

Hard & Soft Facts zur Prozessverbesserung - Teil 2: six-sigma

Dr. Reiner Hutwelker, activepartner, reiner.hutwelker@activepartner.de

Inhalt

Übersicht.....	2
six-sigma Ziel und Methodik.....	3
Ziel von six-sigma.....	3
Methodik von six-sigma.....	5
Define.....	6
Potentialanalyse.....	6
Projektdefinition.....	7
Projektvertrag.....	8
SIPOC.....	8
KANO-Modell.....	9
Voice of the Customer & Critical to Quality.....	10
Measure.....	10
Prozess-Mapping.....	11
Priorisierungs-Matrix.....	11
Stichprobendefinition.....	12
Datenerhebungsplan.....	13
Messsystemanalyse.....	13
Datenerhebung.....	13
Analyse.....	14
Mind-Set: systematische und zufällige Variation.....	14
Datendarstellung.....	14
Prozessfähigkeit.....	16
Run-Charts und Regelkarten.....	17
Wertschöpfungsanalyse.....	18
Prozess-Modellierung.....	19
Pareto-Diagramm.....	19
Ursachen-Wirkungs-Analyse.....	20
Hypothesenformulierung.....	20
Hypothesentest.....	21
Improve.....	22
Kreativitätstechniken.....	22
Lösungsalternativen entwickeln.....	22
Design of Experiments (DOE).....	23
Lösungsübersicht.....	25
FMEA.....	26
Implementierung.....	26
Control.....	26
Hypothesentest.....	27
Prozessfähigkeit.....	27
Regelkarte.....	28
Projektübergabe.....	28
Einführung von six-sigma.....	29
Zusammenfassung.....	34

Übersicht

six-sigma ist die amerikanische Antwort auf den japanische KVP (= KAIZEN) (siehe Teil 1 dieses Artikels). Während der KVP für die vielen kleinen Probleme der Mitarbeiter in ihren Arbeitsabläufen konzipiert wurde, fokussiert six-sigma auf Prozess-themen, die vom Management als wichtig und dringlich eingestuft wurden. Diese Themen werden als Projekte in einer klaren Rollenteilung bearbeitet: Fachpromotoren mit six-sigma Methodenkenntnis, die Black-Belts und Green-Belts (nachfolgend x-Belts genannt) führen die Projekte durch; die Machtpromotoren des Managements, die Sponsoren/ Champions/ Paten (nachfolgend Sponsoren genannt) stellen die notwendigen Ressourcen bereit und entscheiden über die Umsetzung.

Der methodische Rahmen der six-sigma Aktivitäten wird durch den DMAIC-Circle beschrieben. Er bietet, ähnlich dem PDCA-Zyklus des KVP, einen chrono-logischen Leitfaden zu Auswahl und Einsatz von Werkzeugen. Besonders die statistischen Verfahren dieser six-sigma-roadmap stellen jedoch höhere Anforderungen an den Fachpromotor als es beim KVP der Fall ist. Dafür erlaubt six-sigma sehr gezielt an Einflussgrößen auch in komplexen und intransparenten Prozessen zu „drehen“, um Ergebnisgrößen wie Qualität, Kosten, Zeit und Produktivität zu verbessern.

six-sigma wurde von Motorola entwickelt und zunächst in anderen, fertigungsorientierten Weltunternehmen eingeführt (General Electric, Siemens). Deren Erfolge auch in administrativen Abteilungen sind wohl verantwortlich dafür, dass six-sigma zunehmend im Dienstleistungssektor (Banken, Versicherungen, Telekommunikation) und im Mittelstand eingeführt wird. Das ist plausibel, denn die Methoden und Werkzeuge zielen auf Geschäftsprozesse, unabhängig von deren Inhalt und Ergebnis.

Sigma, bzw. six-sigma hat mehrere Facetten:

1. Neben seiner Bedeutung als **griechischer Buchstabe** bezeichnet
2. sigma in der Statistik eine **Messgröße und Einheit**. Sigma ist die Einheit der Streuung einer Ergebnismessung um den Mittelwert. Durch den Vergleich dieser realen Ergebnisstreuung mit dem vorgegebenen Toleranzbereich eines Zielkorridors, d.h. durch den Vergleich von Ist und Soll, ergibt sich mit dem resultierenden sigma-Wert das Niveau einer Prozessleistung.
3. Der Wert 6 sigma - 6σ - markiert eine Prozessleistung, bei der in 1.000.000 Ergebnissen nur 3,4 Abweichungen - 3,4 ppm – vom Zielkorridor erwartet werden. Dieser **Benchmark und Zielwert** trifft die Realität besser, als die Forderung nach 0-Fehlern. Denn selbst auf dem 6σ Niveau werden noch Fehler erwartet, wenn auch auf exzellentem Niveau. Die Forderung nach 0-Fehler erfüllt jedoch auch auf längere Sicht kaum ein Prozess und ist deshalb demotivierend.
4. six-sigma bietet eine standardisierte **Methode** mit einer Anleitung zur Durchführung von Projekten sowie eine Anleitung zu Auswahl und Einsatz von **Werkzeugen** für Prozessverbesserungen.
5. six-sigma ist eine **Management-Philosophie** für Prozessverbesserungen, die in der **Praxis** durch x-Belts umgesetzt und von Sponsoren gesteuert wird.
6. Die **Zukunftssicherheit** des Themas wird durch eine globale Community sichergestellt, die die six-sigma Roadmap permanent pflegt und erweitert.
7. six-Sigma ist allein auf **Prozesse** beschränkt. Für strategische und politische Themen ist six-sigma völlig ungeeignet. Dagegen ist six-sigma jedoch für Produktions- und Service-Prozesse gleichermaßen geeignet. Denn alles, was wir aufzählbar als Ergebnis herstellen, tun wir in einem Ablauf und bei Wiederholung in einem Prozess. Der Kunde hat Erwartungen an das Ergebnis und ausschließlich

er beurteilt die Erfüllung seiner Erwartungen. Diese Basis von six-sigma ist sowohl bei Produktions- als auch bei Service-Prozessen gegeben.

six-sigma Ziel und Methodik

Schwerpunkt dieses Artikels ist die Darstellung der six-sigma-Methodik an Hand eines nicht alltäglichen, aber hoffentlich leicht verständlichen Beispiels. Dazu möchte ich mit Ihnen kurzerhand die W.Tell AG gründen, ein Unternehmen mit dem Geschäftsauftrag, Präzisionslöcher in Zielscheiben zu schießen. Technologisch vertrauen wir auf Pfeil und Bogen. Die Ziele des Unternehmens seien primär qualitätsbezogen, um das Beispiel einfach zu halten:

1. Ziel: Präzision: In einer Zielscheibe innerhalb der beiden inneren Ringe treffen
2. Ziel: Form: runde Löcher schießen
3. Ziel: Farbe: rote Löcher schießen

Das erste Ziel ist ein typisches six-sigma-Ziel, denn es wird nicht verlangt, genau ins Schwarze zu treffen, sondern in einen Toleranzbereich um den Zielpunkt. Diese Angabe von Toleranzbereichen kommt der Realität näher, als die Definition von Punktzielen, weil sie in Rechnung stellt, dass Prozesse Einflüssen unterliegen und Prozessergebnisse deshalb nicht identisch sein können. Vielleicht fällt Ihnen spontan ein Kernprozess Ihres Unternehmens ein, bei dem die Definition von Zielwert plus Zielkorridor sinnvoll ist und Sie übertragen das Beispiel auf Ihre Situation.

Ziel von six-sigma

Wir schießen jetzt vier Tage lang und vergleichen die Ergebnisse. Nur eine der vier Tagesprozessleistungen entspricht dem Ziel. Die anderen zeichnen sich durch Abweichungen in der Lage und/ oder Streuung aus.

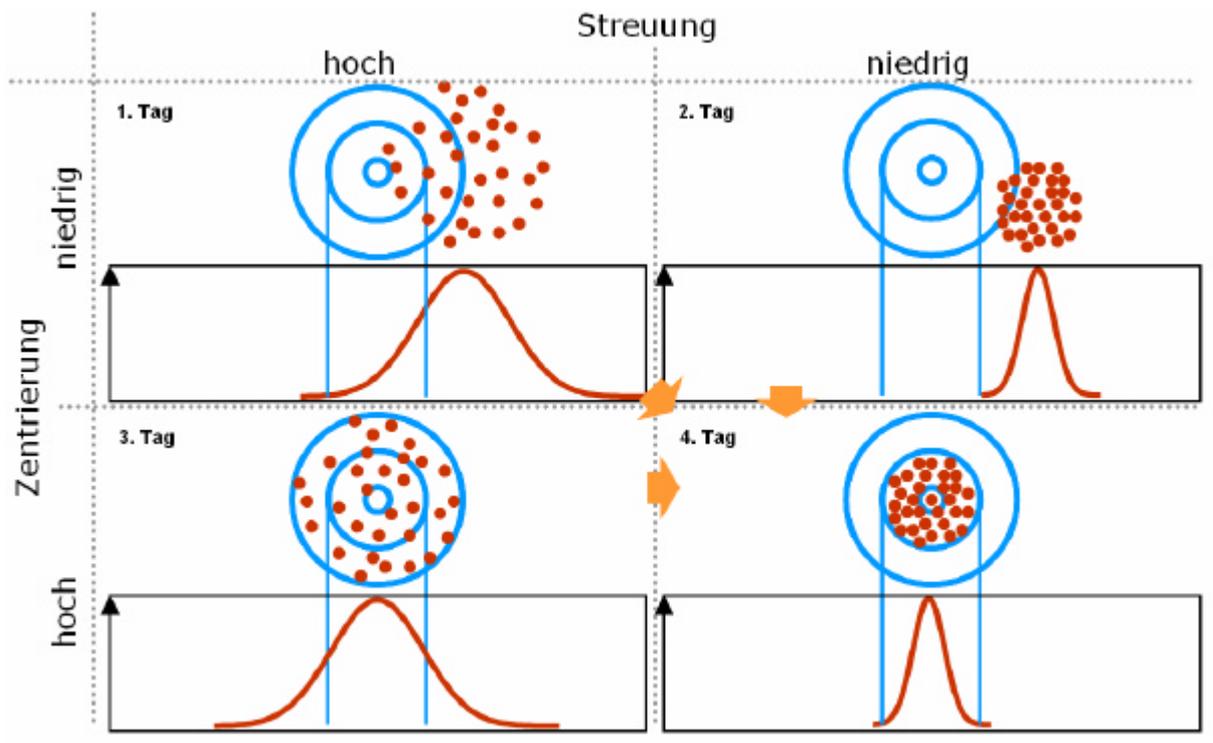


Abbildung 1: Ziel von six-sigma: Prozesse zentrieren und Streuung minimieren

Die statistische Quantifizierung dieser Prozessleistung kann man sich vorstellen, wenn man zunächst die Einschusslöcher auf eine Längenskala fallen und aufeinander stapeln lässt. Es entsteht die für Prozessergebnisse typische, glockenförmige Verteilung, die mit dem Gaußschen Modell der Normalverteilung beschrieben werden kann. Es deckt 100% der möglichen Ereignisse ab, wobei extreme Ergebnisse an den Ausläufern der Kurve seltener erwartet werden als Werte um den Mittelwert. Die Projektion des Zielkorridors auf die Längenskala verdeutlicht, welcher (Flächen-) Anteil der geschossenen Löcher innerhalb und welcher außerhalb des Zielkorridors liegt. Das Ergebnis des ersten Tages zeigt, dass nur ca. 20% der Ergebnisse zielkonform sind, am 2. Tag haben wir sogar 100% Ausschuss produziert, am 3. Tag waren 2/3 der Ergebnisse konform und lediglich am 4. Tag haben wir mit allen Schüssen das Ziel erreicht. Die Ergebnisse der ersten drei Tage zeichnen sich durch mangelnde Zentrierung und/ oder zu große Streuung aus. Daraus ergibt sich das primäre Ziel von six-sigma, Prozesse auf das Ziel zu zentrieren und Streuung zu minimieren. Nur so entsteht ein standardisiertes Produkt mit vorhersehbaren, (fast) identischen Eigenschaften. Etwas vorschnell wäre jetzt, auf den 4. Tag zu verweisen, der ja zielkonforme Ergebnisse gebracht hat und darauf zu hoffen, dass alle künftigen Ergebnisse ebenfalls zielkonform wären. Ohne Änderung des Prozesses sind, wie die folgende Abbildung zeigt, auch weiterhin zielkonforme Teillieferungen zu erwarten, genau so wie mangelhafte Ergebnisse.

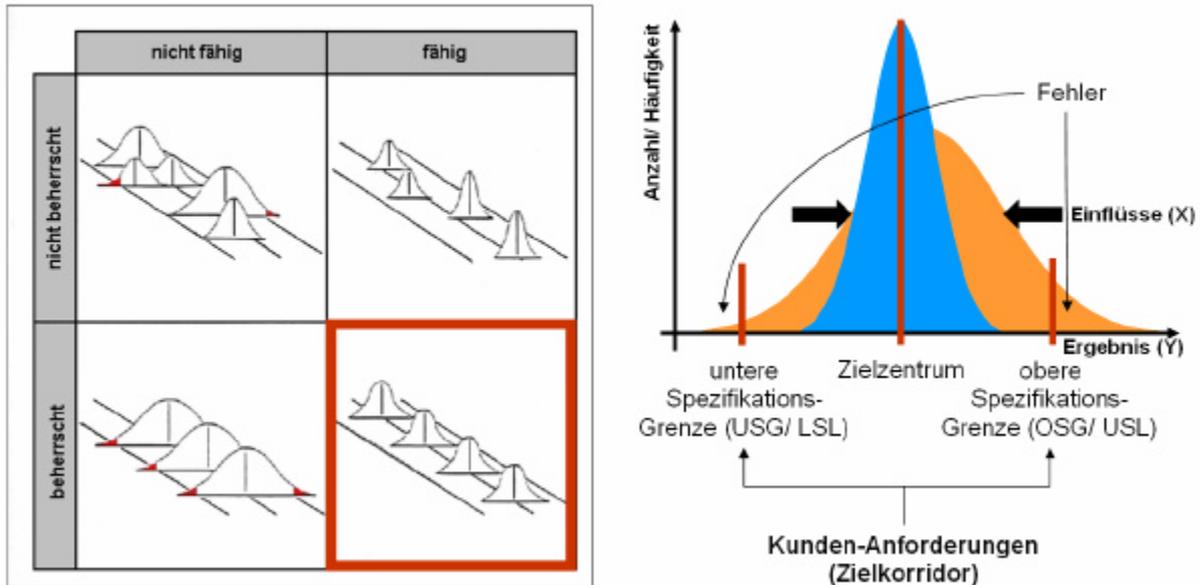


Abbildung 2: Ergebnisse aus (nicht) beherrschten und (nicht) fähigen Prozessen

Nicht beherrschte und nicht fähige Prozesse variieren über Messzeitpunkte sowohl in der Streuung, als auch in der Lage. Nicht beherrschte und fähige Prozesse, produzieren zwar Ergebnisse nur innerhalb des Zielkorridors, aber die Zentrierung der Ergebnisse verändert sich von Messzeitpunkt zu Messzeitpunkt. Beherrschte, aber nicht-fähige Prozesse haben immer die gleiche Lage und die gleiche Streuung, jedoch übersteigt die Streuung immer die Toleranzgrenzen. Lediglich beherrschte und fähige Prozesse führen vorhersehbar immer zu der gleichen Lage der Ergebnisse im Zentrum des Korridors mit einer Streuung innerhalb der Toleranzgrenzen.

Beherrschte und fähige Prozesse erhält man, indem man die Einflüsse des Prozesses identifiziert und so verändert, dass die Ergebnisse zielkonform werden. Im nächsten Abschnitt werden Einflüsse des Bogenschießens identifiziert und so eingestellt, dass die Ergebnisse den Kundenanforderungen entsprechen.

Um den Kontrast zum KVP zu betonen, werden die anspruchsvollsten Werkzeuge eingesetzt, die six-sigma zu bieten hat: Design of Experiments und Simulation. Alle Daten, die dabei entstanden, resultierten aus einer Simulation des Bogenschießens mit dem Werkzeug *iGrafx Process for six-sigma*. Die statistische Analyse der Daten erfolgte mit *Minitab 14*.

Methodik von six-sigma

Die Methodik von six-sigma ist im DMAIC-Circle verankert, mit seinen Phasen **D**efine, **M**easure, **A**nalyse, **I**mprove und **C**ontrol. Jede dieser Phasen enthält Werkzeuge, die chronologisch und nahezu kochbuchartig eingesetzt werden können.

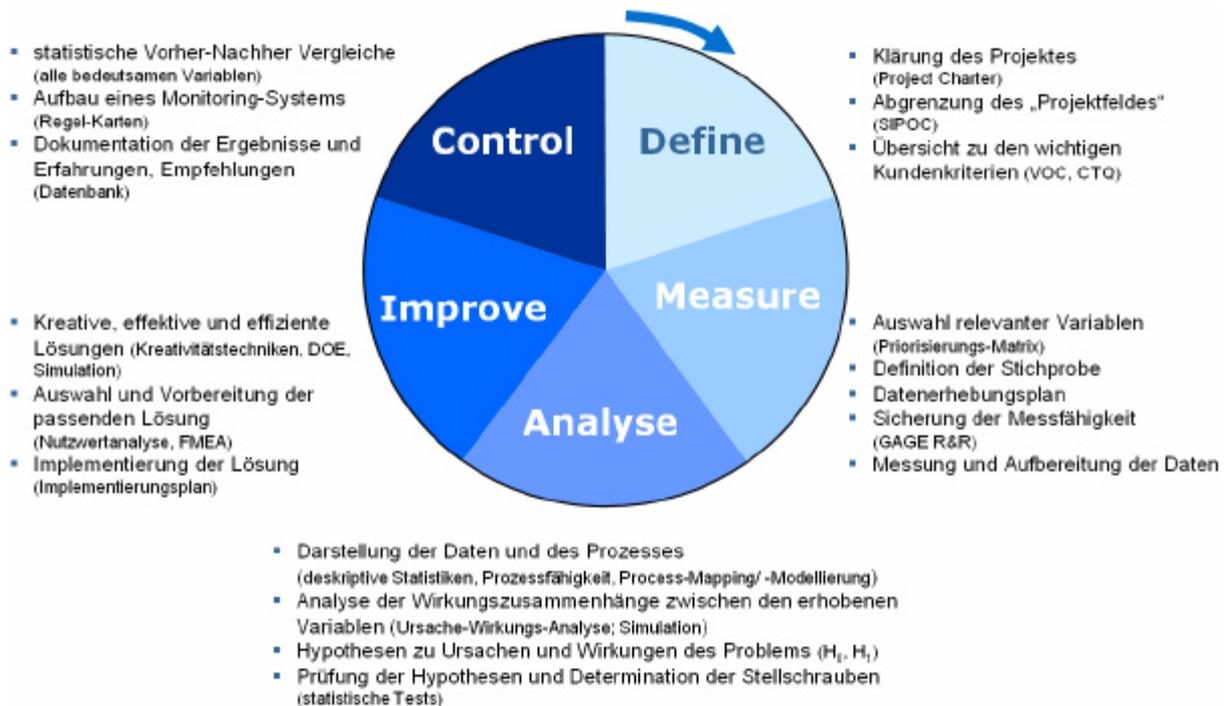


Abbildung 3: DMAIC-Phasen, mit wichtigsten Schritten und jeweiligen Werkzeugen

Der DMAIC mit seinen „sprechenden“ Phasen ist nahezu selbsterklärend. Ähnlich dem PDCA des KVP leitet er die Problembearbeitung von der Klärung des Problems bis zur Überwachung der Lösung. Unterschiedlich ist die hypothesengeleitete, statistisch prüfende Vorgehensweise. Diese Vorgehensweise ist schon lange in den empirischen Wissenschaften üblich. Für six-sigma wurde also nichts Neues erfunden, sondern hier wird „alter Wein in neuer Umgebung“ serviert. Der Einsatz der Werkzeuge ist auch nicht dogmatisch zu sehen, denn einerseits muss nicht jedes Werkzeug zwangsläufig auch tatsächlich eingesetzt werden. Andererseits ist six-sigma offen für jedes weitere nützliche Tool. Der nächste Abschnitt beschreibt nun den Einsatz der Werkzeuge am Beispiel der W.Tell AG. Nützlich könnte es dazu sein, die vollständige six-sigma Roadmap parat zu halten.

Define

Zweck der Define-Phase ist, das Projektthema zu klären, abzugrenzen, Schwerpunkte zu setzen, Verantwortliche und ein Team zu benennen und Ziele zu vereinbaren.

Potentialanalyse

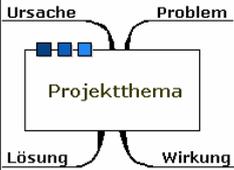
Werkzeug	Zweck	Ergebnis	Verantwortung	
	Business Opportunities finden, Potentiale analysieren & Projekt auswählen	Business Opportunities priorisieren und Projekte definieren	priorisierte Projektliste mit Aufwands-/ Nutzen-Abschätzung für jedes Projekt	<u>Management</u>

Das erste Werkzeug, die Potentialanalyse, hilft dem Management bei der Auswahl und Priorisierung geeigneter Projektthemen, die sich z.B. aus Kundenbeschwerden, KPIs, BSC, Self-Assessments und Audits ergeben können.

Beispiel: In der W. Tell AG gibt es nur einen Prozess: das Schießen von Löchern mit Pfeil und Bogen. Und es gibt ein wichtiges Ergebnis: in der aktuellen Situation produzieren wir durchschnittlich ca. 15% Ausschuss, d.h. nur 85% unser Löcher liegen im Zielkorridor. Bei diesem Ergebnis sieht das Management der W.Tell AG einen hinreichenden Grund, ein six-sigma Projekt zu starten und einen Projekt-Sponsor zu berufen.

Dieser Sponsor sollte hierarchisch oberhalb des Prozess-Owners angesiedelt sein, damit prinzipiell auch benachbarte Prozesse in die Verbesserung einbezogen werden können.

Projektdefinition

Werkzeug	Zweck	Ergebnis	Verantwortung	
	Projekt definieren ← FMEA-Root	Klarheit gewinnen über die Herausforderungen und die Struktur des Projektes	Projekt definiert: - Ursache, - Problem, - Wirkung, - Lösungsvorschläge, - erste Kennzahlen verfügbar	Management & Black-Belt/ Green-Belt & Team

Zur Projektdefinition beruft der Sponsor einen x-Belt. Gemeinsam mit dem Process-Owner verschafft man sich zunächst Klarheit über das Projekt. Dabei werden Facetten des *Problems*, seine *Wirkung* auf die Ergebnisse, mögliche *Ursachen* des Problems und schon vorhandene *Lösungsideen* stichwortartig unterschieden. Soweit vorhanden, werden Zahlen, Daten und Fakten zugeordnet: kundenwirksame Verluste der *Wirkung*, prozessrelevante Qualitäts-, Kosten- und Zeit-Messungen dem *Problem* und kausale Einflüsse des Problems den *Ursachen*.

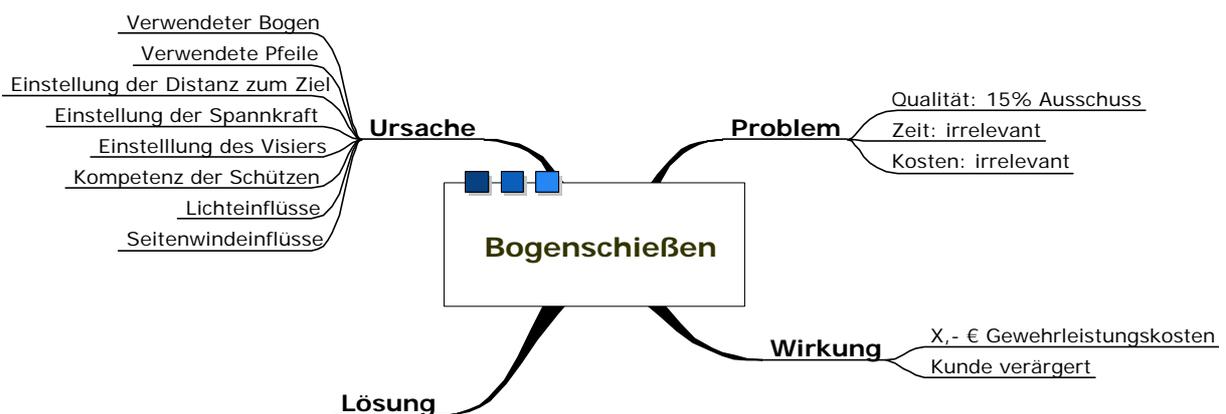


Abbildung 4: Projektdefinition

Beispiel: Das Team ordnet nun alle relevanten Informationen den vier Kategorien zu. Zu diesem Zeitpunkt sind das Problem und seine Wirkung recht gut bekannt. Bei den möglichen Ursachen beschränkt sich das Team auf eine Auflistung potentiell möglicher Einflüsse.

Wenn sich das Thema nicht in diese Struktur bringen lässt, handelt es sich vermutlich auch nicht um ein six-sigma Projekt. Denn wenn schon konkrete Ideen zu Lösungen vorhanden sind und auch umgesetzt werden sollen, stellt sich die Frage, wozu das Projekt dienen soll.

Projektvertrag

Werkzeug	Zweck	Ergebnis	Verantwortung	
Projekt-Thema:  Projekt-Team:  Ziele:  Messgrößen:  Projekt-Fokus:  Meilensteine (DMAIC): 	Projektvertrag schließen ← Project-Charter	Transparenz und Einigung über Bedingungen, Fokus, Erwartungen, Ressourcen, Verantwortlichkeiten und den Ablauf des Projekts schaffen	Projekt definiert: - Problem, finanz. Auswirkung - Projektgrenzen - Projektziele - Team - Meilensteine	<u>Management</u> & <u>Black-Belt/ Green-Belt</u> & Team

Im Projektvertrag legen sich die jeweils Verantwortlichen auf die Problemstellung, den Ist-Zustand und die Ziele fest. Es werden notwendige Teamressourcen bereitgestellt und Termine definiert. Hilfreich ist es, wenn der x-Belt hier schon seine Projektstrategie in Arbeitspakete schnüren kann. Das ist in six-sigma Projekten möglich, denn das Problem ist hier schon recht gut bekannt und der Werkzeugeinsatz entlang der six-sigma-Roadmap deshalb recht gut planbar. Schließlich sollten alle Beteiligten mit dem Projektvertrag einverstanden sein.

SIPOC

Werkzeug	Zweck	Ergebnis	Verantwortung																											
<table border="1"> <tr> <td>Supplier</td> <td>Process</td> <td>Customer</td> </tr> <tr> <td>Input</td> <td>Output</td> <td></td> </tr> <tr> <td>S</td> <td>I</td> <td>P</td> </tr> <tr> <td>O</td> <td>C</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> Prozessfeld abstecken ← SIPOC-Analyse	Supplier	Process	Customer	Input	Output		S	I	P	O	C																	Projektfeld und Projektfokus verstehen, Stimme der Kunden, Lieferanten und Prozessmitarbeiter hören	Hauptprozessschritte und Y = Ergebnisgrößen X = Input- und Prozess-Einflüsse incl. Messgrößen bekannt	<u>Black-Belt/ Green-Belt</u> & Team
Supplier	Process	Customer																												
Input	Output																													
S	I	P																												
O	C																													

SIPOC steht für: **S**upplier, **I**ntermediate, **P**rocess, **O**utput, **C**ustomer. Der SIPOC hilft, die Projekt-Grenzen zu ziehen, indem der zu untersuchende Prozessabschnitt definiert wird. In der SIPOC-Liste werden die (internen) Kunden des Prozessabschnitts genannt, die (abzählbaren) Outputs, die diese Kunden aus dem Prozess erhalten sowie die bekannten Anforderungen der Kunden an die Ergebnisse samt bekannter Ist- und Soll-Kenngrößen zu Qualität, Kosten und Zeit. In der Spalte Prozess werden die wichtigsten 5-7 Prozessschritte gelistet, zusammen mit vorhandenen Leistungsindikatoren. In der Spalte Input werden alle Vormaterialien, Vorinformationen und Ressourcen genannt, ohne die der Prozess nicht funktioniert, ergänzt durch die (internen) Lieferanten der Inputs. Diese Liste sollte, wie alle anderen Werkzeuge, sorgfältig eingesetzt werden, denn was in dieser Liste der aktiven und passiven Faktoren nicht auftaucht, wird möglicherweise später vergessen.

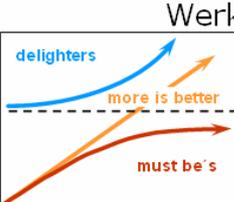
Supplier	Input (x _i)	Process (x _p)	Output (y)	Customer
Pfeillieferant	1. Input: Pfeile Typ A	1. Schritt: Bogen aufnehmen	1. Output: Löcher	Endkunde
	Q: x/y Abweichung	Q:	Q: Zentrierung der Löcher	
	K: 3 €	K:	Q: Streuung der Löcher	
	Z: Lieferfähigkeit	Z:	Q: Form der Löcher	
	1. Input: Pfeile Typ B	2. Schritt: Pfeil einlegen	Q: Farbe der Löcher	
	Q: x/y Abweichung	Q:	K:	
K: 1 €	K:	Z:		
Z: Lieferfähigkeit	Z:			
Bogenlieferant	3. Input: Bogen: Holz	3. Schritt: Distanz wählen		
	Q: x/y Abweichung	Q:	K:	
	K: 500,-€	K:	Z:	
	Z: Lieferfähigkeit	Z:		
	3. Input: Bogen: Carbon	4. Schritt: Bogen spannen		
	Q: x/y Abweichung	Q:		
	K: 1000,-€	K:		
	Z: f.	Z:		
		5. Schritt: Ziel anvisieren		
		Q:		
	K:			
	Z:			

Abbildung 5: SIPOC

Der SIPOC liefert also eine erste Übersicht aller Einflussgrößen aus Input und Prozess auf die Ergebnisse bzw. den Output.

Beispiel: Im SIPOC werden zum Input die verwendeten Pfeiltypen, Bogentypen und zugehörige Kenngrößen gelistet, die wichtigsten Prozessschritte sowie das Ergebnis mit zugehörigen Kenngrößen.

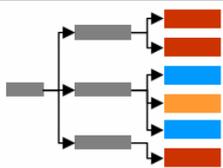
KANO-Modell

Werkzeug	Zweck	Ergebnis	Verantwortung
 <p>KANO-Modell</p>	System zur Kategorisierung der Kundenanforderungen etablieren	Kunde versteht und akzeptiert die Kategorisierung	Black-Belt/ Green-Belt & Team & Kunde

Das KANO-Modell ist ein Bewertungsschema für Kundenanforderungen und dient damit der Präzisierung der erforderlichen Ergebnisse. Vergleichbar mit dem Motivationsmodell von Herzberg ordnet es der Abszisse das Ausmaß der Erfüllung der Kundenanforderungen zu, mit den Polen 0% und 100% und auf der Ordinate die Kundenzufriedenheit von *unzufrieden* über *gerade zufrieden* bis hin zu *begeistert*. Diese Unterteilung der psychologischen Zufriedenheit ermöglicht es, drei typische Zufriedenheitsprofile abzubilden: *must be*, *more is better* und *delighter*. Im Nahverkehr z.B. ist ein *must be* die Pünktlichkeit. Unpünktlichkeit führt zur Unzufriedenheit und fahrplanmäßige Pünktlichkeit zum psychischen Normalzustand: gerade zufrieden, aber nicht begeistert (es sei denn, man macht fast nur schlechte Erfahrungen). Die *must be's* sind immer der Kern der Verbesserung. Bei *more-is-better*-Faktoren hängt die Erfüllung der Anforderungen und die Zufriedenheit linear voneinander ab, von Unzufriedenheit bis zur Begeisterung. Das sind z.B. Fahrscheinkosten, Frequenz und Geschwindigkeit des Transports und die Nähe der Haltestellen. *Delighter* sind strategische Zusatzleistungen, für die der Kunde prinzipiell bezahlen würde und damit pri-

mär die Angelegenheit des Marketing. Dieses Bewertungsschema des KANO-Modells wird im nächsten Werkzeug konkret angewendet.

Voice of the Customer & Critical to Quality

Werkzeug	Zweck	Ergebnis	Verantwortung
 <p>Kundenanforderungen Y ermitteln und bewerten ← Voice of the Cust. (VOC) ← Critical To Quality (CTQ)</p>	Kundenanforderungen erhoben und nach KANO-Modell kategorisiert und in CTQ's priorisiert	sämtliche Kundenanforderungen bekannt, operationalisiert und nach Bedeutung kategorisiert (kritische Ergebnis-/ Outputvariablen, Y)	<u>Black-Belt/ Green-Belt</u> & Team & Kunde

Im Voice of the Customer (VOC) werden Ergebnisanforderungen im Interview mit dem Kunden konkretisiert und anschließend nach dem KANO-Modell vom Kunden priorisiert. Dabei werden die *must-be's* auch als Critical to Quality (CTQ) bezeichnet. Soweit nicht schon geschehen, sollten die Anforderungen vom Kunden mit Messgrößen und Zielkorridoren untermauert werden.

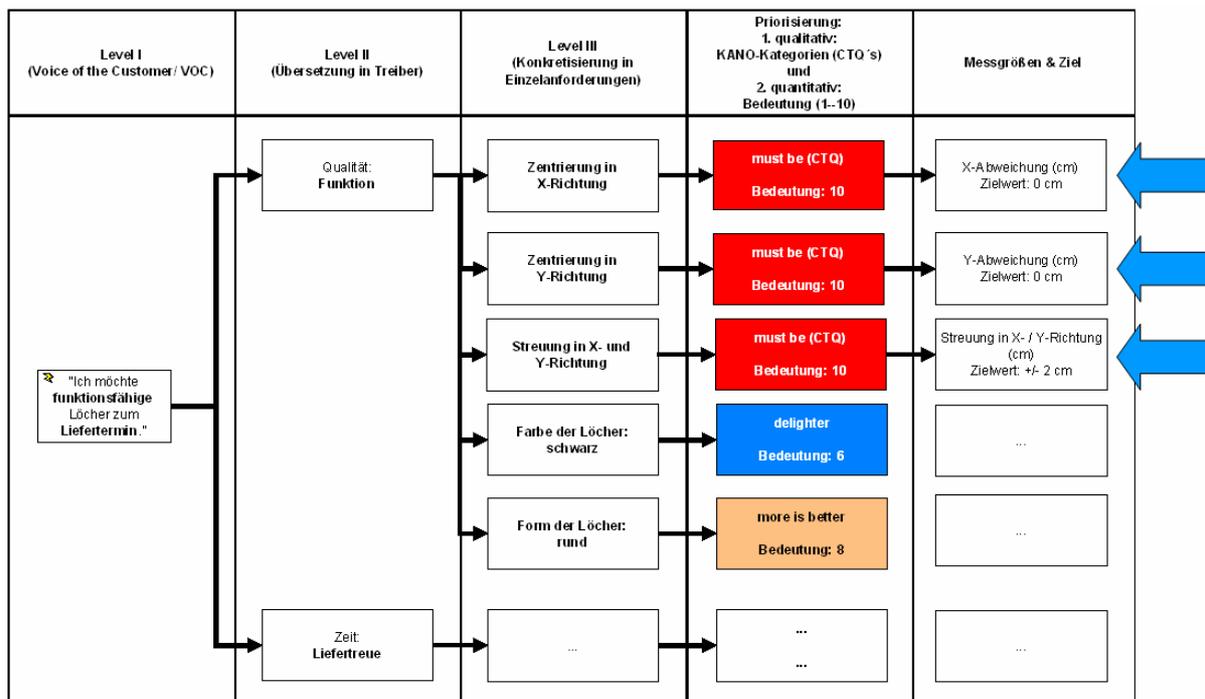


Abbildung 6: Voice of the Customer (VOC) und Critical to Quality (CTQ= *must-be*)

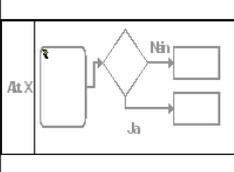
Beispiel: Neben den kritischen Ergebnisanforderungen, die wir in diesem Fall schon vorher kannten, sagt unser Leitkunde, dass er lieber schwarze als rote Löcher hätte. Farbe und Form der Löcher sind ihm aber nicht so wichtig wie die Präzision. Mit diesen konkretisierten Aussagen zu den Ergebniszielen stehen die wichtigsten Orientierungspunkte für das weitere Projekt fest.

Measure

In der Measure-Phase werden Einflussgrößen und Ergebnisse mathematisch formalisiert. Ziel ist es, die bedeutsamen Einflussgrößen x_i zu finden, mit denen die kritischen Ergebnisse Y_i verändert werden können. Dieser zentrale Gedanke und Leitfaden für das weitere Projekt lässt sich formalisieren als $Y_i = f(x_i)$.

Dazu werden zunächst aus den vielen möglichen x_i die vermutlich vitalen Einflussgrößen gefiltert. Diese vitalen x_i und die vom Kunden definierten Y_i werden konkretisiert, es wird die notwendige Stichprobengröße ermittelt und die Repräsentativität der Stichprobe sichergestellt, ein Datenerhebungsplan aufgestellt und eventuell eine Meßsystemanalyse durchgeführt. Schließlich wird gemessen.

Prozess-Mapping

Werkzeug	Zweck	Ergebnis	Verantwortung	
	Prozess beschreiben ← Process-Mapping	Zerlegung des IST-Prozesses in Prozessabschnitte	Transparenz darüber, wer, was in welcher Reihenfolge tut; erste Hinweise über Potentiale im Prozess	Black-Belt/ Green-Belt & Team

Wenn Unklarheit über den tatsächlichen Ablauf besteht wird zunächst ein Prozess-Mapping erstellt. Den Rahmen dafür bietet der der SIPOC. In dieser frühen Phase wird aufgezeigt, detaillierter als im SIPOC, wer, was, wann, wo erledigt. Die „Kunst“ des Prozess-Mapping besteht darin, das richtige Auflösungs-niveau für die Betrachtung zu finden: ist das Mapping zu global, dann bleiben „die Bäume im Wald verborgen“, ist das Mapping zu detailliert, „sieht man den Wald vor lauter Bäumen nicht“ mehr. Zweck des Prozess-Mappings ist, den Prozess transparent zu machen.

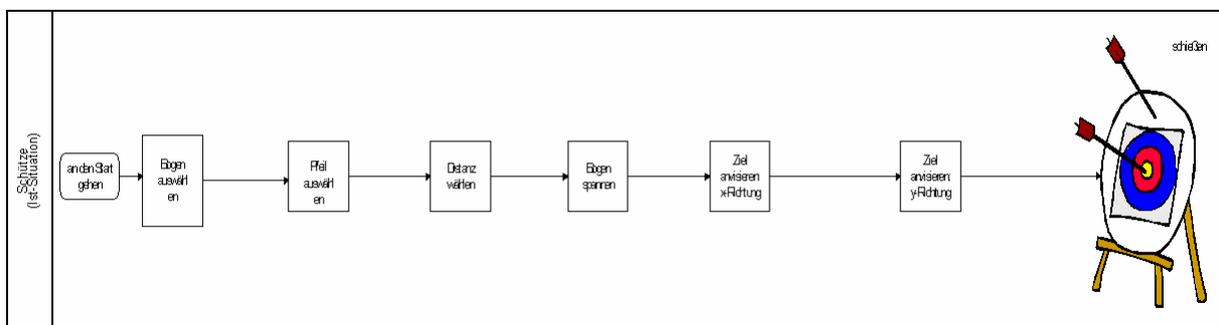


Abbildung 7: Prozess-Mapping der W.Tell AG

Beispiel: In dem Prozess-Mapping wurden die aktuellen Kern-Prozess-Schritte chronologisch angeordnet und einer verantwortlichen Abteilung zugeordnet.

Priorisierungs-Matrix

Werkzeug	Zweck	Ergebnis	Verantwortung																																										
<table border="1" style="display: inline-table; margin-right: 10px;"> <tr> <td></td> <td colspan="5">Output-Variablen</td> </tr> <tr> <td></td> <td>-3</td> <td></td> <td></td> <td>-1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2</td> <td>1</td> <td>-3</td> <td></td> <td>-2</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>-2</td> <td>1</td> <td></td> <td>-3</td> </tr> <tr> <td></td> <td>-2</td> <td></td> <td></td> <td>2</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>-1</td> <td></td> <td></td> <td>3</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> Hypothesen zu $Y = f(x)$ Einflüssen formulieren: ← Priorisierungs-Matrix • FMEA		Output-Variablen						-3			-1	2		2	1	-3		-2			-2	1		-3		-2			2				-1			3			3				Aus den vielen möglichen Input- & Prozessvariablen die vitalen Variablen herausfiltern Schichtungs-, bzw. Schlüsselvariablen identifizieren	Beziehungsstruktur zwischen Einfluss- und Ergebnisvariablen $Y = f(x_i, x_p)$ Schichtungsvariablen für Vergleiche von Teilstichproben identifiziert	Black-Belt/ Green-Belt & Team
	Output-Variablen																																												
	-3			-1	2																																								
	2	1	-3		-2																																								
		-2	1		-3																																								
	-2			2																																									
		-1			3																																								
		3																																											

In der Stichprobendefinition wird die Stichprobengröße festgelegt, die für den empirischen Nachweis der erwarteten Einflussstärke der ausgewählten x_i notwendig ist. Je größer der erwartete Einfluss der x_i auf die Y_i und je geringer die erwartete Variabilität der x_i ist, desto kleiner und damit kostengünstiger kann die notwendige Stichprobe sein. Weiterhin sorgt ein Plan zur Stichprobenziehung, abhängig von der Grundgesamtheit, die der Stichprobe zugrunde liegt, für ausreichende Repräsentativität der Daten.

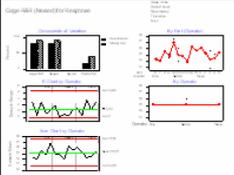
Datenerhebungsplan

Werkzeug		Zweck	Ergebnis	Verantwortung																									
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Daten</th> <th colspan="3">Operationalisierung und Prozeduren</th> </tr> <tr> <td>Was messen:</td> <td>Wie messen:</td> <td>Messbedingungen:</td> <td>Stichprobengröße, Power</td> <td>Auswertungsverfahren</td> </tr> <tr> <td>Auf der Messung:</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Datenhohe:</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Wie wird die Konsistenz und Stabilität gesichert?</td> <td colspan="4">Stichprobenplan: Illustration der Daten:</td> </tr> </table>	Daten		Operationalisierung und Prozeduren			Was messen:	Wie messen:	Messbedingungen:	Stichprobengröße, Power	Auswertungsverfahren	Auf der Messung:					Datenhohe:					Wie wird die Konsistenz und Stabilität gesichert?	Stichprobenplan: Illustration der Daten:				<p>Datenerhebung planen ← Datenerhebungsplan</p>	<p>Detaillierte Planung zur Erhebung und weiteren Verarbeitung der Daten</p>	<p>Liste, was, wann, wo, wie oft, wie, von wem gemessen und wie später visualisiert und ausgewertet wird</p>	<p><u>Black-Belt/ Green-Belt</u> & Team</p>
Daten		Operationalisierung und Prozeduren																											
Was messen:	Wie messen:	Messbedingungen:	Stichprobengröße, Power	Auswertungsverfahren																									
Auf der Messung:																													
Datenhohe:																													
Wie wird die Konsistenz und Stabilität gesichert?	Stichprobenplan: Illustration der Daten:																												

Im Datenerhebungsplan wird konkretisiert, was, wo, wann, wie häufig, mit welchem Instrument, von wem gemessen wird und welche Analyseverfahren nach der Datenerhebung angewandt werden sollen.

Beispiel: Der Plan weist nun aus, dass Herr A über einen Zeitraum von 14 Tagen, jede Stunde bei 10 Schüssen die Rahmenbedingungen erhebt (verwendeter Bogen, verwendete Pfeile, Distanz zum Ziel, gewählte Spannkraft, anvisierten x-/y-Koordinaten) und die jeweilige Distanz des geschossenen Loches zum Zentrum misst (Y_i).

Messsystemanalyse

Werkzeug		Zweck	Ergebnis	Verantwortung
	<p>Messsystem prüfen ← Messsystemanalyse: • Präzision/Toleranz • Gage R&R</p>	<p>Präzision, Stabilität und Konsistenz, d.h. Güte des Messsystems überprüfen und ggf. verbessern</p>	<p>Maßzahlen zur Güte des Messsystems geeignetes Messsystem</p>	<p><u>Black-Belt/ Green-Belt</u> & Team</p>

Falls Zweifel bestehen, ob das vorgesehene Messsystem geeignet, d.h. präzise, objektiv und zeitlich stabil ist, sollte eine Messsystem-Analyse durchgeführt werden. Sie zeigt eventuelle Schwächen auf und gibt Hinweise zur Verbesserung der Messung.

Beispiel: Zur Messung der Abweichung der Löcher vom Zentrum ist ein altes verknittertes Bandmaß vorgesehen, dessen Skala z.T. verblichen ist. Die Messsystemanalyse zeigt, dass Messungen weder von einer Person wiederholbar, noch von verschiedenen Personen replizierbar sind. Es wird die Anschaffung eines neuen Bandmaßes beschlossen, das nun alle Kriterien der Messung erfüllt.

Datenerhebung

Werkzeug					Zweck	Ergebnis	Verantwortung	
Prozess:		Datum:			Datenerhebung durch: • Sammlung vorhandener Daten • Messung aktueller Daten	Daten-Pool zu den ausgewählten Variablen für weitere Analysen verfügbar machen	konkrete Daten gemäß Datenerhebungsplan	<u>Black-Belt/ Green-Belt & Team</u>
		Schicht		gesamt				
	1	2	3					
A	7	8	10	25				
B	1	1	1	4				
C	1	1	1	5				
D	1	1	1	9				
E	1	1	1	2				

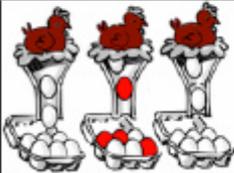
Die Datenerhebung erfolgt genau nach Datenerhebungsplan. Sie kann in der Messung aktueller Daten bestehen, oder sich aus der Sammlung vorhandener Daten in Datenbanken speisen.

Beispiel: Herr A erhebt nun die Daten gemäß Datenerhebungsplan

Analyse

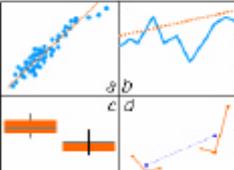
Zweck der Analyse-Phase ist, Zusammenhänge zwischen den gemessenen Y_i und x_i statistisch nachzuweisen, d.h. Stellschrauben zu finden, mit denen in der nachfolgenden Improve-Phase die Y_i durch Änderung der x_i in Richtung der Kundenanforderungen verändert werden können.

Mind-Set: systematische und zufällige Variation

Werkzeug		Zweck	Ergebnis	Verantwortung	
		Mind-Set: unterscheide: ← systematische von zufälligen Ereignissen	Analyse- und Verbesserungsstrategie festlegen	Vorgehensweise der weiteren Analyse geklärt und Verbesserungsstrategie eingegrenzt	<u>Black-Belt/ Green-Belt & Team</u>

Mit dem Konzept zur Unterscheidung systematischer von zufälligen Ereignissen wird die Verbesserungsstrategie festgelegt. Denn systematischer Variation (genau ein Huhn legt braune Eier) liegen oft offensichtliche, außergewöhnliche Ursachen zu Grunde, die zu bestimmten Zeiten, an bestimmten Orten unter bestimmten Bedingungen sporadisch auftreten. Hier sind sofortige Korrekturmaßnahmen empfehlenswert. Die zufällige Variation (alle Hühner legen braune Eier) ist immer, chronisch präsent, beeinflusst jeden Datenpunkt und die Ursache ist nicht sofort eindeutig erkennbar. Dies ist der typische Fall für die six-sigma Analyse- und Verbesserungs-Werkzeuge. Diese Typisierung sollte bei der weitem Analyse berücksichtigt werden.

Datendarstellung

Werkzeug		Zweck	Ergebnis	Verantwortung	
		Daten darstellen a) Streu-Diagramm b) Verlaufs-Diagramm c) Boxplot-Diagramm d) Multi-Vari-Diagramm	Darstellung von: a) Zusammenhängen b) Verläufen c) einfachen Unterschieden d) multiplen Unterschieden	graphische Zusammenfassung (Deskription) der gemessenen Daten erste Plausibilisierung von Annahmen	<u>Black-Belt/ Green-Belt & Team</u>

Die graphische Datendarstellung dient der visuellen Inspektion von Verteilungen, Proportionen, Verläufen, eventueller Zusammenhänge und Unterschiede in den Daten. Je nach Konstellation der Daten und entsprechend dem Datenerhebungsplan kommen Histogramm, Balkendiagramm, Verlaufsdiagramm, Streudiagramm, Boxplot und Multi-Vari-Diagramm zum Einsatz. Häufig wird die graphische Analyse direkt mit statistischen Tests verbunden, um die graphischen Phänomene gleich auf Signifikanz zu prüfen.

Beispiel: Zunächst schauen wir auf die Lage, bzw. Zentrierung der Löcher unter verschiedenen Schussbedingungen. Dazu fasst z.B. das Multi-Vari-Diagramm sehr übersichtlich die Mittelwerte der Einschusslöcher in vertikaler x-Richtung und horizontaler y-Richtung (Y_i) unter verschiedenen Schussbedingungen zusammen (x_i). Eine Steigung zwischen den Bedingungen deutet dabei auf eine Veränderung der Lage durch Veränderung der Bedingung.

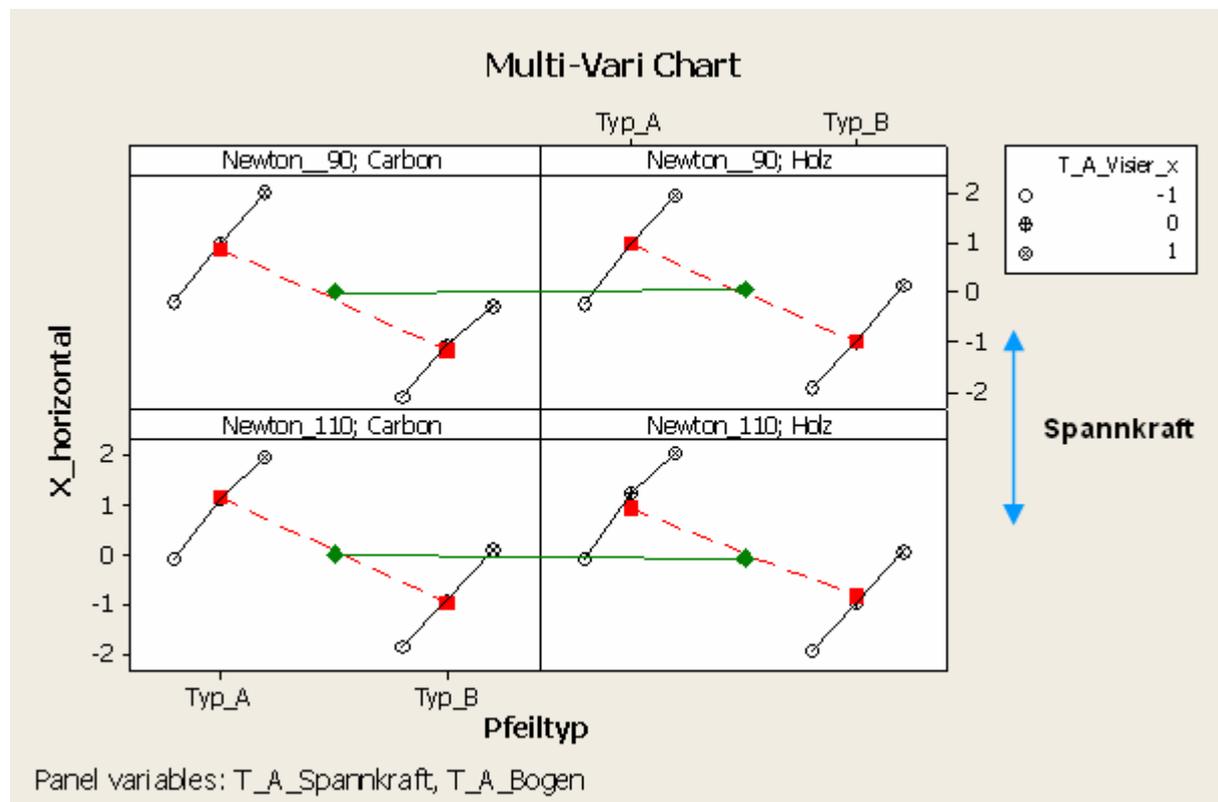


Abbildung 9: Multi-Vari-Chart zu Unterschieden in der horizontalen x-Lage der Löcher (Y_i) unter verschiedenen Bedingungen (x_i) (gilt analog für vertikale y-Lage der Löcher)

Beispiel: Der Pfeiltyp (A; B) und die Visiereinstellung in x-Richtung (-1; 0; 1) beeinflussen die horizontale Lage der Löcher. Die Spannkraft (90 Newton; 110 Newton) und der verwendete Bogen (Carbon; Holz) haben, zumindest bei graphischer Inspektion, keinen Einfluss auf die Lage in x-Richtung. Analog dazu haben die Visiereinstellung in horizontaler y-Richtung, die Spannkraft und der verwendete Bogen Einfluss auf die y-Koordinaten der Löcher; nicht relevant für die y-Lage ist dagegen der Pfeiltyp (nicht abgebildet). Diese Befunde werden weiter unten auf statistische Signifikanz geprüft.

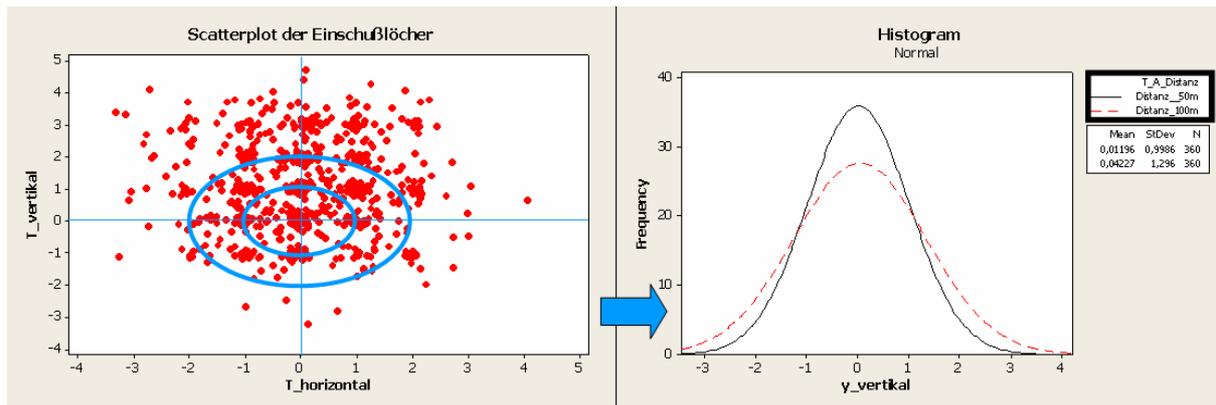
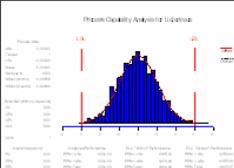


Abbildung 10: Streudiagramm der Einschusslöcher (links); Histogramm zur Verteilung der Löcher unter verschiedenen Distanzen (rechts)

Mit einem Streudiagramm untersuchen wir zunächst die Gesamtstreuung der Löcher in x/y-Richtung auf der Zielscheibe (Abbildung 10 links). Daneben vergleichen wir die Streuungen unter den verschiedenen Bedingungen und finden in einem Histogramm Unterschiede in der Verteilung der Löcher unter verschiedenen Distanzen (50m; 100m) (Abbildung 10 rechts). Dieser Befund wird weiter unten auf statistische Signifikanz geprüft.

Prozessfähigkeit

Werkzeug	Zweck	Ergebnis	Verantwortung
 <p>Prozessfähigkeit ermitteln</p> <p>← Process-Capability-Analysis (Cp, Cpk,...)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Process-Sigma • PPM, RTY, ... 	<p>Prozessleistung im Verhältnis zu Kundenanforderungen beurteilen;</p> <p>Vergleichbarkeit durch Prozesskennzahlen sicherstellen</p>	<p>Aussage über die Güte des aktuellen Prozesses, d.h. seine Ziel-Zentrierung, seine Streuung, sein aktuelles Performance-Niveau</p>	<p>Black-Belt/ Green-Belt</p>

Als Messgröße der Prozessfähigkeit dienen die Indices cp/ cpk (für beherrschte Prozesse) bzw. pp/ ppk (anwendbar bei nicht beherrschten Prozessen). Diese Indices setzen die Breite, sowie die Lage des Zielkorridors ins Verhältnis zur tatsächlich erreichten Prozessstreuung. Daraus resultierten mit cp (streuungsorientiert) und cpk-Werte (lageorientiert) zwei dimensionslose Maße für beide Zielaspekte von six-sigma, durch die beliebige Prozessleistungen vergleichbar werden. Sobald also ein Zielkorridor gegeben ist und reale Prozessergebnisse gemessen wurden, können Veränderungen in der Leistung eines Prozesses dokumentiert oder auch verschiedene Prozesse in ihrer Leistung verglichen werden.

Für die absolute Beurteilung gilt:

- cp/ cpk < 1: mangelhafter Prozess
 - 1,00 < cp/ cpk < 1,33: ausreichender bis befriedigender Prozess
 - 1,33 < cp/ cpk < 1,67: guter Prozess
 - 1,67 < cp/ cpk sehr guter Prozess
- Der Wert cp/ cpk= 2 entspricht einem six-sigma Prozess

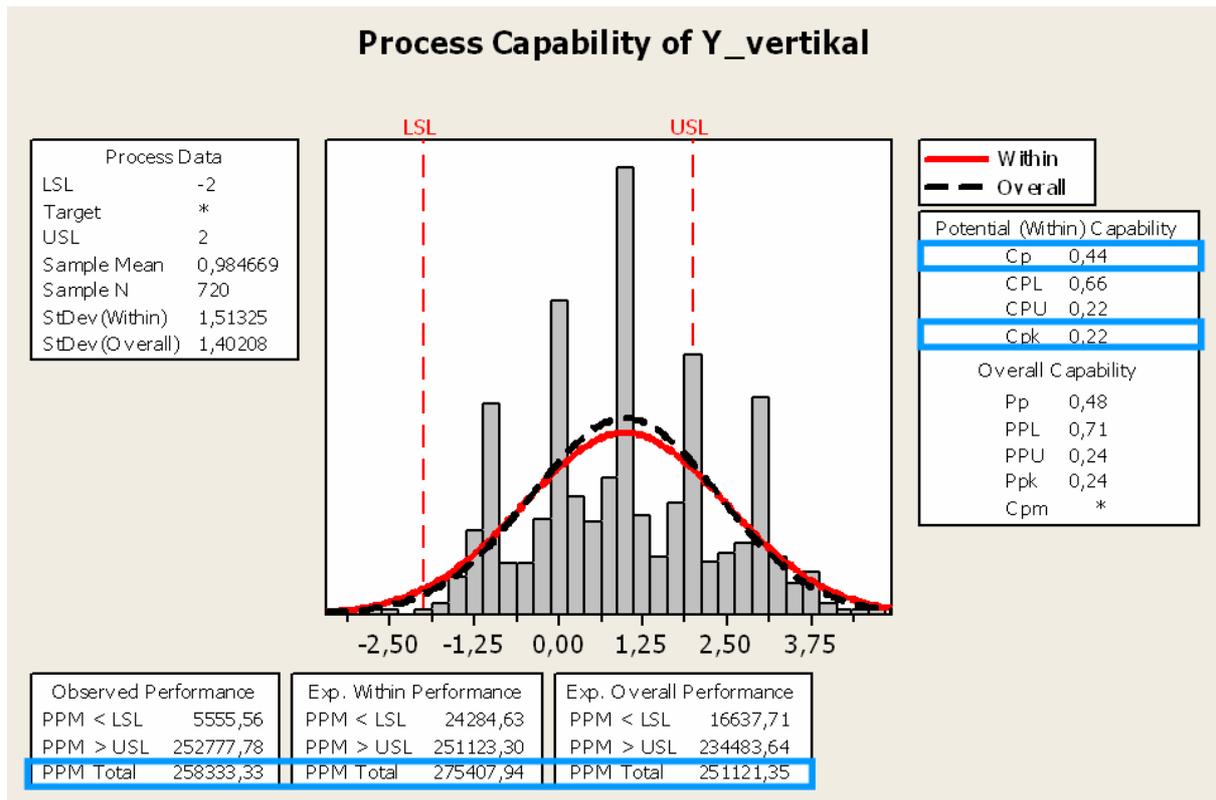


Abbildung 11: Prozessfähigkeit, bezogen auf die Streuung in vertikaler y-Richtung

Beispiel: Die Grafik zur Prozessfähigkeit zeigt ein Histogramm mit der Verteilung der Löcher in vertikaler y-Richtung auf der Zielscheibe, zusammen mit den Grenzen des Zielkorridors (die LSL= Lower Specification Limit= -2 und USL= Upper Specification Limit= 2 stellen die Begrenzung durch den zweiten Ring auf der Zielscheibe dar). Die Kennwerte zur Prozessfähigkeit zeigen mit $cp = 0,44$ und $cpk = 0,22$, wie vermutet, völlig inakzeptable Werte. An der Veränderung dieser Werte wird später das Ausmaß der Verbesserung abgelesen werden (vgl. Abbildung 17).

Run-Charts und Regelkarten

Werkzeug	Zweck	Ergebnis	Verantwortung
<p>zeitlichen Verlauf der Prozessleistung Beschreiben</p> <p>← Regelkarten</p> <ul style="list-style-type: none"> • \bar{X}/R, Individual, ... • P, NP, C, U, ... 	<p>Überprüfung des Prozessverlaufs nach auffälligen Strukturen & Kontrolle des aktuellen Prozesses</p>	<p>Strukturen, Trends und Ausreißer identifiziert</p> <p>Eingriffs-/Regelgrenzen definiert</p>	<p><u>Black-Belt/ Green-Belt</u></p>

Run-Charts dienen dazu, die Variation der Daten im Zeitverlauf zu analysieren. So können Trends, Zyklen, Strukturen und Muster, d.h. systematische und zufällige Veränderungen im Prozess erkannt und analysiert werden.

Regelkarten dienen dazu, die Grenzen der zufälligen Prozessvariation zu bestimmen. Dazu werden Kontrollgrenzen aus der Prozessvariation berechnet, um spezielle Ereignisse im Zeitverlauf erkennen und dadurch den Prozess nachhaltig kontrollieren zu können. Die Regelkarte kann als zeitlich mitlaufender, statistischer Signifikanztest betrachtet werden, bei dem extreme Werte außerhalb der Kontrollgrenzen nicht mehr als Zufallsschwankung, sondern als systematische Ereignisse interpretiert werden.

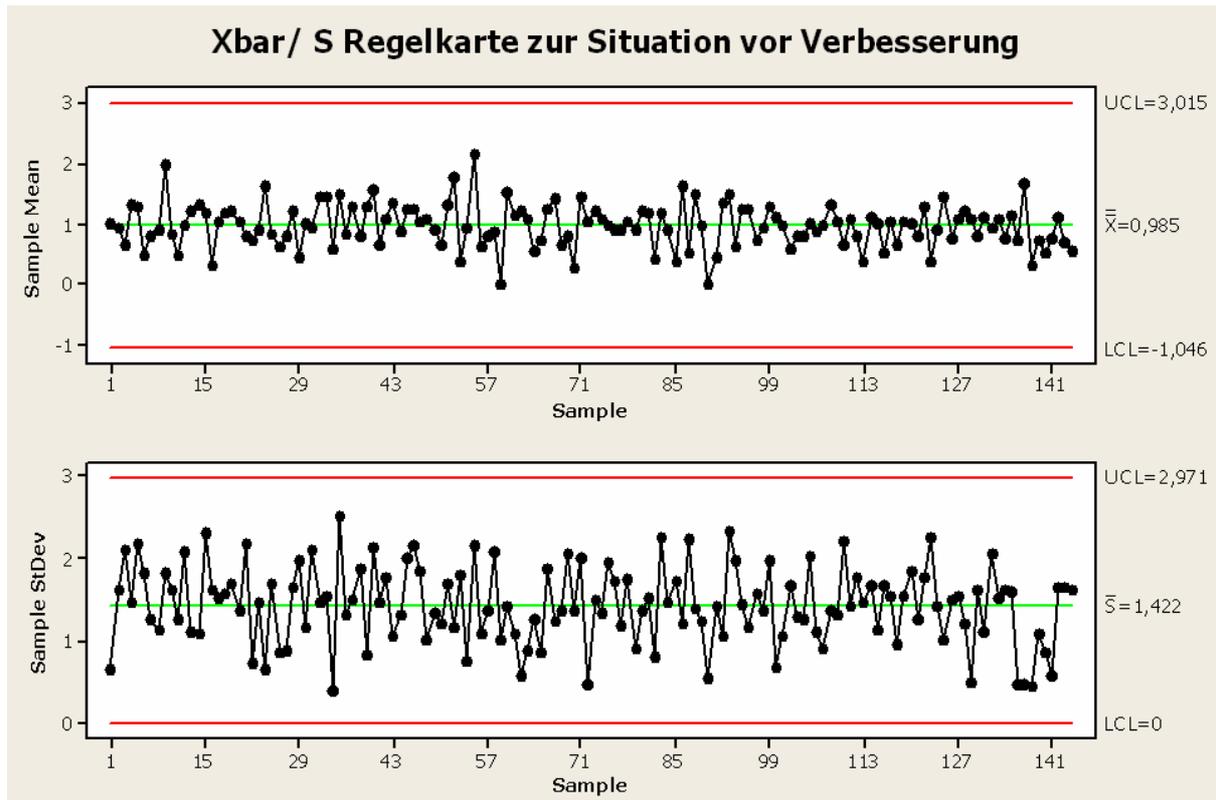


Abbildung 12: Regelkarte (Xbar/ S) zur Streuung der Löcher im zeitlichen Verlauf

Beispiel: Im zeitlichen Verlauf der Untersuchung zeigen sich keine Ausreißer ober- oder unterhalb der (roten) Kontrollgrenzen, so dass wir hier keine Anhaltspunkte für systematische Veränderungen im Untersuchungszeitraum und damit zu weiteren Verbesserungen erhalten. Wir erwarten aber, dass sich die Verbesserung des Prozesses durch Veränderung der Lage und Streuung unserer Löcher in der Regelkarte einer späteren Prüfung in der Control-Phase niederschlagen wird (vgl. Abbildung 18).

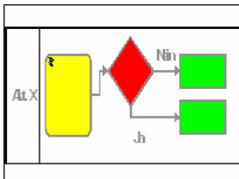
Wertschöpfungsanalyse

Werkzeug	Zweck	Ergebnis	Verantwortung	
<p>← Wert-Analyse-Matrix</p>	<p>Wertschöpfung von Verschwendung unterscheiden</p>	<p>Wertschöpfung und Verschwendung/ Probleme in den einzelnen Prozessschritten kennzeichnen und Zykluszeiten ausweisen</p>	<p>Problemliste mit Potentialkalkulation bei Abstellen der Probleme; Ansatzpunkte für: a) direkte Verbesserung b) weitere Analysen c) statist. Hypothesen</p>	<p>Black-Belt/ Green-Belt & Team</p>

Die Wertschöpfungsanalyse zielt darauf, in den einzelnen Schritten des Prozesses Verschwendungen im Sinne des KVP zu finden. Dieses Werkzeug ist sehr breitbandig und eignet sich besonders bei gewachsenen und komplexen Prozessen, erste Ansatzpunkte für Verbesserungen zu finden. Bei Prozessen mit niedriger Prozessfähigkeit ist sogar dringend empfohlen, zunächst die Verschwendungen zu eliminieren, bevor gezielt nach Einflussfaktoren x_i gesucht wird, damit Zusammenhänge aus $Y_i = f(x_i)$ nicht von einem „Verschwendungsrauschen“ überlagert werden.

Beispiel: Unser Bogenschießprozess ist sehr schlank, so dass eine Wertschöpfungsanalyse nicht notwendig erscheint.

Prozess-Modellierung

Werkzeug	Zweck	Ergebnis	Verantwortung
 <p>Prozess-Mapping ← Modellierung</p>	Nähere Beschreibung des Prozesses durch Eigenschaften aus der Wert-Analyse und Abbildung relevanter Variablen. Detail-Analyse kritischer Prozessschritte	Modell der Realität	<u>Black-Belt/ Green-Belt</u> & Team

In der Prozess-Modellierung wird das Prozess-Mapping (siehe Abbildung 7) durch Eigenschaften des Prozesses ergänzt, um die Einflussfaktoren x_i und Verschwendungen lokalisieren zu können. Diese Informationen erhält man aus der Wertschöpfungsanalyse sowie aus den relevanten Messungen. Mit dem verwendeten Software-Werkzeug *iGrafx Process for six-sigma* können jedem Prozessschritt Bearbeitungszeiten, Fehlerhäufigkeiten, Ressourcen, Kosten etc. zugewiesen werden, die auch man für eine spätere Simulation des Prozesses noch benötigt (siehe Abschnitt DOE).

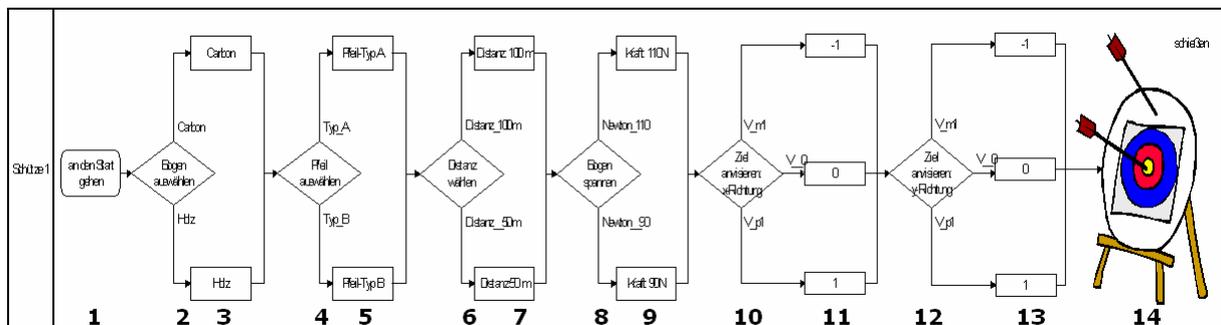
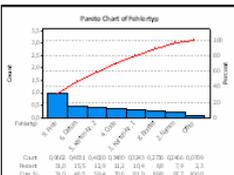


Abbildung 13: Prozess-Modell der W.Tell AG

Beispiel: Das Prozess-Mapping zeigt die zentralen Schritte des Bogenschießens und erlaubt damit die Überprüfung der Funktionalität des Prozessdesigns sowie die Lokalisierung der Einflussvariablen x_i . Der vorliegende Prozess zeigt weder unnötige Verantwortungswechsel, Medienbrüche, Ersatzprozesse noch überflüssige Prozessschritte und damit noch keinen Anhaltspunkt für Verbesserungen. Aber wir wissen jetzt, wo die Einflussgrößen wirken.

Pareto-Diagramm

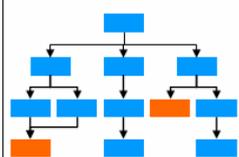
Werkzeug	Zweck	Ergebnis	Verantwortung
 <p>Problemschwerpunkt identifizieren ← Pareto-Diagramm • Faktoren-Analyse</p>	Schwerpunkte bei Fehlern bzw. Fehlleistungskosten finden	priorisierte Problemliste mit Potentialkalkulation bei Behebung der Probleme/ Fehler, Ansatzpunkt für Ursachenanalyse	<u>Black-Belt/ Green-Belt</u>

Das Pareto-Diagramm gehört zu den graphischen Werkzeugen der Datendarstellung. Es wird an dieser Stelle aber noch einmal gesondert erwähnt, weil damit Probleme aus dem Prozess priorisiert und damit Schwerpunkte für die weitere Verbesserung gesetzt werden können. Dazu werden entweder die Häufigkeit, mit der die Probleme auftauchen, oder die resultierenden Kosten der Probleme in eine Reihen-

folge gebracht. Folgen Fehlerhäufigkeit bzw. Fehlleistungskostenhöhe dem Pareto-Prinzip, d.h. der 80/20 Regel, dann wählt man für die nachfolgende Ursachenanalyse die wenigen 20% der Probleme, die für 80% der Gesamtsituation verantwortlich sind. Vorsicht ist jedoch geboten, wenn die Probleme in wechselseitiger Abhängigkeit stehen. Denn eine Problemquelle kann dann nicht an erster Stelle des Pareto-Diagramms stehen. Denn ein Folgeproblem, das dann auftritt, wenn das Quellproblem aufgetreten ist, aber darüber hinaus noch eine unabhängige Auftretenswahrscheinlichkeit hat, muss in der Häufigkeit vor dem Quellproblem rangieren.

Beispiel: Der einzige Fehler, der beim Bogenschießen auftritt, ist die Abweichung der Löcher über den Zielkorridor hinaus, so dass ein Pareto-Diagramm hier keinen Sinn macht.

Ursachen-Wirkungs-Analyse

Werkzeug	Zweck	Ergebnis	Verantwortung
 <p>Problemursachen suchen</p> <ul style="list-style-type: none"> ← Treiber-Baum • Ishikawa-Diagramm • Faktoren-Analyse 	Kern-Ursachen von Problemen identifizieren	Kern-Ursachen und damit Ansatzpunkte für a) direkte Verbesserung b) weitere Analysen c) statist. Hypothesen	<u>Black-Belt/ Green-Belt</u> & Team

Die Ursache-Wirkungs-Analyse setzt an dem Hauptproblem des Pareto-Diagramms an, um seine Kernursachen zu identifizieren. Durch die fast penetrant wiederholte Frage nach dem *Warum* des Problems werden Quellursachen deutlich, an denen in der Improve-Phase die Lösung ansetzt. Logisch rationale Werkzeuge dieser Ursachen-Analyse sind das weit bekannte Fischgrät-/ Ishikawa-Diagramm und der Treiber-Baum. Wenn Daten zu Fehlern des Gesamtprozesses sowie Daten über Fehler in Teilsprozessschritten vorliegen, dann hilft die statistische Faktoren-Analyse bei der Ermittlung von Quell-Ursachen. Liegen Daten über die Einfluss-Faktoren x_i und das Ergebnis Y_i vor, bietet das Design of Experiments (DoE) eine elegante statistische Alternative zur Ursache-Wirkungs-Analyse.

Beispiel: Da wir vermutlich ausreichend aussagekräftige Daten über die Zusammenhänge zwischen $Y_i = f(x_i)$ erhoben haben, werden wir auch die Ursache-Wirkungs-Analyse hier nicht anwenden, sondern entscheiden uns für das Design of Experiments (siehe Abschnitt DOE).

Hypothesenformulierung

Werkzeug	Zweck	Ergebnis	Verantwortung									
<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td></td> <td>H_0</td> <td>H_A</td> </tr> <tr> <td>H_0</td> <td>richtige Entscheidung 1-α correct rejection</td> <td>Typ II Fehler β missed signal</td> </tr> <tr> <td>H_A</td> <td>Typ I Fehler α false alarm</td> <td>richtige Entscheidung 1-β hit</td> </tr> </table> <p>statistische Hypothesen formulieren: $Y = f(x)$</p> <ul style="list-style-type: none"> • H_0: kein Zusammenhang • H_A: Zusammenhang 		H_0	H_A	H_0	richtige Entscheidung 1- α correct rejection	Typ II Fehler β missed signal	H_A	Typ I Fehler α false alarm	richtige Entscheidung 1- β hit	Formulierung der Annahmen über den Prozess in Form von Hypothesen zu: a) Unterschieden und b) Zusammenhängen in den gemessenen Einfluss- und Ergebnisvariablen	Menge von statistisch prüfbar Aussagen zu Zusammenhängen über Prozesseinflüsse und Prozessergebnisse	<u>Black-Belt/ Green-Belt</u>
	H_0	H_A										
H_0	richtige Entscheidung 1- α correct rejection	Typ II Fehler β missed signal										
H_A	Typ I Fehler α false alarm	richtige Entscheidung 1- β hit										

Streng betrachtet, wurden schon durch die Filterung in der Priorisierungs-Matrix Hypothesen darüber formuliert, welche der Einflussgrößen x_i mit den Ergebnisgrößen Y_i zusammen hängen. Spätestens jetzt sollten präzise Annahmen zu Zusam-

menhängen zwischen x_i und Y_i als Hypothesen formuliert und im nächsten Schritt mit angemessenen statistischen Tests geprüft werden. Dabei ist zu beachten, dass Signifikanzaussagen immer mit einer Wahrscheinlichkeit verknüpft sind, richtige und falsche Aussagen zu treffen. Weiterhin muss beachtet werden, dass statistische Signifikanz allein nichts über die Stärke eines Zusammenhangs oder auch eines Unterschieds aussagt. Effektstärke und Signifikanzniveau hängen zwar voneinander ab, jedoch können auch sehr schwache Zusammenhänge zwischen Y_i und x_i signifikant werden ohne dass damit ein praktischer Nutzen verbunden wäre. Die alleinige Auswahl der x_i nach statistischer Signifikanz würde einem vermeintlichen Stellhebel zu viel Einfluss zuschreiben.

Beispiel: Aus den Ergebnissen des Multi-Vari-Charts ergeben sich folgende statistisch prüfbare Hypothesen:

1. Die x-Lage der Löcher ($Y_{x\text{-horizontal}}$) unterscheidet sich (nicht) in Abhängigkeit vom gewählten Pfeiltyp und Visiereinstellung in x-Richtung.
2. Die y-Lage der Löcher ($Y_{y\text{-vertikal}}$) unterscheidet sich (nicht) in Abhängigkeit vom gewählten Bogentyp, Spannkraft, Visiereinstellung in y-Richtung.
3. Es besteht ein/ kein Zusammenhang zwischen Streuung der Löcher (Y_{Streuung}) und Distanz zur Zielscheibe (X_{Distanz}).

Diese Hypothesen werden nachfolgend mit statistischen Tests geprüft.

Hypothesentest

	Werkzeug		Zweck	Ergebnis	Verantwortung
Zusammenhang	Nominal-Daten Chi²-Test (χ^2)	Intervall-Daten Korrelation Regression	bedeutsame Einflüsse x herausfiltern und statistisch absichern	Entscheidung, welche der formulierten Hypothesen - H ₀ oder H _A - mit welcher Unsicherheit zutrifft; Ansatzpunkte für Verbesserungen	<u>Black-Belt/ Green-Belt</u>
Unterschied	Chi ² -Test (χ^2)	t-Test ANOVA	← Statistische Tests		

Mit statistischen Tests werden die im vorigen Abschnitt formulierten Hypothesen überprüft. Statistische Prüfverfahren können, entsprechend der beiden denkbaren Hypothesenarten, in Zusammenhangs- und Unterschiedstests eingeteilt werden. Abhängig von dem vorliegenden Datenniveau und der Verteilung der Daten wird die Auswahl der geeigneten statistischen Tests kanalisiert.

Beispiel: Zur Untersuchung der 1. und 2. Hypothesen wird die Varianzanalyse eingesetzt. Sie bestätigt die beiden Hypothesen, so dass wir mit hoher Wahrscheinlichkeit sagen können:

1. Die x-Lage der Löcher ($Y_{x\text{-horizontal}}$) unterscheidet sich in Abhängigkeit vom gewählten Pfeiltyp und der Visiereinstellung in x-Richtung.
2. Die y-Lage der Löcher ($Y_{y\text{-vertikal}}$) unterscheidet sich in Abhängigkeit vom gewählten Bogentyp, Spannkraft und der Visiereinstellung in y-Richtung.

Zur Prüfung der 3. Hypothese wird der F-Test und Levene-Test eingesetzt. Sie bestätigen die Hypothesen, so dass wir mit hoher Wahrscheinlichkeit sagen können:

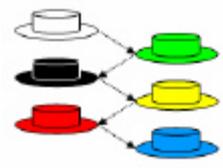
3. Es besteht ein Zusammenhang zwischen Streuung der Löcher (Y_{Streuung}) und Distanz zur Zielscheibe (X_{Distanz}).

Damit sind die wichtigsten Stellschrauben für Improve-Phase gefunden.

Improve

Zweck der Improve-Phase ist, die in der Analyse-Phase gefundenen Stellschrauben x_i so einzustellen, dass die Y_i sich im Zielkorridor bewegen, um dadurch die Kundenanforderungen zu erfüllen.

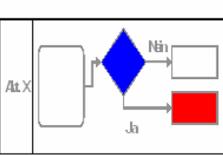
Kreativitätstechniken

Werkzeug	Zweck	Ergebnis	Verantwortung
 <p>Ideen zur Veränderung der Einflüsse x kreieren</p> <p>← De-Bono</p> <ul style="list-style-type: none"> • Brainstorming • 6-3-5-Methode • morpholog. Kasten 	(neue) Ideen finden, um die ausgewiesenen, wichtigen Einflüsse so zu verändern, dass die Ergebnisse besser werden	Lösungsalternativen	<u>Black-Belt / Green-Belt</u> & Team

Kreativitätstechniken zielen darauf ab, in einer Teamarbeit, effektive und effiziente Wege zu finden, die Einflussgrößen x_i zu verändern. Wurden in der Ursache-Wirkungs-Analyse Quell-Ursachen für die Ausprägung der Ergebnisgrößen gefunden, setzen die Kreativitätstechniken direkt an der Modifikation der Quell-Ursachen an. Bei einer gut ausgeführten Ursache-Wirkungsanalyse reicht es jedoch oft schon, die Kern-Ursachen gewissermaßen auf den Kopf zu stellen, um zu brauchbaren Lösungen zu gelangen. Manchmal ist jedoch auch notwendig, völlig neue Wege zu gehen. Dafür bietet DeBono mit seinen deutlich zu unterscheidenden Kreativitätsphasen einen passenden, aber leider sehr oft vernachlässigten Rahmen. Viel zu oft gilt noch der Satz von Erich Kästner: „Wer eine neue Idee hat, steht ganz alleine da“, weil neue Ideen gleich durch Widerstände erdrückt werden. Das ist beim Brainstorming sehr oft zu beobachten, ebenso die die Tatsache, dass neue Ideen ungeprüft oder aus einem Gefühl heraus übergangen werden. Vielleicht achten Sie einfach mal bei der nächsten Gelegenheit darauf.

Beispiel: Da (vermutlich) alle relevanten Daten über Zusammenhänge zwischen x_i und Y_i vorliegen, wenden wir keine Kreativitätstechniken an, sondern lassen uns die optimale Lösung durch das Zusammenspiel von Prozess-Simulation und einem Design of Experiments berechnen.

Lösungsalternativen entwickeln

Werkzeug	Zweck	Ergebnis	Verantwortung
 <p>alternative Lösungen zu $Y=f(x)$ entwickeln und beobachten:</p> <p>← Prozess-Simulation</p>	alternative Soll-Prozesse entwickeln, die den Raum für die spätere Lösung abdecken	Lösungsalternativen	<u>Black-Belt / Green-Belt</u> & Team

Lösungsalternativen des Prozesses könnten z.B. aus Variationen des Inputs, Variationen des Ablaufs und aus alternativen Ressourcenverteilungen resultieren. Die Auswahl der besten Lösung kann auf der Basis rationaler Überlegungen oder datenbasiert durch den Vergleich verschiedener Simulationsszenarien erfolgen. Im nächsten

Abschnitt wird gezeigt, wie die optimale Lösung aus dem Zusammenwirken von DoE und Prozess-Simulation gewonnen werden kann.

Beispiel: Auf Basis des Prozess-Modells und dem Wissen über Einflussfaktoren wurden verschiedene Prozess-Varianten erstellt. Mit Hilfe der einer DOE (siehe nächsten Abschnitt), die auf der Basis der Simulation erstellt wurde kann die optimale Lösung mittels Response-Optimization gefunden werden. Eine abschließende Simulation in einem optimierten Szenario ermöglicht es, die statistisch in der DoE vorhergesagten Ergebnisse, in der Prozess-Simulation zu überprüfen.

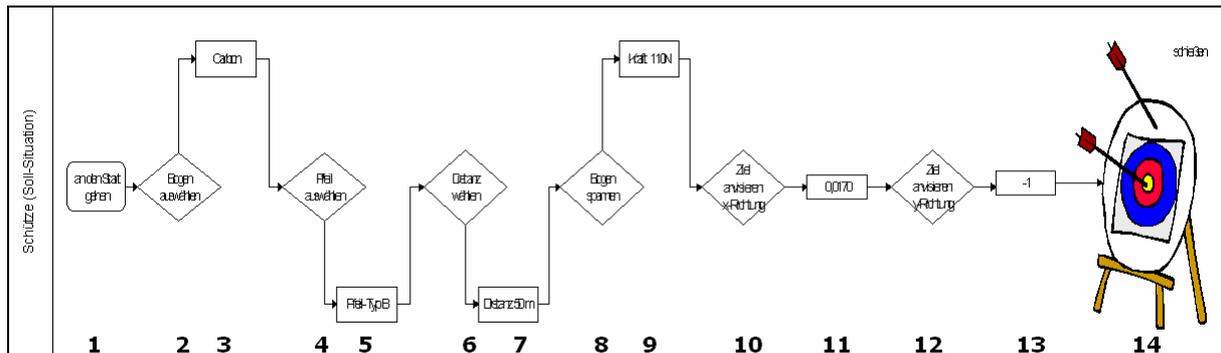
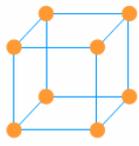


Abbildung 14: optimierter Prozess der W.Tell AG

Design of Experiments (DOE)

Werkzeug	Zweck	Ergebnis	Verantwortung
	Design of Experiments (DOE)	gleichzeitige, systematische Untersuchung verschiedener Einflüsse (Lösungsansätze) auf das Prozessergebnis	beste/ wirkungsvollste/ Kombination von Lösungsideen
			Black-Belt/ Green-Belt

Häufig werden Verbesserungen durch Versuch-und-Irrtum-Experimente gesucht. Im Design of Experiments werden die Einflussgrößen x_i dagegen kontrolliert verändert und die jeweilige Veränderung der Y_i gemessen. Die Idee dahinter ist, durch systematisches Variieren und Konstanthalten der Einflussgrößen den Anteil des jeweils variierten Einflusses auf das Ergebnis bestimmen zu können. Als Resultat erhält man so genannte Haupteffekte von Einflussgrößen und gegebenenfalls auch Interaktionseffekte mehrerer Einflussgrößen, die sich dann gegensinnig oder auch aufschaukelnd auf die Ergebnisgrößen verhalten können.

Beispiel: Zunächst wird ein Versuchsdesign erstellt. Die Einflussgrößen werden darin auf zwei bzw. drei Stufen variiert und systematisch miteinander kombiniert, so dass insgesamt 36 Einzelversuche resultieren. Ein Versuch lautet z.B.: Bogen: Holz; Pfeil: Typ A, Visiereinstellung x-Richtung: -1; Visiereinstellung y-Richtung: -1. In dieser Einstellung könnten nun 10 Schüsse abgegeben und die Resultate gemessen werden. Danach wird genau eine Einstellung verändert, z.B. Visiereinstellung y-Richtung: 0 und danach wieder 10 Schüsse abgegeben. Die varianzanalytische Auswertung der Ergebnisse ermöglicht, den Einfluss jedes Faktors und die Stärke der Interaktionen der Faktoren zu berechnen.

systematische Kombination der Einfluss-Bedingungen (X)				Visiereinstellung: X-Richtung										
				-1			0			1				
				Visiereinstellung: Y-Richtung			Visiereinstellung: Y-Richtung			Visiereinstellung: Y-Richtung				
				-1	0	1	-1	0	1	-1	0	1		
Bogen	Holz	Pfeil	Typ A	x = -0.15 y = 1.73	...									
			Typ B	...	Ergebnismessung (Y)									
	Carbon	Pfeil	Typ A											
			Typ B											

Abbildung 15: Design of Experiments für Bogen-Schieß-Prozess

In diesem Design werden insgesamt 36 Versuche notwendig. Mit zunehmender Anzahl der Einflussgrößen wächst die Anzahl der Versuche exponentiell. Zwar kann mit so genannten *fraktionierten* Designs die Anzahl der Versuche und damit die Kosten reduziert werden, jedoch geht das zu Lasten der Präzision der Ergebnisse. Einen eleganten Ausweg bieten Simulationen. Nachdem wir das Prozess-Modell (s.o.) nicht nur zur Prozessdarstellung genutzt haben, sondern jeden einzelnen Schritt mit seinen realen Attributen gefüllt haben, z.B. mit den Spezifikationsangaben der Pfeile und der Bögen, den möglichen Distanzen, Spannkraften und Visiereinstellungen, kann der Prozess kostengünstig gemäß dem erstellten Design simuliert werden.

Diese Simulation mit dem Werkzeug *iGrafx Process for six-sigma* erzeugt Daten zum Design, die dann mit *Minitab* statistisch ausgewertet werden können.

Da nach der Auswertung bekannt ist, wie x_i die Y_i beeinflussen, kann nun, gewissermaßen rückwärts, die optimale Einstellung der Einflussgrößen für das angestrebte Ziel berechnet werden. In dieser Response Optimization wird für x_i die Einstellung gesucht, mit der genau „ins Schwarze“ getroffen wird, d.h. für den Treffpunkt x -horizontal= 0 und y -vertikal= 0.

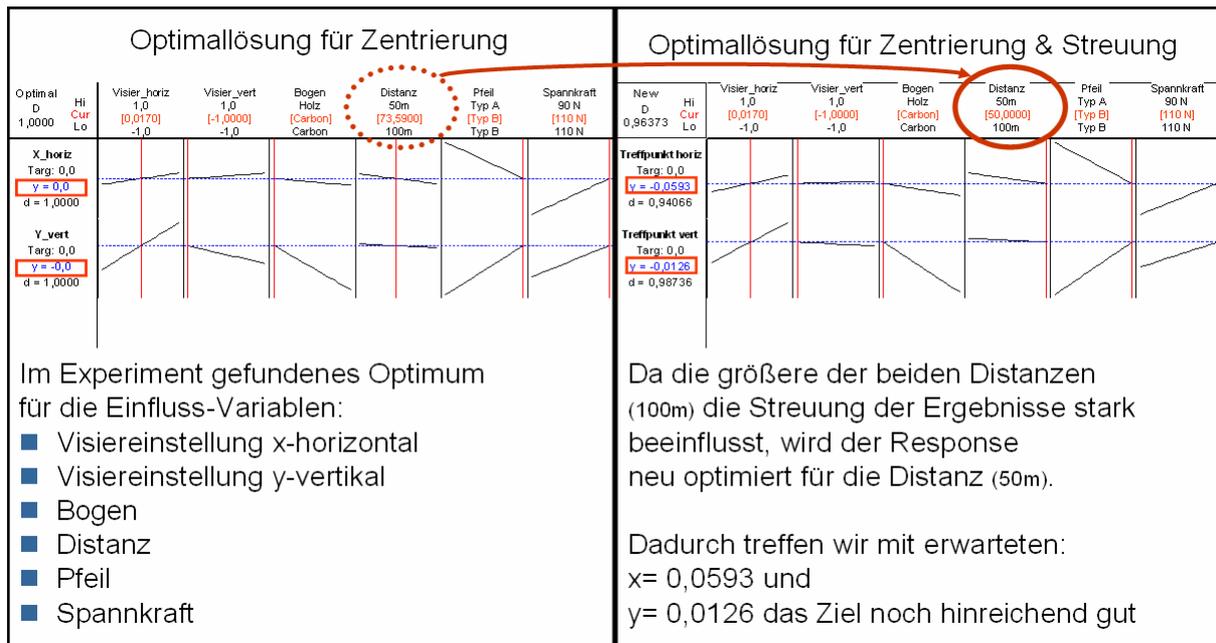


Abbildung 16: Berechnung der optimalen Einstellung der Einflussgrößen xi

Die erste Lösung der Response-Optimization zeigt (Abbildung linke Seite), dass für die Zielwerte x-horizontal und y-vertikal jeweils der Wert 0, d.h. Treffer „ins Schwarze“ vorgegeben wurde. In den Spalten findet man die verschiedenen Faktoren, z.B. Visiereinstellung x, Bogen etc. Die Grafiken zeigen über die Steigung der Geraden den Zusammenhang zwischen Einflussgröße und Ergebnisgröße – je steiler, desto stärker. Die roten Ziffern in der Abbildung 16 zeigen schließlich die berechnete Einstellung für die jeweilige Einflussvariable. So muss das Visier x-horizontal auf 0,0170, das Visier y-vertikal auf -1 eingestellt werden, bei Verwendung des Carbon-Bogens und des Pfeiltyps B, bei 100 m Distanz und einer Spannkraft von 110 Newton usw., um die Lage zu zentrieren. Für die Distanz schlägt der Response-Optimizer 73m vor. Die erste Datenanalyse hatte jedoch schon ergeben, dass die Distanz maßgeblich für die Streuung der Löcher verantwortlich ist – je kürzer, desto weniger Streuung. Die Neuberechnung der Trefferlage aus der 50m Distanz führt nun mit einem vorhergesagten Treffpunkt x-horizontal= -0,0593 und y-vertikal= -0,0126 zu einer geringen Lageabweichung bei jedoch minimal möglicher Streuung. Alternativ hätten mit einer speziellen Variante der DoE (Taguchi-Design) die Lage und Streuung der Löcher gleichzeitig, also noch eleganter optimiert werden können. Dafür zeigt das vorgestellte Verfahren den Weg zur Verbesserung etwas differenzierter.

Lösungsübersicht

Werkzeug	Zweck	Ergebnis	Verantwortung
<p>← Lösungsübersicht</p>	Lösung präsentieren & über Implementierung entscheiden	Transparenz über bislang erreichten Ergebnisse als Grundlage für eine Implementierungsentscheidung	Black-Belt/ Green-Belt & Team & Management
	Transparenz über das Wirkungsgefüge zwischen relevanten Output- (Y _i), Prozess- & Input-Variablen (X _i), sowie über Aufwand/Nutzen der Lösungsansätze		

Die Lösungsübersicht dient der Entscheidung über die angemessene Lösung. Sie fasst zusammen, welche Y_i von welchen x_i abhängen, welche Möglichkeiten es gibt, die x_i zu verändern und zu welchen veränderten Y_i das führt, ergänzt durch eine Aufwand-/Nutzen-Betrachtung. Diese Lösungsübersicht liefert die technische und kaufmännische Grundlage für die Implementierungsentscheidung des Projekt-Sponsors.

Beispiel: Unser Management ist mit der vorgeschlagenen Lösung des Response-Optimizers zufrieden und gibt den Start frei für die Implementierung.

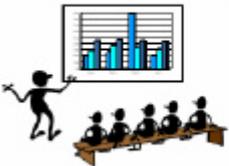
FMEA

Werkzeug		Zweck	Ergebnis	Verantwortung
 <p>Risiken der Lösung finden und minimieren ← FMEA</p>		potentielle Risiken/Probleme, deren Ursachen und Wirkungen aufzeigen und proaktive Maßnahmen für die ausgewählte Lösung generieren	risiko-minimierte Lösung	Black-Belt/ Green-Belt & Team

Vor der Implementierung empfiehlt es sich noch, die Lösung in einer Fehlermöglichkeiten-Einfluss-Analyse auf Risiken zu untersuchen und möglichst präventive Maßnahmen einzuleiten. Dazu werden a) mögliche Probleme aufgelistet und ihre Entdeckbarkeit bewertet, b) die Wirkungen, die auftretende Probleme beim Kunden aufgelistet und die Stärke der Wirkung bewertet und c) die Ursachen der Probleme aufgelistet und deren Auftretenswahrscheinlichkeit bewertet. Die Produktsumme der Bewertungen mündet in die so genannte Risikoprioritätszahl, deren jeweilige Größe Präventivmaßnahmen sinnvoll erscheinen lassen kann oder nicht.

Beispiel: Wir erwarten keine Risiken in diesem Beispiel.

Implementierung

Werkzeug		Zweck	Ergebnis	Verantwortung
 <p>Lösung implementieren • Implementierungsplan • Kommunikation • Schulung • Umsetzung</p>		Vorgehensweise definieren, Widerstände bei Betroffenen und Beteiligten möglichst minimieren & Verbesserung umsetzen	Informierte und für die Anforderungen der neuen Lösung qualifizierte Mitarbeiter helfen unterstützen die geplante Umsetzung	Black-Belt/ Green-Belt & Team Management

Die Implementierung der Lösung wird, soweit notwendig, zunächst geplant, dann wird das Vorhaben kommuniziert. Widerstände der Mitarbeiter gegen die Lösung sollten ernst genommen und deren gute Ideen bei der Implementierung berücksichtigt werden. Eine Schulung der betroffenen Mitarbeiter beendet die Improve-Phase.

Control

Die Control-Phase dient dazu, die Veränderungen in der Prozessleistung statistisch abzusichern, über den Zeitverlauf zu monitoren und gegebenenfalls zu steuern. Dazu wird auf Werkzeuge der Analyse-Phase zurückgegriffen.

Hypothesentest

Anders als in der Analyse-Phase geht es hier nicht mehr um Zusammenhänge zwischen Y_i und x_i , sondern um Unterschiede zwischen Y_{t1} und Y_{t2} , also um die Prüfung von Vorher-Nachher-Unterschieden.

Beispiel: In den statistischen Tests wird deutlich, dass sich Lage und Streuung signifikant in Zielrichtung verschoben haben.

Prozessfähigkeit

Das Ausmaß der Veränderung wird anschaulich durch den Vergleich der Prozessfähigkeits-Diagramme und die absolute Bewertung der Fähigkeitsindices cp/ cpk (vgl. Abschnitt Prozessfähigkeit).

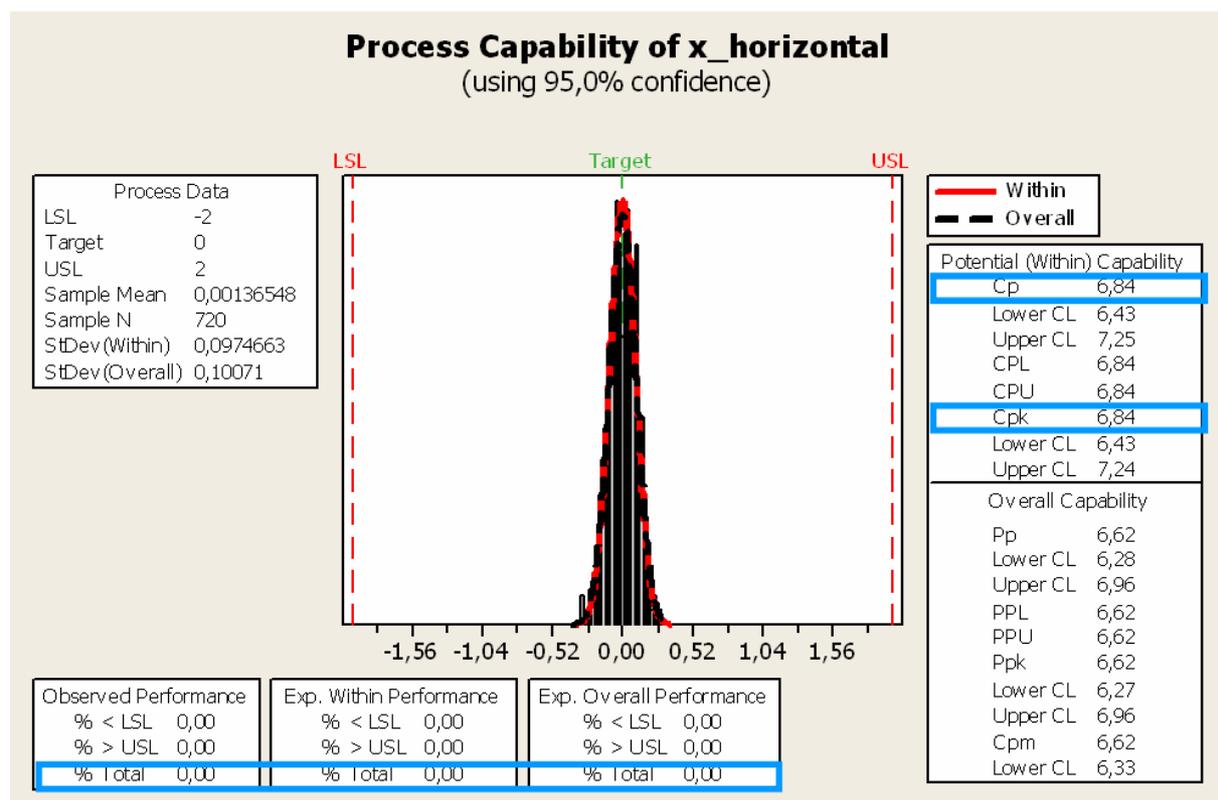


Abbildung 17: Prozessfähigkeit des veränderten Prozesses

Beispiel: Das neue Histogramm (vgl. Abb. 11) zeigt eine deutlich zentrierte, enge Verteilung der Löcher um den Nullpunkt mit viel Platz zu den Spezifikationsgrenzen. Weiterhin wird deutlich, dass die Wahrscheinlichkeit, mit diesem veränderten Prozess den 2. Ring zu überschreiten (LSL/ USL), sehr gering ist. Mit $cp = cpk = 6,84$ werden in diesem Beispiel dann auch extrem positive Ergebnisse erreicht, die in der

Praxis kaum zu realisieren sind, hier aber anschaulich den Vorher-Nachher-Unterschied verdeutlichen.

Regelkarte

Die Regelkarte zeigt ebenfalls eindrucksvolle Veränderungen. Das Ausmaß der Veränderung wird anschaulich durch den Vergleich der Prozessfähigkeits-Diagramme.

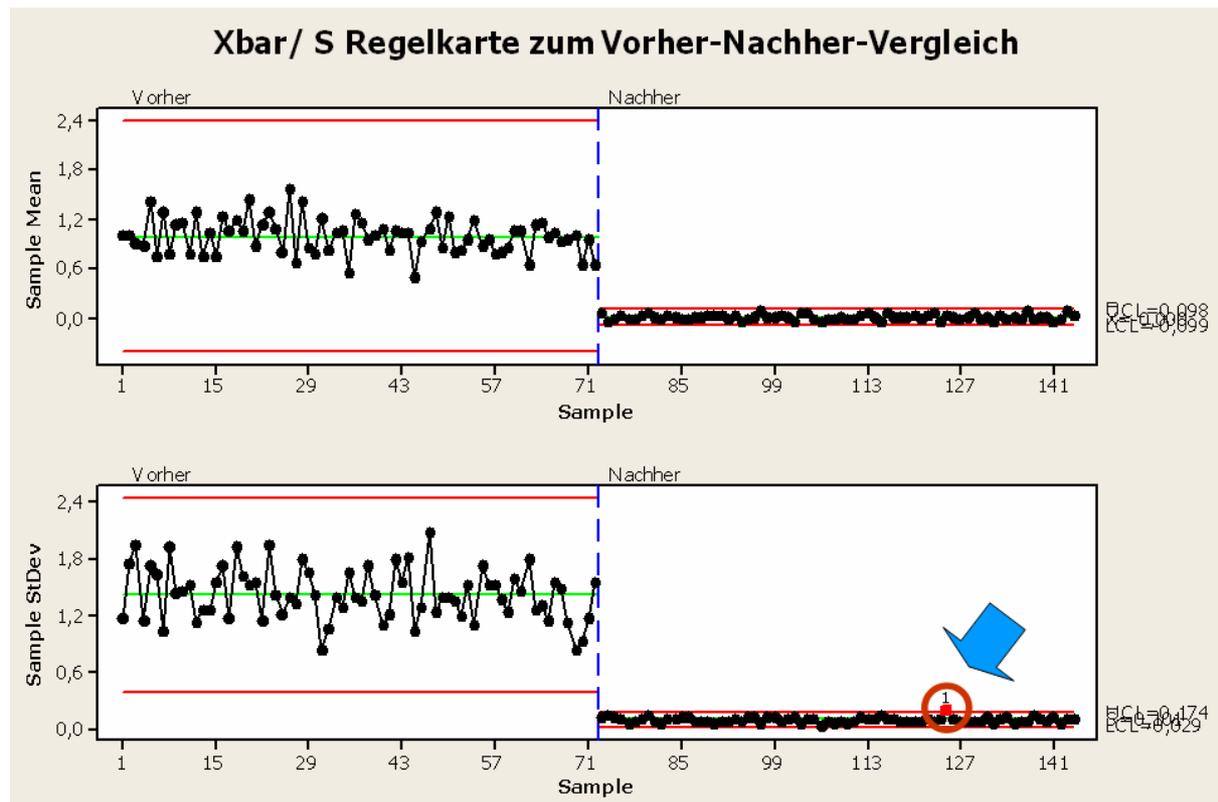


Abbildung 18: Vorher-Nachher-Vergleich in der Regelkarte

Beispiel: Die neue Regelkarte zeigt ebenfalls eine um den Nullpunkt zentrierte Verteilung der Löcher im zeitlichen Verlauf und eine engere Verteilung der Löcher um die Kontrollgrenzen. Aber selbst hier gibt es noch Ansatzpunkte zur Verbesserung, denn das markierte, systematische Ereignis sollte sofort identifiziert und auf seine Ursachen untersucht werden. Damit wird der wichtigste Zweck der Regelkarte deutlich: den neuen Prozess monitoren und gegebenenfalls eingreifen lassen.

Projektübergabe

Werkzeug	Zweck	Ergebnis	Verantwortung	
	Projekt übergeben, Team entlasten & Know-How sichern	Standards bei allen Prozessbeteiligten sicherstellen; Übersicht zu allen laufenden Projekten behalten; Rückfälle vermeiden; Know-how sichern	qualifizierte Projekt-/ Prozessübergabe six-sigma-controlling knowledge- management six-sigma-network	Black-Belt/ Green-Belt & Team Management

Zum Abschluss des Projekts erhält der Sponsor vom x-Belt einen kurzen Projektbericht mit den bedeutsamen Aktivitäten, den Ergebnissen und dem Ausmaß der Ziel-

erreichung. Der monetäre Nutzen wird ausgewiesen und der neue Prozess an die Verantwortlichen übergeben. Schließlich werden der x-Belt und das Team entlastet, um ein klares Ende der Aktivitäten zu markieren.

Einführung von six-sigma

Six-sigma als Unternehmensprogramm stützt sich, ebenso wie der KVP, auf vier Säulen. Neben diesen Gemeinsamkeiten gibt es aber auch wichtige Unterschiede.

six-sigma-Organisation:

- Rollenverteilung
- Quelle für Themen
- DV-Support

six-sigma-Anreize:

- Kompetenz aufbauen
- Leistung anerkennen
- Karriere fördern

six-sigma-Einführung:

- strategisch integrieren
- Bereitschaft fördern
- Erfolge kommunizieren

six-sigma-Board:

- Leitung
- kfm./ techn. Führungskräfte
- Master Black Belt

six-sigma-Praxis:

- Projektauswahl & -durchführung
- Methoden & Tools
- Community

Abbildung 19: Bausteine eines six-sigma Programms

Die **six-sigma-Organisation** lebt von einer klaren **Rollenverteilung** von Fachpromotoren, wie Black-Belts und Green-Belts und Machtpromotoren, wie Champions/ Sponsoren/ Paten des Managements. Die folgende Abbildung zeigt die wichtigsten Aufgaben dieser Personen.

Champion/ Sponsor (Management)

- findet Potentiale für six-sigma-Projekte
- stellt Ressourcen bereit
- baut Barrieren ab
- entscheidet über Lösungen
- kontrolliert Projekt-Erfolge
- Aufwand: ca. 2 MT/ Projekt

Black Belt

- führt six-sigma-Projekte durch
- leitet das Projekt-Team
- beherrscht komplexe Werkzeuge und setzt sie gezielt ein
- Aufwand: full- oder part-time (ca. 10%)

Programm Promotor (Master Black-Belt)

- identifizieren Probleme
- verstehen six-sigma Terminologie
- helfen in den DMAIC-Phasen
- realisieren Verbesserungen
- Unterstützen den neuen Standard
- Aufwand: part-time (ca. 1%)

White Belts/ alle Mitarbeiter

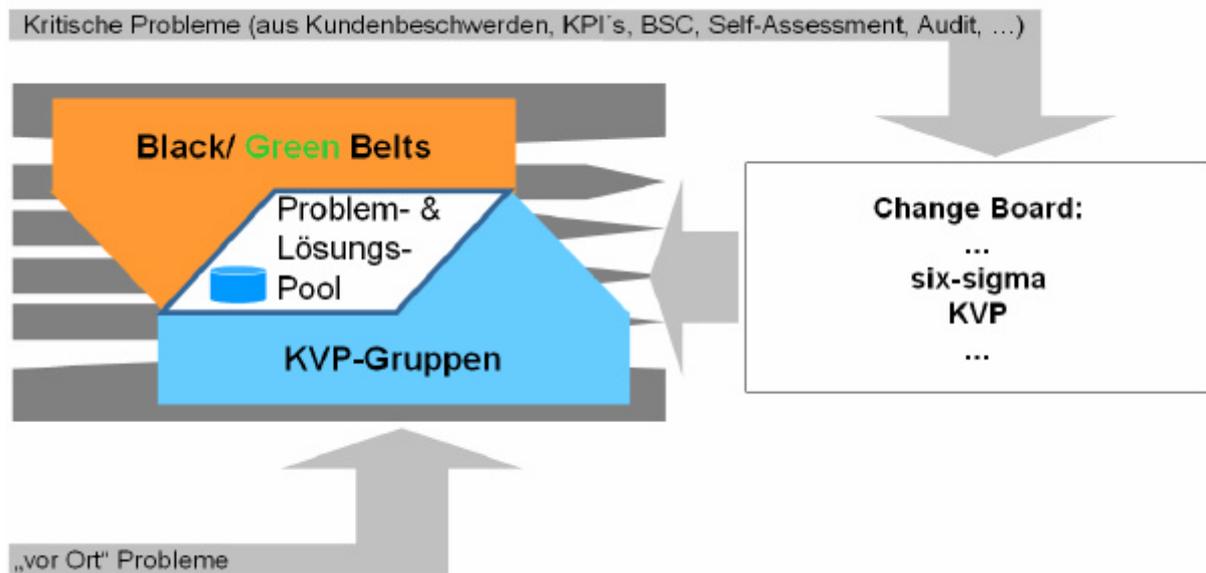
- unterstützt Black-Belt-Projekte
- führt eigene Projekte durch
- beherrscht Standard-Werkzeuge und setzt sie gezielt ein
- Aufwand: part-time (ca. 10%)

Green Belt

Abbildung 20: Rollen und Aufgaben in einem six-sigma Programm

Projektthemen können aus verschiedenen **Quellen**, wie Kundenbeschwerden, Performance-Indikatoren, einer Balanced Score Card, den Self-Assessments oder Audits abgeleitet werden. Dabei sollte es sich aber immer um strategisch wichtige oder auf andere Art kritische Prozessthemen des Managements handeln, die entsprechend ihres Potenzials priorisiert wurden. Sie werden Teil eines möglichst **DV unterstützten** Problem- & Lösungs-Pools. Dieser speist aber nicht nur die six-sigma-Projekte sondern z.T. auch die top-down Verbesserungsaktivitäten des KVP. Eine Abgrenzung zwischen KVP und six-sigma Themen finden Sie weiter unten.

Führungskräfte



Mitarbeiter

Abbildung 21: Zusammenspiel der Kräfte in einer Prozess-Kultur

Das **six-sigma-Board** besteht aus Mitgliedern der **Leitung**, mindestens je einer **technischen und kaufmännischen Führungskraft**, z.B. aus erfolgreichen Sponsoren und dem **Master-Black-Belt**. Die Aufgaben des six-sigma-Boards zeigt die folgende Abbildung. Zu diesen Aufgaben sollte sich das Board einmal monatlich treffen, um schon von Beginn an ein Zeichen der Bereitschaft und Konstanz zu setzen.

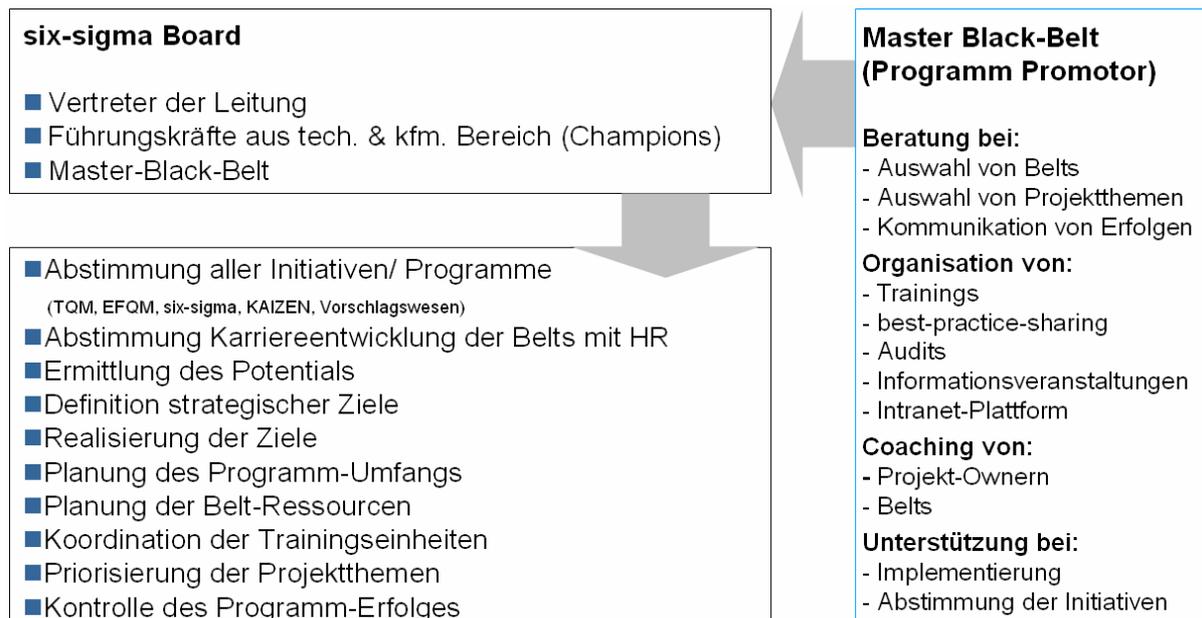


Abbildung 22: Rollen und Aufgaben des six-sigma-Boards

Falls Ihre Organisation sowohl six-sigma als auch KVP einsetzt, sollten beide Programme möglichst aus einer Hand, d.h. aus einem Board heraus organisiert werden, um Synergie-Effekte zu erzeugen.

Six-sigma fordert von allen Beteiligten zusätzliches Engagement, mit Ausnahme der eventuell Vollzeit beschäftigten Black-Belts. Eine zusätzliche 10 prozentige Arbeitsbelastung für x-Belts stellt aus Projektsicht eine untere Grenze für den Erfolg dar. Die **Anreize** sollten jedem Interessenten und Beteiligten deshalb die Frage beantworten können: „Was bringt es mir?“ Der Verweis auf das Gehalt allein überzeugt in den wenigsten Fällen, ebenso wenig, wie die Drohung mit möglichem Arbeitsplatzverlust. Die Ausbildung zum Black- oder Green-Belt ist an die erfolgreiche Durchführung eines Projektes gebunden. Die damit verbundenen fachlichen **Kompetenzen** bilden für intrinsisch motivierte Mitarbeiter eine Grundlage. Einige Unternehmen gehen dabei so weit, nur die besten Kandidaten als x-Belts auszuwählen und die **Karriereentwicklung** von einer erfolgreichen six-sigma Arbeit abhängig zu machen. Eine **monetäre Honorierung** erfolgreicher Projekte ist dagegen eher unüblich.

In der **Praxis** lebt six-sigma von erfolgreich durchgeführten und kommunizierten **Projekten**. Der **methodische** Ablauf und **Werkzeugeinsatz** wurde in dem Beispiel zur W.Tell AG schon beschrieben. Der Aufbau einer six-sigma **Community** ist nicht nur für die Rekrutierung weiterer Sponsoren und x-Belts wichtig, sondern auch als Erfahrungsplattform. Erfolgreiche Communities finden in einer Intranet-Plattform nicht nur die notwendigen six-sigma Inhalte, wie Methoden und Werkzeuge, Projekt- und Berichts-Templates, sondern auch Einblick in die Dokumentationen erfolgreicher Projekte. Das Coaching der neuen x-Belts liegt häufig in der Verantwortung des Master-Black-Belts, der auch Auffrischkurse durchführt und neue Werkzeuge vorstellt. Live-Veranstaltungen dienen dazu, weitere Sponsoren zu gewinnen, neue x-Belts zu zertifizieren und die kontinuierlichen Leistungen der Belts anzuerkennen. Als Richtschnur gilt hier, dass jeder Teilzeit-Belt mindestens ein Projekt pro Jahr durchführen sollte. Erfolgreiche six-sigma Unternehmen laden auch wichtige Lieferanten ein, die ein kostenloses Training erhalten und sich im Gegenzug verpflichten, ein lieferkritisches Thema zu bearbeiten.

Six-sigma sollte bei seiner **Einführung** mit anderen Initiativen **strategisch** und personell verknüpft werden. Programme, die unkoordiniert nebeneinander laufen, verlieren schnell ihre Wirkung. Weiterhin stößt die Einführung von six-sigma nicht nur auf Befürworter sondern auch auf Widerstände. Die Ursache von Widerständen lassen sich meist an vier Fingern abzählen: nicht *kennen*, nicht *können*, nicht *wollen*, nicht *dürfen*. Gegen viele dieser Widerstände kann sich das Unternehmen frühzeitig wappnen, denn üblicherweise wird six-sigma top-down eingeführt, wie die nachfolgende Abbildung zeigt.

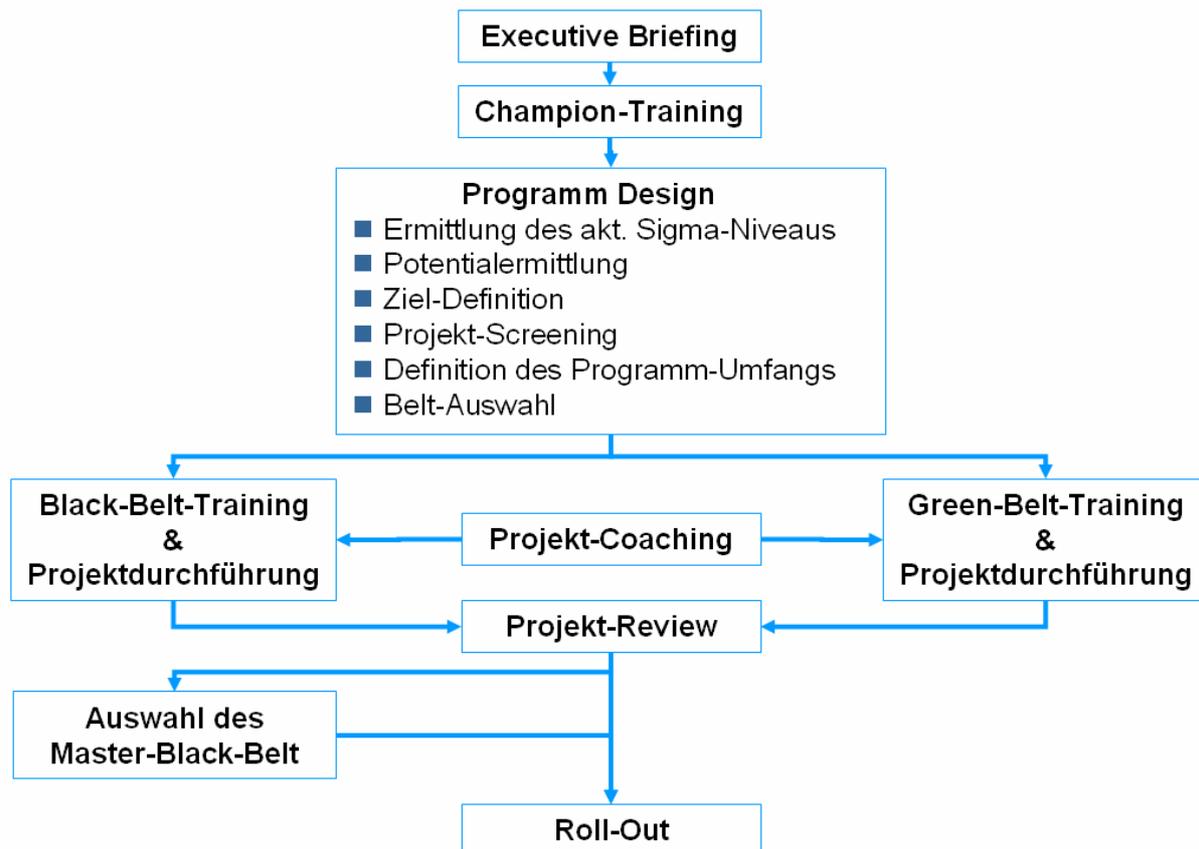


Abbildung 23: Einführung eines six-sigma Programms

Neben diesem top-down-Ansatz gibt es aber auch erfolgreiche Beispiele, wie six-sigma aus der Mitte des Unternehmens gewachsen ist, z.B. durch den Sog einzelner erfolgreicher Projekte.

Abgrenzung von KVP/ KAIZEN und six-sigma.

Im ersten Teil des Artikels zu KVP/ KAIZEN, sowie zu Beginn dieses Artikels wurde schon auf Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen KVP und six-sigma hingewiesen. Aus der Art und der Komplexität der Themen lassen sich weitere Differenzierungen ergänzen.

Die folgende Abbildung zeigt dazu schematisch, dass six-sigma auf höherem Prozessniveau aufsetzt als KVP. Dieser Komplexitätsaspekt ist in zwei Aspekten wichtig:

1. auf höherem Prozessniveau erschließen sich Einflussgrößen in Prozessen erst durch den Einsatz statistischer Methoden. Hier liegt eine Grenze für die KVP-Gruppe.
2. auf niedrigerem Prozessniveau greifen statistische Methoden oft nicht, weil die Zusammenhänge zwischen Y_i und x_i durch unkontrollierte Störvariablen überlagert werden, so dass die Stellschrauben nicht sauber herausgearbeitet werden können. Hier liegt eine Grenze für die six-sigma Projekte.

Damit wird der Einsatz statistischer Methoden zu einer Trennlinie zwischen KVP und six-sigma, die ansonsten auf eine Schnittmenge gemeinsamer Werkzeuge zurückgreifen können.

Phase	Planen	Checken	Durchführen	Checken	Anpassen	
Programm	Define	Measure	Analyze	Improve	Control	
KVP/ KAIZEN	<ul style="list-style-type: none"> Problemsammlung Problemauswahl Problembeschreibung Prozess-Mapping Ursachenanalyse Lösungsfindung Maßnahmenplan 	<ul style="list-style-type: none"> Checklisten/ Auditspinne Pareto-Diagramm Histogramm Streudiagramm Verlaufdiagramm Regelkarte Prüfformulare 		<ul style="list-style-type: none"> "erste Hilfe" und Maßnahmenumsetzung 	<ul style="list-style-type: none"> Checklisten/ Auditspinne Pareto-Diagramm Histogramm Streudiagramm Verlaufdiagramm Regelkarte Prüfformulare 	Standards
six-sigma	<ul style="list-style-type: none"> Projektauswahl: <ul style="list-style-type: none"> - Potentialanalyse Projektdefinition: <ul style="list-style-type: none"> - Themendefinition - Projekt-Blatt - SIPOC - VOC, KANO, CTQs 	<ul style="list-style-type: none"> Einflüsse listen: <ul style="list-style-type: none"> - Priorisierung-Matrix - FMEA Einflüsse messen: <ul style="list-style-type: none"> - Stichprobenplan - Datenerhebungsplan - Messsystemanalyse - Datenerhebung 	<ul style="list-style-type: none"> Datendarstellung: <ul style="list-style-type: none"> - Pareto-Diagramm - Verlaufs-diagramm - Streudiagramm - Histogramm - Box-Plot - Multi-Vari-Diagramm Kennzahlen: <ul style="list-style-type: none"> - cp/cpk/ pp/ppk - sigma-Niveau - RTY Strukturen im Verlauf: <ul style="list-style-type: none"> - Run-Chart - Regel-Karte Identifikation der Einflüsse: <ul style="list-style-type: none"> - Process-Mapping - Process-Modellierung - Wert-Analyse-Matrix - Ursache-Wirkungs-Diagramm Hypothesen zu Einflüssen: <ul style="list-style-type: none"> - Formulierung - Tests 	<ul style="list-style-type: none"> Einflüsse verändern (Lösungsfindung): <ul style="list-style-type: none"> - Kreativitäts-Techniken - Brainstorming - De-Bono - 6-3-5 - morph. Kasten Finden des Optimums: <ul style="list-style-type: none"> - Design of Experiments (DOE) - Simulationen Entscheidungsvorbereitung: <ul style="list-style-type: none"> - Entscheidungsanalyse - Lösungsübersicht Absicherung der Lösung: <ul style="list-style-type: none"> - FMEA - Implementierungsplan - neue Standards - Kommunikation & Schulung 	<ul style="list-style-type: none"> Datendarstellung: <ul style="list-style-type: none"> - Pareto-Diagramm - Verlaufs-diagramm - Streudiagramm - Histogramm - Box-Plot - Multi-Vari-Diagramm Kennzahlen: <ul style="list-style-type: none"> - cp/cpk/ pp/ppk - sigma-Niveau Hypothesen zu Veränderungen: <ul style="list-style-type: none"> - Formulierung/ - Tests 	<ul style="list-style-type: none"> Projektabschluss: <ul style="list-style-type: none"> - Audit-Plan - Prozessübergabe - Know-How-Sicherung - Teamentlastung

Abbildung 24: Übersicht zu Werkzeugen des PDCA und DMAIC

Eine etwas größere Abgrenzung lässt sich aus der Art der geeigneten Themen ableiten. Die folgende Abbildung identifiziert typische Prozessthemen für beide Ansätze.

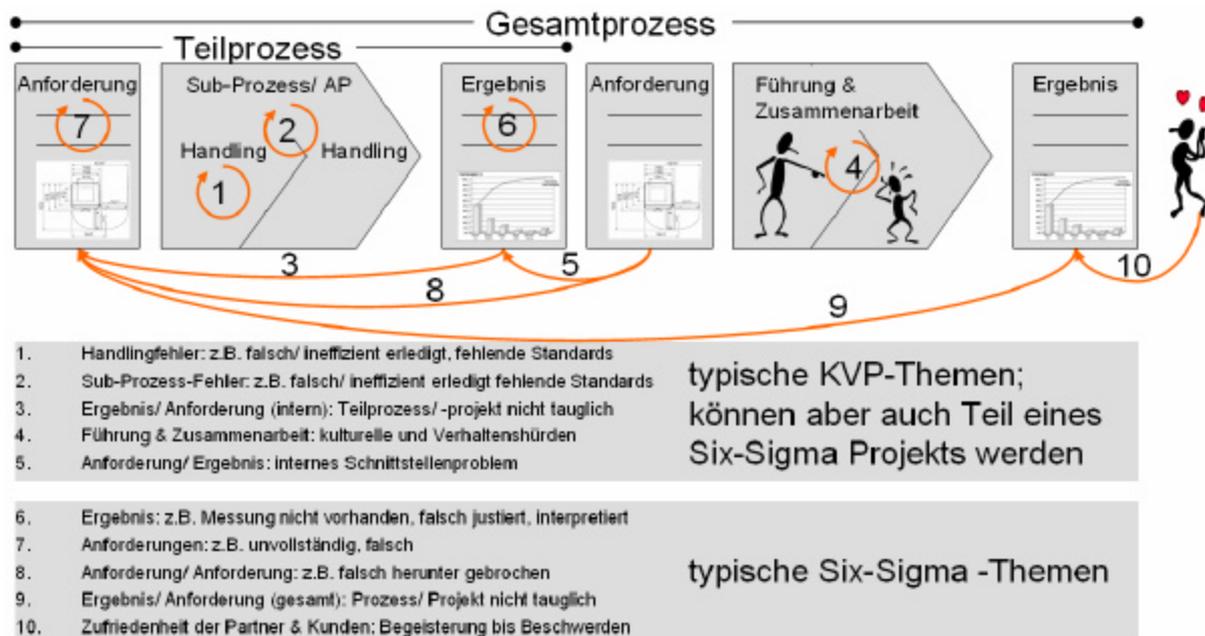


Abbildung 25: Themen für KVP und six-sigma

Eine dritte Trennlinie folgt oft ungewollt aus den beiden ersten. Denn Teilnehmer eines KVP-Programms fühlen sich schnell benachteiligt, wenn das Management eindeutige Präferenzen für six-sigma zeigt. Das sollte aber nicht Sinn der Sache sein, denn KVP und six-sigma sind gleichberechtigte Seiten der gleichen Prozess-Medaille.

Zusammenfassung

six-sigma und KVP sind nach heutigem Stand die wichtigsten Unternehmensprogramme der Prozessverbesserung. Kleine und große Probleme werden in der Breite und in der Tiefe bearbeitet. Beide Programme sehen in der Lösung von Problemen einen wichtigen Beitrag zur Prozessverbesserung. Das Management stellt dazu die finanziellen Ressourcen bereit und beseitigt kulturelle Barrieren. Die Mitarbeiter werden als die eigentlichen Prozessexperten gesehen, die mit umfangreicher methodischer Kenntnis die Probleme lösen. Während KVP dabei eher auf rationalen Überlegungen basiert, setzt six-sigma zusätzlich auf statistische Werkzeuge. Besonders die vorgestellten Softwarepakete öffnen den x-Belts bei entsprechender Problemlage neue Wege für effektive und effiziente Lösungen.