

Qualitätsmanagement in der Bosch-Gruppe | Technische Statistik

7. Statistische Prozessregelung **SPC**



BOSCH
Technik fürs Leben





**Qualitätsmanagement in der Bosch-Gruppe
Technische Statistik**

Heft Nr. 7

**Statistische Prozessregelung
SPC**

Ausgabe 11.2020



5. Ausgabe, November 2020

1. Ausgabe 09.1987

Im vorliegenden Heft angegebene Mindestanforderungen zu Fähigkeits- und Leistungskriterien entsprechen dem Stand zum Ausgabedatum. Für die aktuelle Festlegung ist die [CDQ 0301] maßgeblich.

2021-02-10 - SOCOS



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
2	Qualitätsregelung — Anwendung der Regelkarte	7
2.1	Grundsätzliche Regeln	7
2.2	Erforderliche Unterlagen	8
2.3	Kleiner Regelkreis — direkt an der Maschine	8
2.4	Reaktionsplan	9
2.5	Weiterführende Maßnahmen	11
2.5.1	Sortierprüfung	11
2.5.2	Entscheidung über die sortierten Teile	11
2.5.3	Risiken im Zusammenhang mit Nacharbeits- und Reparaturprozessen	11
2.6	Großer Regelkreis — längerfristige Analyse	12
2.6.1	Langzeitverfolgung	12
2.6.2	Längerfristige Analyse — Organisatorische Fragen	12
2.6.3	Längerfristige Auswertung — Berechnung, Darstellung, Dokumentation	13
2.6.4	Kommunikation, Umsetzung und Verfolgung von Maßnahmen	13
2.6.5	Werksspezifische Regelungen und Lösungen	14
2.6.6	Software-Unterstützung	14
3	Planung	15
3.1	Prüfstrategie	15
3.2	Festlegung der SPC-Merkmale	15
3.3	Festlegung der Prüfmethode	16
3.4	Fähigkeit der Fertigungseinrichtungen und Prozesse	17
3.5	Merkmalsarten und Qualitätsregelkarten	18
3.5.1	Wahl der Qualitätsregelkarte	19
3.6	Stichprobenumfang	19
3.6.1	Eigenschaften der einzelnen Kartenarten	20
3.7	Festlegung des Stichprobenentnahmeintervalls	21
4	Vorbereitung und Ausführung	23
4.1	Vorbereitung der Qualitätsregelkarte	23
4.2	Anwendung der Qualitätsregelkarte	23
4.3	Auswertung und Eingriffskriterien	24
4.3.1	Eingriffskriterien	24
4.3.2	Welche Vergleiche sind zulässig?	25
4.4	Dokumentation	26
5	Ermittlung der statistischen Verteilungsparameter	26
5.1	Vorlauf	26
5.2	Störungen	26
5.3	Statistische Berechnungen	26



6	Formeln zur Ermittlung der Verteilungsparameter	27
6.1	Mittellage des Prozesses.....	27
6.2	Streuung des Prozesses	27
7	Berechnung prozessbezogener Eingriffsgrenzen.....	28
7.1	Natürliche Eingriffsgrenzen für stabile Prozesse	29
7.1.1	Eingriffsgrenzen für Regelkarten der Lage	29
7.1.2	Regelkarte mit gleitend berechnetem Mittelwert	31
7.1.3	Eingriffsgrenzen für Regelkarten der Streuung	33
7.2	Eingriffsgrenzen für Prozesse mit systembedingten Mittelwertsveränderungen.....	34
8	Toleranzbezogene Eingriffsgrenzen — Annahme-Regelkarten	35
9	Tabellen.....	36
10	Beispiel von Ereigniscodes für mechanisch bearbeitete Teile	37
11	Maßnahmenkatalog.....	38
12	Beispiel einer $\bar{x} - s$ -Karte.....	39
13	Ansprechempfindlichkeit einer Regelkarte und Fehler 1. Art	40
14	Reviews und Reifegradbewertungen	41
	Symbolverzeichnis.....	42
	Begriffe.....	45
	Literatur.....	57
	Stichwortverzeichnis	59

2021-02-10 - SOCOS



1 Einleitung

Die Statistische Prozessregelung (Statistical Process Control, SPC) ist ein Verfahren zur Regelung bzw. Lenkung eines Fertigungsprozesses auf der Grundlage statistischer Methoden.

Dazu werden dem Prozess nach prozessspezifischen Entnahmeregeln Stichproben von Teilen entnommen, deren Merkmalswerte gemessen und in die so genannte Qualitätsregelkarte eingetragen.

Gemäß der [CDQ 0301] ist Bosch-intern die Verwendung des Software-Pakets Solara® / qs-STAT® / procella® / O-QIS® vorgegeben. Es berechnet Fähigkeits- und Leistungskenngrößen oder führt Regelkarten automatisch gemäß der verwendeten Auswertestrategie.

Aus den Merkmalswerten berechnete statistische Kenngrößen werden sodann zur Beurteilung des aktuellen Prozesszustands herangezogen. Gegebenenfalls wird der Prozesszustand durch geeignete Maßnahmen korrigiert. Bei der Stichprobenentnahme sind statistische Grundsätze zu beachten.

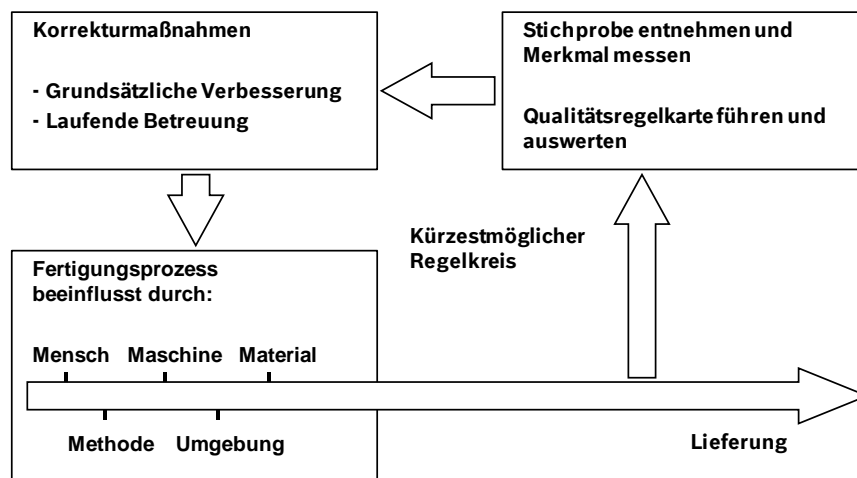


Abb. 1.1: Veranschaulichung des SPC-Regelkreises

Die Regelkartentechnik wurde von Walter Andrew Shewhart in den 1920er Jahren entwickelt und in seinem Werk „Economic Control of Quality of Manufactured Product“ [Shew 1931] ausführlich beschrieben.

Bei Bosch wird SPC in allen Bereichen einheitlich angewendet. Die Vorgehensweise wird in Abstimmung mit den Geschäftsbereichen in der [CD 00301] festgelegt.

Aktuelle Fragen zur Anwendung der SPC sowie angrenzender Themen werden in einem Arbeitskreis (Functional Council) diskutiert. Arbeitsergebnisse, die für die Praxis hilfreich und von allgemeinem Interesse für die Anwender sind, können in Form von QS-Informationen zusammengefasst und veröffentlicht werden.

SPC ist eine Anwendung aus dem Bereich der schließenden (induktiven) Statistik. Es liegen nicht alle Messwerte vor, so wie es bei einer 100%-Prüfung der Fall wäre. Von einem kleinen Datensatz, den Stichprobenwerten, wird auf die Grundgesamtheit geschlossen.

Um die Ergebnisse richtig interpretieren zu können, muss man sich im Klaren darüber sein, mit welchem mathematischen Modell gearbeitet wird, wo dessen Grenzen liegen und inwieweit es auch bei Abweichungen von den realen Verhältnissen aus praktischen Gründen dennoch angemessen sein kann.

Man unterscheidet diskrete (zählbare) und kontinuierliche (messbare) Merkmale. Bei beiden Merkmalsarten gibt es die Möglichkeit, eine Regelkarte zu führen.



Die Statistische Prozessregelung basiert auf der Vorstellung, dass auf einen Prozess viele Einflussgrößen einwirken können. Die „5 M“ — Mensch, Maschine, Material, Mitwelt, Methode — bilden die Hauptgliederungspunkte der Einflussgrößen. Jedes „M“ lässt sich weiter untergliedern, z. B. Mitwelt (= Umwelt) in Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Erschütterung, Schmutz, Beleuchtung, ...

Das unkontrollierbare, zufällige Einwirken vieler Einflussgrößen führt trotz sorgfältigen Vorgehens zu Abweichungen der realen Merkmalswerte vom Zielwert (i. Allg. Mittenwert des Toleranzbereichs).

Aus dem zufälligen Zusammenwirken vieler Einflussgrößen ergibt sich idealer Weise für das betrachtete Merkmal eine Gaußsche Normalverteilung. Viele Sachverhalte im Rahmen der SPC lassen sich recht gut mit Hilfe der Normalverteilung veranschaulichen.

Eine Normalverteilung wird durch zwei Parameter charakterisiert, den Mittelwert μ und die Standardabweichung σ .

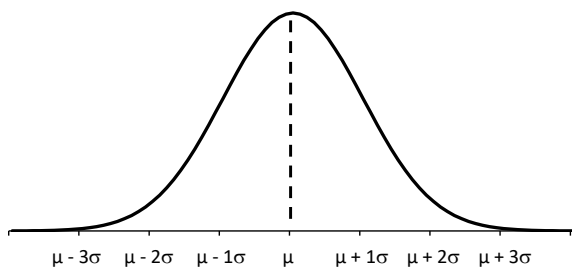


Abb. 1.2

Die graphische Darstellung der Dichtefunktion einer Normalverteilung zeigt die typische Glockenkurve, deren Wendepunkte bei $\mu - \sigma$ und $\mu + \sigma$ liegen.

Im Rahmen der SPC werden die Parameter μ und σ der Merkmalsverteilung auf Grundlage von Stichprobenwerten geschätzt, und aus den resultierenden Ergebnissen wird auf den aktuellen Prozesszustand geschlossen.

Ein wesentlicher Vorteil von Qualitätsregelkarten ist der Umstand, dass die Originaldaten und in der Regel auch die Rahmenbedingungen, unter denen sie ermittelt wurden, dokumentiert werden und verfügbar bleiben. In [Shew 1939] führt Shewhart die Vorteile von Originaldaten explizit auf.

- Die Messergebnisse werden durch Zahlen (und Maßeinheiten) repräsentiert.
- Die Originaldaten werden in der Reihenfolge dokumentiert, in der sie ermittelt wurden.
- Die Bedingungen, unter welchen die Messwerte ermittelt wurden und der Messprozess selbst sind reproduzierbar.

Insbesondere die zeitliche Reihenfolge der Daten ist eine wesentliche Information, die bei jeder Art der weiteren Datenverdichtung verloren geht.

Information	angegeben durch	Anzahl (Beispiel)
Originaldaten, vollständige Information	Urwerte x_i	125 Werte
Mittelwerte von Untergruppen	\bar{x}_j	25 Mittelwerte
Histogramm	Klassierung und relative Häufigkeiten h_j	7 Klassen
Verteilungsmodell mit Lage und Streuung	\bar{x}, s	2 Parameter
Prozessfähigkeitsindex	C_{pk}	1 Kennzahl

ANMERKUNG: [Heft 3] zeigt drei unterschiedliche Darstellungen von Daten mit ansteigendem Werteverlauf, zufälliger Abfolge der Werte und sägezahnartigem Verlauf, die sich lediglich in der Reihenfolge der Werte unterscheiden. Das zugehörige Verteilungsmodell ist aber stets dasselbe.



2 Qualitätsregelung — Anwendung der Regelkarte

Voraussetzung für SPC mit regelmäßigem Cpk-Nachweis ist gemäß der [CDQ 0301] die erfolgreich abgeschlossene

- Untersuchung der Messprozesseignung,
- Analyse der Maschinenfähigkeit (bzw. Kurzzeitfähigkeit) und
- initiale Analyse der Langzeitfähigkeit.

Die Fähigkeitsuntersuchungen sind in Abschnitt 3.4 behandelt sowie in [Heft 9]. Auf die Untersuchung des Messprozesses geht der Abschnitt 3.3 kurz ein.

Es lässt sich nicht völlig vermeiden, dass in diesem Kapitel auch Themen berührt werden, die deutlich über die Thematik dieses Hefts, SPC, hinausgehen. Gemeint sind z. B.

- Verantwortlichkeiten, insbesondere im Rahmen der Zusammenarbeit von Fertigungsplanung, Fertigungsausführung und Qualitätsmanagement,
- die Kennzeichnung und Rückverfolgbarkeit von Produkten, sowie
- die Lenkung fehlerhafter und potenziell fehlerhafter Produkte (z. B. auch Sperrung).

Diese Themen werden nur kurz adressiert, aber nicht weiter vertieft.

2.1 Grundsätzliche Regeln

Die Anwendung statistischer Prozessregelung erfordert einige grundsätzliche Regeln, auf die hier kurz eingegangen werden soll.

1. Einstellung innerhalb des Toleranzbereichs

Bei zweiseitig begrenztem Toleranzbereich ist es sinnvoll, die Maschine so einzustellen, dass die Merkmalswerte in der Nähe des Mittenwerts (Sollwert C) liegen. Sofern nur ein oberer Grenzwert (OGW) gegeben ist (z. B. Rundlauf), wird aus Gründen der Wirtschaftlichkeit eine Einstellung auf den kleinstmöglichen Wert gewählt.

2. Beim Einrichten/Einstellen der Maschine bzw. des Werkzeuges ist es unvermeidlich, so lange fortlaufend zu prüfen, bis die richtige Mittenlage (gemäß Schritt 1) erreicht ist. Das Prüfindervall beginnt dann mit dem Eintrag der ersten Messergebnisse (Ergebnisse der ersten Stichprobe) in die Regelkarte als erste „Gutstichprobe“. Da die vom Beginn des Eingriffes/Einstellens bis zum Erreichen der Mittenlage gefertigten Teile ggf. größere Abweichungen vom Sollwert haben können, müssen diese getrennt gehalten und ggf. aussortiert werden.

3. Nach jedem Prüfindervall wird eine Stichprobe entnommen, das betrachtete Merkmal wird gemessen und die Messergebnisse werden in die Qualitätsregelkarte eintragen.

4. Bei Werkzeugbruch oder sonstigen Gründen für einen Eingriff in den Prozess muss man davon ausgehen, dass die seit Beginn dieses Prüfindervalls gefertigten Teile potenziell fehlerhaft sind. Sie werden gemäß Abschnitt 2.5 behandelt.

5. Nach einem Prozesseingriff ist in der Regel wieder nach den Schritten 1, 2 und 3 zu verfahren.

6. Alle Korrekturmaßnahmen am Prozess (z. B. nach Kapitel 10) und den Teilen (Abschnitt 2.5) werden dokumentiert.



2.2 Erforderliche Unterlagen

Zu den erforderlichen Unterlagen an Maschinen und/oder SPC-Messplätzen gehören z. B.

- Prozessdatenblatt (Informationen zum Fertigungsprozess, zu den Fertigungseinrichtungen und anlagenspezifischen Einstellungen)
- Rüstanweisung (Arbeitsanweisung für das Rüsten einer oder mehrerer Maschinen).
- Prüfanweisung (Anweisung zur Durchführung bestimmter Qualitätsprüfungen im Fertigungsprozess)
- Regelung zur Überwachung des Messplatzes (Tätigkeiten zur Kontrolle der Messeinrichtung)
- Grundsätzliche Regeln und Reaktionsplan (s. Abschnitte 2.1 und 2.4)
- Maßnahmenkatalog (s. z. B. Kapitel 11)

2.3 Kleiner Regelkreis — direkt an der Maschine

Bei unerwünschten Prozessergebnissen müssen geeignete Maßnahmen ergriffen werden, um das gewünschte Ergebnis zu erreichen (Regelkreis). Es müssen Reaktionspläne für den Fall vorliegen, dass eines oder mehrere Eingriffskriterien zutreffen. Der Reaktionsplan muss speziell für den Prozess, die Maschine oder den Maschinentyp erstellt werden.

Der Reaktionsplan muss darstellen,

- wie die Störungsursachen gefunden und beseitigt werden können,
- wie der Prozess nachgeregelt werden kann,
- was mit den seit der letzten Stichprobe produzierten Teilen zu tun ist (z. B. Anweisung zur Sortierung / Sortierprüfung).

Beim kleinen Regelkreis geht es also im Wesentlichen um die unmittelbaren Korrekturmaßnahmen am Prozess.

Um gegebenenfalls nach der Überschreitung einer Eingriffsgrenze schlechte Teile aussortieren zu können, muss grundsätzlich die Produktionsmenge, die seit der letzten Stichprobenentnahme angefallen ist, zurückverfolgt und geprüft werden können.

Die Erstellung und Pflege von Reaktionsplänen kann durch die Bereitstellung anlagen-, bereichs- und prozessspezifischer Kataloge unterstützt werden. Im Rahmen des obligatorischen Einsatzes von Q-DAS-Software ist die Pflege von Aktionsplänen/Katalogen und die Dokumentation der Maßnahmen in der Software sicherzustellen.



2.4 Reaktionsplan

Ein Reaktionsplan beschreibt, was zu tun ist, wenn ein Eingriff notwendig ist (eines der Eingriffskriterien zutrifft). Dieser Plan muss spezifisch für den Prozess-, Maschinen- bzw. Maschinentyp erstellt sein. Er soll alle Maßnahmen enthalten, die

- sich auf leicht erkennbare Ursachen von Störeinflüssen beziehen und
- zur regelnden Beeinflussung des Prozesses notwendig sind.

Der Plan soll auch eindeutige Anweisungen enthalten, was mit den seit der letzten Stichprobe produzierten Teilen geschehen muss. Es ist zweckmäßig, Kurzbezeichnungen (Codes) festzulegen (s. Kapitel 10 und 11).

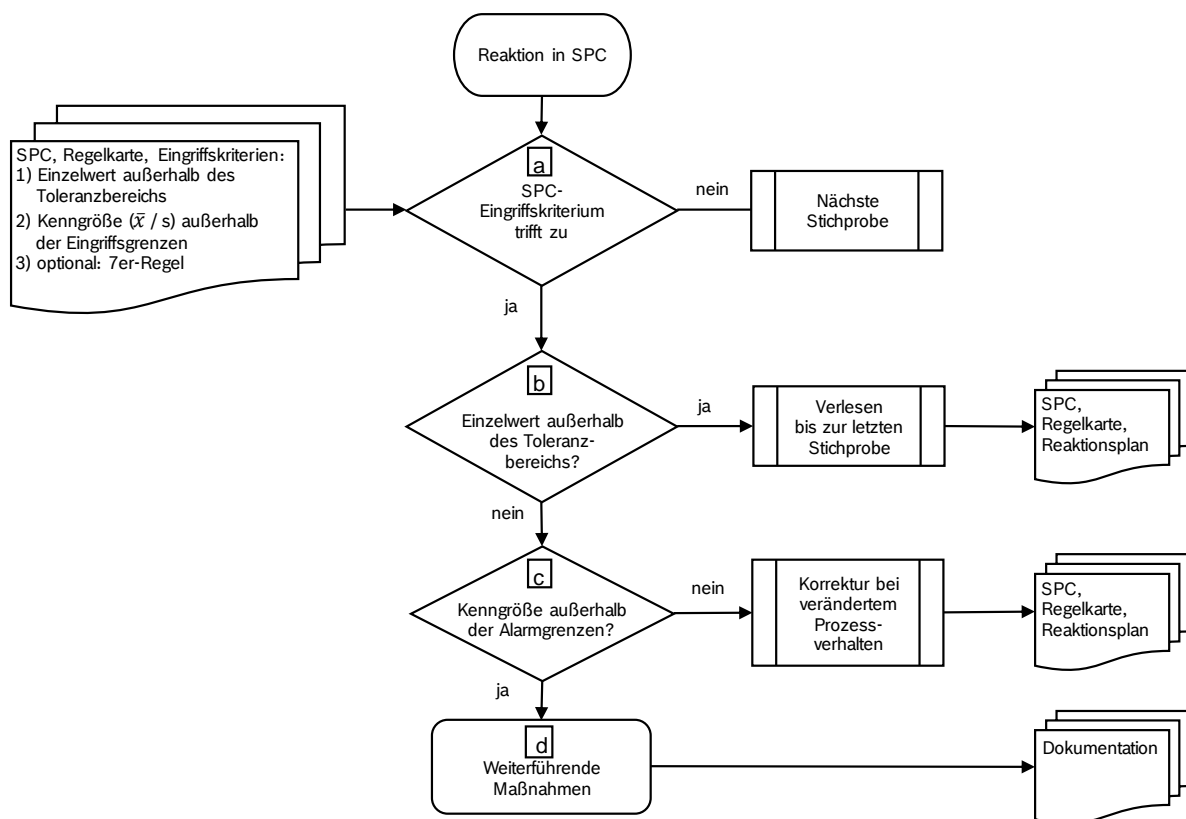


Abb. 2.4: Schema zur Reaktion beim Ansprechen der Regelkarte

a) Eingriff notwendig?

Nach jedem Eintrag in die SPC-Regelkarte ist zu prüfen, ob ein Eingriff notwendig ist. Unter „Eingriff“ versteht man eine angemessene Reaktion auf ein statistisch ungewöhnliches Ereignis, d. h. eines der unten aufgeführten Eingriffskriterien trifft zu (z. B. eine Eingriffsgrenze ist überschritten).

Eingriffskriterien:

- Ein Einzelwert liegt außerhalb des Toleranzbereichs.
- Eine Kenngröße (z. B. \bar{x} oder s) der Stichprobe liegt außerhalb der Eingriffsgrenzen.
- Optional: Eine ungewöhnliche Abfolge von Punkten — 7-Punkte-Regel (d. h. 7 Punkte in einer Reihe auf einer Seite der Durchschnittslinie, 7 Messwerte mit kontinuierlich steigender oder fallender Tendenz). Bei Prozessen mit systematischer Veränderung der Lage (\bar{x}), z. B. bei Prozessen mit Trend, kann diese Regel nicht angewendet werden.



In diesem Fall ist zu prüfen, ob sich das Prozessverhalten tatsächlich geändert hat, und wenn sich dies bestätigt, ist nach Ermittlung der Ursache (gemäß Reaktionsplan) der ursprüngliche Prozesszustand durch geeignete Maßnahmen wiederherzustellen.

ANMERKUNG: Aufgrund der Operationscharakteristiken von Regelkarten besteht eine Irrtumswahrscheinlichkeit von ca. 1 % für die Überschreitung der Eingriffsgrenzen, obwohl das Prozessverhalten sich nicht geändert hat (s. Kapitel 13).

b) Einzelwert außerhalb des Toleranzbereichs?

Bei Einzelwerten außerhalb des Toleranzbereichs müssen alle seit der letzten Stichprobe gefertigten Teile des Produktionsloses sortiert werden (d).

ANMERKUNG: Es ist selbstverständlich, dass die Teile noch zugänglich sein müssen, wenn aufgrund eines Qualitätsrisikos eine Sortierprüfung erforderlich ist.

c) Alarmgrenze überschritten?

Die prozessbezogenen Eingriffsgrenzen (*UEG, OEG*) sind nur von der Prozessstreuung abhängig und unabhängig von der Toleranz des Merkmals (natürliche Eingriffsgrenzen). Sie sind so festgelegt, dass bei einem nur durch zufällige Einflüsse (zufällige Ursachen) beeinflussten Prozess 99 % aller Mittelwerte oder Standardabweichungen innerhalb ihrer Eingriffsgrenzen liegen. Bei Überschreitung der Eingriffsgrenzen muss daher davon ausgegangen werden, dass systematische, nicht zufällige Einflüsse (nicht zufällige Ursachen) auf den Prozess wirken. Diese Einflüsse müssen durch geeignete Maßnahmen (Aktionsplan) korrigiert oder beseitigt werden.

Toleranzbezogene Eingriffsgrenzen zielen auf das Einhalten der Toleranz ab und nicht auf die Verbesserung des Prozesses; sie können also nicht zur Stabilisierung oder Zentrierung des Prozesses verwendet werden.

Toleranzbezogene Eingriffsgrenzen können zur Unterstützung der Entscheidungsfindung in der Sortieranweisung verwendet werden. Diese Grenzen werden dann als Alarmgrenzen (*UAG, OAG*) bezeichnet. Ihre Berechnungsformeln beinhalten die Grenzwerte *UGW* und *OGW* des Merkmals (siehe Kapitel 8).

Wenn die überwachte Kenngröße (z. B. \bar{x}) noch innerhalb der Alarmgrenzen liegt, ist ein Verlesen der seit der letzten Stichprobe hergestellten Teile nicht nötig. Man muss aber prüfen, ob sich das Prozessverhalten geändert hat und, wenn das so ist, geeignete Korrekturmaßnahmen durchführen.

d) Sortierprüfung

Alle seit der letzten Probenahme produzierten Teile werden geprüft und sortiert (s. Abschnitt 2.5).



2.5 Weiterführende Maßnahmen

Wie Eingangs des Kapitels 2 erwähnt, werden hier Themen berührt, die deutlich über den eigentlichen Betrachtungsbereich dieses Hefts hinausgehen. Mit weiterführenden Maßnahmen sind ggf. notwendige Maßnahmen gemeint, die aber nicht dem kleinen Regelkreis zugeordnet werden können.

2.5.1 Sortierprüfung

Die Sortierprüfung ist eine 100%-Prüfung, bei der die Produkte/Komponenten hinsichtlich festgelegter Merkmale geprüft und je nach Ergebnis dieser Prüfung (z. B. i.O. / n.i.O.) getrennt werden. Die Prüfung kann visuell, d. h. als Sichtprüfung oder unter Einsatz technischer Hilfsmittel, z. B. von Messgeräten oder Lehren erfolgen.

Dabei ist klar, dass die Teile noch zugänglich sein müssen, wenn aufgrund eines Qualitätsrisikos eine Sortierprüfung erforderlich ist.

Die in diesem Zusammenhang notwendigen qualitätssichernden Maßnahmen sind aber stark davon abhängig, wo sich die Teile befinden und welchen Status sie haben.

Die gültigen Anweisungen für die Sortierprüfung sind anzuwenden, insbesondere hinsichtlich der Handhabung und Deklaration der Teile, der Ausrüstung und der Einweisung des Personals.

2.5.2 Entscheidung über die sortierten Teile

Im Rahmen der Sortierprüfung erfolgt eine Trennung der Teile anhand des Prüfergebnisses. In einem weiteren Schritt ist zu entscheiden, was mit den Teilen geschieht. Das kann z. B. bedeuten, dass

- konforme Teile weiterbearbeitet bzw. ausgeliefert werden,
- nichtkonforme Teile nachgearbeitet oder
- verschrottet

werden. Die Maßnahmen werden dokumentiert. Details dazu regeln die [CDQ 0503] und [CDQ 0509].

2.5.3 Risiken im Zusammenhang mit Nacharbeits- und Reparaturprozessen

Nacharbeits- und Reparaturprozesse sowie Sortierprüfungen bergen i. Allg. zusätzliche Risiken für die Produktqualität, z. B.

- Verwechslungen von Produkten oder Teilen, inkl. Vermischung von Varianten,
- Beschädigungen von Teilen durch Demontage oder Handling,
- Verursachung weiterer Fehlerarten
- Logistikfehler, z. B. Mengenabweichung, falsche Verpackung,
- Überschreitung von Höchstlagerzeiten durch Missachtung des Prinzips „First In, First Out“

ANMERKUNG: Eine Sortierprüfung ist im weitesten Sinne Nacharbeit an Produkten mit unklarem Status.

Zur Vermeidung solcher Risiken sind geeignete Absicherungsmaßnahmen und Freigaben notwendig. Insbesondere muss durch wirksame Maßnahmen

- die Weiterverarbeitung,
- der unbeabsichtigte Gebrauch und
- die Auslieferung

fehlerhafter oder fehlerhaft gekennzeichnete Produkte oder von Produkten, deren Status nicht erkennbar ist (potenziell fehlerhafte Produkte), verhindert werden (s. [CDQ 0503]). Dazu müssen z. B. Sperrung, Kennzeichnung, Sortierung und Aussonderung klar geregelt sein.



2.6 Großer Regelkreis — längerfristige Analyse

Ein SPC-Konzept erfordert stets auch die Durchführung längerfristiger Analysen und Maßnahmen zur Qualitätsverbesserung. Sie zielen darauf ab,

- stabile und fähige Prozessergebnisse zu erreichen und aufrechtzuerhalten,
- die Prozessfähigkeit nachzuweisen, sowie
- Prozesse kontinuierlich zu verbessern.

Dazu muss das Prozessverhalten regelmäßig dahingehend bewertet werden, ob es sich im Vergleich zur Ausgangssituation (dem Vorlauf) oder zu einer vorangegangenen Analyse verändert hat. Dies umfasst die in den folgenden Abschnitten dargestellten Aspekte.

Bestandteil des großen Regelkreises ist auch die Ursachenanalyse, d. h. die Aufdeckung der Ursachen von Störeinflüssen, die zu einem Eingriff gemäß Abschnitt 2.1 und 2.3 geführt haben und nicht auf einfache Weise erkennbar sind.

ANMERKUNG: Begriffe wie Analyse, Verfolgung und Auswertung werden im täglichen Sprachgebrauch oft synonym verwendet. Im Kontext dieses Hefts haben sie leicht unterschiedliche Bedeutungen.

Analyse: Zerlegung, systematische Untersuchung eines Sachverhalts und seiner Ursachen

Verfolgung: Beobachtung, Überwachung, laufende Ermittlung, Tätigkeiten, um etwas herauszufinden

Auswertung: Zusammenfassung, Verdichtung, Darstellung des Wesentlichen, Interpretation, Bewertung der Daten, Ableitung von Maßnahmen

2.6.1 Langzeitverfolgung

Die ursprünglichen Festlegungen für die Regelkarte (Art der Regelkarte, Stichprobenintervall- und umfang, Verteilungsmodell, Eingriffsgrenzen) spiegeln das Verständnis des Prozessverhaltens zum Zeitpunkt des Vorlaufs wider, das aufgrund der kleinen Datenbasis von z. B. 125 Werten beschränkt ist. Im Rahmen der Langzeitverfolgung können die Schlussfolgerungen in Bezug auf das Prozessverhalten, das sich bei der anfänglichen Fähigkeituntersuchung gezeigt hat, anhand der dann in der Regel zur Verfügung stehenden größeren Datenbasis überprüft werden.

ANMERKUNG: Es kann je nach Prüfplan Ausnahmesituationen geben, bei denen auch nach längerer Zeit nur eine recht kleine Datenbasis vorliegt.

2.6.2 Längerfristige Analyse — Organisatorische Fragen

- Wer wertet die Daten (ausgefüllte Regelkarten bzw. nach festgelegter Zeit) aus?
- Worauf bezieht sich die Analyse (z. B. Produkt, Prozess, Maschine)?
- Wie häufig erfolgt die Auswertung (z. B. monatlich)?
- Welche Kenngrößen werden berechnet (C_p , C_{pk} oder P_p , P_{pk})?
- Welche prozessspezifische Datenbasis wird verwendet (z. B. pro Menge oder pro Zeiteinheit)?
- Welche Methode, welches Tool wird verwendet, um die Analyseergebnisse als monatliche Cpk-Übersicht darzustellen (z. B. M-QIS-Modul der Q-DAS-Software)?
- Welche detaillierte Analyse der spezifischen Prozesssituation ist wichtig, z. B. in Bezug auf
 - die mittlere Prozesslage; systematische Veränderungen der Prozesslage (Trend, Sprünge)
 - das Verteilungsmodell, verwendete Kenngrößen
 - Werkzeugwechsel, Wartungstätigkeiten



2.6.3 Längerfristige Auswertung — Berechnung, Darstellung, Dokumentation

Folgende Werte können berechnet und dokumentiert werden:

- \bar{x} (bzw. $\bar{\tilde{x}}$) Abschnitt 6.1
- \bar{s} (bzw. \bar{R}) Abschnitt 6.2
- $\hat{\sigma}$ Abschnitt 6.2
- C_p und C_{pk} bzw. s [Heft 9]
- P_p und P_{pk} und s [Heft 9]

Dabei sind entsprechende Anforderungen (z. B. vorgegebene Mindestwerte) zu beachten und es ist zu prüfen, ob sich die Verteilungsparameter und Prozessfähigkeitsindizes C_p und C_{pk} bzw. Prozessleistungsindizes P_p und P_{pk} gegenüber dem Vorlauf oder den Vorgängerkarten verändert haben.

Verfahren zur Berechnung dieser Kenngrößen sind in [Heft 9] beschrieben.

Es wird empfohlen, regelmäßig eine übergeordnete Auswertung bzgl. C_{pk} bzw. P_{pk} vorzunehmen.

2.6.4 Kommunikation, Umsetzung und Verfolgung von Maßnahmen

Die Kommunikation, Umsetzung und Verfolgung von Maßnahmen erfordern organisatorische Regelungen, welche z. B. folgende Aspekte abdecken:

- Funktionsspezifische Information und Kommunikation (z. B. spezifisch für die Fertigungsplanung und –ausführung und das Qualitätsmanagement)
 - Wie werden die Ergebnisse zur Verfügung gestellt (z. B. mittels automatischer E-Mails, über WorkOn, BGN-Seite)?
 - Wer bekommt welche Information?
 - Wie häufig wird die Information übermittelt?
 - Welches Format wird dafür verwendet (z. B. Prozessübersicht oder detaillierte Berichte zu einzelne Merkmalen)?
- Regelmäßige Prüfung der längerfristigen Analyse, Entscheidung über Maßnahmen und deren Verfolgung, z. B.
 - Umgang mit nicht-fähigen Prozessen
 - Neuberechnung der Eingriffsgrenzen
 - Review/Aktualisierung der Prüfplanung und Prozessplanung
- Aufbewahrung dokumentierter Information im Einklang mit zentralen Regelungen (z. B. CD 02981)

Beispiel:

	Management	Fertigungsplaner	Produktionsebene
Frequenz	monatlich	wöchentlich	wöchentlich
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Histogramm der Prozessindizes (fähig, bedingt fähig, nicht fähig) • Für nicht fähige Prozesse Darstellung der Indizes aus den letzten sechs Monaten 	<ul style="list-style-type: none"> • Für den Planer relevante Prozesse: Fähigkeiten berechnet für die zurückliegenden 4 Wochen 	<ul style="list-style-type: none"> • Auswertung der Werteverläufe für die einzelnen Merkmale



2.6.5 Werksspezifische Regelungen und Lösungen

Verantwortlichkeiten

Die Verantwortlichkeit für längerfristige Analysen obliegt in der Regel der Fertigungsplanung. Das Qualitätsmanagement unterstützt z. B. hinsichtlich der Berechnungen und Darstellung der Auswertungsergebnisse. Es kann sinnvoll sein, werkspezifische Lösungen umzusetzen, welche die lokalen Gegebenheiten berücksichtigen. Die [CD 00301] beschreibt diverse Rollen mit Aufgaben bzgl.

- Management von Merkmalen
- Merkmalsklassifikation (inkl. Besonderer Merkmale)
- Integrierte Qualitätsplanung
- Software-Anwendungen (Software Key-User)

Neuberechnung von Eingriffsgrenzen

Wesentliche Veränderungen am Prozess, z. B. technische Verbesserungen, Wartung / Reparatur, interne / externe Verlagerung oder konstruktive Veränderungen am Produkt können Auswirkungen haben auf

- das Prozessverhalten,
- die Prozessmittellage und –streuung,
- die Toleranzfestlegungen.

Dann kann es notwendig sein, Fähigkeitsuntersuchungen zu wiederholen und neue Eingriffsgrenzen zu ermitteln. Ansonsten sind die Eingriffsgrenzen konstant zu halten.

Umgang mit nicht-fähigen Prozessen

Für jeden nicht fähigen Fertigungsprozess muss entweder durch eine Überprüfung (z. B. 100%-Prüfung) mittels fähigem Messprozess oder anderweitig geeignete Maßnahmen (z. B. Funktionsprüfung in nachgeordneten Prozessschritten, Risikoanalyse, Entscheidung / Zustimmung Management) sichergestellt werden, dass nur Teile entsprechend Spezifikation abgeliefert werden ([CDQ 0301] und [IATF 16949]).

Review der Prüfplanung/Prüfstrategie

Der große Regelkreis beinhaltet auch die Notwendigkeit, die Prüfplanung/Prüfstrategie regelmäßig einem Review zu unterziehen, z. B. hinsichtlich der Fragen:

- sollen/müssen SPC-Merkmale ergänzt oder können welche entfernt werden?
- ist es sinnvoll das Stichprobenintervall oder den Stichprobenumfang zu verändern?
- ist es sinnvoll/notwendig, die SPC-Regelung eines Merkmals durch andere Maßnahmen zu ersetzen, z. B. 100%-Prüfung?

2.6.6 Software-Unterstützung

Gemäß [CD 00301] wird Bosch-intern zur Ermittlung von Fähigkeitskenngrößen und zum Führen von Regelkarten die aktuelle Version des Software-Pakets Solara® / qs-STAT® / procella® / O-QIS® verwendet. Dessen Module ermöglichen neben dem Führen von Regelkarten, der Berechnung von Fähigkeitskenngrößen gemäß der vorgegebenen Bosch-Auswertestrategie auch die längerfristige Auswertung und Verfolgung solcher Daten. Die Bosch-Auswertestrategie erfüllt die Mindestanforderungen an statistische Berechnungen, die in der [CD 00301] beschrieben sind.

Die Verwendung des Format-Standards „Automotive Quality Data Exchange Format“ AQDEF zur Datenübertragung und -ablage ist verpflichtend.



3 Planung

Die Planung erfolgt im Rahmen des „Managements von Merkmalen“ nach der CD 00301. Verantwortlichkeiten sind dort festgelegt.

3.1 Prüfstrategie

Statistische Prozessregelung eines Merkmals mit regelmäßigem Cpk-Nachweis ist eine der präventiven Prüfstrategien in der Serienproduktion.

Reaktive Maßnahmen zur Fehlerentdeckung sind z. B. die Anwendung einer Annahmekarte inkl. regelmäßigem C_{pk} -Nachweis sowie die Stichprobenprüfung anhand eines Stichprobenplans.

Die Festlegung der Prüfstrategie erfordert u. a. die Untersuchung der Wirkzusammenhänge zwischen Prozess- und Produktmerkmalen unter Berücksichtigung von Stör- und Steuergrößen. Die Kenntnis der Wirkzusammenhänge ist Voraussetzung dafür, dass der Prozess bezüglich des geprüften Merkmals (Produktmerkmal) beeinflusst (geregelt) werden kann.

Üblicherweise sind Fertigungseinrichtungen unmittelbar so beeinflussbar, dass sich die Prüfgröße (das Produktmerkmal) in der gewünschten Weise verändern lässt (kleiner Regelkreis).

Wenn ein Merkmal nicht direkt gemessen werden kann, kann ggf. eine damit in bekanntem Zusammenhang stehende Ersatzprüfgröße ermittelt werden.

3.2 Festlegung der SPC-Merkmale

Im Rahmen des „Managements von Merkmalen“ erfolgt eine Klassifikation der Produktmerkmale in die Klassen A, B, C. Wesentliches Entscheidungskriterium bei dieser Zuordnung ist u. a. die Robustheit.

- Unter Robustheit versteht man die Fähigkeit eines Systems, seine Funktion auch bei Veränderung von Werkstoffeigenschaften, Fertigungsparametern, Umgebungs-, Betriebs- und Gebrauchsbedingungen beizubehalten.
- Funktionsrobustheit: Produktmerkmale sind „nicht funktionsrobust“, wenn sie alleinig und sofort nach Toleranzüberschreitung zum Ausfall führen.
- Robustheit in Bezug auf das Herstellverfahren: Produktmerkmale sind „nicht herstellverfahrensrobust“, wenn das Produktmerkmal fehlersensitiv für das gewählte Herstellverfahren ist. Das heißt, dass eine hohe Wahrscheinlichkeit besteht, dass aufgrund des gewählten Herstellverfahrens Grenzwerte (für die Produktmerkmale) überschritten werden.

Bei einem bereits laufenden Prozess kann es sich als notwendig erweisen, neue SPC-Merkmale hinzuzufügen. Es kann aber auch Gründe geben (z. B. Änderung der Fertigungsmethode oder Einführung von 100%-Prüfung), die bisherige SPC-Regelung durch andere Maßnahmen zu ersetzen.

SPC-Merkmale können Produkt- oder Prozessmerkmale sein.

ANMERKUNG 1: Die Definitionen zur Robustheit beziehen sich nur auf Produktmerkmale.

ANMERKUNG 2: Bei Prozessmerkmalen geht es i. Allg. um Größen, die nicht auf einfache Weise „in situ“ per Sensor gemessen und überwacht/geregelt werden können, z. B. Konzentrationen von Substanzen in Lösungen, pH-Werte oder Anteile von Kohlenstoff und Begleitelementen in einer Stahlschmelze.

ANMERKUNG 3: Gemäß [Heft 10], Verfahren 5, eignet sich eine Regelkarte auch zur Überwachung des Langzeitverhaltens eines Messprozesses. Die Beurteilung der Stabilität (Messbeständigkeit) der Messeinrichtung ermöglicht den Nachweis gleichbleibend richtiger Messergebnisse. Jedoch ist ein Messprozess nicht im Sinne von SPC regelbar.



3.3 Festlegung der Prüfmethode

Dieser Planungsschritt beinhaltet u. a. die Festlegung:

- der Prüffart
- des Prüforts und der Prüfer
- des Prüfverfahrens
- zeitlicher und mengenmäßiger Angaben (z. B. Prüfindervall, Stichprobenumfang)

Die Eignung des Mess- oder Prüfprozesses für die Prüfaufgabe ist im Rahmen einer Fähigkeitsuntersuchung nachzuweisen. In Sonderfällen kann auch ein Messprozess mit bekannter Messunsicherheit eingesetzt werden.

- Bei gleichartigen, wiederkehrenden Messungen, z. B. im Fertigungsfluss, werden vorrangig Messprozessfähigkeiten nach [Heft 10] ermittelt.
- Bei wechselnden Messaufgaben, z. B. in Entwicklungs- und Versuchsabteilungen, werden vorzugsweise Messunsicherheiten nach [Heft 8] ermittelt.

Einheit und Bezugswert müssen mit den entsprechenden beim Messverfahren gewählten Größen übereinstimmen.

ANMERKUNG: Prüfmittel gemäß der Definition unter „Begriffe“ sind überwachungspflichtig. Sie dienen z. B. zum Konformitätsnachweis im Rahmen des „Managements von Merkmalen“.

Software, die für die Erstellung von Messergebnissen eingesetzt wird, unterliegt ebenfalls der Überwachungspflicht. Solche Software muss in geeigneter Form validiert werden.



3.4 Fähigkeit der Fertigungseinrichtungen und Prozesse

Vor dem Einsatz einer neuen oder geänderten Fertigungseinrichtung (Maschine) oder eines neuen oder geänderten Prozesses ist eine Fähigkeitsuntersuchung durchzuführen ([IATF 16949], [CD 00301] und [Heft 9]). Ebenso nach umfangreicher Instandsetzung.

Bei einer Kurzzeituntersuchung (Untersuchung der Maschinenfähigkeit) werden Merkmale von Erzeugnisteilen ausgewertet, die in einem kontinuierlichen Fertigungslauf in ununterbrochener Folge hergestellt wurden, so dass möglichst nur die Einflussgröße Maschine wirksam ist.

Im Gegensatz dazu stammen die zu vermessenden Erzeugnisteile bei Untersuchungen der Langzeitfähigkeit (Prozessfähigkeit) aus einem größeren, für die Serienfertigung repräsentativen Zeitraum, so dass möglichst alle Einflüsse auf den Prozess wirksam werden, die zu erwarten sind.

Insbesondere bei Serienanlauf sind häufig weder genügend Erzeugnisteile verfügbar noch können dem Fertigungsprozess Teile über einen ausreichend langen Zeitraum entnommen werden. Trotzdem kann alternativ oder zusätzlich zur Maschinenfähigkeit zumindest eine vorläufige Aussage über die zu erwartende Fertigungsprozessfähigkeit gefordert werden (vgl. „Initial Process Capability“ [AIAG PPAP] und „Vorläufige Prozessfähigkeit“ [VDA-4]). In diesem Fall wird eine Kurzzeituntersuchung durchgeführt, die sich von der Langzeituntersuchung in den folgenden Punkten unterscheiden kann.

- Art der Probennahme: Die zu untersuchenden Teile dürfen dem Fertigungsprozess über einen kürzeren Zeitraum in kürzerer Folge entnommen werden, falls nötig im Extremfall auch unmittelbar nacheinander.
- Anzahl Teile: Sofern nicht ausreichend Teile zur Verfügung stehen, ist es zulässig, weniger als die für die Langzeituntersuchung erforderlichen 125 Teile zu entnehmen.
- Grenzwerte für Fähigkeits- und Leistungsindizes: Bei mehr als 125 Teilen gilt der erhöhte Grenzwert 1,67. Bei weniger als 125 Teilen wird der Grenzwert abhängig von der Teilezahl auf den gleichen Wert angehoben wie bei der Langzeituntersuchung mit Mindermengen.
- Bezeichnung der Kennwerte: Fähigkeitsindizes werden mit $Cp-ST$ und $Cpk-ST$ bezeichnet, Leistungsindizes mit $Pp-ST$ und $Ppk-ST$ (Kurzzeit, engl. short term).

ANMERKUNG: Die allgemein gefasste Definition von SPC setzt keine Prozessfähigkeit voraus. Falls die Fähigkeit aber nicht gegeben ist, sind zusätzliche Maßnahmen notwendig, welche sicherstellen, dass die Qualitätsanforderungen an die gefertigten Produkte erfüllt werden.



3.5 Merkmalsarten und Qualitätsregelkarten

Im Rahmen dieses Hefts werden lediglich kontinuierliche Merkmale behandelt. Zu diesen und weiteren Merkmalsarten siehe auch die Definition im Kapitel „Begriffe“. In der Messtechnik sind physikalische Größen als kontinuierliche Merkmale definiert.

Gemäß der [CDQ 0301] ist Bosch-intern die Verwendung des Software-Pakets Solara® / qs-STAT® / procella® / O-QIS® vorgegeben. Es berechnet Fähigkeits- und Leistungskenngrößen oder führt Regelkarten automatisch gemäß der verwendeten Auswertestrategie.

Eine Qualitätsregelkarte besteht im Wesentlichen aus einem tabellenähnlichen Raster zur numerischen Eintragung der ermittelten Stichprobenmerkmalswerte sowie einem Kartendiagramm zur anschaulichen Darstellung von aus den Merkmalswerten berechneten statistischen Kenngrößen für die Prozesslage und die Prozessstreuung.

Moderne SPC-Software bietet die Möglichkeit,

- Messdaten direkt in die SPC-Software zu übertragen,
- die grafischen Darstellungen automatisch zu generieren und
- nach praxisgerechten Gesichtspunkten zu konfigurieren.

Regelkarten für kontinuierliche Merkmale	
Regelkarten für die Prozesslage	Regelkarten für die Prozessstreuung
\bar{x} -Karte	s-Karte
\tilde{x} -Karte	R-Karte
x-Karte	

Sofern ein Merkmal messbar ist, muss in jedem Fall eine Qualitätsregelkarte für kontinuierliche Merkmale verwendet werden. Im Normalfall wird die \bar{x} – s-Karte mit Stichprobenumfang $n = 5$ eingesetzt.

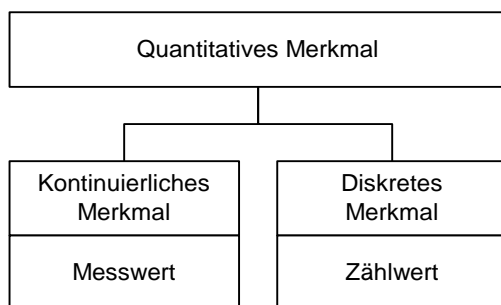


Abb. 3.5: Merkmalsarten

Zählmerkmale sind spezielle diskrete Merkmale. Der festgestellte Merkmalswert heißt „Zählwert“. Beispielsweise ist die Anzahl von „Schlecht“-Teilen (n.i.O.-Teilen), die sich bei Prüfung mit einer Grenzlehre ergibt, ein Zählmerkmal.

ANMERKUNG: In der Vergangenheit wurden auch Qualitätsregelkarten für diskrete Merkmale benutzt, bei denen als zu regelndes Merkmal die Anzahl oder der Anteil fehlerhafter Einheiten (np-Karte, p-Karte) bzw. die Anzahl oder der Anteil von Fehlern pro Einheit (c-Karte, u-Karte) zur Anwendung kommt.

Aufgrund folgender Nachteile sind die Regelkarten für diskrete Merkmale nicht mehr zeitgemäß:

- *Das Vorhandensein von Fehlern ist Voraussetzung für das Funktionieren dieser Kartenarten. Somit stabilisieren sie eher den unerwünschten Zustand, als dass sie ihn beseitigen.*
- *Bei kleinen Fehleranteilen sind unrealistische Stichprobenumfänge von einigen hundert Teilen erforderlich.*
- *Aufgrund der großen Zufallsstrebereiche der Kenngrößen ist die Ansprechempfindlichkeit begrenzt, d. h. bis zum Erkennen signifikanter Veränderungen sind mehr Einträge erforderlich als bei einer Regelkarte für kontinuierliche Merkmale.*



3.5.1 Wahl der Qualitätsregelkarte

Unabhängig vom Prozessstyp sind in jedem Fall sowohl die prozessbezogenen als auch die toleranzbezogenen Eingriffsgrenzen zu berechnen. Die Kenntnis und der Vergleich beider Arten von Eingriffsgrenzen ist wichtig für die korrekte Wahl der Kartenart (siehe Erläuterung).

Die Auswahl der Qualitätsregelkarte erfolgt anhand des folgenden Flussdiagramms.

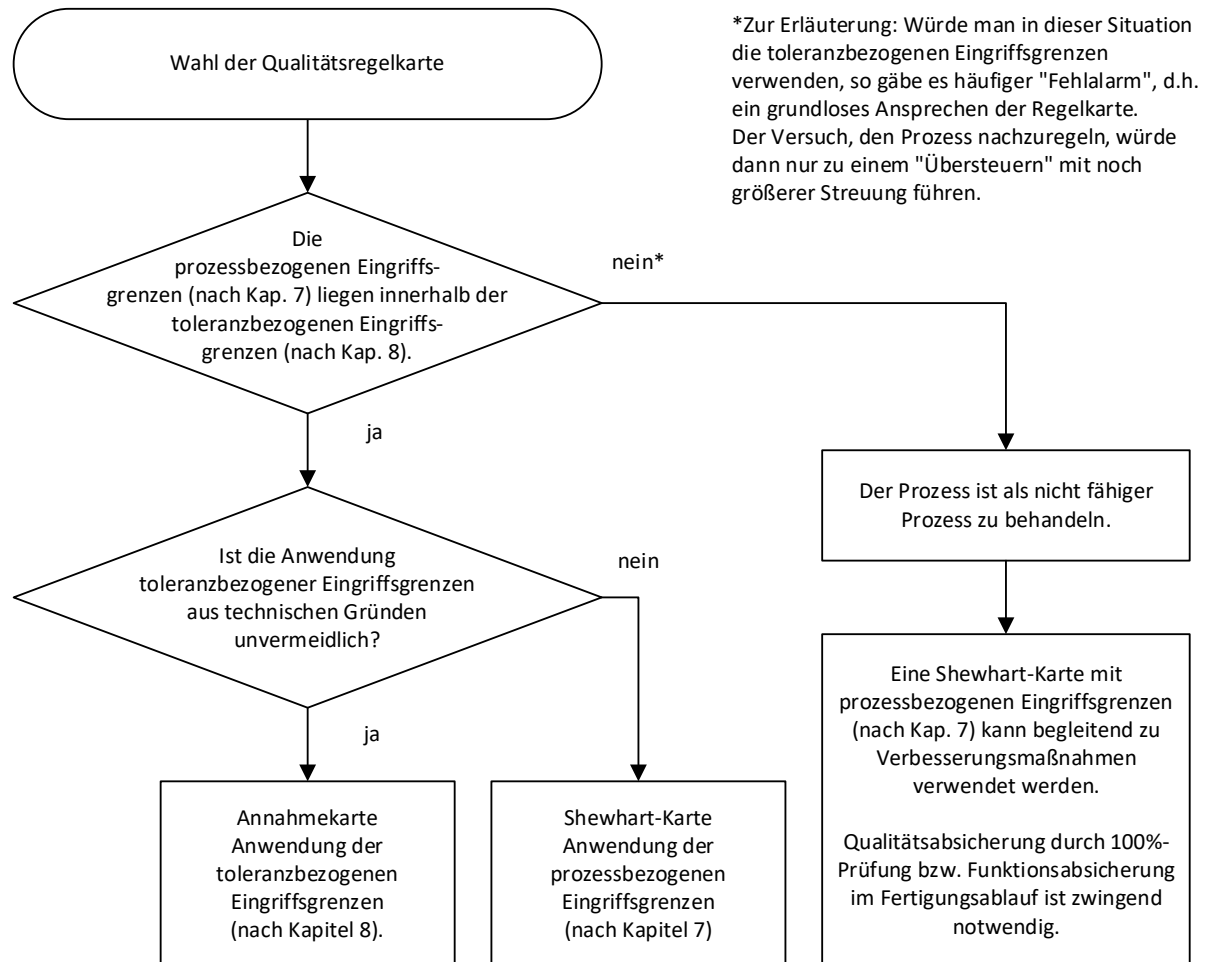


Abb. 3.5.1: Flussdiagramm zur Wahl der Qualitätsregelkarte

Bei Verwendung der Shewhart-Karte können die toleranzbezogenen Eingriffsgrenzen als Entscheidungshilfe im Rahmen einer Verleseeinweisung dienen (vgl. 2.4). Sie werden dann als Alarmgrenzen bezeichnet.

Es ist nicht zulässig, toleranzbezogene Eingriffsgrenzen (Alarmgrenzen) als Linien in eine Shewhart-Karte einzuzeichnen.

3.6 Stichprobenumfang

Der sinnvolle Stichprobenumfang ist ein Kompromiss, der sich aus dem Prozessverhalten, der gewünschten Trennschärfe der gewählten Regelkarte (Fehler 1. und 2. Art, Operationscharakteristik) und der Forderung nach einem akzeptablen Prüfaufwand ergibt.

Normalerweise wird $n = 5$ gewählt. Kleinere Stichprobenumfänge sollten nur gewählt werden, wenn dies zwingend notwendig erscheint.



3.6.1 Eigenschaften der einzelnen Kartenarten

	Eigenschaften
Mittelwertkarte	<ul style="list-style-type: none"> • Bei gleichem Stichprobenumfang gegenüber der $\tilde{x} - R$- und der Urwertkarte größere Empfindlichkeit bzw. Trennschärfe bezüglich Mittelwertsverschiebung und Vergrößerung der Standardabweichung σ • Ab etwa $n = 4$ unempfindlich gegenüber Abweichungen der Grundgesamtheit von der Normalverteilung • Vorzugslösung bei Rechneinsatz
Karte für gleitend berechnete Kenngrößen	<ul style="list-style-type: none"> • Einsetzbar auch bei zerstörender oder aufwändiger Prüfung • Diese Karte spricht auf plötzlich auftretende Prozessveränderungen nur mit Verzögerung an. • Die Eingriffsgrenzen entsprechen denjenigen der „normalen“ Mittelwertkarte
Mittelwertkarte mit erweiterten Grenzen	Vorzugslösung bei Prozessen mit systematischen Mittelwertsveränderungen
Annahme-Qualitätsregelkarte	Wegen der toleranzbezogenen Eingriffsgrenzen wird der Prozess schlechter geregelt als bei der Anwendung prozessbezogener Eingriffsgrenzen.
Urwertkarte	<ul style="list-style-type: none"> • Darstellung aller Einzelwerte einer Stichprobe, d. h. die Karte ist besonders anschaulich und einfach zu führen und deshalb auch zur reinen Dokumentation des Fertigungsvorgangs geeignet. • Zum Führen der Karte sind keinerlei Berechnungen erforderlich. • Die Urwertkarte spricht sowohl auf eine Verschiebung der Mittelwertslage als auch auf eine Vergrößerung der Standardabweichung eines Merkmals an. • Gegenüber der $\bar{x} - s$-Karte und der $\tilde{x} - R$-Karte geringere Empfindlichkeit bzw. Trennschärfe bezüglich Mittelwertsverschiebung und Vergrößerung der Standardabweichung σ. • Eine Verkleinerung von σ wird nicht durch Unterschreitung eines Grenzwerts angezeigt. • Größere Empfindlichkeit gegenüber Abweichungen der Grundgesamtheit von der Normalverteilung als die Mittelwertkarte. • Mögliche Irritation des Anwenders durch die Tatsache, dass sich z. B. die <i>OEG</i> mit wachsendem n zu größeren Werten hin verschiebt. • Auswertungen wie z. B. C_{pk}-Berechnung sind nur mit erhöhtem Aufwand möglich, weil die Urwerte in der Regel nicht numerisch erfasst werden.

2021-02-10 - SOCOS



3.7 Festlegung des Stichprobenentnahmeintervalls

Im Falle des Ansprechens einer Regelkarte muss entsprechend Abschnitt 2.1 die Ursache ermittelt, durch geeignete Maßnahmen (siehe Maßnahmenkatalog Kapitel 11) auf die Störung reagiert und über die Behandlung der seit der letzten Stichprobenentnahme gefertigten Teile entschieden werden. Um den durch eine eventuell notwendig werdende Verleseeaktion bzw. Nacharbeit entstehenden wirtschaftlichen „Schaden“ zu begrenzen, darf das Stichprobenintervall, also der zeitliche Abstand zwischen zwei Stichprobeentnahmen nicht zu groß werden.

Das Entnahmeintervall ist immer prozessspezifisch festzulegen, und zu ändern, wenn sich das Prozessverhalten dauerhaft geändert hat.

Es ist nicht möglich, das Stichprobenintervall aus einem Fehleranteil herzuleiten oder zu begründen. Einen Fehleranteil im Bereich weit unter 1 % kann man praktisch nicht durch Stichproben entdecken. Dies ginge allenfalls mit 100%-Prüfung. Das ist aber auch nicht der Sinn von SPC. Hierbei geht es um die Entdeckung von Prozessveränderungen.

Nachfolgend sind beispielhaft einige Festlegungskriterien angegeben.

1. Beim Einrichten, nach Beheben von Störungen oder nach einem Werkzeugwechsel bzw. beim Nachstellen sollte so lange fortlaufend (100%-ig oder stichprobenweise) gemessen werden, bis die richtige Mittellage des Prozesses erreicht ist (Mittelwert mehrerer Messwerte/Medianwerte beachten!). Die letzten Messwerte können dann gleichzeitig die erste Stichprobe für die weiterlaufende Prozessbeobachtung (in die Regelkarte eintragen) bilden.

2. Stichprobenintervalle für die laufende Prozessregelung können wie folgt festgelegt werden, wobei das für den jeweiligen Fall zutreffende, kürzeste Intervall zu wählen ist.

- Festlegung entsprechend der (im Vorlauf ermittelten bzw. aus früheren Prozessbeobachtungen bekannten) zu erwartenden mittleren Störeinflusshäufigkeit.

Ca. 10 Stichproben innerhalb dieses Zeitraumes.

- Festlegung in Abhängigkeit von vorbeugend festgelegten Werkzeugwechsel- bzw. Nachstellintervallen.

Ca. 3 Stichproben innerhalb dieses Zeitraumes.

- Festlegung, wenn Werkzeugwechsel bzw. Nachstellen aufgrund der SPC-Stichprobe erfolgt.

Ca. 5 Stichproben innerhalb der mittleren Werkzeugstandzeit bzw. des Nachstellintervalls.

Aber mindestens einmal innerhalb der Produktionsmenge, auf die noch zugegriffen werden kann! (z. B. Ablieferlos, Übergang auf anderen Prozess, definierte Lose bei verketteten Fertigungen.)

3. Jeweils am Ende einer Serie, vor Umstellung auf einen anderen Typ ist noch eine Stichprobe zur Bestätigung der bis zum Auslauf vorliegenden Prozessbeherrschung zu machen.

Anmerkung: Das Prüfintervall ist stückzahlabhängig (ggf. zeitabhängig) so festzulegen, dass Abweichungen des Prozesses erkannt werden, bevor Fehler entstehen. Je instabiler der Prozess, desto häufiger muss geprüft werden.



Erstteil-/Letztteilprüfung

IATF 16949 verlangt Maßnahmen, die sicherstellen, dass die Produkte nach einer geplanten oder ungeplanten Unterbrechung die Anforderungen erfüllen.

Durch Erstteil-/Letztteilprüfungen, z. B. nach Einrichtungsvorgängen, soll sichergestellt werden, dass Probleme im Rahmen einer chargenweisen Fertigung (z.B. Materialvermischung, inkorrektes Rüsten) oder Losfreigabe vermieden werden.

Die Vorgehensweise lässt sich leicht in die SPC-Systematik integrieren, indem nicht nur ein Erstteil und Letztteil geprüft wird, sondern eine Gruppe erster und letzter Teile mit dem festgelegten „Stichprobenumfang“ n . Es ist wichtig, dass es sich wirklich um die ersten und letzten Teile handelt und nicht z. B. um beliebige Teile aus der ersten und letzten Palette.

Es ist zu empfehlen, auch in der Mitte des Intervalls eine weitere Stichprobe zu entnehmen.

ANMERKUNG: Die ersten nach dem Einrichtungsvorgang produzierten Teile kann man wohl kaum als eine Zufallsstichprobe bezeichnen. Hier geht es aber eher um den Nachweis, dass der Prozess beherrscht ist und alle Produkte die Anforderungen erfüllen.



4 Vorbereitung und Ausführung

4.1 Vorbereitung der Qualitätsregelkarte

Für die Funktion der Regelkarte und den kleinen Regelkreis braucht man im Prinzip nur eine Darstellung des

- Mittenwerts C des Toleranzbereichs und der
- Eingriffsgrenzen für die verwendeten statistischen Kenngrößen, in der Regel \bar{x} und s .

Der Maßstab (die Skalierung) für \bar{x} (bzw. \tilde{x}) und s (bzw. R) sowie die Eingriffsgrenzen und Mittellinien sollten im Diagramm klar erkennbar sein.

Meist sind aber weitere Informationen unmittelbar erkennbar oder zumindest abrufbar, z. B. Bezugs- wert und Einheit, sowie der untere und obere Grenzwert.

ANMERKUNG: Wenn zusätzlich zu den Eingriffsgrenzen UEG und OEG auch die Merkmalsgrenzen UGW und OGW („Toleranzgrenzen“) in der Regelkarte dargestellt sind, besteht die Gefahr, dass irrtümlich die statistischen Kenngrößen mit UGW und OGW verglichen werden (s. auch Abschnitt 4.3.2).

4.2 Anwendung der Qualitätsregelkarte

Es ist festzulegen, wer die Karte führt und wer die Eingriffe vorzunehmen hat.

Bei rechnergestützter Führung der Karte sind allenfalls die Messwerte über eine Tastatur einzugeben. Moderne SPC-Software bietet die Möglichkeit, Messdaten direkt in die SPC-Software zu übertragen und die grafischen Darstellungen automatisch zu generieren.

Die Schritte im Detail:

- Eintragung / Eingabe der Einzelmesswerte x_i
- Berechnung der Kenngrößen \bar{x} (bzw. \tilde{x}) und s (bzw. R)
- Darstellung der Kenngrößen \bar{x} (bzw. \tilde{x}) und s (bzw. R) im entsprechenden Diagramm und Verbindung der Punktefolgen durch einen Linienzug.

Liegt eine Eintragung außerhalb der Eingriffsgrenzen, so muss gemäß dem Reaktionsplan (Kap. 2.2) eingegriffen werden.

Die durchgeführten Maßnahmen werden auf der Karte vermerkt (bzw. es wird auf die Rückseite verwiesen).

Hinweis:

Um gegebenenfalls nach der Überschreitung einer Eingriffsgrenze schlechte Teile aussortieren zu können, muss grundsätzlich die Produktionsmenge, die seit der letzten Stichprobenentnahme angefallen ist, zurückverfolgt werden können.



4.3 Auswertung und Eingriffskriterien

Nach jeder Eintragung wird geprüft, ob eine der beiden Kartenspuren Anlass für einen Eingriff gibt, d. h. ob ein Eingriffskriterium erfüllt ist.

Eingreifen bedeutet dabei ganz allgemein, auf das im statistischen Sinne ungewöhnliche Ereignis (eines der Eingriffskriterien ist erfüllt) angemessen zu reagieren. Das heißt, es muss untersucht werden, ob tatsächlich eine Veränderung im Prozessverhalten stattgefunden hat, und falls dies sich bestätigt, muss nach Feststellung der Ursache durch geeignete Maßnahmen der ursprüngliche Prozesszustand wiederhergestellt werden. Anschließend ist über die Behandlung der ab der vorletzten Stichprobe gefertigten Teile zu entscheiden, z. B. anhand einer Verleseeinweisung. Es muss also stets sichergestellt sein, dass auf diese Teile noch zugegriffen werden kann, wenn ein Qualitätsrisiko droht.

Um einen einfachen und sicheren Ablauf dieses Vorgehens zu gewährleisten, wird bei der Vorbereitung des Regelkarteneinsatzes ein prozessspezifischer Reaktionsplan für Ursache, Maßnahmen und Teilebehandlung erstellt. Bei einem notwendigen Eingriff ist der entsprechende Stichprobenkennwert auf der Regelkarte zu markieren, und Ursachen, Maßnahmen und Teilebehandlung sind auf der Kartenrückseite (ggf. in codierter Form) zu dokumentieren (vgl. Kapitel 10).

4.3.1 Eingriffskriterien

- Ansprechen der Regelkarte, d. h. mindestens ein Stichprobenkennwert liegt außerhalb der Eingriffsgrenzen.
- Einzelwerte liegen außerhalb der Toleranz (mindestens einer).

ANMERKUNG: die Regelkarte spricht in diesem Fall nicht zwangsläufig an.

- Optional: Vorliegen einer ungewöhnlichen Punktefolge, d. h. mindestens 7 aufeinander folgende Kennwerte liegen einseitig der Mittellinie oder bilden eine auf- oder absteigende Folge (7er-Regel, vgl. folgende Abbildung).

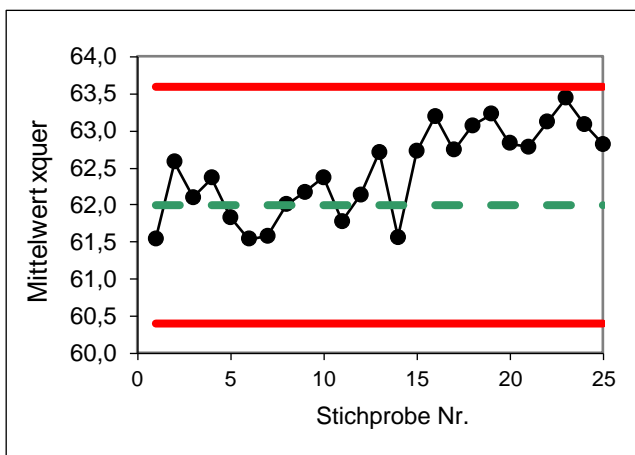


Abb. 4.3.1:

Veranschaulichung der 7er-Regel

ANMERKUNG: Die 7er-Regel beruht im einfachsten Fall (7 Punkte einseitig der Mittellinie) auf dem zu Grunde gelegten zufälligen Prozessverhalten und der zumindest näherungsweise Normalverteilung der Stichprobenmittelwerte. Sie kann selbstverständlich nicht auf Prozesse mit systematischen Mittelwertsveränderungen angewendet werden.

Da bei Mittelwertkarten und stabilem Prozessverhalten jeder Kennwert unabhängig von seinem Vorgänger mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 % oberhalb oder unterhalb der Mittellinie liegen kann, ist die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten der beschriebenen Punktefolge $(0,5)^7 = 0,008 < 1 \%$.

Aus diesem Zusammenhang resultiert die Bezeichnung „ungewöhnliche Punktefolge“.

Die Beachtung der 7er-Regel entspricht in diesem Fall (wie der Vergleich eines Stichprobenkennwerts mit den Eingriffsgrenzen) einem statistischen Test mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit (Fehler 1. Art) von ungefähr 1 %.

Auch die Wahrscheinlichkeit für den Fall, dass mindestens sieben aufeinander folgende Kennwerte eine auf- oder absteigende Folge bilden, ist unter den gegebenen Voraussetzungen sehr klein.



4.3.2 Welche Vergleiche sind zulässig?

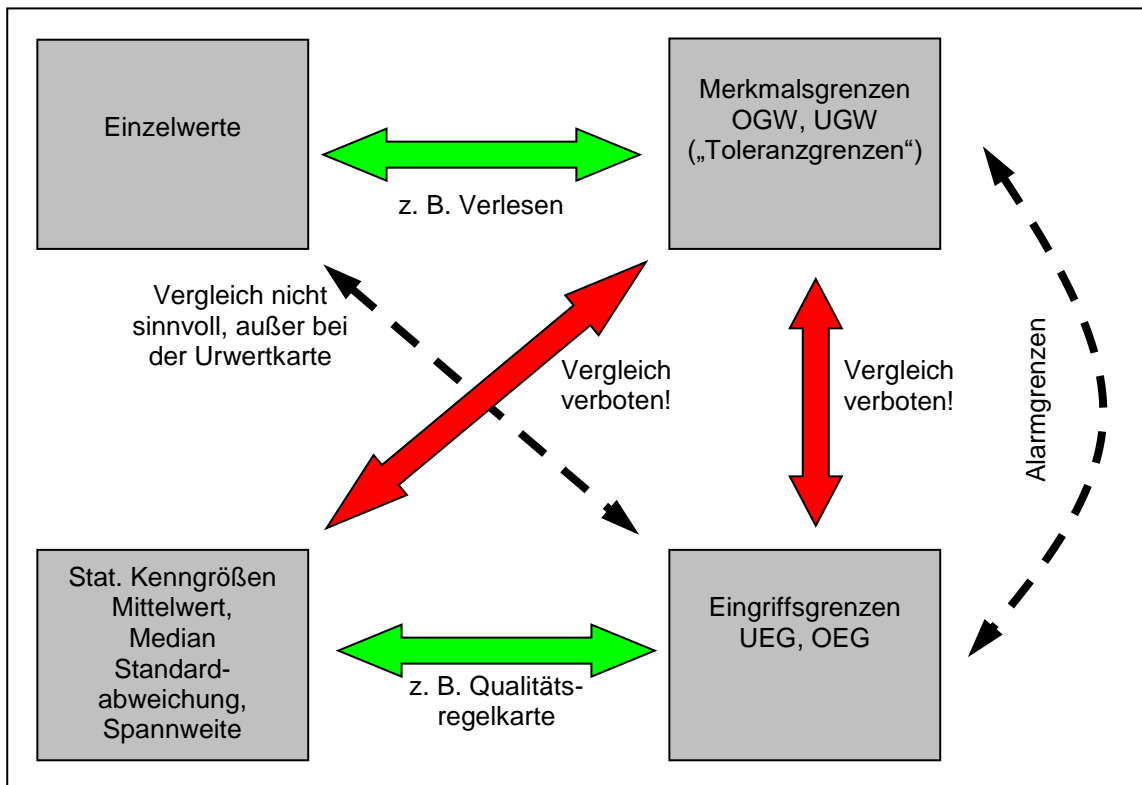


Abb. 4.3.2: Zulässige und unzulässige Vergleiche

Wie die Abbildung in Kapitel 7 zeigt, ist die Verteilung der Mittelwerte \bar{x} deutlich „schmäler“ als die Verteilung der Einzelwerte. Wenn ein Stichprobenmittelwert außerhalb der Eingriffsgrenzen aber noch innerhalb der „Toleranzgrenzen“ liegt, können dennoch Einzelwerte außerhalb des Toleranzbereichs liegen. Es ist daher unzulässig, statistische Kenngrößen mit den Grenzwerten UGW und OGW („Toleranzgrenzen“) zu vergleichen.

Aus demselben Grund ist es unzulässig, den Abstand $OEG - UEG$ mit der Toleranz $OGW - UGW$ zu vergleichen. Der Abstand der prozess-spezifisch berechneten Eingriffsgrenzen hängt von der Prozess-Streubreite ab und darf nicht etwa als „eingeschränkte Toleranz“ interpretiert werden.

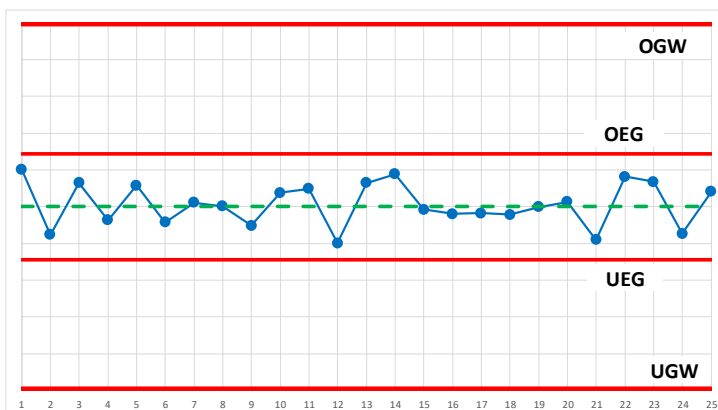


Abb. 4.3.3

Diese Abbildung verdeutlicht die Größenverhältnisse für eine Mittelwertkarte mit $n = 5$.

Bei einem $C_p = 1,33$ beträgt der Abstand der Eingriffsgrenzen $OEG - UEG$ etwa 30 % der Toleranz.

Ein Vergleich der prozessbezogenen Eingriffsgrenzen UEG und OEG mit den toleranzbezogenen Eingriffsgrenzen (Alarmgrenzen) nach Kapitel 8 erlaubt es, den Prozess hinsichtlich seiner Streubreite und Qualitätsfähigkeit zu beurteilen.

2021-02-10 - SOCOS



4.4 Dokumentation

Es ist festzulegen, wem die Auswerteergebnisse und/oder zusammengefassten Übersichten vorzulegen sind. Archivierungsart und -ort sind festzulegen. Archivierungsdauern sind z. B. in der [CD 02981] geregelt.

5 Ermittlung der statistischen Verteilungsparameter

5.1 Vorlauf

Für die Festlegung von Eingriffsgrenzen ist die Kenntnis bzw. Schätzung der Verteilungsparameter erforderlich. Dies erfolgt in einem Vorlauf, der mit dem gemäß 3.6 und 3.7 festgelegten Stichprobenumfang und Prüfintervall durchgeführt wird. Für eine ausreichende Ausgangsbasis ist eine repräsentative Anzahl von nicht verlesenen Teilen zu entnehmen, mindestens $m = 25$ Stichproben (mit z. B. $n = 5$), mindestens aber 125 Werte.

Es ist wichtig, die Punktfolgen der Urwerte, der Mittelwerte und der Standardabweichungen zu beurteilen, die sich bei Darstellung dieser Daten in zeitlicher Reihenfolge ergeben. Aus deren Verläufen können häufig Charakteristika des Prozessverhaltens (z. B. Trend, zyklische Schwankungen) erkannt werden.

Im Allgemeinen sind die Parameter der Prozessergebnisverteilung bereits aus der Fähigkeitsuntersuchung bekannt (Abschnitt 3.4.).

5.2 Störungen

Treten während des Vorlaufs häufig nicht zufällige Einflüsse (Störungen) auf, so ist der Prozess nicht stabil (nicht beherrscht). Die Ursachen der Störungen sind zu ermitteln und zu beseitigen, ehe die Prozessregelung eingeführt wird (Vorlauf wiederholen).

5.3 Statistische Berechnungen

Im Rahmen aktuell verfügbarer Statistiksoftware stellen komplizierte mathematische Verfahren kein Hindernis mehr dar und ihre Anwendung ist bei Verwendung solcher Programme natürlich zulässig und durchaus üblich. Gemäß der [CDQ 0301] ist Bosch-intern die Verwendung des Software-Pakets Solara® / qs-STAT® / procella® / O-QIS® vorgegeben. Es berechnet Fähigkeits- und Leistungskenngrößen oder führt Regelkarten automatisch gemäß der verwendeten Auswertestrategie.

ANMERKUNG: Die im Folgenden beschriebenen Verfahren sind ursprünglich entstanden, um die Berechnung mit Hilfe eines Taschenrechners zu ermöglichen. Sie sind in der Regel auch in entsprechenden Statistikprogrammen enthalten.

Hinweis: Aufgrund der heute verfügbaren Softwareunterstützung erlauben die Verfahren im Zusammenhang mit dem Vorbereiten, Führen und Auswerten von QRK eine bessere Anpassung an prozessspezifische Gegebenheiten (z. B. Prozessmodelle), als mit Handrechenverfahren möglich ist. Sie bringen aber auch unvermeidlich höhere Anforderungen bzgl. statistischer Kenntnisse und des Umgangs mit Statistiksoftware mit sich. Die Anforderungen an das Personal und die Schulung müssen diesem Umstand Rechnung tragen.

In jedem Geschäftsbereich und jedem Werk sollte ein umfassend geschulter SPC-Spezialist als Ansprechpartner zur Verfügung stehen.



6 Formeln zur Ermittlung der Verteilungsparameter

6.1 Mittellage des Prozesses

Der Parameter μ wird geschätzt durch

$$\hat{\mu} = \bar{x} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{j=1}^m \bar{x}_j = \frac{\text{Summe der } \bar{x}\text{-Werte}}{\text{Anzahl der Stichproben}}$$

oder

$$\hat{\mu} = \bar{\tilde{x}} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{j=1}^m \tilde{x}_j = \frac{\text{Summe der Median-Werte}}{\text{Anzahl der Stichproben}}$$

Weicht $\hat{\mu}$ bei zweiseitig begrenztem Merkmal nennenswert vom Mittenwert C ab, so ist diese Abweichung durch Nachstellen der Maschine zu korrigieren.

Beispiel (Kapitel 12)

$$\hat{\mu} = \bar{x} = \frac{62,6+62,8+\dots+62,0}{25} = 62,3$$

$$\hat{\mu} = \bar{\tilde{x}} = \frac{63+63+\dots+62}{25} = 62,4$$

6.2 Streuung des Prozesses

Der Parameter σ wird geschätzt durch

a)
$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{m} \cdot \sum_{j=1}^m S_j^2}$$

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{\text{Summe der Varianzen}}{\text{Anzahl der Stichproben}}}$$

oder

b)
$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{s}}{a_n} \quad \text{mit} \quad \bar{s} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{j=1}^m S_j$$

$$\bar{s} = \frac{\text{Summe der Standardabweichungen}}{\text{Anzahl der Stichproben}}$$

Beispiel (Kapitel 12)

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{0,55^2+0,45^2+\dots+2,55^2}{25}} = 1,41$$

Anmerkung: Bei gleitender Stichprobenentnahme ist $\hat{\sigma} = s$ direkt aus mindestens 25 Einzelwerten zu berechnen

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{0,55^2+0,45^2+\dots+2,55^2}{25}} = 1,41$$

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{s}}{a_n} = \frac{1,27}{0,94} = 1,35$$

n	a_n	weitere Werte in Kap. 9 Tabelle 1
3	0,89	
5	0,94	
7	0,96	

oder

c)
$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_n} \quad \text{mit} \quad \bar{R} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{j=1}^m R_j$$

$$\bar{R} = \frac{\text{Summe der Spannweiten}}{\text{Anzahl der Stichproben}}$$

$$\bar{R} = \frac{1+1+\dots+6}{25} = 2,96$$

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_n} = \frac{2,96}{2,33} = 1,27$$

n	d_n	weitere Werte in Kap. 9 Tabelle 1
3	1,69	
5	2,33	
7	2,70	

Hinweis: Die Verwendung der Tabellenwerte für a_n und d_n setzt Normalverteilung voraus.



7 Berechnung prozessbezogener Eingriffsgrenzen

Die Eingriffsgrenzen (untere Eingriffsgrenze *UEG* und obere Eingriffsgrenze *OEG*) werden so festgelegt, dass bei einem Prozess, auf den nur zufällige Einflüsse einwirken, 99 % aller Mittelwerte innerhalb dieser Eingriffsgrenzen liegen.

Bei einer Überschreitung der Eingriffsgrenzen muss daher angenommen werden, dass systematische, nicht-zufällige Einflüsse auf den Prozess einwirken.

Diese Einflüsse müssen dann durch geeignete Maßnahmen (z. B. Nachstellen) korrigiert bzw. beseitigt werden.

Zusammenhang zwischen der Streuung (Standardabweichung σ_x) der Einzelwerte (Urwerte) und der Streuung (Standardabweichung $\sigma_{\bar{x}}$) der Mittelwerte: $\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}}$

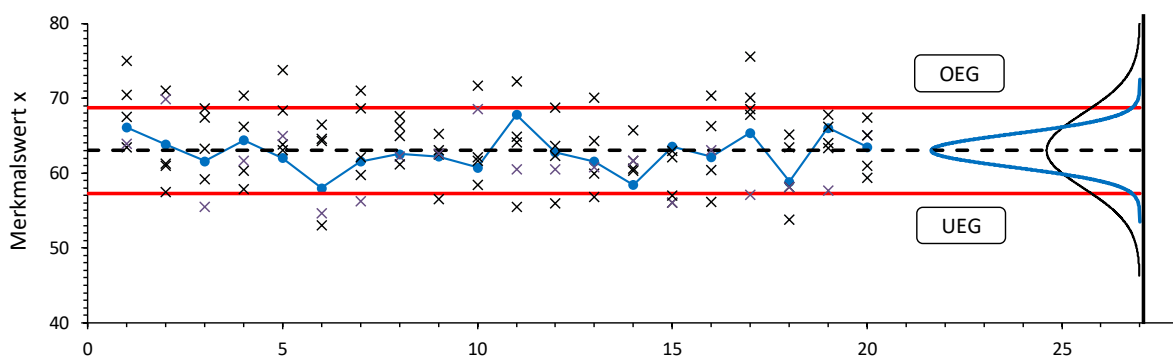


Abb. 7: Schematische Darstellung zur Funktionsweise einer Mittelwertkarte mit $n = 5$. Zur Verdeutlichung der Zusammenhänge sind zusätzlich zu den Mittelwerten (Punkte) auch die Einzelwerte (Kreuze) jeder Stichprobe dargestellt. Die Mittelwerte zeigen wie die Einzelwerte eine Streuung um die Prozessmittellage μ , jedoch ist ihre Streuung um den Faktor $\frac{1}{\sqrt{5}}$ kleiner als die der Einzelwerte.



7.1 Natürliche Eingriffsgrenzen für stabile Prozesse

7.1.1 Eingriffsgrenzen für Regelkarten der Lage

Bei zweiseitigen Toleranzen sind die Eingriffsgrenzen zur Regelung des Mittelwerts stets auf den Mittenwert C zu beziehen. Bei Prozessen, die nicht auf den Mittenwert C geregelt werden können bzw. einseitig begrenzten Merkmalen, ist C durch die Prozessmittellage $\hat{\mu} = \bar{\bar{x}}$ zu ersetzen.

Mittelwertkarte	$OEG = C + \frac{2,58}{\sqrt{n}} \cdot \hat{\sigma}$ $UEG = C - \frac{2,58}{\sqrt{n}} \cdot \hat{\sigma}$ Bei Normalverteilung auch möglich: * $OEG = C + A^* \cdot \bar{s}$ $UEG = C - A^* \cdot \bar{s}$	$OEG = 62 + \frac{2,58}{\sqrt{5}} \cdot 1,35 = 63,6$ $UEG = 62 - \frac{2,58}{\sqrt{5}} \cdot 1,35 = 60,4$ $OEG = 62 + 1,23 \cdot 1,27 = 63,6$ $UEG = 62 - 1,23 \cdot 1,27 = 60,4$																								
Mediankarte	$OEG = C + \frac{2,58}{\sqrt{n}} \cdot c_n \cdot \hat{\sigma}$ $UEG = C - \frac{2,58}{\sqrt{n}} \cdot c_n \cdot \hat{\sigma}$ Bei Normalverteilung auch möglich: * $OEG = C + C_E \cdot \bar{R}$ $UEG = C - C_E \cdot \bar{R}$	$OEG = 62 + \frac{2,58}{\sqrt{5}} \cdot 1,2 \cdot 1,35 = 63,9$ $UEG = 62 - \frac{2,58}{\sqrt{5}} \cdot 1,2 \cdot 1,35 = 60,1$ $OEG = 62 + 0,59 \cdot 2,96 = 63,7$ $UEG = 62 - 0,59 \cdot 2,96 = 60,3$																								
Hinweis: Der Einsatz der Median-R-Karte ist nur noch bei Kartenführung von Hand ohne jede Rechnerunterstützung sinnvoll.																										
Urwertkarte	$OEG = C + E'_E \cdot \hat{\sigma}$ $UEG = C - E'_E \cdot \hat{\sigma}$ Bei Normalverteilung auch möglich: * $OEG = C + E_E \cdot \bar{R}$ $UEG = C - E_E \cdot \bar{R}$	$OEG = 62 + 3,09 \cdot 1,35 = 66,2$ $UEG = 62 - 3,09 \cdot 1,35 = 57,8$ $OEG = 62 + 1,33 \cdot 2,96 = 65,9$ $UEG = 62 - 1,33 \cdot 2,96 = 58,1$																								
* Nicht anwenden bei gleitender Kenngrößenberechnung!																										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>n</th> <th>A^*</th> <th>C_E</th> <th>c_n</th> <th>E'_E</th> <th>E_E</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3</td> <td>1,68</td> <td>1,02</td> <td>1,16</td> <td>2,93</td> <td>1,73</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>1,23</td> <td>0,59</td> <td>1,20</td> <td>3,09</td> <td>1,33</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>1,02</td> <td>0,44</td> <td>1,21</td> <td>3,19</td> <td>1,18</td> </tr> </tbody> </table>	n	A^*	C_E	c_n	E'_E	E_E	3	1,68	1,02	1,16	2,93	1,73	5	1,23	0,59	1,20	3,09	1,33	7	1,02	0,44	1,21	3,19	1,18	Berechnung der Schätzwerte $\hat{\mu}$ und $\hat{\sigma}$ nach den Abschnitten 6.1 und 6.2.
n	A^*	C_E	c_n	E'_E	E_E																					
3	1,68	1,02	1,16	2,93	1,73																					
5	1,23	0,59	1,20	3,09	1,33																					
7	1,02	0,44	1,21	3,19	1,18																					
Weitere Tabellenwerte siehe Kap. 9																										

Hinweise zur Urwertkarte:

Durchführung der Prozessfähigkeitsuntersuchung (Vorlauf) unter Verwendung einer $\bar{x} - s$ -Karte. Bestimmung von Schätzwerten $\hat{\mu}$ für den Mittelwert μ und $\hat{\sigma}$ und die Standardabweichung σ der Grundgesamtheit aus mindestens $m = 25$ Stichproben (mit z. B. $n = 5$), mindestens aber 125 Werte.

Die angegebenen Formeln basieren auf der Annahme normalverteilter Einzelwerte. Abweichungen von der Normalverteilung können zu größeren Überschreitungsanteilen führen.

Führen der Karte durch regelmäßige Entnahme von Stichproben z. B. des Umfangs $n = 5$, numerische Eintragung der Einzelwerte in die Karte (sofern möglich) und graphische Darstellung der Einzelwerte im Kartendiagramm.

Zur Auswertung der Karte (z. B. fortlaufende Berechnung von C_p - und C_{pk} -Werten) ist es notwendig, aus den Stichprobenwerten (Wertegruppen vom Umfang n) der vollen Regelkarte jeweils \bar{x} und s bzw. $\bar{\bar{x}}$ und R zu bestimmen und wie bei der $\bar{x} - s$ -Karte gemäß [Heft 9] vorzugehen.



Eingriffsgrenzen auf Basis der Pearson-Verteilungsfamilie

Die Mittelwerte \bar{x}_j von Stichproben, die jeweils aus $n \geq 5$ Einzelwerten bestehen, können aufgrund des zentralen Grenzwertsatzes der Statistik als näherungsweise normalverteilt betrachtet werden.

Aus diesem Grund enthalten die Formeln für die Eingriffsgrenzen der Mittelwertkarte und Mediankarte in vorstehender Tabelle das 0,5%-Quantil -2,58 und das 99,5%-Quantil +2,58 der Standardnormalverteilung.

In [Heft 9] sind aber einige Verteilungen beschrieben, die sich in der Praxis z. B. bei einseitig begrenzten Merkmalen als Prozessergebnis-Verteilungen ergeben können:

- Lognormal-Verteilung
- Rayleigh-Verteilung (Betragsverteilung 2. Art)
- Betragsverteilung 1. Art
- Weibull-Verteilung

Bei solchen einseitig begrenzten (oder allgemein schief verteilten) Merkmalen und kleinem n sind die Stichproben-Mittelwerte nicht mehr zwangsläufig normalverteilt. Das gilt auch für die Mischverteilung. Es kann dann sinnvoll sein, eine Pearson-Karte zu verwenden.

Diese hat gegenüber der entsprechenden Shewhart-Karte den Vorteil etwas weiter auseinanderliegender Eingriffsgrenzen. Sie berücksichtigen die Schiefe der Verteilung der Urwerte und liegen daher asymmetrisch zum Mittelwert. Nachteilig ist allerdings, dass die Eingriffsgrenzen-Berechnung komplizierter und praktisch nur mit Rechnerhilfe möglich ist.

Den Stichprobenmittelwerten wird in diesem Fall eine Verteilung aus der Familie der Pearson-Verteilungen bestmöglich angepasst. Die Eingriffsgrenzen der Pearson-Karte entsprechen dann z. B. den 0,5%- und 99,5%-Quantilen dieser Verteilung.



7.1.2 Regelkarte mit gleitend berechnetem Mittelwert

Die \bar{x} -Karte mit gleitend berechnetem Mittelwert stellt einen Spezialfall der \bar{x} -Karte dar. Bei dieser Karte werden jeweils nur Einzelstichproben gezogen (d. h. $n = 1$). Diese Karte kommt z. B. bei zerstörenden Prüfungen und der Überwachung von Prozessmerkmalen (z. B. Bad-Konzentration) in Frage.

n Merkmalswerte werden formal zu einer Stichprobe zusammengefasst, und aus diesen n Werten wird der Mittelwert berechnet.

Für jeden neuen Merkmalswert einer Einzelstichprobe, welcher der Wertefolge hinzugefügt wird, lässt man jeweils den ersten Wert der letzten Wertegruppe weg, so dass sich eine neue Wertegruppe vom Umfang n ergibt, aus der der neue gleitende Mittelwert berechnet wird usw.

Beispiel für $n = 1(3)$:

$$\underline{3} \ \underline{7} \ \underline{4} \qquad \rightarrow \bar{x}_1 = 4,7$$

$$3 \ \underline{7} \ \underline{4} \ \underline{9} \qquad \rightarrow \bar{x}_2 = 6,7$$

$$3 \ 7 \ \underline{4} \ \underline{9} \ \underline{2} \qquad \rightarrow \bar{x}_3 = 5,0$$

$$3 \ 7 \ 4 \ \underline{9} \ \underline{2} \ \underline{8} \qquad \rightarrow \bar{x}_4 = 6,3$$

Die so ermittelten gleitenden Mittelwerte sind nicht mehr unabhängig voneinander. Diese Karte spricht deshalb auf plötzlich auftretende Prozessveränderungen nur mit Verzögerung an. Die Eingriffsgrenzen entsprechen denjenigen der „normalen“ Mittelwertkarte:

$$UEG = C - \frac{2,58}{\sqrt{n}} \cdot \hat{\sigma} \qquad OEG = C + \frac{2,58}{\sqrt{n}} \cdot \hat{\sigma}$$

Berechnung von $\hat{\sigma}$ nach Abschnitt 6.2 a)

Eingriffsgrenzen im Falle $n = 1(3)$:

$$UEG = C - 1,5 \cdot \hat{\sigma} \qquad OEG = C + 1,5 \cdot \hat{\sigma}$$

Die Betrachtung gleitender Stichprobenwerte ist auf die Streuung übertragbar, so dass eine $\bar{x} - s$ -Karte mit gleitendem Mittelwert und gleitender Standardabweichung ermöglicht wird.

Nach Eingriffen oder Veränderungen am Prozess dürfen die bis zu diesem Zeitpunkt ermittelten Merkmalswerte nicht mehr zur Berechnung gleitender Kennwerte herangezogen werden.

ANMERKUNG: Im Fall der \bar{x} -Karte mit gleitend berechnetem Mittelwert besteht eine größere Wahrscheinlichkeit, dass eine „ungewöhnliche Punktefolge“ auftritt. Bei dieser Kartenart darf daher die 7-Punkte-Regel nicht angewendet werden.



EWMA-Regelkarte

[ISO 7870-6] beschreibt die EWMA-Regelkarte, bei der die Stichprobenwerte exponentiell gewichtet werden (Exponentially Weighted Moving Average). Ein Glättungsfaktor λ mit $0 < \lambda < 1$ bewirkt, dass weiter zurückliegende Werte einen schwächeren, der letzte Wert den größten Einfluss hat.

Anwendungsbereich:

- Niedrige Fertigungsrate, kleine Stückzahlen (oft Grund für die Wahl einer Regelkarte mit $n = 1$)
- Aufwändige Prüfung (Zeit, Kosten)
- Kleine Abweichungen vom Sollwert sollen erkannt werden (z. B. auch bei automatischer 100%-Prüfung)

Die verwendete Prüfgröße ist $y_i = \lambda \cdot x_i + (1 - \lambda) \cdot y_{i-1}$. $y_0 = C$

Durch diese rekursive Berechnung sind alle vorangegangenen Stichprobenergebnisse x_i in der Prüfgröße y_i enthalten. Je größer λ ist, umso weniger wirken sich aber weiter zurückliegende Werte x_i auf die aktuelle Prüfgröße y_i aus.

Beispiel: $y_4 = \lambda \cdot x_4 + (1 - \lambda) \cdot \lambda \cdot x_3 + (1 - \lambda)^2 \cdot \lambda \cdot x_2 + (1 - \lambda)^3 \cdot \lambda \cdot x_1 + (1 - \lambda)^4 \cdot C$

Für $\lambda = 0,2$ ist der Faktor $(1 - \lambda)^3 \cdot \lambda \approx 0,1$. Der drittletzte Stichprobenwert wird also nur mit einem Gewicht von ca. 10% berücksichtigt.

Summarische Schreibweise: $y_t = \lambda \cdot \sum_{i=0}^{t-1} (1 - \lambda)^i x_{t-i} + (1 - \lambda)^t \cdot C$

Die Eingriffsgrenzen dieser Karte werden für jeden Stichprobenwert neu berechnet.

$$UEG = C - 2,58 \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda} \cdot [1 - (1 - \lambda)^{2 \cdot i}]} \cdot \hat{\sigma} \quad OEG = C + 2,58 \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda} \cdot [1 - (1 - \lambda)^{2 \cdot i}]} \cdot \hat{\sigma}$$

Sie sind also zeitlich veränderlich. Ihr Abstand voneinander vergrößert sich zunächst, nähert sich aber asymptotisch einem von λ abhängigen konstanten Wert:

$$UEG = C - 2,58 \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda}} \cdot \hat{\sigma} \quad OEG = C + 2,58 \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda}} \cdot \hat{\sigma}$$

Nach jedem Eingriff werden die Eingriffsgrenzen wieder auf die Startwerte zurückgesetzt und die Numerierung der Stichproben beginnt wieder bei $i = 1$.

Die Berechnung der Eingriffsgrenzen setzt eine bekannte und konstante Prozess-Standardabweichung $\hat{\sigma}$ voraus. Die Zahl 2,58 ist das 99,5%-Quantil der Standardnormalverteilung.

Ein typischer Wert für λ ist $\lambda = 0,2$. Wegen des Ausdrucks $(1 - \lambda)^{2 \cdot i}$ unter der Wurzel erreichen die Eingriffsgrenzen nach wenigen Stichproben ihren jeweiligen Grenzwert $EG = C \pm 2,58 \cdot \sqrt{\frac{\lambda}{2-\lambda}} \cdot \hat{\sigma}$, und zwar um so schneller, je größer λ ist. Aus diesem Grund wird häufig auch mit diesen festen Eingriffsgrenzen gearbeitet. Andererseits ist die Empfindlichkeit der EWMA-Karte für kleine Mittelwertsabweichungen umso größer, je kleiner λ ist.

Vorteil

- Die EWMA-Karte reagiert empfindlich auf kleine Veränderungen der Mittellage.

Nachteile

- Die Prüfgröße ist nicht unmittelbar verständlich
- Veränderliche Eingriffsgrenzen können für den Anwender irritierend sein.



7.1.3 Eingriffsgrenzen für Regelkarten der Streuung

	Die Eingriffsgrenzen zur Überwachung der Streuung werden (abhängig von n) auf $\hat{\sigma}$ bzw. \bar{s} bzw. \bar{R} (= "Mittellinie") bezogen.									Hinweis: Bei gleitender s -Berechnung muss Formel a) angewendet werden. Berechnung von $\hat{\sigma}$ nach Abschnitt 6.2 a).
	a) allgemeingültige Formel (auch für die gleitende $\bar{x} - s$ -Karte)									Beispiel (Kap. 12)
	$OEG = B'_{Eob} \cdot \hat{\sigma}$ $UEG = B'_{Eun} \cdot \hat{\sigma}$									$OEG = 1,93 \cdot 1,35 = 2,6$ $UEG = 0,23 \cdot 1,35 = 0,3$
	b) für die Standard $\bar{x} - s$ -Karte									
	$OEG = B^*_{Eob} \cdot \bar{s}$ $UEG = B^*_{Eun} \cdot \bar{s}$									$OEG = 2,05 \cdot 1,27 = 2,6$ $UEG = 0,24 \cdot 1,27 = 0,3$
	R-Karte									
	$OEG = D_{Eob} \cdot \bar{R}$ $UEG = D_{Eun} \cdot \bar{R}$									$OEG = 2,1 \cdot 2,96 = 6,2$ $UEG = 0,24 \cdot 2,96 = 0,7$
	n	B'_{Eun}	B'_{Eob}	B^*_{Eun}	B^*_{Eob}	D_{Eun}	D_{Eob}			
	3	0,07	2,30	0,08	2,60	0,08	2,61			
	5	0,23	1,93	0,24	2,05	0,24	2,10			
	7	0,34	1,76	0,35	1,88	0,34	1,91			
	Weitere Tabellenwerte siehe Kapitel 9									

Die Standardabweichungen s können nicht kleiner als null werden. Sie unterliegen einer Verteilung, deren Dichtefunktion bei kleinen Stichprobenumfängen stark asymmetrisch (rechtsschief) ist. Der Mittelwert \bar{s} , der als gestrichelte Linie im Kartendiagramm eingetragen ist, liegt daher unterhalb der Mitte zwischen UEG und OEG . Tendenziell sind unterhalb dieser Linie etwas mehr Werte (Punkte) zu erwarten als oberhalb. Das gilt ebenso bei Verwendung der Spannweiten R und der mittleren Spannweite \bar{R} .



7.2 Eingriffsgrenzen für Prozesse mit systembedingten Mittelwertsveränderungen

Sind Mittelwertsveränderungen als prozessspezifische Eigenschaft anzusehen (Trend, Chargensprünge) und ist es unwirtschaftlich, solche Mittelwertsveränderungen zu verhindern, so ist es notwendig, die „natürlichen Eingriffsgrenzen“ entsprechend zu erweitern.

Im Folgenden sind Berechnungsverfahren für eine Mittelwertkarte mit erweiterten Grenzen angegeben. Die Gesamtstreuung setzt sich aus der „inneren“ Streuung der Stichproben sowie der „äußeren“ Streuung zwischen den Stichproben zusammen.

Berechnungsverfahren	Eingriffsgrenzen für den Mittelwert
<p>Standardabweichung der Mittelwerte</p> $\hat{\sigma}_{\bar{x}} = s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{1}{m-1} \cdot \sum_{j=1}^m (\bar{x}_j - \bar{\bar{x}})^2}$ <p>Berechnung von $\hat{\mu}$ nach Abschnitt 6.1</p>	$OEG = C + 2,58 \cdot \hat{\sigma}_{\bar{x}}$ $UEG = C - 2,58 \cdot \hat{\sigma}_{\bar{x}}$ <p>C ist der Mittenwert</p> <p>Hinweis: Bei Prozessen, die nicht auf den Mittenwert geregelt werden können, ist C durch die Prozessmittellage $\hat{\mu}$ zu ersetzen.</p>
<p>Ermittlung der äußeren Streuung mittels Varianzanalyse</p> <p>Die Streuung zwischen den Stichproben $\hat{\sigma}_{add}$ kann im Rahmen einer Varianzanalyse mit geeigneter Statistiksoftware ermittelt werden (ANOVA-Modell II).</p>	$OEG = \hat{\mu} + \frac{2,58}{\sqrt{n}} \cdot \hat{\sigma} + 1,5 \cdot \hat{\sigma}_{add}$ $UEG = \hat{\mu} - \frac{2,58}{\sqrt{n}} \cdot \hat{\sigma} - 1,5 \cdot \hat{\sigma}_{add}$ <p>Berechnung der inneren Streuung (Standardabweichung) $\hat{\sigma}$ nach Abschnitt 6.2</p>
<p>Gesamtstandardabweichung (Standardabweichung aller Einzelwerte)</p> $\hat{\sigma} = s_{total} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{\bar{x}})^2}$ <p>mit $N = n \cdot m$</p> <p>Berechnung von $\hat{\mu}$ nach Abschnitt 6.1</p>	$OEG = \hat{\mu} + \frac{2,58}{\sqrt{n}} \cdot \hat{\sigma}$ $UEG = \hat{\mu} - \frac{2,58}{\sqrt{n}} \cdot \hat{\sigma}$
<p>Schätzung der oberen und unteren Prozessgrenzlage</p> <p>$\hat{\mu}_{max}$ = Mittelwert der 3 größten Mittelwerte \bar{x}_i</p> <p>$\hat{\mu}_{min}$ = Mittelwert der 3 kleinsten Mittelwerte \bar{x}_i</p> <p>Berechnung von $\hat{\sigma}$ nach Abschnitt 6.2</p>	$OEG = \hat{\mu}_{max} + \frac{2,58}{\sqrt{n}} \cdot \hat{\sigma}$ $UEG = \hat{\mu}_{min} - \frac{2,58}{\sqrt{n}} \cdot \hat{\sigma}$



8 Toleranzbezogene Eingriffsgrenzen — Annahme-Regelkarten

Bei Prozessen mit systembedingter Veränderung der Mittellage können die Eingriffsgrenzen in besonderen Fällen toleranzbezogen festgelegt werden (z. B. mechanische Bearbeitung mit Stufenbohrer, Ausdrehwerkzeug, Formscheibe). Voraussetzung hierfür ist eine im Verhältnis zur Toleranz hinreichend kleine innere Streuung (nach Abschnitt 6.2), d. h. $T \geq 10 \cdot \hat{\sigma}$.

Bei der Anwendung von toleranzbezogenen Eingriffsgrenzen wird der Prozess grundsätzlich schlechter geregelt als bei der Anwendung natürlicher Eingriffsgrenzen, da dabei das Ziel die Einhaltung der Toleranzvorgabe, nicht aber die Prozessverbesserung (Stabilisierung, Zentrierung) ist.

Die toleranzbezogenen Eingriffsgrenzen für \bar{x} - bzw. \tilde{x} -Karten werden dann mit Hilfe folgender Formeln berechnet:

$$UEG = UGW + k_A \cdot \hat{\sigma} \quad OEG = OGW - k_A \cdot \hat{\sigma}$$

Die Größe k_A heißt Abgrenzungsfaktor (Formeln zur Berechnung von k_A siehe unten).

Die Eingriffsgrenzen der zugehörigen s - oder R -Karten werden nach Abschnitt 7.1.3 berechnet.

ANMERKUNG: Toleranzbezogene Eingriffsgrenzen können zur Unterstützung der Entscheidungsfindung gemäß Abschnitt 2.4 verwendet werden. Diese Grenzen werden dann als Alarmgrenzen (UAG, OAG) bezeichnet.

Festlegung des Abgrenzungsfaktors

Der Abgrenzungsfaktor wird derart festgelegt, dass ein Überschreitungsanteil $p = 1\%$ mit der Wahrscheinlichkeit $P_A = 99\%$ angezeigt wird.

In nachstehenden Formeln bezeichnen die Größen u_{1-p} und u_{P_A} die Schwellenwerte (Quantile) der Standardnormalverteilung zu den Wahrscheinlichkeiten $1 - p$ bzw. P_A bzw. $\sqrt{1 - P_A}$.

Mittelwertkarte

$$k_A = u_{1-p} + \frac{1}{\sqrt{n}} \cdot u_{P_A}$$

Für $p = 1\%$ und $P_A = 99\%$ ergibt sich:

n	k_A
3	3,67
4	3,49
5	3,37
6	3,28

n	k_A
7	3,21
8	3,15
9	3,10
10	3,06

Urwertkarte

$$k_E = u_{1-p} - u_n \sqrt{1 - P_A}$$

Für $p = 1\%$ und $P_A = 99\%$ ergibt sich:

n	k_E
3	3,11
4	2,80
5	2,58
6	2,42

n	k_E
7	2,28
8	2,17
9	2,07
10	1,99



9 Tabellen

Tabelle 1
Konstanten zur Abschätzung der Standardabweichung (Abschnitt 6.2)

n	a_n	d_n	
2	0,798	1,128	
3	0,886	1,693	
4	0,921	2,059	
5	0,940	2,326	
6	0,952	2,534	
7	0,059	2,704	
8	0,965	2,847	
9	0,969	2,970	
10	0,973	3,078	

Tabelle 2a
Konstanten zur Bestimmung der Eingriffsgrenzen der Urwertkarte (Abschnitt 7.1.1)

n	E'_E		
2	2,807		
3	2,934		
4	3,023		
5	3,089		
6	3,143		
7	3,188		
8	3,226		
9	3,260		
10	3,289		

Tabelle 2b

Konstanten zur Bestimmung der Eingriffsgrenzen (Kap. 7.1)

n	Lage			Streuung					
	$\tilde{x} - R$	$\bar{x} - s$	$x - R$	s-Karte				R-Karte	
	C_E	A^*	E_E	B'_{Eun}	B'_{Eob}	B^*_{Eun}	B^*_{Eob}	D_{Eun}	D_{Eob}
2	1,614	2,283	2,487	0,006	2,807	0,008	3,518	0,008	3,518
3	1,019	1,678	1,734	0,071	2,302	0,080	2,597	0,080	2,614
4	0,683	1,398	1,468	0,155	2,069	0,168	2,245	0,166	2,280
5	0,593	1,225	1,328	0,227	1,927	0,242	2,050	0,239	2,100
6	0,471	1,105	1,240	0,287	1,830	0,302	1,924	0,296	1,986
7	0,437	1,015	1,179	0,336	1,758	0,350	1,883	0,341	1,906
8	0,371	0,944	1,133	0,376	1,702	0,390	1,764	0,378	1,846
9	0,354	0,886	1,098	0,410	1,657	0,423	1,709	0,408	1,798
10	0,311	0,837	1,069	0,439	1,619	0,451	1,664	0,434	1,760
\tilde{x}	$OEG = C + C_E \cdot \bar{R}$ $UEG = C - C_E \cdot \bar{R}$			$OEG = B'_{Eob} \cdot \hat{\sigma}$ $UEG = B'_{Eob} \cdot \hat{\sigma}$				$OEG = D_{Eob} \cdot \bar{R}$ $UEG = D_{Eun} \cdot \bar{R}$	
\bar{x}	$OEG = C + A^* \cdot \bar{s}$ $UEG = C - A^* \cdot \bar{s}$			$OEG = B^*_{Eob} \cdot \bar{s}$ $UEG = B^*_{Eun} \cdot \bar{s}$					
x	$OEG = C + E_E \cdot \bar{R}$ $UEG = C - E_E \cdot \bar{R}$								



10 Beispiel von Ereigniscodes für mechanisch bearbeitete Teile

Es ist eine Unterscheidung zwischen den Ereigniscodes, die der Maschinenbediener benötigt und den Ereigniscodes für die übergeordnete Ebene zu treffen. Die Ereigniscodes für die übergeordnete Ebene dürfen vom Maschinenbediener nicht angewendet bzw. die entsprechenden Entscheidungen nicht getroffen werden.

Der nachfolgende Ereignisplan für die Bedienerebene ist nach Ursache, Maßnahme und Behandlung der Teile/Ware aufgeteilt.

Ursache		
C1 Chargenwechsel im Stoff C2 Chargenwechsel in der Bearbeitung K1 Kalibrierung nicht in Ordnung K2 Einstellnormal fehlerhaft M1 Maschinendefekt mechanisch M2 Maschinendefekt elektrisch M3 Maschinendefekt hydraulisch M4 Maschinenausfall wegen Transportsystem P1 Prüf Einzelwert nicht plausibel P2 Prüfmittel defekt S1 Werkstückspannvorrichtung, Standzeitende		S2 Werkstückspannvorrichtung, Bruch S3 Werkstückanschlag fehlerhaft S4 Werkstückantrieb defekt V1 Verschmutzung angelieferter Ware V2 Verschmutzung Prüfeinrichtung V3 Verschmutzung Maschine V4 Vorbearbeitung/Anlieferung fehlerhaft W0 Werkzeug fehlerhaft W1 Werkzeug, Standzeitende W2 Werkzeug, Bruch W3 Werkzeugaufnahme defekt W4 Werkzeugabrichteinrichtung fehlerhaft Z1 Sonstige Ursache festhalten

Maßnahme		
A1 Abbruch der Prüfung innerhalb der Stichprobe eines Merkmals, da bisherige Werte alle außerhalb des Plausibilitäts-bereichs. A2 Abbruch der Prüfung nach Abschluss der Stichprobe eines Merkmals, da außerhalb der Eingriffsgrenzen und Einfluss auf die folgenden Merkmale zu erwarten ist. A3 Abbruch der Prüfung, um sie später wieder fortzusetzen. K3 Kalibrierung wiederholt K4 Kalibrierung wiederholt mit neuem Einstellnormal K5 Kalibrierung durchgeführt M5 Maschine nachgestellt		M6 Maschine gereinigt M7 Maschine instand gesetzt P3 Prüfmittel gewechselt P4 Prüfsteuerung geändert P5 Prüfmittel justiert P6 Prüfmittel gereinigt P7 Prüfung wiederholt S5 Werkstückhalter gewechselt S6 Werkstückanschlag korrigiert S7 Werkstückantrieb korrigiert W5 Werkzeug nachgestellt W6 Werkzeug gewechselt W7 Werkzeugaufnahme korrigiert W8 Werkzeug abgerichtet W9 Werkzeugabrichteinrichtung korrigiert



Behandlung der Teile/Ware	
T1 Eingriffsgrenzen überschritten, Überprüfung ergab keine Notwendigkeit zum Verlesen, Teile/Ware als i. O. abgeliefert.	T5 Teile/Ware Ausschuss*
T2 100% verlesen, i. O.-Anteil abgeliefert	T6 100% verlesen, PA-Anteil abgeliefert 1)
T3 Teile/Ware mit PA abgeliefert 1)	T7 100% verlesen, i. O.- bzw. PA-Anteil abgeliefert, NA-Anteil gesperrt*
T4 Teile/Ware gesperrt; NA erforderlich	Z3 Sonstige Behandlung festhalten
	* Entscheidungen hierüber fällt in der Regel nicht der Maschinenbediener

11 Maßnahmenkatalog

In der Praxis ist jeweils ein auf den konkreten Prozess (Maschine, Prüfplatz) abgestimmter Maßnahmenkatalog zu erstellen.

Die vorstehenden Ereigniscodes sind lediglich als Beispiel gedacht und beziehen sich auf einen mechanischen Bearbeitungsprozess.

Beispiel: Maßnahmenkatalog zur SPC

Messplatz Nr. 82

Folgende Maßnahmen sind beim Ansprechen der Qualitätsregelkarte durchzuführen und einzutragen. Nach dem Prozesseingriff Stichprobe entnehmen und Messwerte in die Regelkarte eintragen!

<p>Ware:</p> <ul style="list-style-type: none"> 11. 100% verlesen, i.O.-Anteil abgeliefert 12. Ware mit PA abgeliefert 13. Ware gesperrt, NA erforderlich 14. Ware Ausschuss <p>Werkzeug:</p> <ul style="list-style-type: none"> 21. Schleifscheibe abziehen 22. Schleifscheibe wechseln <p>Werkstück:</p> <ul style="list-style-type: none"> 31. Spannfutter wechseln 32. Werkstückanschlag 	<p>Maschine:</p> <ul style="list-style-type: none"> 41. Maschine nachstellen 42. Maschinendefekt mech./hydr./pneum. 43. Maschinendefekt elektrisch 44. Abrichtfliese wechseln 45. Abrichtrollen wechseln <p>Messeinrichtung:</p> <ul style="list-style-type: none"> 51. Messtasterwechsel 52. Messsteuerung/Kompensation <p>Allgemein:</p> <ul style="list-style-type: none"> 61. Verschmutzung 62. Vorbearbeitung/Anlieferung 63. Sonstige Ursache (festhalten)
---	---



12 Beispiel einer \bar{x} – s-Karte

BOSCH Qualitätsmanagement		Qualitätsregelkarte für kontinuierliche Merkmale										Ez/Teil		Werk/Werkstatt													
		Flansch 1 027										Arbeitsgang		Regelkarte erstellt von													
		Durchmesser										1130, Feindrehen		M. ...													
		Merkmal										Datum		10.02.2020													
												Blatt Nr.		1													
x_1	63	63	61	62	61	62	63	64	63	62	60	62	60	61	60	62	62	60	61	59	Einrichtung ..., Spindel						
x_2	63	63	60	62	62	61	62	64	63	64	61	65	62	63	61	63	61	63	64	65		OGW 48,69 Mittenswert 48,62 UGW 48,55 Bezugswert 48,00 Einheit 0,01 mm					
x_3	62	62	61	63	63	62	63	61	64	65	63	64	65	62	62	63	65	64	64	64			Stichprobenumfang 5 Prüfintervall pro 150 Stk. Zusatztest EIL				
x_4	63	63	63	63	63	61	62	63	60	65	62	63	65	61	64	59	61	63	65	60				Eingriffsgrenzen für \bar{x} <input checked="" type="checkbox"/> \bar{x} <input type="checkbox"/> s <input type="checkbox"/> R Prozessbezogen <input checked="" type="checkbox"/> Toleranzbezogen <input type="checkbox"/>			
x_5	62	63	62	60	62	61	63	63	62	63	62	63	62	60	62	63	63	62	64	65					OAG 64,6 OEG 63,6 Mittellinie 62,0 UEG 60,4 UAG 59,4		
\bar{x}	62,6	62,8	62,4	61,0	62,4	61,8	62,2	63,4	62,0	63,4	61,8	63,2	63,0	61,4	62,4	60,4	61,6	62,8	62,2	61,6	Eingriffsgrenzen für s <input checked="" type="checkbox"/> s <input type="checkbox"/> R OEG 2,600 Mittellinie 1,300 UEG 0,3000 Auswertung \bar{x} 62,3 s 1,27 $\hat{\sigma}$ 1,35 Cp 1,73 Cpk 1,66						
s	0,55	0,45	0,89	1,58	0,55	1,30	0,55	0,84	0,55	1,41	1,30	1,30	2,12	2,07	1,14	1,14	0,55	0,45	2,28	1,48		2,30				1,14	1,82
\bar{x}	65	64	63	62	61	62	63	64	63	62	60	62	60	61	60	62	62	60	61	62		62	60			61	62
s	3	2	1	0	0	1	2	3	2	1	0	1	2	1	0	1	2	1	0	1		2	1	0		1	
Datum	11.02.	11.02.	11.02.	12.02.	12.02.	12.02.	13.02.	13.02.	13.02.	14.02.	14.02.	14.02.	14.02.	14.02.	15.02.	15.02.	15.02.	15.02.	16.02.	16.02.		16.02.	16.02.	16.02.	16.02.		
Zeit	6:50	11:40	14:40	20:35	6:25	10:50	14:20	21:05	6:20	10:15	15:00	21:35	7:10	11:50	16:05	21:30	6:50	12:10	16:15	21:20	6:45	12:05	16:20	21:15			
Name	M. ...	M. ...	M. ...	M. ...	M. ...	M. ...	M. ...	M. ...	M. ...	M. ...	M. ...	M. ...	M. ...	M. ...	M. ...	M. ...	M. ...	M. ...	M. ...	M. ...	M. ...	M. ...	M. ...	M. ...			
Maßnahmen siehe Rückseite																											
ausgewertet																											
gesehen																											



13 Ansprechempfindlichkeit einer Regelkarte und Fehler 1. Art

Das Führen einer Regelkarte entspricht der wiederholten Anwendung eines statistischen Tests. Dabei soll z. B. anhand des Stichprobenmittelwerts \bar{x} geprüft werden, ob sich die Prozesslage verändert hat oder nicht. Je weiter sich die reale Prozesslage vom Mittenwert C entfernt, um so wahrscheinlicher wird es, dass die Regelkarte darauf reagiert, d. h. \bar{x} außerhalb einer der Eingriffsgrenzen liegt.

Stellt man die Eingriffswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von der Prozessverschiebung in Einheiten der Standardabweichung σ dar, so ergibt sich eine s-förmige Kurve wie in der folgenden Abbildung.

Diese Kurve heißt Eingriffskennlinie oder Operationscharakteristik der Regelkarte.

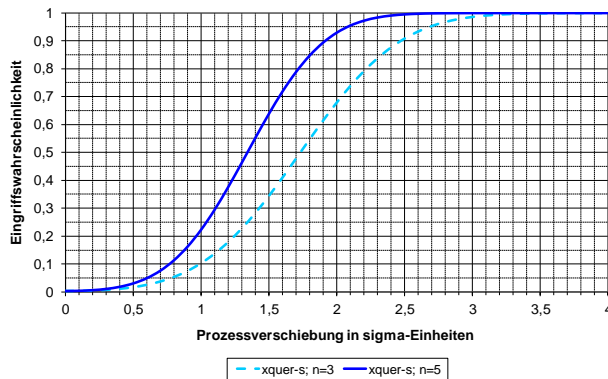


Abb. 13: Eingriffskennlinien

Die Kurve verläuft bei $n = 5$ steiler als bei $n = 3$. Die Regelkarte mit größerem Stichprobenumfang reagiert also empfindlicher auf eine Veränderung der Prozesslage. Eine hohe Ansprechempfindlichkeit der Mittelwertkarte muss man sich also über den Stichprobenumfang „erkaufen“. Ebenso verläuft die Kurve für die Mittelwertkarte steiler als diejenige der Mediankarte.

Eine Besonderheit ist in der Darstellung nicht gut erkennbar. Es ist die Tatsache, dass die Kurve am unteren Ende bei der Verschiebung null immer noch eine Eingriffswahrscheinlichkeit von ca. 1 % angibt. Auch bei einem völlig stabilen zentrierten Prozess besteht also eine Wahrscheinlichkeit von jeweils 0,5 %, dass ein Stichprobenmittelwert \bar{x} unterhalb OEG oder oberhalb OEG liegt. Diese Irrtumswahrscheinlichkeit heißt auch Fehler 1. Art.

m	Maximale Anzahl zufälliger Eingriffsgrenzenverletzungen									
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
\bar{x} Karte	4	6	8	10	12	13	15	16	18	19
s-Karte	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Die vorstehende Tabelle gibt an, wie viele Eingriffsgrenzenverletzungen maximal rein zufällig auftreten können, obwohl der Prozess sich nicht verändert hat. Dabei ist m die Anzahl der Stichproben.

REDAKTIONELLE ANMERKUNG: Statistisch gesehen entspricht die Situation einem Urnenmodell, bei dem 99 % der Kugeln die Aufschrift tragen „unveränderter Prozess“, die übrigen 1 % der Kugeln die Aufschrift „veränderter Prozess“ (vgl. [Heft 2]). Zieht man 100 Kugeln aus der Urne, so haben mit einer Wahrscheinlichkeit von 99,5 % nicht mehr als 4 die Aufschrift „veränderter Prozess“. Die Zahl 4 ist dabei der obere Schwellenwert der Binomialverteilung zur Wahrscheinlichkeit 99,5 %. Im Falle der s-Karte ist nur die Überschreitung der oberen Eingriffsgrenze betrachtet, mit der zugehörigen Eingriffswahrscheinlichkeit von 0,5%.



14 Reviews und Reifegradbewertungen

Das englische Wort „Review“ bedeutet im vorliegenden Kontext des Qualitätsmanagements sinngemäß „nochmal kritisch anschauen, überprüfen“. Gemäß [ISO 9000] geht es bei einer solchen „Überprüfung“ um die „Bestimmung der Eignung, Angemessenheit und Wirksamkeit“ von etwas, „festgelegte Ziele zu erreichen“. Übertragen auf ein Review der Qualitätsplanung und SPC-Systematik versucht man insbesondere, z. B. Mängel, Fehler oder Lücken im Konzept oder der Vorgehensweise festzustellen. Daraus wird in der Regel ein Handlungsbedarf abgeleitet und werden Korrektur- oder Verbesserungsmaßnahmen vorgeschlagen und beschlossen.

Beim Reifegrad hingegen wird anhand eines Fragen- oder Kriterienkatalogs die „Reife“ z. B. einer Organisation, eines Systems oder Prozesses bewertet. Genau genommen geht es dabei aber eher um den Grad, mit dem festgelegte Anforderungen erfüllt werden, also einen Erfüllungsgrad.

ANMERKUNG: Beim Begriff „Reife“ spielt sicherlich die gedankliche Verknüpfung mit der Entwicklung von Früchten oder Lebewesen eine Rolle.

Die Bewertung des Erfüllungsgrades geschieht z. B. anhand einer dreistufigen (1, 2, 3 oder rot, gelb, grün) oder vierstufigen Skala (nicht oder nur rudimentär, überwiegend nicht, überwiegend, nahezu vollständig oder vollständig). Eine vierstufige Skala hat den Vorteil, dass es keine mittlere Bewertung gibt. Sie erschwert aber die Differenzierung. Eine quantitative Skala hat den Vorteil, dass die Ergebnisse recht übersichtlich in Form eines Netzdiagramms (Radar-Chart) dargestellt werden können.

Review

Um die konsequente Realisierung und Wirksamkeit der Regelkreise sowie die Effektivität und Effizienz der Prüfprozesse in der Produktion zu gewährleisten, ist es sinnvoll, regelmäßige Reviews durchzuführen. Sie liefern z. B. Verbesserungspotenziale und Ansatzpunkte für die Optimierung der Qualitätsplanung.

Reifegradbewertung

Die Durchführung von Reifegradbewertungen ist empfehlenswert, um den Prozess der Qualitätsplanung systematisch hinsichtlich

- seiner Anwendung zu überprüfen,
- der Reife seiner Umsetzung zu bewerten und
- gezielt Verbesserungspotenziale abzuleiten.

Bei den zu bewertenden Aspekten geht es z. B. um die Qualitätsmerkmale und jeweils zugehörige Prüfstrategie, die Mess- und Prüfprozesse sowie die Umsetzung der Qualitätsregelkreise (klein, groß).

„SPC-Assessment“ ist nur eine andere Bezeichnung für eine solche Reifegradbewertung. Ein wesentlicher Unterschied besteht in der „Flughöhe“, also der Fokussierung und dem Detaillierungsgrad. Typische Haupt- und Unterkriterien sind z. B.

- Personal und Qualifikation (Anwenderqualifikation)
- Planung (Mess- und Prüfprozesse, Maschinen- und Prozessmerkmale, Maschinenfähigkeit)
- Realisation (Anwendung der Regelkarte)
- Dokumentation (von Maßnahmen)
- Effektivität (Kurzzeit-Prozessfähigkeit, Langzeitverfolgung)



Symbolverzeichnis

C	Mittenswert (Mitte des Toleranzbereichs)
c_4	Faktor zur Ermittlung von $\hat{\sigma}$ aus der mittleren Standardabweichung \bar{s} (in älterer Literatur auch mit a_n bezeichnet)
C_g, C_{gk}	potentieller und kritischer Messprozessfähigkeitsindex (MSA, Verfahren 1)
C_m, C_{mk}	potentieller und kritischer Maschinenfähigkeitsindex
C_p, C_{pk}	potentieller und kritischer Prozessfähigkeitsindex (Langzeit)
C_{p-ST}, C_{pk-ST}	potentieller und kritischer Prozessfähigkeitsindex (Kurzzeit, engl. <u>short term</u>)
d_2	Faktor zur Ermittlung von $\hat{\sigma}$ aus der mittleren Spannweite \bar{R}
i	Nummer (Index) des Messwertes innerhalb einer Stichprobe; $1 \leq i \leq n$
j	Nummer (Index) des Messwertes innerhalb aller Messwerte; $1 \leq j \leq m \cdot n$
k	Nummer (Index) der Stichprobe innerhalb aller Stichproben; $1 \leq k \leq m$
k	Annahmefaktor beim Stichprobenplan für kontinuierliche Merkmale
k_A	Abgrenzungsfaktor bei der $\bar{x} - s$ Karte
k_E	Abgrenzungsfaktor bei der Urwertkarte
λ	Glättungsfaktor bei der EWMA-Karte
LCL	untere Eingriffsgrenze (engl. <i>Lower Control Limit</i>)
LL	untere Spezifikationsgrenze, Mindestwert (engl. <i>Lower Limit</i>)
m	Anzahl von Stichproben
μ	Mittelwert der Grundgesamtheit
$\hat{\mu}$	Schätzung des Mittelwerts der Grundgesamtheit
$\hat{\mu}_{max}$	Schätzung des größten Mittelwerts
$\hat{\mu}_{min}$	Schätzung des kleinsten Mittelwerts
n	Anzahl Messwerte je Stichprobe (<i>Stichprobenumfang</i>) oder in einer Wertemenge
n'	Anzahl Teile (<i>wenn abweichend von n</i>)
N	Gesamtzahl aller Einzelwerte ($N = m \cdot n$) oder Losgröße
OAG	obere Alarmgrenze
OEG	obere Eingriffsgrenze
OGW	oberer Grenzwert (des Toleranzbereichs)
P_p, P_{pk}	potentieller und kritischer Prozessleistungsindex (Langzeit)
P_{p-ST}, P_{pk-ST}	potentieller und kritischer Prozessleistungsindex (Kurzzeit, engl. <i>short term</i>)
R	Spannweite (engl. <i>Range</i>) einer Wertemenge
R_k	Spannweite der Stichprobe Nr. k
\bar{R}	Mittelwert von Spannweiten



s	Standardabweichung einer Stichprobe
s_{total}	Standardabweichung aller Einzelwerte
$s_{\bar{x}}$	Standardabweichung der Mittelwerte von m Stichproben
\bar{s}	mittlere Standardabweichung aus m Stichproben gleicher Größe
$\overline{s^2}$	mittlere Varianz; Mittelwert quadrierter Standardabweichungen
σ	Standardabweichung der Grundgesamtheit
$\hat{\sigma}$	Schätzwert für die Standardabweichung der Grundgesamtheit
$\hat{\sigma}_{add}$	(zusätzliche) Streuung zwischen den Stichproben (<i>engl. additional</i>)
T	Toleranz eines Merkmals
u_{1-p}	Quantil der Standardnormalverteilung zur Wahrscheinlichkeit $1 - p$
UAG	untere Alarmgrenze
UCL	obere Eingriffsgrenze (<i>engl. Upper Control Limit</i>)
UEG	untere Eingriffsgrenze
UGW	unterer Grenzwert (des Toleranzbereichs)
UL	obere Spezifikationsgrenze, Höchstwert (<i>engl. Upper Limit</i>)
x_i	Einzelwert Nr. i einer Wertemenge
x_{ik}	Einzelwert Nr. i in Stichprobe Nr. k
x_{max}	größter Einzelwert einer Wertemenge (<i>Maximum</i>)
x_{min}	kleinster Einzelwert einer Wertemenge (<i>Minimum</i>)
\bar{x}	arithmetischer Mittelwert
\bar{x}_k	arithmetischer Mittelwert der Einzelwerte in Stichprobe Nr. k
$\bar{\bar{x}}$	Mittelwert von Mittelwerten
\tilde{x}	Median (<i>Zentralwert</i>)
\tilde{x}_k	Median der Einzelwerte in Stichprobe Nr. k
$\bar{\tilde{x}}$	Mittelwert von Medianen

Konstanten: $a_n, c_n, d_n, A, A', A^*, B'_{Eun}, B'_{Eob}, B^*_{Eun}, B^*_{Eob}, C_E, D_{Eun}, D_{Eob}, D'_{ob}, E_E, E'_E$

Weitere, nur in einzelnen Kapiteln verwendete Symbole oder die Verwendung der Symbole mit abweichenden Bedeutungen werden im jeweiligen Zusammenhang definiert.



Varianten gebräuchlicher Abkürzungen

Je nach Quelle und Sprachversion sind im Rahmen von SPC diverse Bezeichnungen und Abkürzungen üblich.

Deutsch		Englisch	
Unterer Grenzwert	<i>UGW</i>	<i>LL or L</i>	Lower Limit
Untere Spezifikationsgrenze	<i>USG</i>	<i>LSL</i>	Lower Specification Limit
Oberer Grenzwert	<i>OGW</i>	<i>UL or U</i>	Upper Limit
Obere Spezifikationsgrenze	<i>OSG</i>	<i>USL</i>	Upper Specification Limit
Untere Eingriffsgrenze	<i>UEG</i>	<i>LCL</i>	Lower Control Limit
Obere Eingriffsgrenze	<i>OEG</i>	<i>UCL</i>	Upper Control Limit

2021-02-10 - SOCOS



Begriffe

HINWEIS 1: Die nachstehenden Begriffsdefinitionen wurden den jeweils zitierten Normen und Richtlinien entnommen. Zugehörige Anmerkungen wurden nur in Einzelfällen übernommen, wenn sie für das Verständnis eines Begriffes als unmittelbar relevant und/oder unverzichtbar bewertet wurden. Ansonsten wird bzgl. Anmerkungen und Beispielen auf die jeweilige Norm bzw. Richtlinie verwiesen.

*HINWEIS 2: „Redaktionelle Anmerkungen“ sind **kein** Bestandteil der jeweiligen Norm oder Richtlinie.*

HINWEIS 3: In einigen Fällen wird derselbe Begriff mit mehreren Definitionen aus verschiedenen Normen bzw. Richtlinien aufgeführt, sofern die Definitionen nicht vollständig konsistent erscheinen.

Alarmgrenzen (engl. alarm limits)

Toleranzbezogene Eingriffsgrenzen, bei deren Verletzung im Allgemeinen eine verstärkte Überwachung des Prozesses erforderlich ist.

Anforderung (engl. requirement)

Erfordernis oder Erwartung, das oder die festgelegt, üblicherweise vorausgesetzt oder verpflichtend ist [ISO 9000]

Annahme-Regelkarte (engl. acceptance control chart)

Regelkarte, die in erster Linie dafür vorgesehen ist zu beurteilen, ob auf Grund der eingetragenen Werte erwartet werden kann, dass die festgelegten Toleranzen eingehalten oder nicht eingehalten werden. [ISO 3534-2]

AQDEF (Advanced Quality Data Exchange Format)

Die Bezeichnung AQDEF ist eine offiziell eingetragene Marke der Q-DAS GmbH & Co. KG, Weinheim. AQDEF ist ein Standard für die Erfassung und den systemübergreifenden Austausch von Qualitätsinformationen, u. a. zwischen Messgeräten und den Q-DAS-Software-Produkten.

Auswahleinheit (engl. sampling unit)

Einer der einzelnen Teile, in die eine Grundgesamtheit gegliedert ist [ISO 3534-1]

Beherrschtes Prozessmerkmal (engl. Übersetzung von DIN 55350-11 nicht verfügbar)

Prozessmerkmal, bei dem sich die Parameter der Verteilung der Merkmalswerte praktisch nicht oder nur in bekannter Weise oder in bekannten Grenzen ändern [DIN 55350-11]

Beherrschtes Produktmerkmal^{N2)} (engl. product characteristic in control)

Produktmerkmalsparameter der Verteilung der Merkmalswerte, die sich praktisch nicht oder nur in bekannter Art und Weise oder innerhalb bekannter Grenzen ändern.

^{N2)} Nationale Fußnote:

ISO 21747 verwendete die englischen Benennungen „stable process“ und „process in a state of statistical control“ synonym, die DIN ISO 21747 mit „stabiler Prozess“ und „beherrschter Prozess“ übersetzt.

Davon abweichend bezeichnet ISO 22514-1, nur das Verhalten nach ISO 21747 als „stable process“ und „process in a state of statistical control“, das DIN ISO 22514-1 mit „stabiler Prozess“ übersetzt.

Das Verhalten nach ISO 21747 bezeichnet ISO 22514-1 hingegen als „product characteristic in control“, das mit „beherrschtes Produktmerkmal“ übersetzt wird.

Dieser Bedeutungswandel ist in DIN ISO 3534-2, noch nicht berücksichtigt.

[ISO 22514-1]



Beherrschter Prozess (engl. Übersetzung von DIN 55350-11 nicht verfügbar)

Prozess, dessen wesentliche Merkmale beherrschte Prozessmerkmale sind [DIN 55350-11]

Beherrschter Prozess (engl. stable process, process in a state of statistical control)

Prozess, der nur zufälligen Streuungsursachen unterliegt

ANMERKUNG 1: Ein beherrschter Prozess verhält sich im Allgemeinen so, als wenn die aus dem Prozess gezogenen Stichproben zu jeder Zeit einfache Zufallsstichproben aus derselben Grundgesamtheit sind.

ANMERKUNG 4: Bei einigen Prozessen kann der Mittelwert eines Merkmals driften, oder die Standardabweichung zunehmen, z. B. wegen Werkzeugverschleiß oder wegen abnehmender Konzentration einer Lösung. Eine fortschreitende Veränderung des Mittelwertes oder der Standardabweichung eines solchen Prozesses wird als Folge systematischer und nicht als Folge zufälliger Streuungsursachen angesehen. Damit werden keine einfachen Zufallsstichproben aus derselben Grundgesamtheit erhalten.

[ISO 3534-2]

REDAKTIONELLE ANMERKUNG: Englische Originalfassung dieser Begriffsdefinition in ISO 3534-2 (2006) und ISO 21747 (2006) identisch; DIN ISO 3534-2 enthält die neuere deutsche Übersetzung (2013); DIN ISO 21747 enthält die ältere deutsche Übersetzung (2007) und verwendet die Begriffe „stabiler Prozess“ und „beherrschter Prozess“ synonym.

Bestimmung (engl. determination)

Tätigkeit zur Ermittlung eines oder mehrerer Merkmale und ihrer Merkmalswerte [ISO 9000]

Diskretes Merkmal (engl. discrete characteristic)

Merkmal, dessen Merkmalswerte die Zählwerte einer zählbaren Größe sind (z. B. gut/schlecht, in Ordnung/nicht in Ordnung, rot/grün/blau)

REDAKTIONELLE ANMERKUNG: Häufig auch unpräzise als „attributives Merkmal“ bezeichnet; siehe auch „diskrete Skala“ [ISO 3534-2].

Diskretes Merkmal

Quantitatives Merkmal, dessen Wertebereich endlich oder abzählbar unendlich ist. [DIN 55350-12]

REDAKTIONELLE ANMERKUNG: Beispiele sind

- *Masse in kg (ohne Nachkommastellen),*
- *Körpergröße in cm (ohne Nachkommastellen),*
- *Anzahl der Augenzahl 6 bei 100-maligem Würfeln. Das Ergebnis kann alle Werte von 0 bis 100 annehmen. Die Anzahl ist endlich.*
- *Anzahl der Blitze in Deutschland in einem bestimmten Jahr (man kann atmosphärische Blitze mit Hilfe von Antennen orten und natürlich auch zählen). Diese Anzahl kann abzählbar unendlich viele Werte annehmen (0, 1, 2, 3, ...), wobei aber sehr große Werte mit immer kleinerer Wahrscheinlichkeit auftreten werden.*

Einheit (engl. item, entity)

Das, was einzeln beschrieben und betrachtet werden kann [ISO 3534-2]

REDAKTIONELLE ANMERKUNG: Nicht zu verwechseln mit „Maßeinheit“ (vgl. [VIM])

Einflussgröße (engl. influence quantity)

Größe, die sich bei einer direkten Messung nicht auf die Größe auswirkt, die gerade gemessen wird, aber die Beziehung zwischen Anzeige und dem Messergebnis beeinflusst [VIM]



Fähigkeit (engl. capability)

Eignung eines Objekts (z. B. Produkt, Dienstleistung, Prozess, Person, Organisation, System, Ressource) zum Realisieren eines Ergebnisses, das die Anforderungen an dieses Ergebnis erfüllen wird (in Anlehnung an [ISO 9000])

Fähigkeit (engl. capability)

Eignung einer Organisation, eines Systems oder eines Prozesses zum Realisieren eines Produktes, das die Anforderungen an dieses Produkt erfüllen wird [ISO 22514-1]

Fähigkeitsindex (engl. capability index): siehe **Prozessfähigkeitsindex**

Grenzwert (engl. specification limit)

Für ein Merkmal festgelegter begrenzender Wert [ISO 3534-2]

Größe (engl. quantity)

Eigenschaft eines Phänomens, eines Körpers oder einer Substanz, wobei die Eigenschaft einen Wert hat, der durch eine Zahl und eine Referenz ausgedrückt werden kann [VIM]

Größenart (engl. kind of quantity)

Aspekt, der untereinander vergleichbaren Größen gemeinsam ist [VIM]

Größenwert (engl. quantity value)

Zahlenwert und Referenz, die zusammen eine Größe quantitativ angeben [VIM]

Grundgesamtheit (engl. population)

Gesamtheit der betrachteten Einheiten [ISO 3534-2]

Anmerkung: Unter einer Grundgesamtheit verstehen wir eine endliche oder unendliche Menge von Einheiten, die bzgl. einer vorliegenden statistischen Fragestellung als gleichartig zu betrachten sind. Solche Einheiten können beispielsweise auch „Beobachtungen“ oder Ergebnisse von unter gleichen Bedingungen durchgeführten „Versuchen“ sein. Beispiele für endliche Grundgesamtheiten sind die Menge der

- Schüler einer Schule,
- wahlberechtigten Personen eines Bundeslandes,
- Fernsehzuschauer, die das Endspiel der letzten Fußball-WM verfolgt haben,
- Teile einer Warenlieferung,
- innerhalb einer Schicht gefertigten Erzeugnisse des Werks XY.

Beispiele für (theoretisch) unendliche Grundgesamtheiten sind die Menge der

- bei Würfeln mit einem Würfel beobachteten „Augenzahlen“,
- bei Wiederholmessungen an einem Längennormal ermittelten Messergebnisse,
- Teile, die eine Maschine herstellen wird, unter der Annahme, dass sie für alle Zeiten in dem augenblicklich vorliegenden Zustand bleibt.

Insbesondere die letzten Beispiele zeigen, dass eine Grundgesamtheit durchaus nicht immer real sein muss sondern auch fiktiv sein kann. Darüber hinaus ist erkennbar, dass eine statistische Fragestellung mitunter auf eine Prognose (Vorhersage) zukünftiger Ereignisse abzielen kann.

Höchstwert (engl. upper specification limit)



Grenzwert, der den oberen begrenzenden Wert angibt [ISO 3534-2]

KenngroÙe (engl. statistic)

Vollständig bestimmte Funktion aus Zufallsvariablen

NATIONALE FUSSNOTE: Kenngrößen charakterisieren Eigenschaften einer Häufigkeitsverteilung

[ISO 3534-1]

Konformität (engl. conformity)

Erfüllung einer Anforderung [ISO 9000]

Konformitätsbewertung (engl. conformity evaluation)

Systematische Prüfung über den Grad, bis zu dem eine Einheit spezielle Anforderungen erfüllt

[ISO 3534-2]

Kontinuierliches Merkmal (engl. continuous characteristic)

Merkmal, dessen Merkmalswerte die Messwerte einer physikalischen Größe sind (z. B. Gewicht, Länge, Strom, Temperatur)

REDAKTIONELLE ANMERKUNG: Häufig auch unpräzise als „variables Merkmal“ bezeichnet; siehe auch „kontinuierliche Skala“ [ISO 3534-2].

Kontinuierliches Merkmal (engl. continuous characteristic)

Quantitatives Merkmal, dessen Wertebereich überabzählbar unendlich ist. [DIN 55350-12]

REDAKTIONELLE ANMERKUNG: Der Wert eines solchen Merkmals wird stets als Produkt aus Zahlenwert und Einheit angegeben. Beispiele:

Länge: 12,54561... m,

Durchmesser: 3,532... mm

Der Zahlenwert des Merkmals Länge kann z. B. jeden Wert zwischen 12 und 13 annehmen, mathematisch ausgedrückt jede reelle Zahl im Intervall zwischen 12 und 13. In der Realität kann kein Wert eines solchen kontinuierlichen Merkmals beliebig genau gemessen werden. Die Zahl der Nachkommastellen ist stets durch die Anzahl der verfügbaren Digits der Anzeige begrenzt. Zudem können Eigenschaften des Messprozesses die Anzahl der sinnvollerweise nutzbaren Stellen beschränken.

Median (engl. median)

0,5-Quantil

ANMERKUNG 1 Der Median ist eines der in der Praxis am häufigsten angewandten p-Quantile. Für den Median einer kontinuierlichen eindimensionalen Verteilung gilt, dass eine Hälfte der Grundgesamtheit größer oder gleich und die andere kleiner oder gleich dem Median ist. [ISO 3534-1]

Median einer Stichprobe (engl. median of a sample)

Unter den nach aufsteigendem Zahlenwert geordneten und mit „1“ bis „n“ nummerierten Istwerten, bei ungeradem n der Istwert mit der Nummer $(n+1)/2$, bei geradem n üblicherweise der Mittelwert der beiden Istwerte mit den Nummern $n/2$ und $(n/2)+1$.

Beispiel: Bei einer nach aufsteigendem Zahlenwert geordneten Stichprobe vom Umfang 5 ist der Median der mittlere der 5 Werte.

Merkmal (engl. characteristic)

2021-02-10 - SOCCOS



Kennzeichnende Eigenschaft

ANMERKUNG 1: Ein Merkmal kann inhärent oder zugeordnet sein.

ANMERKUNG 2: Ein Merkmal kann qualitativer oder quantitativer Natur sein.

ANMERKUNG 3: Es gibt verschiedene Klassen von Merkmalen, z. B.:

- *physikalische, z. B. mechanische, elektrische, chemische oder biologische Merkmale;*
- *sensorische, z. B. bezüglich Geruch, Berührung, Geschmack, Sehvermögen, Gehör;*
- *verhaltensbezogene, z. B. Anständigkeit, Ehrlichkeit, Wahrheitsliebe;*
- *zeitbezogene, z. B. Pünktlichkeit, Verlässlichkeit, Verfügbarkeit;*
- *ergonomische, z. B. physiologische oder auf Sicherheit für den Menschen bezogene Merkmale;*
- *funktionale, z. B. Spitzengeschwindigkeit eines Flugzeuges.*

[ISO 3534-2]

Merkmal (engl. characteristic)

Eigenschaft zum Erkennen oder zum Unterscheiden von Einheiten.“ [DIN 55350-12]

Messergebnis (engl. measurement result)

Menge von Größenwerten, die einer Messgröße zugewiesen sind, zusammen mit jeglicher verfügbarer relevanter Information [VIM]

Messgerät (engl. measuring instrument)

Gerät, das allein oder in Verbindung mit zusätzlichen Einrichtungen für die Durchführung von Messungen verwendet wird [VIM]

Messgröße (engl. measurand)

Größe, die gemessen werden soll [VIM]

Messprozess (engl. measurement process)

Satz von Tätigkeiten zum Bestimmen eines Größenwertes [ISO 9000]

Messsystem (engl. measuring system)

Kombination aus Messgeräten und oft anderen Geräten sowie bei Bedarf Reagenzien und Versorgungseinrichtungen, die so angeordnet und angepasst sind, dass sie Information liefern, um Messwerte innerhalb bestimmter Intervalle für Größen bestimmter Arten zu erhalten

ANMERKUNG: Ein Messsystem kann aus nur einem einzigen Messgerät bestehen

[VIM]

Messung (engl. measurement)

Prozess, bei dem einer oder mehrere Größenwerte, die vernünftigerweise einer Größe zugewiesen werden können, experimentell ermittelt werden

ANMERKUNG 2: Eine Messung bedeutet Vergleich von Größen und schließt das Zählen mit ein

[VIM]

Messunsicherheit (engl. measurement uncertainty)

Nichtnegativer Parameter, der die Streuung der Werte kennzeichnet, die der Messgröße auf der Grundlage der benutzten Information beigeordnet ist [VIM]



Messwert (engl. *measured quantity value; measured value*)

Größenwert, der ein Messergebnis repräsentiert [VIM]

Mindestwert (engl. *lower specification limit*)

Grenzwert, der den unteren begrenzenden Wert angibt [ISO 3534-2, 3.1.5]

Mittenswert (engl. *center point of the specification interval*)

Arithmetischer Mittelwert aus Mindestwert und Höchstwert

Anmerkung: Vielfach stimmt der Mittenswert mit dem gedachten oder mit dem festgelegten Sollwert überein.

[DIN 5530-12]

Mittenswert des Toleranzbereichs (engl. *center point of the specification interval*)

Mittelwert aus Mindestwert und Höchstwert: $C = \frac{UGW+OGW}{2}$

Hinweis: Bei einseitig oben begrenzten Merkmalen (nur *OGW* gegeben), wie z. B. Rautiefe (*Rz*), Form und Lage (z. B. Rundheit, Rechtwinkligkeit), ist es nicht sinnvoll, *UGW* = 0 anzunehmen und folglich $C = OGW/2$ zu setzen.

Nominalmerkmal

„Qualitatives Merkmal, für dessen Merkmalswerte keine Ordnungsbeziehung besteht.“

[DIN 55350-12]

BEISPIEL:

- Das Merkmal Farbe mit den Merkmalswerten rot, gelb, grün.

Ein solches Merkmal erlaubt lediglich eine Zuordnung und Unterscheidung der Merkmalswerte (ist gleich, ist nicht gleich).

„Der Merkmalswert eines Nominalmerkmals wird häufig auch Attribut genannt. Ein Nominalmerkmal mit nur zwei möglichen Merkmalswerten heißt dichotomes Merkmal, Binärmerkmal oder Alternativmerkmal. Es kann nur zwei einander ausschließende Werte annehmen.“

BEISPIELE:

- gut/schlecht,
- innerhalb/außerhalb des Toleranzbereichs (i.O./n.i.O.),
- fehlerfrei/fehlerhaft, vorhanden/nicht vorhanden.

Solche Daten werden z. B. mit Hilfe von Grenzlehren oder durch visuelle Beurteilung anhand von Grenzmustern gewonnen. Es ist aber auch möglich, ein kontinuierliches Merkmal zu „diskretisieren“, indem es zunächst gemessen und der erhaltene Messwert einer der Kategorien „innerhalb/außerhalb des Toleranzbereichs“ zugeordnet wird. Allerdings ist dies aufgrund des damit verbundenen Verlusts an Information kaum sinnvoll. Wenn zu einem kontinuierlichen Merkmal Messwerte vorliegen, so sollten diese auch in ihrer ursprünglichen Form genutzt werden.

Ordinalmerkmal

Qualitatives Merkmal, für dessen Merkmalswerte eine Ordnungsbeziehung besteht. [DIN 55350-12]



BEISPIELE:

- Das Merkmal Konfektionsgröße mit den Merkmalswerten XXS, XS, S, L, XL, XXL, ..., 7XL,
- Das Merkmal (europäische) Schuhgröße mit den Merkmalswerten 14, 15, 16, ..., 48, 49.

Ein solches Merkmal ermöglicht eine Zuordnung und eine Unterscheidung z. B. gemäß den Relationen „kleiner“, „gleich“ oder „größer“ der Merkmalswerte.

Parameter

Kenngroße einer Verteilungsfamilie

ANMERKUNG 1 Der Parameter darf eindimensional oder mehrdimensional sein.

ANMERKUNG 2 Parameter werden manchmal als Lageparameter bezeichnet, insbesondere, wenn der Parameter direkt dem Erwartungswert der Verteilungsfamilie entspricht. Manche Parameter werden als Skalierungsparameter bezeichnet, insbesondere, wenn sie gleich der Standardabweichung oder zu ihr proportional sind. Parameter, die weder Lage- noch Skalierungsparameter sind, werden üblicherweise als Formparameter bezeichnet.

[ISO 3534-1]

REDAKTIONELLE ANMERKUNG 1: Lageparameter (Erwartungswert, Median), Streuungsparameter (Varianz, Standardabweichung, Variationskoeffizient) und Formparameter (Schiefe, Wölbung, Exzess) werden auch als Funktionalparameter bezeichnet.

REDAKTIONELLE ANMERKUNG 2: Umgangssprachlich wird gelegentlich der Begriff Prozessparameter benutzt. Die Norm [ISO 3534-1] bezieht diesen Begriff ausschließlich auf Parameter statistischer Verteilungen.

In Zusammenhang mit Prozessen verwendet die [ISO 22514-1] den Begriff Prozessmerkmal.

Parameter der Grundgesamtheit

Summarisches Maß der Werte irgendeines Merkmals einer Grundgesamtheit

BEISPIEL Mittelwert μ der Grundgesamtheit; Standardabweichung σ der Grundgesamtheit.

ANMERKUNG Parameter der Grundgesamtheit werden im Allgemeinen durch klein geschriebene griechische Buchstaben in Kursivschrift dargestellt.

[ISO 3534-2]

Produkt (engl. product)

Ergebnis eines Prozesses [ISO 22514-1], [ISO 3534-2]

Produktmerkmal (engl. product characteristic)

Inhärentes Merkmal eines Produktes [ISO 22514-1]

REDAKTIONELLE ANMERKUNG: „Inhärent“ bedeutet „einer Einheit innewohnend“ (z. B. physikalische Eigenschaften wie Gewicht, Größe, Stromaufnahme eines Produktes); daher kann ein inhärentes Merkmal ein Qualitätsmerkmal sein, ein „zugeordnetes“ Merkmal (wie z. B. der Preis, Eigentümer) jedoch nicht.

Prozess (engl. process)

Satz zusammenhängender oder sich gegenseitig beeinflussender Tätigkeiten, der Eingaben zum Erzielen eines vorgesehenen Ergebnisses verwendet [ISO 9000]

Anmerkung: Im Rahmen dieses Hefts verstehen wir unter einem Prozess in der Regel eine Abfolge von Tätigkeiten und/oder Abläufen, bei denen Materialien oder vorgearbeitete Teile/Komponenten weiterbearbeitet werden und ein Produkt erzeugt wird. Das können z. B. Fertigungs- oder Montageprozesse sein. Aber auch ein Messprozess ist eine Abfolge von Tätigkeiten und/oder Abläufen, bei denen etwas produziert wird, nämlich Messergebnisse.



Prozessergebnisverteilung

Zeitabhängiges Verteilungsmodell, das die momentane Verteilung des untersuchten Merkmals und die Änderungen der Werte ihres Lage-, Streuungs- und Formparameters während des Zeitintervalls der Prozessbeobachtung berücksichtigt. Nach [ISO 22514-2].

Prozessfähigkeitsindex (engl. *process capability index*)

Größe, die die Fähigkeit in Bezug auf gegebene Spezifikationen angibt [ISO 22514-1]

Prozessgüte (engl. *process quality*)

Angefordertes quantifiziertes Ergebnis des Prozesses, das dem Qualitätsziel entspricht (z. B. 0-Fehler, ppm, Cpk). [CD 00301]

Prozessmerkmal (engl. *process characteristic*)

Inhärentes Merkmal eines Prozesses [ISO 22514-1]

REDAKTIONELLE ANMERKUNG: Prozessmerkmale sind notwendige Merkmale, um die Konformität der Produktmerkmale sicherzustellen. Dabei handelt es sich um Merkmale, die an Anlagen und Einrichtungen ermittelt werden und nicht am Produkt. Zum Begriff „inhärent“ siehe auch redaktionelle Anmerkung zum Begriff „Produktmerkmal“.

Prüfung (engl. *inspection*)

Konformitätsbewertung durch Beobachten und Beurteilung, begleitet — soweit zutreffend — durch Messung, Testung oder Vergleich [ISO 3534-2]

Prüfmittel (engl. *measuring and test equipment*)

Messmittel für Prüfungen [DIN 1319-2]

REDAKTIONELLE ANMERKUNG 1: Messmittel zum Nachweis der Konformität bezüglich der festgelegten, internen, Kunden-, gesetzlichen oder behördlichen Qualitätsanforderungen.

REDAKTIONELLE ANMERKUNG 2: Aufgrund unzureichender Normvorgaben wird der Begriff Prüfmittel im vorliegenden Heft auch in erweitertem Sinn angewandt und auf Prüfeinrichtungen ausgedehnt, die Prüfergebnisse nicht notwendigerweise durch Messung von Größen ermitteln, sondern auch durch andere Mittel wie quantitative Bestimmen, durch Klassieren oder durch Nachweisen der Anwesenheit oder Abwesenheit eines Merkmals.

Qualitatives Merkmal (engl. *qualitative characteristic*)

„Merkmal, dessen Werte einer Skala zugeordnet sind, auf der keine Abstände definiert sind.“

[DIN 55350-12]

Qualitätsfähigkeit (engl. *quality capability*)

Eignung einer Organisation oder von Teilen einer Organisation (z. B. Personen, Verfahren, Prozesse, Maschinen), ein Ergebnis zu realisieren, welches die Qualitätsanforderungen an dieses Ergebnis erfüllen wird (in Anlehnung an [ISO 22514-1] und [ISO 9000]).

Qualitätsfähiger Prozess (engl. *quality capable process*)

Ein Prozess ist qualitätsfähig, wenn er in der Lage ist, die vorgegebenen Anforderungen uneingeschränkt zu erfüllen.

Qualitätsmerkmal (engl. *quality characteristic*)



Inhärentes Merkmal eines Produktes, eines Prozesses oder Systems bezogen auf eine Anforderung [ISO 22514-1]

REDAKTIONELLE ANMERKUNG: Zum Begriff „inhärent“ siehe auch redaktionelle Anmerkung zum Begriff „Produktmerkmal“.

Qualitätsregelkarte (engl. quality control chart)

Qualitätsregelkarte (Shewhart-Karte) zur Überwachung eines Parameters der Wahrscheinlichkeitsverteilung eines Merkmals, mit dem Zweck festzustellen, ob der Wert des Parameters von einem vorgegebenen Wert abweicht.

Quantitatives Merkmal (engl. quantitative characteristic)

Merkmal, dessen Merkmalswerte einer Skala mit festgelegten Abständen zugeordnet sind.

[DIN 55350-12]

REDAKTIONELLE ANMERKUNG: Alle physikalischen Größen sind quantitative Merkmale, z. B. Länge, Volumen, Winkel, Gewichtskraft, Masse, Temperatur, Spannung, Strom, Zeit, Geschwindigkeit.

Reaktionsplan (engl. reaction plan)

Aktionen oder Abfolge von Maßnahmen, die im Produktionslenkungsplan für den Fall des Auftretens abnormaler oder fehlerhafter Vorkommnisse vorgeschrieben sind. [IATF 16949]

Regelkarte (engl. control chart)

Grafische Darstellung, in der die Werte einer statistischen Kenngröße für eine Folge von Stichproben in einer bestimmten Ordnung eingetragen sind, um den Prozess in Bezug auf diese Kenngröße zu regeln, und um die Streuung zu vermindern. [ISO 3534-2]

Schätzer (engl. estimator)

Kenngröße, die zur Schätzung eines Parameters Θ verwendet wird [ISO 3534-1]

Schätzung (engl. estimation)

Verfahren, das eine statistische Darstellung einer Grundgesamtheit aus einer aus dieser Grundgesamtheit gezogenen Zufallsstichprobe gewinnt.

ANMERKUNG 1: Insbesondere begründet das Verfahren, das von einem Schätzer zu einem speziellen Schätzwert führt, die Schätzung.

[ISO 3534-1]

Schätzwert (engl. estimate)

Beobachteter Wert eines Schätzers [ISO 3534-1]

Shewhart-Regelkarte (engl. Shewhart control chart)

Regelkarte mit Shewhart-Regelgrenzen, die in erster Linie dafür vorgesehen ist, bei den eingetragenen Werten zwischen deren Streuung wegen zufälliger Streuungsursachen einerseits und wegen systematischer Streuungsursachen andererseits zu unterscheiden. [ISO 3534-2]

Sollwert (engl. target value)

Bevorzugter Wert oder Referenzwert eines Merkmals, der in einer Spezifikation angegeben ist

[ISO 3534-2]



Sortierprüfung Dies ist eine 100%-Prüfung, bei der Gegenstände/Einheiten (visuell oder unter Einsatz technischer Hilfsmittel) hinsichtlich festgelegter Merkmale geprüft und je nach Ergebnis dieser Prüfung (z. B. konform / nicht konform) getrennt werden.

Spannweite (engl. range)

Größter Einzelwert minus kleinster Einzelwert: $R = x_{max} - x_{min}$

Spezifikation (engl. specification)

Dokument, das Anforderungen festlegt

ANMERKUNG: Eine Spezifikation kann sich beziehen auf Tätigkeiten (z. B. Verfahrensdokument, Prozessspezifikation und Testspezifikation) oder auf Produkte (z. B. Produktspezifikation, Leistungsspezifikation und Zeichnung).

[ISO 9000]

Spezifikationsintervall (engl. specification interval)

Bereich zwischen den Grenzwerten Höchstwert und Mindestwert [ISO 22514-1]

REDAKTIONELLE ANMERKUNG: Die Grenzwerte werden auch als Spezifikationsgrenzen bezeichnet.

Statistische Prozessregelung (engl. Statistical Process Control, SPC)

Statistische Qualitätslenkung bei Prozessen (nach früherem [DGQ Band 11-04])

REDAKTIONELLE ANMERKUNG: SPC ist eine Standardmethode zur Visualisierung und Regelung (Lenkung) von Prozessen auf der Basis von Stichprobenergebnissen.

Ziel von SPC ist sicherzustellen, dass die geplanten Prozessergebnisse erreicht und die entsprechenden Kundenanforderungen eingehalten werden.

Grundsätzlich ist SPC mit dem (manuellen oder softwaregestützten) Führen einer Qualitätsregelkarte (QRK) verbunden. QRK werden mit dem Ziel geführt, die Stabilität und Fähigkeit von Prozessen zu erreichen, aufrecht zu erhalten und zu verbessern. Dazu werden Prozess- oder Produktdaten aufgezeichnet, daraus Schlüsse gezogen und auf unerwünschte Ergebnisse wird durch geeignete Maßnahmen reagiert.

Statistische Qualitätsregelung (engl. statistical quality control)

Teil der Qualitätslenkung, bei dem statistische Verfahren eingesetzt werden

Anmerkung: Ein spezieller Bereich der statistischen Qualitätslenkung ist die statistische Prozesslenkung

[DIN 55350-11]

Standardabweichung einer Stichprobe (engl. standard deviation of a sample)

Quadratwurzel aus der Varianz: $s = \sqrt{s^2}$

Stabiler Prozess; beherrschter Prozess (engl. stable process, process in a state of statistical control)

Prozess, der (bezüglich seiner Streuung) nur zufälligen Ursachen unterliegt

ANMERKUNG 1: Ein stabiler Prozess wird sich im Allgemeinen so verhalten, als seien die Stichproben zu jeder Zeit Zufallsproben bei einfacher Probenahme aus derselben Grundgesamtheit.

ANMERKUNG 4: Bei manchen Prozessen kann sich der Erwartungswert eines Merkmals ändern, oder die Standardabweichung kann sich vergrößern. Die Gründe dafür können zum Beispiel Werkzeugabnutzung oder die Verringerung der Konzentration in einer Lösung sein. Eine fortschreitende Änderung des Erwartungswerts



oder der Standardabweichung eines solchen Prozesses wird als systematische und nicht als zufällige Ursache angesehen. Es sind dann die Ergebnisse der Probenahme keine einfachen Zufallsstichproben aus derselben Grundgesamtheit.

[ISO 21747]

REDAKTIONELLE ANMERKUNG: Englische Originalfassung dieser Begriffsdefinition in ISO 3534-2 (2006) und ISO 21747 (2006) identisch; DIN ISO 21747 enthält die ältere deutsche Übersetzung (2007); DIN ISO 3534-2 enthält die neuere deutsche Übersetzung (2013) und verwendet nur den Begriff „beherrschter Prozess“.

Stabiler Prozess (engl. stable process, process in a state of statistical control)

Prozess, der nur zufälligen Streuungsursachen unterliegt

ANMERKUNG 2 zum Begriff: Ein stabiler Prozess verhält sich im Allgemeinen so, als wenn die aus dem Prozess gezogenen Stichproben zu jeder Zeit einfache Zufallsstichproben aus derselben Grundgesamtheit sind.

[ISO 22514-1]

REDAKTIONELLE ANMERKUNG: Die Begriffsdefinition der englischen Originalfassung ISO 3534-2 (2006) wurde in modifizierter Form in die englische Originalfassung ISO 22514-1 (2014) übernommen; die deutsche Fassung DIN ISO 22514-1 (2016) verwendet nur den Begriff „stabiler Prozess“.

Stichprobe (engl. sample)

Teilmenge einer Grundgesamtheit, die aus einer oder mehreren Auswahleinheiten besteht.

[ISO 3534-1]

REDAKTIONELLE ANMERKUNG: Im Gegensatz zur Grundgesamtheit ist eine Stichprobe stets eine reale und damit endliche Menge von „Dingen“ oder Ereignissen. Beispiele hierfür sind die Menge der

- Fahrzeuge, die den Autobahntunnel bei Leonberg an einem bestimmten Tag passiert haben,
- beobachteten Wurfresultate bei 10 Würfeln mit einem Würfel,
- bei 25 Wiederholmessungen an einem Normal ermittelten Längenmaße,
- im Rahmen einer Maschinenfähigkeitsuntersuchung hergestellte 50 Teile.

Der Begriff Stichprobe kommt übrigens von dem in früheren Zeiten üblichen „Anstechen“ der Getreidesäcke und Baumwollballen zum Zwecke der Qualitätsprüfung. Eine Stichprobe besteht aus einer Einheit oder mehreren Einheiten, die einer realen oder fiktiven Grundgesamtheit nach dem Zufallsprinzip „entnommen“ werden. Die Anzahl dieser Elemente wird Stichprobenumfang genannt. Die Eigenschaften der Stichprobe sollen repräsentativ für die Grundgesamtheit sein. Eine zufällige Entnahme setzt voraus, dass jedes Element der Grundgesamtheit die gleiche Chance (gleiche Wahrscheinlichkeit) hat, in die Stichprobe zu gelangen. In der Regel ist es nur in wenigen Fällen möglich, das Zufallsprinzip in nahezu idealer Weise zu verwirklichen (Münzwurf, Roulettespiel, Ziehung der Lottozahlen). Insbesondere versagt die Anschauung meist in Zusammenhang mit fiktiven (gedachten) Grundgesamtheiten; das „Entnehmen“ ist hier nur im übertragenen Sinn zu verstehen.

Stichprobenmittelwert (engl. sample mean)

Mittelwert, arithmetischer Mittelwert

Summe von Zufallsvariablen in einer Zufallsstichprobe, geteilt durch die Anzahl der Summanden [ISO 3534-1]

Stichprobenumfang (engl. sample size)

Anzahl der Auswahleinheiten in der Stichprobe [DIN 55350-14]

Streuung (engl. variation)

Unterschied zwischen Werten eines Merkmals [ISO 22514-1]



Toleranzbereich (engl. tolerance zone)

Bereich zugelassener Merkmalswerte zwischen Mindestwert und Höchstwert [DIN 55350-12]

(festgelegte) Toleranz (engl. (specified) tolerance)

Differenz zwischen Höchstwert und Mindestwert [ISO 3534-2]

Toleranzintervall (engl. tolerance interval): siehe Spezifikationsintervall

REDAKTIONELLE ANMERKUNG 1: Die Angabe einer Toleranz setzt sich aus einer Zahl und einer Maßeinheit zusammen, z. B. 0,01 mm. Der Begriff Toleranzintervall oder Spezifikationsintervall bezeichnet den Bereich zwischen dem Mindestwert und dem Höchstwert. Sieht man einmal von der begrenzten Auflösung des Messprozesses ab, so liegen im Toleranzintervall unendlich viele Werte.

REDAKTIONELLE ANMERKUNG 2: Umgangssprachlich werden oft Formulierungen wie „Toleranzüberschreitung“ oder „Toleranzeinhaltung“ verwendet. Gemeint ist meist, dass ein gemessener Merkmalswert innerhalb oder außerhalb des Toleranzintervalls liegt.

REDAKTIONELLE ANMERKUNG 3: Da laut Norm eine Spezifikation ein Dokument ist, ist der Begriff Spezifikationsintervall streng genommen falsch. Gemeint ist das in der Spezifikation für ein Merkmal festgelegte (spezifizierte) Toleranzintervall.

Toleranzzone (engl. tolerance zone): siehe Spezifikationsintervall

Varianz einer Stichprobe (engl. variance of a sample)

Summe der Quadrate der Abweichungen der Istwerte von ihrem arithmetischen Mittelwert dividiert durch die um Eins verminderte Anzahl der Istwerte: $s^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$

Verlesen Dieser Begriff wird bei Bosch meist synonym zu den Verben sortieren, aussortieren, aussondern gebraucht. I. Allg. ist das „Verlesen“ einer Sortierprüfung gleichzusetzen.

Zählen (engl. enumeration)

Ermitteln des Wertes der Messgröße „Anzahl der Elemente einer Menge“ [DIN 1319-1]

Zählmerkmal

Spezielles diskretes Merkmal, dessen Wertebereich die Menge der natürlichen Zahlen einschließlich der Null (0, 1, 2, ...) oder eine Teilmenge dieser Menge ist. [DIN 55350-12]

Zufällige Streuungsursache (engl. random cause, common cause, chance cause)

Ursache für die Streuung, die einem Prozess ständig innewohnt [ISO 22514-1]

Zufallsstichprobe (engl. random sample)

Stichprobe, die per Zufallsauswahl ausgewählt worden ist [ISO 3534-1]



Literatur

Nur Bosch-intern verfügbare Richtlinien

- [CD 02981] CD 02981 Information Governance
- [CD 00301] CDQ 0301 Management von Merkmalen
- [CD 00501] CDQ 0501 Kennzeichnung und Rückverfolgbarkeit
- [CD 00503] CDQ 0503 Nacharbeit und Reparatur
- [CDQ 0509] CDQ 0509 Sonderfreigabe

Schriftenreihe „Qualitätssicherung in der Bosch-Gruppe“, Technische Statistik

- [Heft 1] Heft Nr. 1, Grundlagen der Technischen Statistik, Kontinuierliche Merkmale
- [Heft 2] Heft Nr. 2, Grundlagen der Technischen Statistik, Diskrete Merkmale
- [Heft 3] Heft Nr. 3, Grundlagen der Technischen Statistik, Auswerten von Messreihen
- [Heft 8] Heft Nr. 8, Messunsicherheit
- [Heft 9] Heft Nr. 9, Maschinen- und Prozessfähigkeit
- [Heft 10] Heft Nr. 10, Fähigkeit von Mess- und Prüfprozessen

- [AIAG PPAP] AIAG Core Tools, Production Part Approval Process (PPAP)
- [AIAG SPC] AIAG Core Tools, Statistical Process Control (SPC)
- [AQDEF] Advanced Quality Data Exchange Format, Qualitätsdatenaustauschformat der Automobilindustrie, Q-DAS GmbH, Weinheim, Deutschland
- [IATF 16949] IATF 16949, Qualitätsmanagement-System-Standard der Automobilindustrie — Anforderungen an Qualitätsmanagementsysteme für die Serien- und Ersatzteilproduktion in der Automobilindustrie

- [DIN 1319-1] Grundlagen der Messtechnik, Teil 1: Grundbegriffe
- [DIN 55350-11] Begriffe zum Qualitätsmanagement — Teil 11
- [DIN 55350-12] Begriffe der Qualitätssicherung und Statistik — Merkmalsbezogene Begriffe
- [DIN 55350-14] Begriffe der Qualitätssicherung und Statistik — Begriffe der Probennahme

- [ISO 3534-1] DIN ISO 3534-1, Statistik – Begriffe und Formelzeichen — Teil 1: Wahrscheinlichkeit und allgemeine statistische Begriffe
- [ISO 3534-2] DIN ISO 3534-2, Statistik – Begriffe und Formelzeichen — Teil 2: Angewandte Statistik
- [ISO 7870-2] Control charts — Part 2: Shewhart control charts
- [ISO 7870-5] Control charts — Part 5: Specialized control charts
- [ISO 7870-6] Control charts — Part 6: EWMA control charts
- [ISO 7870-8] Control charts — Part 8: Charting techniques for short runs and small mixed batches
- [ISO 9001] DIN EN ISO 9001, Qualitätsmanagementsysteme — Anforderungen
- [ISO 11462-1] Guidelines for implementation of statistical process control (SPC) — Part 1: Elements of SPC
- [ISO 11462-2] Guidelines for implementation of statistical process control (SPC) — Part 2: Catalogue of tools and techniques



- [ISO 22514] DIN ISO 22514-2, Statistische Verfahren im Prozessmanagement — Fähigkeit und Leistung — Teil 2: Prozessleistungs- und Prozessfähigkeitskenngrößen von zeitabhängigen Prozessmodellen
- [Schulze] Dietrich/Schulze: Statistische Verfahren zur Maschinen- und Prozessqualifikation, Hanser-Verlag
- [Shew 1931] Economic Control of Quality of Manufactured Product, D. Van Nostrand Comp., 1931
- [Shew 1939] Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control, Washington, The Graduate School, The Department of Agriculture, 1939
- [VDA-4] VDA-Band 4, Sicherung der Qualität in der Prozesslandschaft, Methoden, Wirtschaftliche Prozessgestaltung und Prozesslenkung (2005)
- [VIM] [VIM] Internationales Wörterbuch der Metrologie (VIM), Deutsch-Englische Fassung ISO/IEC-Leitfaden 99:2007, Herausgeber DIN Deutsches Institut für Normung, Beuth Verlag Berlin Wien Zürich



Stichwortverzeichnis

S
5 M5

A
Abgrenzungsfaktor35
Alarmgrenzen 10, 19, 25, 35, 45
Anforderung45
Annahmekarte.....35, 45
Ansprechempfindlichkeit40
AQDEF.....14
Assessment.....41
Auswahleinheit.....45
Auswertestrategie14

B
Bestimmung46

D
Datenverdichtung.....6
Dokumentation26

E
Einflussgröße46
Eingriff9
Eingriffsgrenzen
 Neuberechnung14
 prozessbezogene.....28
 toleranzbezogene35
Eingriffskriterien24
Einheit.....46
Ereigniscodes.....37, 38
Erstteil-/Letztteilprüfung.....22
EWMA-Regelkarte32

F
Fähigkeit47
 Maschine17
 Prozess17, 52
 Prüfmittel16
Fähigkeitsindex.....17, 47

Fehler 1. Art 40
funktionsrobust 15

G
Grenzwert 44, 47
Größe 47
Größen
 -art 47
 -wert 47
Grundgesamtheit..... 47
Grundsätzliche Regeln 7

H
Höchstwert 47

K
Kenngröße 48
Kommunikation 13
Konformität..... 48
Konformitätsbewertung 48

L
Langzeitverfolgung 12

M
Management von Merkmalen 15
Merkmal..... 48
 diskret..... 46
 kontinuierlich 48
 qualitatives 52
 quantitatives..... 53
Merkmalsart 18
Mess
 -ergebnis..... 49
 -gerät 49
 -größe 49
 -prozess 49
 -system 49
 -unsicherheit 49
 -wert 50
Messung..... 49



Messunsicherheit16
 Mindestwert50
 Mittellage27
 Mittelwert
 gleitender31
 Mittenwert29, 50

N

Normalverteilung6

O

Operationscharakteristik.....40

P

Parameter.....51
 Pearson, Verteilungsfamilie30
 Produkt.....51
 Produktmerkmal.....51
 beherrscht.....45
 Prozess.....51
 beherrscht.....46, 54
 -ergebnisverteilung.....52
 stabil.....54, 55
 Prozessmerkmal52
 beherrscht.....45
 Prozessregelung54
 Prüf
 -methode16
 -mittel.....16, 52
 -strategie14, 15
 Prüfung.....52

Q

Qualitäts
 -fähigkeit52
 -merkmal52
 -regelkarte.....19, 23, 53
 -regelung54

R

Reaktionsplan8, 53
 Regelkarte53
 Regelkreis
 großer.....12

kleiner..... 8
 Reifegradbewertung..... 41
 Review 41
 Risiken..... 11
 Robustheit 15

S

Schätzer, Schätzung, Schätzwert 53
 Shewhart..... 5, 6, 53
 Siebenerregel..... 24
 Software..... 14, 26
 Sollwert..... 53
 Sortierprüfung 11, 54
 Spannweite 54
 SPC 5
 Merkmale 15
 Spezifikation 54
 Spezifikationsintervall..... 54
 Stichprobe..... 55
 Stichproben
 -intervall 21
 -umfang 19, 55
 Störungen 26
 Streuung 27, 33, 55
 zufällige Streuungsursache..... 56

T

Toleranz 56
 -bereich 56
 -intervall 56
 -zone 56

U

Urwertkarte 29

V

Varianz 56
 Verantwortlichkeiten..... 14
 Verlesen 56
 Verteilungsparameter..... 13, 26
 Vorlauf 26

Z

Zählen 56



Zählmerkmal.....18, 56

Zufallsstichprobe 56

2021-02-10 - SOCOS



Robert Bosch GmbH
C/QMM Tilsch
Wiener Straße 42 - 46
70469 Stuttgart
Germany

Telefon +49 711 811 - 0
www.bosch.com





Robert Bosch GmbH

C/QMM Tilsch

Wiener Straße 42 - 46

70469 Stuttgart

Germany

Telefon +49 711 811 - 0

www.bosch.com

