleistungsbereich immer verstärkter zum Einsatz.

Die Integration von anderen Methoden in Six Sigma ist ein immer wichtiger werdendes Thema für die Wissenschaftler, welche sich mit der Weiterentwicklung von Six Sigma auseinander setzen [Kierdorf 2015]. Six Sigma^{+Lean} ist beispielsweise ein mittlerweile weit verbreiteter und sehr erfolgreicher Ansatz zur Verbesserung von Prozessen. Lean wurde über einen langen Zeitraum von Toyota entwickelt und umfasst eine Ansammlung an Werkzeugen zur Reduzierung von Verschwendungen in Prozessen. Wie bereits bekannt ist, steht bei Six Sigma vor allem die Reduktion der allgegenwärtigen Variation in Prozessen im Mittelpunkt. Aufgrund der Zusammenhänge zwischen Variation und Verschwendungen in bidirektionaler Ursache-Wirkung-Beziehung wurde Six Sigma^{+Lean} erarbeitet, wodurch eine folgerichtige Zusammensetzung der Werkzeuge beider Methoden entstand [Kaufmann 2012]. Lean ist somit als eine sich bereits etablierende Methode zur Erweiterung

des Six Sigma-Werkzeugkastens bekannt und auch weitere Verbesserungsmethoden, wie zum Beispiel das Business Process Management zeigen aktuell positive Synergien zu Six Sigma [Kierdorf 2015].

Die Entwicklungen zeigen, dass Six Sigma als eine strukturierte und standardisierte Methode genutzt und ständig mit sinnvollen und wertschöpfenden Ansätzen aus anderen Methoden erweitert und weiterentwickelt werden kann. Diese Eigenschaft der Kombinationsmöglichkeit wird für Wissenschaftler auf diesem Gebiet auch in Zukunft im Fokus stehen und es werden sich nach und nach neue Werkzeugzusammensetzungen verschiedener Qualitätsmanagementmethoden ergeben, welche einen Mehrwert für verschiedenste Verbesserungsansätze bieten.

Unternehmen werden in der heutigen Zeit vor große Herausforderungen gestellt. Dazu trägt primär der schnelle Wandel bei, welcher durch die immer globaler werdenden Marktbedingungen angekurbelt wird. Auch neue Technologien und die große Menge an verfügbarem Wissen führen zu einem Wissens- und Zeitwettbewerb und werden als zu überwindende Schwierigkeit angesehen. Um die Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens unter den genannten Bedingungen sichern zu können, müssen Prozesse und Produkte ständig weiterentwickelt werden. Die Unternehmen müssen sich mit ihren Produkten von der Konkurrenz abheben, Kosten senken und Prozesse verbessern. Die Kunden sollten stets von der Vorteilhaftigkeit ihrer Produkte überzeugt sein [Kurth 2014].

Innovatives Denken und Handeln gehören somit zu den relevanten Erfolgsmerkmalen von Unternehmen, um den eben genannten Bedingungen standhalten zu können. Deutlich wird also, dass das innovative Lösen von Problemen in Unternehmensangelegenheiten zu den Schwerpunkten bei der Arbeit an Veränderungen von Prozessen und Produkten gehören sollte. Aus diesen Gründen scheint es sinnvoll in Zukunft den Fokus bei der Weiterentwicklung von Six Sigma verstärkt auf der Zusammensetzung der Methode mit innovativen Problemlösungsmethoden zu legen.

2.4 Schwachstellen der bestehenden Lösungen

Es besteht derzeit kein Zweifel daran, dass Six Sigma eine Methode darstellt, welche es systematisch und sehr ergebnisorientiert ermöglicht, Prozesse im Unternehmen fehlerfrei zu gestalten.

Trotz der bekannten Vorteile und Erfolge von Six Sigma bestehen Ansätze, welche Potential für Verbesserungen und Weiterentwicklungen der Methode aufzeigen. Wie in Kapitel 2.3 bereits erwähnt, verlangen die derzeitigen Marktbedingungen von Unternehmen, dass sie sich mit ihren Produkten und Prozessen von ihrer Konkurrenz abheben müssen, um erfolgreich zu sein und zu bleiben. Kosten müssen gesenkt und Prozesse verbessert werden. Die Kundenzufriedenheit steht dabei im Mittelpunkt und innovatives Denken und Handeln wird immer relevanter.

In den letzten Jahren haben zwar stetig Werkzeug-Ergänzungen in den einzelnen Phasen des DMAIC stattgefunden, jedoch hat sich vor allem in der Improve-Phase bisher relativ wenig weiterentwickelt. Jedoch stellt diese Phase eine der ausschlaggebendsten Abschnitte eines Six Sigma-Projektes dar, denn genau dort findet die Erarbeitung von Verbesserungsmöglichkeiten statt. Oft wäre eine weit aus umfangreichere Auswahl an Lösungsmöglichkeiten sinnvoll, um letztlich die tatsächlich beste und konkurrenzfähige Verbesserung hervorzurufen. Es werden demnach zwar Erfolge mit Six Sigma hervorgebracht, jedoch wird dabei nicht erkannt, dass Potential zu noch besseren Ergebnissen besteht. Um dieser Tatsache entgegenzuwirken, scheint es sinnvoll, wenn der Six Sigma-Werkzeugkasten mit zusätzlichen oder austauschbaren Werkzeugen innovativer Problemlösungstechniken genutzt werden könnte.

Auf den ersten Blick entsteht der Eindruck, dass hauptsächlich innerhalb der Improve-Phase eine Integration kreativer Verbesserungswerkzeuge vorzunehmen ist. Allerdings könnte eine solche Werkzeugergänzung oder -substitution auch für die anderen Phasen des DMAIC eine mehrwertbringende Erweiterung zum jetzigen Umfang an Analyse-Tools bedeuten. Möglicherweise könnte so nicht nur die Lösungs-, sondern auch die Ursachenfindung durch den Einsatz kreativer Werkzeuge besser vorangetrieben werden. Die zahlen- und faktenbasierten Informationen könnten durch kreative und freiere Gedankengänge ergänzt und somit möglicherweise noch bessere Ergebnisse erzielt werden.

Als eine sehr erfolgreich anerkannte Methode des kreativen Problemlösens wird die TRIZ angesehen. Eine strukturierte Kombination von Six Sigma und TRIZ könnte eine nützliche und auf die aktuellen Marktbedingungen abgestimmte Erfolgsformel für Unternehmen darstellen, um sich von ihrer Konkurrenz abzuheben und stets die annähernd besten Verbesserungsmöglichkeiten von Prozessen und Produkten aufzuzeigen.

3 Die Analyse – Integration geeigneter TRIZ-Tools in den DMAIC-Werkzeugkasten

Six Sigma als bewährte Methode zur Verbesserung von Produkten und Prozessen und TRIZ mit den Schwerpunkten Kreativität und Innovativität in Bezug auf Problemlösungen in Prozessen und Produkten scheinen sich hinsichtlich der auf die im vorherigen Kapitel genannten, aktuellen Marktbedingungen gegenseitig optimal zu ergänzen.

Die folgende Analyse und wissenschaftliche Erarbeitung einer neuartigen, systematischen Methodenkombination von Six Sigma und TRIZ beruht auf Basis des bestehenden Six Sigma-Ansatzes mit seinem standardisierten DMAIC-Zyklus. Den vorhandenen Schwachstellen der Methode soll mithilfe der Methodenkombination, beziehungsweise durch Integration geeigneter TRIZ-Tools, entgegengewirkt werden und so eine optimierte Methode zur Verbesserung von Produkten und Prozessen entstehen.

In Bezug auf Innovationen beziehungsweise Neuentwicklungen in Kombination mit Six Sigma kommt zunächst der Begriff **DFSS** (Design For Six Sigma) auf. DFSS ist eine strukturierte Vorgehensweise, die in erster Linie für Neuproduktentwicklungen eingesetzt wird und eine Zwischenstellung von Prozessverbesserungen und Prozesserneuerungen einnimmt. Diese Vorgehensweise und die des DMAIC sind zwei verschiedene systematische Ablaufstrukturen, welche aber teilweise ineinander übergehen. Beide Vorgehensweisen verfolgen das Ziel möglichst fehlerfreie Produkte und Prozesse zu erhalten [Back 2014; Eisenegger 2016]. Nun kommt die Frage auf, wieso sich diese Masterarbeit trotz des innovativen Schwerpunktes auf den **DMAIC** konzentriert. DFSS ist keine universell anerkannte oder definierte Schrittabfolge für Six Sigma-Projekte [Eisenegger 2016]. Um auf einen standardisierten und weltweit etablierten Ablauf zur Umsetzung von Six Sigma-Projekten aufbauen zu können, wurde auf den DMAIC-Zyklus zurückgegriffen.

Da innerhalb der Improve-Phase bereits kreative Werkzeuge (z.B. das Brainstorming) eingesetzt werden, ist für diesen Zyklusabschnitt der größte Nutzen des Projektes anzunehmen. Aber auch für die anderen Phasen des DMAIC könnte die

Einbeziehung von TRIZ-Tools einen Mehrwert bedeuten. Die Analyse bezieht sich deshalb auf den gesamten Umfang des DMAIC-Kreislaufes.

Um eine erste Vorstellung des Mehrwertes einer Methodenkombination von Six Sigma und TRIZ zu erhalten, wird im nachstehenden Kapitel zunächst Stellung zu den allgemeinen Differenzen und Überschneidungen beider Methoden vorgenommen. Auch die jeweiligen Strukturen im Ablauf werden verglichen und auf Gemeinsamkeiten überprüft.

3.1 Six Sigma vs. TRIZ

Grundsätzlich beruhen die beiden Verbesserungsmethoden auf völlig verschiedenen Ansätzen. Mithilfe von Six Sigma sollten ursprünglich mit statistischen Werkzeugen Verbesserungen in Produktionsprozessen erreicht werden. Bei TRIZ liegt der Grundgedanke in der kreativen Lösung bestehender Probleme sowie dem Entwickeln innovativer Produkte. Mittlerweile hat sich Six Sigma allerdings zu einer aufgeschlosseneren und weniger statistisch eingeschränkten Methode entwickelt und passt sich stetig den aktuellen Marktbedingungen an. Durch Werkzeugintegration anderer bewährter Methoden des Qualitätsmanagements und durch produktionsübergreifende Anwendungsbereiche wurde sie zu einer multifunktionalen Strategie des Qualitätsmanagements.

Es ist anzunehmen, dass durch die Integration von TRIZ-Tools in den bestehenden Six Sigma-Werkzeugkasten ein weiterer Fortschritt in Richtung aktueller Erfolgsfaktoren getan wäre, wobei vor allem die Anpassung an den Innovationsgedanken der derzeitigen Marktbedingungen geschafft wäre.

3.1.1 Unterschiede

Obwohl der Ursprung von TRIZ weiter zurück liegt als die Grundsteinlegung der Six Sigma-Methode, ist der Einsatz von Six Sigma als erfolgreiche Verbesserungsmethode von bestehenden Unternehmensprozessen weltweit verbreiteter [Przybilla 2013; Gundlach 2008]. Diese Differenz kann vor allem damit begründet werden, dass TRIZ grundsätzlich nicht als Methode zur Verbesserung von Prozessen gedacht ist, sondern als Ansatz zur systematischen Herbeiführung von innovativen, also neuen Prozessen eingesetzt wird. Auf dem Gebiet der kreativen Techniken und der organisierten Neuentwicklungen ist TRIZ dabei das wohl gefragteste Tool.

Six Sigma ermöglicht den Unternehmen eine zahlenbasierte und transparente Darlegung von Schwachstellen und den entsprechenden Lösungsansätzen, wodurch eine gewisse Transparenz beziehungsweise einheitliche Sprache geschaffen wird. Alle an einem Verbesserungsprojekt Beteiligten verstehen die vorliegenden Ergebnisse auf gleiche Art und Weise, wodurch Missverständnisse vermieden werden können. TRIZ hingegen arbeitet weniger statistisch und formalistisch. Die Werkzeuge des TRIZ ermöglichen eine freie Entfaltung von kreativen Vorschlägen, wodurch eine immense Ansammlung an Ideen zusammengetragen werden kann. Dies lässt vermuten, dass die Transparenz in den Ergebnissen weniger klar ist als bei denen der Six Sigma-Methode und eine einheitliche Lösungsfundung unter den Beteiligten erschwert wird [Toutenburg 2009; Kroslid 2003; Magnusson 2001].

Im Umkehrschluss bedeutet diese Tatsache allerdings auch, dass Six Sigma eine eingeschränktere Anzahl an Lösungsmöglichkeiten bietet und somit das Potential an Möglichkeiten noch nicht voll und ganz ausgeschöpft wird. Da bei Six Sigma statistische Werkzeuge und Ergebnisse im Mittelpunkt stehen, wird den Projektbeteiligten viel „Denk-“ Arbeit abgenommen. Bei TRIZ ist es allerdings unabdingbar selbst nachzudenken und selber einen kreativen Sprung zu vollführen, wenn ein Problem innovativ gelöst werden soll [TRIZ-Online 2016b].

3.1.2 Überschneidungen

Die Tatsache, dass Six Sigma und TRIZ jeweils auf unterschiedlichen Ansätzen beruhen bedeutet nicht, dass die beiden Methoden nicht auch gleiche Ziele verfolgen. Zwar strebt Six Sigma hauptsächlich die Optimierung von Prozessen und TRIZ die Erfindung neuer Prozesse an, allerdings geht die Bedeutung einer „Erfindung“ meist mit dem Begriff „Verbesserung“ einher. Eine Erfindung bedeutet häufig die Lösung eines Problems und somit eine Verbesserung des gegenwärtigen Zustandes. Im Allgemeinen verfolgen beide Methoden das Ziel einer Verbesserung im Unternehmen. Demnach werden beide Qualitätsmanagementmethoden auch meistens im Bereich der Prozessverbesserung eingesetzt [Orloff 2006].

Sowohl Six Sigma als auch TRIZ werden als Managementtool genutzt und beruhen auf einer schrittweisen, systematischen Vorgehensweise, wodurch einheitliches Arbeiten ermöglicht wird. Die Arbeit im Team steht ebenfalls im Fokus beider Methoden. Die Teamarbeit fördert dabei in beiden Fällen auch das zwischen-

menschliche Zusammenspiel und das Sozialverhalten, wodurch die Zufriedenheit der Mitarbeiter gesteigert werden kann [Orloff 2006; Gamweger 2009; Gundlach 2008; Adunka 2015].

3.1.3 Struktur der Vorgehensweisen beider Methoden

Wie im vorherigen Kapitelabschnitt 3.1.2 bereits erwähnt, beruhen sowohl Six Sigma als auch TRIZ auf einer systematischen und schrittweisen Vorgehensweise. Jedoch scheinen sich die beiden Abläufe auf den ersten Blick im Aufbau und in der Anzahl an Arbeitsschritten stark voneinander zu unterscheiden. Six Sigma-Projekte durchlaufen den DMAIC-Kreislauf und werden somit in fünf aufeinander folgenden Arbeitsschritten bearbeitet. TRIZ hingegen folgt meist dem, im Theorie-teil behandelten, 3-Schritte-Prinzip (Tab. 2.5). Allerdings lassen sich diese beiden unterschiedlich scheinenden Vorgehensweisen auch sehr ähnlich strukturieren. Die Siemens AG arbeitet sehr viel mit Six Sigma und TRIZ und hat ebenfalls die Synergieeffekte zwischen beiden Methoden erkannt. Um die Methoden aufeinander abstimmen zu können wurde dort eine ähnlich der DMAIC-Struktur aufgebaute 5-Schritte-Reihenfolge für TRIZ erarbeitet. So wurde eine – bei Bedarf – nützliche Integration oder Kombination verschiedener Werkzeuge beider Methoden ermöglicht und die Arbeit an Six Sigma-Projekten erleichtert.

Die Abb. 3.1 und 3.2 verdeutlichen den angepassten Aufbau der TRIZ an den DMAIC-Zyklus und beweisen die Ähnlichkeit in der Abfolge und in den jeweiligen Zielen und Ergebnissen der Arbeitsschritte beider Qualitätsmanagementmethoden. Deutlich wird dabei, dass inhaltlich keine Abweichungen zu der sonst typischen 3-Schritte-Reihenfolge des TRIZ vorhanden sind und keine Informationen verloren gehen.

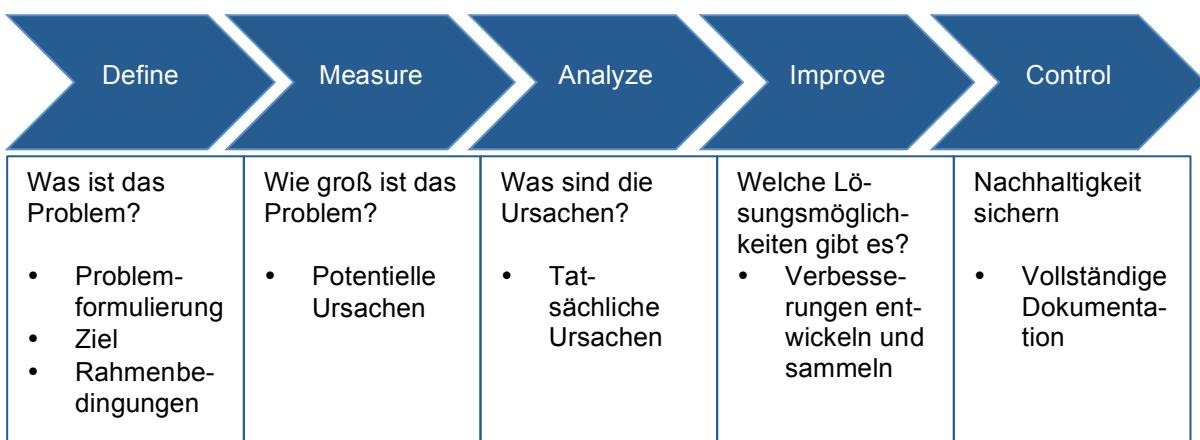


Abb. 3.1: Aufbau der DMAIC-Struktur von Six Sigma-Projekten [Siemens AG 2011]

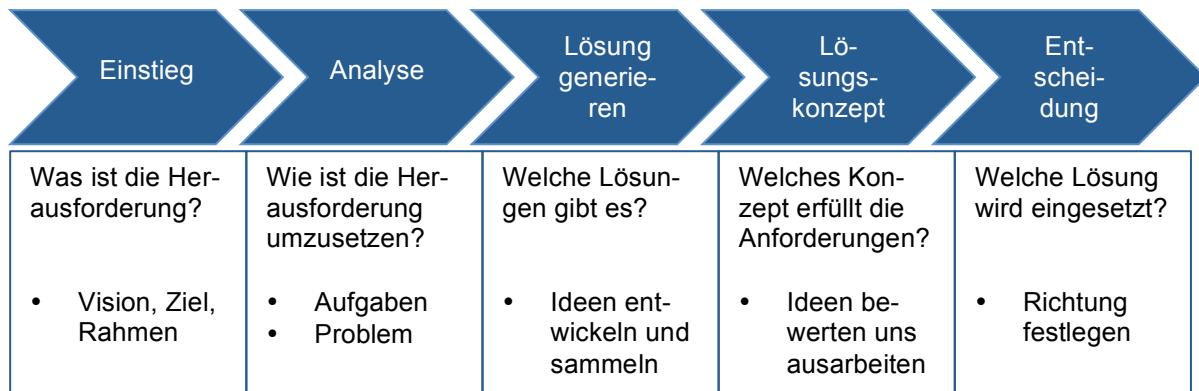


Abb. 3.2: Aufbau der an den DMAIC-Zyklus angepassten TRIZ-Struktur [Siemens AG 2013]

Da bereits in großen Unternehmen – wie der Siemens AG – der Bedarf einer Methodenkombination aufgetreten ist und verschiedene Werkzeuge aus beiden Methoden innerhalb eines Projektes angewendet werden, wird der Anreiz der Erarbeitung einer systematischen Kopplung von Six Sigma und TRIZ weiter verstärkt.

3.1.4 Der Mehrwert einer Integration von TRIZ-Ansätze in die DMAIC-Struktur

Bei einer Integration von TRIZ-Tools in den Six Sigma-Werkzeugkasten liegen die Vorteile auf der Hand. Die statistischen und formalistischen Abläufe würden durch kreative und innovative Werkzeuge ergänzt und bieten somit neue Herangehensweisen zur Problemlösung. Nach Möglichkeit könnten komplexe, statistische Werkzeuge der Measure- und Analyze-Phase durch weniger aufwändige, jedoch ebenfalls ergebnisorientierte, Werkzeuge ersetzt werden, wodurch gegebenenfalls Zeit und Kosten eingespart werden könnten. Zudem könnten zusätzliche und innovativere Lösungsansätze generiert und das Potential an Möglichkeiten besser ausgeschöpft werden. Vor allem die Improve-Phase zehrt von den Methoden kreativer Techniken, da hier der Anspruch herrscht, die beste Lösung zu entwickeln. Durch das Berücksichtigen der einzelnen Phasen des DMAIC, bei der systematischen Einbeziehung von TRIZ-Tools, kann auch die Kompetenz der anderen Phasen verstärkt werden.

3.2 Mithilfe des DMAIC-Modells zur wertschöpfenden Lösungsfindung

Mit der vorliegenden Masterarbeit wird nicht nur das Vorhaben verfolgt, den Six Sigma-Werkzeugkasten durch eine Integration von TRIZ-Anwendungen weiterzuentwickeln, sondern es wird dazu, aufgrund der hervorragenden Eignung, die Six Sigma-Methode mit deren DMAIC-Ablauf als methodische Vorgehensweise genutzt. Diese wissenschaftliche Arbeit kann somit als Six Sigma-Verbesserungsprojekt angesehen werden. Ziel des Projektes ist die Verbesserung des DMAIC-Werkzeugkastens durch Integration geeigneter TRIZ-Tools in die einzelnen Phasen.

Obwohl die angewandte DMAIC-Vorgehensweise das besagte Optimierungspotential aufweist, ist während dieses Six Sigma-Projektes mit den bestehenden, üblichen Werkzeugen gearbeitet worden und nicht mit möglichen TRIZ-Ansätzen. Diese Tatsache ist damit zu begründen, dass der um TRIZ erweiterte Werkzeugkasten erst im Zuge dieses Projektes systematisch erarbeitet wurde und somit zu diesem Zeitpunkt noch nicht vorliegt. Am Ende der Improve-Phase wird jedoch gezeigt, ob und zu welchem Zeitpunkt potentielle TRIZ-Tools hätten angewendet werden können oder eventuell sogar unbewusst angewendet wurden.

Alle Analysen und daraus resultierenden Ergebnisse sind während des gesamten Projekts unter Abstimmung von „**Experten**“ durchgeführt worden. Unter dem Begriff Experte werden im Fall dieser Masterarbeit erfahrene und langjährige Anwender/Praktiker verstanden, welche sich durch ihre Fähigkeiten und Kenntnisse auf dem Gebiet Six Sigma und TRIZ auszeichnen. Die Experten teilen ihr kompetentes Wissen regelmäßig in Fachvorträgen und -literatur sowie im Kreise lernwilliger Interessenten. Das Expertenteam setzt sich aus dem Six Sigma Senior Master Black Belt Erik Schwulera, dem angehenden Master Black Belt Andreas Loderer sowie dem TRIZ-Master (MATRIZ Level 5) Dr. Robert Adunka zusammen. Alle drei Experten werden als Teil des Projektteams der Masterarbeit angesehen und standen während der gesamten Zeit der Ausarbeitung dieser Masterarbeit als Berater und Richtungsweiser zur Verfügung. In regelmäßigen Meetings wurden die strategischen Fortschritte der Projektdurchführung diskutiert und schließlich für richtig befunden. Im Folgenden werden sowohl die Vorgehensweise als auch die Ergebnisse des Projekts beschrieben.

3.2.1 Define-Phase: Problemformulierung

Wie bereits in Kapitel 2.1.4 beschrieben wird mit der Define-Phase die Basis des Projektes geschaffen und die notwendigen Grundinformationen werden zusammengetragen. So entsteht eine, für jeden Beteiligten transparente, Übersicht über das Vorhaben und das Ziel des Projektes. Es kommen drei wesentliche Werkzeuge zum Einsatz, welche dabei helfen die Define-Phase erfolgreich durchzuführen (Abb. 3.3).

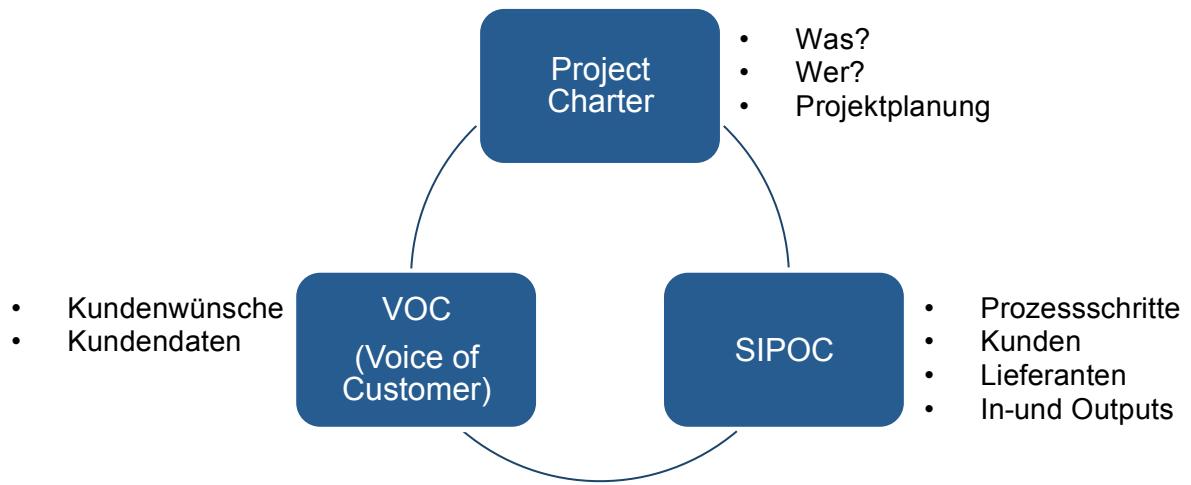


Abb. 3.3: Die drei wesentlichen Werkzeuge der Define-Phase [Bergbauer 2007]

Im ersten Schritt wird der Project Charter erarbeitet. Mithilfe dieses Werkzeuges können umfassend alle für das Projekt relevanten Informationen übersichtlich dargestellt werden. Obwohl dieser bereits zu Beginn des Projektes erstellt wird, sind Anpassungen der Inhalte jeder DMAIC-Phase möglich und oft auch notwendig, da es oft zu Änderungen kommt, die zu Beginn noch nicht ersichtlich sind [Kaufmann 2012; Lunau 2013].

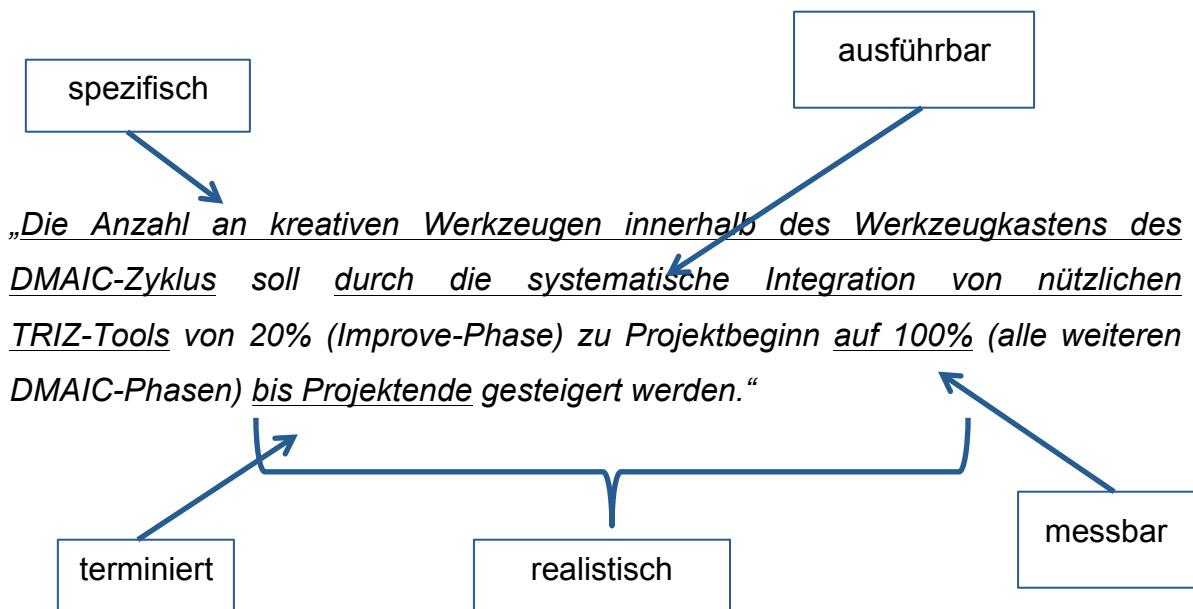
Project Charter

Um einen klaren und aussagekräftigen Project Charter erstellen zu können werden eine geschäftsrelevante Problemstellung und an dem Problem interessierte Mitarbeiter vorausgesetzt [Kaufmann 2012; Lunau 2013]. Ziel ist es, die Rahmenbedingungen und Verantwortlichkeiten für das Projekt festzulegen und verbindlich festzuschreiben. Durch klar definierte Anforderungen und Ziele inklusive geeigneter Messgrößen soll der häufigste Grund für den Misserfolg eines Projektes vermieden werden [Back 2014].

Bei der Erstellung des Project Charters für die Aufgabenstellung dieser Masterarbeit wurde im ersten thematischen Abschnitt zunächst die **Geschäftssituation** dargelegt. Diese zeigt, dass vorhandene Anpassungsmöglichkeiten an die aktuellen Marktbedingungen bestehen, welche eine innovative Erweiterung der bewährten Methode befürworten. Der Spielraum für eine Werkzeugerweiterung im kreativen und innovativen Bereich ist vorhanden und sollte genutzt werden.

Darauf aufbauend konnte die **Problemstellung** abgeleitet werden. Diese besagt, dass der vorhandene, relativ statistisch und formalistisch gestaltete Werkzeugkasten die Anzahl der Lösungsmöglichkeiten einschränkt und Potential zu noch erfolgversprechenderen Ergebnissen besteht.

Bei der Formulierung der **Zielstellung** wurde darauf geachtet SMART (Spezifisch – Messbar – Ausführbar – Realistisch – Terminiert) vorzugehen um Unklarheiten zu vermeiden:



Der **Kundennutzen** am Ende des Projektes kann wie folgt beschrieben werden:
„Anwender der Six Sigma-Methodik haben durch die Erweiterung der Methodik mit TRIZ-Werkzeugen die Möglichkeit innovativere und erfolgreichere Projekte abzuschließen.“

Durch die **Abgrenzung des Projektes** bezüglich des Umfanges und die Bestimmung eines Start- und Endpunktes wird der horizontale Rahmen festgelegt. Das Projekt startet mit der Define- und wird mit der Control-Phase abgeschlossen. Der

vertikale Rahmen wird durch die Vereinfachung der Datensammlung beziehungsweise Ein- und Ausschließen von Produktgruppen, Kundengruppen oder Leistungsgruppen erarbeitet. Inbegriffen in das Projekt sind sowohl die beiden Methoden TRIZ und DMAIC als auch Produkt- und Prozessverbesserungen. Ausgeschlossen werden diverse weitere Methoden des Qualitätsmanagements, die Six Sigma-Projektdefinition und die DFSS-Systematik.

Im zweiten Abschnitt des Project Charters wurden die **Messgrößen** festgehalten. Da zum jetzigen Zeitpunkt lediglich in der Improve-Phase des DMAIC kreative Werkzeuge zum Einsatz kommen und die anderen Phasen diesbezüglich keine Methoden enthalten, kann aktuell von einer bis zu 20%igen Integration (Improve-Phase) von kreativen Werkzeugen ausgegangen werden. Die nachstehende Darstellung (Abb. 3.4) zeigt eine Auswahl einiger DMAIC-Werkzeuge bezogen auf die einzelnen Phasen und verdeutlicht den prozentualen Anteil von TRIZ in DMAIC.

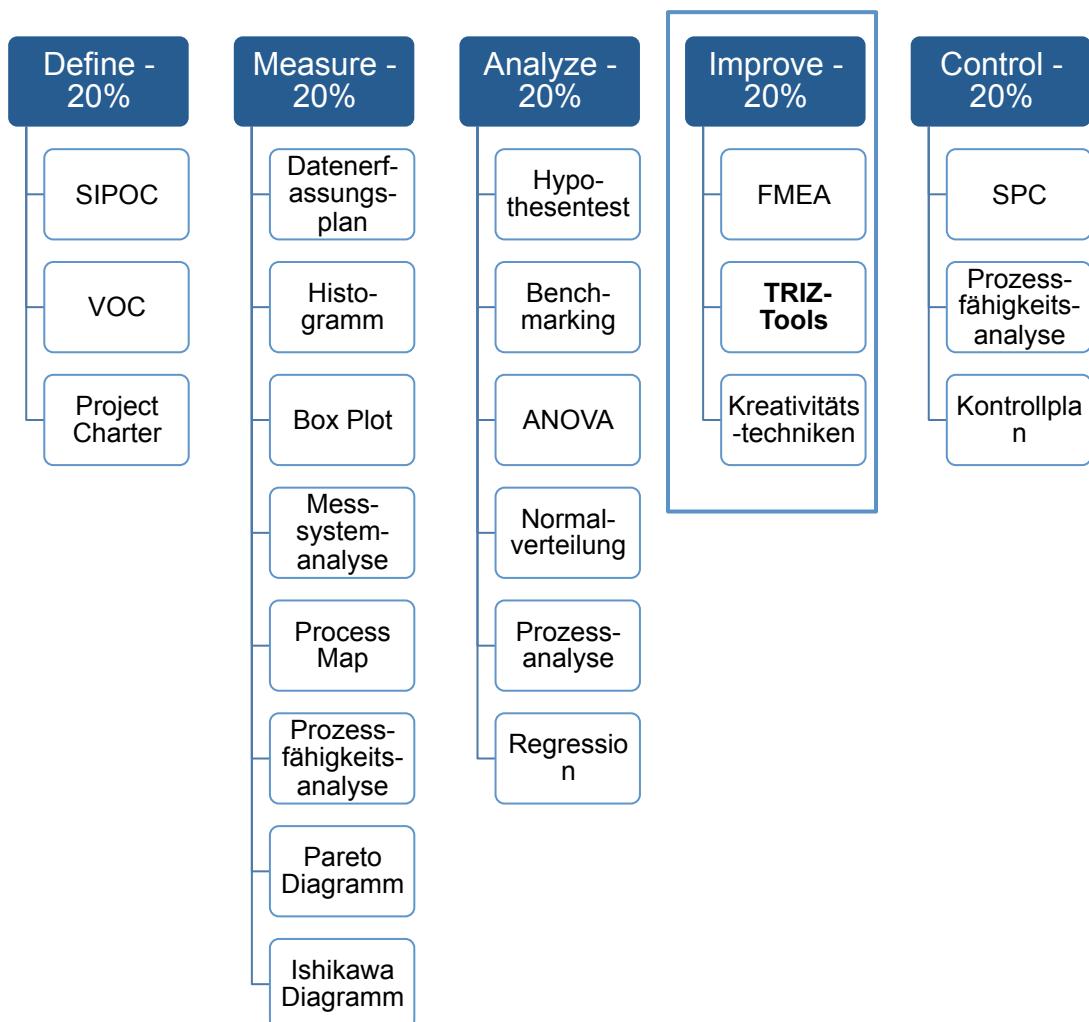


Abb. 3.4: Auswahl einiger Werkzeuge des DMAIC-Zyklus [ESSC-D 2014a]

Durch die systematische Eingliederung von TRIZ-Werkzeugen in jede der DMAIC-Phasen kann im Idealzustand eine 100%ige Integration erreicht werden. Dieser Ansatz wird als **Primär-Messgröße** dieses Projektes angesehen. Neben den Messgrößen wird unter anderem auch der **Kundennutzen** in diesem Abschnitt festgehalten.

Der dritte und letzte Abschnitt des Project Charters enthält die **Kopfdaten**, wie den Titel, Sponsoren und Leiter des Projektes. Die Teammitglieder, unterstützende Bereiche und der Projektplan sind ebenfalls Teil dieses Abschnittes.

Die drei nachstehenden Tabellen (Tab. 3.1; Tab. 3.2; Tab. 3.3) repräsentieren den ausgefüllten Project Charter inklusive aller notwendigen Informationen.

Tab. 3.1: Projektcharter – Problembeschreibung [Kaufmann 2012]

Geschäftssituation	<p>Six Sigma ist eine bewährte Methode des Qualitätsmanagements, welche mit Hilfe der standardisierten DMAIC-Abfolge in den meisten Fällen zu erfolgreichen Ergebnissen führt.</p> <p>Die aktuellen Marktbedingungen befürworten eine innovative Erweiterung der bewährten Methode, damit noch bessere Ergebnisse erzielt werden. Vor allem die Improve-Phase lässt Freiraum für Werkzeugerweiterungen im kreativen und innovativen Bereich.</p>								
Problembeschreibung	<p>Der vorhandene, relativ statistisch und formalistisch gestaltete Werkzeugkasten schränkt die Anzahl der Lösungsmöglichkeiten ein. Es besteht somit Potential zu noch erfolgversprechenderen Ergebnissen, was zum jetzigen Zeitpunkt mit den vorhandenen Werkzeugen noch nicht voll und ganz ausgeschöpft wird.</p> <p>Eine Kopplung mit TRIZ-Werkzeugen erscheint sinnvoll, um eine effizientere Nutzung des DMAIC-Werkzeugkastens zu ermöglichen.</p>								
Projektzielsetzung	<p>Die Anzahl an kreativen Werkzeugen innerhalb des Werkzeugkastens des DMAIC-Zyklus soll durch die systematische Integration von nützlichen TRIZ-Tools von 20% (Improve-Phase) zu Projektbeginn auf 100% (alle weiteren DMAIC-Phasen) bis Projektende gesteigert werden.</p>								
Projektumfang	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Beginn:</td><td style="width: 75%;">Define</td></tr> <tr> <td>Ende:</td><td>Control</td></tr> <tr> <td>Einbezogen:</td><td>Produkt- und Prozessverbesserungen; TRIZ; DMAIC</td></tr> <tr> <td>Ausgeschlossen:</td><td>DFSS; andere QM-Methoden; Six Sigma-Projektidentifikation</td></tr> </table>	Beginn:	Define	Ende:	Control	Einbezogen:	Produkt- und Prozessverbesserungen; TRIZ; DMAIC	Ausgeschlossen:	DFSS; andere QM-Methoden; Six Sigma-Projektidentifikation
Beginn:	Define								
Ende:	Control								
Einbezogen:	Produkt- und Prozessverbesserungen; TRIZ; DMAIC								
Ausgeschlossen:	DFSS; andere QM-Methoden; Six Sigma-Projektidentifikation								

Tab. 3.2: Projektcharter – Messgrößen [Kaufmann 2012]

	Messgröße	Projektbeginn	Idealzustand	Zielstellung	Projektende
Primärmessgröße	Anzahl an TRIZ-Werkzeugen innerhalb der einzelnen DMAIC-Phasen	$y_A = 20\%$	$y_E = 100\%$	$y_E > y_A$	$y_E = 100\%$
y_A = Integration von TRIZ-Werkzeugen vor Projektbeginn (Improve-Phase)					
y_E = Integration von TRIZ-Werkzeugen nach Projektende (innerhalb aller DMAIC-Phasen)					
Resultierende Messgröße	Potentialeinbußen in der Anzahl und Qualität an Lösungsmöglichkeiten: Die Anwendung der Six Sigma-Werkzeuge sollte das Potential der Lösungsgenerierung voll ausschöpfen.				
Finanzieller Nutzen	Nicht bewertet	finanziell nicht wichtig, da strategisches Projekt			
Kunden-nutzen	Anwender der Six Sigma-Methodik haben durch die Erweiterung der Methodik mit TRIZ-Werkzeugen die Möglichkeit innovativer (also sich durch technischen Fortschritt unterscheidende) und erfolgreichere (= bessere Erfüllung der Kundenanforderungen) Projekte abzuschließen.				

Tab. 3.3: Projektcharter – Kopfdaten [Kaufmann 2012]

Projekttitel	Optimierung des DMAIC-Werkzeugkastens durch Integration geeigneter TRIZ-Tools			
Projektsponsor	Erik Schwulera, Senior Master Black Belt; Prof. Dr.-Ing. habil. Tino Hausotte			
Projektleiter	Laura Müller, Green Belt; Prof. Dr.-Ing. habil. Tino Hausotte			
Teammitglieder	Erik Schwulera, Senior Master Black Belt; Andreas Loderer, Black Belt; Dr. Robert Adunka; TRIZ Level 5; Laura Müller, Green Belt			
Unterstützung	Siemens Abteilung: DF MC MF-GWE TMI; Friedrich Alexander Universität Erlangen-Nürnberg: Lehrstuhl für FMT			
Projektplan	Phase	Geplanter Abschluss	Tatsächlicher Abschluss	Status
Projektstart: 01. September	Define	20.10.15	15.10.15	✓
	Measure	15.11.15	14.11.15	✓
	Analyze	15.12.15	20.12.15	✓
	Improve	20.02.16	16.02.16	✓
	Control	15.03.16	09.03.16	✓

Nachdem der Project Charter fertiggestellt ist, folgt die Analyse der Kundenzielgruppe mittels der sogenannten SIPOC-Analyse.

SIPOC

Das SIPOC Modell schafft ein einheitliches Verständnis für den zu optimierenden Prozess. Ohne eine intensive Auseinandersetzung mit den einzelnen Bestandteilen der Prozesskette und den Anforderungen an die Eingangs- und Ergebnisgrößen kann keine qualitativ hochwertige und aussagekräftige Grundlage für ein Optimierungsprojekt geschaffen werden [Back 2014; Kaufmann 2012; Wappis 2013].

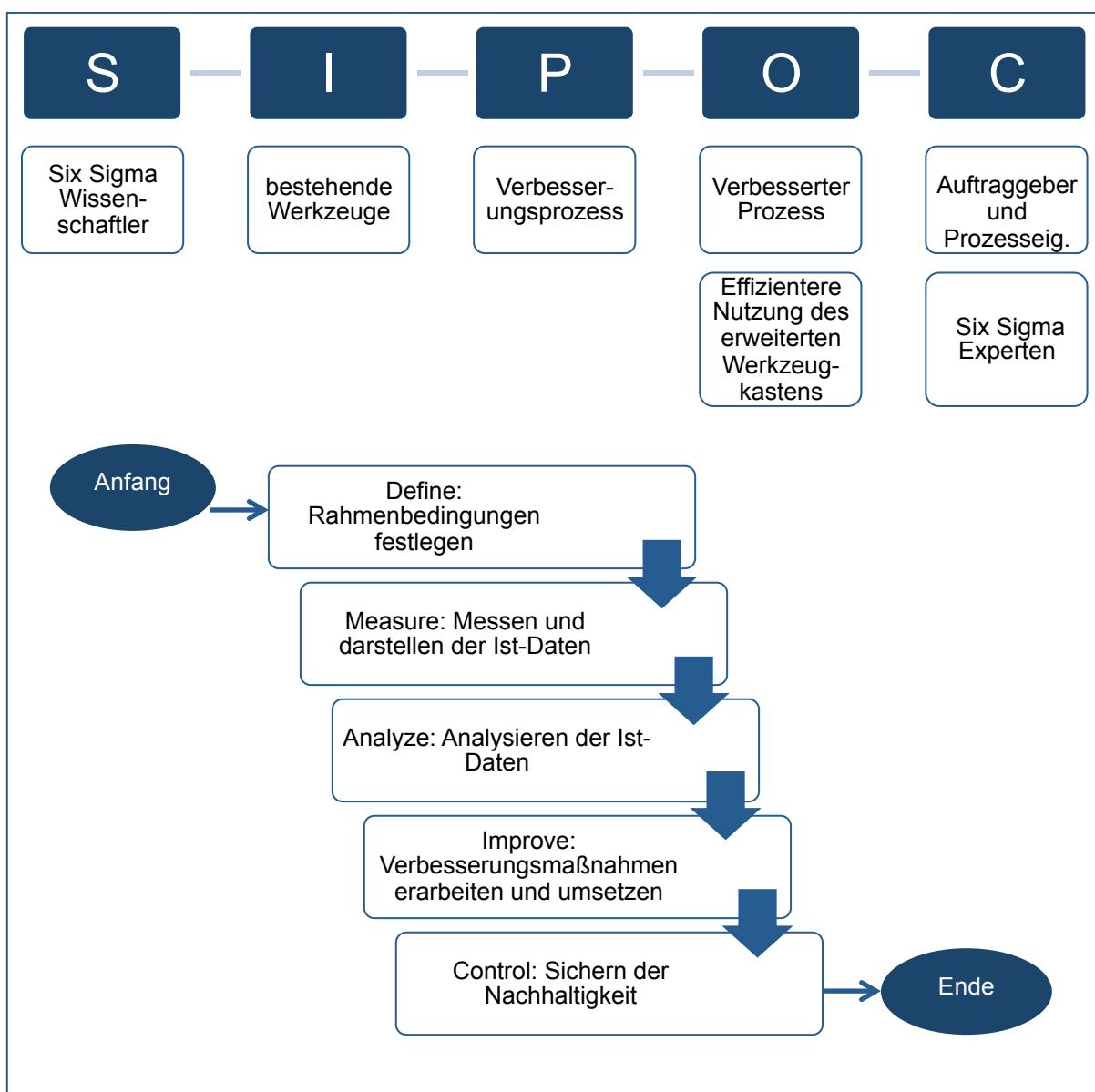


Abb. 3.5: Die SIPOC-Analyse [Schnurr 2015]

Das Ergebnis der SIPOC-Analyse (Abb. 3.5) zeigt, dass der Output des Prozesses sich unterschiedlich formulieren lässt. Der Auftraggeber des Six Sigma-Projektes beziehungsweise der Prozesseigner fordert einen als verbesserten Prozess verstandenen Output. Werden die Six Sigma-Experten (Black Belts, Green Belts, Master Black Belts) als Zielgruppe des Prozesses angesehen, erhoffen sich diese als Output die effizientere Nutzung des erweiterten Werkzeugkastens. Das vorliegende Six Sigma-Projekt konzentriert sich auf die Six Sigma-Experten als Kundenzielgruppe, da mit Erfüllung ihrer Anforderungen, die Kundenzufriedenheit des Prozesseigners beziehungsweise Auftraggebers einhergeht.

VOC beziehungsweise VOE

Mithilfe der Durchführung der VOC oder auch die „Stimme des Kunden“ genannt wird ein besseres Verständnis für die Kundenbedürfnisse geschaffen. Viele Unternehmen sind mit hoch innovativen Entwicklungen gescheitert, da Trends und Eigenschaften wie eine breite Anwendbarkeit nicht ausreichend berücksichtigt wurden. Es ist somit wichtig, nicht nur das technisch Machbare im Blick zu haben, sondern vor allem das vom Kunden Geforderte [Back 2014].

Da als Kundenzielgruppe Experten aus dem Bereich Six Sigma identifiziert wurden kann vielmehr von einer VOE („Voice of the Expert“) gesprochen werden. Nachstehend werden deshalb die Begriffe Kunden und Six Sigma-Experten oder Experten in Bezug auf das Projekt als gleichbedeutend angesehen. Mithilfe der VOE konnten letztlich die relevanten CTQs (Criticals to Quality) ermittelt werden. Mit CTQs sind die quantifizierten Kundenanforderungen, also die Optimierungszielgrößen des Projektes, gemeint. Diese sind notwendig, um am Ende die Messung des Projekterfolgs vornehmen zu können. Die Betrachtung der CTQs hilft außerdem dabei, die Fokussierung auf die Kerntreiber der Kundenzufriedenheit zu ermöglichen, um die begrenzten Ressourcen zielgerichtet einzusetzen [Wappis 2013; Lunau 2013].

Die Vorgehensweise zur Ermittlung der mithilfe der VOE bestimmten CTQs kann wie in folgender Abbildung (Abb. 3.6) vorgenommen werden.

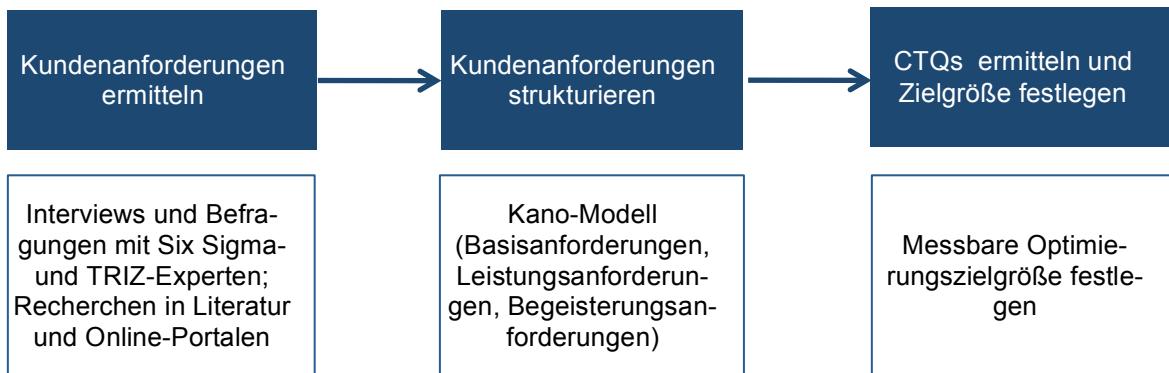


Abb. 3.6: Die Vorgehensweise bei der VOC-Methodik [Wappis 2013; Lunau 2013]

Ermittlung an Kundenanforderungen

Innerhalb des aus erfahrenen Experten bestehenden Projektteams konnte eine zielführende VOE durchgeführt werden. Mithilfe eines strukturierten Brainstormings wurden so die wesentlichen Anforderungen systematisch zusammen getragen. Recherchen in Foren, Fachliteratur und Online-Quellen zum aktuellen Stand der Technik und zu möglichen Entwicklungstendenzen von Six Sigma und TRIZ (siehe Kap. 2.3 und 2.4) haben die erhaltenen Ergebnisse der VOE-Anforderungen bestätigt. Die Ergebnisse sind im Folgenden zusammengefasst:

- *DMAIC-Struktur bleibt erhalten*

Trotz einer Weiterentwicklung von Six Sigma sollte der etablierte DMAIC-Zyklus bestehen bleiben, um die international anerkannte strukturierte Vorgehensweise zu erhalten.

- *Erhaltung der Anwendbarkeit für bestehende Produkte und Prozesse*

Es sollten keine Einschränkungen hinsichtlich der Anwendungsbreite entstehen, da so ein Rückschritt entstehen würde.

- *Integration von TRIZ-Methoden in jede Phase des DMAIC*

Die Integration von TRIZ-Tools in jede DMAIC-Phase könnte eine kreativere und sich durch die gesamte Vorgehensweise ziehende Optimierung für Six Sigma-Projekte bedeuten.

- *Ersetzen bestehender Werkzeuge durch TRIZ-Werkzeuge*

Sollten bestehende Werkzeuge aufgrund eines geringeren Mehrwertes bezüglich Anwendung und Ergebnisse durch TRIZ-Tools ersetzt werden können, besteht die Vermutung, dass Projektzeit und -kosten eingespart werden.

- *Höhere Anzahl an Lösungsmöglichkeiten*

Eine Erweiterung des Bestehenden kann neue Möglichkeiten erschaffen.

- *Erweiterung der Anwendungsbereiche auf einer neuen kreativen Ebene*

Eine innovative und kreative Herangehensweise zur Verbesserung von Prozessen und Produkten kann für weniger datenbasierte Problematiken und Bereiche einen Mehrwert bedeuten. Die Übertragbarkeit auf weniger statistisch ausgelegte Prozesse würde sich erweitern.

- *Zusätzliche Einbindung von Werkzeugen über den Umfang des aktuellen TRIZ-Werkzeugkastens hinaus*

Falls möglich ist eine Identifikation und Integration von Werkzeugen, welche nicht zu den aktuellen TRIZ- oder DMAIC-Tools zählen, anzustreben.

- *Nutzung der Synergieeffekte zwischen Six Sigma und TRIZ*

Ist eine Ergänzung eines bestimmten DMAIC-Werkzeuges um eines aus dem TRIZ-Bereich möglich, sollten solche potentiellen gegenseitigen Zusammenwirkungen genutzt werden.

- *Keine/Minimale Erhöhung des Schulungsaufwandes*

Der Schulungsaufwand sollte möglichst gering gehalten werden, um die Investition in neue Ressourcen nicht zu stark auszuweiten.

- *Orientierung an den Richtlinien des ESSC-D*

Werden die anerkannten Richtlinien des ESSC-D als roter Faden und Basis für eine Erweiterung von Six Sigma um TRIZ genutzt, kann die Anzahl an potentiellen Zweiflern gering gehalten werden. Die Erfolge und das internationale Wachstum des ESSC-D können die Akzeptanz einer Weiterentwicklung erhöhen.

- *Positiver Einfluss auf Qualität, Zeit, Kosten*

Es wird ein positiver Effekt auf die Bestandteile des Qualitätsdreiecks erwartet.

Strukturierung der Kundenbedürfnisse

Mithilfe des sogenannten KANO-Modells wurden die Kundenanforderungen schließlich strukturiert und klassifiziert (Anhang A; Abb. 3.7). Als Basisanforderungen werden dabei die Anforderungen bezeichnet, welche die Kunden voraussetzen und als selbstverständlich verstehen. Erst bei Nicht-Erfüllung werden den Kunden diese Muss-Merkmale bewusst. Werden diese Anforderungen nicht erfüllt herrscht Unzufriedenheit. Die Leistungsanforderungen hingegen sind dem Kunden durchaus bewusst. Es entsteht Zufriedenheit, wenn diese sogenannten Soll-Anforderungen erfüllt werden. Anhand dieser Merkmale wird die Qualität gemessen. Weiterhin beinhaltet das KANO-Modell die Kategorie der Begeisterungsanforderungen. Damit sind Eigenschaften gemeint, welche die Erwartungen des Kunden übertreffen. Diese Merkmale werden auch als Kann-Anforderungen bezeichnet [Angermeier 2016].

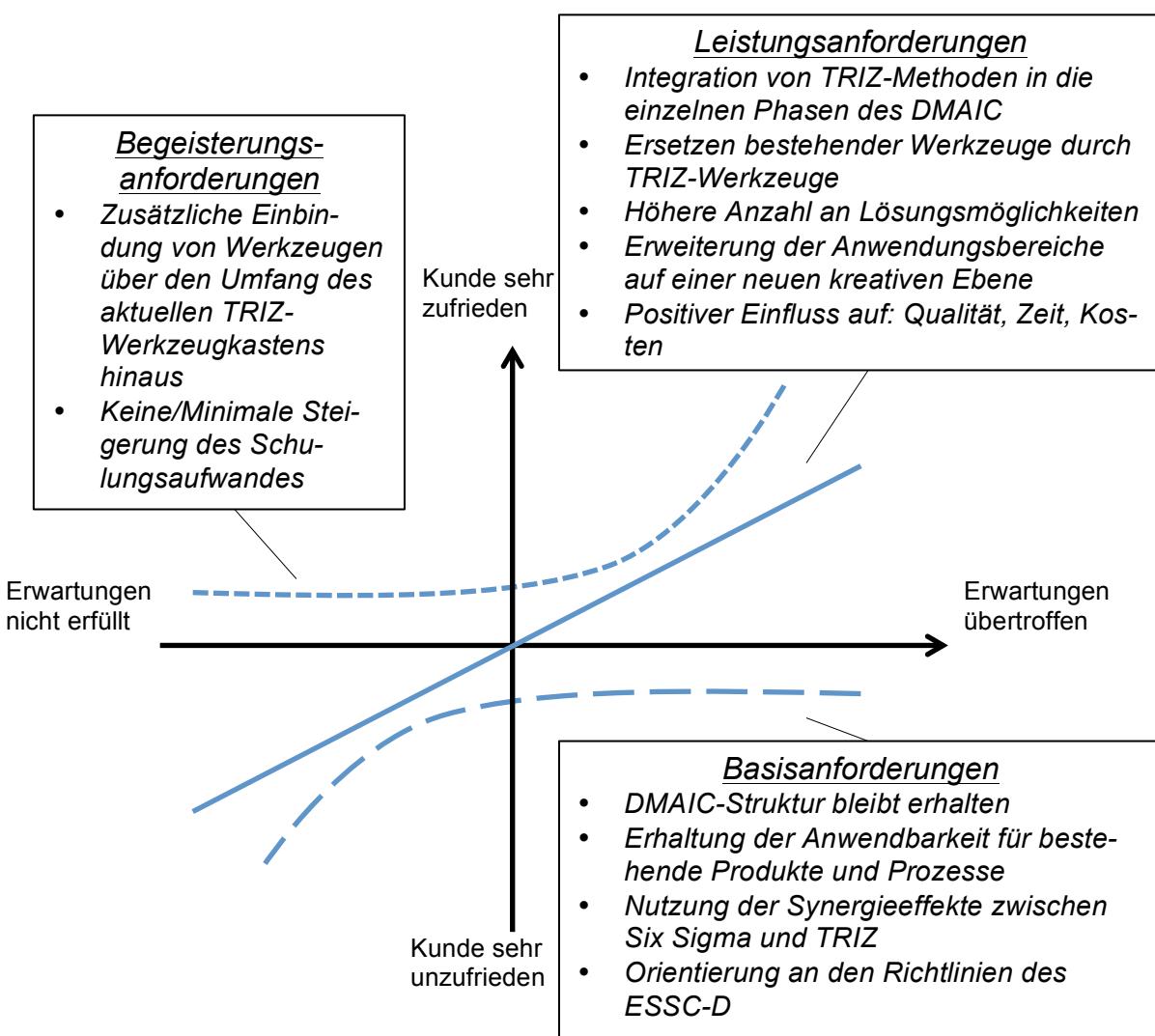


Abb. 3.7: Das Kano-Modell [Roland 2010]

Die ermittelten und klassifizierten Kundenanforderungen (Abb. 3.7) sind anschließend der Transformation zu sogenannten CTQs (Criticals To Quality) unterworfen. Mit anderen Worten wird im nächsten Schritt die Optimierungszielgröße oder quantifizierte Kundenanforderung bestimmt. Dazu werden die priorisierten Kundenanforderungen in die VOE-Übersetzungsmatrix übertragen.

Tab. 3.4: Die VOE-Übersetzungsmatrix [Toutenburg 2009]

VOE	Kundenbedürfnis (Problem, Bedarf, Sorge)	CTQ (Anforderung)
<i>Ungefilterte Aussage des Experten</i>	<i>Tatsächlicher Bedarf der Experten</i>	<i>Messbare Anforderung in Abstimmung mit den Experten</i>
Innovatives Denken und Handeln beziehungsweise kreative Werkzeuge (TRIZ) werden nicht ausreichend im derzeitigen DMAIC-Werkzeugkasten berücksichtigt. <ul style="list-style-type: none"> ➤ Relativ formalistische und vorgeschriebene Vorgehensweise ➤ Zwar erfolgreiche Ergebnisse jedoch mit Luft nach oben. <p>Festgeschriebener Werkzeugkasten wird durchlaufen.</p> <p>Manche Werkzeuge werden unnötig angewendet und so Zeit und Kosten verschenkt.</p>	Optimaler, an die aktuellen Marktbedingungen angepasster DMAIC-Zyklus durch Integration der TRIZ-Methoden in jede einzelne DMAIC-Phase.	Steigerung der TRIZ-Werkzeugintegration von 20% (Improve-Phase) auf 100% (jede DMAIC-Phase).

Wie die VOE-Übersetzungsmatrix (Tab. 3.4) zeigt, wird als CTQ die Steigerung der TRIZ-Werkzeugintegration von 20% (Improve-Phase) auf 100% (jede DMAIC-Phase) verstanden.

3.2.2 Measure-Phase: C&E Matrix

Ist die Define-Phase abgeschlossen und sind die für das Projekt relevanten CTQs ermittelt, kann die Measure-Phase eingeleitet werden. Hier werden die Einflussfaktoren für die festgestellten Verbesserungsansätze durch ein auf Fakten basierendes Verständnis der Bedingungen und Probleme des besagten Prozesses möglichst explizit beschrieben. Demnach werden die für die Problemstellung erforderlichen Daten ermittelt. So wird es möglich, die Anzahl an potentiellen Einflussfaktoren einzuschränken, welche anschließend in der Analyze-Phase analysiert werden [Rath&Strong 2002; Brenner 2015]. Um das Ergebnis des DMAIC-Ablaufes steuern und verbessern zu können, müssen demnach die Einflussfaktoren auf den Prozess identifiziert werden. Als Einflussfaktoren werden die verschiedenen TRIZ-Tools bezeichnet, welche auf das Ergebnis der einzelnen Phasen des DMAIC einen Einfluss ausüben können. Ein Überblick über alle betrachteten potentiellen Einflussfaktoren sind dem Umfang an Werkzeugen folgender Abbildung (Abb. 3.8) zu entnehmen.

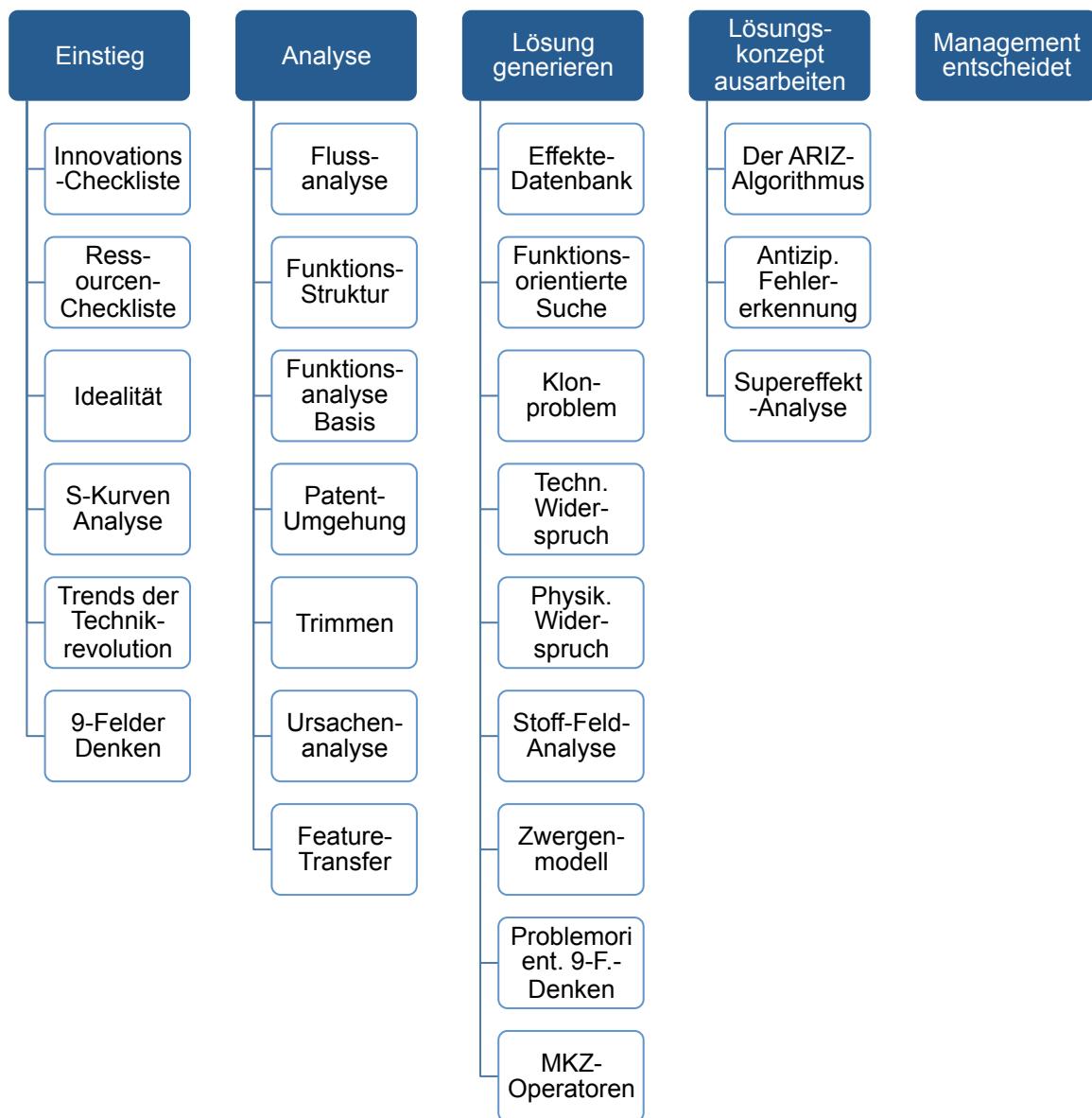


Abb. 3.8: Übersicht des bestehenden Methodenbaukastens der TRIZ [Siemens AG 2013]

Die Übersicht des bestehenden TRIZ-Werkzeugkastens ist in Abstimmung mit dem Projektmitglied und TRIZ-Experten Dr. Robert Adunka in Anlehnung an die TRIZ-Übersichtsfolie der Siemens AG (Anhang F) entstanden. Die Herausforderung für die nächsten Arbeitsschritte bestand darin, die abgebildeten 25 TRIZ-Werkzeuge (Abb. 3.8) so einzugrenzen, dass lediglich diejenigen übernommen werden, welche eine mehrwertbringende Auswirkung auf die Qualität der DMAIC-Vorgehensweise bedeuten. Demzufolge findet eine Filterung des Methodenbaukastens auf die relevantesten Werkzeuge statt.

Abb. 3.9 verdeutlicht die Systematik der Eingrenzung von Einflussvariablen auf die relevantesten Schlüsselparameter.

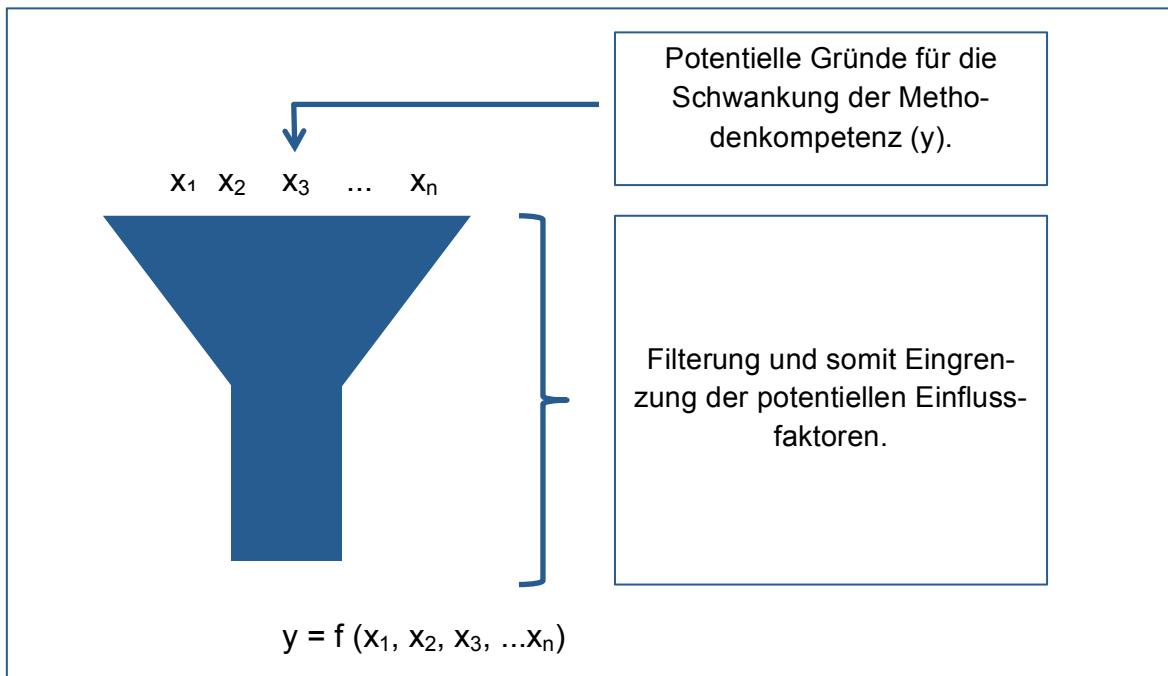


Abb. 3.9: Systematisches Vorgehen zur Prozessverbesserung

In der Gleichung $y = f(x_1, x_2, x_3, \dots x_n)$ steht y für das Prozessergebnis. Anhand seiner Qualität misst der Kunde oder in diesem Fall der Experte, inwiefern seine Forderungen erfüllt werden. Die einzelnen x -Werte stehen für eine große Anzahl von Einfluss-Variablen, hier die verschiedenen TRIZ-Tools. Diese beeinflussen wiederum die Qualität des Outputs. Damit die Streuung in den Outputs nachvollzogen werden kann, werden die x -Variablen benötigt.

Um den Fokus auf die entscheidenden Einflussvariablen legen zu können, sprich eine erste Vorfilterung von potentiellen Einflussfaktoren zu erhalten, hat sich das Projektteam dazu entschieden die sogenannte **C&E-Matrix (Causes-&Effects-Matrix)** einzusetzen. Die Matrix ermöglicht eine systematische Vorgehensweise zur Darstellung gewichteter Einflussgrößen und beschreibt die Ursachen-Wirkungs-Beziehung zwischen den Eingangsgrößen (Inputs) und den Ausgangsgrößen (Outputs) [Back 2014]. Dazu werden die Input-Variablen, also die Einflussfaktoren (TRIZ-Tools), den entsprechenden Output-Variablen, den Ergebnissen der einzelnen DMAIC-Phasen, zugeordnet (Tab. 3.5). Die Bewertung der Beziehungskonstellationen erfolgt mittels der in der Legende hinterlegten Kennzahlen.

Tab. 3.5: Ausschnitt des C&E-Matrix-Templates [Anhang B2]

	Wirkung auf: Output- Variablen	Define	Measure	Analyze	Improve	Control	Sum me
		y_{Alt}	X_1-X_n	$f(x)$	y_{Neu}	y_{Neu}	
Wirkung von: Input-Variablen	Innovations-Checkliste						
	Ressourcen-Checkliste						
	Idealität						
	S-Kurven-Analyse						
	9-Felder-Denken						

Legende: 0 = *kein Einfluss*; 3 = *schwacher Einfluss*; 6 = *mittlerer Einfluss*; 9 = *starker Einfluss*

Um die quantitative Bewertung innerhalb der C&E-Matrix vornehmen zu können, wurden zuvor die verschiedenen TRIZ-Tools analysiert. So wurde es möglich die Stärke der jeweiligen Wirkung auf die DMAIC-Phasen systematischer einzuschätzen. Dazu wurde mithilfe geeigneter Literatur eine **tabellarische Zusammenfassung der gesamten Tools** erstellt, in welcher die jeweiligen Definitionen und Ziele vermerkt sind. Dies ermöglichte eine Ableitung zu den Zielen beziehungsweise Output-Variablen der DMAIC-Phasen, welche ebenfalls in der Tabelle beschrieben werden (Anhang B1). Nachdem das Verständnis für die einzelnen TRIZ-Werkzeuge aufgebaut werden konnte, wurde die C&E-Matrix gemeinsam mit den Experten des Projektteams ausgefüllt und somit der Einfluss der Inputs auf die Outputs bewertet (Anhang B2). Zu diesem Zeitpunkt geht es darum, herauszufinden, welche der bekannten TRIZ-Werkzeuge überhaupt einen Einfluss auf bestimmte Phasen des DMAIC haben können und auf welche Phasen dieser Einfluss ausgeübt wird.

Nachdem die TRIZ-Tools mit der größten Wirkung auf den DMAIC identifiziert wurden, konnte sich das Projektteam auf die so eingegrenzten und entscheidenden Tools fokussieren. Dabei wurden diejenigen TRIZ-Tools priorisiert, welche mindestens eine Gesamtpunktzahl von 9 (starker Einfluss) erreicht haben. Die nachstehende Tabelle (Tab. 3.6) zeigt den Ausschnitt der Matrix mit den auf 17

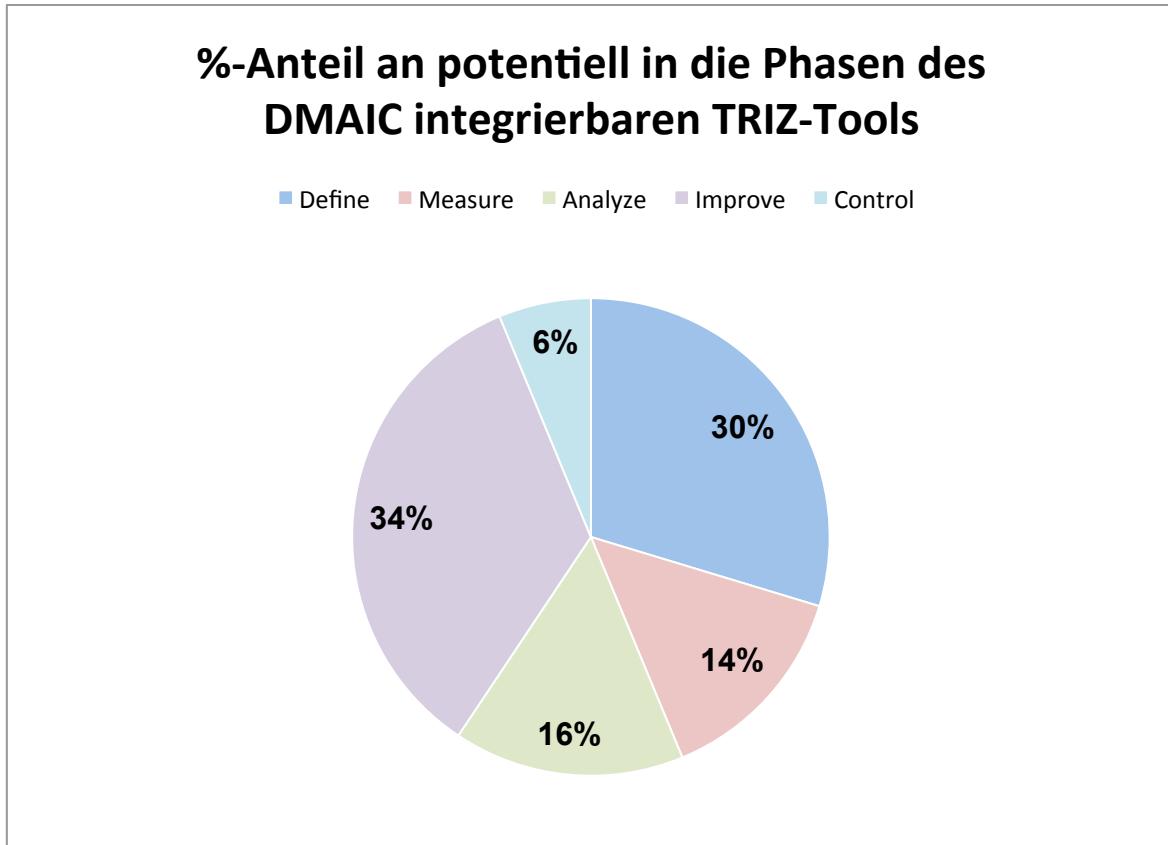
eingegrenzten Einflussgrößen (alle Ursachen-Wirkungs-Beziehungen ab einer Summe von 9 aufwärts betrachtend).

Tab. 3.6: Die C&E-Matrix mit den priorisierten Einflussgrößen

		Wirkung auf Output-Variablen	Define	Measure	Analyze	Improve	Control	Sum- me	
			y _{Alt}	x ₁ -x _n	f(x)	y _{Neu}	y _{Neu}		
Wirkung von: Input-Variablen	Einstieg	Innovations-Checkliste	9	0	0	0	0	9	
		Idealität	9	0	6	0	6	21	
		S-Kurven-Analyse	6	0	6	0	0	12	
		9-Felder-Denken	9	0	0	0	0	9	
	Analyse	Flussanalyse	6	3	6	0	0	15	
		Problemformulierung	6	3	6	0	0	15	
		Funktionsanalyse	6	3	6	0	0	15	
		Patent-Umgehung	0	0	0	3	6	9	
		Ursachenanalyse	0	9	0	0	0	9	
	Lösung generieren	Technischer Widerspruch	0	0	0	9	0	9	
		Physikalischer Widerspruch	0	0	0	9	0	9	
		Funktionsorient. Suche	0	6	0	6	0	12	
		Stoff-Feld-Analyse	0	0	0	9	0	9	
		Problemorient. 9-Felder-Denken	0	0	0	9	0	9	
	Lösungskonzept ausarbeiten	Der ARIZ-Algorithmus	0	3	0	6	0	9	
		Antizipierende Fehlererkennung	3	0	3	6	0	12	
		Supereffekt-Analyse	0	0	0	9	0	9	
Summe		54	27	33	66	12	192		
Summe (%)		28,13	14,06	17,19	34,38	6,25	≈100		

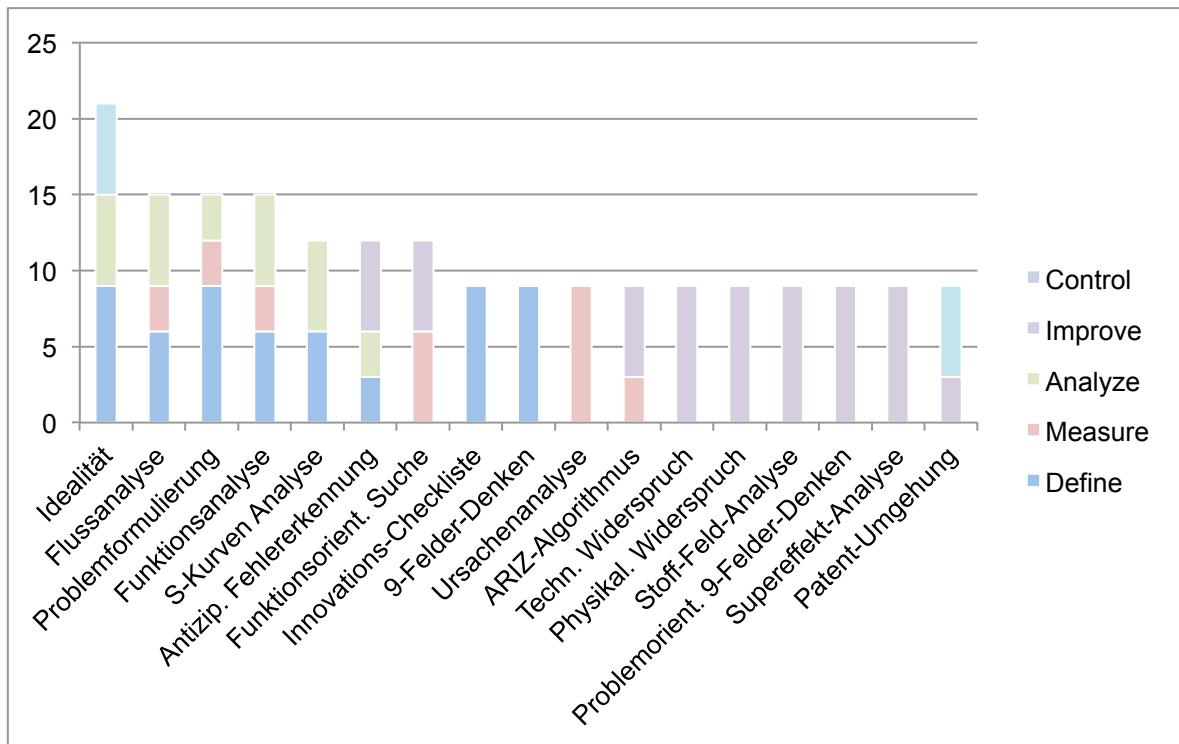
Legende: 0 = kein Einfluss; 3 = schwacher Einfluss; 6 = mittlerer Einfluss; 9 = starker Einfluss

Zwei Diagramme ermöglichen die transparente Darstellung der erhaltenen Ergebnisse und veranschaulichen durch die farblichen Abgrenzungen den prozentualen Einfluss auf die jeweiligen DMAIC-Phasen (Diagr. 3.1; Diagr. 3.2).



Diagr. 3.1: Anteil an Einfluss der TRIZ-Tools auf die einzelnen DMAIC-Phasen

Deutlich wird, dass die TRIZ-Werkzeuge verstärkt auf die Improve-Phase (34%) sowie auf die Define-Phase (30%) einen Einfluss haben. Den geringsten Einfluss mit lediglich 6% erfährt die Control-Phase.



Diagr. 3.2: Summe der jeweiligen Input-Einflussstärken auf die Output-Größen

Neben der Voreingrenzung der ursprünglich **26 Einflussfaktoren auf 17** für Six Sigma einflussreiche TRIZ-Tools kann eine Zuordnung der einzelnen Faktoren auf die jeweiligen Phasen des DMAIC abgeleitet werden. Zudem wird erkennbar, dass einige Werkzeuge auf mehrere der DMAIC-Phasen einen potentiellen Einfluss ausüben können. Andere wiederum finden lediglich in einer der Phasen Anwendung, dort aber mit besonders hohem Einfluss. Die Anwendungsbreite der jeweiligen TRIZ-Tools bezüglich der DMAIC-Phasen wird somit erkennbar.

Die Erkenntnisse der beiden Diagramme (Diagr. 3.1 und 3.2) können vor allem im späteren Projektverlauf hilfreich sein, um daraus abgeleitet die Gestaltung und tatsächliche Umsetzung des erweiterten Werkzeugkastens festzulegen. Bei einer solch recht subjektiven, auf Expertenmeinungen beruhenden Gewichtung der Inputs besteht natürlich immer das Risiko, dass wichtige Einflussgrößen erst als weniger wichtig eingestuft. Erfahrungsgemäß werden aber relevante Größen meist entsprechend eingeschätzt [Back 2014].

Im nächsten Schritt des Projektes werden die erkannten Ursache-Wirkungs-Beziehungen weiter analysiert und bewertet, um schließlich aus den potentiellen

die tatsächlichen Einflüsse abzuleiten. Für dieses Vorhaben folgt im nächsten Schritt der Übergang von der Measure- zur Analyze-Phase.

3.2.3 Analyze-Phase: Bewertungsmatrix

Die Zielsetzung in der Analyze-Phase besteht darin, die bereits als potentiell relevant eingestuften Einflussgrößen aus der Measure-Phase weiter zu analysieren, um die tatsächlich relevanten Einflussgrößen auf y zu ermitteln. Die TRIZ-Tools wurden also weiteren Untersuchungen unterworfen, um die Filterung fortzuführen und die Tools noch stärker einzuschränken. Dazu waren zum einen die Erfahrung und das Wissen der beteiligten Teammitglieder hilfreich. Andererseits mussten unterstützend weitere Analyse-Techniken eingesetzt werden [Gamweger 2015].

Um das Ziel dieser Projektphase anzustreben, wurden die 17 vorliegenden TRIZ-Tools einer Bewertung unterzogen, welche es ermöglicht den jeweiligen Mehrwert der Tools besser einschätzen und eine Priorisierung verständlich und transparent darlegen zu können. Als Darstellungsform ist vom Projektteam dazu eine **Bewertungsmatrix** entwickelt worden. Diese Matrix hat drei Dimensionen: Einmal die Flexibilität der Anwendbarkeit für den bestehenden DMAIC-Zyklus bezogen auf die einzelnen Phasen auf der x-Achse (niedrig - hoch), auf der y-Achse die Übereinstimmung zu bestehenden Werkzeugen (niedrig - hoch) und als dritte Dimension der Durchmesser der Kreise, mit denen der allgemeine Nutzen (bezüglich der VOE) der jeweiligen Tools zum Ausdruck gebracht wird (großer Kreis = großer Nutzen). Unterteilt wird das Ganze in vier Quadranten.

Quadrant 1 ist der Quadrant der höchsten Priorisierung der Tools. Dort gelegene Werkzeuge weisen einen besonders hohen Mehrwert auf, weshalb eine Konzentration auf diesen Quadranten zu empfehlen ist.

In **Quadrant 2** liegen ebenfalls als wichtig anzuerkennende Tools, welche für eine Integration in Betracht gezogen werden sollten. Die dort befindlichen Tools weisen eine geringere Flexibilität in der Anwendbarkeit für die Phasen des DMAIC auf, jedoch können sie durchaus einen starken allgemeinen Nutzen bedeuten.

Quadrant 3 deutet zwar auf eine große Breite der Anwendbarkeit innerhalb des DMAIC hin, jedoch werden die dort positionierten Werkzeuge durch bereits vorhandene in Bezug auf ihre Zielgrößen abgedeckt. Eine nähere Betrachtung von dort gelegenen Tools kann zwar teilweise sinnvoll sein, falls dadurch bestehende Werkzeuge ersetzt werden können, ist jedoch nicht zwingend erforderlich.

Der **Quadrant 4** weist auf eher überflüssige Tools hin. Die Beschäftigung mit dort gelegenen Tools kann als vermeidbarer Aufwand angesehen werden, da weder ein hoher Grad an Flexibilität in der Anwendbarkeit für die DMAIC-Phasen, noch ein Alleinstellungsmerkmal im Ergebnis der jeweiligen Tools bezüglich der bereits bestehenden Werkzeuge erkennbar ist.

Innerhalb der jeweiligen Quadranten kann durch die dritte Ebene, die Durchmesser der Kreise beziehungsweise des Grades des jeweiligen Nutzens, weiter differenziert werden. Es kann sinnvoll sein, Werkzeuge aus Quadrant 2 und einem relativ großem Kreisdurchmesser Werkzeugen aus Quadrant 1 und einem kleineren Kreisdurchmesser vorzuziehen. Solche Priorisierungsentscheidungen sollten vor allem abhängig von Projektziel und -komplexität getroffen werden.

Die Vorgehensweise bis zur erstellten Bewertungsmatrix wurde in folgende Schritte gegliedert:

1. Bestimmung der Achsenbeschriftungen beziehungsweise der Bewertungsdimensionen
2. Bewertung der einzelnen Tools bezogen auf die x-Achse
3. Bewertung der einzelnen Tools bezogen auf die y-Achse
4. Bewertung der einzelnen Tools bezogen auf die Kreisgröße
5. Festlegung der Grenzen von Quadranten 1 - 4
6. Zusammentragen der Bewertung und Erstellen des Diagramms
7. Interpretation der Ergebnisse des Diagramms

Im ersten Schritt wurden die Dimensionen der Matrix definiert. Wie in der Beschreibung der Matrix bereits kurz genannt bezieht sich die x-Achse dabei auf den möglichen Einfluss auf die Phasen des DMAIC-Zyklus (= Bewertung der C&E-Matrix der Measure-Phase) und mithilfe der gewählten y-Achse soll die Überschneidung der TRIZ-Tools zu den bestehenden DMAIC-Werkzeugen deutlich gemacht werden. Eine dritte Ebene (Kreisdurchmesser) stellt dabei den Nutzen der TRIZ-Tools bezüglich der Kundenanforderungen (VOE) dar.

Der zweite Schritt zielt auf die Bewertung der TRIZ-Tools bezüglich der x-Achse ab. Basis der Achse bildet die in der Measure-Phase erstellte C&E-Matrix. Die Ermittlung der Werte bezieht sich auf die Flexibilität der Einsatzmöglichkeit in den

verschiedenen Phasen des DMAIC, sprich, in wie vielen Phasen des DMAIC das jeweilige Tool eingesetzt werden und in welcher Ausprägung dieses einen Einfluss auf die jeweilige Phase ausüben kann. Die Ergebnisse der C&E-Matrix verdeutlichen, dass die hier betrachteten TRIZ-Werkzeuge jeweils auf maximal drei Phasen des DMAIC einen Einfluss haben. Die maximale Einsatzbreite von drei Phasen wird demnach als 100% angesehen. Die Einstufung eines Inputs auf den Output mit der Bewertung 9 (stark) beträgt somit 33,33%. Unter Betrachtung der weiteren Abstufungen verändert sich demnach auch der Prozentwert. So liegt beispielsweise der prozentuale Einfluss eines mit 6 (mittel) bewerteten Tools bei 22,22%. Zusammenfassend ergibt sich für die Bewertung folgende prozentuale Verteilung der Kennzahlen: 9 = 33,33%, 6 = 22,22%, 3 = 11,11%. Abschließend wurde die Summe der Prozente von den jeweiligen Werkzeugen gebildet, welche den entsprechenden Wert für die x-Achse darstellt (Anhang C1).

Im dritten Schritt steht die Ermittlung der Werte für die y-Achse im Vordergrund. Dazu wurden zunächst die bekannten und den Richtlinien des ESSC-D entsprechenden DMAIC-Werkzeuge (Anhang G) herangezogen, welche daraufhin mit den zuvor eingegrenzten TRIZ-Tools in Bezug auf die jeweiligen Ziele beziehungsweise Ergebnisse/Outputs verglichen wurden. Es wurde vor allem darauf geachtet, ob die potentiell einwirkenden TRIZ-Tools einen Mehrwert bedeuten würden oder sich mit bestehenden Tools des DMAIC in dessen Zielen überschneiden. Die dazu erstellte Tabelle zeigt eine Auflistung der TRIZ-Tools auf der x-Achse und der DMAIC-Werkzeuge auf der y-Achse. Mit dieser konnten die Ergebnisse übersichtlich und transparent auf Überschneidungen untersucht werden. Die Bewertung ist dabei in Prozentwerten dargestellt. Hierbei hat sich das Projektteam auf 5 Abstufungen (0%, 25%, 50%, 75%, 100%) beschränkt. Die Interpretation der Bewertung zeigt, dass mit abnehmender Stärke an Überschneidung zwischen den Werkzeugen automatisch die Stärke des Mehrwertes einer Integration des Tools steigt. Die Tabelle mit den jeweiligen Ergebnissen der ermittelten y-Werte ist dem Anhang C2 zu entnehmen.

Die Beurteilung der Überschneidungen zwischen den Werkzeugen wird im Folgenden an zwei charakteristischen Beispielen demonstriert:

1. Bezogen auf die **Define-Phase** wurden starke Gemeinsamkeiten bei dem **Project Charter** mit der **Innovations-Checkliste** festgestellt. Die beiden Werkzeuge werden jeweils zur Darlegung der aktuellen Geschäftssituation, zur Ermittlung des Problems und der Festsetzung der Zielstellung eingesetzt. Sowohl der Project Charter als auch die Innovations-Checkliste verfolgen das Ziel, eine übersichtliche Zusammenfassung des aktuellen Ist-Zustandes abzubilden und für alle Beteiligten eine Basis für das weitere Vorgehen zu schaffen (Anhang B1). Um keinen unnötigen Aufwand bei der Integration geeigneter TRIZ-Tools in den DMAIC-Werkzeugkasten zu verursachen, scheint es am sinnvollsten den Project Charter bestehen zu lassen. Da die Innovations-Checkliste jedoch über einige zusätzliche Eigenschaften verfügt, wie beispielsweise eine Auflistung aller gegebenen Ressourcen, kann theoretisch eine minimale Ergänzung des Project Charters um einige Teile oder Abschnitte des TRIZ-Tools einen Mehrwert bedeuten. Ergebnis dieses Vergleichs ist somit, den Project Charter weiterhin bestehen zu lassen und falls sinnvoll – je nach Projektauftrag – einige Punkte der Innovations-Checkliste hinzuzunehmen. Nachdem alle Gemeinsamkeiten und Schnittstellen analysiert wurden, kann die Überschneidung mit 75% bewertet werden.
2. Die **Measure-Phase** zeigt sehr starke Schnittstellen zwischen dem **Ishikawa-Diagramm** und der **Ursachenanalyse**. Beide Modelle verfolgen das Ziel mögliche Ursachen eines Problems zu identifizieren und entsprechende Vorbeugemaßnahmen zu treffen (Anhang B1). Es bestehen keine bewertbaren Unterschiede zwischen beiden Werkzeugen. Die Ursachenanalyse der TRIZ bietet somit keinen erkennbaren Mehrwert, weshalb es nicht weiter als integrierbares, mehrwertbringendes Tool betrachtet werden muss. Der Überschneidungsgrad liegt hier bei 100%.

Nach der Bestimmung der Positionen auf der x- und y-Achse, geht es **im vierten Schritt** darum die dritte Dimension miteinzubeziehen. Der Nutzen bezogen auf die allgemeinen Anforderungen an die TRIZ-Werkzeuge steht dabei im Vordergrund. Die Bestimmung des Nutzens bezieht sich auf fünf festgelegte Parameter, abgelei-

tet aus der VOE. Der Gesamtnutzen setzt sich schließlich aus dem Mittelwert der einzelnen Nutzenparameter zusammen (Tab. 3.7).

Tab. 3.7: Ausschnitt der Tabelle zur Bestimmung des %-Nutzens (Anhang C3)

Achsen der Bewertungs-matrix	TRIZ-Tools %-Nutzen (Erfüllung der VoE)	Innovati-ons-Checkliste	Idealität	...	Problem-formulie-rung	...
Dritte Ebene (Bubbles)	1. Anwendbarkeit für bestehende Produkte/Prozesse	50	100	...	75	...
	2. Schulung (Zeit, Kosten)	25	50	...	50	...
	3. Kreativität/Innovativität	25	100	...	75	...
	4. Neue Lösungsmöglichkeiten	25	100	...	50	...
	5. Transparenz	50	75	...	25	...
	%-Gesamtnutzen (Mittelwert)	35	85	...	55	...

Nachstehend folgt ein Beispiel für die Bewertung der Werkzeuge bezogen auf den allgemeinen Nutzen:

Betrachtet man die **Problemformulierung der TRIZ** im Zusammenhang mit der Untersuchung auf den Nutzen kommt es zu einer Gesamtbewertung von 55%. Dem Werkzeug wurde demnach ein relativ hoher Nutzen zugesprochen. Die Problemformulierung dient der Analyse eines Systems sowie dessen Umgebung mithilfe eines speziellen Ursachen-Wirkungs-Modells. Ergebnis der Analyse ist meist eine Vielzahl an Ausarbeitungs-Ansätzen der am besten geeigneten Problemlösung [TRIZ-Online 2016b]. Demnach arbeitet die Problemformulierung an der Erarbeitung eines Problemschaubildes bezüglich der zu bearbeitenden Aufgabenstellung, wodurch eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Project Charter besteht. Der Project Charter beschäftigt sich mit dem Gesamtproblem der Aufgabenstellung und die Problemformulierung entschachtelt das Gesamtproblem in mehrere kleinere Probleme, wodurch neue Erkenntnisse oder zunächst nicht erkennbare Lösungen entstehen können.

Die Anwendbarkeit für bestehende Prozesse/Produkte ist erfahrungsgemäß gegeben. Allerdings scheint die Anwendung des Tools für bereits klar strukturierte und kleinere Projekte meist unnötig zu sein und sich eher für komplexe Projekte anzubieten (75%). Ein gewisser Schulungsaufwand würde durch die Aufnahme des Tools in den bestehenden DMAIC-Werkzeugkasten entstehen, da ein neues, den Six Sigma-Anwendern noch unbekanntes Tool gelehrt werden müsste (50%). Durch die kreative und innovative Herangehensweise des Tools kann der Bewertungsparameter 3 mit einem hohen Nutzen (75%) beurteilt werden. Neue Lösungsmöglichkeiten können durchaus entstehen, da vorher nicht ersichtliches plötzlich aufgedeckt wird (50%). Die Transparenz kann bei komplexen Projekten schnell verloren gehen, da durch eine Entschachtelung umfangreicher Gesamtprobleme in viele kleine Probleme die Übersichtlichkeit leicht verloren gehen kann.

Im fünften Schritt wurden die Grenzen der vier Quadranten festgelegt. Sowohl bei der x- als auch bei der y-Achse liegt die Grenze der Quadranten bei jeweils 50% bezogen auf die berechneten Werte.

Der nächste, **sechste Schritt**, diente dazu, alle gesammelten und notwendigen Werte in einer Tabelle zusammenzutragen, um eine übersichtliche Darstellung der relevanten Daten vorliegen zu haben. Mithilfe der erstellten Tabelle (Tab. 3.8) wurde es möglich die Bewertungsmatrix zu entwickeln.

Tab. 3.8: Zusammenfassung der Werte aller drei Bewertungsmatrix-Dimensionen (Anhang C4)

Achsen der Be-wer-tungs-matrix	TRIZ-Tools		Inno-vati-ons-Check-liste	Ideali-tät	...	ARIZ	Antizip. Fehl-ler-erkennung	Super-effekt-Analy-sse
	Einfluss auf den DMAIC							
% - Potentieller Einfluss auf:	Define Measure Analyze Improve Control	Define	33,33	33,33	...		11,11	
		Measure			...	11,11		
		Analyze		22,22	...		11,11	
		Improve			...	22,22	22,22	33,33
		Control		22,22	...			
x-Achse	% - Einfluss auf den DMAIC-Zyklus		33,33	77,77	...	33,33	44,44	33,33
y-Achse	Überschnei-dungen mit bestehenden Tools	% - Abdeckung Maximal	75	0	...	0	25	0
Dritte Ebene (Kreis)	Allg. Anforderun-gen:	% - Nutzen (Erfüllung der VOE)	35	85	...	20	70	55

Die Bewertungsmatrix zeigt schließlich die Positionierung aller 17 TRIZ-Tools innerhalb der vier Quadranten (Abb. 3.10). Die bezifferten Kreise stellen dabei jeweils die einzelnen Tools dar, deren Zuordnung der Tab. 3.9 zu entnehmen ist.

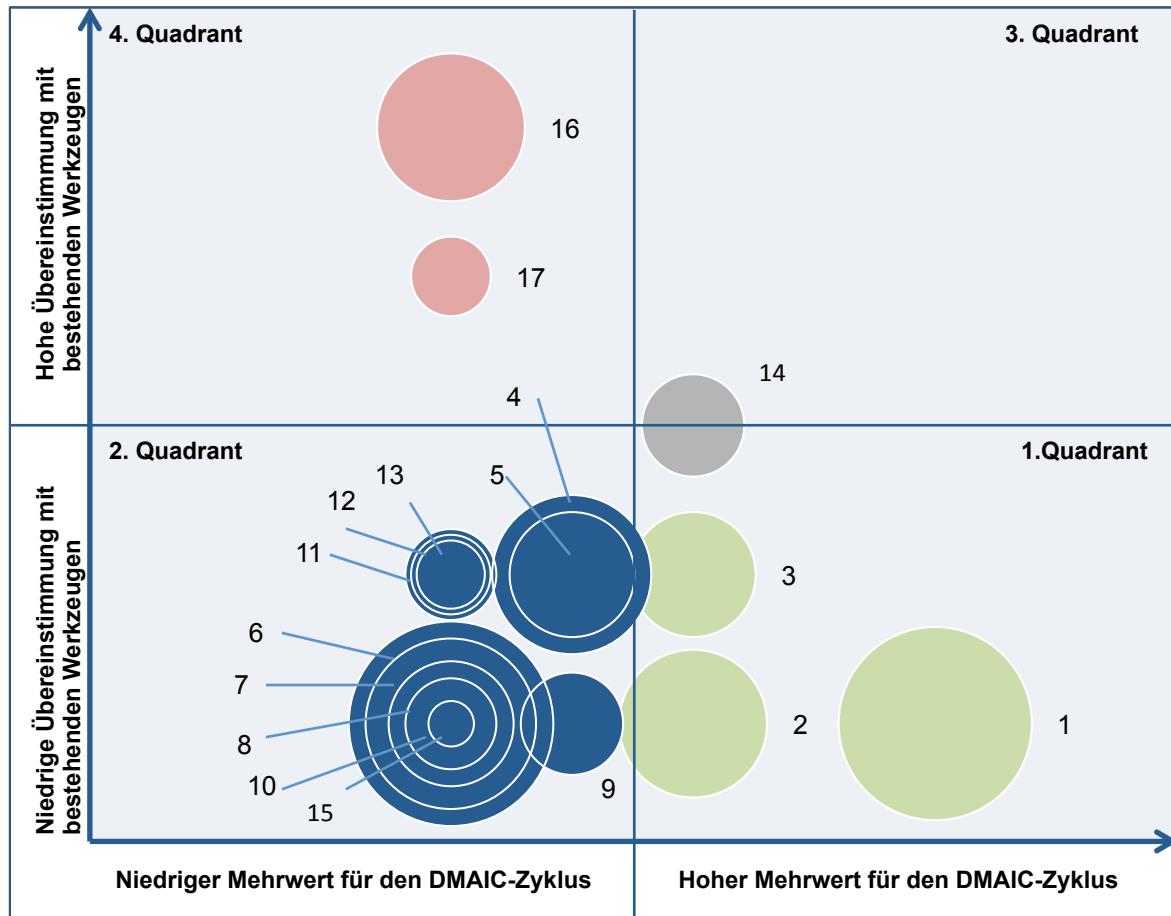


Abb. 3.10: Priorisierung der TRIZ-Tools innerhalb einer Bewertungsmatrix

Tab. 3.9: Priorisierungsliste der Tools in der Bewertungsmatrix

Matrix-Nr.	TRIZ-Tools	Matrix-Nr.	TRIZ-Tool
1	Idealität	10	Patentumgehung
2	Funktionsanalyse	11	Techn. Widerspruch
3	Problemformulierung	12	Stoff-Feld-Analyse
4	Antizip. Fehlererkennung	13	Physik. Widerspruch
5	S-Kurven-Analyse	14	Flussanalyse
6	9-Felder-Denken	15	ARIZ
7	Problemorientiertes 9-Felder-Denken	16	Ursachenanalyse
8	Supereffekt-Analyse	17	Innovations-Checkliste
9	Funktionsorient. Suche		

Die Bezifferung der Tools stellt zudem gleichermaßen eine Priorisierung dar. Beispielsweise wird die Idealität mit der Ziffer 1, liegend im Quadranten 1 und der Zuweisung eines hohen Nutzens dabei als relevantestes Tool eingestuft. Wie der letzte, **siebte Schritt** es vorgibt, ist nun eine Interpretation der Ergebnisse möglich.

Es ist deutlich zu erkennen, dass im Quadranten 1 drei der TRIZ-Tools angesiedelt sind. Auch der Nutzen, ausgedrückt durch die dritte Ebene der Matrix, scheint im Vergleich zu den anderen Werkzeugen relativ stark, weshalb die Eindeutigkeit der Relevanz dieser drei Tools unbedingt anerkannt werden sollte.

Der Quadrant 2 beinhaltet die meisten der vorliegenden TRIZ-Tools. Dort sind 11 der 17 Tools zu finden. Deutlich wird, dass einige der Tools nah an der Grenze zu Quadrant 1 liegen und zudem vielen der Werkzeuge durch die dritte Ebene der Matrix ein hoher Nutzen zugesprochen wird. Demnach stehen die meisten dieser 11 Tools ebenfalls weit vorne in der Priorisierungsliste.

Der Quadrant 3 enthält keine eindeutigen Tools, allerdings liegt eines der Werkzeuge direkt auf der Schnittstelle zwischen Quadrant 1 und 3, wodurch dieses einer Art „Grauzone“ zugewiesen werden kann. Dennoch sollte man sich dieses Tool genauer anschauen, um es nicht ohne weitere Anhaltspunkte direkt auszuschließen.

Der Quadrant 4 beinhaltet 2 der wesentlichen Werkzeuge, welche im Folgenden nicht weiter betrachtet werden müssen, da sie den geringsten Nutzen für den DMAIC-Werkzeugkasten darstellen. Die Analyse-Phase kann mit der Darstellung und Interpretation der Bewertungsmatrix abgeschlossen werden und der Übergang zu der Improve-Phase folgt.

3.2.4 Improve-Phase: Der erweiterte Werkzeugkasten

In der Improve-Phase besteht die Aufgabe darin, Lösungen für die relevanten x zu ermitteln und diese anschließend umzusetzen [Kroslid 2003]. Die ermittelten TRIZ-Tools werden in dieser Projektphase in den bestehenden Six Sigma-Werkzeugkasten aufgenommen. Dieser soll schließlich in der Praxis als erweiterter Werkzeugkasten und innovative Six Sigma^{+TRIZ}-Methodik dienen.

Lösungsschritt 1 – Der erweiterte Werkzeugkasten

Im Folgenden wird zunächst der innovative und auf Basis der Richtlinien des ESSC-D aufbauende Werkzeugkasten als erster Lösungsschritt aufgezeigt. Dazu wurden die bestehenden Werkzeuge der jeweiligen DMAIC-Phasen um die in der Analyse-Phase priorisierten TRIZ-Tools ergänzt.

Laut der Richtlinien des ESSC-D sind die den Projektphasen zugewiesenen Werkzeuge nicht auf diese limitiert, sondern können auch in anderen DMAIC-Abschnitten angewendet werden [ESSC-D 2014a]. Auf diesem Prinzip basieren auch die Anwendungsmöglichkeiten für die ergänzten TRIZ-Werkzeuge. Welche der Werkzeuge zu welchem Zeitpunkt eines Projektes verwendet werden, kann letztlich von den Ausbildern der Six Sigma-Schulungen beziehungsweise von den Anwendern der Methodik entschieden werden.

Der in Abb. 3.11 dargestellte Werkzeugkasten sollte somit lediglich als Empfehlung und Leitfaden angesehen werden. Die Zuweisung der Werkzeuge zu den jeweiligen Phasen bezieht sich dabei auf die Ergebnisse der C&E-Matrix der Measure-Phase (Tab. 3.6). Da beispielsweise die Idealität nach der C&E-Analyse bezüglich der Output-Größe der Define-Phase mit einer 9 bewertet wurde und für die der Analyse- und Control-Phase lediglich mit einer 6, wird das Tool der Define-Phase zugewiesen.

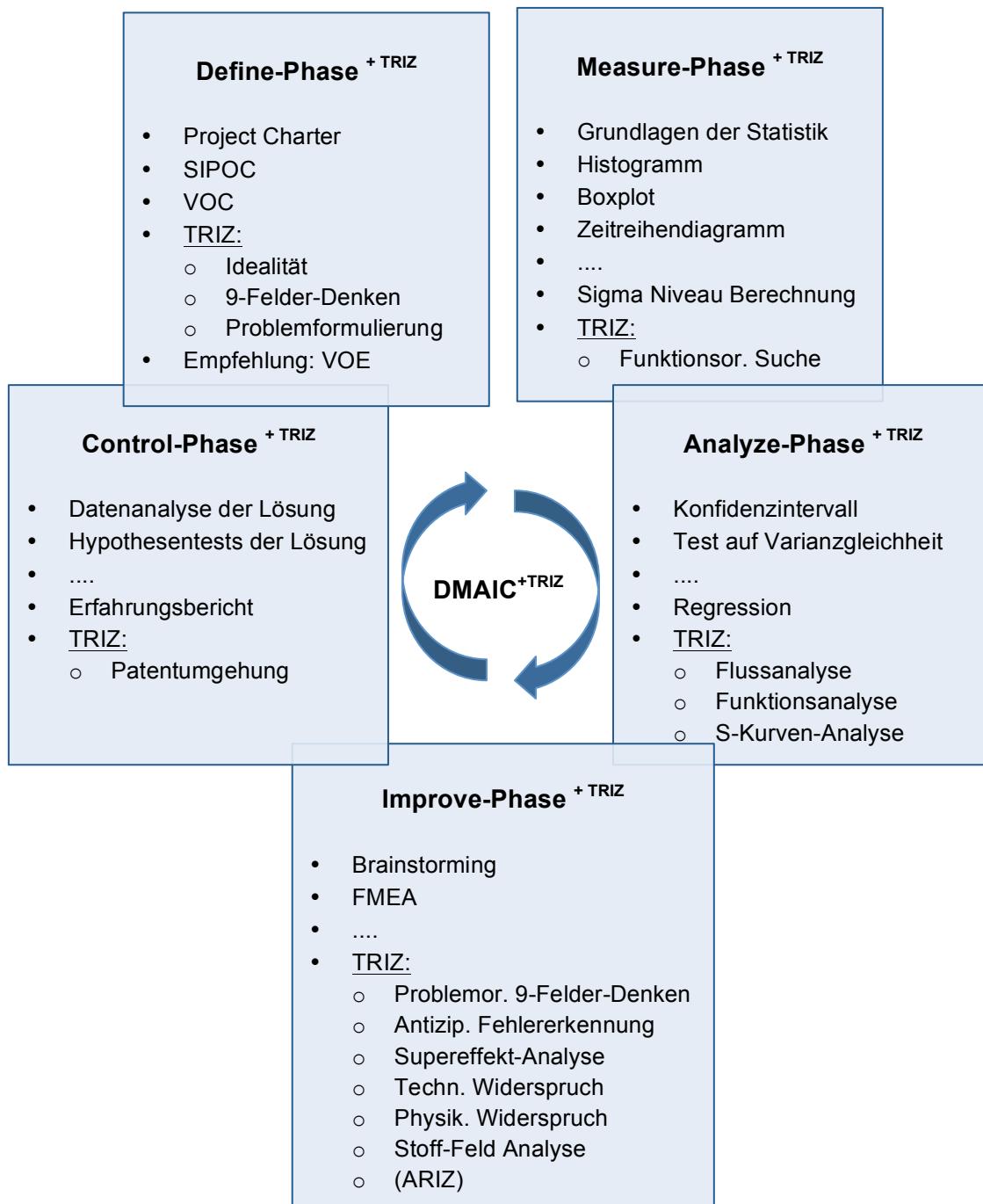


Abb. 3.11: Der Aufbau des um TRIZ optimierten DMAIC-Werkzeugkastens

Die Entwicklung eines neuen Werkzeuges: Die VOE (Voice of the Expert)

In den Anfängen der Analyse dieser Masterarbeit wurde neben den bekannten DMAIC-Werkzeugen ein vollkommen neues Werkzeug in der Define-Phase entwickelt und genutzt, um die Zielgruppe des Prozesses noch besser verstehen zu können: Die VOE. Die Zielsetzung dieser Innovation könnte auch für viele andere Six Sigma-Projekte einen großen Nutzen darstellen, weshalb es sich neben den TRIZ-Tools ebenfalls in dem erweiterten Werkzeugkasten wiederfindet.

Bei der VOE wird anders als bei der VOC nicht der Kunde nach seinen Anforderungen an den Prozess gefragt, sondern es kann mithilfe des Wissens unternehmensinterner oder -externer Experten auf dem entsprechenden Fachgebiet des jeweiligen Prozesses eine zielführende Projektstrategie festgelegt werden. Das Expertenwissen kann beispielsweise beim Erkennen von typischen Prozessschwächen helfen, da sie intensiv mit dem Stand der Technik vertraut sind. Zudem kann mithilfe einer VOE der Grad des Aufwandes eines zu lösenden Problems besser eingeschätzt werden. Die Experten sind oft mit sehr ähnlichen, bereits gelösten Problemen aus anderen Firmen vertraut, wodurch einige Handlungsmaßnahmen abgeleitet werden können. Zudem könnten Experten auf andere Technologien oder Vorgehensweisen in Prozessen verweisen, welche die gleichen Ergebnisse liefern, jedoch das zu lösende Problem nicht haben. So könnte ein Austausch der Prozesstechnologie schon die Lösung des Problems sein.

Die „Stimme des Kunden“ (VOC) fordert beispielsweise eine hochwertigere Qualität der Erzeugnisse eines Prozesses. Bei der „Stimme des Experten“ (VOE) werden interne Berater nach Einschränkungen und Chancen des Prozesses gefragt, um weitere technische und fachspezifische Erkenntnisse zu erhalten. Durch eine VOE kann somit die Festlegung der Projektstrategie unterstützt und es können zusätzliche Verbesserungsansätze für die Erfüllung der vom Kunden geforderten Qualität erkannt werden.

Für die Umsetzung der erweiterten Six Sigma-Methodik reicht es nicht aus, den Aufbau des neuen Werkzeugkastens zu kennen. Noch viel relevanter ist die Festlegung der Anwendungsmöglichkeiten dieser neuen Methodik, damit in der Praxis auch erfolgreich mit ihr gearbeitet werden kann.

Lösungsschritt 2 – Morphologischer Kasten: Ermittlung von Lösungsalternativen

Der zweite Lösungsschritt fokussiert sich auf die Identifizierung und Strukturierung der verschiedenen Lösungsmöglichkeiten zu deren Umsetzung. So wird die am besten geeignete Lösung bezogen auf die Anforderungen aus der Define-Phase ermittelt. Um die erweiterte Six Sigma-Methode in der Praxis zielführend anwenden zu können, besteht der nächste Arbeitsschritt darin, den Aufbau und die Art und Weise der Ausbildung zum Six Sigma^{+TRIZ}-Anwender festzulegen.

Je nach Six Sigma-Ausbildungsgrad unterscheiden sich bekannterweise die Verantwortungsbereiche und Projektaufgaben sowie der Kenntnisstand über verschiedene Werkzeuge und deren Anwendung. Somit erscheint es sinnvoll, für jede Belt-Ausbildung Unterschiede bezüglich Umfang und Zielen der einzelnen Themen festzulegen. Für eine Green Belt^{+TRIZ}-Ausbildung beispielsweise würde die logische Entscheidung dahin gehen, die Vermittlungstiefe der TRIZ-Werkzeuge niedriger anzusetzen, als bei einer Master Black Belt-Ausbildung.

Bei der Festlegung des Schulungsaufbaus spielen neben der Bestimmung der Vermittlungstiefe noch weitere Unterscheidungsmöglichkeiten eine wesentliche Rolle, wodurch automatisch mehrere denkbare Variationen eines Schulungsaufbaus entstehen können. Um eine strukturierte Übersicht aller Lösungsalternativen zu erhalten, hat sich das Projektteam dazu entschieden, die gestellte Herausforderung (= Umsetzung beziehungsweise Aufbau der Vermittlung einer Six Sigma^{+TRIZ}-Schulung) mithilfe des **Morphologischen Kastens** zu bewältigen. Die Anwendung dieser Kreativitätstechnik kann die Totalität aller denkbaren Lösungen für alle am Projekt Beteiligten verständlich aufzeigen. Es können systematisch möglichst viele Gestaltungsvarianten mittels verschiedener Parameter erstellt werden, wodurch Gesamtlösungen entstehen, welche durch unterschiedliche als relevant eingestufte Ausprägungen (Variablen) definiert werden [Van Aerssen 2016]. Dazu einigte sich das Projektteam mithilfe eines strukturierten und durch die Erfahrungswerte der Experten profitierenden Brainstormings auf die Parameter, welche für die vorliegende Herausforderung eine tragende Rolle spielen. Diese relevanten Parameter wurden anschließend in die erste Spalte des Morphologischen Kastens eingetragen (Tab. 3.10).

Parameter 1 drückt die Variation der Inhalte aus. Gemeint sind dabei die Inhaltlichen Unterschiede bei der Vermittlung. Würde bei jeder Belt-Ausbildung (Green Belt, Black Belt, Master Black Belt) zwischen den Themen innerhalb der Ausbildung differenziert, wäre der Wissensstand stark unterschiedlich zu einer Wissensvermittlung, in der alle Belt-Grade mit den gleichen Inhalten konfrontiert werden.

Bei **Parameter 2** handelt es sich um den Umfang der zu vermittelnden Inhalte. Hier wird entschieden, welche TRIZ-Tools in die Schulung mit aufgenommen werden sollten. Dabei kann der Nutzen eine große Rolle spielen, wenn die Tools, welche mit einem besonders großen Nutzen verbunden werden, Vorrang haben. Der

Nutzen bezieht sich dabei auf die dritte Ebene der Bewertungsmatrix am Ende der Analyse-Phase. Auch die Anwendungsbreite könnte bei der Entscheidung für die Aufnahme der TRIZ-Tools in die Schulung hilfreich sein (Diagr. 3.2). Tools, welche Einfluss auf mehrere DMAIC-Phasen ausüben können, haben Vorrang vor Tools mit Einfluss auf nur wenige Phasen des DMAIC-Zyklus.

Die Art der Werkzeugeinbindung spiegelt sich in **Parameter 3** wieder. Eine Möglichkeit stellt dabei die Vermittlung der TRIZ-Tools als Zusatzblock am Ende der regulären Six Sigma-Schulung dar. Eine andere Art die TRIZ-Tools zu lehren, wäre die phasenorientierte Thematisierung der Tools, indem sie je nach Eignung direkt innerhalb der geeigneten DMAIC-Phase unterrichtet werden.

Parameter 4 drückt die Vermittlungstiefe der Inhalte aus. Hier wird entschieden, welche der TRIZ-Tools zu welchem Zeitpunkt einer Belt-Ausbildung eher theoretisch vom Trainer mit einigen Beispielen erklärt werden und wann hoher Aufwand in die Vermittlung der Inhalte gesteckt werden sollte, indem neben dem reinen Verständnis für die Werkzeuge auch Wert auf die Anwendung gelegt wird.

Parameter 5 bezieht sich auf die Qualifikation der Trainer. Bestimmte Voraussetzungen sollten erfüllt sein, sodass der Ausbilder eine Schulung optimal leiten und die Inhalte kompetent vermitteln und erklären kann.

Parameter 6 bezieht sich auf die Schulungsform. Eine mögliche Form wäre die etablierte, interaktive Vorlesung inklusive Übungen, Beispielen und abschließender Prüfung. Eine andere Möglichkeit wäre das Angebot einer Online-Ausbildung. Dabei könnten sich die Schulungsteilnehmer nach dem Prinzip des E-Learnings, archivierte Videos ansehen, in welchen die Inhalte der Schulung von einem Experten unterrichtet werden [Kollmann 2016]. Zusätzlich könnten auch Übungen und Tests durchgeführt und Rücksprachen mit den Ausbildungsverantwortlichen getroffen und Fragen gestellt werden.

Tab. 3.10: Der Morphologische Kasten zur Ermittlung verschiedener Lösungsalternativen

Aufbau der Vermittlung einer Six Sigma ^{+TRIZ} -Schulung				
Parameter	Ausprägungsvariablen			
1. Variation der Inhalte	Je nach Belt-Grad aufbauendes Training (Add on des Werkzeugumfangs)	Alle Belt-Grade erlernen die gleichen Inhalte	Alle Belt-Grade erlernen unterschiedliche Inhalte	
2. Umfang der TRIZ-Inhalte	Nach dem Nutzen ausgewählte TRIZ-Tools	Nach Anwendungsbreite ausgewählte TRIZ-Tools	Trainer entscheidet aus dem gesamten Umfang der integrierbaren TRIZ-Tools	
3. Einbindung der TRIZ-Werkzeuge	Phasenorientiert	Zusatzblock	Werkzeugorientiert	
4. Vermittlungstiefe der TRIZ-Werkzeuge	Verstärkt sich mit der Steigerung des Belt-Grades	Es besteht nur eine Vermittlungstiefe für alle Belt-Grade	Entscheidung dem Trainer überlassen	
5. Qualifikation des Trainers	Black Belt + mind. MATRIZ Level 1	Master Black Belt + mind. MATRIZ Level 2	Black Belt +TRIZ Selbststudium	Master Black Belt +TRIZ Selbststudium
6. Trainingsform	Selbststudium mit Übungen und Prüfung vor Ort	Interaktive Präsenzveranstaltung mit Übungen und Prüfung (Anwesenheitspflicht)	Online-Vorlesung mit Prüfung vor Ort	

* Ausprägung 1; Ausprägung 2; Ausprägung 3; Ausprägung 4

Nachdem der Aufbau und die Inhalte des Morphologischen Kastens vorlagen (Tab. 3.10), wurden die verschiedenen Variablen miteinander in Verbindung gesetzt. Dazu wurden pro Zeile die Variablen ausgewählt und anschließend durch Linien miteinander kombiniert. Es wurden verschiedenste Kombinationen durchgespielt, wobei nicht jede denkbare dabei einen Sinn ergab.

Bei der – innerhalb einer Diskussionsrunde mit den Projektmitgliedern – durchgeführten Bewertung der Lösungsalternativen zeigten sich am Ende vier der ermittel-

ten Gestaltungsvarianten als realisierbar. Diese sind dabei in der Tab. 3.10 durch die sich farblich unterscheidenden Linienverläufe und mit Ausprägung 1 bis 4 gekennzeichnet.

Es wird deutlich, dass alle vier Verläufe bei Parameter 5 und 6 die gleiche Ausprägung zeigen. Dies ist damit zu begründen, dass sich die anderen Ausprägungsalternativen als zu riskant zeigten und somit direkt ausgeschlossen werden konnten. Bezogen auf Parameter 5 sollte der Trainer demnach in jedem Fall eine „Master Black Belt + mind. MATRIZ Level 2“-Qualifikation mitbringen, damit eine ausreichende Qualität der jeweiligen Schulung gewährleistet werden kann. Bei Parameter 6 steht die Form des Trainings im Fokus. Hier kommt ebenfalls nur eine Ausprägung in Frage, um eine qualitativ hochwertige Schulung zu ermöglichen. Eine Präsenz-Veranstaltung mit Übungen wird demnach in jedem Fall gefordert. Ohne die Interaktion zwischen Ausbilder und Auszubildenden besteht zum einen die Gefahr, unwissentlich wichtige Zusammenhänge nicht zu erkennen, zum anderen haben die Schulungsteilnehmer nicht die Möglichkeit unmittelbare Fragen zu den Erklärungen der Inhalte an den Trainer zu stellen und auch Missverständnisse würden nicht direkt aufgedeckt. Dank einer interaktiven Präsenz-Ausbildung kann sich der Ausbilder zudem mit der Vermittlungsgeschwindigkeit besser nach den Teilnehmern richten, wodurch der Lernerfolg gesichert werden kann.

Lösungsschritt 3 – Entscheidungsmatrix zur Lösungsfindung

In Lösungsschritt 3 wird das Ziel verfolgt, die geeignetste der vier Ausprägungsalternativen für die Umsetzung der Schulung zu identifizieren. Dazu wurde eine Entscheidungsmatrix genutzt. Mithilfe dieser können die Ausprägungsalternativen bezogen auf festgelegte Kriterien bewertet werden. Als Entscheidungskriterien dienen die Anforderungskriterien des KANO-Modells aus der Define-Phase. Die Abb. 3.12 fasst die Anforderungen noch einmal zusammen.

Basisanforderungen	Leistungsanforderungen	Begeisterungsanforderungen
<ul style="list-style-type: none"> • DMAIC-Struktur bleibt erhalten • Erhaltung der Anwendbarkeit für bestehende Produkte und Prozesse • Nutzung der Synergieeffekte zwischen Six Sigma und TRIZ • Orientierung an den Richtlinien des ESSC-D (Vermittlungstiefe nach Belt-Abstufungen) • Als etablierte und anerkannte Basis der erweiterten Methode 	<ul style="list-style-type: none"> • Nach Möglichkeit: Integration von TRIZ-Methoden in die einzelnen Phasen des DMAIC • Wenn sinnvoll: Ersetzen bestehender Werkzeuge durch TRIZ-Werkzeuge • Höhere Anzahl an Lösungsmöglichkeiten • Erweiterung der Anwendungsbereiche auf einer neuen kreativen Ebene • Positiver Einfluss auf: Qualität, Zeit, Kosten 	<ul style="list-style-type: none"> • Zusätzliche Einbindung von Werkzeugen über den Umfang des aktuellen TRIZ-Werkzeugkastens hinaus • Keine/Minimale Steigerung des Schulungsaufwandes

Abb. 3.12: Die Anforderungskriterien des KANO-Modells der Define-Phase

Die Lösungsalternative, welche die Anforderungen der Kunden und Experten in Summe am ehesten erfüllt wurde schließlich als umzusetzende Lösung definiert [Fleck 2016]. Die Gewichtung der Kriterien orientiert sich innerhalb der Matrix nach der Relevanz der Basis-, Leistungs- und Begeisterungsanforderungen. Die Erfüllung der Basisanforderungen ist somit wichtiger (Gewichtung = 10) als die der Leistungsanforderungen (Gewichtung = 7). Die Leistungsanforderungen haben

wiederum Vorrang zu den Begeisterungsanforderungen (Gewichtung = 4). Das Ranking der **Entscheidungsmatrix** (Anhang D) zeigt, dass Ausprägungsalternative 4 an erster Stelle steht und den Anforderungen somit am besten gerecht wird. Folgende Merkmale (Tab. 3.11) sollten also bei der Umsetzung der Six Sigma^{+TRIZ}-Methodik beachtet werden.

Tab. 3.11: Die Ausprägungsalternative 4 als ermittelte Lösung

Parameter	Die Lösung zum Aufbau der Vermittlung einer Six Sigma ^{+TRIZ} -Schulung
1. Variation der Inhalte	Je nach Belt-Grad aufbauendes Training (Add on des Werkzeugumfangs)
2. Umfang der TRIZ-Inhalte	Nach dem Nutzen ausgewählte TRIZ-Tools
3. Einbindung der TRIZ-Werkzeuge	Phasenorientiert
4. Vermittlungstiefe der TRIZ-Tools	Verstärkt sich mit der Steigerung des Belt-Grades
5. Qualifikation des Trainers	Master Black Belt + mind. MATRIZ Level 2
6. Trainingsform	Interaktive Präsenz-Veranstaltung mit Übungen und Prüfung (Anwesenheitspflicht)

Die Lösung nach Tab. 3.11 zeigt, dass der Aufbau der Schulung sich an den drei verschiedenen Graden der Six Sigma-Ausbildung ausrichten sollte (**Parameter 1**), was durch die Orientierung an den Richtlinien des ESSC-D erfüllt wird.

Bezogen auf die am Ende der Analyse-Phase ermittelten Prioritätenmatrix in Abb. 3.10 entscheidet sich, welche Werkzeuge mindestens in die drei verschiedenen Grade der Six Sigma-Ausbildung einfließen sollten, um einen entsprechenden Mehrwert darzustellen (**Parameter 2**). Dazu wurden alle in den Quadranten 1 und 2 liegenden Tools betrachtet und mithilfe der Prioritätenliste (Tab. 3.9) für die verschiedenen Grade einer Belt-Ausbildung unterschieden.

Die Einbindung dieser Werkzeuge sollte dabei phasenorientiert stattfinden. Wie bereits im allgemeinen Werkzeugkasten in Abb. 3.11 erkennbar, werden die jewei-

ligen TRIZ-Tools direkt in den dazu geeigneten DMAIC-Phasen gemeinsam mit den Six Sigma-Werkzeugen gelehrt (**Parameter 3**).

Bei der Vermittlungstiefe der jeweiligen TRIZ-Tools ist es empfehlenswert Unterschiede festzulegen. Diese Differenzierungen können sich auf den Belt-Grad und auf den allgemeinen Nutzen der TRIZ-Werkzeuge beziehen. Da die Idealität beispielsweise einen verhältnismäßig hohen Nutzen aufweist und Bestandteil jeder Belt-Ausbildung sein sollte, wäre eine intensive Auseinandersetzung mit diesem Werkzeug erstrebenswert. So kann eine unkomplizierte und problemlose spätere Anwendung garantiert werden (**Parameter 4**).

Eine weitere wichtige Eigenschaft für die Qualität der späteren Six Sigma^{+TRIZ}-Anwendbarkeit spielt die Qualifikation der Ausbilder. Damit die Vermittlung der Schulungsinhalte kompetent, überzeugend und zielführend durchgeführt werden kann, bedarf es einen Trainer, der diese Eigenschaften garantieren kann. Dazu sollte er sich mindestens durch eine Master Black Belt-Ausbildung und -Zertifizierung auszeichnen können. Zudem sollte der Trainer TRIZ-Erfahrung mitbringen, welche durch eine MATRIZ Level 2-Zertifizierung belegt werden kann (**Parameter 5**).

Wie es sich auch bei der reinen Six Sigma-Ausbildung bewährt hat, empfiehlt sich als Trainingsform eine interaktive Präsenz-Veranstaltung mit Übungen, Beispielen und einer Abschlussprüfung. Die Ausbildungsteilnehmer sollten einer Anwesenheitspflicht nachkommen und aktiv an der Ausbildung teilnehmen, um den Lernerfolg sicherzustellen (**Parameter 6**).

Unter Berücksichtigung dieser Parameter kann die Six Sigma^{+TRIZ}-Ausbildungsstruktur bezogen auf den Umfang der zu vermittelnden Inhalte wie in Abb. 3.13 dargestellt werden.



Abb. 3.13: TRIZ-Schulungsinhalte der verschiedenen Six Sigma-Ausbildungsgrade

Mithilfe des **Pareto-Prinzips**, auch als 80:20-Regel bekannt, konnte das Projektteam die 20% der Werkzeuge aus der Prioritätenliste (Tab. 3.9) identifizieren, welche bereits 80% aller Probleme in einem Six Sigma-Projekt lösen können sollten [Steigert 2001]. Diese Werkzeuge sollten idealerweise in jeder **Six Sigma-Ausbildung** vermittelt werden.

Die 20% der Werkzeuge setzen sich aus den ersten 3,4 Tools der Prioritätenliste zusammen. Die Anzahl von 3,4 Werkzeugen wurde auf 4 aufgerundet. Diese 4 ermittelten TRIZ-Tools sollten somit in der **Six Sigma Green Belt^{+TRIZ}-Schulung** ergänzend zu den regulären Inhalten aufgenommen werden. Dazu sollte für die Ausbildung der Lehrinhalte eine zusätzliche Zeit von circa einem halben Tag eingeplant werden. Die Methoden sollten in dieser Zeit so erklärt werden, dass alle Schulungsteilnehmer diese verstanden haben und sie zu gegebenen Anlass auswählen und auch anwenden können.

Innerhalb der **Six Sigma Black Belt^{+TRIZ}-Ausbildung** wäre es sinnvoll, wenn die Trainer die Vermittlungstiefe der 4 priorisierten Werkzeuge verstärken. Am Ende der Schulung sollten die Teilnehmer anhand von Beispielen die Anwendung der TRIZ-Tools geübt haben und eine Interpretation der Ergebnisse sollte möglich sein. Zu diesen Werkzeugen kommen noch 5 weitere Tools, welche während der Ausbildung thematisiert werden sollten. Diese zusätzlichen Werkzeuge können zugeschnitten auf die Aufgaben eines Black Belts einen enormen Nutzen bringen. Für die hier insgesamt 9 integrierten TRIZ-Tools sollte mindestens eine Zeit von einem Tag zusätzlich zur regulären Dauer der Schulung eingeplant werden.

Bei einer **Six Sigma Master Black Belt^{+TRIZ}-Ausbildung** sollten alle 9 in den zuvor absolvierten Belt-Ausbildungen thematisierten TRIZ-Tools weiter intensiviert und zudem der Umfang der Werkzeuge erweitert werden. Die innerhalb der ersten drei Quadranten liegenden Werkzeuge sollten gelehrt oder zumindest thematisch angeschnitten werden, damit der volle Umfang an nützlichen TRIZ-Tools bekannt ist. Da der Verantwortungsbereich eines Master Black Belts über dem der anderen Belt-Grade liegt, ist es wichtig alle Möglichkeiten für eine Problemlösung auszuschöpfen zu können. Somit sollten keine der mehrwertbringenden Werkzeuge ausgelassen werden.

Neben der Zuweisung an TRIZ-Werkzeugen zu den jeweiligen Ausbildungsstufen ist es wichtig eine projektphasenorientierte Verteilung der Werkzeuge vorzunehmen. So können die Inhalte einer Ausbildung strukturiert aufgezeigt werden und die Auszubildenden lernen direkt, welche Werkzeusanwendung für welche der DMAIC-Phasen einen Mehrwert bietet.

Nachdem das Projektteam den erweiterten Werkzeugkasten entwickelt und die Anforderungen an den Aufbau der Schulung festgelegt hatte, konnte es sich mit der Anwendung der neuen Methodik im Projektumfeld beschäftigen. Sobald die Anwärter einer Belt-Zertifizierung nach der erlernten Theorie ihr Praxisprojekt erhalten, wird die Projektdurchführung von einem Coach beziehungsweise Mentor begleitet.

Risikobeurteilung

Damit die erarbeitete Lösung in vollem Umfang bewertet werden kann, sollten neben dem Nutzen und dem Mehrwert auch die potentiellen Risiken analysiert werden. Mithilfe einer Risikobeurteilung (Tab. 3.12) zielt das Projektteam darauf ab, mögliche Schwachstellen aufzudecken, welche bei der Umsetzung des erlernten Wissens im Projektumfeld auftreten könnten, damit diesen noch vor der Einführung der neuen Methodik entgegengewirkt werden kann.

Tab. 3.12: Risikobeurteilung zur Umsetzung der um TRIZ erweiterten Six Sigma-Methode

Relevante Aspekte bei der Umsetzung	Risikomöglichkeit	Potentielle Auswirkung der Risiken	Empfohlene Maßnahmen
Kommunikation	Kompetenz der Coaches/Mentoren bezüglich der Moderation und der sprachlichen Fähigkeiten nicht ausreichend	Schulung wird nicht angenommen	<u>Kurs zum Thema „Coaching“ anbieten:</u> Stärken der Kommunikationsfähigkeiten und Moderationstechniken sowie Auffrischen der Methodenkompetenz
		Schlechter Ruf der Schulung	
		Auftretende Missverständnisse	
		Geringer Lernerfolg	
Methoden-kompetenz	Erklärung und Vermittlung der Methoden im Projektumfeld vom Coach nicht ausreichend	Fehlinterpretationen; Erfolgschancen werden nicht voll ausgeschöpft	
Zeitaufwand	Investition der Zeit in weitere WZ-Anwendungsmöglichkeiten	Erhöhte Projektdauer	Zielorientierte Anwendung der Werkzeuge

Das Projektteam konnte mithilfe einer systematisch durchgeföhrten Reflektion der Erfahrungswerte die relevanten, risikobehafteten Aspekte der Methodenumsetzung identifizieren. Die darauf bezogenen Risikomöglichkeiten und -auswirkungen wurden aufgrund ihrer Eindeutigkeit schnell erkannt.

Es bestehen drei wesentliche Schwachstellen bei der Umsetzung der neuen Methodik. Zum einen bringt die **Kommunikationsfähigkeit der Coaches** ein Risiko mit sich. Obwohl eine Black Belt- und TRIZ-Ausbildung vorausgesetzt wird, bedeutet dies nicht zwingend, dass die potentiellen Coaches auch die Fähigkeit besitzen ein Projekt zielführend moderieren und sprachlich Kursziele vermitteln zu können.

Die fehlende Kompetenz bei einem Six Sigma-Projekt als Mentor zu fungieren, kann zu schwerwiegenden Auswirkungen führen. Die Methodik würde in ein schlechtes Licht gerückt werden und Ausbildungsinteressierte könnten aufgrund eines schlechten Rufs die Neugier an der neuen Six Sigma-Methodik verlieren. Missverständnisse könnten auftreten worunter der Lernerfolg leiden würde.

Den zweiten potentiellen Risikofaktor stellt die **Methodenkompetenz der Coaches** dar. Durch unzureichendes Fachwissen könnten Probleme bei der Vermittlung und der Erklärung der Methoden entstehen und es würden Fehler bei der Anwendung der Methoden und deren Interpretation auftreten. Verschiedene Werkzeuge würden ohne erkennbaren Mehrwert eingesetzt werden und schwammige Lösungsvorschläge könnten das Ergebnis eines Projektes bedeuten. Die Chancen ein Projekt zielführend und erfolgreich durchzuführen würden nicht vollkommen ausgeschöpft werden.

Um diese beiden potentiellen Risikofaktoren zu minimieren, sollten bestimmte Vorkehrungen ergriffen werden. Eine sehr empfehlenswerte Maßnahme könnte ein Coach-„Refresher“-Kurs sein. So könnten die Methodenkompetenzen gestärkt und die Kommunikationsfähigkeiten und Moderationstechniken zuvor intensiv geübt und aufgefrischt werden.

Ein dritter potentieller Risikofaktor wird in dem anfallenden **Zeitaufwand** gesehen. Da der bestehende Werkzeugumfang um Tools erweitert wurde, muss in Zukunft auch mehr Zeit in die Auswahl der anzuwendenden Techniken gesteckt werden. Durch eine zielorientierte Projektdurchführung soll dem entgegen gewirkt werden und so bei der Werkzeugauswahl letztlich kein Mehraufwand bezüglich der Projektdauer entstehen.

Abschließend ist festzuhalten, dass unter Berücksichtigung von Lösungsschritt 1, dem allgemeinen Werkzeugkasten und Lösungsschritt 2, der Ausbildungsstrukturierung, die Six Sigma^{+TRIZ}-Methodik aus analytischer Sicht optimal in der Praxis umgesetzt werden kann. Werden zudem die genannten Risiken nicht außer Acht gelassen, steht der erfolgreichen Anwendung der innovativen Methodik nichts mehr im Wege.

Lösungsschritt 4 – Pilotierung der Ergebnisse

„Der Wandel ist untrennbar mit Widerstand verbunden“. Diese Daumenregel des Change Management ist auch für den Wandel von Qualitätsmanagementmethoden wie Six Sigma kein falscher Anhaltspunkt. Transformationsprozesse zeigen trotz intensiv ausgearbeiteter Konzepte aufgrund der Dominanz von bestehenden und etablierten Vorgehensweisen nicht immer unmittelbar die erhofften Effekte. Neuerungen bedeuten Veränderungen und diese werden von den potentiellen Praktikern zunächst meist mit Skepsis betrachtet. Deshalb wird von diesen eine Testphase von innovativen Vorhaben wie der Erweiterung der Six Sigma-Methode erwartet. Belege zur Anwendbarkeit und dem erhofften Mehrwert festigen die Glaubwürdigkeit des neuen Konzeptes zur Problemlösung [Sturm 2016].

Bevor die systematisch erarbeitete Lösung zur Six Sigma^{+TRIZ}-Methodik in der Praxis zum Einsatz kommen kann, ist unter anderem zur Überzeugung der Praktiker eine Erprobung anhand eines Beispielprojektes durchzuführen. Diese Vorgehensweise ist auch als Lösungspilotierung zu bezeichnen.

Als nachvollziehbares Beispielprojekt dient das vorliegende Six Sigma Green Belt-Projekt dieser Masterarbeit. Den analytischen Ergebnissen nach zu urteilen, lassen sich auf die inhaltliche Problemstellung des Projektes mindestens drei aller TRIZ-Tools anwenden.

Bereits in der Kick-off-Phase, also noch vor Beginn der Define-Phase, kann die Nutzung der **S-Kurven-Analyse** hilfreich sein. Mithilfe dieser Analysetechnik können die Grenzen des Weiterentwicklungsspotentials der aktuellen DMAIC-Technologie aufgezeigt und mögliche Technologiesprünge deutlich gemacht werden.

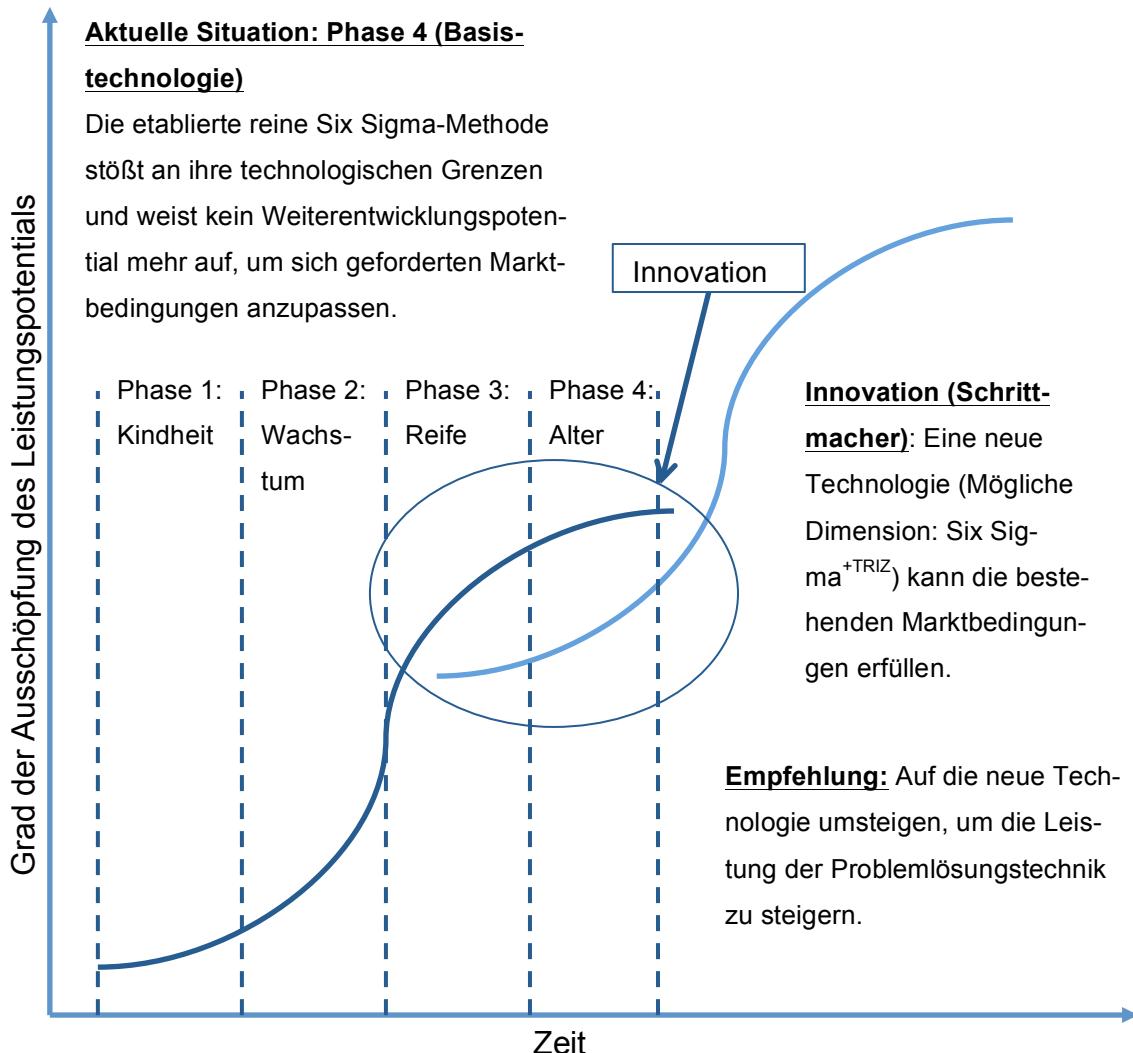


Abb. 3.14: Die S-Kurve zur aktuellen Situation der DMAIC-Vorgehensweise [Hentschel 2010]

Abb. 3.14 zeigt, dass der Grad des Leistungspotentials der reinen Six Sigma-Methodik relativ ausgeschöpft ist. Die Basistechnologie hat sich international bewähren können und wird mittlerweile in beinahe jedem Unternehmen auf gleiche Art und Weise genutzt, in der sie Anwendung finden kann. Die DMAIC-Vorgehensweise hat sich dabei in den letzten Jahren nicht verändert, das Phasenmodell ist, genau wie die Rollenverteilung der Belt-Grade, gleich geblieben und der Werkzeugkasten hat sich auch nur marginal verändert.

Da sich der Markt kontinuierlich weiterentwickelt und sich somit auch die Anforderungen und Ziele der potentiellen Praktiker verändern, ist eine Anpassung von Six Sigma notwendig, um diesen Forderungen stetig gerecht werden zu können. Bereits in der Reifephase des DMAIC wurde das Potential erkannt, die Methode mit

anderen ähnlich strukturierten Qualitätsmanagementmethoden zu kombinieren um die Möglichkeit einer optimierten Weiterentwicklung zu fördern. So findet der Innovationsprozess durch die Kopplung verschiedener Ansätze des Qualitätsmanagements mit der bewährten Basistechnologie statt.

Um sich den aktuellen Marktbedingungen optimal anpassen zu können, bietet sich TRIZ als innovationsfördernde Methodik zu einer vielversprechenden Verschmelzung mit Six Sigma an. Die reine Six Sigma-Technologie würde wieder in Schwung gebracht und das Wettbewerbspotential gesteigert werden. Diese Methodenerweiterung lässt sich auch als Schrittmachertechnologie beschreiben. Große Auswirkungen auf die bewährte Methodik werden erwartet und die neue Technologie kann dem Markt in Zukunft zugänglich gemacht werden [o.V. 2016; Stummer 2010].

Neben diesem TRIZ-Tool lässt sich bezogen auf das Projekt auch das **9-Felder-Denken** anwenden, um die Projektstrategie effizient zu gestalten (Tab. 3.13).

Tab. 3.13: Anwendung des 9-Felder-Denken in der Lösungspilotierung [Hentschel 2010]

	Vergangenheit 1990er Jahre	Gegenwart 2015	Zukunft 2020
Supersystem- ebene (Umfeld)	Kaizen (kontin. Verbesserungsprozess - KVP)	Problemlösungstechniken zur Optimierung von Prozessen	Kreativitätstechniken zur Problemlösung in Prozessen + Förderung der Mitarbeiterbefähigung
Systemebene (Verbesserungssystem)	Demingkreis (PDCA)	Six Sigma-Systematik (DMAIC)	Strukturierte, statistische und kreative Six Sigma ^{+TRIZ} -Methode
Subsystem- ebene (Toolebene)	PDCA-Werkzeugkasten <ul style="list-style-type: none"> • Einfache stat. Werkzeuge • Prozessbe- trachtung 	DMAIC-Werkzeugkasten <ul style="list-style-type: none"> • Integration kom- plexer stat. Werk- zeuge • Projektmanage- ment 	DMAIC ^{+TRIZ} -Werkzeugkasten <ul style="list-style-type: none"> • Integration kreativer Werkzeuge

Das 9-Felder-Denken erleichtert die Positionierung der funktionalen und technischen Entwicklungsschritte und -tendenzen der Six Sigma-Methodik auf übersichtliche Art und Weise, wodurch die Kommunikation im Projektteam erleichtert wird und die Projekthematik transparent und systematisch aufgezeigt werden kann.

Sowohl die S-Kurven-Analyse als auch das 9-Felder-Denken können zu Beginn eines Projektes als nützliche Kommunikations- und Moderationstechniken angewendet werden, um die Projektstrategie für alle verständlich darzulegen und deutlich zu machen. Ein deutlicher Mehrwert wäre gegeben.

In der Analyse- beziehungsweise der Improve-Phase dieses Projektes kann das Prinzip der **Idealität** eine sinnvolle Anwendungsergänzung darstellen. Die Idealität kann unter Berücksichtigung einiger Aspekte erreicht werden, auf welche während der Projektdurchführung bereits unbewusst geachtet wurde:

Vorhandene Ressourcen, wie der bewährte DMAIC-Werkzeugkasten und die anerkannten Richtlinien des ESSC-D wurden als Basis für die Integration der TRIZ-Tools genutzt. In der Analyse-Phase wurde zudem unbewusst bereits auf den Aspekt geachtet, bestehende Ressourcen auszusortieren, falls deren Funktion auf andere verfügbare Ressourcen übertragen werden kann. Die vorliegenden DMAIC-Werkzeuge sind in Bezug auf deren Output mit den Zielen der TRIZ-Tools verglichen worden und bei Überschneidungen wurde eines der Werkzeuge (entweder aus dem DMAIC oder von den TRIZ-Tools) aussortiert. Dabei wurde nach dem jeweiligen Nutzen entschieden. Zudem wurde darauf geachtet, dass die Integration der TRIZ-Tools die Anwendung den gesamten Lösungsfindungsweg vereinfacht und so zu zielorientierteren Ergebnissen führt.

Deutlich festzustellen ist somit, dass intuitiv während der Analyse der Aufgabenstellung schon Vorhandenes durch Modifikation weiter genutzt wurde. Wäre von vornherein systematisch mit dem Idealitätsgedanken gespielt worden, hätte die Lösungsfindung gegebenenfalls noch anschaulicher und schneller stattfinden können und es wäre kostbare Zeit eingespart worden.

Wie die Lösungspilotierung zeigt, können TRIZ-Tools optimal in den Ablauf eines Six Sigma-Projektes aufgenommen werden. Deren Anwendung kann den Weg zur Lösungsfindung transparenter gestalten und gegebenenfalls zu neuen Ideen und Lösungsvorschlägen führen. Theoretisch kann die Anwendung einiger TRIZ-Tools die Nutzung komplexer Six Sigma-Werkzeuge ersetzen, wodurch wertvolle Pro-

Projektzeit eingespart werden kann. Vor allem auch die Eigenschaft einiger Tools als Kommunikations- und Moderationsmittel zu dienen vereinfacht die Vermittlung der Projektstrategie an alle Mitglieder des Projektteams, wodurch die Motivation und Kreativität der Beteiligten gesteigert werden kann.

Die zielführende Anwendung der neuen Methodik für Praxisprojekte im unternehmerischen Umfeld abgestimmt auf den jeweiligen Belt-Grad, scheint dem Ergebnis dieser Phase nach zu urteilen als optimal umsetzbar.

3.2.5 Control-Phase: Verifikation an Praxisbeispielen

Den Abschluss des Projektes bildet die Control-Phase, im Rahmen derer die Maßnahmen auf ihre Wirksamkeit überprüft werden. Hier wird entschieden, ob das Verbesserungsziel erreicht wurde [Gamweger 2015].

Die Verifikation der erhaltenen Ergebnisse lässt sich am besten mithilfe von Praxisbeispielen durchführen. Um die Anwendungsbreite der innovativen Methodik zu prüfen, werden dazu Beispiele gewählt, welche aus unterschiedlichen Unternehmensbereichen stammen. Ziel ist es, Aussagen über die allgemeine Anwendbarkeit treffen zu können. Dazu werden im Folgenden drei abgeschlossene Six Sigma-Projekte eines renommierten Technologiekonzerns aus verschiedenen Unternehmensbereichen herangezogen und auf Anwendbarkeit der um TRIZ erweiterten Toolbox geprüft.

Beispiel 1: Der klassische DMAIC in der Produktion – Technischer Prozess

Aufgabe dieses Six Sigma-Projektes war die Senkung der Erstausfallrate (größtenteils verursacht durch Pseudofehler) bei der Komponentenprüfung von 15% (jährlicher Mehrkostenaufwand von 15.000€) auf $\leq 7,5\%$.

Die Werkzeuge des DMAIC wurden für den Vorgang der Problemlösung umfangreich angewendet. Innerhalb der Measure- und Analyze-Phase konnte die Ursache des Problems auf den Verschleiß der Prüfnadel (verursacht durch den Verschmutzungsgrad) zurückgeführt werden. Als Verbesserungsmaßnahme wurde der regelmäßige Austausch der Prüfnadel veranlasst. Die Erstausfallrate konnte dadurch halbiert, also ein Prozentsatz von 7,5% erreicht werden.

Mithilfe der klassischen Vorgehensweise wurden zunächst die notwendigen Messdaten und durch die statistischen Methoden die tatsächlichen Problemursachen eindeutig ermittelt. In der Improve-Phase wurden anschließend relativ trivial

die Lösungsmaßnahmen erarbeitet, wodurch schließlich eine Verbesserung erreicht wurde.

Die zusätzliche Anwendung der aus der TRIZ stammenden Funktionsanalyse hätte die Betrachtung weg vom Prozess (in der Prozessanalyse) in Richtung des zu betrachtenden Objektes gelenkt. So wäre die Fokussierung auf die einzelnen Funktionselemente deutlicher geworden und letztendlich hätte die Ursache schneller dem problemverursachenden Element zugeordnet werden können. Allerdings hätte die Anwendung der Funktionsanalyse in Bezug auf dieses Beispiel keinen Mehrwert (hier: bessere Ergebnisse = Erstausfallrate < 7,5%) für die Lösung bedeutet. Es wäre sogar einen unnötiger Zeitaufwand entstanden, da die Anwendung der Funktionsanalyse komplexerer Natur ist und einen TRIZ-Experten benötigt hätte, welcher das Coaching der Analysetechnik übernimmt.

Als weitaus erfolgreicher würde sich hier die Integration der **VOE** zeigen. Bei einem klassischen DMAIC-Projekt wird meist erst nach der Durchführung der Analysetechniken in der Measure-Phase deutlich, in welche Richtung die Projektstrategie ausgelegt werden soll. Auch im Falle des aufgeführten Beispiels wurde erst in der Measure-Phase deutlich, dass die Ursache für die Ausfallrate in der Komponentenprüfung auf die Prüfnadel zurückzuführen ist. Wenn bereits zu Beginn des Projektes die Befragung der Experten auf dem Gebiet durchgeführt worden wäre, hätte sich unmittelbar ein Hinweis auf die Problematik der Prüfnadel ergeben. Dadurch hätte die Projektstrategie bereits in der Define-Phase den weiteren Verlauf der DMAIC-Vorgehensweise bestimmen können. So wären zu Beginn des Projektes einige Irrwege verhindert worden und die Projektdurchlaufzeit von 8 Monaten hätte um circa 1 Monat gekürzt werden können.

Auch die Anwendung des **Prinzips der Idealität** bedeutet für ein klassisches DMAIC-Projekt wie dieses einen deutlichen Mehrwert. Gerade in der Control-Phase kann es dabei helfen, vorhandene Ressourcen intelligent zu nutzen. Bestehende Reporting- und Kontrollfunktionen aus anderen erfolgreich abgeschlossenen Projekten können auf das aktuelle Projekt übertragen werden. Demnach müssten keine weiteren Kontrollfunktionen generiert werden und ein zusätzlicher zeitlicher Mehraufwand von bis zu 4 Projektwochen würde eingespart.

Zusammenfassend beweisen die Erkenntnisse, dass zahlen- und faktenbasierte Projekte nach wie vor am effektivsten mit den klassischen DMAIC-Werkzeugen

durchgeführt werden können. Zusätzlich optimiert die Integration der VOE aufgrund der unterstützenden Wirkung auf die Projektstrategie die Moderations- und Kommunikationsstärke zwischen den Beteiligten. Auch durch die Berücksichtigung des Idealitätsgedanken während des gesamten Projektes kann die Lösungsfindung anschaulicher und schneller gestaltet werden. Eine Konzentration auf die tatsächlich zielführenden, relevanten Lösungsmöglichkeiten entsteht und Unklarheiten sowie zeitraubende Irrwege werden automatisch eingegrenzt, womit eine deutliche Einsparung der Projektzeit von etwa 2 Monaten entsteht.

Beispiel 2: Der klassische DMAIC für Dienstleistungen – Logistik

Das Ziel des Six Sigma-Projektes aus dem Bereich der Logistik war die Reduzierung der Überlastung (110% Arbeitslast) in der Warenannahme. Als Hauptgrund für die Überlastung wurde die fehlende Koordination der zuständigen Dienstleister (Spediteure) für die Anlieferungen festgestellt. Ziel der Aufgabenstellung war eine Reduzierung der Arbeitslast auf ein Mittel zwischen 80-100%, um vor allem eine Entlastung des 3-Schicht-Betriebs (speziell bezogen auf die Frühschicht) zu erreichen.

Alle Phasen des DMAIC wurden zur Lösungsfindung und -umsetzung routiniert durchlaufen und die entsprechenden Six Sigma-Werkzeuge zielorientiert angewendet. Als Verbesserungsmaßnahme wurde schließlich nach 8 monatiger Projektzeit die Betreuung der Spediteure zur besseren Koordination der Anlieferungen umgesetzt. Das Ziel einer ausgeglichenen Arbeitsauslastung von 95% wurde erreicht, wodurch vor allem die Frühschicht entlastet werden konnte.

Auch in diesem Beispiel wäre die Einbindung des **Prinzips der Idealität** und der **VOE** sinnvoll. Aus den gleichen Gründen wie auch beim ersten Beispiel kann dadurch die Entwicklung einer Projektstrategie effektiv unterstützt werden und für die Zielerreichung unnötig angewendete Analysen werden vermieden. Die Projektdurchlaufzeit würde sich um circa 1,5 Monate verkürzen.

Durch die Integration der Problemformulierung in die Define-Phase wäre die Be trachtung der Ist-Situation tiefgründiger gewesen und Kernursachen für das Problem hätten sich deutlich herauskristallisiert. Da die Problematik in dem vorliegenden Beispiel jedoch weniger komplex und unklar war und sich die Ursachen auch ohne diese zusätzliche Analyse schnell und eindeutig identifizieren ließen, hätte das Zusatztool der Problemformulierung Zeit beansprucht ohne die Endergebnisse

dadurch zu beeinflussen. Die Anwendung der Problemformulierung ist bezogen auf logistische Prozesse somit eher für Projekte mit komplexeren Thematiken geeignet.

In der Improve-Phase hätten einige TRIZ-Tools zur Förderung der Kreativität bezüglich der Lösungsvorschläge eine positive Auswirkung auf den Projektaufwand und das -ergebnis gehabt. Das **problemorientierte 9-Felder-Denken** kann beispielsweise effektiv dazu beitragen den Blickwinkel auf die Lieferkette zu erweitern. Das Projektteam wäre zu einer qualitativ durchdachteren Erkenntnis gekommen, wie die Umsetzung der Spediteure-Betreuung zu gestalten ist. Weitere deutliche Zeiteinsparungen von circa 2 Projektmonaten und strukturiertere und hochwertigere Lösungen würden das Ergebnis prägen. Der neue Lösungsansatz würde die Arbeitslast letztendlich sogar auf mindestens 90% anstatt auf 95% reduzieren können.

Logistisch ausgelegte Six Sigma-Projekte profitieren somit nicht nur von der Anwendung des Prinzips der Idealität und der VOE, sondern vor allem auch in der Improve-Phase von den ideenfördernden Tools.

Beispiel 3: Die Optimierung mit DMAIC im Produktdesign - Produkt

Das dritte Projektbeispiel thematisiert folgendes Problem: Erhöhte Feldausfälle des integrierten Motorsensor-Moduls durch Abrisse des Controller-Chips in der Gewährleistungszeit. Erste Indikatoren wiesen dabei bereits auf eine Ermüdung der Lotverbindung hin. Laborversuche bestätigten, dass die mittlere Lebensdauer beim beschleunigten Temperaturtest nur 500 Zyklen betrug.

Ziel war es, die Lebensdauer des Moduls zu erhöhen, sodass nur maximal 10% der Module nach 1000 Zyklen ausfallen. Als Lösung des Projektes konnte die Lebensdauer durch Unterfüllen zweier zuvor aufeinander liegender Elemente des Moduls erhöht und somit das Ziel von einer maximalen Ausfallrate von 10% erreicht werden. Die Zielerreichung konnte durch seriennahe Prototypen innerhalb von 6 Monaten bestätigt werden.

Dieses Projekt basiert bereits auf dem Ansatz, TRIZ-Tools in Six Sigma zu integrieren, um eine effizientere Lösungsfindung zu erreichen. Da zu dem Zeitpunkt des Projektes die systematische Erarbeitung des erweiterten Werkzeugkastens noch nicht vorlag, basiert die Auswahl der hier angewendeten TRIZ-Werkzeuge auf der Intuition und den Erfahrungen des Projektteams. Die Ergebnisse dieses

Projektes belegen dabei, dass TRIZ-Anwendungen innerhalb eines Six Sigma-Projektes einen deutlichen Mehrwert (bezogen auf: Zeit, Kosten, Qualität) bedeuten. Vor allem dadurch, dass bei der Problemlösung und Erfüllung des Projektziels auf die Entwicklung eines aufwendigen Messsystems verzichtet werden konnte, haben sich positive Effekte in Bezug auf die Laufzeit und Kosten des Projektes ergeben.

In der Measure-Phase trug die Anwendung des sogenannten Fehlerbaums dazu bei schnell und verständlich die potentiellen Ursachen für das Problem zu ermitteln. Auch die Flussanalyse, welche die Untersuchung aller Material-, Energie- oder ähnlicher Flüsse berücksichtigt, hat im besagten Prozess einen deutlichen Nutzen. Bereits zu diesem Zeitpunkt konnten erste Weiterentwicklungspotentiale bezüglich der Produktqualität aufgezeigt werden. Durch die Anwendung der Funktionsanalyse in der Measure-/Analyze-Phase wurden die schädlichen und zu eliminierenden Funktionen erkannt. In der Improve-Phase half darauf aufbauend die Funktionsorientierte Suche (FOS) bei der Ermittlung von Lösungsansätzen. Durch die Untersuchung auf technische Widersprüche, mithilfe der 40 innovativen Prinzipien, der anschließenden Stoff-Feld-Analyse und den 76 Standardlösungen waren erste Ansätze zur Lösungsfindung schnell gefunden. Der morphologische Kasten unterstützte die systematische Generierung von Lösungsansätzen. Durch Abwägen der Vor- und Nachteile der jeweiligen Ansätze und unter Berücksichtigung der allgemeinen Anforderungen konnten zwei konkrete Lösungen entwickelt werden. Nachdem mithilfe einer DOE und einer Lebensdaueranalyse das geeignete Underfill-Material ausgewählt werden konnte, wurde die Verbesserungsmaßnahme erfolgreich umgesetzt.

Unter Berücksichtigung der strategischen Erarbeitung der Six Sigma^{+TRIZ}-Methodik stellt auch in diesem Beispiel die **VOE** einen zusätzlichen Nutzen dar. Noch in der Define-Phase hilft die Befragung der Experten dabei, die Projektstrategie festzulegen. Der Vorgang der Measure-Phase kann sich dadurch auf die Expertenmeinung fokussieren, wodurch die Aufdeckung der potentiellen Ursachen auch mit weniger Analysen und somit weniger Zeitaufwand stattfinden kann. Für die zeitnahe Zielerreichung innerhalb von 6 Monaten wäre allein durch die VOE eine zusätzliche Einsparung der Projektdurchlaufzeit von mindestens 1 Monat möglich gewesen.

Das Beispiel belegt die Werthaltigkeit der Erweiterung der klassischen Six Sigma-Toolbox um TRIZ-Werkzeuge und zeigt, dass die Erfüllung der Projektziele ohne Mehraufwand sondern sogar mit Senkung von Kosten und Laufzeit gesichert wird.

Schlussfolgerung

Die Anwendung des erweiterten Werkzeugkastens ist keinesfalls auf einen bestimmten Bereich limitiert.

Deutlich wird, dass vor allem das **Produktdesign** von dieser innovativen Problemlösungstechnik profitiert. Oft liegen keine oder nur wenige Daten zu produktbezogenen Problemstellungen vor, weshalb sich die meisten statistischen Werkzeuge nicht nutzen lassen. Bezogen auf den Diagnoseraum bedeutet diese Tatsache, dass die Datentür nicht betreten werden kann. Stattdessen stellt die Funktionstür eine alternative Vorgehensweise dar. Beispielsweise kann die Anwendung der Funktionsanalyse eine physikalische und mechanische Betrachtung in das Projekt miteinbeziehen. Deutlich wird das neben der Prozesswelt die Designwelt des TRIZ dadurch immer mehr in den Fokus rückt.

Auch für den **Dienstleistungssektor** beziehungsweise für logistische Prozesse kann sich die Six Sigma^{+TRIZ}-Methodik als nützlich erweisen. Es liegen zwar Daten vor, welche analysiert werden können und sollten, allerdings lassen die dadurch erhaltenen Erkenntnisse noch viel Spielraum für die Ermittlung der tatsächlichen Ursachen. Für im Dienstleistungssektor anfallende Probleme kann mithilfe von TRIZ in der Improve-Phase eine umfangreiche Sammlung von Lösungsalternativen entwickelt und die Qualität der Lösungen somit optimiert werden.

Der **Produktionssektor** erfährt den geringsten Nutzen durch diese um TRIZ bereicherte Six Sigma-Vorgehensweise. Da Fertigungs- und Applikationsabläufe meist den Hebel zur Verbesserung darstellen, bilden sowohl Messdaten als auch Systemeinstellungen die Basis der Lösungserarbeitung. Die zu ergreifenden Maßnahmen zur Problemlösung sind durch die analytischen Werkzeuge der Six Sigma-Methode meist eindeutig. Kreative Werkzeuge werden dadurch größtenteils überflüssig und würden keinen Mehrwert bedeuten.

Insgesamt zeigt die Verifikation, dass durch den Einsatz der Six Sigma^{+TRIZ}-Methodik bis zu ein Drittel der Projektdurchlaufzeit eingespart und die Qualität der Lösungen verbessert werden kann, wodurch ein deutlicher Profit gegeben ist.

Empfehlungen für alle Anwendungsbereiche

Für Six Sigma-Projekte aus verschiedenen Unternehmensbereichen erweisen sich generell drei neue Werkzeuge als besonders profitabel. Die **VOE**, das **9-Felder-Denken** und das **Prinzip der Idealität** lassen sich optimal für Verbesserungsprojekte anwenden. Vor allem die Gestaltung der Projektstrategie kann von diesen Tools profitieren. Direkt zu Beginn eines Projektes können erste Annahmen über potentielle Ursachen getroffen werden, wodurch kostbare Zeit bei der Ermittlung und Auswertung der Daten im späteren Projektlauf eingespart wird. Irrwege während des Projektes werden vermieden und ein deutlich zielorientierterer Einsatz von Werkzeugen wird möglich. Eine Berücksichtigung des Idealitätsgedankens während des gesamten Projektes hilft dabei vorhandene Ressourcen durch Modifikation weiter zu nutzen und die Lösungsfindung so weniger komplex und vielmehr anschaulicher zu strukturieren. Eine Verkürzung der Projektlaufzeit von mindestens einem Monat ist die Folge, wodurch automatisch auch die Projektkosten deutlich eingespart werden.

Durch den Einsatz von **TRIZ in der Improve-Phase** würden vor allem komplexere Projekte profitieren und die Qualität der Lösungen gesteigert werden. Beispielsweise ermöglicht die Betrachtung der technischen und physikalischen Elemente eines zu optimierenden Produktes mithilfe der technischen und physikalischen Widersprüche und der 76 Standardlösungen die Generierung eines wertvollen Inputs zur Lösungsfindung. Vor allem die Anwendung eines Brainstormings oder der Methode 6-3-5 könnte von diesem Input profitieren.

Ein besonderes Augenmerk bei der Entscheidung für das um TRIZ erweiterte Six Sigma sollte auf die Differenzen zwischen **inkrementellen und disruptiven Aufgabenstellungen** gelegt werden. Bei inkrementellen beziehungsweise evolutionären Verbesserungsprojekten (Verbesserungen von bestehenden Produkten/Prozessen) bewährt sich nach wie vor eher die Anwendung des klassischen DMAIC. Sind die Aufgabenstellungen allerdings eher disruptiv (Erschaffen neuartiger Produkte/Prozesse) ausgerichtet, müssen prinzipiell neue Einstellungen am Prozess vorgenommen werden. Hier können mithilfe von Six Sigma^{+TRIZ} deutliche Vorteile hinsichtlich der Geschwindigkeit und der Qualität der Lösungen entstehen.

Monitoring – Kontrollplan

Um die Stetigkeit der eingeführten Six Sigma^{+TRIZ}-Methodik zu gewährleisten und die Anwendbarkeit des neuen Werkzeugkastens nachhaltig zu sichern, ist es wichtig, eine **Kontrollstrategie** einzuführen [Back 2014; Schnurr 2016]. Die Strategie soll zukünftig dazu dienen, die neue Qualitätsmanagementmethode zu verankern und kontinuierlich zu überwachen. Sie definiert, auf welche Art und Weise der unternehmensweite Erfolg und die Etablierung der Methodik dauerhaft garantiert werden können. Mit ihr soll eine von den Praktikern allgemeingültige Akzeptanz angestrebt werden. Der Kontrollplan dient dem Programmmanagement (= führenden Master Black Belts) als Empfehlung für die in bestimmten Zeitabständen zu überprüfenden Kriterien.

Rückschlüsse über die Anwendbarkeit und Umsetzung der neuen Methodik können am wirksamsten mithilfe von Informationen über die Vorgehensweisen und die Ergebnisse abgeschlossener und noch nicht abgeschlossener Projekte durch Feedback aus erster Hand (Befragungen der Praktiker) gezogen werden. Dementsprechend wurde vom Projektteam die Effektivität des neuen Werkzeugkastens als zu kontrollierendes Kriterium festgelegt. Anhand dessen soll untersucht werden, welche Tools die ausgebildeten Anwender tatsächlich nutzen und ob optimale Ergebnisse damit erreicht werden konnten.

Zur Kontrolle sollten (laufende und abgeschlossene) Projekte stichprobenartig ausgewählt und auf Anwendung der TRIZ-Tools und deren Ergebnisse analysiert werden. Aufgrund verschiedener Unternehmensbranchen und -strukturen sowie der sich dadurch differenzierenden Anzahl an Verbesserungsprojekten kann für die Stichprobengröße keine allgemeingültige Zahl festgelegt werden. Die führenden Master Black Belts sollten eine, abgestimmt auf die Relevanz und den Umfang an Projekten, sinnvoll erscheinende Anzahl an Stichproben bestimmen und regelmäßig halbjährlich eine Kontrolle durchführen.

Sobald eine nicht zufriedenstellende Effektivität des Werkzeugkastens und die dazu beitragenden Ursachen identifiziert werden, müssen Gegenmaßnahmen ergriffen werden, welche zu optimierenden Anpassungen führen. Nur so kann die Methode immer aktuell gehalten und auf die Anforderungen der Praktiker abgestimmt werden.

Der Kontrollvorgang inklusive der möglichen Anpassungsmaßnahmen lässt sich ideal als Kreislauf darstellen (Abb. 3.15). Vor allem aufgrund der sich ständig verändernden Marktbedingungen wandeln sich stets auch die Anforderungen der Praktiker von Verbesserungstechnologien, weshalb die Kontinuität der Kontrolle sichergestellt werden sollte. Um die innovative Methode effektiv zu regeln und konsequent zielorientiert mit einem Minimum an Veränderungen aktuell zu halten, ist die regelmäßige Prüfung ihrer Qualität notwendig.



Abb. 3.15: Der Kreislauf der Kontrollstrategie

Projektabchluss

Abschließend wurden innerhalb eines letzten Meetings die geplanten und umgesetzten Ergebnisse vom Projektteam strukturiert gegenübergestellt. So konnten die Erfahrungen aus dem Projekt übersichtlich zusammengefasst und bewertet werden [Wappis 2013].

Die Gegenüberstellung zeigt, dass die angestrebte Projektzielsetzung erreicht wurde, da die Anzahl an kreativen Werkzeugen innerhalb des Werkzeugkastens des DMAIC-Zyklus durch die systematische Integration von nützlichen TRIZ-Tools bis Projektende soweit gesteigert werden konnte, dass jede Phase des DMAIC davon profitiert (Abb. 3.11). Eine Steigerung der Primärmessgröße von 20% auf 100% hat somit stattgefunden.

Neben diesem messbaren Projekterfolg steigt vor allem der Kundennutzen in Bezug auf die Projektergebnisse. Die Anwender der Six Sigma-Methodik haben durch die Erweiterung mit TRIZ-Werkzeugen die Möglichkeit Projekte erfolgreicher (bessere Erfüllung der Kundenanforderungen) abzuschließen. Zum einen kann die Durchlaufzeit von Projekten bis zu ein Drittel reduziert und zum anderen der Umfang an Lösungsmöglichkeiten deutlich erweitert werden. Durch eine weniger statistische sondern kreativere Vorgehensweise können vollkommen neue Lösungsalternativen aufgedeckt und damit die Qualität des Projekterfolges positiv beeinflusst werden. Neben der Erfüllung der im Project Charter festgelegten Ziele sind zudem während des weiteren Verlaufes des DMAIC-Kreislaufes neue Erkenntnisse aufgetreten, welche die angestrebten Ergebnisse positiv beeinflussen. Gemeint ist die Entwicklung der VOE, bei der es um die Befragung von Experten zu der Projektproblematik geht und welche die Bestimmung der Projektstrategie direkt zu Beginn der Define-Phase ermöglicht.

Insgesamt setzt sich der Kundennutzen aus der Erfüllung der gestellten Anforderungen zu Projektbeginn (VOE/KANO-Modell) zusammen. Um diesen Nutzen zum Ende des Projektes ganzheitlich bewerten zu können dient die nachstehende Tabelle (Tab. 3.14).

Die Gegenüberstellung zeigt, dass alle Anforderungen des KANO-Modells bis auf die Erweiterung der Anwendungsbereiche zu 100% erfüllt werden konnten.

Tab. 3.14: Erfüllung der Kundenanforderungen zu Projektende

Abstufung der Anforderung	Spezifische Anforderung (aus dem KANO-Modell) - Projektbeginn	Erfüllung - Projektende
Basis-anforderungen	DMAIC-Struktur bleibt erhalten	✓
	Erhaltung der Anwendbarkeit für bestehende Produkte und Prozesse	✓
	Nutzung der Synergieeffekte zwischen Six Sigma und TRIZ	✓
	Orientierung an den Richtlinien des ESSC-D (Vermittlungstiefe nach Belt-Abstufungen)	✓
Leistungs-anforderungen	Nach Möglichkeit: Integration von TRIZ-Methoden in die einzelnen Phasen des DMAIC	✓
	Wenn sinnvoll: Ersetzen bestehender Werkzeuge durch TRIZ-Werkzeuge	✓
	Höhere Anzahl an Lösungsmöglichkeiten	✓
	Erweiterung der Anwendungsbereiche auf einer neuen kreativen Ebene	Aktuell nicht bewertbar.
	Positiver Einfluss auf: Qualität, Zeit, Kosten	✓
Begeisterungs-anforderungen	Zusätzliche Einbindung von Werkzeugen über den Umfang des aktuellen TRIZ-Werkzeugkastens hinaus	✓
	Keine/Minimale Steigerung des Schulungsaufwandes	✓

Tab. 3.15 fasst abschließend die Ergebnisse des Projektes in Form einer Gegenüberstellung der Ist-Situation zu Projektbeginn und zu Projektende zusammen.

Tab. 3.15: Gegenüberstellung des Ist-Zustandes von Projektbeginn zu Projektende

Projektbeginn: klass. Six Sigma	Projektende: Six Sigma ^{+TRIZ}
Klassische Six Sigma-Methode.	Um TRIZ erweiterte Six Sigma-Methode.
TRIZ-Tools sind zu 20% in den DMAIC-Werkzeugkasten integriert (Improve-Phase).	TRIZ-Tools sind zu 100% in den DMAIC-Werkzeugkasten integriert (in jeder Phase des DMAIC).
Formalistische, statistische und datenfokussierte Vorgehensweise.	Bestehende Vorgehensweise um kreative Ansätze erweitert.
Schulungsaufwand: circa 10 Tage.	Schulungsaufwand: circa 10 + ca. 2 Tage.
Eingeschränkte beziehungsweise datenfokussierte Anzahl an Lösungsmöglichkeiten.	Erweiterte Anzahl an Lösungsmöglichkeiten aufgrund kreativer Tools in der Improve-Phase.
Projektstrategie wird meist erst am Ende der Measure-Phase ersichtlich. <ul style="list-style-type: none"> • Irrwege führen zu erhöhtem Aufwand (Zeit, Kosten, Qualität). 	Effektivere Kommunikation der Projektstrategie unmittelbar in der Define-Phase. <ul style="list-style-type: none"> • Zielorientiertere Vorgehensweise möglich.
VOC zur Identifikation der Kundenanforderungen. <ul style="list-style-type: none"> • Ergebnisse helfen bei der Aufstellung der Verbesserungsansätze. 	Unterstützung der VOC durch die VOE . <ul style="list-style-type: none"> • Befragung externer/interner Berater nach Einschränkungen und Chancen eines Prozesses. • Ermittlung weiterer technischer und fachspezifischer Erkenntnisse zu einem Prozess.
Keine Differenzierung hinsichtlich der Vorgehensweise.	Differenzierung zwischen inkrementeller und disruptiver Vorgehensweisen.
Diagnoseraum: Kultur-, Daten- und Prozesstür.	Diagnoseraum: Kultur-, Daten-, Prozesstür und Funktionstür.

Vor der Auflösung des Projektteams wurden innerhalb der „Lessons Learned“ die individuellen Erfahrungen und Erkenntnisse zum Projekt reflektiert, sodass potentielle Lernchancen für spätere Projekte effektiv genutzt werden können. Es sollte sichergestellt werden, dass die gemachten Erfahrungen auch für andere Bereiche nutzbar und übertragbar sind [Wappis 2013].

Die Zusammenfassung der Lessons Learned wird im folgenden Kapitel (Kap. 3.3) als Fazit zur eigenen Lösung beschrieben.

3.3 Fazit der eigenen Lösung – Lessons Learned

Die Erarbeitung des um TRIZ erweiterten DMAIC-Werkzeugkastens in Form eines Six Sigma Green Belt-Projektes hat sich als optimale methodische Vorgehensweise für die Aufgabenstellung erwiesen.

Die einzelnen Projektphasen wurden problemlos durchlaufen und schließlich ein ideales Ergebnis in Bezug auf die Zielstellung erreicht. Anders als bei messdatenbasierenden Problemstellungen war diese inhaltliche Problematik weniger mit statistischen Werkzeugen zu lösen. Vielmehr wurde Wert auf die ermittelten Anforderungen der VOE gelegt, welche die Projektstrategie direkt zu Beginn des Projektes definierten. Die Define-Phase wurde demnach optimal durch die VOE unterstützt.

Die Measure-Phase bestand in erster Linie aus der Analyse der TRIZ-Methoden mithilfe einer C&E-Matrix. Es konnte eine erste Einschätzung darüber gemacht werden, welche der potentiellen TRIZ-Tools einen Einfluss auf die jeweiligen Outputs der einzelnen DMAIC-Phasen ausüben können.

Innerhalb der Analyse-Phase wurden darauf aufbauend die zuvor gefilterten Tools mittels einer Entscheidungsmatrix bewertet, wodurch die Relevanz der einzelnen Tools weiter analysiert werden konnte. Eine Priorisierungsliste rundete das Ergebnis dieser Phase ab.

Damit wurde die Improve-Phase eingeleitet. Es konnte mit den bis dahin vorliegenden Ergebnissen der erweiterte Werkzeugkasten problemlos und eindeutig beschrieben werden, welcher in Zukunft als Orientierungshilfe für zukünftige Six Sigma^{+TRIZ}-Projekte dienen soll. Der morphologische Kasten ermöglichte daraufhin die Ermittlung der besten Maßnahme für die Schulungsumsetzung der innovativen Six Sigma-Methode. Eine Risikobeurteilung half dabei, die potentiellen Schwachstellen bei der anschließenden Anwendung der neuen Methodik in der Praxis unter Aufsicht eines Coaches aufzudecken, wodurch Vorbeugungsmaßnahmen entwickelt werden konnten. Am Ende der Improve-Phase wurden die theoretischen Ergebnisse innerhalb einer Lösungspilotierung erprobt.

Die Control-Phase behandelte schließlich die Verifikation der erhaltenen Ergebnisse anhand einiger Praxisbeispiele. Der Erfolg der erarbeiteten, weiterentwickel-

ten Six Sigma-Methodik bezogen auf die VOE konnte belegt werden. Ein Kontrollplan zur Sicherung der Nachhaltigkeit der Six Sigma^{+TRIZ}-Methode rundete den Projekterfolg ab. In einem letzten Teammeeting konnten die umgesetzten Ergebnisse bewertet und das Projekt letztlich als erfolgreich abgeschlossen werden.

Die methodische Vorgehensweise hat zu wissenschaftlich und analytisch belegten, zielführenden Ergebnissen geführt. Wie die Lösungspilotierung des Projektes zeigt, hätte lediglich die Anwendung einiger der integrierbaren TRIZ-Tools einen weiteren positiven Effekt auf das Projekt ausgeübt. Der hiermit gemeinte positive Effekt bezieht sich auf die Geschwindigkeit der Auslegung der Projektstrategie und somit auf die Durchlaufzeit des Projektes. Die Qualität der Lösung dieser Masterarbeit hat unter der Anwendung der reinen Six Sigma-Methodik keine Einschränkungen erfahren. Zudem konnten durch die Unterstützung von Experten innerhalb des Projektteams viele wertvolle Erfahrungswerte in das Projekt einfließen, wodurch die Zielerreichung ohne Umwege vorangetrieben wurde.

3.4 Erkenntnisse der eigenen Lösung

Jede Lösung weist in irgendeinem Punkt noch Verbesserungspotentiale auf. Dementsprechend wird die vorliegende Arbeit auch in Bezug auf solche möglichen Potentiale genauer betrachtet.

Eine erkannte Schwachstelle dieser Methodenerweiterung kann dem Schulungsaufwand zugewiesen werden. Die Erweiterung des bestehenden Werkzeugkastens um Tools aus der TRIZ-Systematik verlangt natürlich unvermeidbar auch das Erlernen dessen Anwendung und eine anschließende Interpretation der Ergebnisse. Der Umfang an theoretischer Wissensaneignung steigt, wodurch auch mehr Zeit in die Schulung der Methodik gesteckt werden muss. Neben Six Sigma-Experten werden nun auch TRIZ-Experten benötigt, um die Ausbildung und das anschließende Coaching der innovativen Problemlösungssystematik qualitativ hochwertig durchführen zu können. Die Schulung wird also nicht nur bezogen auf die Vermittlungstiefe, sondern auch in Bezug auf die notwendigen Ressourcen (Trainer und Coach) umfangreicher.

Allerdings ist der Mehrwert für die dadurch möglich werdenden Ergebnisse späterer Six Sigma^{+TRIZ}-Projekte so hoch, dass sich der Zeitaufwand der Schulung für die anschließende Anwendung der Methodik als durchaus lohnenswert erweist.

Zudem bestehen aktuell auch keine allgemeingültigen Ausbildungsstandards für die Vermittlung der Six Sigma^{+TRIZ}-Schulung. Durch die Ausrichtung an den bekannten Richtlinien des ESSC-D ist aber bereits ein erster Ansatz gegeben, welcher als Orientierung für die Schulungsform, -inhalte und die Form der Vermittlung dienen wird.

Werden die ermittelten Ergebnisse dieser Masterarbeit, bezogen auf den erweiterten Werkzeugkasten und dessen Anwendung, in der unternehmerischen Praxis betrachtet, wird vor allem der hohe Mehrwert des Prinzips der Idealität und der VOE für die gesamte Anwendungsbreite der Six Sigma-Methodik deutlich. Vor allem bezogen auf eine zeitnahe und eindeutige Entwicklung einer Projektstrategie zeigen sich positive Effekte. Die Anwendung der beiden Tools beeinflusst die Laufzeit der jeweiligen Projekte und dadurch auch die anfallenden Projektkosten, da insbesondere die Kommunikation und das Coaching von ihnen profitieren.

Folglich sollte branchenübergreifend bei der Durchführung von Verbesserungsprojekten auf eine Anwendung der VOE und des Prinzips der Idealität geachtet werden. Auch die kreativen Tools zur Ideenförderung wie beispielsweise das problemorientierte 9-Felder-Denken stellen ideale Werkzeuge dar, um die Improve-Phase vor allem bei komplexeren Projekten zu unterstützen. Darüber hinaus hilft die Funktionsanalyse zu neuen Möglichkeiten innerhalb des Problemlösungsprozesses. Wenn keine oder nur wenige Daten vorliegen, wie beispielsweise bei Produktdesign-Projekten, kann bezogen auf den Diagnoseraum anstelle der Datentür die Funktionstür betreten werden. Aufwändige Messverfahren können durch Werkzeuge wie die Funktionsanalyse ersetzt werden. Somit kann ein enormer Zeitaufwand gespart und hochwertigere Ergebnisse erzielt werden.

Durch die Weiterentwicklung mit TRIZ entstehen demnach viele Vorteile, welche vor allem der niedrigen Transparenz und der hohen Komplexität der etablierten DMAIC-Vorgehensweise entgegen wirken können.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Ziel dieser Masterarbeit war die systematische Untersuchung und Erarbeitung einer Integration verschiedener und als mehrwertbringend identifizierter TRIZ-Werkzeuge in die einzelnen Phasen des DMAIC-Zyklus.

Zusammenfassung

Die Analyse des Stands der Technik hat gezeigt, dass Six Sigma in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen hat und weltweit als Standardverfahren für prozess- und produktbezogene Verbesserungsprojekte verstanden wird. Mithilfe des DMAIC-Kreislaufes und dem bestehenden Werkzeugkasten können die Projekte kontinuierlich und konsequent durchlaufen werden und führen in den meisten Fällen zu erfolgreichen Ergebnissen.

Die immer globaler werdenden Marktbedingungen fordern innovatives Denken und Handeln der Unternehmen, sodass sie sich mit ihren Produkten und verbesserten Prozessen von ihren Konkurrenten abheben und ihre Wettbewerbsfähigkeit erhalten können. Durch eine meist sehr datenfokussierte Durchführung von Six Sigma-Projekten wird automatisch die Anzahl potentieller Lösungsmöglichkeiten eingeschränkt. Das hat zur Folge, dass Unternehmen ihr Potential auf dem Markt zu bestehen nicht in vollem Umfang ausschöpfen können.

Eine Weiterentwicklung von Six Sigma mit der erfolgreichen und innovativen Problemlösungstechnik TRIZ erwies sich als ideale Möglichkeit, damit Unternehmen den aktuellen Marktbedingungen standhalten können. Durch die ähnliche Struktur in der Vorgehensweise von Six Sigma und TRIZ wurde die Kopplung beider Methoden vereinfacht.

Um die Methodenkombination von Six Sigma und TRIZ zu erarbeiten, wurden innerhalb der wissenschaftlichen Analyse die einzelnen TRIZ-Tools auf Eignung einer Integration in den DMAIC-Werkzeugkasten untersucht. Die methodische Vorgehensweise der Analyse beruht dabei auf dem Prinzip „Verbesserung des DMAIC-Werkzeugkasten mithilfe der DMAIC-Vorgehensweise“, weshalb sie sich ideal als Six Sigma Green Belt-Projekt umsetzen ließ und zudem auf den Richtlinien des ESSC-D basiert. Während des gesamten Projektes wurden alle Analysen und die daraus resultierenden Ergebnisse unter Abstimmung mit „Experten“, also

erfahrenen und langjährigen Anwendern von Six Sigma und TRIZ durchgeführt. Diese Anwender zeichnen sich unter anderem durch Zertifizierungen als Senior Master Black Belt oder MATRIZ Level 5 aus. Bei der methodischen Vorgehensweise der Analyse wurden alle Phasen des DMAIC-Zyklus durchlaufen.

In der Define-Phase wurde die Problem- und Zielstellung mithilfe eines Project Charters erarbeitet. Durch die Ergebnisse des SIPOC konnte die Zielgruppe eindeutig bestimmt und deren Anforderungen an Six Sigma mithilfe der VOE ermittelt und strukturiert werden. Als quantifizierbare Anforderung wurde die Steigerung der TRIZ-Werkzeugintegration von 20% (Improve-Phase) auf 100% (jede DMAIC-Phase) festgelegt.

Die Aufgabe in der Measure-Phase bestand darin, die relevanten Einflussfaktoren (26 TRIZ-Tools) für den zuvor festgestellten Verbesserungsansatz zu beschreiben. Die potentiellen TRIZ-Tools, welche auf das Ergebnis der einzelnen Phasen des DMAIC einen relevanten Einfluss ausüben können, wurden mithilfe einer C&E-Matrix ermittelt. So konnten die potentiellen Einflussfaktoren bewertet und auf 17 TRIZ-Tools eingegrenzt werden. Außerdem konnten nach der Matrix-Auswertung in Form von Diagrammen Rückschlüsse auf die Summe des prozentuellen Einflusses auf die einzelnen DMAIC-Phasen gezogen werden. Die Diagramme zeigen, dass vor allem die Improve-Phase mit 34% und die Define-Phase mit 30% für die Integration von TRIZ-Tools geeignet sind. Die Control-Phase mit lediglich 6% weist hingegen auf eine weniger mit den TRIZ-Tools übereinstimmende Zielstellung hin.

Innerhalb der Analyse-Phase fand eine weiterführende Untersuchung der 17 relevanten TRIZ-Tools anhand einer Bewertungsmatrix statt. Diese Matrix ermöglichte es, durch Kriterien wie „%-Einfluss auf den DMAIC-Zyklus“, „%-Übereinstimmung mit bestehenden Tools“ und „%-Erfüllung der allgemeinen Anforderungen (VOE)“ eine detaillierte Priorisierung der einzelnen TRIZ-Werkzeuge vorzunehmen. Es konnte eine weitere Eingrenzung auf 15 Tools vorgenommen werden.

Die Lösung zum erweiterten Werkzeugkasten wird in der Improve-Phase aufgezeigt. Der Aufbau des um TRIZ optimierten Werkzeugkastens zeigt eine Aufnahme von Werkzeugen in jeder Phase des DMAIC. Die in der Define-Phase quantifizierte Anforderung wurde demnach zu diesem Zeitpunkt erfüllt. Vor allem die Improve-Phase verzeichnet einen stark erweiterten Werkzeugumfang (7 TRIZ-

Tools). Zu den aufgenommenen Werkzeugen in den DMAIC zählt unter anderem auch das vollkommen neue Tool „VOE“, welches großes Potential für die effiziente Festlegung einer zielführenden Projektstrategie von Six Sigma-Projekten aufweist.

Da es für die Umsetzung der erweiterten Six Sigma-Methodik nicht reichte, nur den Aufbau des neuen Werkzeugkastens zu kennen, war es notwendig, zusätzlich die Leitlinien für eine erfolgreiche Anwendung in der Praxis festzulegen. Durch die Lösungsgenerierung mit dem morphologischen Kasten und einer anschließenden Entscheidungsmatrix wurde die Art und Weise einer zielführenden Ausbildung zum Six Sigma^{+TRIZ}-Anwender bestimmt. Eine Risikobeurteilung in Bezug auf die Umsetzung des innerhalb der Schulung erlernten Wissens im Projektumfeld wies auf die vorbeugende Maßnahme einer „Coach-Ausbildung“ hin, welche in erster Linie die Kommunikationsfähigkeiten und Methodenkompetenz der Mentoren stärken soll.

Die anschließende Lösungspilotierung erfolgte anhand des vorliegenden Projektes dieser Masterarbeit. Den analytischen Ergebnissen nach zu urteilen, lassen sich auf die inhaltliche Problemstellung mindestens drei der gesamten TRIZ-Tools (die S-Kurven-Analyse, das Prinzip der Idealität und das 9-Felder-Denken) anwenden. Eine transparentere Gestaltung und einfachere Vermittlung der Projektstrategie sind das Ergebnis.

Im Rahmen der Control-Phase fand die Verifikation der Ergebnisse anhand von Praxisbeispielen aus unterschiedlichen Unternehmensbereichen statt. Diese zeigte, dass die Anwendung des erweiterten Werkzeugkastens keinesfalls auf einen bestimmten Bereich limitiert ist. Vor allem die VOE und das Prinzip der Idealität erweisen sich hier als profitabel. Unmittelbar zu Beginn eines Projektes können erste Annahmen über potentielle Ursachen getroffen werden, wodurch kostbare Zeit – bis zu einem Drittel der Projektdurchlaufzeit – bei der Ermittlung und Auswertung der Daten im späteren Projektlauf eingespart wird. So wird ein zielorientierter Einsatz von Werkzeugen möglich.

Durch die Chance mithilfe von TRIZ eine funktionsorientierte, also physikalische und technische Betrachtung neue Sichtweisen auf einen Verbesserungsprozess zu erhalten, erweitert sich der Diagnoseraum mit der Kultur-, Daten- und Prozessstür um die Funktionstür, was vor allem die Measure- und Analyze-Phase bereichert.

Die Improve-Phase profitiert vor allem bei komplexeren Aufgabenstellungen vom Einsatz verschiedener TRIZ-Werkzeuge, welche einen wertvollen Input zur Lösungsfindung generieren. Die, in der Zielsetzung dieser Masterarbeit (Kap. 1.2) beschriebene, Annahme, dass sich die Improve-Phase als der Arbeitsschritt der Ideengenerierung ideal für eine Eingliederung von ideenfördernden TRIZ-Tools eignet, wird somit bestätigt.

Die geringste Weiterentwicklung durch die Umsetzung der neuen Methode erfährt die Control-Phase. Hier kann die Patent-Umgehung der TRIZ angewendet werden, wenn es darum geht, mit den erhaltenen Ergebnissen Konkurrenzpatente legal zu umgehen. So können mit Produkt- oder Prozessinnovationen attraktive Geschäftsfelder besetzt werden.

Die Ergebnisse des Projektes verdeutlichen, dass ein ausschlaggebender Unterschied bei der Herangehensweise von Verbesserungsprojekten hinsichtlich inkrementeller und disruptiver Aufgabenstellungen gemacht werden sollte. Ist ein Projekt eher inkrementell ausgerichtet, bewährt sich nach wie vor die Anwendung des klassischen DMAIC. Disruptiv ausgelegte Projekte erfahren wiederum deutliche Vorteile durch den um TRIZ erweiterten DMAIC hinsichtlich der Geschwindigkeit und der Qualität der Lösungen.

Mithilfe einer Kontrollsleife soll zukünftig alle 6 Monate die Effektivität der Werkzeuge geprüft und bewertet werden. Mithilfe von Stichproben zum Nutzerverhalten lässt sie die Anwendung der Werkzeuge interpretieren. Zur Erhaltung der Anwendbarkeit des Werkzeugkastens kann somit eine kontinuierliche Anpassung an die Anforderungen der Nutzer durchgeführt werden. Eine nachhaltige Sicherung der Ergebnisse wird somit ermöglicht.

Nachdem alle DMAIC-Phasen durchlaufen wurden und die Ergebnisse vorlagen, konnte das Projektteam innerhalb eines finalen Meetings die erhaltenen Ergebnisse reflektieren und das Projekt erfolgreich abschließen.

In dem Kapitel *Fazit zur eigenen Lösung* konnte das Six Sigma Green Belt-Projekt als methodische Vorgehensweise für die Aufgabenstellung der Masterarbeit als optimal bewertet werden, da sie zu wissenschaftlich und analytisch belegten, zielorientierten Ergebnissen geführt hat.

Der Schulungsaufwand hat sich als eine potentielle Schwachstelle der Methodenweiterung herausgestellt. Aufgrund der Tatsache, dass die Ergebnisse eines Six

Sigma^{+TRIZ}-Projektes in Bezug auf Zeit-, Kosten- und Qualitätseinsparungen jedoch einen deutlichen Mehrwert darstellen, erweist sich der Zeitaufwand für die Qualifikation einer anschließenden Anwendung der Methodik als eindeutig lohnenswert. Durch die Ausrichtung der Schulungsgestaltung sowie der Art und Weise der inhaltlichen Vermittlung an den bekannten und akzeptierten Richtlinien des ESSC-D konnte eine seriöse Grundlage für die Etablierung von Six Sigma^{+TRIZ} in der Praxis geschaffen werden.

Abschließend bleibt festzuhalten, dass durch die Weiterentwicklung von Six Sigma mit TRIZ viele Vorteile entstehen, welche vor allem darauf abzielen, der niedrigen Transparenz und der hohen Komplexität der etablierten DMAIC-Vorgehensweise entgegen zu wirken. Die Anwendung von Six Sigma^{+TRIZ} verspricht Verkürzungen der Projektdurchlaufzeit durch zielorientiertere Vorgehensweisen und festgelegte Projektstrategien, Kostenreduktionen und qualitativ hochwertige Ergebnisse.

Ausblick

Die innerhalb dieser Arbeit entwickelte Six Sigma^{+TRIZ}-Methodik liefert einen wesentlichen Beitrag, die Effizienz sowie Effektivität von Six Sigma in der Industrie im Sinne eines systematischen und kreativen Problemlösungsprozesses zu erhöhen. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass sich die innovative Methode durch die kontinuierliche Erhöhung der Akzeptanz auf dem Markt etablieren wird.

Die Basis für eine unternehmensweite Einführung und Anerkennung der Methodik wurde mit den Ergebnissen dieser Masterarbeit geschaffen. Vor allem die Verifikation anhand verschiedener Praxisbeispiele hilft dabei einer anfänglichen Skepsis von Praktikern bezüglich des Anwendungspotentials entgegen zu wirken und die Interessenzahl für diese Methodik zu erhöhen.

Um den Erfolg der entwickelten Six Sigma^{+TRIZ}-Methodik nachhaltig zu sichern, wird zukünftig mit der festgelegten Kontrollstrategie regelmäßig die Effektivität des Werkzeugkastens kontrolliert und bei Nicht-Zufriedenstellung die entsprechende Gegenmaßnahme eingeleitet. Die Sicherung eines nachhaltigen Erfolges des weiterentwickelten Six Sigma ist somit garantiert.

Die Umsetzung einer Six Sigma^{+TRIZ}-Schulung wird anfänglich eine Herausforderung darstellen, da die erarbeiteten Vorgaben zwar den optimalen roten Faden für eine zielführende Herangehensweise der Schulung darstellen, sich jedoch erst in der praktischen Umsetzung weitere bisher nicht bewertete und nicht vorhersehbare

re Einflüsse, wie beispielsweise Verständnisschwächen oder die Auffassungsgeschwindigkeit der Teilnehmer, auf die Durchführung auswirken. Erst durch das Sammeln von Erfahrungswerten kann mit der Zeit ein routinierter Schulungsablauf entstehen, welcher typische, vorher nicht identifizierte Einflüsse berücksichtigen kann.

Obwohl sich die Verantwortungs- und Aufgabenbereiche der verschiedenen Belts unterscheiden und demnach auch die Schulungen voneinander abgegrenzt werden, ist künftig darauf zu achten, für alle Belt-Schulungen gleichermaßen die ausführliche Vermittlung der Werkzeuge „VOE“, „Prinzip der Idealität“ und „9-Felder-Denken“ vorzunehmen. So kann aufgrund des enormen Einflusses dieser Werkzeuge auf die Projektstrategie die gesamte Projektlaufzeit zukünftiger Verbesserungsprojekte positiv beeinflusst werden.

Zudem wird es zukünftig wichtig sein schon innerhalb der Schulung deutlich zu vermitteln, dass bereits beim Aufsetzen eines Verbesserungsprojektes zu ermitteln ist, ob es sich um eine evolutionäre oder disruptive Vorgehensweise handeln wird. Nach dieser Unterscheidung kann schließlich entschieden werden, ob eher die klassische Six Sigma-Methodik zielführend genutzt werden oder verstärkt die TRIZ zum Einsatz kommen sollte.

Werden die Ergebnisse dieser Masterarbeit als grundlegende Anforderungen bei der Etablierung von Six Sigma^{+TRIZ} berücksichtigt, kann mit dieser innovativen Technologie ein wertvoller Beitrag für den unternehmensweiten Erfolg geleistet werden.

5 Anhang

Anhang A: Strukturierung der Expertenanforderungen (für das KANO-Modell)

Ausprägung der Anforderungen an eine Integration von TRIZ-Tools in den DMAIC-Werkzeugkasten?				
Anforderungen		Das begeistert mich	Das sollte den Mehrwert ausmachen	Das ist Grundvoraussetzung/selbstverständlich
1.	Zusätzliche Einbindung von Werkzeugen über den Umfang des aktuellen TRIZ-Werkzeugkastens hinaus	x		
2.	Keine/ Minimale Steigerung des Schulungsaufwandes	x		
3.	DMAIC-Struktur bleibt erhalten			x
4.	Nach Möglichkeit: Integration von TRIZ-Methoden in die einzelnen Phasen des DMAIC		x	
5.	Wenn sinnvoll: Einsetzen bestehender Werkzeuge durch TRIZ-Werkzeuge		x	
6.	Erhaltung der Anwendbarkeit für bestehende Produkte und Prozesse			x
7.	Höhere Anzahl an Lösungsmöglichkeiten		x	
8.	Erweiterung der Anwendungsbereiche auf einer neuen kreativen Ebene		x	
9.	Orientierung an den Richtlinien des ESSC-D			x
10.	Nutzung der Synergieeffekte zwischen Six Sigma und TRIZ			x
11.	Positiver Einfluss auf: Qualität, Zeit, Kosten		x	

[Quelle: Ergebnis des ersten Meetings des Projektteams auf Basis der Informationen zum aktuellen Stand der Technik]

Anhang B1: Übersicht der TRIZ-Tools

- Analyse der potentiellen Einflussfaktoren – Beschreibung der einzelnen TRIZ-Tools

Die messbaren Output-Größen des DMAIC-Phasen und deren Bedeutung:

Define	(y_{Alt})	→ Ist-Situation: Prozess vorher
Measure	(x_1-x_n)	→ Potentielle Einflussfaktoren
Analyze	$(f(x))$	→ Tatsächlichen Einflussfaktoren auf den Prozess
Improve	(y_{Neu})	→ Verbesserter Prozess (Lösung)
Control	(y_{Neu})	→ Nachhaltige Sicherung der Lösung

	Definition	Ziel	Potentieller Einfluss auf die Outputs der DMAIC-Phasen
Innovations-Checkliste	Systematische Analyse der Ausgangssituation und Strukturierung des Problems.	<ul style="list-style-type: none"> • Problemformulierung. • Zielformulierung. • Beschreibung der Gesamtsituation. 	Define
Ressourcen-Checkliste	Alles was einem System zur Verfügung steht und für die Problemlösung genutzt werden kann.	<p>Kostenproblematiken bewältigen.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Kostenintensiver Aufwand wird umgangen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Define • Analyze
Idealität	Dimensionsloser Quotient aus Nutzen und Aufwand (unerwünschten Effekten, Kosten, Probleme,...).	<ul style="list-style-type: none"> • Vereinfachen des Systems. • Problem löst sich mittels vorhandener Ressourcen selbst. 	<ul style="list-style-type: none"> • Define • Analyze • Control
S-Kurven-Analyse	Abschätzung des Weiterentwicklungspotenzials eines technischen Systems oder einer Technologie durch Bestimmung seiner/ihrer derzeitigen Position auf der S-Kurve.	Einordnung des Lebenszyklus-Stadiums/Problems.	<ul style="list-style-type: none"> • Define • Analyze
9-Felder-Denken	Schema zur Analyse eines Systems zur Problemlösung und zur Abschätzung der künftigen Weiterentwicklung.	Hilft dabei die Sichtweise auf ein System zu ändern.	Define

Trends der Technik-evolution	Empirisch beobachtete Richtungen von techn. System-Entwicklungen, welche die natürlichen Übergänge von einem techn. System-Stadium in das nächste beschreiben.	Dient vor allem als Informationsquelle zur Erstellung der S-Kurve.	Analyse
Flussanalyse	<ul style="list-style-type: none"> Analysetool, welches Nachteile in Flüssen von Energie, Material/Stoffen und Informationen in einem techn. System identifiziert. 	Monitoring und Steuerung von Systemen (um Trends und evtl. Probleme frühzeitig zu erkennen).	<ul style="list-style-type: none"> Define Measure Analyze
Funktions-Struktur (= Problemformulierung)	<ul style="list-style-type: none"> Analyse eines Systems und seiner Umgebung mithilfe eines speziellen Ursache-Wirkungsketten-Modells. Erarbeitung eines Problemschaubildes bzgl. der zu bearbeitenden Aufgabenstellung. Entschacheln des Gesamtproblems in mehrere kleinere Probleme. 	<ul style="list-style-type: none"> Vielzahl an Ausarbeitungs-Ansätzen der am besten geeigneten Problemlösung. Neue Erkenntnisse oder zunächst nicht erkennbare Lösungen können entstehen. 	<ul style="list-style-type: none"> Define Measure Analyze
Funktions-analyse	<ul style="list-style-type: none"> Zur Analyse eines Systems bzgl. seiner Komponenten und funktionalen Beziehungen zw. diesen Komponenten. Je nach Zielrichtung wird sie mit untersch. Schwerpunkten aufgestellt. 	Beschreibung eines Modells des bestehenden techn. Systems.	<ul style="list-style-type: none"> Define Measure Analyze
Inkrementelle Ver-besserung	<ul style="list-style-type: none"> Synonym: Inkrementelles Trimmen. Beurteilung der Funktionen bzgl. ihrer Nützlichkeit oder Schädlichkeit. Trennen von schädlichen und nützlichen Funktionen; Bestimmung des Erfüllungsgrads bei nützlichen Funktionen. 	Verbesserungsinnovationen (kleine Verbesserungen bestehender Technologien).	Ausprägung der Funktionsanalyse, daher untergeordnete Vorgehensweise.
Radikale Ver-besserung	<ul style="list-style-type: none"> Synonym: Radikales Trimmen. Funktionen werden getrimmt, die Basisfunktionen ausführen und das führt somit zu einer Veränderung des Arbeitsprinzips. 	Radikale Veränderung der Basisinnovation (Schrittma-chertechnologie).	Ausprägung der Funktionsanalyse, daher untergeordnete Vorgehensweise.

Wert-analytische Betrachtung	<ul style="list-style-type: none"> Vergleich der relativen Funktionalität mit den relativen Kosten von Systemkomponenten. <ul style="list-style-type: none"> ➤ Aus dem Vergleich werden Schlüsse gezogen, welche Strategie mit den einzelnen Komponenten verfolgt werden soll. 	<ul style="list-style-type: none"> Schlüsse über die strategische Ausrichtung der einzelnen Komponenten ziehen. Wertsteigerungsmaßnahmen definieren. 	Ausprägung der Funktionsanalyse, daher untergeordnete Vorgehensweise.
Funktionsraub	<ul style="list-style-type: none"> Supersysteme modellieren und anschließendes Trimming im Supersystem mit dem Ziel neue Features in das System zu integrieren. 	<ul style="list-style-type: none"> Neue Features in ein System einbringen. 	Ausprägung der Funktionsanalyse, daher untergeordnete Vorgehensweise.
Patent-Umgehung	<ul style="list-style-type: none"> Systematisch Umgehungsstrategien entwickeln. Ermöglichen von Produktinnovationen (und u.U. eigene Schutzrechte) mit dem Ergebnis, attraktive Geschäftsfelder als erster zu besetzen. 	<ul style="list-style-type: none"> Innovationslücken finden. Umgehung von Konkurrenzpatenten. 	Control
Trimmen	<p>Eliminieren von einzelnen Komponenten.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Die nützlichen Funktionen der eliminierten Komponenten werden anderen Komponenten des Systems oder seiner Obersysteme neu zugewiesen. 	Erhöhung der Idealität eines technischen Systems.	Ausprägung der Funktionsanalyse, daher untergeordnete Vorgehensweise.
Ursachenanalyse	<ul style="list-style-type: none"> Es werden Ketten aus Ursachen gebildet, welche die Grundursache mit dem Ausgangsproblem verbinden. Starke Ähnlichkeit zum Ishikawa-Diagramm. 	Ermittlung der Grundursache eines analysierten technischen Systems.	Measure
Feature Transfer	Analysetool, dass das Basissystem verbessert, indem relevante Features (Merkmale, Eigenschaften,...) eines alternativen Systems übertragen werden.	Ressourcenerweiterung zur Verbesserung eines techn. Systems.	Improve
Effekte-Datenbank	Datenbank physikalischer, chemischer, geometrischer, biologischer oder anderer Effekte, welche zur Überwindung von Widersprüchen und Erfüllung von Funktionen ausgewählt und angewendet werden können.	<p>Erweiterung des begrenzten, individuellen Wissenshorizonts.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Erste Lösungsansätze aus weltweitem Wissen extrahieren. 	Improve

Funktions-orientierte Suche	Eine konkrete Funktion abstrahieren und diese dann über das Internet und über Literatur recherchieren (abstrakte Funktion in führenden Branchen recherchieren).	Erste Lösungsansätze aus weltweitem Wissen extrahieren.	<ul style="list-style-type: none"> • Measure • Improve
Klonproblem	<p>Ein Ansatz zur Lösung eines Problems und darauf aufbauend einen Ansatz zur Lösung eines weiteren Problems generieren.</p> <p>➤ Verschiedene Probleme mit den gleichen physikalischen Widersprüchen generieren.</p>	Lösungsansätze extrahieren.	Improve
Open Innovation	<ul style="list-style-type: none"> • Interne und externe Ideen fließen gleichermaßen in die Entwicklung von Innovationsprozessen ein. • Öffnung des Innovationsprozesses und Vernetzung von Knowhow. 	Erste Lösungsansätze aus weltweitem Wissen extrahieren.	Stellt kein direktes TRIZ-Tool dar, daher nicht relevant.
Technischer Widerspruch	<p>Situation, in der zur Lösung eines Problems ein Parameter (Zielgröße) verbessert wird, aber sich dadurch ein anderer Parameter (andere Zielgröße) des selben Systems untolierbar verschlechtert.</p> <p>➤ Lösungswerkzeug: Die 40 Innovativen Prinzipien.</p>	Helfen dabei nützliche Eigenschaften zu verstärken und unerwünschte Eigenschaften zu beseitigen.	Improve
40 innovative Prinzipien	Innovative Prinzipien = abstrakte Lösungsvorschläge, die erst in konkrete Lösungen überführt werden.	Genauere Details: Siehe techn. Widerspruch.	Teil von „Technischer Widerspruch“, daher untergeordnete betrachtet.
Physikalischer Widerspruch	<p>Situation, in der ein Parameter entgegengesetzte Werte annimmt, um widersprüchliche Anforderungen an das System zu erfüllen.</p> <p>➤ Lösungswerkzeug: Die 4 Separationsprinzipien.</p>	Trennen von widersprüchlichen Anforderungen.	Improve
4 Separationsprinzipien	Die Prinzipien erfüllen die geforderten widersprüchlichen Anforderungen durch deren Aufteilung (Separation).	Genauere Details: Siehe physikal. Widerspruch.	Teil von „Physikalischer Widerspruch“, daher untergeordnete betrachtet.
Stoff-Feld-Analyse	Repräsentiert das Problem und die Lösung durch die Interaktionen zwischen Stoffen und Feldern.	Abstraktion einer Problemsituation.	Improve

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Lösungswerkzeug: Die 76 Standardlösungen 		
76 Standard Lösungen	<p>Sammlung von abstrakten Lösungsmodellen für bekannte techn. Problemstellungen.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Das abstrakte Modell und techn. Problem sind dabei die Stoff-Feld-Modelle. 	Genauere Details: Siehe Stoff-Feld-Analyse.	Teil der „Stoff-Feld-Analyse“, daher untergeordnete betrachtet.
Zwerge-modell	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse eines Systems und zur Ideenfindung durch Aufzeigen des Systems und potentieller Lösungen in Form kleiner Zwerge (denen beliebige Verhaltenseigenschaften zugewiesen werden können). • Verfahren der Empathie: ganzheitliche Erfassung von Menschen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Althergebrachte Vorstellungen über Formen und Funktionsausübung überwinden. ➤ Probleme lassen sich ideal lösen. 	Improve
Problem-orient. 9-Felder-Denken	Tiefgreifende Untersuchung des Systems und dessen Umgebung zu Fragestellungen, wie die Ressourcen genutzt werden können.	<ul style="list-style-type: none"> • Sichtweise auf ein Problem verändern. • Die sich entwickelnden Fragen führen zu neuen Denk- und damit neuen Lösungsansätzen. 	Improve
MKZ-Operatoren	<ul style="list-style-type: none"> • Betrachtung von Extremzuständen, um sich von Rahmenbedingungen zu lösen. ➤ Extrembetrachtung der drei Parameter: M = Menge; K = Kosten; Z = Zeit. 	Die mentale Voreingenommenheit und Denkblockaden überwinden.	Improve
Der ARIZ-Algorithmus	<ul style="list-style-type: none"> • Algorithmus zur Lösung von Erfindungsaufgaben. • Vorgehensweise von der Analyse einer Problemsituation bis zur Auswertung entwickelter Lösungsansätze. • Einsatz: wenn die elementaren Prinzipien oder Standards alleine zu keiner zufriedenstellenden Lösung führen. 	Probleme identifizieren und lösen.	<ul style="list-style-type: none"> • Measure • Improve
Antizipierende Fehlererkennung (AFE)	Werkzeug zur Identifikation möglicher Systemfehler, ihrer Ursachen und Beseitigungsmöglichkeiten, die auch bisher nicht betrachtete, zukünftige und schwer erklärbare Fehler einschließt.	Ziel ist es, ein intaktes System zum Versagen zu bringen. Der Grund des Versagens wird nun zur gewollten Funktion transformiert. Auf dieses invertierte Problem lässt sich dann die TRIZ-Methode in ihrer ganzen Breite anwenden.	<ul style="list-style-type: none"> • Define • Analyze • Improve

Supereffekt-Analyse	Resultat, dass vor der Verbesserung des techn. Systems nicht bekannt war und unmittelbar mit der Lösung des Widerspruchs im Ausgangssystem im Zusammenhang steht.	Ein meist unerwarteter Vorteil tritt auf, der mit dem Ergebnis der Innovation einhergeht.	Improve
----------------------------	---	---	---------

[Quellen: Adunka 2015; TRIZ-Online 2016; VDI-4521 2016; Hentschel 2010; Orloff 2006; Brückner 2015; Lindemann 2016]

Anhang B2: Die C&E-Matrix

		Wirkung auf Output-Variablen	Define	Mea- sure	Analy- ze	Impro- ve	Con- trol	Summe
			yAlt	x1-xn	f(x)	yNeu	yNeu	
Wirkung von: Input-Variablen	Einstieg	Innovations-Checkliste	9	0	0	0	0	9
		Ressourcen-Checkliste	3	0	3	0	0	6
		Idealität	9	0	6	0	6	21
		S-Kurven-Analyse	6	0	6	0	0	12
		9-Felder-Denken	9	0	0	0	0	9
		Trends der Technik ev.	0	0	6	0	0	6
		Funkt. Benchmarking	0	0	0	3	0	3
	Analyse	Flussanalyse	6	3	6	0	0	15
		Problemformulierung	9	3	9	0	0	15
		Funktionsanalyse	6	3	6	0	0	15
		Patent-Umgehung	0	0	0	3	6	9
		Trimmen	0	0	0	6	0	6
		Ursachenanalyse	0	9	0	0	0	9
		Feature Transfer	0	0	0	6	0	6
	Lösung generieren	Effekte Datenbank	0	0	0	6	0	6
		Funktionsor. Suche	0	6	0	6	0	12
		Klonproblem	0	0	0	6	0	6
		Techn. Widerspruch	0	0	0	9	0	9
		Physik. Widerspruch	0	0	0	9	0	9
		Stoff-Feld-Analyse	0	0	0	9	0	9
		Zwerge-Modell	0	0	0	6	0	6
		Problemorient. 9-Felder-Denken	0	0	0	9	0	9
	Lösungs- konzept aus- arbeiten	MKZ-Operatoren	0	0	0	6	0	6
		Der ARIZ-Algorithmus	0	3	0	6	0	9
		Antizip. Fehlererkennung	3	0	3	6	0	12
		Supereffekt-Analyse	0	0	0	9	0	9

Legende: 0 = kein Einfluss; 3 = schwacher Einfluss; 6 = mittlerer Einfluss; 9 = starker Einfluss

Anhang C1: Bewertungsmatrix – X-Achse (%-Einfluss auf den DMAIC-Zyklus)

Liegt als Excel-Dokument auf der beigefügten CD bei.

Anhang C2: Bewertungsmatrix – Y-Achse (%-Abdeckung der TRIZ-Tools zu den bestehenden DMAIC-Werkzeugen)

- Bezuggröße: Outputs

Liegt als Excel-Dokument auf der beigefügten CD bei.

Anhang C3: Bewertungsmatrix – Kreisdurchmesser (%-Nutzen beziehungsweise Erfüllung der VOE)

- Die Ergebnisse ergeben sich aus dem %-Gesamtnutzen (Mittelwert)

Liegt als Excel-Dokument auf der beigefügten CD bei.

Anhang C4: Bewertungsmatrix – Zusammenfassung der Datentabelle

- Übersichtliche Zusammenfassung der Ergebnisse von Anhang C1-C3

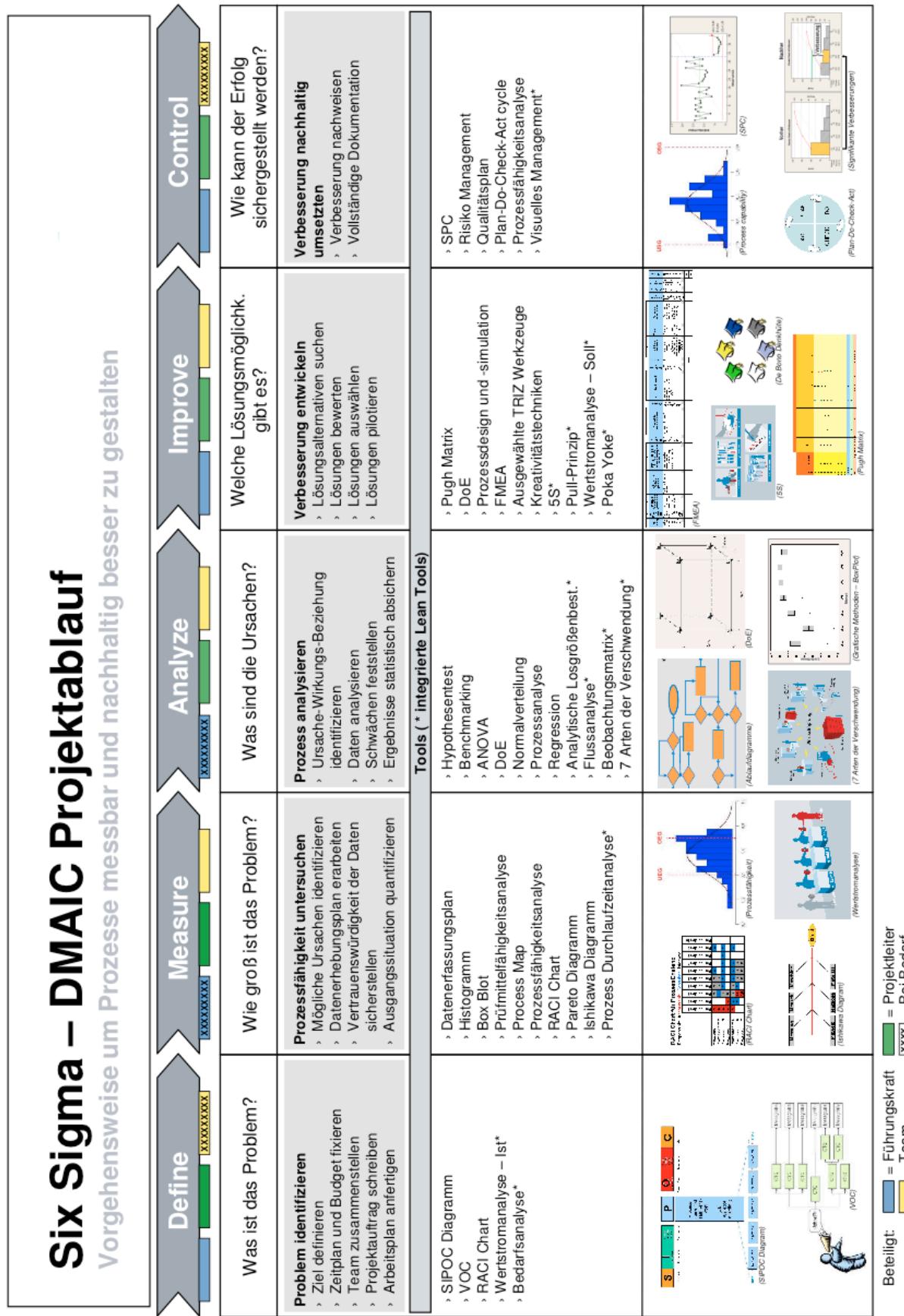
Liegt als Excel-Dokument auf der beigefügten CD bei.

Anhang D: Entscheidungsmatrix

- Quelle des Templates: Siemens AG

Liegt als Excel-Dokument auf der beigefügten CD bei.

Anhang E: Six Sigma-Roadmap

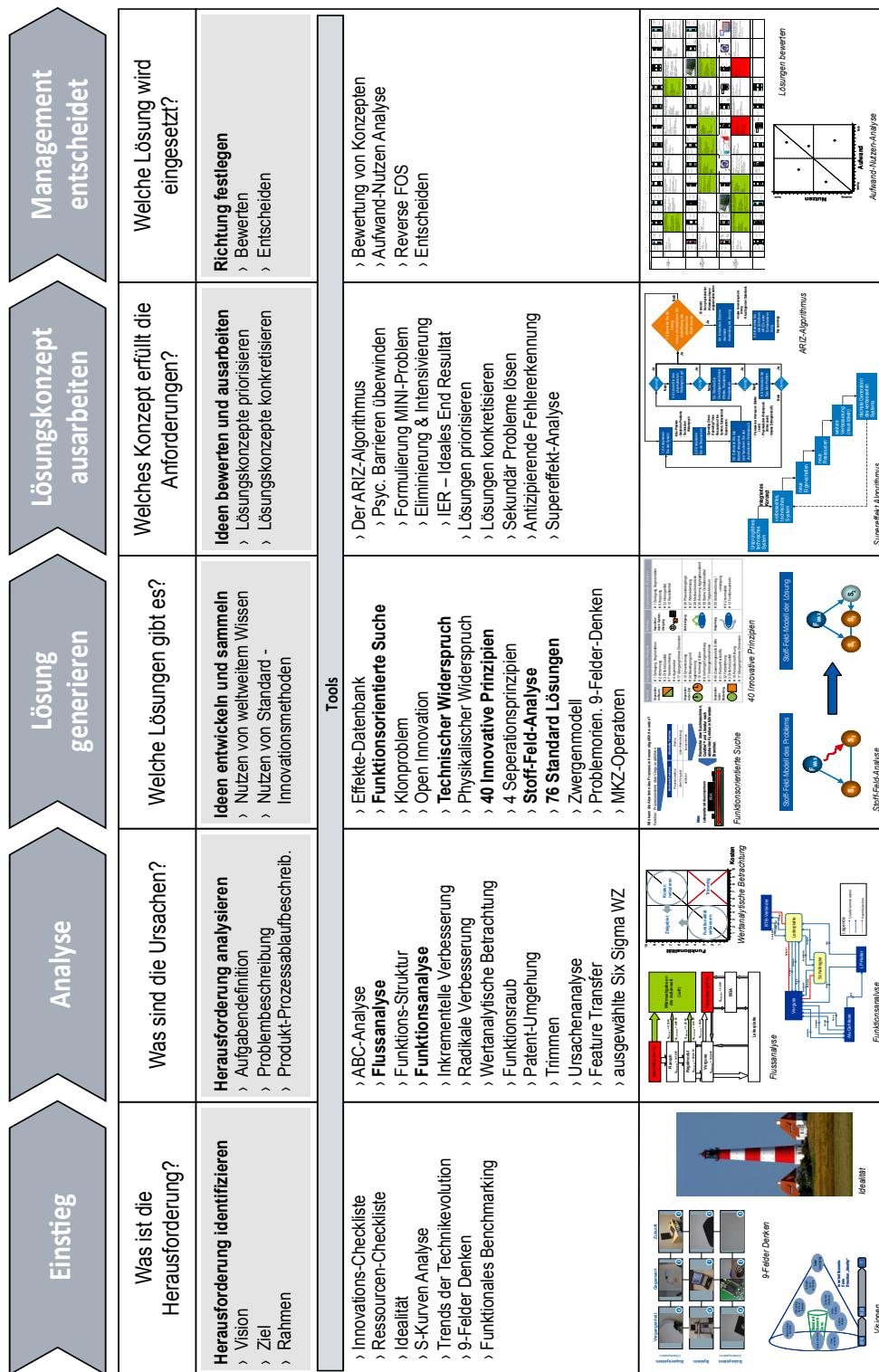


[Quelle: Siemens AG 2011]

Anhang F: TRIZ-Roadmap

TRIZ – Methodische Kreativität

Vorgehensweise um Probleme schneller und effektiver zu beheben



[Quelle: Siemens AG 2013]

Anhang G: Der bestehende DMAIC-Werkzeugkasten

Kick-off (K)

- Six Sigma Hintergründe und Grundlagen
- DMAIC-Phasenstruktur
- Grundlagen des Projektmanagements

DEFINE (D)

- Aufgabenblatt (auch Projektauftrag, Teamcharter, Projectcharter genannt)
- SIPOC
- VOC (Voice of Customer)

MEASURE (M)

- Grundlagen der Statistik (Mittelwert, Median, Spannweite, Standardabweichung, Varianz, Bestimmung von Anteilen)
- Histogramm
- Boxplot
- Zeitreihendiagramm (Verlaufsdiagramm)
- Regelkarte (Control Chart)
- Pareto-Diagramm
- Multivari-Chart (Haupteffekt und Wechselwirkung)
- Streudiagramm (auch XY-Diagramm oder Scatterplot genannt)
- Matrixplot
- Flussdiagramm
- Output-/Inputsammlung
- Ishikawa-Diagramm (Fischgräten-Diagramm, Ursachen-/Wirkungsdiagramm, C&E Diagram)
- Ursachen-/Wirkungsmatrix (auch C&E-Matrix genannt)
- Datenerhebungsplan
- Messsystemanalyse (für Messwerte und Attribute)
- Verteilungstest (z.B. Normalverteilungstest)
- Prozessfähigkeitsanalyse (für kontinuierliche Daten)
- Sigma Niveau Berechnung (Sigma Level)

ANALYSE (A)

- Konfidenzintervall
- Test auf Varianzgleichheit (zwei oder mehr Stichproben)
- t-Test für zwei Stichproben
- Einfache Varianzanalyse (one-Way-ANOVA)
- Chi-Quadrat-Test
- Korrelationsanalyse

- Einfache lineare und nicht-lineare Regression

IMPROVE (I)

- Brainstorming
- Entscheidungsmatrix
- FMEA für Lösungsrisiken
- Maßnahmenplan
- Datenanalyse der Lösungspilotierung
- Prozessfähigkeit der Lösungspilotierung

CONTROL (C)

- Datenanalyse der Lösung (vorher/nachher)
- Hypothesentests der Lösung (vorher/nachher)
- Prozessfähigkeit der Lösung (vorher/nachher)
- Einzelwert-Regelkarte
- zweiseitige Mittelwert/Streuungskarte (X_{quer}/R oder X_{quer}/s)
- Regel- (Control) plan
- Projektabschlussbericht (incl. Standardisierung)
- Erfahrungsbericht

[Quelle: ESSC-D 2014a]

6 Literaturverzeichnis

[Adunka 2012]

Adunka, Robert: *Zertifikate bei TRIZ*. Sulzbach-Rosenberg. Verfügbar unter:
<http://www.adunka.de/TRIZ/Zertifikate.htm> (10.01.2016)

[Adunka 2015]

Adunka, Robert: *Begleitbuch zum TRIZ-Basiskurs (Folien)*. Sulzbach-Rosenberg:
Eigenverlag Robert Adunka, 2015

[Adunka 2016]

Adunka, Robert: *Über TRIZ*. TRIZ Consulting Group GmbH. Verfügbar unter:
www.triz-consulting.de/ueber-triz/ (14.02.2016)

[Angermeier 2016]

Angermeier, Georg: *Kano-Modell*. Beitrag in: Projekt Magazin. Verfügbar unter:
<https://www.projektmagazin.de/glossarterm/kano-modell> (10.02.2016)

[Back 2014]

Back, Stephan; Weigel, Hermann: *Design for Six Sigma - Kompaktes Wissen, Konkrete Umsetzung, Praktische Arbeitshilfen*. München: Carl Hanser Verlag, 2014. – ISBN 978-3-446-44046-3

[Bergbauer 2007]

Bergbauer, Axel K.; Kleemann, Bernhard: *Six Sigma in der Praxis: Das Programm für Nachhaltige Prozessverbesserungen und Ertragssteigerungen*. 3. Auflage. Expert Verlag, 2007. – ISBN 978-3816928003

[Brenner 2015]

Benner, Raphael: *Six-Sigma-Geschichte*. Verfügbar unter:
<http://www.drbenner.de/Six-Sigma-Geschichte> (16.06.2015)

[Brückner 2015]

Brückner, Claudia: *TRIZ*. (S. 943- 946). In: Kamiske, Gerd: *Handbuch QM-Methoden – Die richtige Methode auswählen und erfolgreich umsetzen*. 3. Aktualisierte und erweiterte Auflage. München: Carl Hanser Verlag, 2015. – ISBN 978-3-446-44388-4

[Bukhman 2012]

Bukhman, Isac.: *TRIZ technology for innovation*. Taipei: Cubic Creativity Company, 2012. – ISBN 978-986-85635-2-0

[Eisenegger 2016]

Eisenegger, Kilian: *Six Sigma – Was ist DFSS*. Verfügbar unter:
<http://www.sixsigma.ch/dfss.htm> (19.03.2016)

[ESSC-D 2014a]

ESSC-D (European Six Sigma Club - Deutschland e.V.): *Quality Guideline. European Six Sigma Club - Deutschland e.V.* Ausbildung. Six Sigma Green Belt. Mindestanforderungen. Training. Verfügbar unter:
<http://www.sixsigmaclub.de/download/richtlinien-ausbildung-green-belt.pdf>.
(10.02.2015)

[ESSC-D 2015a]

ESSC-D (European Six Sigma Club - Deutschland e.V.): *FAQ European Six Sigma Club - Deutschland e.V.* Verfügbar unter: <http://www.sixsigmaclub.de/six-sigma-club/faq.html>. (01.03.2015)

[ESSC-D 2015b]

ESSC-D (European Six Sigma Club - Deutschland e.V.): *Die Geschichte des European Six Sigma Club*. Verfügbar unter: <http://www.sixsigmaclub.de/six-sigma-club/essc-d-geschichte.html>. (01.03.2015)

[ESSC-D 2015c]

ESSC-D (European Six Sigma Club - Deutschland e.V.): *Profil European Six Sigma Club*. Verfügbar unter: <http://www.sixsigmaclub.de/six-sigma-club/profil.html>. (01.03.2015)

[ESSC-D 2015d]

ESSC-D (European Six Sigma Club - Deutschland e.V.): *ESSC-Identity*. Verfügbar unter: <http://www.sixsigmaclub.de/six-sigma-club/essc-d-identity.html>. (01.03.2015)

[Fleck 2016]

Fleck, Thomas: *Entscheidungsmatrix*. Verfügbar unter:
<http://4managers.de/management/themen/entscheidungsmatrix/> (10.03.2016)

[Frank 2016]

Frank, Alexander: *Einführung in Six Sigma*. HS Vorlesung Quality Engineering. TQU-Akademie. Verfügbar unter: <http://www.tqu-group.com/vorlesungen/VorlFrank/FrankHS1SixSigma.pdf> (12.01.2016)

[Gamweger 2009]

Gamweger, Jürgen; Jöbstl, Oliver; Strohrmann, Manfred; Suchowerskyj, Wadym: *Design for Six Sigma. Kundenorientierte Produkte und Prozesse fehlerfrei entwickeln*. München: Hanser Verlag, 2009. – ISBN 978-3-446-41454-9

[Gamweger 2015]

Gamweger, Jürgen; Jöbstl, Oliver: *Six Sigma*. (S. 247- 291). In: Kamiske, Gerd: *Handbuch QM-Methoden – Die richtige Methode auswählen und erfolgreich umsetzen*. 3. Aktualisierte und erweiterte Auflage. München: Carl Hanser Verlag, 2015. – ISBN 978-3-446-44388-4

[Gundlach 2008]

Gundlach, Carsten; Jochem, Roland: *Praxishandbuch Six Sigma. Fehler vermeiden, Prozesse verbessern, Kosten senken*. 1. Auflage. Düsseldorf: Symposion Publishing GmbH, 2008. – ISBN 978-3-939707-03-5

[Gundlach 2015]

Gundlach, Carsten; Jochem, Roland: *Praxishandbuch Six Sigma. Fehler vermeiden, Prozesse verbessern, Kosten senken.* 2. aktualisierte und erweiterte Auflage. Düsseldorf: Symposion Publishing GmbH, 2015. – ISBN 978-3-86329-633-9

[Hentschel 2010]

Hentschel, Claudia; Gundlach, Carsten; Nähler, Horst Thomas: *TRIZ – Innovation mit System.* München: Carl Hanser Verlag, 2010. – ISBN 978-3-446-42333-6

[Hofbauer 2011]

Hofbauer, Günter; Sangl, Anita: *Professionelles Produktmanagement: Der prozessorientierte Ansatz, Rahmenbedingungen und Strategien.* 1. Auflage. John Wiley & Sons, 2011. – ISBN 978-3895786624

[Kaufmann 2012]

Kaufmann, Uwe: *Praxisbuch Lean Six Sigma: Werkzeuge und Beispiele.* München: Carl Hanser Verlag, 2012. – ISBN 978-3446427037

[Kierdorf 2015]

Kierdorf, Michael: *Six Sigma 2020.* Jahreskonferenz des ESSC-D. Ausgabe der QZ (06/2015). Hanser Verlag. Verfügbar unter: <http://www.qz-online.de/qz-zeitschrift/archiv/artikel/jahreskonferenz-des-europaeischen-six-sigma-clubs-deutschland-1022954.html> (20.01.2016)

[Klein 2007]

Klein, Bend: Versuchsplanung – *DoE: Einführung in die Taguchi/Shainin-Methodik.* 2. Auflage. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, 2007. – ISBN 978-3-486-58352-6

[Knecht 2013]

Knecht, Andreas; Bertschi, Markus: *Six Sigma. Tools Beispiele Praxistipps.* 1. Auflage. Zürich: Versus, 2013. – ISBN 978-3039092017

[Koch 2015]

Koch, Susanne: *Einführung in das Management von Geschäftsprozessen – Six Sigma, Kaizen und TQM*. 2. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2011, 2015. – ISBN 978-3-662-44449-8

[Kollmann 2016]

Kollmann, Tobias: *Stichwort: E-Learning*. Gabler Wirtschaftslexikon, Verfügbar unter: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/82225/e-learning-v7.html> (18.02.2016)

[Koltze 2011]

Koltze, Karl; Souchkov, Valeri: *Systematische Innovation – TRIZ-Anwendungen in der Produkt- und Prozessverbesserung*. München Wien: Carl Hanser Verlag, 2011. – ISBN 978-3446421325

[Kroslid 2003]

Kroslid, Dag; Faber, Konrad; Magnusson, Kjell; Bergman, Bo: *Six Sigma – Erfolg durch Breakthrough-Verbesserungen*. Pocket Power. Hanser Fachbuch, 2003. – ISBN 978-3446222946

[Kurth 2014]

Kurth, Nina: *Innovationen und ihre Bedeutung für Unternehmen*. Beitrag der Heinrich Heine Consulting e.V., 2014. Verfügbar unter: <http://hhc-duesseldorf.de/innovationen-und-ihre-bedeutung-fuer-unternehmen/> (15.12.2015)

[Lindemann 2016]

Lindemann, Udo: *Handbuch Produktentwicklung*. Carl Hanser Verlag, 2016. – ISBN 978-3446445185

[Lunau 2007]

Lunau, Stephan (Hrsg.); Meran, Renata; Roenpage, Olin; Staudter, Christian; John, Alexander: *Six Sigma+Lean Toolset: Verbesserungsprojekte erfolgreich durchführen*. 2. Auflage. UMS (Consulting) GmbH. Berlin Heidelberg: Springer Gabler, 2007. – ISBN 10 3-540-46054-3

[Lunau 2013]

Lunau, Stephan (Hrsg.); Meran, Renata; Staudter, Christian; von Hugo, Clemens; Bosselmann, Phillip; Mollenhauer, Jens-Peter ; Roenpage, Olin.: *Design for Six Sigma+Lean Toolset: Innovationen erfolgreich realisieren.* 2., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. UMS (Consulting) GmbH. Wiesbaden: Springer Gabler Fachmedien, 2013. – ISBN 978-3-658-00827-7

[Magnusson 2001]

Magnusson, Kjell; Kroslid, Dag; Bergmann, Bo: *Six Sigma umsetzen – Die neue Qualitätsstrategie für Unternehmen.* München: Carl Hanser Verlag, 2001.
– ISBN 3-446-21633-2

[Orloff 2006]

Orloff, Michael: *Grundlagen der klassischen TRIZ: Ein praktisches Lehrbuch des erfinderischen Denkens für Ingenieure.* 3., neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Berlin Heidelberg: Springer Verlag, 2006. – ISBN 978-3-540-34059-1

[o.V. 2016]

o.V.: *Schrittmachertechnologien.* Verfügbar unter:
<http://www.wirtschaftslexikon24.com/e/schrittmachertechnologien/schrittmachertec hnologien.htm> (03.02.2016)

[Przybillia 2013]

Przybillia, Rüdiger; Back, Stephan: *Nachhaltige Verbesserungen und Unternehmenserfolg mit Six Sigma.* Beitrag der Haufe Akademie GmbH, 2013. Verfügbar unter: https://www.haufe-akademie.de/downloadserver/FB/Verbesserungen_mit_Six_Sigma.pdf (Zugriff: 15.02.16)

[Pyzdek 1997]

Pyzdek, Thomas: *Motorola's Six Sigma Program.* Verfügbar unter:
<http://www.qualitydigest.com/magazine/1997/dec/article/motorolas-six-sigma-program.html> (Zugriff: 10.01.2016)

[Rath&Strong 2002]

Rath&Strong: *Six Sigma Pocket Guide: Werkzeuge zur Prozessverbesserung.*

Köln: TÜV-Verlag GmbH, 2002. – ISBN 3-8249-0667-8

[Rigby 2005]

Rigby, Darrell; Bilodeau, Barbara: *Management Tools and Trends 2005*. Bain & Company. Verfügbar unter: http://www.bain.com/management_tools/Management_Tools_and_Trends_2005.pdf. (01.02.2015)

[Roland 2010]

Jochem, Roland: *Was kostet Qualität?- Wirtschaftlichkeit von Qualität ermitteln.*

München: Hanser Verlag, 2010. – ISBN 978-3-446-42182-0

[Schmitt 2010]

Schmitt, Robert; Pfeifer, Tilo: *Qualitätsmanagement – Strategien, Methoden, Techniken*. 4., vollständig überarbeitete Auflage. München Wien: Carl Hanser Verlag, 2010. – ISBN 978-3-446-41277-4

[Schmutte 2008]

Schmutte, Andre: *Six Sigma im Business-Excellence-Prozess* (S. 65- 93). In: Gundlach Carsten; Jochem, Roland (Hrsg.): *Praxishandbuch Six Sigma – Fehler vermeiden, Prozesse verbessern, Kosten senken*. 1. Auflage. Düsseldorf: Symposium Publishing GmbH, 2008. – ISBN 978-3-939707-03-5

[Schnurr 2015]

Schnurr, Roland: *SIPOC Diagramm – die Basis für einen optimalen Prozess*. Verfügbar unter: <http://www.sixsigmablackbelt.de/sipoc/> (08.12.2015)

[Schnurr 2016]

Schnurr, Roland: *Six Sigma Black Belt Zertifizierung*. Verfügbar unter:

<http://www.sixsigmablackbelt.de/six-sigma-black-belt-zertifizierung/> (08.02.2016)

[Siemens AG 2011]

Siemens AG: *Six Sigma – DMAIC Projektablauf (Template)*. Unveröffentlichtes Dokument. Siemens AG, 2011.

[Siemens AG 2013]

Siemens AG: *TRIZ – Methodische Kreativität: Vorgehensweise zur schnelleren und effektiveren Problembehebung (Template)*. Unveröffentlichtes Dokument. Siemens AG, 2013.

[Steigert 2001]

Steigert, Werner: *Expert-Praxislexikon Management-Training: 111 Stichwörter für Management-Trainer*. Expert Verlag, 2001. – ISBN 3816919499, 9783816919490

[Stummer 2010]

Stummer, Christian; Günther, Markus; Köck, Anna Maria: *Grundzüge des Innovations- und Technologiemanagements*. 3. Aktualisierte Auflage. Wien: Facultas Verlags- und Buchhandels AG, 2010. – ISBN 978-3-7089-0519-8

[Sturm 2016]

Sturm, Flavius: *Projektplan/Pilotierung*. Verfügbar unter: URL: <http://www.fit2solve.de/transformation-loesungsanbieter/projektplan-pilotierung.html> (22.02.2016)

[Töpfer 2007]

Töpfer, Armin: *Six Sigma als Projektmanagement für höhere Kundenzufriedenheit und bessere Unternehmensergebnisse*. In: Töpfer, Armin (Hrsg.): *Six Sigma – Konzeption und Erfolgsbeispiele für praktizierte Null-Fehler-Qualität*. Berlin: Springer, 2007. – ISBN 978-3-540-48591-9

[Toutenburg 2009]

Toutenburg, Helge; Knöfel, Philipp: *Six Sigma. Methoden und Statistik für die Praxis*. 2. Auflage. Berlin: Springer, 2009. – ISBN 978-3-540-85137-0

[TRIZ-Online 2016a]

TRIZ-Online Team: *werkzeuge*. Verfügbar unter: <http://www.triz-online.de/index.php?id=5554> (10.01.2016)

[TRIZ-Online 2016b]

TRIZ-Online Team: *home*. Verfügbar unter: <http://www.triz-online.de> (15.01.2016)

[Van Aerssen 2016]

Van Aerssen, Benno: *Morphologischer Kasten*. Verfügbar unter:
<http://www.ideenfindung.de/morphologischer-kasten.html> (12.02.2016)

[VDI-4521 2016]

VDI-Richtlinie 4521: *Erfinderisches Problemlösen mit TRIZ – Grundlagen und Begriffe*. Beuth Verlag, 2016. Verfügbar unter:
https://www.vdi.de/richtlinie/vdi_4521_blatt_1-erfinderisches_problemloesen_mit_triz_grundlagen_und_begriffe/ (22.03.2016)

[Wappis 2013]

Wappis, Johann; Jung, Berndt: *Taschenbuch: Null-Fehler-Management Umsetzung von Six Sigma*. 4. überarbeitete und erweiterte Auflage. München Wien: Carl Hanser Verlag, 2013. – ISBN 978-3-446-43549-0

7 Lebenslauf der Verfasserin

Persönliches

Name: Laura Leonie Müller
Anschrift: Schelver Diek 31,
48691 Vreden
Geburtsdatum: 30.06.1988 in Vreden
Staatsangehörigkeit: Deutsch

Ausbildung

Seit 2013/14 (WS) Studium des Wirtschaftsingenieurswesens (M.Sc.) mit den Schwerpunkten Maschinenbau und Management an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

2008/09 (WS)-
2012/13 (WS) Studium des Wirtschaftsingenieurwesens (B.Sc.) mit Schwerpunkt Maschinenbau an der Westfälischen Hochschule Bocholt

Juni/1999 – Abitur
Juni/2008 Gymnasium Georgianum in Vreden

Berufserfahrung

Sept./2015- Masterandin bei der Siemens AG in der Abteilung DF MC MF-GWE
März/2016 TMI 2
91056 Erlangen

Juni/2013- Tätigkeit als Aushilfskraft bei der Schmitz Cargobull AG in der
Sept./2013 Abteilung Produktmittelentwicklung und Materialwirtschaft
48691, Vreden

April/2012- Studentische Praxisphase bei der Finanzcheck Finanzportale
Sept./2012 GmbH im Online-Marketing
20457, Hamburg

Erlangen, den 29. März 2016

Ort, Datum

Unterschrift