

Shewhart-Regelkarten werden vorwiegend für Kennwerte kontinuierlicher Merkmale, aber auch für Zählwerte angelegt.

Die Shewhart-QRK für den Anteil p von Zählmerkmalen x wird bei der Produktion von Massenteilen mit relativ großem Stichprobenumfang $n \geq 1/p$ eingesetzt, wenn fehlerhafte Einheiten in der Stichprobe erlaubt sind. Meist entfallen dann die unteren Grenzen. Ihr Einsatz beschränkt sich aber nicht nur auf fehlerhafte Einheiten, sie kann auch zur Prozessregelung mit Anteilen erwünschter, interessierender Zählmerkmale eingesetzt werden.

Sie werden als Urwertkarten (x-Karten) angelegt und geführt.

Die Warn- und Eingriffsgrenzen werden meist nach der Binomialverteilung festgelegt (Hilfsmittel: Larson-Nomogramm)

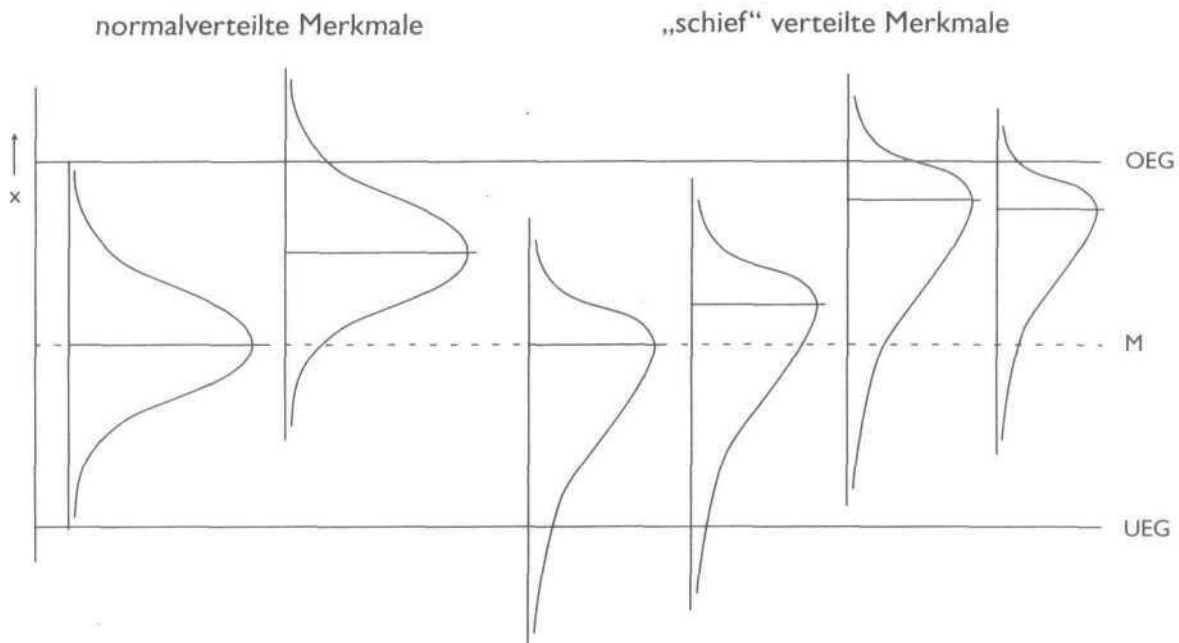
Die Shewhart-QRK für die Anzahl Fehler pro Einheit wird nach der Poisson-Verteilung angelegt (Hilfsmittel: Thorndike-Nomogramm)

Einzelheiten zum Anlegen und Handhaben dieser QRK sind u. a. Stoffgebiet der Lehrgänge zum „Qualitätstechniker“ und in der Fachliteratur

Die Shewhart-QRK für kontinuierliche (gemessene) Merkmale verlangt Voraussetzungen für eine funktionsgerechte Qualitäts- und Prozessregelung, bei der nicht zu häufig eingegriffen werden muss und der zulässige Ausschussanteil nicht überschritten wird:

- messbare Merkmale (kontinuierliche Veränderliche),
- beherrschte Prozesse mit $C_p \geq 1,33$ (bzw. Lieferforderung),
- annähernde Normalverteilung der Merkmale.

Verteilungskurven normal- und nicht normalverteilter Merkmale in der QRK (Schema)



Die schematische Darstellung verdeutlicht, dass bei „schiefer“ Verteilung die größten Häufigkeiten nicht in der Mitte liegen: $\mu \neq M$. Schon eine kleine Verschiebung der Prozessmitte führt einseitig zu extremen Veränderungen der Überschreitungsanteile.

Wenn bei nicht normalverteilten Merkmalen die **QRK-Technik** dennoch eingesetzt werden soll, müssen der Prozess viel besser beherrscht und die Eingriffsregeln angepasst werden.

Wie bereits in der Übersicht „Arten von Qualitätsregelkarten“, dargestellt wurde, werden für Messwerte unterschiedliche Shewhart-QRK-Arten und deren Kombinationen eingesetzt.

- **Die Urwertkarte (auch x-Karte)** ist als QRK für Messwerte nicht immer empfehlenswert. Es werden die einzelnen Prüfergebnisse X_i eingetragen. Eingegriffen wird, wenn ein **x-Wert** eine Eingriffsgrenze überschreitet.

Vorteil: Geringer Handhabungsaufwand, Regelung ohne zu rechnen, mit einer Karte wird die Streuung erkennbar.

Nachteil: Schlechte Trennschärfe, geringe statistische Aussage.

- **Bei Mittelwertkarten** werden Mediän oder Durchschnitt der Stichprobe in die Karte eingetragen. Eingegriffen wird, wenn ein Mittelwert eine Eingriffsgrenze überschreitet oder eine der auf der S. beschrieben Regeln erfüllt wird.

Vorteil: Trends und Runs werden erkannt.

Nachteil: Die Streuung ist nicht erkennbar, dazu muss parallel eine Streuungskarte geführt werden (zweispurige QRK).

- **Die \tilde{x} -Karte (Mediankarte)** wird für kleine Stichprobenumfänge bei manueller Kartenführung noch verwendet, parallel wird in der Regel die R-Karte geführt.

Vorteil: Der Mediän (Zentralwert) und die Spannweite können ohne Rechner ermittelt werden.

Nachteil: Schlechtere Trennschärfe als bei der \tilde{x} -Karte.

- **Die \bar{x} -Karte (Durchschnittskarte)** ist mithilfe von Taschenrechnern und CAQ problemlos und allgemein üblich geworden. Sie wird meist parallel mit der s-Karte geführt.

Vorteil: Beste Trennschärfe.

Nachteil: \bar{x} und s können nur mit Rechner leicht ermittelt werden.

Bei zweispurigen Regelkarten werden eine Mittelwertkarte und eine Streuungskarte parallel in einer Übersicht (Karte oder Maske) geführt.

Dabei werden in der Regel kombiniert:

\bar{x} -/s-Karte (Durchschnitts- und Standardabweichungsspur)

oder

\tilde{x} -/R-Karte (Mediän- und Rangespur).

Das Anlegen von Shewhart-QRK mit \bar{x} -Spur soll möglichst nach allgemein gültigen Regeln erfolgen:

- Die Mittenlage M soll nahe der Prozessmitte μ liegen. Das muss nicht immer die Toleranzmitte sein (z. B. einseitige Toleranz).
- Toleranzgrenzen erscheinen in der Shewhart-QRK nicht, das wäre für Mittelwertkarten unsinnig, bei Streuwertkarten unmöglich und bei Messwertkarten unnötig.
- Nach DGQ-Empfehlung und europäischer QS-Philosophie soll in den unveränderten Prozess mit der Wahrscheinlichkeit $P = 1 - \alpha = 99\%$ nicht eingegriffen werden. Für die zweiseitigen Eingriffsgrenzen, nach oben und unten, ist der Abstand der Eingriffsgrenzen vom Mittelwert demnach jeweils

$$P_{\text{OEG}} \text{ und } P_{\text{UEG}} \Rightarrow 1 - \alpha/2 = 99,5\% \\ \hat{=} \pm u(G = 99,5\%) = 2,576 \text{ (als Faktor zur inneren Streuung } \sigma_{\bar{x}}).$$

Analog dazu werden die Warngrenzen mit $P = 1 - \alpha = 95\%$ eingetragen:

$$P_{\text{OWG}} \text{ und } P_{\text{UWG}} \Rightarrow 1 - \alpha/2 = 97,5\% \\ \hat{=} \pm u(G = 97,5\%) = 1,960$$

Wird der Prozess nur gegen eine Seite betrachtet, dann gilt:

$$P_{\text{OEG}} \text{ oder } P_{\text{UEG}} = 1 - \alpha = 99\% \hat{=} \pm u(G = 99,0) = 2,326 \\ P_{\text{OWG}} \text{ oder } P_{\text{UWG}} = 1 - \alpha = 95\% \hat{=} \pm u(G = 95,0) = 1,645$$

Für Stichproben ist die innere Streuung $\sigma_{\bar{x}} = \sigma/\sqrt{n}$ definiert.

$$\begin{aligned} \text{OEG}(\bar{x}) &= \mu + u_{0,995} \times \sigma/\sqrt{n} = \mu + 2,576 \times \sigma/\sqrt{n} \\ \text{OWG}(\bar{x}) &= \mu + u_{0,975} \times \sigma/\sqrt{n} = \mu + 1,960 \times \sigma/\sqrt{n} \\ M(\bar{x}) &= E(x) = \mu \\ \text{UWG}(\bar{x}) &= \mu - u_{0,975} \times \sigma/\sqrt{n} = \mu - 1,960 \times \sigma/\sqrt{n} \\ \text{UEG}(\bar{x}) &= \mu - u_{0,995} \times \sigma/\sqrt{n} = \mu - 2,576 \times \sigma/\sqrt{n} \end{aligned}$$

- In den USA werden die „ 3σ -Grenzen“ bevorzugt (vgl. „Standardisierte Normalverteilung“) Weil für die zweiseitige Eingriffsgrenze der Faktor nicht 2,576, sondern 3 ist, werden Prozessveränderungen später erkannt, die Nichteingriffs-Wahrscheinlichkeit $P_{\text{OEG/UEG}} = 1 - \alpha/2 = 99,73\%$.

Analog wird die Warngrenze mit dem Faktor 2 angelegt.

Anmerkung: Solange μ und σ nicht bekannt sind, werden ihre Schätzwerte $\hat{\mu}$ und $\hat{\sigma}$ vom Vorlauf zur Berechnung eingesetzt.

Das Anlegen der s-Spur von Shewhart-QRK muss für Stichproben mit annähernd normalverteilten Merkmalswerten nach der χ^2 -Verteilung (Chi-Quadrat) mit dem Freiheitsgrad $f = n - 1$ erfolgen. Die allgemeine Formel für die Streuung der Standardabweichung von Stichproben heißt:

$$s^2 = \sigma^2 \times \chi^2/f \Rightarrow s = \sigma \times \sqrt{(\chi_{f,P}^2/f)}$$

Weil die χ^2 -Verteilung „schief ist, ist der Abstand der Grenzen von der Mitte ungleich.

Einfachheitshalber werden für das Anlegen der s-Spur Tabelle verwendet, aus denen der Wurzelausdruck $\sqrt{(\chi_{f,P}^2/f)}$ für die Grenzwerte als B-Faktoren direkt entnommen werden kann.

In Tabelle 8a) sind die Abgrenzungsfaktoren für n von 2 bis 20 tabelliert.

Damit sind die Grenzen der s-Spur zu bestimmen: (Tab. 8a)

für DGQ-Grenzen	für 3σ-Grenzen
$OEG(s) = \sigma \times B_{OEG}$	$OEG(s) = \sigma \times B_6$
$OWG(s) = \sigma \times B_{OWG}$	
$M(s) = \sigma \times a_n$	$M(s) = \sigma \times c_4$
$UWG(s) = \sigma \times B_{UWG}$	
$UEG(s) = \sigma \times B_{UEG}$	$UEG(s) = \sigma \times B_5$

Anmerkung: Solange σ nicht bekannt ist, wird ihr Schätzwert $\hat{\sigma}$ aus dem Vorlauf zur Berechnung eingesetzt.

Dass in einen Prozess eingegriffen werden muss, wenn sich die Streuwerte verkleinern, ist zunächst paradox. Eine kleinere Standardabweichung ist doch ein Ziel der Prozessoptimierung! Aber:

- Kann sich ein Prozess plötzlich einfach verbessern?
- Wenn ja, dann müssen der Grund und die Reproduzierbarkeit festgestellt werden.
- Ist das Prüfgerät defekt?
- Wird die Prüfung richtig durchgeführt?
- Ist die Probenahme richtig?

Der Eingriff bedeutet also die Klärung dieser Fragen.

Das Anlegen der \bar{x} -Spur von Shewhart-QRK entspricht der Vorgehensweise des Anlegens der \bar{x} -Karte.

Mediane haben aber eine etwas größere Streuung als Durchschnittswerte. Um eine vergleichbare Eingriffssicherheit zu bekommen, muss hier der Schwellenwert der Normalverteilung mit einem Faktor c_n korrigiert werden.

Diese Faktoren können der Fachliteratur entnommen werden.

Die c_n -Faktoren sind in Tabelle 8b) für n von 2 bis 20 tabelliert.

Damit ergibt sich für die Grenzen der \bar{x} -Karte:

$$\begin{aligned} \text{OEG}(\bar{x}) &= \mu + u_{0,995} \times c_n \times \sigma / \sqrt{n} = \mu + 2,576 \times c_n \times \sigma / \sqrt{n} \\ \text{OWG}(\bar{x}) &= \mu + u_{0,975} \times c_n \times \sigma / \sqrt{n} = \mu + 1,960 \times c_n \times \sigma / \sqrt{n} \\ M(\bar{x}) &= E(x) = \mu \\ \text{UWG}(\bar{x}) &= \mu + u_{0,025} \times c_n \times \sigma / \sqrt{n} = \mu - 1,960 \times c_n \times \sigma / \sqrt{n} \\ \text{UEG}(\bar{x}) &= \mu + u_{0,005} \times c_n \times \sigma / \sqrt{n} = \mu - 2,576 \times c_n \times \sigma / \sqrt{n} \end{aligned}$$

Das Anlegen der R-Spur von Shewhart-QRK erfolgt nach der Funktion der w-Verteilung, mit der allgemeinen Gleichung: $R = \sigma \times w_{n;P}$.

Für QRK-Grenzen sind $w_{n;P}$ -Werte als D-Faktoren der Literatur^[02] oder der Tabelle 8b) für n von 2 bis 20 zu entnehmen.

Es gilt für das Anlegen der R-Spur:

$$\begin{aligned} \text{OEG}(R) &= \sigma \times D_{\text{OEG}} \\ \text{OWG}(R) &= \sigma \times D_{\text{OWG}} \\ M(R) &= \sigma \times d_n \\ \text{UWG}(R) &= \sigma \times D_{\text{UWG}} \\ \text{UEG}(R) &= \sigma \times D_{\text{UEG}} \end{aligned}$$

Anmerkung: Für das Anlegen der \bar{x} - und R-Spuren sind in den Tabellen 8 und in der Literatur^[02] nur die zweiseitigen Abgrenzungsfaktoren bezogen auf P = 99,5 % bzw. 97,5 % aufgeführt.

Das Anlegen der Urwertkarte (x_i -Spur) für Messwerte setzt annähernde Normalverteilung der Merkmalswerte voraus. Bei Stichproben $n > 3$ lässt sich ihr Streuverhalten optisch erkennen.

Wenn mit der Wahrscheinlichkeit P alle Urwerte innerhalb der Grenzen liegen sollen, gilt für die zweiseitige Abgrenzung die Verteilungsfunktion $G(u) = (1 + \sqrt[2]{P}) / 2$.

Für die Eingriffsgrenzen mit P = 99 % gilt die Verteilungsfunktion $G(u_{EG}) = (1 + \sqrt[2]{0,99}) / 2$.

Für die Warn Grenzen mit P = 95 % gilt die Verteilungsfunktion $G(u_{WG}) = (1 + \sqrt[2]{0,95}) / 2$.

Die Schwellenwerte u für G(u) sind aus dem Abschnitt „Normalverteilung“ bekannt, die wichtigsten Werte können aus Tabelle 7 entnommen werden.

$$\begin{aligned} \text{OEG}(x_i) &= \mu + u_{EG} \times \sigma \\ \text{OWG}(x_i) &= \mu + u_{WG} \times \sigma \\ M(x_i) &= \mu \\ \text{UWG}(x_i) &= \mu - u_{WG} \times \sigma \\ \text{UEG}(x_i) &= \mu - u_{EG} \times \sigma \end{aligned}$$

Für die noch unbekannt Standardabweichung a kann auch die aus dem Vorlauf geschätzte Standardabweichung $\hat{\sigma}$ eingesetzt werden.

Die Shewhart-QRK für einzelne Messwerte kann auch als **\bar{x}/s -Karte für gleitende Kennwerte** geführt werden.

Bei den bisher vorgestellten Regelkarten wurde davon ausgegangen, dass Stichproben mit $n > 1$ zur Qualitäts- und Prozessüberwachung entnommen werden konnten.

Besonders in der Prozesstechnik oder zur Überwachung von Prozessparametern, die nicht kontinuierlich gemessen werden können, kommt es oft vor, dass zum jeweiligen Zeitpunkt nur ein Merkmalswert, der zeitlichen Schwankungen unterliegt, gemessen werden kann, z. B.:

- Überwachung von Reaktionstemperatur oder -druck
- Überwachung der Zusammensetzung im Reaktionsapparat
- besonders auch bei Anreicherung oder Ausmagerung einer Reaktionskomponente, d. h. systematische Prozessänderung, die sich als Trend zeigt
- Massekontrollen
- Kontrolle von homogenen Zustandsparametern wie Dichte, Viskosität u. A.

Um trotzdem mit Durchschnitts- und Streuwerten den Prozessverlauf beurteilen zu können, kann man mit einem „gleitenden Stichprobenumfang“, meist wird $n_g = 3$ gewählt, auf folgende Weise zu einer stichprobenartigen Prüfung gelangen:

Der **Mittelwert \bar{x}_{g1}** wird aus den drei jeweils aufeinander folgenden Proben gebildet (z. B.: Messwerte x_1, x_2 und $x_3 \Rightarrow$ Mittelwert \bar{x}_3). Mit dem Messwert der nächsten Probe wird dann \bar{x}_4 aus x_2, x_3 und x_4 ermittelt usw.

$$\text{Der gleitende Mittelwert: } \bar{x}_i(n_g = 3) = (x_i + x_{i-1} + x_{i-2}) / 3$$

Die **Standardabweichung s_g** ergibt sich aus der Streuung der zugehörigen Messwerte um deren Mittelwert: s_3 aus den Werten x_1, x_2 und x_3 usw.

$$\text{Die gleitende Standardabweichung: } s_i(n_g = 3) = f(\bar{x}_i, x_i, x_{i-1}, x_{i-2})$$

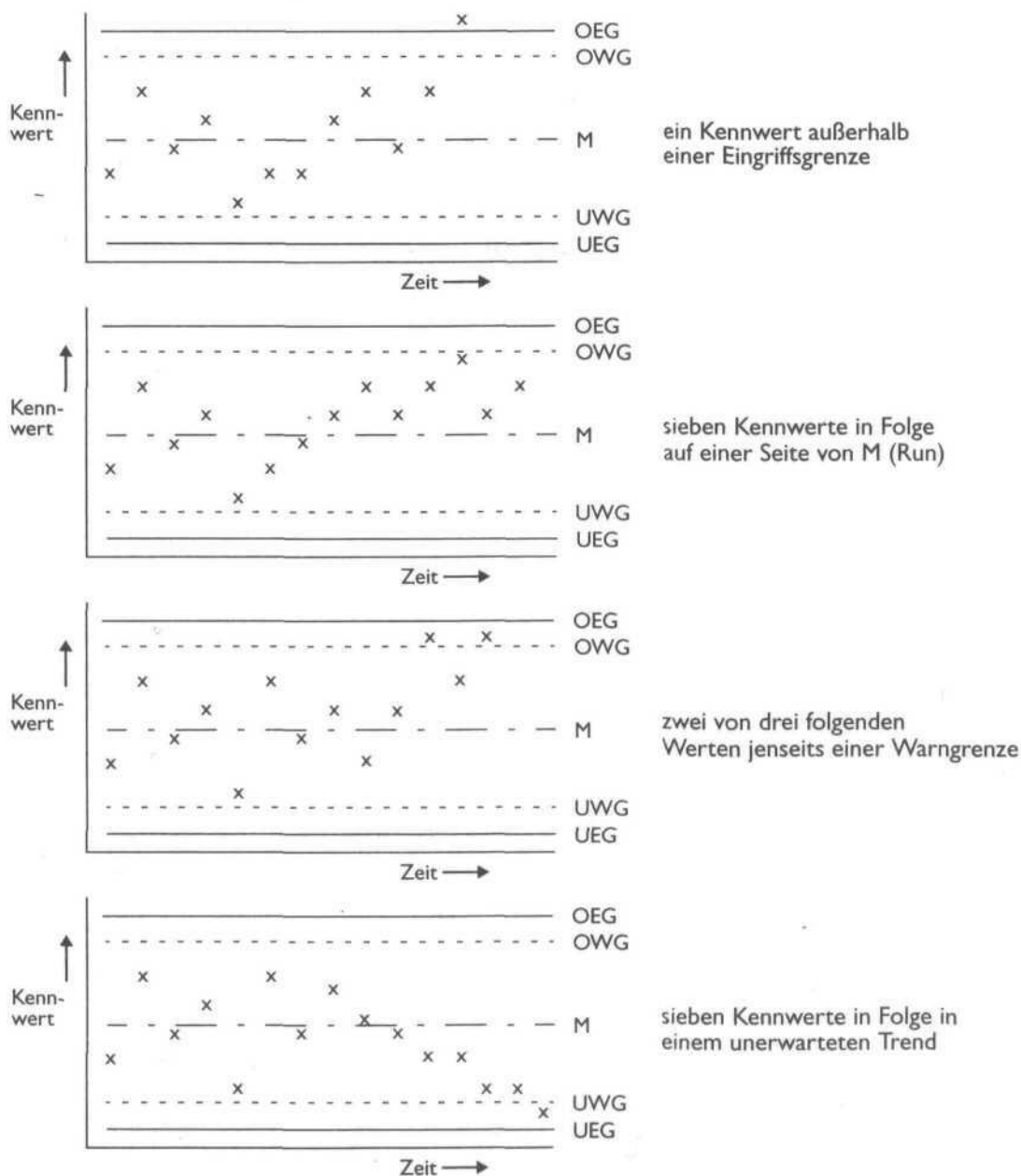
Das Anlegen der Grenzen für \bar{x} ; s und die Eingriffsregeln gelten wie bei den üblichen \bar{x}/s -Karten (unter Verwendung von n_{g1}). Mit $n_g = 3$ beginnt die Kartenführung dann nach der dritten Messung.

Die Eingriffsregeln für Shewhart-QRK sollen sicherstellen, dass bei Prozessveränderungen der Prozess rechtzeitig korrigiert wird.

Systematische und zufällige Prozessveränderungen werden oft durch eine Kennwerte-Folge im Trend oder im Run angezeigt.

Wenn die Korrektur ohne Reaktion auf solche Anzeichen erst nach Überschreitung von Eingriffsgrenzen erfolgt, besteht die Gefahr, dass in der Zeit bis zur nächsten Stichprobe bereits Ausschuss produziert wird.

Eingriffsregeln für die Prozessführung mit Shewhart-QRK



3.4 Annahme-QRK und optimierte SPC

Voraussetzungen für die Qualitätsregelung während der Produktion mit der Annahme-QRK sind:

- kontinuierliche Qualitätsmerkmale (messende Prüfung),
- sehr gut beherrschter Prozess, $C_p(6\sigma) \geq \approx 3$,
- akzeptabler Überschreitungsanteil p (= AQL),
- definierte Eingriffswahrscheinlichkeit (meist $1 - P_a = 90\%$).

Bei sehr gut beherrschten Fertigungsprozessen kann dem Prozessmittelwert ein Spielraum zugebilligt werden.

Die Einhaltung dieses Spielraumes kann mit der Annahme-QRK überwacht und dokumentiert werden.

Während mit der Shewhart-QRK der Prozess auf unzulässige Veränderungen überwacht wird, ist die Annahme-QRK so angelegt, dass nur in den Prozess eingegriffen werden muss, wenn der Mittelwert \bar{x} seine festgelegten Grenzen überschreitet. Charakteristisch ist die Unabhängigkeit von der Mittenlage des Prozesses, die zufällig, noch besser: optimal eingestellt, nur innerhalb der Eingriffsgrenzen liegen muss.

Durch optimale Wahl der Prozessmittenlage zum Beginn der Fertigung kann ein Trend mit systematischer Prozessveränderung berücksichtigt werden, um so den Prozess möglichst lange ohne Eingriff ablaufen zu lassen.

Der Abgrenzungsfaktor k (vergleichbar mit dem Annahmefaktor der AQL) ist abhängig vom Stichprobenumfang n , dem zulässigen Überschreitungsanteil p und der Eingriffswahrscheinlichkeit $1 - P_a$

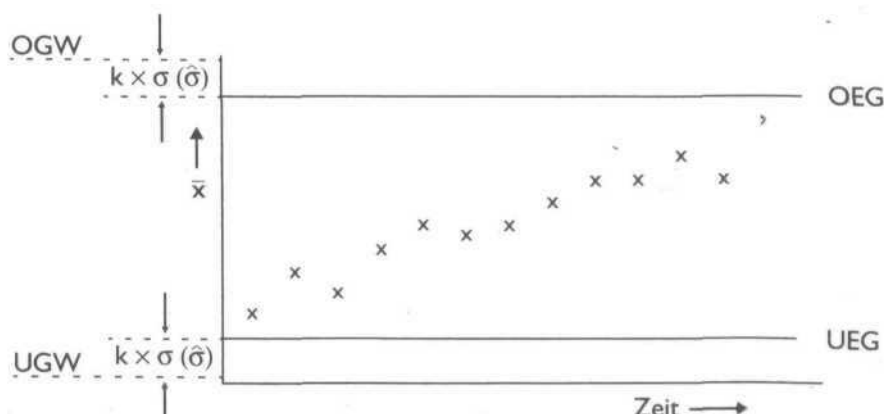
Für die \bar{x} -Karte gilt: $k = u_{1-p} + u_{1-P_a} / \sqrt{n}$ (u-Werte aus Tab. 7.)

Für die $\bar{\bar{x}}$ -Karte gilt: $k = u_{1-p} + c_n \times u_{1-P_a} / \sqrt{n}$ (c_n -Werte aus Tab. 8b)

(k -Faktoren können auch aus Nomogrammen nach Wilrich ermittelt werden.)

Die Eingriffsgrenzen ergeben sich aus: $OEG = OGW - k \times \sigma$; $UEG = UGW + k \times \sigma$.

Annahme-QRK mit schematischer Darstellung zur Ausnutzung eines Trends



3.5 Endkontrolle

Vor der Auslieferung eines Produktes muss immer eine Endkontrolle durchgeführt werden.

Der Umfang der Endkontrolle ist abhängig von

- dem Produkt (Art und Gefahrenpotenzial),
- dem Stand der Technik und gesetzlichen Vorschriften,
- den Qualitätsmerkmalen und -Vereinbarungen,
- der Fähigkeit des Fertigungsprozesses,
- der Fertigungsüberwachung (Art und Dokumentation),
- der Schadensgröße durch mögliche Fehler.

Bei qualitätsfähiger Fertigung und dokumentierter Überwachung kann sich die Endkontrolle auf die Überprüfung der Prüfaufzeichnungen und die Identifizierung der Produkte mit der Zuordnung zum Auftrag beschränken.

Mindestprüfung bedeutet:

Prüfung aller vorgeschriebenen Arbeitsschritte und Zwischenprüfungen auf Richtigkeit und Vollständigkeit sowie Ausschluss von Verwechslung.

Bei fähigen Fertigungsprozessen ohne Dokumentation der Qualitäts- oder Prozesskontrolle kann eine Stichprobenprüfung analog zur AQL durchgeführt werden. Diese sollte aber eine Normstufe schärfer sein als die mit dem Kunden vereinbarte AQL-Annahmeprüfung.

Bei nicht fähigen Fertigungsprozessen sollte möglichst immer eine 100%-Prüfung als Endkontrolle durchgeführt werden.

Bei Produkten mit Gefahrenpotenzial ist - meist durch gesetzliche Vorschriften, zumindest aber aus Gründen der Produkthaftung und Abwendung des Vorwurfs der Fahrlässigkeit - eine intensive Endkontrolle und deren Dokumentation erforderlich.

Es wird unterschieden:

Gefahrstoffe, die durch ihre bloße Existenz eine Gefahr bedeuten, unterliegen den Vorschriften der Gefahrstoffverordnung.

Die Endkontrolle umfasst zusätzlich die Prüfung der vorschriftsmäßigen Verpackung und Kennzeichnung sowie eine Dokumentation zu Verpackung, Mengen, Konzentrationen und dem Transport.

Produkte, die **kritische Fehler** aufweisen können, müssen auch dann in der Endkontrolle besonders sorgfältig geprüft werden, wenn eine intensive Fertigungsüberwachung durchgeführt wurde.

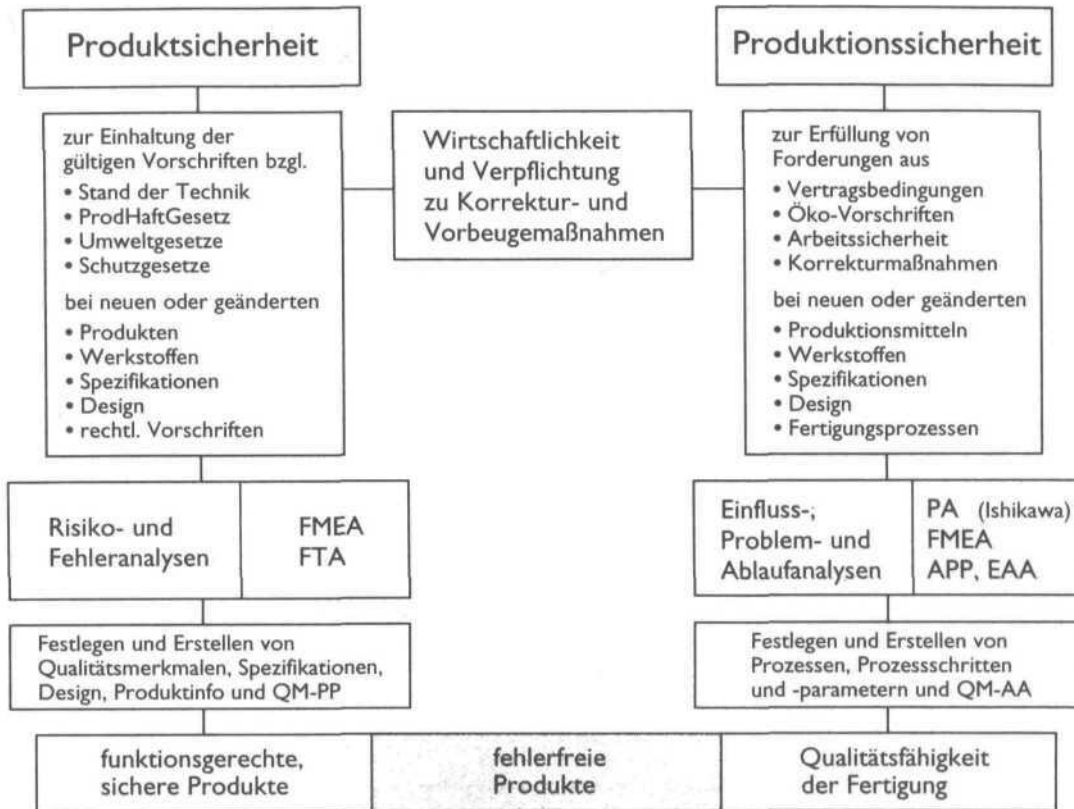
Nach Möglichkeit ist eine 100%-Prüfung durchzuführen. Wenn diese technisch-wirtschaftlich nicht möglich ist, muss eine dem Gefahrenpotenzial entsprechende Qualitätsfähigkeit und deren Überwachung nachgewiesen werden.

Die Einhaltung aller technischen und gesetzlichen Forderungen muss bei der Endkontrolle geprüft und dokumentiert werden.

Die Endkontrolle sollte nie zum Sortieren missbraucht werden.

4 Analytische Methoden in der Qualitätssicherung

Gründe und Ziele für die Anwendung analytischer Methoden in der QS



Schon in der Planungsphase eines Produktes (vgl. Qualitätskreis) muss geprüft werden, ob das Produkt selbst ein Gefahrenpotenzial besitzt und welche Gefahren durch Fehler möglich werden.

Durch die systematische Erfassung, Beurteilung und Wichtung aller denkbaren Probleme, Gefahren oder Fehler nach anerkannten Risiko- und Fehleranalysen wird das Gefährdungspotenzial erkannt und der Handlungsbedarf zur Minimierung der Gefahr festgestellt. Bei all diesen Analysen wird der Untersuchungsgegenstand, das Problem oder der Prozess in überschaubare Phasen und Schritte unterteilt. Alle möglichen Gefahren werden mithilfe von Checklisten erfasst und von einem Team aus Experten verschiedener Fachrichtungen bewertet. Die Analysenprotokolle, ggf. mit Maßnahmendurchführung und der Erfolgskontrolle, können wichtige Nachweise zur Erfüllung der Sorgfaltspflicht sein.

Der Lieferant ist von der Produktverantwortung nur entlastet, wenn er nach Design und Qualitätsangaben des Kunden fertigt. In jedem Fall ist er für die sichere Fertigung verantwortlich, also für die planmäßige Ausschaltung potenzieller Qualitätsprobleme und Fehler. Die Vertragsbedingungen bzw. die Lieferantenfreigabe-Kriterien fordern oft, dass der Lieferant z. B. die Durchführung einer FMEA für das Produkt und/oder den Prozess nachweist.

4.1 Analyse potenzieller Probleme (APP)

Das Ziel der APP ist die Planabsicherung, also vorbeugende Maßnahmen zu ergreifen, um Störungen und Schäden bei der Durchführung eines Plans, Projektes oder Prozesses zu vermeiden.

Der Weg zur vorbeugenden Maßnahme führt über das Erkennen des möglichen Problems und seiner denkbaren Ursache.

Als Vorläufer der FMEA wird die APP speziell für die Analyse und Bewertung von geplanten Projekten angewandt, um den störungsfreien Ablauf der Durchführung eines Vorhabens oder eines Prozesses zu gewährleisten.

Ablaufschema der Analyse potenzieller Probleme

