

Walter Jakoby

Qualitätsmanagement

Ein praxisnahes Lehrbuch für die Planung und Steuerung von Qualitätsprozessen

Lösungen zu den Verständnisfragen und Übungsaufgaben



1. Aufl. 2019, XI, 209 S. 102 Abb., 4 Abb. in Farbe.

Printed book

Softcover

[1] 32,99 € (D) | 33,92 € (A) | CHF 36,50

Walter Jakoby

Qualitätsmanagement für Ingenieure

Ein praxisnahes Lehrbuch für die Planung und Steuerung von Qualitätsprozessen

- Eine praxisnahe und kompakte Einführung in die Methoden des Qualitätsmanagements
- Umfang ist für eine Vorlesung von ca. 5 ECTS-CP konzipiert
- Das Buch ist vorlesungsbegleitend einsetzbar

Die Methoden des QM und der Aufbau von ISO-9001-QMS werden in diesem Werk praxisnah vermittelt. Die elementaren Methoden dienen zum Lösen von Problemen, sowie zur Erfassung, Darstellung und Auswertung von Messreihen. Statistische Methoden wie SPC und die GRK ermöglichen den Umgang mit großen Produkt-Stückzahlen. QFD, FMEA und Poka Yoke unterstützen die anforderungsgerechte Gestaltung von Produkten und Prozessen. Anschließend wird beschrieben, wie aus vielen Einzelmethoden ein durchgängiges, ISO-9001-zertifiziertes QMS aufgebaut werden kann. Abschließend werden Six Sigma, Total Quality Management und Lean Management erläutert, die das Management von Unternehmen in qualitätsorientierter Sicht ausrichten.

3. Statistische QM-Methoden

Verständnisfragen

Frage 3.1 Warum werden statistische Methoden bei der Überwachung und Steuerung von Produktionsprozessen benötigt?

Hierfür gibt es 2 Gründe. Zum einen die hohen Stückzahlen, in denen heute Produkte hergestellt werden und zum anderen, der Aufwand der mit der Prüfung in ausreichender Genauigkeit verbunden ist. Eine lückenlose Prüfung aller Produkte ist daher zu teuer. Deshalb werden Stichproben genommen, aus denen mit statistischen Methoden Aussagen über die Gesamtheit der produzierten Güter abgeleitet werden.

Frage 3.2 Erläutern Sie den Zusammenhang zwischen Zeitreihen und Verteilungsfunktionen.

Eine Zeitreihe stellt jeden Messwert bezogen auf den Messzeitpunkt in graphischer Form dar, wobei die Zeit die Abszisse und der Messwert die Ordinate bildet.

Bei der Verteilungsfunktion fällt der Zeitbezug weg und es werden nur noch die Messwert-Amplituden und die Häufigkeit bzw. die Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens betrachtet. Die Messwerte bilden die Abszisse und die Auftrittswahrscheinlichkeit die Ordinate.

Frage 3.3 Durch welche Kennwerte können die Lage und die Streuung von Verteilungsfunktionen beschrieben werden?

Die Lage einer Verteilungsfunktion kann durch ihren Erwartungswert, durch den Median oder durch den wahrscheinlichsten Wert (Modus) ausgedrückt werden.

Die Streuung wird in der Regel durch die Varianz bzw. die Standardabweichung gemessen. Alternativ kann auch der Range, also die Breite der Verteilungsfunktion verwendet werden.

Frage 3.4 Was versteht man in der Wahrscheinlichkeitsrechnung unter einer Zufallsvariablen?

Eine Zufallsvariable ist ein mathematisches Konzept zur Beschreibung einer variablen Größe, deren Wert nicht exakt, sondern nur mit einer Wahrscheinlichkeit vorhergesagt werden kann.

So kann z.B. die Temperatur in der Umgebung nur auf wenige Grad genau, aber nicht auf Nachkommastellen genau vorhergesagt werden. Die Temperatur ist daher eine Zufallsvariable mit einem erwarteten Wert und einer Streuung von wenigen Grad.

Frage 3.5 Was beschreiben eine Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion und eine Verteilungsfunktion?

Die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion beschreibt im diskreten Fall die Wahrscheinlichkeit mit der bestimmte Werte bei einer Variablen auftreten können. Im stetigen Fall ist die Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion die Ableitung der Verteilungsfunktion bei einem konkreten Wert.

Die Verteilungsfunktion einer Zufallsvariablen sagt aus, mit welcher Wahrscheinlichkeit eine Variable bis zu einem bestimmten Wert annimmt.

Frage 3.6 Erläutern Sie Bedeutung und Verlauf einer Normalverteilung.

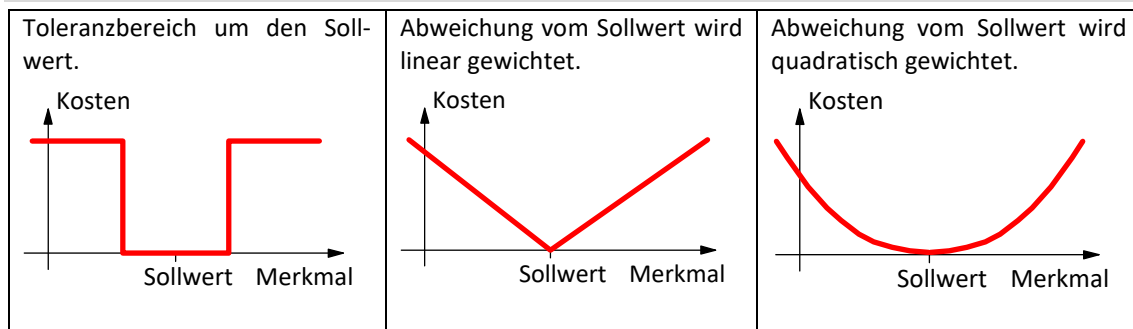
Eine Normalverteilung ist eine spezielle Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion, die einen glockenförmigen Verlauf besitzt. Der Wert mit der höchsten Wahrscheinlichkeit ist gleichzeitig der Erwartungswert der Variablen. Die Breite der Normalverteilung ermöglicht eine Aussage über die Streuung bzw. Standardabweichung der Variable vom Erwartungswert.

Viele Vorgänge, bei denen sich mehrere Zufallsvariablen überlagern haben eine Verteilung, die recht gut mit einer Normalverteilung übereinstimmt. In mathematisch präziserer Form wird dieser Effekt durch den zentralen Grenzwertsatz beschrieben.

Frage 3.7 Warum stellt das Ergebnis eines Produktionsprozesses eine Zufallsvariable dar?

Bei einem Produktionsprozess wird das Ergebnis durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst, deren Werte vorab nicht genau bekannt sind oder schwanken können. Beispiele hierfür sind die Eigenschaften der verarbeiteten Materialien, die Temperatur, der Druck oder die Feuchtigkeit des umgebenden Mediums oder geringfügig schwankende Eigenschaften der Produktionsmaschinen. Dadurch besitzt auch das Produkt schwankende Merkmale, die durch eine Zufallsvariable beschrieben werden können.

Frage 3.8 Skizzieren Sie einige Beispiele für Kostenfunktionen beim Ergebnis von Produktionsprozessen.



Frage 3.9 Was versteht man unter einem beherrschten Prozess?

Ein Prozess besteht aus zusammenwirkenden Aktivitäten mit definiertem Input und Output. Bei einem wiederholt durchlaufenen Prozess streuen die Ergebnisse (d.h. der Output) um einen Mittelwert. Ist die Lage des Mittelwerts und die Streuung über eine bestimmte Zeitperiode konstant, bezeichnet man den Prozess als beherrscht.

Frage 3.10 Was versteht man unter einem fähigen Prozess?

Ist ein Prozess beherrscht und erfüllt er zusätzlich die Anforderungen an die Toleranz der Ergebnisse wird er als fähig bezeichnet.

Frage 3.11 Wie wird der Fähigkeitsindex berechnet?

Mit Hilfe des Fähigkeitsindex wird ausgedrückt, wie fähig ein Prozess ist, d.h. wie gut er die Toleranzanforderungen erfüllt. Der Index cp ergibt sich aus dem Quotienten der zulässigen Toleranz ($T=OTG-UTG$) und der sechsfachen Standardabweichung des Prozessergebnisses.

Frage 3.12 Zu welchem Zweck dienen Qualitätsregelkarten (QRK)?

QRK dient der Erfassung von stichprobenartig aufgenommenen Werten eines Qualitätsmerkmals und deren Auswertung in numerischer und graphischer Form. Dabei werden Lage- und Streuparameter mit Grenzwerten verglichen, um Qualitätsprobleme frühzeitig erkennen und darauf reagieren zu können.

Frage 3.13 Welche wichtigen Bestandteile enthält eine Qualitätsregelkarte?

Die QRK enthält zunächst einmal Rahmendaten über das zu prüfende Qualitätsmerkmal eines Produkts sowie Toleranz-, Warn- und Eingriffsgrenzwerte.

Die Messwerte der Stichproben werden in tabellarischer Form als Zahlenwerte eingetragen. Für die Stichproben werden Lage- und ein Streuparameter ermittelt. Sie werden dann als Zeitverläufe in Relation zu den Grenzwerten dargestellt, was eine schnelle Auswertung der erfassten Informationen ermöglicht.

Frage 3.14 Worin unterscheiden sich Warn- und Eingriffsgrenzen?

Warn Grenzen dienen als erster Hinweis, auf möglicherweise kommende Qualitätsprobleme. Sie erfordern noch kein Eingreifen, sondern können ein genaueres Prüfen, z.B. durch dichter liegende oder größere Stichproben auslösen.

Eingriffsgrenzen dienen zum Auslösen von Eingriffen in den Prozess, damit die Überschreitung der Toleranzgrenzen noch verhindert werden kann.

Frage 3.15 Wie kann auf festgestellte Grenzwertüberschreitungen reagiert werden?

Es muss unterschieden werden zwischen der Überschreitung der Warn-, der Eingriffs- und der Toleranzgrenzen

Bei Überschreitung der Warngrenze ist erhöhte Aufmerksamkeit geboten. Sinnvolle Maßnahmen können die Analyse des Prozesses hinsichtlich möglicher Fehler sein oder die Erhöhung des Stichprobenumfangs oder der Stichprobenfrequenz.

Überschreitung der Eingriffsgrenze muss in den Prozess eingegriffen werden, um die Ursache zu finden und zu beheben. Mögliche Maßnahmen sind der Austausch eines Werkzeugs, die Verlangsamung der Produktionsgeschwindigkeit, Änderungen im Arbeitsablauf oder im vorgeordneten Prozess.

Am gravierendsten ist die Überschreitung der Toleranzgrenzen. Ist dies der Fall erfüllen die Produkte nicht mehr die Qualitätsanforderungen. Die fehlerhaften Produkte müssen aussortiert oder der Produktionsprozess muss gestoppt werden.

Frage 3.16 Welche typischen Muster können bei der Analyse von Zeitreihen auf einer QRK auftreten?

Typische Muster von Zeitreihen sind

- der Trend: mindestens 7 Werte entwickeln sich in eine Richtung
- der Run: mindestens 7 Werte liegen auf einer Seite des Mittelwertes
- der Middle Third: viele Werte liegen außerhalb (oder sehr viele innerhalb) des mittleren Drittels
- die Periode: im Zeitlauf kommt es zu regelmäßig wiederkehrenden Mustern.

Frage 3.17 Welche Ursachen können im Falle der Fehlermuster von Zeitreihen vorliegen?

Bei einem „Trend“ liegt eine schleichende Änderung vor, die zu einem Fehler führen kann, z.B. Verschleiß des Werkzeugs, schleichende Änderung der Umgebungsbedingungen (z.B. Temperatur, Feuchtigkeit)

Bei einem „Run“ liegt ein systematischer Fehler vor, z.B. durch eine Veränderung beim Werkzeug, bei der Handhabung oder beim verwendeten Rohstoff.

Ein „Middle Third“ entsteht z.B. wenn sich die Varianz des Produktionsprozesses plötzlich vergrößert (außerhalb des mittleren Drittels liegende Werte) oder wenn die Messung plötzlich fehlerhaft ist und eine geringere Varianz vortäuscht.

Bei einer „Periode“ ist die Ursache in einer regelmäßig schwankenden externen Größe zu suchen, z.B. in Gestalt einer tagesabhängigen Temperaturschwankung.

Aufgaben

Aufgabe 3.1 Auswertung Normalverteilung

Die von einem Lieferanten für elektrische Bauteile gelieferten ohmschen Widerstände besitzen eine Normalverteilung mit einem Erwartungswert von 24 kOhm und einer Standardabweichung von 0,05 kOhm.

Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Widerstand um weniger als 0,1 kOhm vom Mittelwert abweicht?

Wie groß muss die Toleranz sein, damit mindestens 99% aller angelieferten Widerstände innerhalb der Toleranz liegen?

Lösung. Die folgende Tabelle (Abb. 3.7 aus dem Buch) zeigt die Abhängigkeit verschiedener Werte vom Sigma-Faktor z bei einer Normalverteilung. Für die vorliegende Aufgabe wird die Fläche C der Abweichung vom Mittelwert benötigt.

z	a	B	C	$B+C$
0	0,399	0,500	0,000	0,500
1	0,242	0,159	0,683	0,841
1,282	0,175	0,100	0,800	0,900
1,645	0,103	0,050	0,900	0,950
2	0,054	0,023	0,954	0,977
2,578	0,014	0,005	0,990	0,995
3	0,004	0,001	0,997	0,999

Bei einer Standardabweichung von 0,05 kOhm entspricht der Toleranzwert von 0,1 kOhm dem Sigma-Faktor $z=2$. Der zugehörige Wert von C beträgt 0,954. Also liegen 95,4% der Widerstände innerhalb der Toleranz.

Für eine Toleranz von 99% muss der Sigma-Faktor bei $z=2,578$ liegen. Die Toleranzgrenze müsste daher auf 0,1289 kOhm angehoben werden.

Aufgabe 3.2 Kostenfunktionen

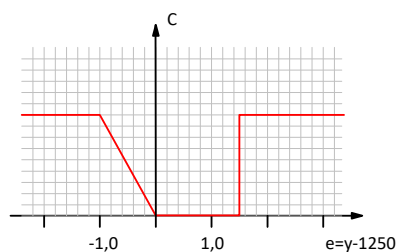
Skizzieren Sie für die folgenden Fälle geeignete Verläufe von Kostenfunktionen

Fall I. Die Glasscheiben, die an eine Schreinerei geliefert werden, besitzen ein Normmaß von 1250 mm. Dieses Maß darf höchstens um 1,5 mm nach oben abweichen, da die Scheiben sonst nicht in den Rahmen passen. Andererseits dürfen die Scheiben höchstens 1 mm kürzer sein, da die Auflagefläche im Rahmen sonst zu klein wird.

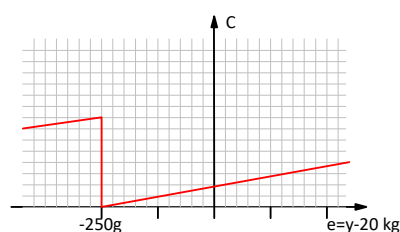
Fall II. Bei der Produktion eines Granulats werden Säcke zu je 20 kg abgefüllt. Mit Hilfe einer Kontrollwaage müssen Säcke die um mehr als 250 g zu leicht sind, aussortiert werden, da diese nicht an die Kunden ausgeliefert werden dürfen. Andererseits führt eine zu große Füllmenge zu unnötigen Kosten, da der Kunde hierbei kostenloses Granulat erhält.

Lösung.

Fall I



Fall II



Aufgabe 3.3 Erstellen einer QRK.

In einer Produktionslinie für elektronische Bauelemente werden die ohmschen Widerstände (in kOhm) der Bauelemente erfasst. Das folgende Bild zeigt die Messwerte. Die Stichproben werden im Abstand von einer Stunde aufgenommen und umfassen 5 Messwerte.

x1=	23,91	23,92	24,01	23,97	24,09	23,93	23,82
x2=	24,01	24,13	23,98	23,96	23,84	23,98	24,06
x3=	23,95	23,99	23,93	24,14	23,94	24,00	23,98
x4=	23,94	23,94	24,08	24,07	24,04	23,90	23,98
x5=	24,00	23,95	24,01	23,89	24,17	24,09	23,89

Der Sollwert des Prozesses beträgt 24 kOhm und der Mittelwert stimmt mit diesem überein. Der Prozess ist beherrscht und fähig und besitzt eine Standardabweichung $S=0,125$ kOhm. Der Prozessfähigkeitsindex beträgt $cp=1,33$. Wo liegen in diesem Fall die Toleranzgrenzen OTG und UTG?

Welche Kenngrößen verwenden Sie für die Lage und die Streuung der Stichproben? Bestimmen Sie nun diese Werte. Stellen Sie den Verlauf der Werte in der QRK dar.

Legen Sie nun geeignete Werte für die Warngrenzen OWG und UWG sowie für die Eingriffsgrenzen OEG und UEG fest.

Vervollständigen Sie, so weit wie möglich, die Angaben der QRK.

Lösung

Zur Messung der Lage wird der Mittelwert M verwendet. Für die Streuung wird die Standardabweichung S berechnet. Die Werte für die Stichproben sind in der QRK eingetragen.

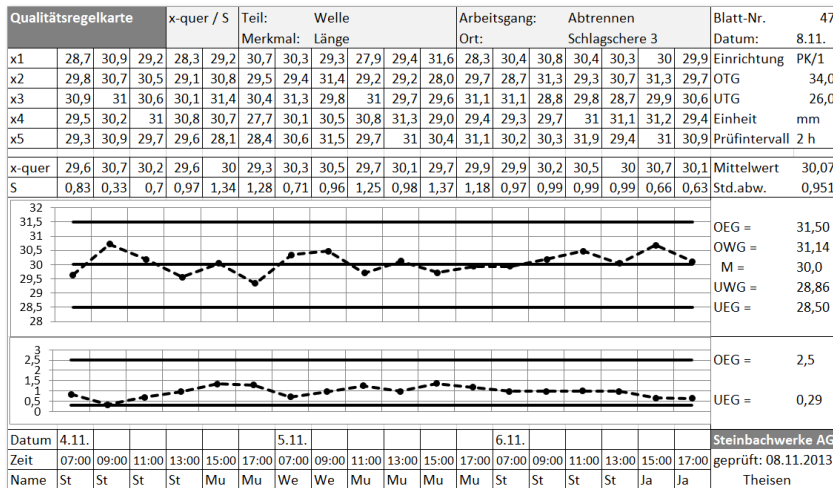
Die Warn- und Eingriffsgrenzen für den Mittelwert werden gemäß Abb. 3.16 aus dem Buch (mit $n=5$) ermittelt ($AE=1,152$, $AW=0,877$). Die Werte für die Standardabweichung ergeben sich aus Abb. 3.17 des Buchs zu $BOEG=1,927$, $BOWG=1,669$, $an=0,940$, $BUWG=0,348$ und $BUEG=0,228$

Die ausgefüllte QRK zeigt der folgende Screenshot.

Qualitätsregelkarte		Teil: <i>el. Bantrol</i>	Arbeitsgang:	Blatt-Nr. <i>1</i>
		Merkmal: <i>Niederband (k. S.)</i>	Ort:	Datum:
x1	23,91; 23,92; 24,01; 23,97; 24,09; 23,93; 23,82			Einrichtung
x2	24,01; 24,13; 23,98; 23,96; 23,84; 23,98; 24,06			OTG <i>24,499</i>
x3	23,95; 23,99; 23,93; 24,14; 23,94; 24,00; 23,98			UTG <i>23,501</i>
x4	23,94; 23,94; 24,08; 24,07; 24,04; 23,90; 23,98			Einheit
x5	24,00; 23,95; 24,01; 23,89; 24,17; 24,09; 23,89			Prüfintervall
M	23,96; 23,99; 24,00; 24,00; 24,01; 23,98; 23,95			
S	0,044; 0,084; 0,054; 0,100; 0,130; 0,074; 0,092			
OWG				OEG = <i>24,14</i>
UWG				OWG = <i>24,11</i>
				M = <i>24,0</i>
				UWG = <i>23,89</i>
				UEG = <i>23,86</i>
OEG				OEG = <i>24,241</i>
UEG				UEG = <i>23,772</i>
Datum				
Zeit				
Name				

Aufgabe 3.4 Auswertung einer QRK

Der unten dargestellte Screenshot zeigt eine vollständig ausgefüllte Qualitätsregelkarte.
 Was können Sie über das Produkt und das durch die QRK überwachte Qualitätsmerkmal sagen?
 In welchem Bereich liegen die erfassten Messwerte und welche Grenzwerte sind definiert?
 Welche Informationen sind in den beiden dargestellten Zeitreihen enthalten?



Lösung.

Bei dem Produkt handelt es sich um (mechanische) Wellen, deren Länge das Qualitätsmerkmal bildet.
 Die Urwerte liegen zwischen 27,7 (in der Stichprobe vom 4.11 um 17:00 Uhr) und 31,9 (in der Stichprobe vom 6.11. um 11:00 Uhr). Der Mittelwert aller Stichproben liegt bei 30,07 und die Standardabweichung bei 0,951.
 Der Mittelwert des Prozesses liegt bei 30,0, die obere und untere Warngrenze bei 31,414 bzw. 28,86. Die Eingriffsgrenzen liegen bei 31,50 und 28,50.
 Die obere Zeitreihe zeigt den Verlauf des Stichproben-Mittelwertes (x-quer) und die untere deren Standardabweichung S. Letztere besitzt eine obere Eingriffsgrenze von 2,5 und eine untere von 0,29.

Aufgabe 3.5 Auswertung einer QRK

Der Screenshot in Bild 3.25 zeigt einen Ausschnitt einer Qualitätsregelkarte.

- a) Wie groß ist der Stichprobenumfang?
- b) In welchem Zeitabstand werden die Stichproben aufgenommen?
- c) Bestimmen Sie für die ersten 5 Stichproben Median und Range.
- d) Bestimmen Sie die Warn- und Eingriffsgrenzen für die Urwerte und den Range.

Qualitätsregelkarte						Teil: Merkmal:				
x1	12,13	12,17	12,07	12,05	12,16	12,13	12,01	11,88	11,89	11,91
x2	12,16	12,05	12,12	12,14	12,11	12,12	12,14	12,29	12,27	12,25
x3	11,93	12,02	12,02	11,84	11,89	11,94	11,89	11,80	11,82	11,88
x4	11,90	11,97	11,84	11,74	11,84	12,00	12,02	11,99	12,05	12,04
x5	11,85	11,94	11,98	11,87	12,01	11,96	11,90	11,90	11,92	12,05
M	12,00	12,03	12,01	11,93	12,00	12,03	11,99	11,97	11,99	12,03
S	0,14	0,09	0,1	0,16	0,14	0,09	0,1	0,19	0,18	0,15
Datum	12.6.	12.6.	12.6.	12.6.	12.6.	12.6.	12.6.	12.6.	12.6.	12.6.
Zeit	08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30
Name	Otto	Otto	Otto	Otto	Otto	Otto	Otto	Otto	Otto	Otto

Bild 3.25 Ausschnitt einer QRK

Lösung.

- a) Eine Stichprobe umfasst 5 Messwerte
- b) Die Stichproben werden im Abstand von 30 Minuten aufgenommen
- c)

Stichprobe	1	2	3	4	5
Median	11,93	12,02	12,02	11,87	12,01
Range	0,31	0,23	0,28	0,40	0,32

d) $s=0,15$

	Urwerte		Range	
OEG	112,46	+3,089	4,886*s	0,73
OWG	12,39	+2,569	4,197*s	0,63
M	12,000		2,326*s	0,35
UWG	11,61		0,850*s	0,13
UEG	11,54		0,555*s	0,08