

## SXS - Six Sigma

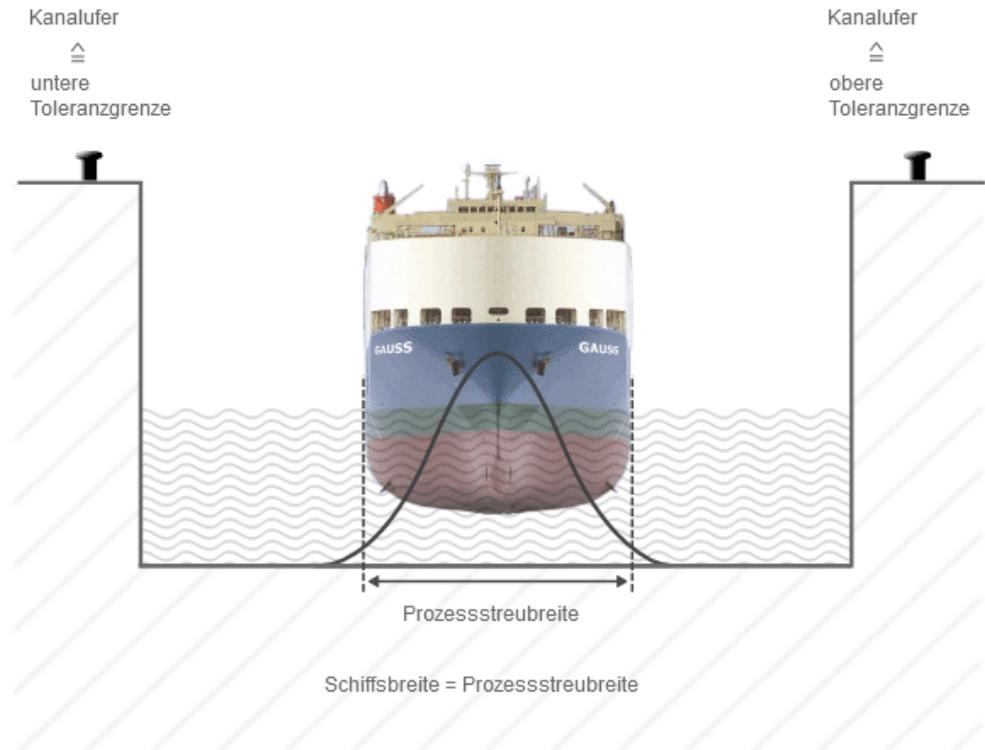
### Hinweis:

Diese Druckversion der Lerneinheit stellt aufgrund der Beschaffenheit des Mediums eine im Funktionsumfang stark eingeschränkte Variante des Lernmaterials dar. Um alle Funktionen, insbesondere Verlinkungen, zusätzliche Dateien, Animationen und Interaktionen, nutzen zu können, benötigen Sie die On- oder Offlineversion.

Die Inhalte sind urheberrechtlich geschützt.

©2023 Berliner Hochschule für Technik (BHT)

## SXS - Six Sigma



Autor: Prof. Jochen Peter Sondermann  
Schiffsfoto von skeeze auf Pixabay

## Lernziele und Überblick

Um diese Lerneinheit bearbeiten zu können, sollten Sie vorher die folgenden Lerneinheiten durchgearbeitet haben:

- GQM - Grundlagen des Qualitätsmanagements
- Alle acht Lerneinheiten im Teil 2:  
Methoden, Verfahren, und Werkzeuge des Qualitätsmanagements
- sowie die beiden Lerneinheiten zu „Design of Experiments“ (DoE).



Lernziele

### Lernziele

Sie sollen nach dem Durcharbeiten dieser Lerneinheit die Philosophie, Strukturen und Methoden von Six Sigma erläutern können und das Potential von Six Sigma zur beschleunigten Verbesserung von Produkten, Dienstleistungen, Prozessen und Systemen einschätzen können.

Sie können das stringente Projektmanagement von Six Sigma in Form von definierten Phasen erklären und die Ihnen bekannten Methoden des Qualitätsmanagements diesen Phasen zuordnen sowie die Anwendungsmöglichkeiten beschreiben.



Gliederung

### Gliederung der Lerneinheit

Die Lerneinheit orientiert sich an den Phasen des DMAIC-Verbesserungszyklus von Six Sigma:

- Grundlagen
- DMAIC-Zyklus
- Phase Define (Definieren)
- Phase Measure (Messen)
- Phase Analyze (Analysieren)
- Phase Improve (Verbessern)
- Phase Control (Lenken)
- Zusammenfassung
- Wissensüberprüfung



Zeitbedarf

### Zeitbedarf und Umfang

Für die Durcharbeitung dieser Lerneinheit benötigen Sie ca. 4 Stunden (240 Minuten).

## 1 Grundlagen

### ▣ 1.1 Zielstellungen und Charakteristika von Six Sigma

### ▣ 1.2 Herleitung des Begriffs „Six Sigma“

### ▣ 1.3 Six-Sigma-Niveau

### ▣ 1.4 Personen, Funktionen und Rollenverteilungen in Six-Sigma-Projekten

## 1.1 Zielstellungen und Charakteristika von Six Sigma

Six Sigma ist ein umfassender Ansatz zur beschleunigten Verbesserung von Produkten, Dienstleistungen, Prozessen und Systemen.

Charakteristika von Six Sigma sind:

- Top-Down-Ansatz, d. h. Anstoß und Förderung des Einsatzes von Six Sigma sollte von der oberen Managementebene ausgehen.
- Methodische Schritte im Verbesserungsprozess sind vorgeschrieben in Form eines Phasen- bzw. Zyklen-Modells.
- Massiver Einsatz von analytischen und statistischen Quality-Engineering-Methoden
- Reduzierung von Streuungen (Prozessvariationen)
- Steigerung von Prozesseffizienz durch Erhöhung der Ausbeute (*engl. Yield*) bei industriellen aber auch bei Verwaltungs- und Dienstleistungsprozessen.
- Abgestufte Ausbildungs- und Kompetenzstufen für unterschiedliche Rollen in den Verbesserungsprojekten (gekennzeichnet durch sogenannte „Gürtel“ (*Belts*) wie bei asiatischen Kampfsportarten).

## 1.2 Herleitung des Begriffs „Six Sigma“

Für die Herleitung der Grundlagen von Six Sigma wird als Ausgangspunkt die Normalverteilung (NV) angenommen. In der Lerneinheit MFU werden das Entstehen einer Normalverteilung, der Parameter  $\mu(\bar{x}), \sigma(s)$  für Mittelwert und Standardabweichung sowie die Begriffe Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion  $g(x)$  und Verteilungsfunktion (Summenhäufigkeitsfunktion)  $G(x)$  behandelt.



Hinweis

Anmerkung:  $\mu, \sigma$  sind Parameter einer Grundgesamtheit,  $\bar{x}, s$  sind Stichprobenparameter.

Eine kurze Zusammenfassung soll den Einstieg in die Metrik von Six Sigma erleichtern.

Die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion der Normalverteilung beschreibt den typischen Verlauf der Glockenkurve mit den Parametern  $\mu$  und  $\sigma$



Formel

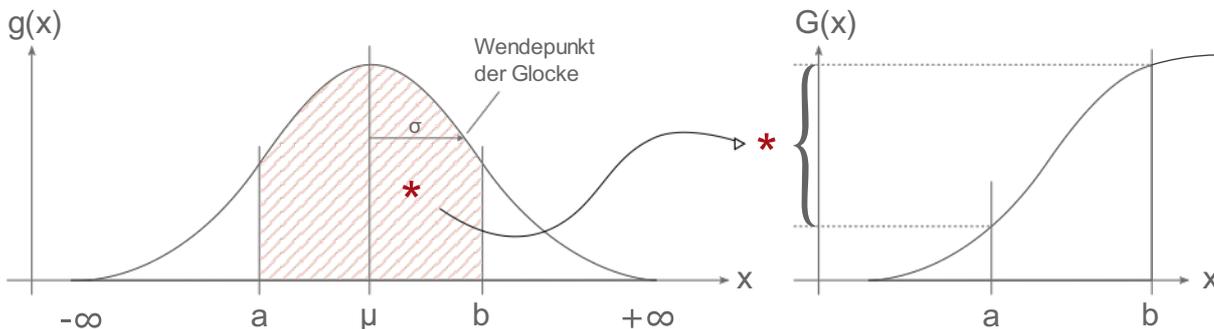
$$g(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \times e^{-\frac{(y-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Die Verteilungsfunktion (auch Summenhäufigkeitsfunktion) beschreibt die Fläche unter der Glockenkurve zwischen den Grenzen a und b, wobei  $G(x)$  von  $-\infty$  bis  $+\infty$  definiert ist.



Formel

$$G(x) = \int_a^b g(x) dx$$



- \* Fläche unter der Glocke zwischen a und b ist auf der Ordinate  $G(x)$  ablesbar.  $G(x)$  in Tabelle der u-Verteilung ablesbar.

Abb.: Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion  $g(x)$  und Verteilungsfunktion  $G(x)$

Standardisierte Normalverteilung

Mit der standardisierten Normalverteilung kann jede Normalverteilung mit der Variablen  $x$  und der Beziehung  $u = \frac{x-\mu}{\sigma}$  in die standardisierte NV ( $u$ -Verteilung) transformiert werden.

Die  $u$ -Verteilung hat den Mittelwert  $\mu = 0$  und Standardabweichung  $\sigma = 1$ . Diese Transformation ist deshalb interessant, dass jetzt beliebige Flächenanteile unter der Glockenkurve aus frei verfügbaren Tabellen im Internet ermittelt werden können. Zum Beispiel:

[www.denkeler-qm.de/Tabelle-NV.pdf](http://www.denkeler-qm.de/Tabelle-NV.pdf)

Es gelten folgende Beziehungen:

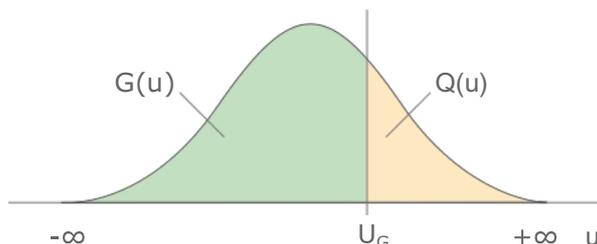


Abb.: Flächenanteile der u-Verteilung

$G(u)$  = Fläche von  $u = -\infty$  bis zu einem Wert  $u_G$

$Q(u) = 1 - G(u)$  = Fläche von  $u_G$  bis  $u = +\infty$

Es sind nur positive  $u_G$ -Werte tabelliert. Wegen der Symmetrie der NV gilt

$G(-u) = 1 - G(u) = Q(u)$ . Die Tabelle enthält eine zusätzliche Spalte  $G(u) - Q(u)$ , die die Ermittlung von Anteilen zwischen Grenzen erleichtert, wobei diese Grenzen z. B.

Toleranzgrenzen sein können. Eine kleine Beispielrechnung soll die Arbeit mit den Tabellen der  $u$ -Verteilung verdeutlichen:



Beispiel

### Elektrische Widerstände

Es werden 10000 elektrische Bauelemente (Widerstände) geliefert. Wieviel Prozent dieser Lieferung sind brauchbar, wenn sie aus einer normalverteilten Fertigung mit dem Mittelwert  $\mu = 400 \Omega$  und der Standardabweichung  $\sigma = 20 \Omega$  stammen und der Spezifikationsbereich  $364 \Omega - 420 \Omega$  beträgt?



© Bild von Clker-Free-Vector-Images auf Pixabay

### Lösung zum Beispiel

Zunächst müssen die Grenzwerte  $364 \Omega$  und  $420 \Omega$  transformiert werden.

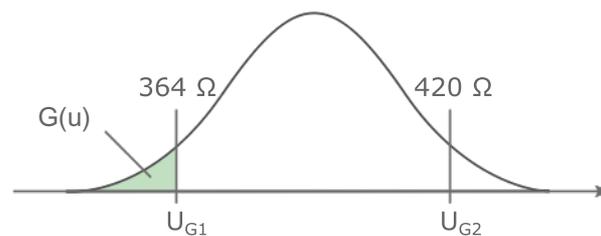


Abb.: Umrechnung der  $u$ -Werte

$$u_{G1} = \frac{364 - \mu}{\sigma} = \frac{364 - 400}{20}$$

$$u_{G1} = -1,8$$

$$u_{G2} = \frac{420 - \mu}{\sigma} = \frac{420 - 400}{20}$$

$$u_{G2} = +1$$

Anschließend werden die entsprechenden Prozentsätze  $G(u)$  und  $Q(u)$  in den Tabellen der standardisierten Normalverteilung ( $u$ -Verteilung) ermittelt. Diese Tabellen enthalten nur Werte für positive  $u$ .

Ausschnitte aus der Tabelle der standardisierten Normalverteilung

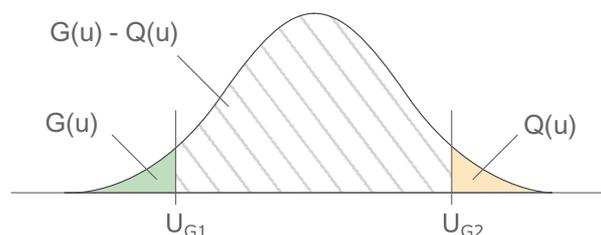


Abb.: Umrechnung der  $u$ -Werte (Ausschnitt)

u	G(u)	Q(u)	G(u)-Q(u)	u	G(u)	Q(u)	G(u)-Q(u)	u	G(u)	Q(u)	G(u)-Q(u)
0,00	0,50000	0,50000	0,00000	0,69	0,75490	0,24510	0,50981	1,38	0,91621	0,08379	0,83241
0,01	0,50399	0,49601	0,00798	0,70	0,75804	0,24196	0,51607	1,39	0,91774	0,08226	0,83547
0,02	0,50798	0,49202	0,01596	0,71	0,76115	0,23885	0,52230	1,40	0,91924	0,08076	0,83849
0,03	0,51197	0,48803	0,02393	0,72	0,76424	0,23576	0,52848	1,41	0,92073	0,07927	0,84146
0,04	0,51595	0,48405	0,03191	0,73	0,76730	0,23270	0,53461	1,42	0,92220	0,07780	0,84439
0,05	0,51994	0,48006	0,03988	0,74	0,77035	0,22965	0,54070	1,43	0,92364	0,07636	0,84728
0,06	0,52392	0,47608	0,04784	0,75	0,77337	0,22663	0,54675	1,44	0,92507	0,07493	0,85013
0,07	0,52790	0,47210	0,05581	0,76	0,77637	0,22363	0,55275	1,45	0,92647	0,07353	0,85294
0,08	0,53188	0,46812	0,06376	0,77	0,77935	0,22065	0,55870	1,46	0,92785	0,07215	0,85571
0,09	0,53586	0,46414	0,07171	0,78	0,78230	0,21770	0,56461	1,47	0,92922	0,07078	0,85844
0,10	0,53983	0,46017	0,07966	0,79	0,78524	0,21476	0,57047	1,48	0,93056	0,06944	0,86113
0,11	0,54380	0,45620	0,08759	0,80	0,78814	0,21186	0,57629	1,49	0,93189	0,06811	0,86378
0,12	0,54776	0,45224	0,09552	0,81	0,79103	0,20897	0,58206	1,50	0,93319	0,06681	0,86639
0,13	0,55172	0,44828	0,10343	0,82	0,79389	0,20611	0,58778	1,51	0,93448	0,06552	0,86896
0,14	0,55567	0,44433	0,11134	0,83	0,79673	0,20327	0,59346	1,52	0,93574	0,06426	0,87149
0,15	0,55962	0,44038	0,11924	0,84	0,79955	0,20045	0,59909	1,53	0,93699	0,06301	0,87398
0,16	0,56356	0,43644	0,12712	0,85	0,80234	0,19766	0,60468	1,54	0,93822	0,06178	0,87644

Abb.: Tabellenwerte der  $u$ -Verteilung (Ausschnitt)  
© Denkeler Qualitätsmanagement

$$G(-1, 8) = 1 - G(+1, 8) = Q(1, 8)$$

$G(-1, 8) = 0,03593 \rightarrow \sim 3,6$  Prozent der Widerstände unterschreiten die untere Spezifikationsgrenze.

$G(+1) = 0,15866 \rightarrow \sim 15,9$  Prozent überschreiten die obere Spezifikationsgrenze.

80,5 Prozent der Widerstände erfüllen die Anforderungen.



Hinweis

Anmerkung: Betrachten Sie die Zahlen nur als Rechenbeispiel. Bei der Forderung nach ppm-Qualität hat das mit der Realität im QM nichts zu tun.

### Bereiche der Normalverteilung

Es ergeben sich die folgenden Bereiche der NV mit  $u = \pm 1$ ,  $u = \pm 2$  usw.

#### Flächenanteile (Häufigkeiten der Werte) zwischen den Sigma-Grenzen

- $-1\sigma \leq \mu \leq +1\sigma \rightarrow 68,3\%$  der Fläche (Anteile einer NV)
- $-2\sigma \leq \mu \leq +2\sigma \rightarrow 95,5\%$  der Fläche (Anteile einer NV)
- $-3\sigma \leq \mu \leq +3\sigma \rightarrow 99,73\%$  der Fläche (Anteile einer NV)
- $-4\sigma \leq \mu \leq +4\sigma \rightarrow 99,9968\%$  der Fläche (Anteile einer NV)
- $-5\sigma \leq \mu \leq +5\sigma \rightarrow 99,9999\%$  der Fläche (Anteile einer NV)
- $-6\sigma \leq \mu \leq +6\sigma \rightarrow 99,999998\%$  der Fläche (Anteile einer NV)

Sind die Toleranzgrenzen bei einer NV  $\pm 6\sigma$  von  $\mu$  entfernt, würde daraus ein (rein rechnerischer!) Toleranzunter- bzw. überschreitungsanteil von 0,0000002 oder 0,02 ppm (parts per million) resultieren. Elemente, die aus einer normalverteilten Grundgesamtheit entstammen, die  $\pm 6\sigma$  von  $\mu$  entfernt sind, existieren in der Praxis nicht, da sie als Ausreißer eliminiert würden. Die 6 vor dem  $\sigma$ -Symbol entspricht je einem  $u$ -Wert. Sie werden feststellen, dass die  $u$ -Tabelle für QM bei Werten um  $u=4$  endet.

### 1.3 Six-Sigma-Niveau

Die  $\pm 6\sigma$  Sigma-Grenze ist allerdings nicht der Maßstab für Six Sigma. Six Sigma konzediert eine (theoretisch angenommene) Schwankung des Prozessmittelwertes  $\mu$  von  $\pm 1,5\sigma$ -Einheiten auf  $\mu^*$  infolge von immer präsenten Störeinflüssen auf den Prozess (siehe folgende Abbildung).

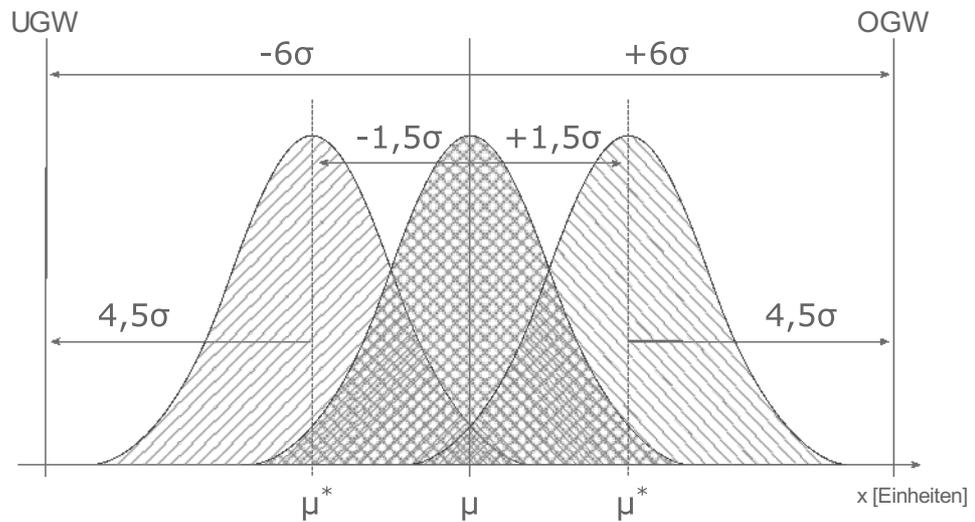


Abb.: Grundlage Six-Sigma-Metrik

OGW, UGW: oberer bzw. unterer Grenzwert

$\mu^*$ : Mittelwert nach Prozessstörung

Diese „akzeptierten“ Prozessverschiebungen führen zu einem (rein rechnerischen) Überschreitungsanteil bei einer NV von 3,4 ppm (parts per million). Diese 3,4 ppm wird als Maßzahl für weitgehende Fehlerfreiheit und damit als Six-Sigma-Qualität genommen.



Hinweis

Ein Prozess hat Six-Sigma-Qualität, wenn er maximal 3,4 Fehler pro 1 Million Fehlermöglichkeiten aufweist, d. h. die Erfolgsquote (Prozessausbeute → engl.: *Yield*) von 99,99966% aufweist.

Kritisch hinterfragt werden muss dieser Ansatz allerdings für Fehler, die zu Bedrohungen für Leib und Leben von Kunden oder unbeteiligten Dritten führen, da sich hier nur „0-Fehler“ als tolerables Niveau darstellen lassen.

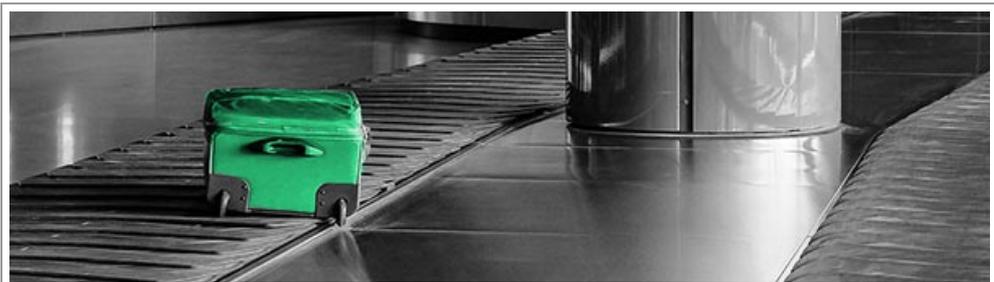
Vorteilhaft an diesem Ansatz ist allerdings, dass unterschiedliche Prozesstypen vergleichbar sind:



Beispiel

#### Beispiele für Six-Sigma-Qualität

- Bankbuchungen → maximal 3,4 Fehlbuchungen pro 1 Million Buchungsvorgängen
- Gepäckfördereauflage am Flughafen → maximal 3,4 Falschsortierungen pro 1 Million Sortiervorgängen



© Foto von djedj auf Pixabay

## 1.4 Personen, Funktionen und Rollenverteilungen in Six-Sigma-Projekten

Mit Six Sigma sind unterschiedliche Ausbildungs- und Kompetenzstufen sowie unterschiedliche Rollen bei der Abwicklung von Projekten verbunden. Die folgende Tabelle fasst diesen Sachverhalt zusammen.

Die unterschiedlichen Rollen sind durch sogenannte „Gürtel“ (*Belts*) gekennzeichnet - angelehnt an asiatische Kampfsportarten.

Funktion/Rolle	Charakteristische Aufgaben	Ausbildung/Qualifikation
Champion	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Management der unternehmensweiten Einführung von Six Sigma</li> <li>• Anstoß von Projekten (Aufgabenstellung, Ressourcenbereitstellung)</li> <li>• Bewertung der Effektivität und Effizienz von Projekten (Projektreview)</li> <li>• Sicherstellung der Ergebnisumsetzung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sollte Mitglied der oberen Leitung sein</li> </ul>
Master Black Belt 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Black-, Green- und Yellow Belts schulen und Methodenanwendung unterstützen (Training on the Job)</li> <li>• Maßgeschneiderte Methodenpakete entwickeln</li> <li>• Six-Sigma-Projekte leiten</li> <li>• Organisatorische Verankerung im Unternehmen sicherstellen bzw. unterstützen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Methodenspezialist</li> <li>• Gewöhnliche Vollzeitarbeit</li> <li>• Akademisches Studium erforderlich</li> </ul>
Black Belt 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Six-Sigma-Projekte leiten</li> <li>• Green-, Yellow- und White Belts coachen bezüglich Anwendung komplexer Werkzeuge und Methoden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schulungsumfang mindestens 180 Stunden</li> <li>• Qualifizierte Mitarbeit an mehreren Verbesserungsprojekten</li> <li>• Prüfung mit Zertifikat</li> </ul>
Green Belt 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualifizierte Mitarbeit in Six-Sigma-Projekten unter Leitung eines Black Belts</li> <li>• Teilprojekte durchführen und verantworten, ggf. auch Gesamtprojektverantwortung</li> <li>• Aufrechterhaltung des erreichten Verbesserungsniveaus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schulungsumfang mindestens 80 Stunden</li> <li>• Qualifizierte Mitarbeit bei Abwicklung eines Verbesserungsprojekts</li> <li>• Prüfung mit Zertifikat</li> </ul>
Yellow Belt 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Qualifizierte Mitarbeit in Six-Sigma-Projekten (Produkt- bzw. Prozessexperte)</li> <li>• Aufrechterhaltung des erreichten Verbesserungsniveaus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schulungsumfang 25–40 Stunden</li> <li>• Prüfung mit Zertifikat</li> </ul>
ggf. White Belt 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mitarbeit als Teammitglied in Verbesserungsprojekten</li> <li>• Mitwirkung bei Aufrechterhaltung des erreichten Verbesserungsniveaus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schulungsaufwand 0,5–1 Trainingstag</li> </ul>

Tab.: Personen, Funktionen und Rollenverteilungen in Six-Sigma-Projekten

## 2 Der DMAIC-Zyklus

Generell erfolgt die Abwicklung von Six-Sigma-Projekten nach einem festgelegten Schema. Der DMAIC-Zyklus stellt das Kernelement von Six Sigma dar:

DMAIC steht für die festgelegten Phasen

- **D**efine (Definieren)
- **M**easure (Messen)
- **A**nalyze (Analysieren)
- **I**mprove (Verbessern)
- **C**ontrol (Lenken)

Der DMAIC-Zyklus ist eine strukturierte, logisch aufeinanderfolgende Vorgehensweise mit definierten Aktivitäten in den einzelnen Phasen unter Anwendung von geeigneten Werkzeugen und Methoden.

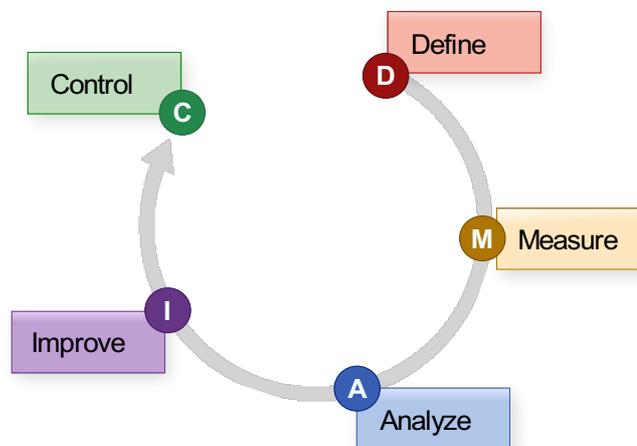


Abb.: DMAIC-Zyklus



Hinweis

Der DMAIC-Zyklus ist primär auf die Verbesserung existierender Produkte, Prozesse und Dienstleistungen ausgerichtet. Für die Entwicklung bzw. wesentliche Überarbeitung von Produkten, Prozessen und Dienstleistungen (Design bzw. Redesign) zur Erfüllung und Realisierung von Kundenanforderungen auf einem  $6\sigma$ -Level existiert das Konzept *Design for Six Sigma (DFSS)* mit – gegenüber DMAIC – modifizierten Phasen. Beispiel hierfür ist der DCDOV-Zyklus.



Abb.: DCDOV-Zyklus



Hinweis

Six Sigma wird oft bei existierenden Prozessen insbesondere hinsichtlich Verbesserung der Durchlaufzeiten mit dem Konzept des *Lean Management* und seinen Methoden kombiniert zu **Lean Six Sigma**.

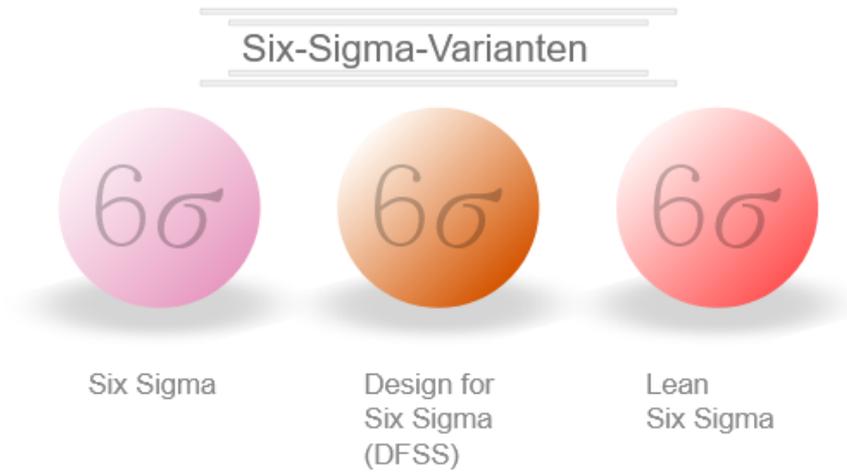


Abb.: Varianten von Six Sigma

## 2.1 Vorgehensweise

Die Vorgehensweise bei der Umsetzung von Six Sigma mit dem DMAIC-Zyklus zeigt die folgende Abbildung.

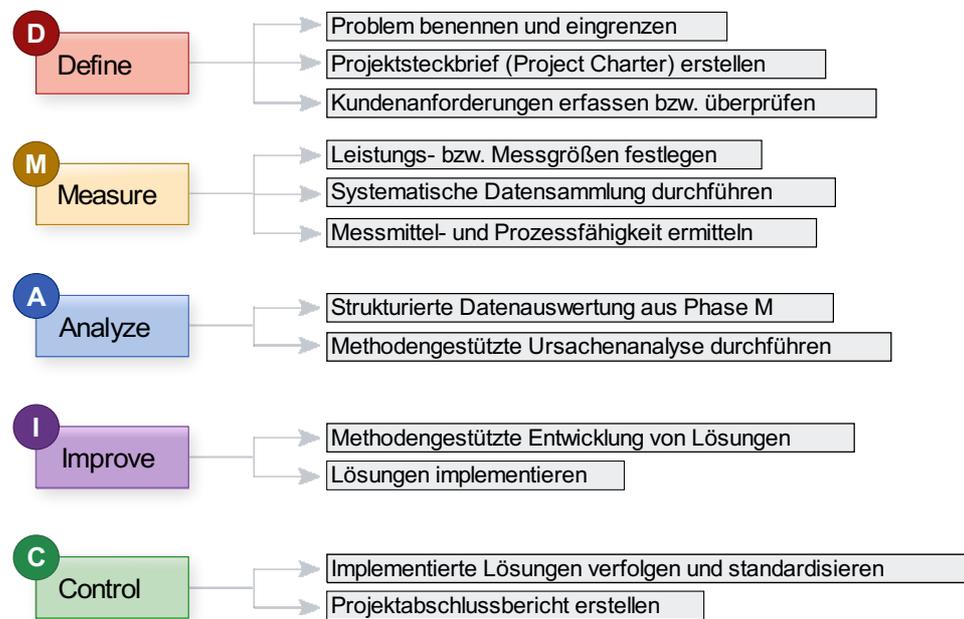


Abb.: Vorgehensweise DMAIC-Zyklus

## 2.2 Spezifische Methoden von Six Sigma

Wesentliches Kennzeichen von Six Sigma ist der Einsatz von Methoden des Qualitätsmanagements. Sie haben eine Reihe von diesen QM-Methoden im Teil II des Online-Moduls kennengelernt. Neben den Basiswerkzeugen (Q7, M7) gehören dazu die Quality Engineering Methoden wie FMEA, Prozess- und Messmittelfähigkeitsanalyse. Diese werden durch einige speziell für Six Sigma entwickelte bzw. angepasste Methoden ergänzt. Sie werden in der Define-Phase angewendet. Es handelt sich dabei um:

- SIPOC-Modell (*Supplier – Input – Process – Output – Customer*)
- CTQ-Baum (*Critical to Quality Tree*)
- Projektsteckbrief (*Project Charter*)

Diese drei Methoden werden im Folgenden kurz erläutert.

### SIPOC-Modell

SIPOC steht für **S**upplier – **I**ntput – **P**rocess – **O**utput – **C**ustomer. Gelegentlich findet sich auch die deutsche Übersetzung LIPOK: **L**ieferant – **I**ntput – **P**rozess – **O**utput – **K**unde

SIPOC ist eine sogenannte TOP-Level-Prozessbeschreibung als Ergänzung zu den Ihnen bekannten Prozessdarstellungen aus der Lerneinheit QS1. SIPOC fungiert als Dokumentation und erste Übersicht von Geschäftsprozessen bei Six-Sigma-Projekten.

Supplier	Input	Process	Output	Customer
Kunde	Störmeldung	Serviceannahme	Reparaturauftrag	Service-Disposition
Service-Disposition	Kundendaten / Verträge	Reparaturauftrag anlegen	Engetakteter Reparaturauftrag	Buchhaltung
Service-Datenbank	Verfügbarkeit Personal, Material	Ressourcenprüfung	Terminplanung Reparatur	Service-Datenbank
Service-Datenbank	Reparaturauftrag	Terminvereinbarung mit Kunden	Festgelegter Reparaturtermin	Kunde
Service-Disposition / Techniker	Reparaturauftrag	Reparatur durchführen	Repariertes Gerät	Kunde
Servicetechniker	Reparaturprotokoll	Auftragsabschluss	Tätigkeitsbereich	Buchhaltung

Tab.: SIPOC-Beispiel  
(Anlehnung an TÜV Rheinland)

### CTQ-Baum

Der CTQ-Baum (*Critical to Quality Tree*) unterstützt die Transformation von Kundenanforderungen und -erwartungen in quantifizierbare (möglichst messbare) Merkmalspezifikationen. Er ähnelt der weitgehend komplexeren Methode QFD, die Ihnen aus der Lerneinheit „*QFD - Quality Function Deployment*“ bereits bekannt ist. CTQs verbinden Kundenanforderungen und -erwartungen mit Prozess-Outputs. Ein einfaches Beispiel zeigt die folgende Abbildung.

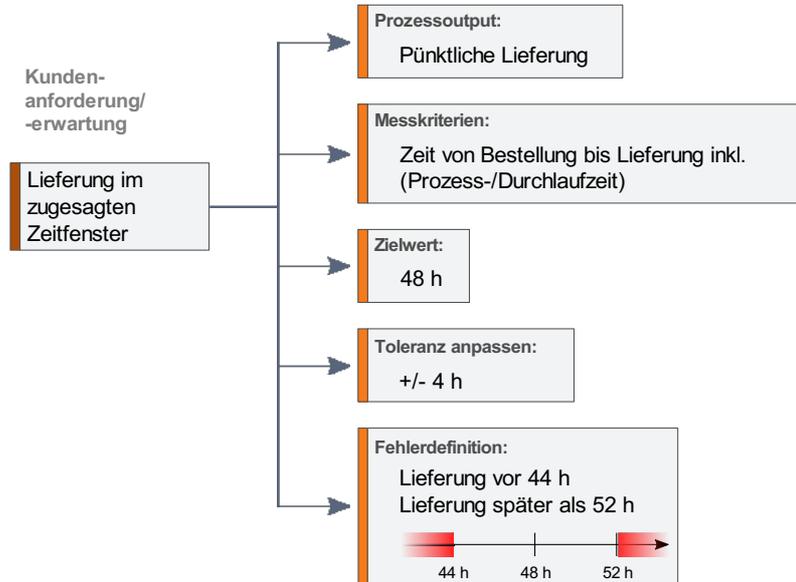


Abb.: Beispiel CTQ-Baum

**Projektsteckbrief (Project Charter)**

Ein Projektsteckbrief ist aus dem Projektmanagement bekannt. Er wird für Six-Sigma-Projekte angepasst. Eine mögliche Ausprägung eines Six-Sigma-Projektsteckbriefes zeigt die folgende Abbildung.

Projektsteckbrief					
Projektbezeichnung Projektnummer					
Projektbeschreibung Projektzielsetzungen					
Projektziele					
kritische Merkmale (CTQs)					
SIPOC-Modell	Supplier	Input	Process	Output	Customer
Projektleitung					
Teammitglieder					
Projektexperten					
Projektbeginn/-abschluss					
Meilensteine	Define	Measure	Analyze	Improve	Control

Abb.: Projektsteckbrief (Project Charter)

Die nachfolgenden Abschnitte beschreiben die einzelnen DMAIC-Phasen nach Zielstellungen, Ablauf, verwendeten Werkzeugen und Methoden sowie Ergebnissen der Phasen in Form von Checklisten. Die verwendeten Methoden sind in Teil II des Moduls beschrieben. Diese Beispiele könnten Teile von Six-Sigma-Projekten sein. Ergebnisse der Phasen (Outputs) sind Inputs für die folgenden Phasen.

## 2.3 Der DMAIC-Zyklus im Überblick



Abb.: DMAIC-Zyklus

- ▣ 2.3.1 Phase Define (Definieren)
- ▣ 2.3.2 Phase Measure (Messen)
- ▣ 2.3.3 Phase Analyze (Analysieren)
- ▣ 2.3.4 Phase Improve (Verbessern)
- ▣ 2.3.5 Phase Control (Lenken)

### 2.3.1 Phase Define (Definieren)



Abb.: DMAIC-Zyklus,  
Phase Define

→

#### Zielstellung

Die Zielstellung der Phase *Define* ist die Festlegung des Projektrahmens.

→

#### Ablauf

- Anstoß des Six-Sigma-Projektes durch die Leitung
- Festlegen von Projektzweck und -umfang
- Festlegen der quantitativen Leistungs- und Verbesserungsziele (Projektsteckbrief)
- Festlegen des Black Belts und der Teammitglieder
- Festlegen des Abschlusstermins und der Meilensteine
- Grobüberblick und Eingrenzung des zu verbessernden Produkts/Prozesses (SIPOC)
- Auflistung der wichtigsten Kundenanforderungen (Stichwort: VOICE of the Customer (VOC), CTQ)

→

#### Methoden/Werkzeuge (Auswahl)

- Projektsteckbrief
- Voice of the Customer (VOC), ggf. QFD <sup>\*1</sup>
- Brainstorming <sup>\*1</sup>, Affinitätsdiagramm <sup>\*1</sup>, Paretdiagramm <sup>\*1</sup>, KANO-Modell <sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> Methoden sind in den Lerneinheiten im Teil II beschrieben (KANO-Modell Teil I Lerneinheit QS2)

→

#### Phase Define: Checkliste nach Abschluss

1. Projektauswahl und Projektgrenzen festgelegt
2. Projektziele (messbar) definiert
3. Team benannt
4. SIPOC und CTQs ermittelt und dargestellt
5. Kundenanforderungen in messbare Größen umgesetzt

### 2.3.2 Phase Measure (Messen)



Abb.: DMAIC-Zyklus,  
Phase Measure

→

#### Zielstellung

Six-Sigma-adäquate Darstellung der derzeitigen Situation vor der Verbesserung

→

#### Ablauf

- Auswahl der CTQ-Merkmale
- Validierung der Mess- und Prüfsysteme
- Definition von Leistungskenngrößen für Produkt und Prozess
- strukturierte Datensammlung (Bestandsaufnahme) zur Leistungsmessung
- Auswertung von Fehlerstatistiken
- Leistungsmessgrößen ermitteln und darstellen
- Auswertung von Datenquellen zur Kundenzufriedenheit

→

#### Methoden/Werkzeuge (Auswahl)

- Q7/M7 (Fehlersammellisten mit Stratifikation, Histogramm, Paretdiagramm, Qualitätsregelkarte)
- Messgeräte- und Prozessfähigkeitsanalyse, Zuverlässigkeitsanalyse
- ggf. FMEA

→

#### Phase Measure: Checkliste nach Abschluss

1. mögliche Einflussfaktoren sind identifiziert
2. Messgrößen sind festgelegt
3. Daten sind erfasst
4. Messgerätefähigkeit (mittels Index  $(c_g, c_{gk})$ ) dargestellt
5. Prozessbeherrschung oder mangelnde Prozessbeherrschung festgestellt
6. Prozessfähigkeit (mittels Index  $(c_p, c_{pk})$ ) dargestellt

### 2.3.3 Phase Analyze (Analysieren)



Abb.: DMAIC-Zyklus,  
Phase Analyze

→

#### Zielstellung

---

Methoden- und datengestützte Identifikation der Problemursachen

→

#### Ablauf

---

- Strukturierte Datenauswertung aus Phase „Measure“
- Methodengestützte Identifikation von Einflussgrößen, Streuungsursachen einschließlich von Wechselwirkungen von Einflussfaktoren
- Nutzung statistischer Testmethoden zur Bestätigung der Signifikanz ermittelter Einflussfaktoren

→

#### Methoden/Werkzeuge (Auswahl)

---

- Q7/M7 (Affinitäts- und Baumdiagramm, Brainstorming, Histogramm, Korrelationsdiagramm, Matrixdiagramm, Paretdiagramm, Ursache-Wirkungsdiagramm (Ishikawa-Diagramm))
- Versuchsmethodik (Design of Experiments (DOE)) \*
- Regressionsanalyse \*
- Zuverlässigkeitsprüfung (Weibull-Analyse) \*\*
- Hypothesentests (F-Test, Varianzanalyse (ANOVA), A-zu-B-Vergleich) \*

\* in den Lerneinheiten des Zusatzangebotes enthalten.

\*\* spezielle Lerneinheit „ZUV - Zuverlässigkeitsanalyse“ in Teil II

→

#### Phase Analyze: Checkliste nach Abschluss

---

- Problemursachen erkannt, quantifiziert und statistisch bestätigt
- Eventuelle Wechselwirkungen zwischen Einflussgrößen erkannt und quantifiziert
- Mögliche Lösungsansätze sind benannt

### 2.3.4 Phase Improve (Verbessern)



Abb.: DMAIC-Zyklus,  
Phase Improve

→

#### Zielstellung

Entwickeln und implementieren von effektiven und nachhaltigen Lösungen

→

#### Ablauf

- finden, bewerten und testen von Lösungen für die behandelten Probleme (identifizierte Einflussfaktoren)
- Festlegen optimierter Spezifikationen bzw. Annahmekriterien für die wichtigsten Einflussgrößen
- Erarbeitung von Aktionsplänen zur Realisierung der Maßnahmen und Überwachung der Implementierung

→

#### Methoden/Werkzeuge (Auswahl)

Die Methoden wurden im Teil 2 und im Zusatzangebot des Studienmoduls vorgestellt.

- Q7/M7 (Affinitätsdiagramm, Baumdiagramm, Brainstorming, Histogramm, Paretdiagramm, Ursache-Wirkungs-Diagramm)
- FMEA
- Versuchsmethodik (DOE)
- Messgeräte- und Prozessfähigkeitsanalyse
- Hypothesentests (F-Test, Varianzanalyse (ANOVA), A-zu-B-Vergleich)
- Weibull-Analyse
- Poka Yoke
- Kreativitätstechniken

→

#### Phase Improve: Checkliste nach Abschluss

- Lösungen sind ausgewählt
- Bewertung der Lösungen mit Kosten-Nutzen-Analyse erfolgt
- Implementierung der Lösung geplant und pilotmäßig umgesetzt

### 2.3.5 Phase Control (Lenken)



Abb.: DMAIC-Zyklus,  
Phase Control

→

#### Zielstellung

Dauerhafte Sicherstellung der erzielten Verbesserung

→

#### Ablauf

- Schlüsselmerkmale und Kennzahlen festlegen
- Festlegen und Validierung des Lenkungssystems
- Lenkung der festgelegten Leistungskenngrößen von Produkten und Prozessen
- Standardisierung erfolgreicher Lösungen
- Dokumentation der Verbesserungsergebnisse und Lernerfolge („*Lessons learned log*“)

→

#### Methoden/Werkzeuge (Auswahl)

Die Methoden wurden im Teil 2 des Studienmoduls vorgestellt.

- Q7/M7 (Fehlersammellisten/Prüflisten, Histogramm)
- Prozesslenkungsplan („*Control Plan*“)
- Poka Yoke
- Statistische Prozesslenkung (SPC) mit Qualitätsregelkarten

→

#### Phase Control: Checkliste nach Abschluss

- Erprobte Lenkungsmechanismen festgelegt (SPC, Prüftechnik)
- Lenkungsmethoden eingeführt und validiert
- Projektabschlussbericht erstellt („*Lessons Learned Log*“)

### 2.4 Übersicht der verwendeten Werkzeuge und Methoden

Abschließend sehen Sie hier noch eine Übersicht der Werkzeuge und Methoden, die bei der Umsetzung von Six Sigma mit dem DMAIC-Zyklus zum Einsatz kommen. Sie haben diese Methoden in Teil II und im Zusatzangebot des Online-Moduls kennengelernt.



Abb.: DMAIC-Zyklus

Methoden und Werkzeuge (Auswahl)	D	M	A	I	C
Projektsteckbrief	○				
Voice of Customer	○				
SIPOC	○				
CTQ-Baum	○				
Brainstorming	●		●	●	
Affinitätsdiagramm	●		●	●	
Paretodiagramm	●	●	●	●	
KANO-Modell	○				
Fehlersammellisten mit Stratifikation		●			●
Histogramm		●	●	●	●
Qualitätsregelkarte		●			●
Messgeräte- und Prozessfähigkeitsanalyse		●		●	
Zuverlässigkeitsanalyse		○			
FMEA		●		●	
Korrelationsdiagramm			○		
Baumdiagramm			●	●	
Matrixdiagramm			○		
Ursache-Wirkungsdiagramm (Ishikawa-Diagramm)			●	●	
Versuchsmethodik (Design of Experiments (DOE))			●	●	
Regressionsanalyse			○		
Zuverlässigkeitsprüfung (Weibull-Analyse)			●	●	
F-Test			●	●	
Varianzanalyse (ANOVA)			●	●	
A-zu-B-Vergleich			●	●	
Poka Yoke				●	●
Kreativitätstechniken				○	
Prozesslenkungsplan (Control Plan)					○
Statistische Prozesslenkung (SPC)					○

Tab.: Verwendung der Methoden zur Umsetzung von Six Sigma mit dem DMAIC-Zyklus

○ betrifft einzelne Phase ● betrifft mehrere Phasen



Hinweis

Die Basistechniken haben wir, wie in der Literatur vielfach üblich, in Lerneinheit MVW als 7 Management- und 7 Qualitätswerkzeuge dargestellt. Diese Einteilung ist historisch begründet und für Sie für die praktische Arbeit ohne Belang.

Der Erfolg von Six Sigma beruht neben dem teamorientierten Ansatz und dem straffen Projektmanagement auch auf dem Einsatz bewährter Qualitätstechniken. Die Anwendung der behandelten Methoden ist auch außerhalb von Six Sigma von großem Vorteil.

### Zusammenfassung

- ✔ Six Sigma ist ein Managementansatz zur beschleunigten Verbesserung von Produkten, Dienstleistungen und Prozessen.
  - ✔ Kennzeichnend für Six Sigma ist die stringente Abfolge von fünf Phasen im Verbesserungsprozess.
  - ✔ Phasen der Verbesserung laufen gemäß des DMAIC-Zyklus ab:
    - *Define* (Projektdefinition)
    - *Measure* (Istzustandserfassung)
    - *Analyze* (Wurzelursachenfindung für Probleme)
    - *Improve* (Verbesserungen implementieren)
    - *Control* (effektives Lenken des erzielten Verbesserungsniveaus)
  - ✔ Kennzeichnend für Six Sigma ist auch der massive Einsatz von Qualitätsmethoden.
  - ✔ Angewendete Methoden sind die Basismethoden Q7/M7, spezifische Six-Sigma-Methoden wie SIPOC und CTQ-Baum als auch Methoden des Quality Engineering wie DOE und die Weibull-Analyse.
  - ✔ Six Sigma kann auf Entwicklungsprojekte adaptiert werden (Stichwort: Design for Six Sigma DFSS) oder mit Strukturen des Lean Managements kombiniert werden (Stichwort: Lean Six Sigma)
-

## Wissensüberprüfung

Mit den folgenden Übungen prüfen Sie Ihren Kenntnisstand zu den Inhalten dieser Lerneinheit. Sollte die Auswertung ergeben, dass Ihr Kenntnisstand lückenhaft ist, wird empfohlen, die relevanten Teile nachzuarbeiten.

Die Übungen können beliebig oft wiederholt werden; die Ergebnisse werden nicht gespeichert.



Formulieren

### Übung SXS-01

#### Elemente des Verbesserungszyklus

Nennen Sie die Elemente des Six-Sigma-Verbesserungs-Zyklus und deren Hauptfunktionen (Stichworte)!

[Lösungshinweise \(Siehe Anhang\)](#)

Bearbeitungszeit: 10 Minuten



Formulieren

### Übung SXS-02

#### Toleranzüber-/ -unterschreitungsanteil

Berechnen Sie mit Hilfe der u-Verteilung den rechnerischen Toleranzüber- bzw. -unterschreitungsanteil, wenn sich bei einer Prozessfähigkeitsuntersuchung ein normalverteilter Prozess mit  $c_p = c_{pk} = 1$  ergeben würde!

[Lösungshinweise \(Siehe Anhang\)](#)

Bearbeitungszeit: 10 Minuten



Formulieren

### Übung SXS-03

#### Phasen des Verbesserungszyklus

In welchen Phasen des Six-Sigma-Verbesserungszyklus und zu welchen Aufgaben wird die Statistische Versuchsmethodik (Design of Experiments *DOE*) eingesetzt?

[Lösungshinweise \(Siehe Anhang\)](#)

Bearbeitungszeit: 10 Minuten



Single Choice

### Übung SXS-04

#### Six Sigma

Entscheiden Sie, ob die Aussagen richtig oder falsch sind.

	Richtig	Falsch	Auswertung
Im Verbesserungsprozess sind methodische Schritte in Form eines Phasen- bzw. Zyklen-Modells vorgeschrieben.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
Six Sigma zeichnet sich durch den Bottom-Up-Ansatz aus.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
Six Sigma sorgt für eine Erhöhung von Streuungen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
Six Sigma zeichnet für unterschiedliche Rollen in den Verbesserungsprojekten abgestufte Ausbildungs- und Kompetenzstufen aus.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
Die Verteilungsfunktion beschreibt die Fläche unter der Glockenkurve zwischen $-\infty$ bis $+\infty$ .	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>
Die Normalverteilung ist symmetrisch.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>



Berechnen

**Übung SXS-05****u-Verteilung**

Tragen Sie die passenden Zahlenwerte ein.

Bearbeitungszeit: 3 Minuten

Die u-Verteilung hat den Mittelwert  $\mu =$ 

Die u-Verteilung hat die Standardabweichung



Lückentext

**Übung SXS-06****Lückentext**

Die  $\pm$   Sigma-Grenze  der Maßstab für Six Sigma. Six Sigma konzentriert eine Schwankung des   $\mu$  von  $\pm$    $\sigma$ -Einheiten auf  $\mu^*$ . Diese Prozessverschiebungen führen zu einem Überschreitungsanteil bei einer NV von  ppm. Er wird als Maßzahl für weitgehende  und damit Six-Sigma-Qualität genommen. Bei Lebensgefahr von Kunden lässt sich nur  als tolerables Niveau darstellen.  ist eine TOP-Level-Prozessbeschreibung.  ist aus dem Projektmanagement bekannt und wird für Six-Sigma-Projekte angepasst.  unterstützt die Transformation von Kundenanforderungen und -erwartungen in quantifizierbare Merkmalspezifikationen.

0-Fehler

1 Million

1,5

3,4

6

Der CTQ-Baum

Ein Projektsteckbrief

Fehlerfreiheit

Fehlerqualität

Fehlertoleranz

ist

ist nicht

Prozessanteil

Prozessmaximalwert

Prozessmittelwert

SIPOC

wenige Fehler



Zuordnung

**Übung SXS-07**

**Die Phasen des DMAIC-Zyklus**

Ordnen Sie die deutschen Begriffe der DMAIC-Phasen in der richtigen Reihenfolge an.

Definieren      Messen

Verbessern      Lenken

Analysieren



Zuordnung

**Übung SXS-08**

**Vorgehensweisen DMAIC-Zyklus**

Ordnen Sie die folgenden Vorgehensweisen der passenden Phase des DMAIC-Zyklus zu!

<b>A</b>	Implementierung der Lösungen	➔	<input type="checkbox"/>	D
<b>B</b>	Benennung und Eingrenzung des Problems		<input type="checkbox"/>	I
<b>C</b>	Durchführung der Ursachenanalyse		<input type="checkbox"/>	A
<b>D</b>	Durchführung systematischer		<input type="checkbox"/>	M
<b>E</b>	Erstellung des Projektabschlussberichts		<input type="checkbox"/>	C

## Appendix

---

### Lösungshinweis: Übung SXS-01

DMAIC-Zyklus (Define → Measure → Analyze → Improve → Control)

- Define: Projektstruktur festlegen
  - Measure: Istsituation erfassen und Six-Sigma-adäquat aufbereiten
  - Analyze: Wurzelursachen für Probleme methodengestützt ermitteln
  - Improve: Effektive Verbesserungslösungen entwickeln und implementieren
  - Control: Effektive Aufrechterhaltung eines erreichten Verbesserungsniveaus
- 

### Lösungshinweis: Übung SXS-02

Bereiche der  $NV = \mu \pm u\sigma$  mit  $u = 3$

Prozessstreuung bei  $NV = \mu \pm 3 \cdot \sigma$

Bei  $c_P = C_{PK} = 1$  (zentrierter Prozess) Toleranzbreite = Prozessstreuung

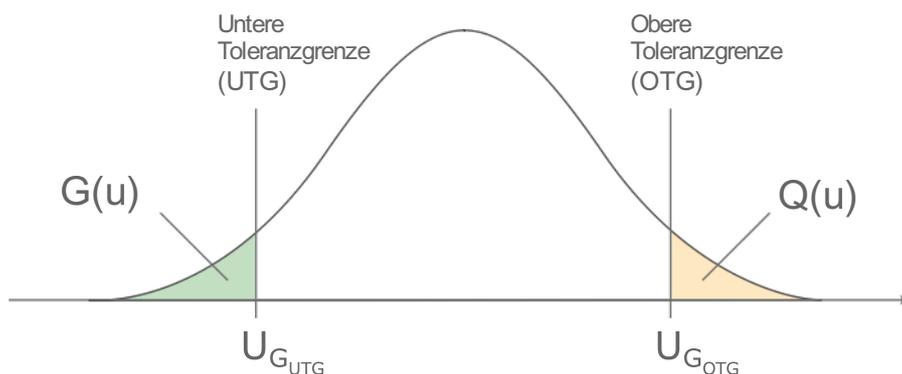


Abb.: Skizze der Toleranzgrenzen

$$U_{G_{UTG}} = -3$$

$$U_{G_{OTG}} = +3$$

$$G(-u) = (1 - G(+u)) = Q(u)$$

$$Q(u) = 0,00135$$

→

Toleranzunterschreitungsanteil = 0,135%

Toleranzüberschreitungsanteil = 0,135%

(In der Toleranz 99,73%)

## **Lösungshinweis: Übung SXS-03**

DOE-Einsatz

Phase *Analyse*: Problemverursachende Faktoren (Einflussgrößen) einschließlich möglicher Wechselwirkungen identifizieren und quantifizieren

Phase *Improve*: Festlegen optimaler Spezifikationen der wichtigsten Einflussgrößen