

Six Sigma – Renaissance einer vergessenen Qualitätsmethode oder neuer Qualitätsstandard? (Teil 3)

Von Dipl.-Ing. Axel K. Bergbauer

Die Phase Define oder Definitionsphase des DMAIC-Cycles - dem Kern von Six Sigma - war in der vorhergehenden Ausgabe der Schwerpunkt der Fortsetzung (Teil 2) dieses Themas.

Zusammenfassend ist daraus hervorzuheben: Six Sigma setzt Vorarbeit durch das Management voraus. Es muß sich über die zeitliche und finanzielle Bedeutung für das Geschäft und auch über die Bindung von Ressourcen für die Projektbearbeitung Klarheit schaffen. Die Black Belts / Green Belts (BB/GB) sollten zur nachhaltigen Verankerung der Six Sigma-Methode in der Organisation zweckmäßigerweise aus dem Pool der zukünftigen Führungskräfte rekrutiert werden. Ein Unternehmen (einschließlich Kunden-/Lieferantenkette) "lernt" so eine gemeinsame Sprache und Denke für Prozeßverbesserungen. Die Define-Phase beginnt mit der Erstellung eines Projektscharters (PC) für das Verbesserungsprojekt. Die Ermittlung der Stimme des Kunden, der CTQ-Treiberbaum (Critical to Quality) und der SIPOC als eine strukturierte Übersichtsdarstellung der wesentlichsten Elemente und Inhalte eines Prozesses, waren ebenso Gegenstand der Betrachtung.

Der Autor wird in einer Serie von sechs Beiträgen den Verbesserungsprozeß mit Six Sigma behandeln. Hier liegt nun der dritte Beitrag vor. In diesem Beitrag wird die Phase Measure des DMAIC-Cycles mit ihren Werkzeugen, wie z.B. Bestimmung der wesentlichsten Messgrößen, die Datenerhebung auf Grundlage eines Datenerhebungsplanes, die Analyse von Mess-Systemen, die Darstellung der Daten (Visualisierung) und die Feststellung der Prozeßfähigkeit bzw. des Prozeß-Sigmas besprochen. Auch in dieser Phase ist Eamarbeit, Ressourcenbereitstellung und die Unterstützung des Managements gefragt.

Die Measure Phase des DMAIC-Cycles *Measure* ist die zweite Phase des DMAIC-Cycles, dem Herzstück des Verbesserungsprozesses mit Six Sigma, wie bereits in Teil 1 dieser Artikelserie abgebildet und beschrieben. Entscheidungen sollen in Six Sigma-Projekten weniger aus dem Bauch heraus, sondern auf Zahlen, Daten, Fakten basierend getroffen werden. In *Measure* wird dazu der Grundstein gelegt.

Die MEASURE-Phase dient dazu:

- das Umfeld, in dem das Problem beobachtet wird, allen (Projekt-) Beteiligten „klar zu machen“
- Mess-Stellen zur Quantifizierung des Problems festzulegen
- Hypothesen über das Zustandekommen des Problems und der Variation zu sammeln und sich auf einige wichtige zu fokussieren

- eine Datenerhebung und seiner Ursachen zu planen
- vorhandene oder entwickelte Mess-Systeme auf Vertrauenswürdigkeit entstehender Daten zu prüfen und ggf. zu verbessern.

Erst nach Abschluß dieser Tätigkeiten ist es sinnvoll,

- die Daten vollständig, in geeigneter Menge zu erheben,
- die Daten für spätere Hypothesentests bereitzustellen und
- das Problem mit vertrauenswürdigen Daten zu quantifizieren.

Bild 1 zeigt die Übersicht der einzelnen Werkzeuge der Measure-Phase, wie z.B. Datenpriorisierung (Funneling), Datenerhebungsplan, Mess-System-Analyse, Datendarstellung etc., die im folgenden näher beschrieben werden.

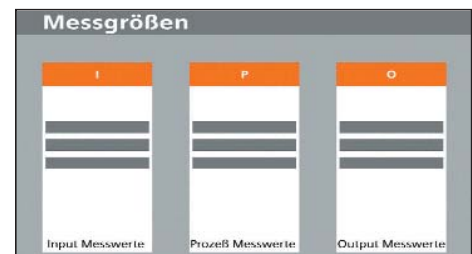


Bild 2: Entwicklung der Meßgrößen aus den Bereichen Inputs/Outputs und vom Prozeß selbst

Grundsätzliches zum Thema Messen aus Prozeß-Sicht

Nach dem Motto: „Nur was gemessen wird, wird auch verbessert“, ist das Messen von Eingangsgrößen (Inputs) und Ausgangsgrößen (Outputs) sowie von Größen im Prozeß selbst von enormer Bedeutung. Nur so kann eine Grundlage für den Nachweis einer Prozeßverbesserung erbracht werden.

Messgrößenentwicklung

Die Measure-Phase beginnt mit dem Auffinden bzw. der Entwicklung von Messgrößen. Zum Start wird der in der Define-Phase entwickelte SIPOC - die Übersichtsprozeßdarstellung, mit seinem mittleren Teil herangezogen. Die darin aufgezeigten möglichen Messgrößen werden dann auf Sinnfälligkeit und Vollständigkeit hin geprüft ggf. ergänzt oder gestrichen. Auch werden die ebenfalls in der Define-Phase entwickelten CTQs (kritische Qualitätsmerkmale zum Vergleich herangezogen. Das Ergebnis wird im Blatt „Messgrößen“ dokumentiert, welches in Bild 2 dargestellt ist. (Die Ähnlichkeit zum mittleren Teil des SIPOC ist evident.)

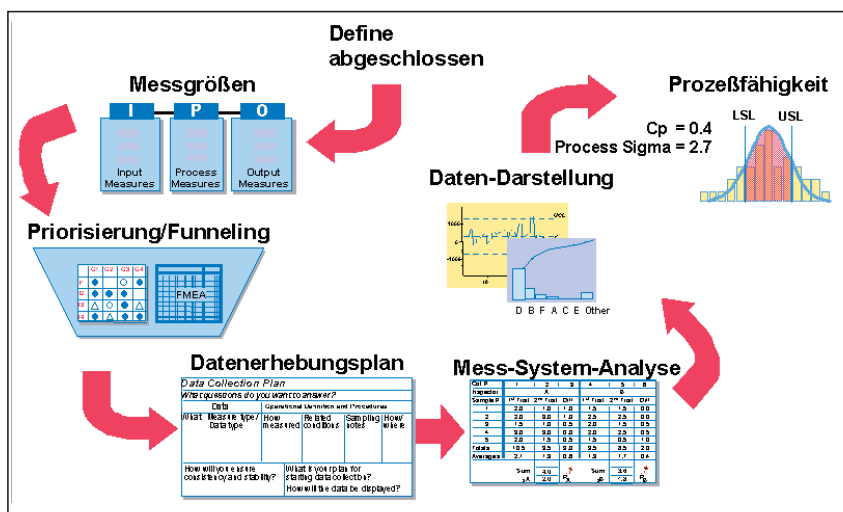


Bild 1: Measure als Phase mit Zahlen, Daten und Fakten zum DMAIC-Weg mit Fokus auf Inputs/Outputs und Mess-Systemüberprüfung

Das Auffinden von Meßmöglichkeiten soll am Beispiel des *Schreibens eines Briefes* verdeutlicht werden.

Messgrößen können hier z.B. sein:

- im *Input*: Anzahl, Format, Farbe und Qualität des Schreibpapiers; Textvorgabe für Inhalt und Format, Schreibvorschrift, Musterschreiben, Vordrucke
- im *Prozeß* selbst: Durchlaufzeit, Bearbeitungszeit, Fehlerfreiheit im ersten Durchgang (First pass yield), Anzahl der Durchläufe pro Vorgang, Verfügbarkeit/Stabilität des Schreibsystems, Schreibkapazität
- im *Output*: Anzahl Textseiten, fehlerfreie/ fehlerbehaftete Seiten (Rechtschreibung, Grammatik, Inhalt/Daten, Format, etc.); Fehler je Seite, fehlerfreies Schriftbild.

Vertrauenswürdigkeit von Daten

Die Datenquelle, die Art der Entstehung, das Meßsystem, der Zeitraum der Erhebung, die Dokumentation etc. bestimmen die Qualität der Daten.

Bei Verwendung von *historischen* - bereits vorliegender - Daten ist grundsätzlich Vorsicht geboten, weil möglicherweise keine oder nur unvollständige Informationen vorhanden sind, wie z.B. über:

- Mess-Systeme
- Vollständigkeit der Xn (Ursachen)
- Stichprobengröße

Priorisierung (Funneling) der Messgrößen

Das Messen, die Auswertung und auch die Archivierung der Messdaten bindet Ressourcen und kostet Geld. Außerdem kann das Messen den Prozeßablauf, die Planung oder die Produktion stören. Daher ist in Six Sigma-Projekten das Ziel, sich auf die *wenigen wichtigen* Messgrößen aus Kunden- und Prozeß-Sicht zu konzentrieren. Dieses Vorgehen nennt man im englischen Funneling (von Funnel = Trichter). Bildlich gesprochen: In den Trichter werden die möglichen Messgrößen oben hineingegeben und unten sollen nur noch die wenigen wichtigen Messgrößen herauskommen.

Wie geht das Funneling? Wie kommt man nun zu den *wenigen wichtigen* Messgrößen?

Das Messgrößenblatt (Bild 2) mit den Erkenntnissen aus SIPOC und den CTQs liegt vor. Zur Priorisierung der Messgrößen nutzt Six Sigma die im

Qualitätsmanagement bewährte Methode der FMEA (Fault Mode and Effect Analysis = Fehler-Möglichkeiten und -Einfluß-Analyse), Bild 3. Damit kann die Bedeutung/das Risiko einer Messgröße quantitativ bestimmt werden. Das Ergebnis einer FMEA, die Risikoprioritätsziffern, liefert bekanntermaßen eine Rangfolge, das wiederum der Priorisierung dient. Zusätzlich können das Ursachen-Wirkungs-Diagramm oder eine Ursachen-Wirkungs-Matrix zur Absicherung herangezogen werden.

Datenerhebung

Nach der Priorisierung (Funneling) muß die *systematische* Erhebung der Daten sichergestellt werden. Dazu wird ein *Datenerhebungsplan* (Bild 4) genutzt. Als erstes wird gefragt: Welche Frage soll durch die Messung beantwortet werden? Danach ist die *Definition des Typs der Messung*, wie z.B. direkte Messung, Befragung/Umfrage bzw. der Daten, wie z.B. kontinuierliche, attributive Daten an der Reihe. Der nächste Schritt ist die *Definition der Vorgehensweise*. So muß festgelegt werden: Wie gemessen wird, die *Randbedingungen*, die *Probennahme* und *wo* zu messen ist. Des Weiteren ist eine Aussage über die *Stabilität* der Messung und *Schlüssigkeit* der Daten erforderlich. Der letzte Schritt deckt den Start der *Datenerhebung* und die *Datendarstellung* ab.

Eine saubere Planung der Datenerhebung und vertrauenswürdige Daten entscheiden erfahrungsgemäß häufig über Erfolg und Mißerfolg eines Six Sigma-Projektes.

Mess-System-Analyse (Gage R&R)

Die Streuung einer Messgröße setzt sich zusammen aus der Streuung der Größe, des Prozesses selbst und der Streuung des Meßsystems. Zur Beurteilung der Qualität der Messung ist es daher erforderlich, die Anteile des Mess-Systems am Gesamtwert sowie die Stabilität des Mess-Systems zu kennen. Dazu wird eine Mess-System-Analyse (Gage R&R) durchgeführt. Der englische Begriff R&R ist abgeleitet von Repeatability and Reproducibility, d.h. von Wiederholbarkeit und Reproduzierbarkeit.

Selbst auf die Gefahr hin, für die Mess-Spezialisten unter den Lesern Bekanntes zu bringen, sollen die beiden Begriffe Wiederholbarkeit und Reproduzierbarkeit kurz erklärt werden.

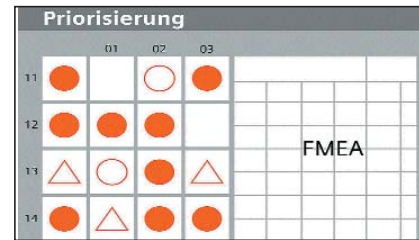


Bild 3: Priorisierung der Messgrößen zur Konzentration auf die wenigen wichtigen mittels FMEA

Operational Definition and Procedures				
What Measure type / Data type	How measured	Related conditions	Sampling notes	How / where
How will you ensure consistency and stability?		What is your plan for starting data collection? How will the data be displayed?		

Bild 4: Sicherstellung der systematischen Datenerhebung mittels Datenerhebungsplan

Col.#	1	2	3	4	5	6
Inspector	A	A	A	B	B	B
Sample #	1st Trial	2nd Trial	Diff	1st Trial	2nd Trial	Diff
1	2.0	1.0	1.0	1.5	1.5	0.0
2	2.0	3.0	1.0	2.5	2.5	0.0
3	1.5	1.0	0.5	2.0	1.5	0.5
4	3.0	3.0	0.0	2.0	2.5	0.5
5	2.0	1.5	0.5	1.5	0.5	1.0
Totals	10.5	9.5	3.0	9.5	8.5	2.0
	2.1	1.9	0.6	1.9	1.7	0.4
Sum		1.0		Sum	3.6	
x ^h		2.0		x ^h	1.8	

Bild 5: Mess-System-Analyse zur Bestimmung des Anteils der Messung am Gesamtwert der Streuung

- Wiederholbarkeit liegt vor, wenn *ein und derselbe Prüfer* mit denselben Messmitteln bei wiederholt vorgenommener Messung am gleichen Teil oder Merkmal gleiche Meßergebnisse erzielt.
- Reproduzierbarkeit liegt vor, wenn *verschiedene Prüfer* (mindestens zwei) mit denselben Messmitteln bei wiederholt vorgenommener Messung am gleichen Teil oder Merkmal gleiche Meßergebnisse erhalten.

In Bild 5 ist das Ergebnis einer Mess-System-Analyse/Gage R&R-Bewertung mit zwei Prüfern (Inspector A,B) an 5 Prüflingen (Sample) mit zwei Durchgängen (Trial) dargestellt.

Mit der statistischen Software MINITAB von Microsoft sind Mess-System-Analysen für kontinuierliche und neuerdings auch für attributive Daten auf einfache Weise möglich. Diese Software wird weltweit im Bereich Power Generation der Siemens AG für Six Sigma-Projekte eingesetzt.

Datendarstellung

Die Darstellung der Daten ist für die Kommunikation extrem wichtig.

Die Datendarstellung ist - vereinfacht ausgedrückt - die Visualisierung des Prozesses und liefert die Grundlage für Priorisierung und Ursachenfindung. Grafiken haben bekannterweise den Vorzug, neben dem Absolutwert auch den Verlauf und/oder die Relationen der Datengrößen zueinander auf einen Blick erkennen zu lassen.

Regelkarte

Die *Regelkarte* (linke Hälfte von Bild 6) - auch Qualitäts-Regelkarte genannt - zeigt den Verlauf der Messgröße und die Relation zu den Regelgrenzen. Qualitäts-Regelkarten sind in der Fertigung weit verbreitet. Der Einsatzbereich ist jedoch nicht nur darauf beschränkt. Sie können für jeden Prozeß ob im Engineering, im administrativen oder Dienstleistungsbereich, eingesetzt werden. Als Beispiel aus dem Anlagenbau, des Bereiches *Power Generation* der Siemens AG, sollen ein paar dafür geeignete Themen - aus dem Nichtfertigungsbereich - aufgeführt werden. So werden z.B. die Durchlaufzeit von Angeboten oder auch die Angebotskosten sowie die Mehrkosten der Angebote damit verfolgt.

Zur Erklärung der Abkürzungen UCL, LCL in der Regelkarte: Die englischen Bezeichnungen sind für die:

- Obere Regelgrenze
Upper Control Limit (UCL)
- Untere Regelgrenze
Lower Control Limit (LCL).

Die *Regelgrenzen* sind nicht die *Spezifikationsgrenzen*. Die Regelgrenzen errechnen sich bei entsprechender Software automatisch aus empirisch ermittelten Faktoren die annähernd ± 3 Sigma entsprechen.

Die *Regelkarten* dienen der direkten Beeinflussung des Prozesses. Bei Überschreiten der *Regelgrenzen* soll als erstes die Frage nach allgemeinen oder speziellen Ursachen (common versus special causes) beantwortet und erst danach eingegriffen und die Ursache abgestellt werden.

Pareto-Chart

Das Pareto-Chart (rechte Hälfte von Bild 6) gibt schnell einen Überblick über die Bedeutung von Gruppen oder Kategorien, im Bild 6 mit A, B, C bezeichnet. Nach der 80/20 Regel werden die Gruppen oder Kategorien, die 80% der Werte beinhalten, in den Fokus der weiteren Bearbeitung genommen. Ziel ist es hierbei, nach dem

Gesetz des *abnehmenden Ertragszuwachses* die großen Verlustbringer oder die Ursachen mit der größten Wirkung als erstes erkennen und abstellen zu wollen. Die restlichen 20% bleiben zunächst außer Betracht und können ggf. später bearbeitet werden.

Prozeßfähigkeit und Prozeß-Sigma

Nachdem die Daten auf Grundlage des Datenerhebungsplanes erhoben wurden, die Vertrauenswürdigkeit der Daten, z.B mittels Mess-System-Analyse, festgestellt worden ist und die Daten visualisiert wurden, kann die Prozeßfähigkeit berechnet werden.

Doch zuvor etwas zur Statistik - *Lage und Streuung*.

Die Prozesse zeigen unterschiedliche Ergebnisse, die sich durch Lage und Streuung unterscheiden. In Bild 7 ist die Lage zum Zielwert und die Streuung dargestellt. Wünschenswert ist: zentriert und kleine Streuung (rechtes unteres Kästchen im Bild 7).

Variation reduzieren und Prozeß zentrieren.

Nach dem Slogan „Variation in a process is evil“ ist es das Ziel eines *Six Sigma-Projektes*, die *Variation* - die *Streuung* - zu reduzieren und den Prozeß zu zentrieren, d.h. den *Mittelwert* zum *Zielwert*, dem *Sollwert*, bringen. Hierbei sollen alle Prozeßergebnisse vollständig zwischen die Spezifikationsgrenzen (USL, LSL) gebracht werden, um Defekte oder den Ausschuß gegen Null gehen zu lassen (Bild 8).

Prozeßfähigkeit

Zur Beurteilung der Prozeßfähigkeit gibt es mehrere Kennzahlen. Beispielhaft seien hier nur einige genannt.

Bei *Six Sigma-Projekten* ist die Bestimmung des Prozeß-Sigmas als das Maß für die Prozeßfähigkeit ausschlaggebend.

Die *traditionellen* Kennzahlen sollen hier, wegen der Vertrautheit mancher Leser damit, kurz erwähnt werden.

Der *Cp-Wert* (*Capability Process*) ist das Verhältnis der Spezifikationsspanne zur Streuung ohne Berücksichtigung der Lage des Mittelwertes. Der *Cpk-Wert* berücksichtigt zusätzlich zum *Cp* die Lage des Mittelwertes und ist der *kritischere* Wert. Bei zentrierten Prozessen gilt $Cpk = Cp$, bei nicht zentrierten Prozessen $Cpk < Cp$.

Cp wird zur Beurteilung der Kurzzeitfähigkeit herangezogen. Die Langzeitprozessperformance wird in *Pp*, *Ppk* ausgedrückt. Diese Prozeß-Kennzahlen setzen zu ihrer Berechnung kontinuierliche Daten voraus.

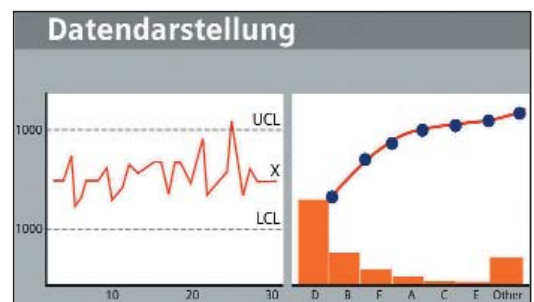


Bild 6: Visualisierung der Daten, hier z.B. Regelkarte mit Unterer (LCL) und Oberer Regelgrenze (UCL) sowie Pareto-Chart

	große Streuung	geringe Streuung
nicht zentriert	<p>Streuung: groß Zentrierung: nein</p>	<p>Streuung: klein Zentrierung: nein</p>
zentriert um Ziel	<p>Streuung: groß Zentrierung: ja</p>	<p>Streuung: klein Zentrierung: ja</p>

Bild 7: Streuung und Lage charakterisieren einen Prozeß

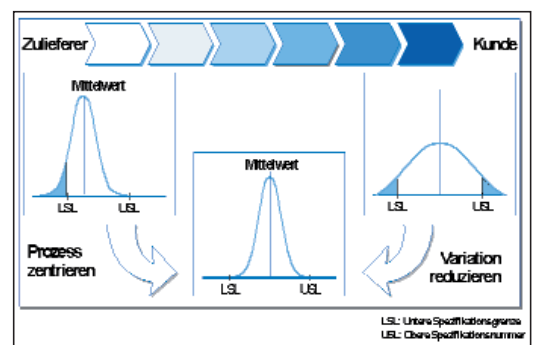


Bild 8: Prozeß zentrieren und Variation reduzieren ist das Ziel

Prozeß-Sigma

Das Konzept von Prozeß-Sigma erfordert eine *exponentielle* Fehlerreduktion. Prozeß-Sigma ist eine *universelle* Maßzahl, die Vergleiche von Prozessen mit allen Datenarten wie *kontinuierliche* und *attributive* nicht nur erleichtert, sondern erst ermöglicht.

Es gibt zwei Methoden zur Berechnung. Einmal die *direkte Berechnung* der Ausbeute (wie in der folgenden Formel dargestellt) und zum zweiten über Näherungsverfahren unter Benutzung der *Normalverteilungstabelle* mit den sogenannten Z-Werten (im letzteren Falle ist die Verschiebung (shift) um +1,5 zu berücksichtigen).

Direkte Berechnung:

Ausbeute (Yield) = $(1 - \text{DPO}) \cdot 100$ in %
DPO = Defects Per Opportunity

Mit dem Prozentwert der Ausbeute wird dann in die Sigma-Tabelle gegangen und der entsprechende Sigma-Wert abgelesen: Eine Ausbeute von 98,6 % ergibt z.B. ein

Prozeß-Sigma von 3,7 oder eine Ausbeute von 88,5 % entspricht einem Prozeß-Sigma von 2,7.

Prozeß-Sigma-Werte repräsentieren nach Konvention die *Kurzzeitfähigkeit* eines Prozesses. Dabei dienen die Langzeitdaten zur Berechnung der Langzeitausbeute (Long time yield), die dann in der Tabelle zum Prozeß-Sigma (Kurzzeit) durch die *eingebaute* Verschiebung (shift) um +1,5 konvertiert wird. Dies führt oft zu Verwirrung. Die Erklärung ist: Es soll der langjährigen Erfahrung Rechnung getragen werden, daß die Kurzzeit-Streuung um ca. 1,5 kleiner ist als die Langzeit-Streuung.

Mit der Sammlung der Daten über mögliche Ursachen und der Berechnung des Prozeß-Sigmas ist die Measure-Phase abgeschlossen.

Vieles was in Measure getan wird, bereitet gleichzeitig die Analyse-Phase vor, um mit den einmal erhobenen Daten die nächsten Schritte zu ermöglichen.

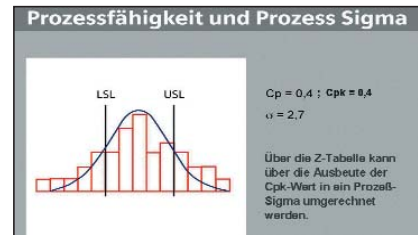


Bild 9: Die Fähigkeit eines Prozesses kann in Cp- oder Sigma-Werten ausgedrückt werden

Die wesentlichsten Ergebnisse aus Measure sollten wie beim Abschluß von Define für die Kommunikation des Projektstandes und die Berichterstattung zusammengefaßt werden. Mit dieser Zusammenfassung wird der durchgängige „rote Faden“ weitergesponnen, der sich ohne Bruch durch alle Projektphasen ziehen soll. Damit ist die Measure-Phase abgeschlossen.

Im nächsten Beitrag wird die Phase Analyse des DMAIC-Cycles behandelt.