

# Erfahrungsbericht Six Sigma bei



Dr.-Ing. Wolfgang Schultz, TEQ® Training & Consulting GmbH  
Arthur Moll, Kennametal

## 1. Unternehmensprofil

Kennametal ist mit weltweit rund 13.000 Mitarbeitern, die sich über 60 Standorte global verteilen, ein weltweit führender Werkzeughersteller. Der Hauptsitz von Kennametal liegt in Latrobe, Pennsylvania.

Durch das Portfolio an bewährten Markennamen und die globale Präsenz ist Kennametal in der Lage, Kunden aller Größen an nahezu jedem Ort der Welt dabei zu unterstützen, auf jeder Stufe der Wertschöpfungskette erfolgreich zu sein. Unsere Produkte und Dienstleistungen, die strategisch auf unsere beiden Kerngeschäfte – Industrie und Infrastruktur – ausgerichtet sind, berühren nahezu jeden Fertigungsprozess.

Ein wichtiger Bestandteil unseres KVBS (Kennametal Value Business System; Abb.1) ist „Operational Excellence“, welcher die Bereiche LEAN, Six Sigma, EHS (Environment, Health and Safety) und Qualität beinhaltet. Six Sigma bildet zusammen mit dem „LEAN Management“ und „Kaizen (Kai = Veränderung, Wandel; Zen = zum Besseren)“ eine wichtige Komponente, um den hohen Qualitätsanforderungen der heutigen Industriestandards gerecht zu werden. Kennametal zeigt bei seiner Entwicklung der internen Zertifizierung der Six Sigma „Green Belts“ eine stetige Weiterentwicklung und Festigung der Six Sigma Umgebung. Seit Beginn 2008 wurden bei Kennametal bereits 65 „Green Belts“



Abb. 1

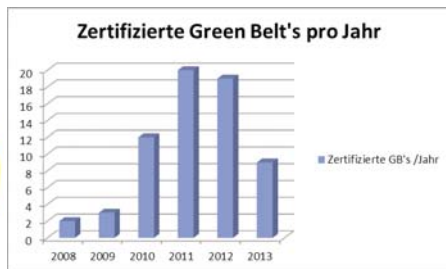


Abb. 2

(Abb.2) intern zertifiziert und somit eine Six Sigma Kultur implementiert und gelebt. Durch regelmäßige Benchmarks stellt sich das Unternehmen dem Vergleich mit anderen Unternehmen und deren Zertifizierungsmethoden sowie ihrer Six Sigma Kultur.

## 2. Profil Arthur Moll

Meine Verantwortlichkeiten liegen unter anderem in der globalen Prozessstandardisierung, sowie der Lean Koordination im Bereich Engineering. In den mittlerweile nun über 13 Jahren bei Kennametal habe ich über 80 Projekte, lokal als auch global, geleitet oder moderiert. Während dieser Zeit habe ich diverse interne GB

Zertifizierungen (Value Stream Mapping, Standard Operations, Failure Mode and Effects Analysis, Six Sigma) und schließlich zuletzt die Zertifizierung extern über TEQ zum Certified Six Sigma Black Belt erlangt, was mir mit Abschluss des nachstehenden Projektes gelungen ist.



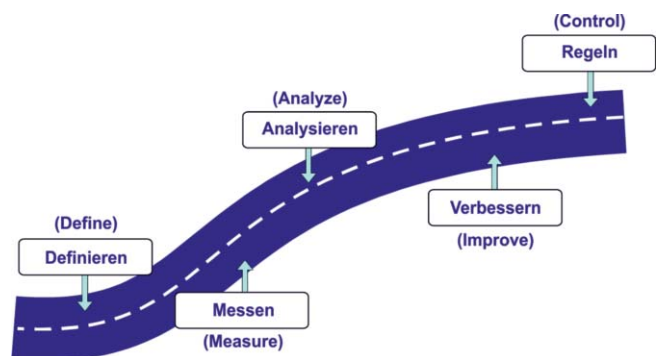
<b>Arthur Moll</b>	
Global Engineering Processes Global Technology	
<b>Six Sigma Black Belt (TEQ GZBB)</b>	
Phone:	+49 (0) 911 9735 -318
Mobile:	+49 (0) 175 4356 -555
eMail:	<a href="mailto:arthur.moll@kennametal.com">arthur.moll@kennametal.com</a>

## 3. Geheimhaltung

Aus Gründen der Geheimhaltung halte ich den Detaillierungsgrad des folgenden Berichtes oberflächlich. Sollte es konkrete Fragen zum Projekt geben, wenden Sie sich bitte direkt an mich, ich werde dann, soweit es die Bestimmungen erlauben, die Fragen beantworten.

## 4. Six Sigma Projekt – Prozessfähigkeit der mechanischen Fertigung

Die aktuellen Änderungen einer Kundenforderung bezüglich der Prüfung von geometrischen Merkmalen zweier ähnlicher Produkte, welchen unterschiedlich kritische Prozessfähigkeitskennzahlen zugewiesen wurden, war der Auslöser für das Projekt. In Verbindung mit einer Nullfehler Produktion nach Six Sigma wurde die Entscheidung getroffen, die Analyse der Prozessfähigkeit über die gesamte Prozesskette der mechanischen Fertigung durchzuführen. Weiterhin hat man sich für eine durchgängige „Online Dokumentation“ über den kompletten Prozess entschieden – das Projekt nach Six Sigma Roadmap (Abb.3) sollte hierbei die Grundvoraussetzungen schaffen.



### 4.1 Define

In der „Define Phase“ wurden zusammen mit dem Kunden, dem Projekt Champion sowie den Teammitgliedern alle Details zum Projekt definiert. Da die Komplexität sowie der Umfang des Projektes sehr hoch war, wurde entschieden es mir als Six Sigma Black Belt zu übertragen. An dieser Stelle sei auch noch erwähnt, dass die Zusammenstellung des Teams ein ganz wesentlicher Faktor für den Erfolg des Projektes darstellt, dies hat sich im Verlauf der Umsetzung immer wieder sehr deutlich herausgestellt: In meinem Fall war die direkte Unterstützung durch die Leitung der Qualitätssicherung, des Engineerings, des LEAN Supervisors, sowie der Fertigung, die als permanente Teammitglieder bei den wöchentlichen Meetings regelmäßig teilnahmen, essenziell. Die Kundenanforderungen wurden mittels „Kano Modell“ (Abb.4) im VOC (Voice of the Customer; Abb.5) klassifiziert und priorisiert, sodass sich am Schluss der geforderte  $C_{pk}$  (Prozessfähigkeitsindex) Wert über die komplette Fertigungskette als entscheidendes Kriterium für die Kundenzufriedenheit herausstellte. Die Herausforderung bestand also darin, über die komplette Fertigungskette Pressen-Sintern-Schleifen-Qualitätssicherung die Einhaltung der  $C_{pk}$  Werte für vier geforderte Abmessungen zu gewährleisten, sowie die Umgebung zu schaffen, um die Implementierung einer SPC (statistische Prozess Kontrolle) Software vorzubereiten.

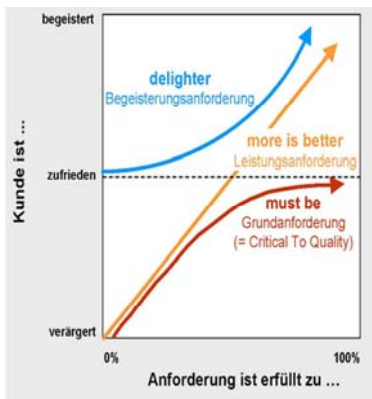


Abb. 4

### 4.2 Measure

Nach der Auswahl der Zielgrößen zu Beginn der „Measure Phase“ hat man sehr schnell festgestellt, dass die gängigen Methoden zur Ermittlung der Prozessfähigkeit in diesem Fall nicht anwendbar sind. Die Wertelage in der Produktion war stark zentriert, sodass man fast keine Streuung erkennen konnte und somit der Prozess keine Normalverteilung aufwies. Auch der nächste Schritt mit der Suche nach einer Alternativverteilung zeigte, dass auf die Fertigungsabläufe anhand der niedrigen P-Werte  $P < 0,05$  auch keine Alternativverteilung anwendbar war. Da sich die Prozesse als verteilungsfrei aber stabil erwiesen hatten, konnte man mittels der „Perzentil“ Methode nun die  $C_{pk}$  Werte ermitteln und den Ist Zustand darstellen. Das „Perzentil“ Verfahren stützt sich auf den Vergleich des 6 Sigma-Bereichs der Normalverteilung mit dem dazu adäquaten Bereich der vorliegenden beliebigen Verteilung, indem sich 99,73% aller Werte der Grundgesamtheit befinden (Abb.7). Das heißt, es werden von der vorliegenden Gesamtverteilung (Abb.6) die Quantile  $x_{0,00135}$  und  $x_{0,99865}$  ermittelt und deren Differenz dient als Schätzung für die Prozessstreuung. Durch umfangreiche Messsystemanalysen stellte sich heraus, dass z.B. die Rundlaufmessung mit die schlechtesten  $C_{gk}$  (Messmittelfähigkeitsindex) Werte aufwies. Hier suchte und implementierte man alternative Messmethoden, die auch gleichzeitig SPC tauglich waren.

### 4.3 Analyze

Nach der strukturierten Aufnahme der Ist-Situation während der „Measure Phase“ startete die „Analyze Phase“ mit „Prozessflussplänen“ zu jedem einzelnen Prozessschritt in der mechanischen Fertigung des Produktes. Dies brachte einen ersten Überblick über die möglichen Stör-/Einflussgrößen an den einzelnen Stationen. Um in den nächsten Detaillevel zu gelangen, wurden die Prozessschritte mittels „Process Maps“ analysiert, um danach durch Klassifizierung der Parameter (C-steuerbare Parameter, Cr-kritische Parameter, p-prozedurale Parameter) und Störgrößen (N) die ersten entscheidenden Erkenntnisse zu erhalten.

Diese Ausarbeitungen waren die Grundlage für die weiterführenden Ishikawas (Fischgrätendiagramme) und die daraus abgeleiteten FMEAs (Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse). Mit Unterstützung aus der Fertigung sowie den Abteilungsleitern des jeweiligen Prozessschrittes priorisierte man mittels der RPZ (Risikoprioritätszahl) die entscheidenden Einflussgrößen für den kompletten Prozess. Entscheidend für die Umsetzung der gefilterten Einflussgrößen war im nächsten Schritt der statistische Nachweis mittels

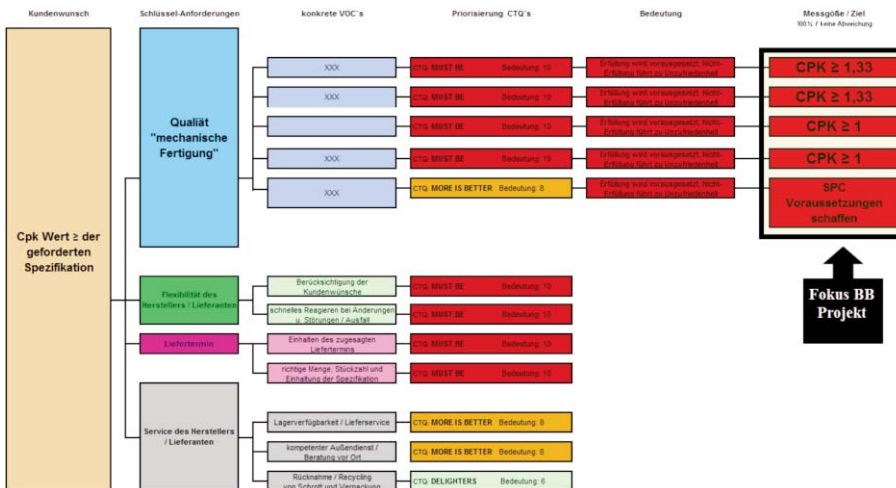


Abb. 5

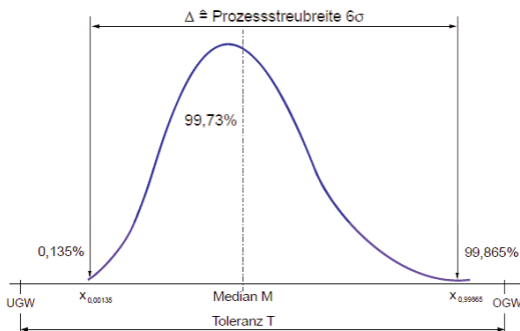


Bild 3.11 Ermittlung der Prozess-Streubreite bei nicht normalverteilten Prozessen

Abb. 6

diverser Hypothesentests. Hierbei kristallisierte sich klar heraus, dass acht Einflussgrößen statistisch signifikant waren und damit einen wesentlichen Einfluss auf die vom Kunden geforderten  $C_{pk}$  Kennwerte hatten. Diese Einflussgrößen waren der Fokus für die anstehenden Optimierungsmaßnahmen. Als signifikant stellte sich der Trocknen-/Reinigungsprozess, die Maschinenfähigkeit als auch die Nachversorgung der Teile beim Schleifen, die Auflösung diverser Messmittel sowie vier signifikante Einflussgrößen beim Pressen heraus.

4.4 Improve

Zu Beginn der „Improve Phase“ wurde in der Presserei eine DOE (Design of Experience; Abb.7) durchgeführt. Die wesentlichen Parameter für die DOE zeigten sich aus den Erkenntnissen der „Analyze Phase“. Schlussendlich konnte man aus den Effekten und Signifikanzen der einzelnen Terme sowie dem Zielgrößenoptimierer eine Berechnungsbasis für die Presserei schaffen, die es ermöglicht, auf Parameterabweichungen adäquat zu reagieren. Weiterhin wird diese Berechnungsgrundlage weiter mit Daten und Erkenntnissen aus der Praxis versorgt, sodass sie zukünftig zur Einsparung einer Vorpressung dienen und damit erhebliche Einsparungen

im Prozess sowie Prozessstabilität bringen soll. Parallel wurde an den Maßnahmen weiter gearbeitet, die im Wesentlichen eine Standardisierung der Prozessparameter inklusive Dokumentation, Anpassung von Regelarten (Eingriffsgrenzenänderung + zusätzlich Parameter), standardisierte Arbeits-/Messmittel und diverse Prozessoptimierungen bedeuteten.

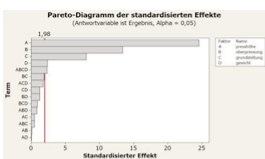
4.5 Control

Die nächste Herausforderung war in der „Control Phase“, die erreichten Verbesserungen zu überprüfen und zu festigen. Hierzu hat man sich des Werkzeuges des „Control Plans“ bedient, bei dem die Verantwortlichkeiten, der Prüfungsintervall, sowie die zu prüfenden Kriterien festgelegt wurden. Die Detailanalysen zeigten bereits in den ersten Stichproben deutliche Verbesserungen des  $C_{pk}$  Wertes, der Spitzenreiter war hier die Schleiferei, die ihren  $C_{pk}$  Wert fast verdreifachen konnte und damit die Kundenforderungen weit übertroffen hat. In den anderen Prozessschritten erreichten wir in den Stichproben mit dem ursprünglichen Granulat auch die geforderten  $C_{pk}$  Spezifikationen. Diese Ergebnisse beziehen sich stets auf das Ursprungsgranulat. Jedoch führte eine Änderung des Granulates nach dem Projektabschluss, beim Prozessschritt Pressen, zu unerwarteten Abweichungen im Längenmaß, diese werden aber nochmals in einem GB Projekt detailliert, da sich die Pulverqualität geändert hat (mechanische Pulvereigenschaften: Rieselfähigkeit, Klebeeignung, etc.). Hier müssen noch weitere Analysen gefahren werden. Die restlichen Prozessschritte verhielten sich jedoch ähnlich wie beim Ursprungsgranulat.

5. Fazit

Die enge Zusammenarbeit mit dem Kunden über den kompletten Zeitraum und dem Projektteam war bei diesem Projekt ein wesentlicher Faktor für den Erfolg, da gemeinsam eine standardisierte Berechnungsgrundlage (Perzentil) für den  $C_{pk}$  Wert diskutiert und eingeführt wurde, die von allen Stellen genehmigt wurde und auch vom Schwesterwerk in den USA angewandt wird. Das komplette Projekt konnte innerhalb eines Jahres umgesetzt und implementiert werden. Die Implementierung der SPC Software ist noch in der Finanzierungs- und Umsetzungsphase. Die neuen Granulateigenschaften werden derzeit analysiert und die Erkenntnisse in das Berechnungstool Pressen übernommen.

1. Test auf Signifikanzen (Signifikant wenn  $P < \alpha$  0,05 ist)

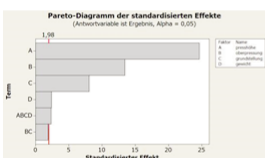


Term	Effekt	SE	t	p
Horizontale	18,1038	0,001362	1122,30	0,000
presshöhe	0,2707	0,001362	19,89	0,000
oberpressung	0,2385	0,001362	17,52	0,000
grundstellung	0,2024	0,001362	14,86	0,000
gewicht	0,1649	0,001362	12,12	0,003
oberpressung*grundstellung	-0,0204	0,001362	-1,49	0,036
grundstellung*gewicht	0,0247	0,001362	1,81	0,075
grundstellung*gewicht	-0,2455	0,004604	-5,33	0,000

Folgende Parameter weisen mit einem P-Wert  $< \alpha$  0,05 eine Signifikanz auf und sind damit entscheidend für das Ergebnis:

- Gewicht
- Presshöhe
- Oberpressung
- Grundstellung
- Presshöhe\*Oberpressung

2. Schrittweises (mehrere Schritte und Beachtung von Rq) Reduzieren des Modells und Adäquatheitstest



Term	Effekt	SE	t	p
Horizontale	18,1038	0,001362	1122,30	0,000
presshöhe	0,2707	0,001362	19,89	0,000
oberpressung	0,2385	0,001362	17,52	0,000
grundstellung	0,2024	0,001362	14,86	0,000
gewicht	0,1649	0,001362	12,12	0,003
oberpressung*grundstellung	-0,0204	0,001362	-1,49	0,036
grundstellung*gewicht	0,0247	0,001362	1,81	0,075
grundstellung*gewicht	-0,2455	0,004604	-5,33	0,000

Das schrittweise Reduzieren des Modells unter Beobachtung des Rq Wertes und der fehlenden Anpassung führte zu dem Ergebnis:

Die fehlende Anpassung ist mit einem P-Wert 0,421  $> \alpha$ , somit ist das Modell als adäquat zu betrachten

Zudem ist Aussagefähigkeit des Modells gemäß Rq Wert 86,28% sehr gut.

3. Linearitätstest (Wenn der P-Wert bei der Krümmung und beim Zentralpunkt kleiner ist als  $\alpha$  dann liegt eine Nichtlinearität vor)

Term	Effekt	SE	t	p
Horizontale	18,1038	0,001362	1122,30	0,000
presshöhe	0,2707	0,001362	19,89	0,000
oberpressung	0,2385	0,001362	17,52	0,000
grundstellung	0,2024	0,001362	14,86	0,000
gewicht	0,1649	0,001362	12,12	0,003
oberpressung*grundstellung	-0,0204	0,001362	-1,49	0,036
grundstellung*gewicht	0,0247	0,001362	1,81	0,075
grundstellung*gewicht	-0,2455	0,004604	-5,33	0,000

Quelle	DF	Seq SS	Res SS
Regression	14	0,000000	0,000000
Residual	149	0,000000	0,000000
Total	163	0,000000	0,000000

Sowohl der P-Wert bei der Krümmung mit 0,000 als auch der P-Wert im Zentralpunkt mit 0,000 zeigen das bei dem Modell eine Nichtlinearität vorliegt.

Abb. 7