

9872 2719827 7 7 27198723987  
Prozessqualifikation 793 27198  
97 239 239 Prozessoptimierung  
928 234 345 344 4527198723987  
0187309 445 455 487987298374  
Prüfplanung 77272 98984981  
81 4981 Datenerfassung 898  
59 Datenbank 49814981 898  
Managementreports 498 983  
74872983740987298374982  
739847029873498720398470  
9283 120 38 485 0 2 38 19081



# qs-STAT Auswertestrategie

Q-DAS Process Capability (06/2013)

STATISTICS DRIVES SUCCESS

## Inhalt

1	Allgemeines .....	4
1.1	Grundlegendes zur Auswertestrategie.....	4
1.2	Funktionaler Aufbau der Auswertestrategie.....	5
1.3	Übersicht: Abschnitte der Funktionsbeschreibungen.....	7
2	Vorstellung der Einstellungen im Einzelnen.....	8
2.1	Vorbereitung .....	8
2.1.1	Register Übernahme.....	8
2.1.2	Register Klassierung .....	8
2.1.3	Register Ausreißer .....	9
2.1.3.1	Plausibilitätsgrenzen.....	10
2.1.3.2	Natürliche Grenzen.....	10
2.1.3.3	Vorgehensweise bei unvollständigen Stichproben .....	11
2.1.4	Register Positionstoleranzen.....	11
2.1.4.1	Was ist eine Position?.....	11
2.1.4.2	Berechnung Positionsabweichungsbetrag .....	12
2.1.4.3	Tolerierung Positionsabweichungsbetrag .....	13
2.1.5	Register Allgemein.....	14
2.1.5.1	Untersuchungsart .....	14
2.1.5.2	Trendkompensation .....	15
2.1.5.3	Testverfahren .....	16
2.2	„Streuung konstant?“ – Test auf Stabilität der Streuung.....	17
2.3	„Lage Konstant?“ – Test auf Mittelwertschwankungen.....	18
2.4	„Messgröße vorgegeben?“ – Vorgegebene Verteilung.....	19
2.5	Verteilung auswählen.....	19
2.6	Vorgabe NV/WV .....	20
2.6.1	Verteilungsauswahl – generelle Optionen .....	21
2.6.1.1	Verteilungen mit Offset.....	21
2.6.1.2	Optimale Verteilung .....	22
2.7	Test auf vorgegebene Verteilung/Test auf Normalverteilung .....	23
2.7.1	Test auf Normalverteilung.....	24
2.7.2	Test auf beliebige Verteilung.....	24
2.8	Verteilungsmodell suchen.....	25
2.8.1	Verteilungen .....	25
2.8.2	Generelle Optionen .....	26
2.8.2.1	Verteilungen mit Offset.....	26

2.8.2.2	Optimale Verteilung .....	27
2.9	„Momentane Normalverteilung?“ .....	28
3	Verteilungszeitmodelle nach DIN ISO 21 747.....	29
3.1	Verteilungszeitmodelle A1 und A1* .....	33
3.1.1	Analyse-Karte für die Lage: Shewhart Mittelwertkarte (x-Karte) .....	34
3.1.1.1	Berechnungsart der Eingriffsgrenzen x-Karte.....	35
3.1.1.2	Stabilitätskriterien für die Shewhart x-Karte (Analyse-Karte) .....	35
3.1.2	Analyse-Karte für die Streuung: Shewhart s-Karte.....	35
3.1.2.1	Berechnungsart der Eingriffsgrenzen Shewhart s-Karte .....	36
3.1.2.2	Stabilitätskriterium für die Shewhart s-Karte (Analyse-Karte).....	36
3.1.3	Verteilungszeitmodelle A1 und A1* – stabil/instabil .....	37
3.1.3.1	Verteilungszeitmodelle A1 und A1* – Q-QIS.....	38
3.2	Verteilungszeitmodelle A2 und A2* .....	39
3.2.1	Analyse-Karte für die Lage: Johnson-Mittelwertkarte .....	40
3.2.1.1	Berechnungsart der Eingriffsgrenzen der Johnson-Karte .....	40
3.2.1.2	Stabilitätskriterien der Johnson-Karte (alias Pearson-Karte) .....	41
3.2.2	Analyse-Karte für die Streuung: Shewhart s-Karte.....	42
3.2.2.1	Berechnungsart der Eingriffsgrenzen der s-Karte .....	42
3.2.2.2	Stabilitätskriterium für die Shewhart s-Karte (Analyse-Karte).....	42
3.3	Verteilungszeitmodelle C <sub>2,4</sub> , B und D.....	43
3.3.1	Analyse-Karte für die Lage: Erweiterte Shewhart Karte.....	43
3.3.1.1	Ermittlung der äußeren Standardabweichung $\sigma_A$ .....	44
3.3.1.2	Ermittlung der Eingriffsgrenzen .....	44
3.3.1.3	Stabilitätskriterien für die erweiterte Shewhart Mittelwertkarte .....	45
3.3.2	Analyse-Karte für die Streuung: Shewhart s-Karte.....	45
3.3.2.1	Berechnungsart der Eingriffsgrenzen der s-Karte .....	46
3.3.2.2	Stabilitätskriterien für die Shewhart s-Karte.....	46
4	Anforderungen .....	47
4.1	Anforderungen kontinuierliche Merkmale .....	48
4.1.1	Register Sollwerte QRK stabil .....	48
4.1.1.1	Fähigkeitsindizes.....	48
4.1.1.2	Vorläufige Fähigkeitsindizes .....	49
4.1.1.3	Warngrenze für zu wenig Werte (Grenze für bedingt fähig).....	49
4.1.1.4	Vertrauensbereiche für den potenziellen Fähigkeitskennwert C <sub>p</sub> .....	49
4.1.1.5	Vertrauensbereich für den kritischen Fähigkeitskennwert C <sub>pk</sub> .....	49
4.1.2	Register Sollwerte / QRK instabil.....	51

4.1.3	Register AIAG Pp/Cp.....	52
4.1.4	Register Anforderungen (für die Gesamtbewertung Merkmal).....	53
4.1.5	Register Gesamtbewertung Teil .....	54
4.1.5.1	Beispiel zur Gesamtbewertung Teil (Datei Test_all.dfq) .....	55
4.1.5.2	Option Teilebewertung für Einzelwerte durchführen .....	56
4.1.6	Register Zusatzbedingungen stabil.....	58
4.1.7	Register Zusatzbedingungen instabil.....	59
4.1.8	Register Einstellungen AFNOR.....	60
4.2	Anforderungen diskrete Merkmale.....	61
4.2.1	Qualitätsregelkarte.....	61
4.2.1.1	Berechnung der Eingriffsgrenzen – x-Karte Binomialverteilung: .....	62
4.2.1.2	Berechnung der Eingriffsgrenzen – x-Karte Poissonverteilung .....	65
4.2.2	Anforderungen für diskrete Merkmale .....	67
4.2.2.1	C <sub>pk</sub> -Wert für ein diskretes Merkmal (Binomial) .....	68
4.2.2.2	C <sub>pk</sub> -Wert für ein diskretes Merkmal (Poisson).....	69
4.3	Positionstoleranzen P <sub>o</sub> /P <sub>ok</sub> :MP <sub>o</sub> 2.....	71
4.3.1	Register Berechnungsart .....	71
4.3.1.1	Bedeutung einer Streu-Ellipse .....	71
4.3.1.2	Berechnung des potenziellen Fähigkeitsindex Po.....	72
4.3.1.3	Berechnung des kritischen Fähigkeitskennwertes P <sub>ok</sub> .....	73
4.3.2	Register Sollwerte.....	73
4.3.2.1	Mindestwerte für die Fähigkeitskennwerte .....	73
4.3.2.2	Sollwerte automatisch anpassen.....	73
4.3.2.3	Warngrenze für zu wenig Werte (Grenze bedingt fähig) .....	73
4.3.3	Register Anforderungen .....	74
4.3.3.1	Kriterien zur Fähigkeitsanalyse.....	74
4.3.4	Register Zusatzbedingungen .....	75

## 1 Allgemeines

Die Q-DAS Auswertestrategie Q-DAS Process Capability (06/2013) stellt ein **Entwurfsmuster** dar, das **als Grundlage für die Gestaltung einer eigenen Auswertestrategie** dienen kann. Trotz aller Sorgfalt, mit der wir diese Auswertestrategie gestaltet haben, ist diese nicht als eine Empfehlung der Firma Q-DAS für eine „richtige“ Auswertestrategie zu deuten.

### 1.1 Grundlegendes zur Auswertestrategie

Sobald der Anwender einen Datensatz im Programm qs-STAT ME 10 (Modul *Prozessanalyse*) öffnet, führt das Programm automatisch die Auswerteschritte gemäß der Auswertestrategie durch. Anschließend werden die Berechnungsergebnisse automatisch mit den in der Auswertestrategie eingestellten Anforderungen verglichen und bewertet.

Der Vorteil liegt auf der Hand: Die Prüfplaner und QM-Spezialisten innerhalb der Organisation legen die Anforderungen für Fähigkeitskennwerte und die zugehörigen Auswerteschritte in einer Auswertestrategie fest. Letztere wird im Programm schreibgeschützt eingestellt. Anschließend ist sichergestellt, dass alle Mitarbeiter im Unternehmen standortübergreifend mit dieser Auswertestrategie vergleichbare und verlässliche Auswertungsergebnisse erhalten.

Oft ist die Anzahl der Merkmale an den produzierten Teilen groß. Das Programm führt die Fähigkeitsbewertung aller Merkmale automatisch korrekt gemäß der eingestellten Auswertestrategie durch. Der Anwender ist von der manuellen Arbeit mit Formeln und Auswertemethoden befreit und kann sich auf die praktische Deutung seiner Auswertungsergebnisse konzentrieren.

Die Auswertestrategie ermöglicht standortübergreifend vergleichbare und korrekte Auswertungsergebnisse. Sie erleichtert die Durchführung von Eignungsnachweisen für Maschinen und Fertigungsprozesse, insbesondere wenn viele Merkmale zugleich bewertet werden müssen.

## 1.2 Funktionaler Aufbau der Auswertestrategie

In der Abbildung 1-1 sind fünf funktional unterschiedliche Ebenen (0 bis 4) eingezeichnet.

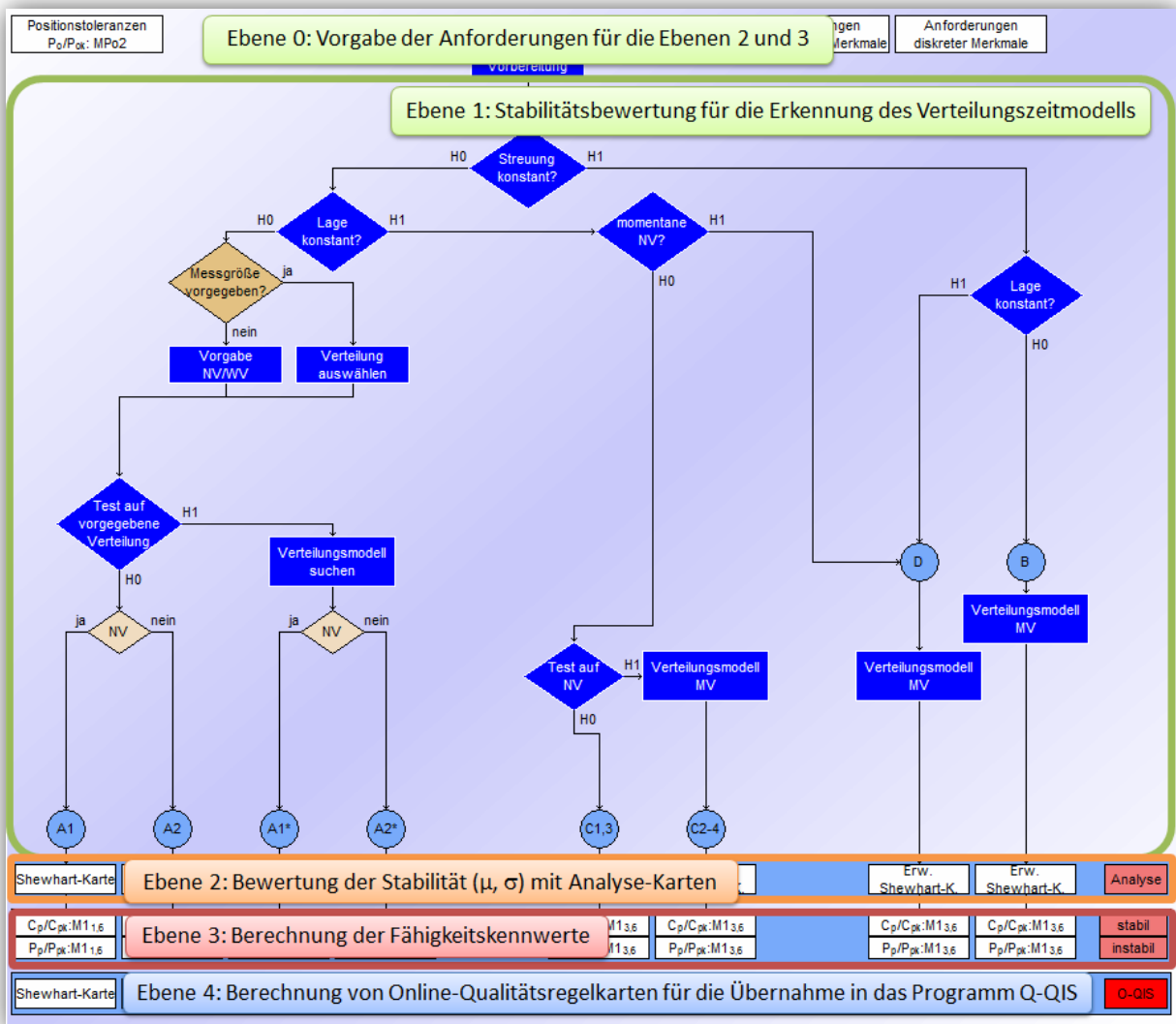


Abbildung 1-1: Funktionaler Aufbau der Auswertestrategie

### Ebene 1: Stabilitätsbewertung für das Erkennen des Verteilungszeitmodells

In der Ebene 1 führt das Programm Tests auf Mittelwertschwankungen- und Streuungsveränderungen durch. In Abhängigkeit von den Ergebnissen dieser Tests kann ein Merkmal einem Verteilungszeitmodell nach der Norm DIN ISO 21 747 zugeordnet werden.

Für jedes der Verteilungszeitmodelle A1 bis D ist eine sinnvolle Auswahl zugelassener Verteilungsmodelle zugeordnet, aus denen das Programm ein zum Merkmal optimal passendes Modell auswählt.

Am Ende der Ebene 1 ist das Merkmal einem Verteilungszeitmodell A1 bis D zugeordnet und es wurde für das Merkmal ein optimal passendes Verteilungsmodell ausgewählt.

## Ebene 2: Bewertung der Stabilität ( $\mu, \sigma$ ) mit Analyse-Karten

In dieser Ebene wird einem Merkmal eine passende Analyse-Qualitätsregelkarte zugeordnet. Mit dieser werden erneut Tests auf Mittelwertschwankungen und Streuungsveränderungen durchgeführt. Die Ergebnisse sind entscheidend für die Einstufung einer Merkmal-Verteilung in eine der Kategorien *stabil* oder *nicht stabil*.

Die Stabilitäts-Einstufung einer Merkmal-Verteilung hat Auswirkungen darauf, welche Anforderungen für die Fähigkeitskennwerte gelten: Für *nicht stabil* eingestufte Merkmale gelten zum Teil andere Anforderungen als für *stabil* eingestufte Merkmale.

Am Schluss der Ebene 2 ist die Merkmal-Verteilung in eine der Kategorien *stabil* oder *nicht stabil* eingeordnet.

## Ebene 3: Berechnung der Fähigkeitskennwerte

Hier werden die Methoden für die Berechnung der Fähigkeitskennwerte festgelegt und die Kennwerte berechnet. Anschließend werden die Kennwerte mit den Anforderungen, die in der Ebene 0 festgelegt sind, verglichen und bewertet.

Nach der Stufe 3 sind für das Merkmal die Fähigkeitskennwerte berechnet und bewertet. Grundlage der Bewertung sind die in der Ebene 0 eingestellten Anforderungen.

## Ebene 4: Berechnung einer Online-Qualitätsregelkarte für das Programm O-QIS

Gegenstand dieser Ebene ist die Berechnung einer SPC-Qualitätsregelkarte mit dem Programm qs-STAT. Die berechnete SPC-Regelkarte wird in den Datensatz abgespeichert (Menü: Regelkarte – SPC-Regelkarte berechnen – Option *Qualitätsregelkarte ist zum Speichern vorgesehen* aktivieren).

Wird nun der Datensatz mit dem Programm O-QIS – ein SPC-Programm für die Prozesssteuerung - geöffnet, so wird die SPC-Qualitätsregelkarte als Online-Qualitätsregelkarte importiert und steht für die Prozessregelung am Arbeitsplatz zur Verfügung.

Nach Beendigung der Ebene 4 ist die SPC-Qualitätsregelkarte berechnet. Wird diese in den Datensatz gespeichert, so kann diese durch Einlesen des Datensatzes in das Programm O-QIS als Online-Qualitätsregelkarte übernommen werden.

Weitere Einzelheiten zum Thema O-QIS entnehmen Sie bitte der Online-Hilfe des Programms (qs-STAT).

### 1.3 Übersicht: Abschnitte der Funktionsbeschreibungen

In der folgenden Grafik sind innerhalb der grünen Ellipsen Nummern zu sehen. Es handelt sich dabei um Abschnitt-Nummern, in denen die Funktionen der Symbole im Einzelnen beschrieben sind.

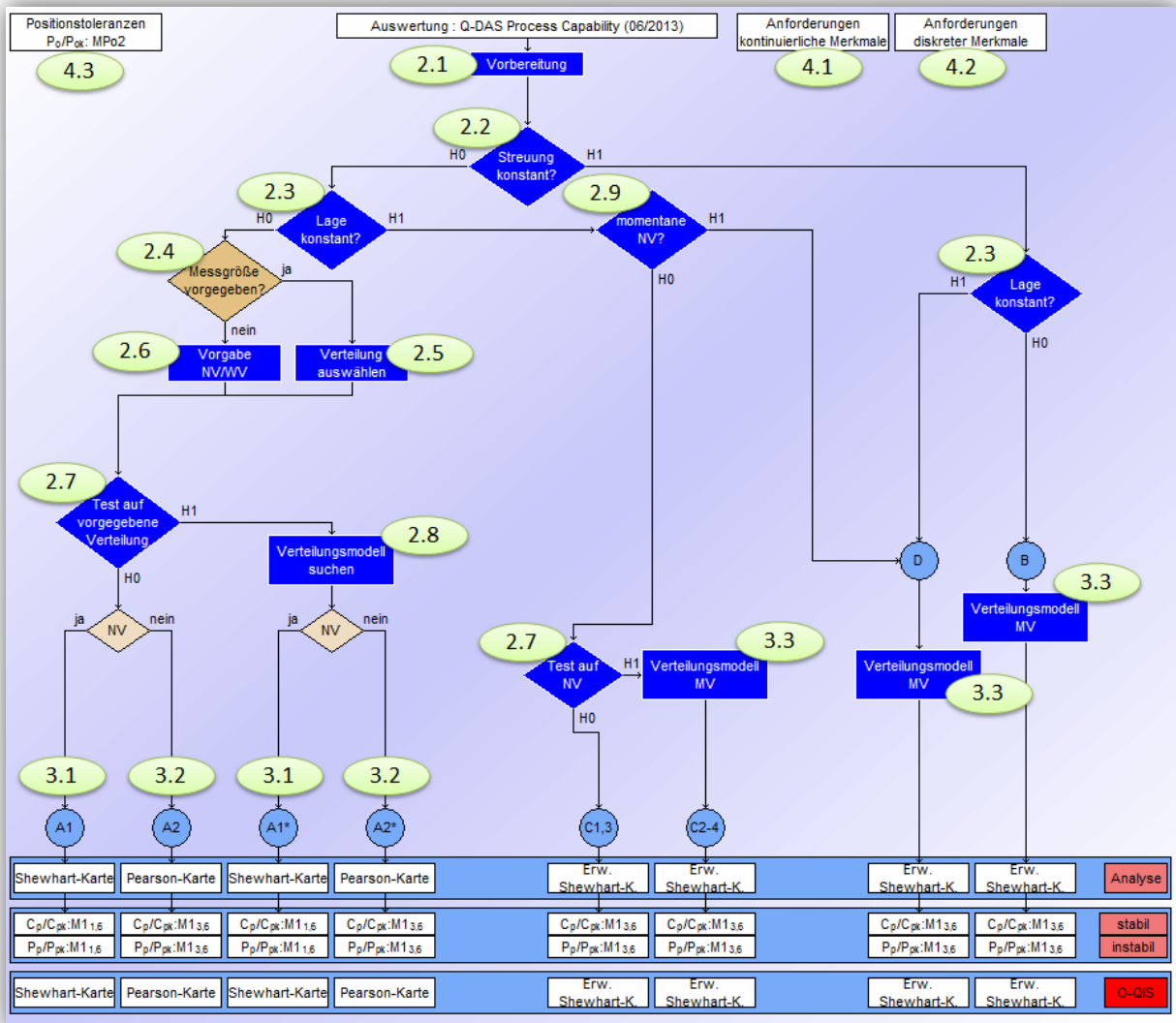


Abbildung 1-2: Auswertestrategie Q-DAS Process Capability (06/2013) in der Gesamtübersicht

Die dargestellte Ansicht der Auswertestrategie erhalten Sie mit den Menübefehlen: *Configuration – Auswertung*.

Jedes der Symbole lässt sich mit der Maus anklicken. Nach dem Klick öffnet sich jeweils das zugehörige Dialogfenster. Sie können immer nur ein Dialogfeld zur Zeit betrachten. Um ein anderes Dialogfeld zu öffnen, muss zunächst ein schon geöffnetes Dialogfenster geschlossen werden.



## 2 Vorstellung der Einstellungen im Einzelnen

### 2.1 Vorbereitung

Mit einem Mausklick auf das Symbol *Vorbereitung* wird das Dialogfenster für die solche Einstellungen geöffnet, die beim Einlesen einer Datei oder beim Laden eines Datensatzes aus der Datenbank von Bedeutung sind.

#### 2.1.1 Register Übernahme

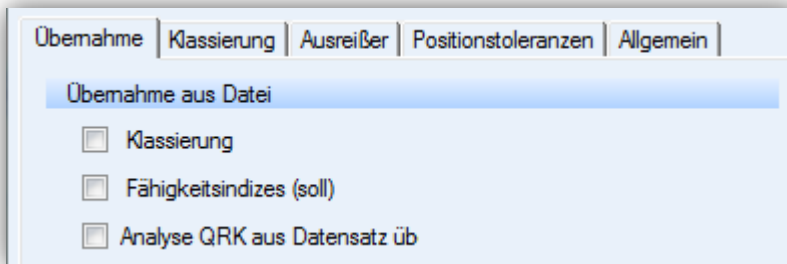


Abbildung 2-1: Einstellungen Übernahme aus Datei

Beim Einlesen einer Datei werden standardmäßig keine Einstellungen übernommen, um zu gewährleisten, dass die Ergebnisse konform mit den Einstellungen dieser Auswertestrategie berechnet werden.

#### 2.1.2 Register Klassierung

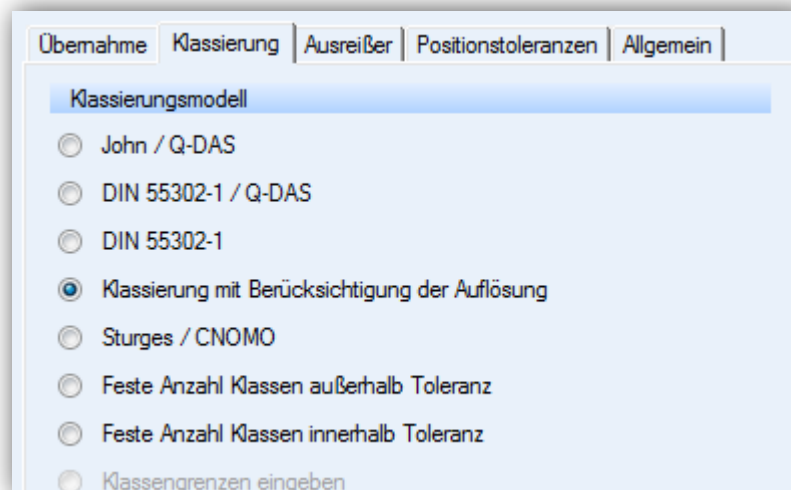


Abbildung 2-2: Einstellungen zur Rubrik Vorbereitung – Klassierung

Klassen werden unter anderem für das Zeichnen eines Histogramm und für den *Chi-Quadrat-Test* benötigt. In dieser Auswertestrategie wird das **Klassierungsmodell** *Klassierung mit Berücksichtigung der Auflösung* verwendet.

Für die Klassenbildung durchläuft das Programm mehrere Rechenschritte. **Im ersten Schritt**

Berechnet das Programm die **Anzahl der Klassen**  $n_{\text{Klassen}}$ .

**2-1 Anzahl der Klassen**

$$n_{\text{Klassen}} = \min \left\{ 1 + \left( \frac{10}{\ln(10)} \right) \times \frac{\ln(N)}{3}; 50 \right\}$$

Hierbei ist N die Anzahl der Werte des Merkmals. Die so berechnete *Anzahl der Klassen* ist oft ein Dezimalbruch mit einem Wert zwischen 1 und 50.

**Im zweiten Schritt** wird die **minimale Auflösung**  $RE_{\min}$  bestimmt. Das Programm unterscheidet zwischen dem in der Merkmalsmaske eingegebenen Wert für die Auflösung und der kleinsten Differenz zwischen zwei (numerisch verschiedenen) Merkmalswerten. Als *minimale Auflösung*  $RE_{\min}$  wird der kleinere von beiden Werten verwendet.

**2-2 Minimale Auflösung**

$$RE_{\min} = \min \{ \text{kleinste Wertedifferenz; eingegebene Auflösung} \}$$

So folgt **im dritten Schritt** die Berechnung des **Vielfachen der Auflösung**  $V_{RE}$ . Dazu wird die *Spannweite*  $R$  durch die *Anzahl der Klassen*  $n_{\text{Klassen}}$  und durch die *minimale Auflösung*  $RE_{\min}$  geteilt. Damit sich nach der Ganzzahlbildung ein aufgerundeter Wert ergibt, wird zu dem Bruch 0,5 addiert.

**2-3 Vielfaches der Auflösung**

$$V_{RE} = \text{Ganzzahl} \left\{ \max \left[ 1; \frac{R}{RE_{\min} \times n_{\text{Klassen}}} + 0.5 \right] \right\}$$

**Im vierten** und letzten **Schritt** wird die **Klassenweite**  $w_{\text{Klasse}}$  berechnet

**2-4 Klassenweite**

$$w_{\text{Klasse}} = V_{RE} \times RE_{\min}$$

Die erste Klassengrenze wird ausgehend vom Median mit einer Distanz =  $RE_{\min}/2$  nach unten abgetragen. Das Programm bildet die Klassen also von innen nach außen. Es kann in Ausnahmesituationen vorkommen, dass bei der Klasseneinteilung der unterste oder oberste Extremwert nicht überdeckt ist und daher die Klassenanzahl nachträglich um Eins erhöht werden muss. In so einem Sonderfall ist die verwendete Anzahl Klassen größer als die im Schritt 1 berechnete Anzahl.

**2.1.3 Register Ausreißer**

Die Auswertestrategie ist so eingestellt, dass Werte außerhalb von Plausibilitätsgrenzen oder außerhalb natürlicher Grenzen automatisch beim Einlesen der Daten entfernt werden.

Aussagen wie „Werte automatisch gelöscht“ oder „Werte automatisch entfernt“ bedeuten hier nicht, dass die Werte physikalisch aus der Datei oder dem Datenbank-Datensatz entfernt werden. Statt dessen werden die betroffenen Werte programmintern gekennzeichnet, so dass diese bei der Auswertung nicht berücksichtigt werden.

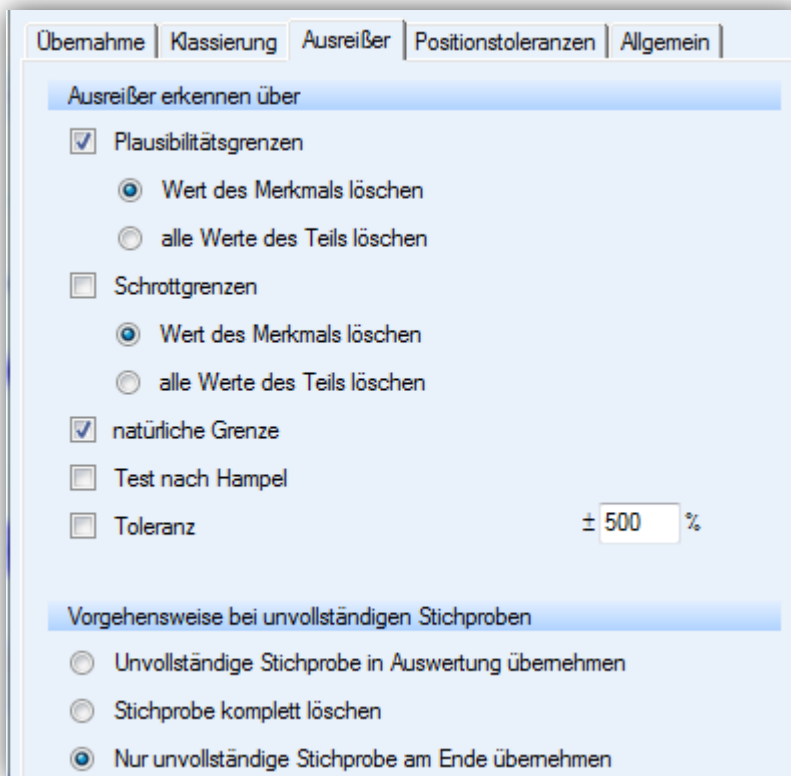


Abbildung 2-3: Einstellungen der Rubrik Vorbereitung – Ausreißer

#### 2.1.3.1 Plausibilitätsgrenzen

Plausibilitätsgrenzen sind Grenzwerte für ein Merkmal, die von den Merkmalswerten üblicher Weise nicht überschritten werden können. So könnte z.B. für ein Drehteil mit einem Nenndurchmesser von 30 mm die obere Plausibilitätsgrenze 40 mm und die untere 20 mm sein. Plausibilitätsgrenzen – sofern diese vom Prüfplaner / Anwender eingegeben wurden – befinden sich in der Merkmalsmaske (Menü: Bearbeiten – Merkmalsmaske).

Werte außerhalb der Plausibilitätsgrenzen werden automatisch **beim Einlesen der Datei** gelöscht. Nachträglich eingetragene Grenzen erfordern eine manuelle Neuberechnung: F9.

#### 2.1.3.2 Natürliche Grenzen

Natürliche Grenzen ergeben sich z.B. aufgrund chemischer oder physikalischer Gesetzmäßigkeiten. So kann beispielsweise Wasser bei einem „normalen“ atmosphärischen Luftdruck nicht wärmer werden als 100 °C.

Sofern natürliche Grenzen vom Prüfplaner / Anwender eingegeben wurden, können diese in der Merkmalsmaske eingesehen werden (Menü: Bearbeiten – Merkmalsmaske).

Werte außerhalb der natürlichen Grenzen werden automatisch **beim Einlesen der Datei** gelöscht. Nachträglich eingetragene Grenzen erfordern eine manuelle Neuberechnung: F9.

### 2.1.3.3 Vorgehensweise bei unvollständigen Stichproben

In der Merkmalsmaske (Menü: *Bearbeiten – Merkmalsmaske*) befindet sich im Feld *Stichprobenumfang* der für das Merkmal verwendete Stichprobenumfang  $n$ . Die insgesamt  $N$  Werte des Merkmals unterteilt das Programm durch Abzählen in  $m = N/n$  Stichproben.

#### **Beispiel für eine unvollständige Stichprobe:**

Ist in der Merkmalsmaske im Feld *Stichprobenumfang* der Wert  $n = 5$  eingetragen, so bilden die Werte eins bis fünf die erste Stichprobe, die Werte sechs bis zehn die zweite Stichprobe, die Werte elf bis fünfzehn die dritte Stichprobe, usw.

Wurde z.B. in dem siebenten Wertefeld kein Wert eingegeben (Lücke), so ist die zweite Stichprobe unvollständig und wird bei der Auswertung nicht berücksichtigt.

Die einzige Ausnahme von dieser Regel ist für die letzte Stichprobe des Merkmals vorgesehen. Ist diese unvollständig, so wird diese dennoch bei der Auswertung berücksichtigt.

### 2.1.4 Register Positionstoleranzen

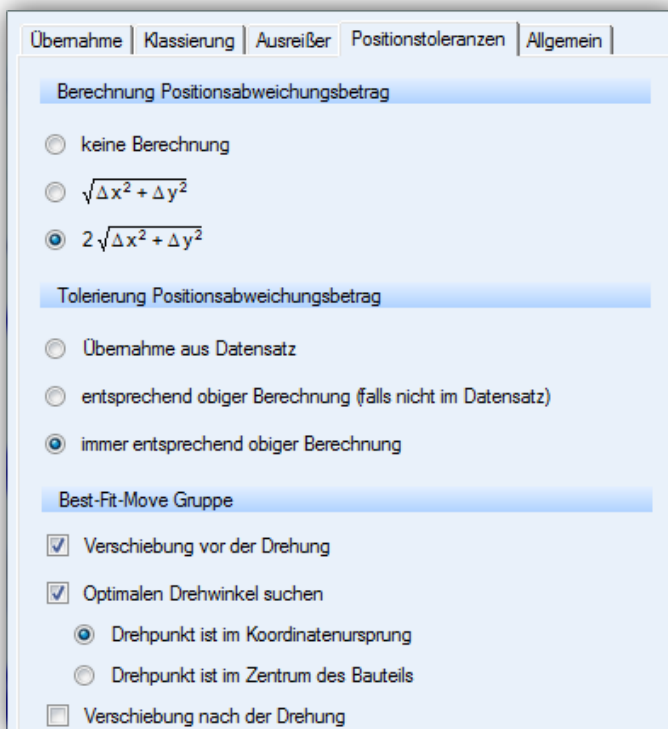


Abbildung 2-4: Einstellungen der Rubrik Vorbereitung Positionstoleranzen

#### 2.1.4.1 Was ist eine Position?

Die Angabe der Soll-Position einer Bohrung könnte z.B. lauten: 30 mm nach links (X-Koordinate) und 20 mm nach oben (Y-Koordinate). In diesem Sinne ist die Soll-*Position* durch die Angabe von zwei (oder mehr) Koordinaten festgelegt. Das übergeordnete Merkmal *Positionsabweichung* enthält den Abweichungsbetrag der Ist-Position von der Soll-Position.

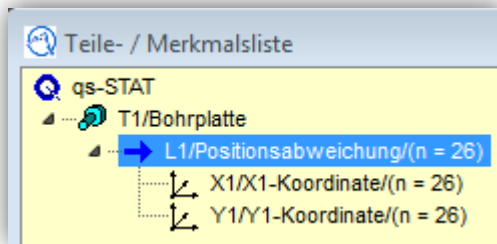


Abbildung 2-5: Beispiel für eine Positionsabweichung, bestehend aus einer X-Koordinate, einer Y-Koordinate und einem übergeordneten Merkmal Positionsabweichung

#### 2.1.4.2 Berechnung Positionsabweichungsbetrag

Der Sollwert für die X-Koordinate  $X_{Soll}$  ist in der Merkmalsmaske im Feld *Nennmaß* enthalten, ebenso der Sollwert  $Y_{Soll}$  für die Y-Koordinate (Menü: *Bearbeiten – Merkmalsmaske*).

In der Wertemaske sind die Istwerte der X-Positionen  $X_{Ist}$  und der Y-Positionen  $Y_{Ist}$  eingetragen (Menü: *Bearbeiten – Wertemaske*).

Das Programm berechnet nun im ersten Schritt die Abweichungen  $\Delta X = X_{Ist} - X_{Soll}$  bzw.  $\Delta Y = Y_{Ist} - Y_{Soll}$  und im zweiten Schritt das übergeordnete Merkmal *Positionsabweichung*:  $(2\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2})$ .

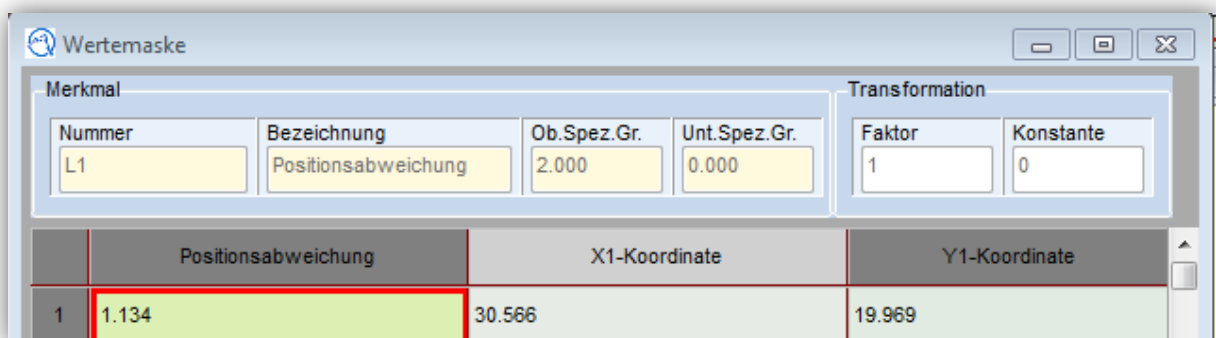


Abbildung 2-6: Beispiel - Positionsabweichung in der Wertemaske (Soll-Positionen in Merkmalsmaske)

Abbildung 2-6 zeigt die Wertemaske mit den Beispieldaten der Ist-Positionen  $X_{Ist} = 30,566$  mm und  $Y_{Ist} = 19,969$  mm. Die Sollpositionen der Koordinaten X- und Y sind in der Merkmalsmaske im Feld *Nennmaß* eingetragen:  $X_{Soll} = 30$  mm und  $Y_{Soll} = 20$  mm. Daraus berechnet das Programm den Positionsabweichungsbetrag wie folgt:

$$1,134 = 2 \times \sqrt{(30,566 - 30,000)^2 + (19,969 - 20,000)^2}$$

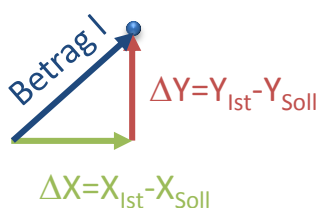


Abbildung 2-7: Einfacher Betrag I, aber: Positionsabweichung =  $2 \times I$

2.1.4.3 Tolerierung Positionsabweichungsbetrag

Das Programm berechnet die Toleranz für die Positionsabweichungen gemäß der angegebenen Berechnungsart („Durchmesser“ statt „Radius“).

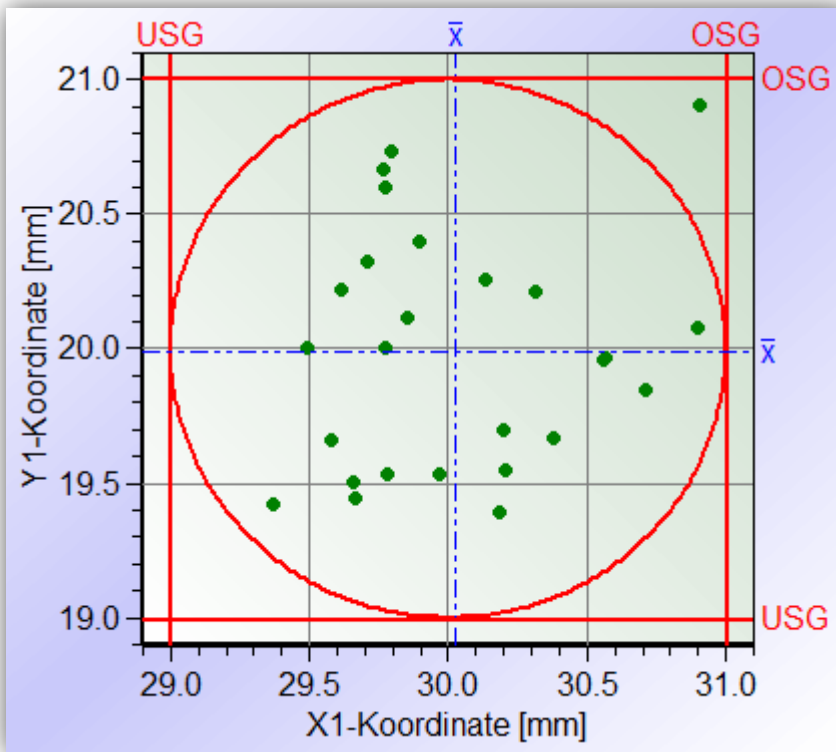


Abbildung 2-8: Beispiel für Positionsabweichungen im X-Y-Plot mit Toleranzkreis-Durchmesser = 2 mm

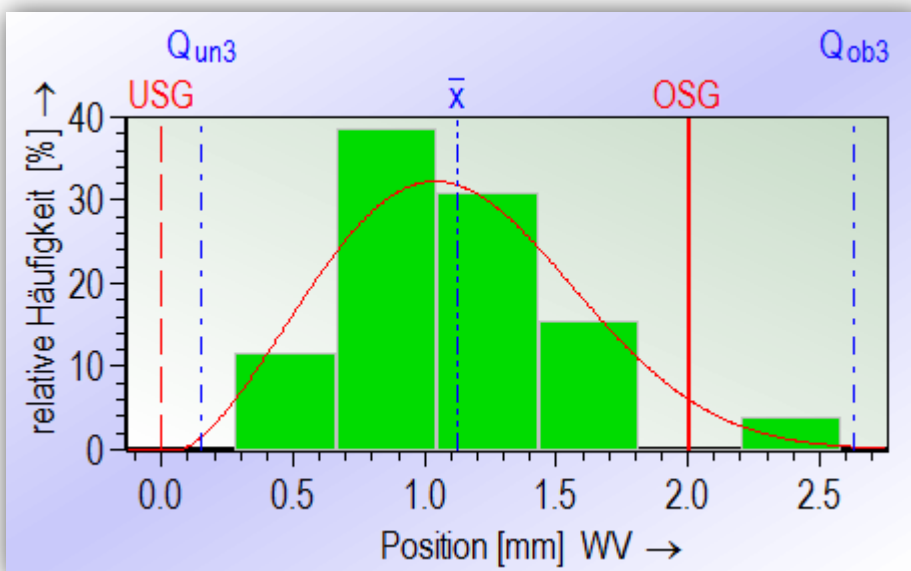


Abbildung 2-9: Die Toleranz der Positionsabweichungen OSG = 2 mm, automatisch berechnet

Für das in Abbildung 2-8 gezeigte Beispiel wurde folgendes eingegeben:

Merkmalsmaske X-Koordinate:

Nennmaß = 30, Ob. Spez. Gr.= 31, Unt. Spez. Gr.= 29.

Merkmalsmaske Y-Koordinate:

Nennmaß = 20, Ob. Spez. Gr. = 21 und Unt. Spez. Gr. = 19

Die Toleranz für das übergeordnete Merkmal *Positionsabweichung* wird nur unter der Bedingung berechnet, dass sich für die zweidimensionale Positionsabweichung ein Toleranzkreis ergibt. Für Toleranzellipsen wird die Toleranz der Positionsabweichung nicht berechnet.

Anders ausgedrückt: die Toleranzen für die einzelnen Koordinaten müssen gleich sein, damit die Toleranz der Positionsabweichung eindeutig ist und berechnet werden kann.

### 2.1.5 Register Allgemein

In diesem Register sind die Einstellungen zur *Untersuchungsart*, für die *Trendkompensation* und für die *Testverfahren* - letztere nur bezogen auf *Übersicht (alle Tests)* - einsehbar.

#### 2.1.5.1 Untersuchungsart

Falls zusätzlich mit der Auswertestrategie eine Untersuchungsart in Berichten mit ausgegeben werden soll, kann hier die Bezeichnung der Untersuchungsart frei eingegeben werden oder – durch Klick auf die Schaltfläche *Text aus Datenbank* - ein Text aus der Textdatenbank gewählt werden. Im Standard ist kein spezieller Text für die Untersuchungsart voreingestellt.

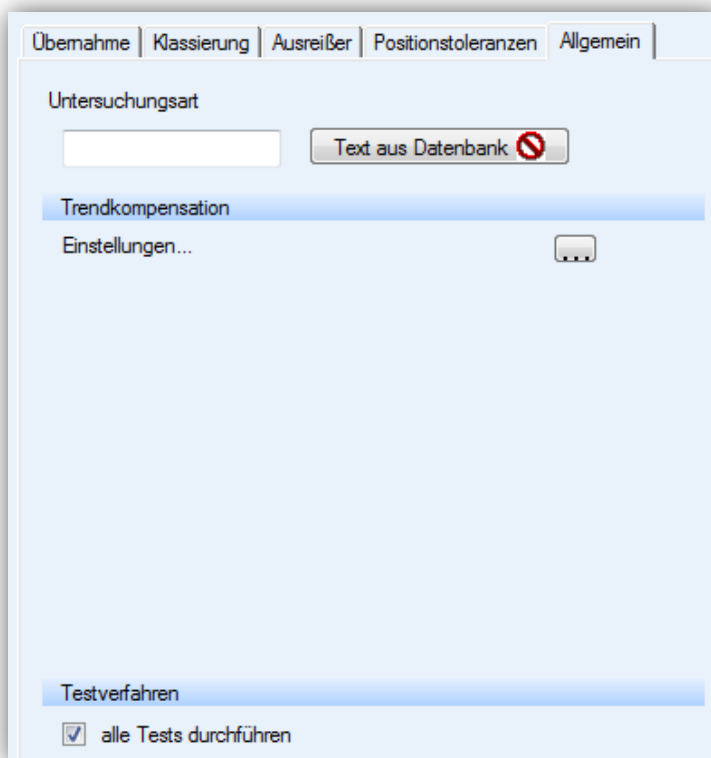


Abbildung 2-10: Einstellung der Rubrik Vorbereitung – Allgemein

2.1.5.2 Trendkompensation

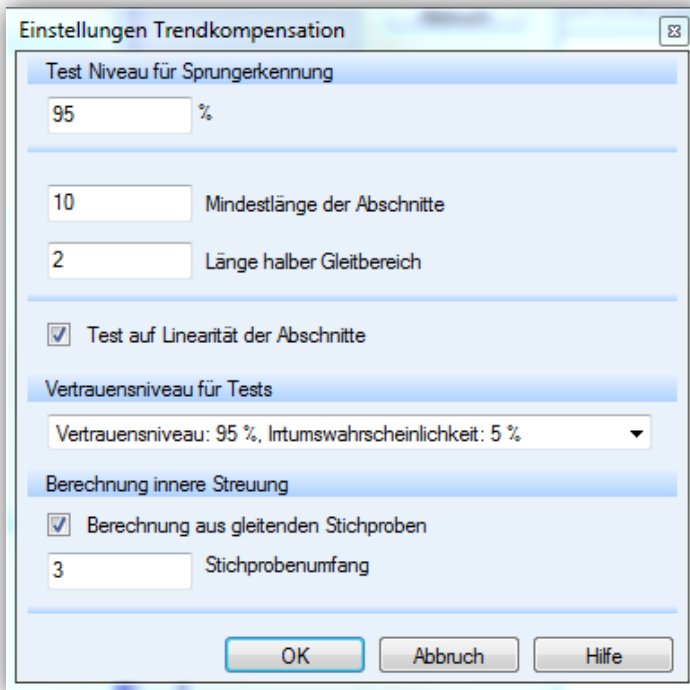


Abbildung 2-11: Einstellungen zur Trendkompensation

Die Trendkompensation ist im Zusammenhang mit dem Einzelwerteverlauf zu verwenden.

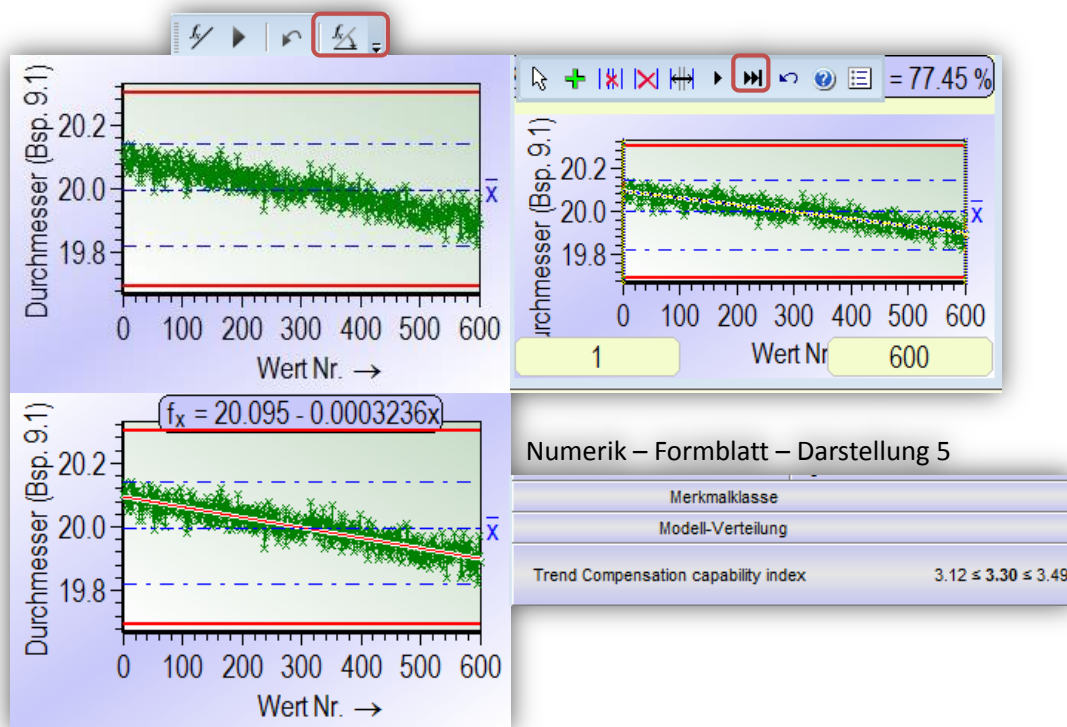


Abbildung 2-12: Testbeispiel Test\_09.dfq - Trendkompensation mit dem Einzelwerteverlauf



Mit dieser Funktion werden z.B. sägezahnartige Werteverläufe rechnerisch „begradigt“ und der Fähigkeitsindex ist trendbereinigt. Ein trendbehaftetes Werteintervall muss eine Mindestlänge von 10 Einzelwerten aufweisen, damit eine Trendkompensation durchgeführt wird.

### 2.1.5.3 Testverfahren

Die Option *alle Tests durchführen* wirkt sich nur auf die Ergebnisse im Fenster *Übersicht (alle Tests)* aus (Menü: *Numerik – Testverfahren – Übersicht (alle Tests)*). Nur in diesem Fenster werden bei aktivierter Option auch die Ergebnisse der Tests ausgegeben, die laut Auswertestrategie nicht aktiv sind.

Test	kritische Werte		
Swed & Eisenhart	H <sub>0</sub>	Die Reihenfolge der Daten ist zufällig	0.14178
	H <sub>1</sub>	Die Reihenfolge der Daten ist NICHT zufällig	
D' Agostino	H <sub>0</sub>	Die Stichprobe stammt aus einer Normalverteilung	-0.95709
	H <sub>1</sub>	Die Stichprobe stammt NICHT aus einer Normalverteilung	
CHF-Test	H <sub>0</sub>	Die Stichprobe stammt aus der angenommenen Verteilung (NV)	8.28606
	H <sub>1</sub>	Die Stichprobe stammt NICHT aus der angenommenen Verteilung	
Ausreißer David, Hartley, Pearson	H <sub>0</sub>	Weder x <sub>min</sub> noch x <sub>max</sub> ist ein Ausreißer	5.00798
	H <sub>1</sub>	Entweder x <sub>min</sub> oder x <sub>max</sub> ist ein Ausreißer	
Ausreißer Grubbs Maximalwert	H <sub>0</sub>	Der Maximalwert x <sub>max</sub> ist kein Ausreißer	2.79180
	H <sub>1</sub>	Der Maximalwert x <sub>max</sub> ist ein Ausreißer	
Ausreißer Grubbs Minimalwert	H <sub>0</sub>	Der Minimalwert x <sub>min</sub> ist kein Ausreißer	2.21619
	H <sub>1</sub>	Der Minimalwert x <sub>min</sub> ist ein Ausreißer	
Asymmetrie	H <sub>0</sub>	Werte stammen aus einer symmetrischen Verteilung (NV)	0.33899*
	H <sub>1</sub>	Werte stammen nicht aus einer symmetrischen Verteilung (NV)	
Kurtosis (Wölbung)	H <sub>0</sub>	Werte stammen aus einer Verteilung mit Kurtosis = 3 (NV)	3.12506
	H <sub>1</sub>	Werte stammen NICHT aus einer Verteilung mit Kurtosis = 3 (NV)	
Sukzessive Differenzenstreuung	H <sub>0</sub>	Sukzessive Differenzen sind unkorreliert	1.89439
	H <sub>1</sub>	Sukzessive Differenzen sind korreliert	
Epps-Pulley	H <sub>0</sub>	Die Stichprobe stammt aus einer Normalverteilung	0.18655
	H <sub>1</sub>	Die Stichprobe stammt NICHT aus einer Normalverteilung	
Hampeltest	H <sub>0</sub>	Der Hampeltest hat keine Ausreißer gefunden	1002.58
	H <sub>1</sub>	Der Hampeltest hat Ausreißer gefunden	
Ausreißer Grubbs Minimal- und Maximalwert	H <sub>0</sub>	Der Minimalwert x <sub>min</sub> oder der Maximalwert x <sub>max</sub> ist kein Ausreißer	2.79180
	H <sub>1</sub>	Der Minimalwert x <sub>min</sub> oder der Maximalwert x <sub>max</sub> ist ein Ausreißer	
Anderson Darling Test	H <sub>0</sub>	Die Stichprobe stammt aus einer Normalverteilung	0.54631
	H <sub>1</sub>	Die Stichprobe stammt NICHT aus einer Normalverteilung	

Abbildung 2-13: Fenster *Übersicht (alle Tests)*

Ruft man die Tests einzeln auf, so wird bei allen Verfahren, die gemäß Auswertestrategie nicht aktiv sind, auch weiterhin der Hinweis „Der Test konnte nicht durchgeführt werden“ ausgegeben.

In der letzten Spalte sind die Prüfgrößen-Werte für die Tests aufgelistet. Ist der **Hintergrund grün** und befindet sich an der Prüfgröße **kein Sternchen**, so wurde die **Nullhypothese** nicht verworfen (**H<sub>0</sub> gilt**). Ein Prüfgrößenfeld mit rotem Hintergrund bedeutet, dass die Nullhypothese verworfen wurde (**H<sub>1</sub> gilt**). Zusätzlich ist das Signifikanzniveau  $\alpha$  durch die an die Prüfgröße angefügten Sterne wie folgt sichtbar gemacht:

$\alpha = 5 \%$   
Ein Stern (\*)

$\alpha = 1 \%$   
Zwei Sterne (\*\*)

$\alpha = 0,1 \%$   
Drei Sterne (\*\*\*)

## 2.2 „Streuung konstant?“ – Test auf Stabilität der Streuung

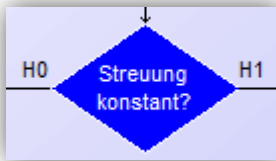


Abbildung 2-14: Symbol für den Test auf konstante Streuung

Durch einen Mausklick auf das Symbol *Streuung konstant?* öffnet sich das Fenster für die Einstellung des Tests auf homogene Streuung.

Die insgesamt N Werte zu einem Merkmal sind in der Wertemaske enthalten. In der Merkmalsmaske ist im Feld *Stichprobenumfang* der Stichprobenumfang n eingetragen. Die Werte werden vom Programm in  $m = N / n$  kleine Stichproben unterteilt. Mit dem Test nach Levene wird geprüft, ob die Streuung innerhalb der m Stichproben als gleich groß (homogen) angesehen werden kann.

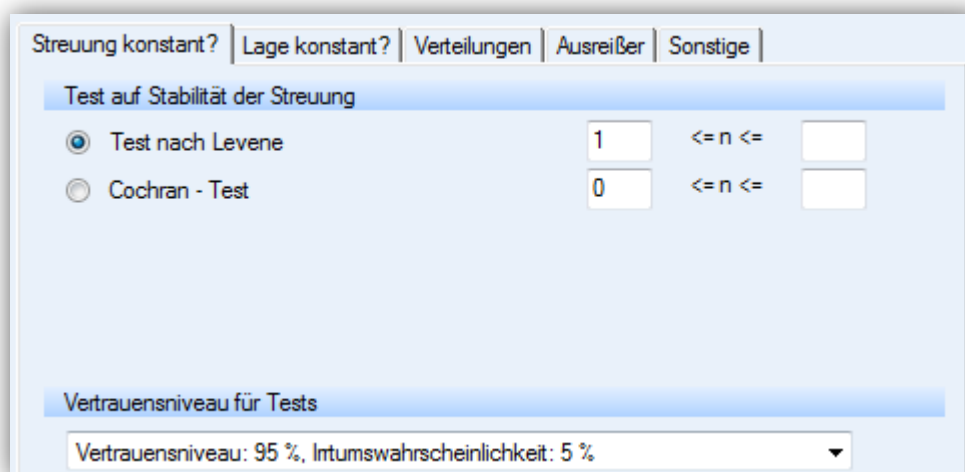


Abbildung 2-15: Test auf homogene Streuung - Levene-Test

Der **Test nach Levene** prüft die Varianz-Homogenität:

- **Nullhypothese  $H_0$ :**  $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_n^2$   
(Alle Stichproben stammen aus Grundgesamtheiten mit gleicher Varianz)
- **Alternativhypothese  $H_1$ :**  $\sigma_i^2 \neq \sigma_j^2$   
(Mindestens zwei Stichproben stammen aus Grundgesamtheiten, deren Varianzen verschieden sind)

Wird eine signifikante Inhomogenität in den Streuungen erkannt, so verzweigt der Ablauf in den  $H_1$ -Zweig, sonst in den  $H_0$ -Zweig. Der Levene-Test ist ein „verteilungsfreier“ Test und ist daher auch für Stichproben aus einer nicht normalverteilten Grundgesamtheit geeignet.

## 2.3 „Lage Konstant?“ – Test auf Mittelwertschwankungen

Mit einem Mausklick auf das Symbol mit der Beschriftung *Lage konstant?* öffnet der Anwender das Einstellungsfenster für den Test auf Mittelwertschwankungen.

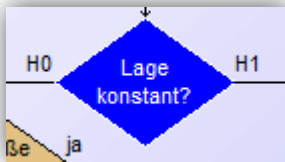


Abbildung 2-16: Symbol für den Test auf homogene Lage

Die insgesamt  $N$  Werte eines Merkmals (Wertemaske) werden vom Programm in  $m = N/n$  Stichproben eingeteilt, wobei der verwendete Stichprobenumfang  $n$  in dem Feld *Stichprobenumfang* der Merkmalsmaske eingesehen werden kann.

Der **Kruskal-Wallis-Test** prüft die Lage-Homogenität anhand der Median-Werte:

- **Nullhypothese  $H_0$ :**  $\tilde{\mu}_1 = \tilde{\mu}_2 = \dots = \tilde{\mu}_n$   
(Alle Stichproben stammen aus Grundgesamtheiten mit gleichem Median)
- **Alternativhypothese  $H_1$ :**  $\tilde{\mu}_i \neq \tilde{\mu}_j$   
(Mindestens zwei Stichproben stammen aus Grundgesamtheiten, deren Median-Werte verschieden sind)

Wird eine signifikante Abweichung zwischen den Median-Werten erkannt, so verzweigt das Programm in den  $H_1$ -Zweig, sonst in den  $H_0$ -Zweig.

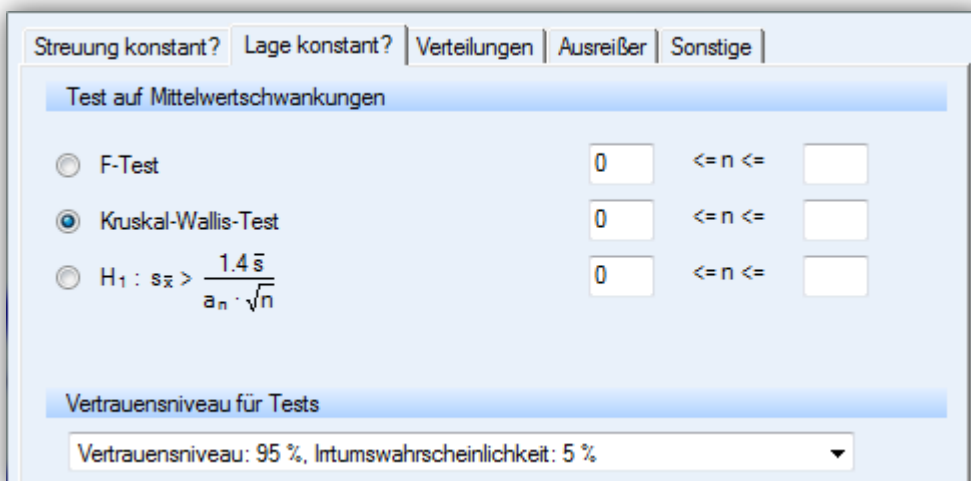


Abbildung 2-17: Test auf homogene Lage - Kruskal-Wallis-Test

Auch der Kruskal-Wallis-Test ist nicht an die Voraussetzung gebunden, dass die einzelnen Stichproben aus einer normalverteilten Grundgesamtheit stammen.

## 2.4 „Messgröße vorgegeben?“ – Vorgegebene Verteilung

Für bestimmte Messgrößen sind im Programm vordefinierte Verteilungsmodelle eingestellt.

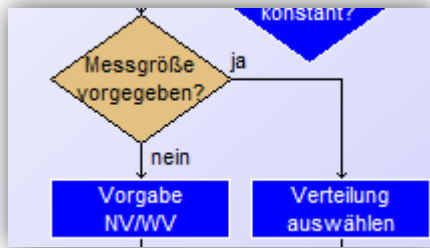


Abbildung 2-18: Symbol *Messgröße vorgegeben?*

Das Programm verzweigt bei Messgrößen mit einer vorgegebenen Verteilung zu dem Symbol mit der Beschriftung *Verteilung auswählen*. Bei einer undefinierten Messgröße oder einer Messgröße ohne vordefinierte Verteilung verzweigt das Programm zum Symbol mit der Beschriftung *Vorgabe NV/WV*.

## 2.5 Verteilung auswählen

Mit einem Mausklick auf das Kästchen *Verteilung auswählen* gelangt man zu dem Einstellungsdialog für das Festlegen, welche Messgröße mit welchem Verteilungsmodell verknüpft sein soll. Folgende Messgrößen sind vordefiniert:

Messgröße	Modellverteilung	Variante
Geradheit	Betragsverteilung	1. Art
Ebenheit	Betragsverteilung	1. Art
Rundheit	Betragsverteilung	1. Art
Zylinderform	Betragsverteilung	1. Art
Linienform	Betragsverteilung	1. Art
Flächenform	Betragsverteilung	1. Art
Neigung	Betragsverteilung	1. Art
Rechtwinkeligkeit	Betragsverteilung	1. Art
Parallelität	Betragsverteilung	1. Art
Konzentrität	Betragsverteilung	2. Art
Symmetrie	Betragsverteilung	1. Art
Rundlauf	Betragsverteilung	2. Art
Gesamtlauf	Betragsverteilung	2. Art
X-Koordinate	Normalverteilung	
Y-Koordinate	Normalverteilung	
Z-Koordinate	Normalverteilung	
Rauhtiefe $R_z$	Betragsverteilung	1. Art
Längenmaß	Normalverteilung	
Unwucht	Betragsverteilung	2. Art
Drehmomente	Normalverteilung	

Tabelle 2-1: Liste der vordefinierten Verteilungsmodelle für bestimmte Messgrößen

*Hinweis:* Der Anwender / Prüfplaner kann in der Merkmalsmaske die Messgröße für das Merkmal definieren und so eines der vordefinierten Verteilungsmodelle einstellen.

Merkmal	
Nummer	Bezeichnung
X1	X1-Koordinate
Merkm.Art	Messgröße
variabel	Koordinaten
Klasse	Art der Abnutzung (Trend)
signifikant	undefiniert

Abbildung 2-19: Ausschnitt aus der Merkmalsmaske - Merkmal mit definierter Messgröße

## 2.6 Vorgabe NV/WV

Klickt man auf das Symbol mit der Beschriftung *Vorgabe NV/WV*, so öffnet sich der Einstellungsdialog für die undefinierten Messgrößen bzw. für die Messgrößen ohne ein vordefiniertes Verteilungsmodell. Es werden folgende zwei Fälle unterschieden:

- Einseitig spezifiziertes Merkmal  
Existiert nur eine untere oder nur eine obere Spezifikationsgrenze, so ist das vordefinierte Modell die Weibullverteilung.
- Zweiseitig spezifiziertes Merkmal  
In diesem Fall ist das vordefinierte Verteilungsmodell die Normalverteilung.

## 2.6.1 Verteilungsauswahl – generelle Optionen

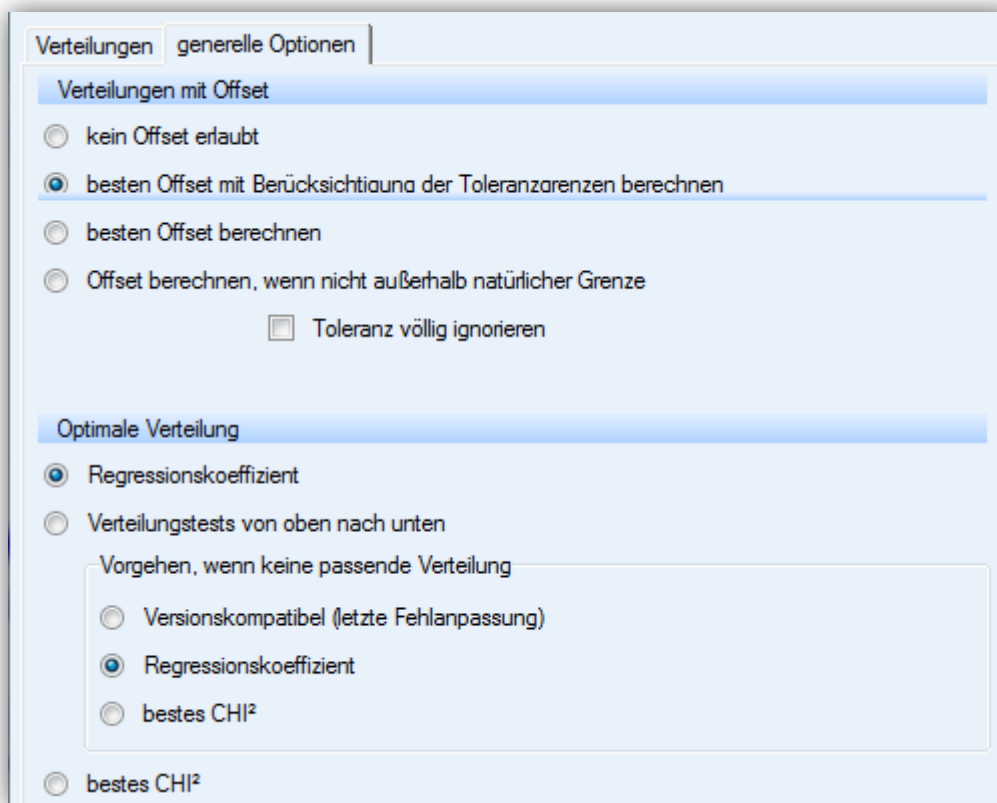


Abbildung 2-20: Verteilungen – Tab-Leiste generelle Optionen

### 2.6.1.1 Verteilungen mit Offset

Einige Verteilungsmodelle sind linksseitig durch den Koordinatenursprung begrenzt. Anders ausgedrückt: Solche Verteilungsmodelle haben ihren Anfangspunkt im Koordinatenursprung. Beispiele dafür sind die Weibull-Verteilung, die logarithmische Verteilung und die Betragsverteilungen. Allerdings lässt sich bei den genannten Verteilungsmodellen ein Verschiebe- oder Offset-Parameter ergänzen. Mit diesem kann die linksseitige Begrenzung auf einen beliebigen Wert ungleich Null verschoben werden. Wir sprechen dann von einer *Verteilung mit Offset*.

Der optimale Wert für diesen Offset wird anhand der Stichprobenwerte berechnet. In manchen Fällen kann dieser optimale Offset einen praktisch unerwünschten Wert haben. Beispielsweise, wenn sich für das *Merkmal Rauheit*  $R_z$  ein negativer Wert für den Offset ergeben würde. Aus diesem Grund ist die Option *besten Offset mit Berücksichtigung der Toleranzgrenzen berechnen* gewählt. Mit dieser Option ist das Überschreiten einer natürlichen Grenze nicht möglich. So würde für das oben genannte *Beispiel Rauheit*  $R_z$  statt des optimalen negativen Offset-Wertes – der nun unterhalb der natürlichen Grenze Null liegen würde – der Offset auf den Wert Null gesetzt (=ohne Offset).

### 2.6.1.2 Optimale Verteilung

Für die zur Auswahl stehenden Verteilungsmodelle (siehe Tabelle 2-2) wird der Regressionskoeffizient berechnet, welcher den Grad der Übereinstimmung zwischen der theoretischen Verteilungsfunktion und der empirischen Verteilungsfunktion der Stichprobendaten ausdrückt. Der Regressionskoeffizient kann einen Wert im Intervall zwischen 0 % und 100 % annehmen. Je größer dessen Wert ist, desto besser ist der Grad der Übereinstimmung. In der Regel wählt das Programm das Verteilungsmodell mit dem größten Wert des Regressionskoeffizienten aus.

Normalverteilung

Logarithmische Normalverteilung

Betragsverteilung 1. Art

Faltung bei 0

Betragsverteilung 2. Art

Faltung bei 0

Betragsverteilung 1. Art

Faltung ungleich 0

Betragsverteilung 2. Art

Faltung ungleich 0

Weibullverteilung

**Tabelle 2-2: Liste der zugelassenen unimodalen Verteilungen (Verteilungszeitmodelle A1 und A2)**

#### Ausnahmen von der oben genannten Regel:

- Vordefinierte Verteilungsmodelle

Für einige Messgrößen ist ein Verteilungsmodell vordefiniert. Wird das vordefinierte Verteilungsmodell von einem Verteilungsanpassungstest (siehe: *Test auf vorgegebene Verteilung*) nicht verworfen, so wird dieses beibehalten, auch dann, wenn für andere Verteilungsmodelle ein höherer Regressionskoeffizient berechnet wurde.

- Bei mehreren Verteilungen ist der Wert des Regressionskoeffizienten gleich

Wird bei der Verteilungsanpassung für mehrere Verteilungsmodelle der gleiche Wert für den Regressionskoeffizienten berechnet, so nimmt das Programm das in der Verteilungsliste am weitesten unten stehende Modell. Dies kann sich z.B. bei den Betragsverteilungen mit einem Faltungspunkt ungleich Null (Faltungspunkt ist mehr als drei Standardabweichungen vom Mittelwert entfernt) ereignen.

## 2.7 Test auf vorgegebene Verteilung/Test auf Normalverteilung

Mit einem Mausklick auf das Symbol *Test auf vorgegebene Verteilung* bzw. *Test auf Normalverteilung* gelangt man in das Fenster für die Einstellungen der Verteilungs-Anpassungstests.

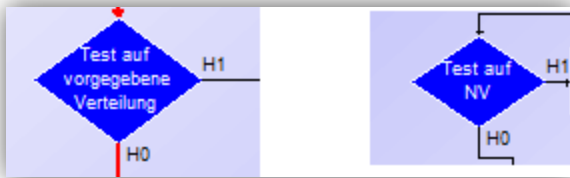


Abbildung 2-21: Symbol *Test auf vorgegebene Verteilung*/Test auf Normalverteilung

Die vorgegebene Verteilung wird geprüft:

- **Nullhypothese  $H_0$ :** Die Werte stammen aus der angenommenen Verteilung
- **Alternativhypothese  $H_1$ :** Die Werte stammen nicht aus der angenommenen Verteilung

Wird die Nullhypothese verworfen ( $H_1$ -Pfad), so verzweigt das Programm zu dem Symbol mit der Beschriftung *Verteilungsmodell suchen*. Wird die Nullhypothese nicht verworfen ( $H_0$ -Pfad), so verzweigt das Programm zu dem Symbol NV.

Test	Wert	Symbol	Wert
<input checked="" type="checkbox"/> Asymmetrie	201	<= n <=	
<input checked="" type="checkbox"/> Kurtosis	201	<= n <=	
<input type="checkbox"/> D'Agostino	0	<= n <=	
<input checked="" type="checkbox"/> Shapiro-Wilk	0	<= n <=	50
<input checked="" type="checkbox"/> Epps-Pulley	51	<= n <=	200
<input type="checkbox"/> CHI <sup>2</sup> -Test	0	<= n <=	
<input checked="" type="checkbox"/> Anderson Darling Test	0	<= n <=	

**Tests auf Normalverteilung definiert für ganzen Wertebereich**  
 Vorgehen, wenn kein Test durchgeführt werden konnte  
 Vorgegebene Verteilung akzeptieren (H0)  
 Vorgegebene Verteilung verwerfen (H1)

**Test auf beliebige Verteilung (ausgenommen Normalverteilung)**  
 CHI<sup>2</sup>-Test      0      <= n <=     

Vorgehen, wenn kein Test durchgeführt werden konnte  
 Vorgegebene Verteilung akzeptieren (H0)  
 Vorgegebene Verteilung verwerfen (H1)

**Vertrauensniveau für Tests**  
 Vertrauensniveau: 95 %, Intumswahrscheinlichkeit: 5 %

Abbildung 2-22: Test auf Verteilungsanpassung



### 2.7.1 Test auf Normalverteilung

Es ist von der Anzahl der Einzelwerte abhängig, welcher Test auf Normalverteilung verwendet wird. Auf diese Art wird eine möglichst hohe Genauigkeit des Testergebnisses angestrebt.

#### Die Anzahl der Werte ist größer als 200 ( $n > 200$ )

Sind mehr als 200 Werte vorhanden, so werden sowohl der **Test auf Asymmetrie** als auch der **Test auf Kurtosis** (Wölbungstest) durchgeführt.

#### Die Anzahl der Werte ist größer als 50 und kleiner oder gleich 200 ( $50 < n \leq 200$ )

Ist die Anzahl der Werte in dem angegebenen Intervall, so wird der **Epps-Pulley-Test** auf Normalverteilung durchgeführt.

#### Die Anzahl der Werte ist kleiner oder gleich 50 ( $n \leq 50$ )

Sind höchstens 50 Werte vorhanden, so wird der **Shapiro-Wilk-Test** auf Normalverteilung durchgeführt.

Je nach Anzahl der Werte wird zum Teil nur ein einziger Anpassungstest durchgeführt. Das heißt, die Ergebnisse der nicht durchgeführten Tests stehen nicht zur Verfügung.

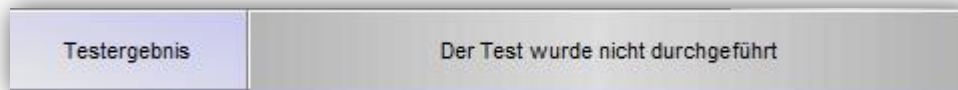


Abbildung 2-23: Hinweistext, wenn der Test nicht verfügbar ist

Unabhängig von der Anzahl der Werte wird der *Anderson-Darling-Test* auf Normalverteilung immer durchgeführt. Das Ergebnis dieses Tests ist allerdings nur in der *Testübersicht* (Menü: *Numerik – Testverfahren – Übersicht*) verfügbar.

### 2.7.2 Test auf beliebige Verteilung

Alle nicht normalverteilten, stetigen Verteilungen werden mit dem **Chi-Quadrat-Test** geprüft:

- **Nullhypothese  $H_0$ :** Die Werte stammen aus der angenommenen Verteilung
- **Alternativhypothese  $H_1$ :** Die Werte stammen nicht aus der angenommenen Verteilung

Das Ergebnis ist abhängig von dem gewählten Klassierungsmodell. Anders ausgedrückt: Verändert man die Klassenanzahl bzw. die Klassengrenzen, so beeinflusst dies das Ergebnis des Chi-Quadrat-Anpassungstests.

## 2.8 Verteilungsmodell suchen

Wurde das vordefinierte Verteilungsmodell von dem *Test auf Normalverteilung* bzw. *Test auf beliebige Verteilung* verworfen, so wird eine zu den Werten passende Verteilung bestimmt.

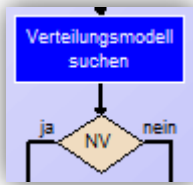


Abbildung 2-24: Symbol *Verteilungsmodell suchen*

Klickt man auf das Symbol mit der Beschriftung *Verteilungsmodell suchen*, so erscheint die Liste *Mögliche Verteilungen*. Sie enthält alle für die Verteilungssuche zugelassenen Verteilungsmodelle.

### 2.8.1 Verteilungen

In diesem Register sieht man die Auswahl der für die Verteilungssuche zugelassenen Verteilungsmodelle:

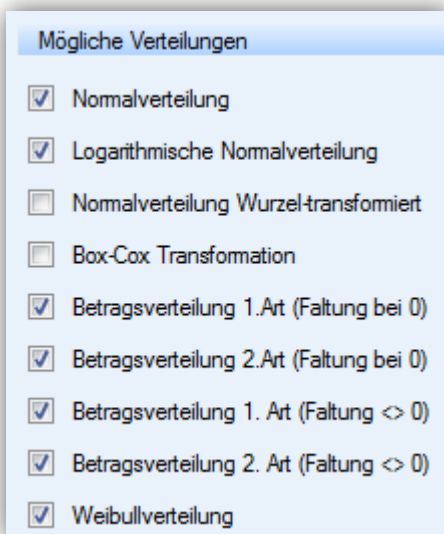


Abbildung 2-25: Zugelassene Verteilungen für die Verteilungssuche

## 2.8.2 Generelle Optionen

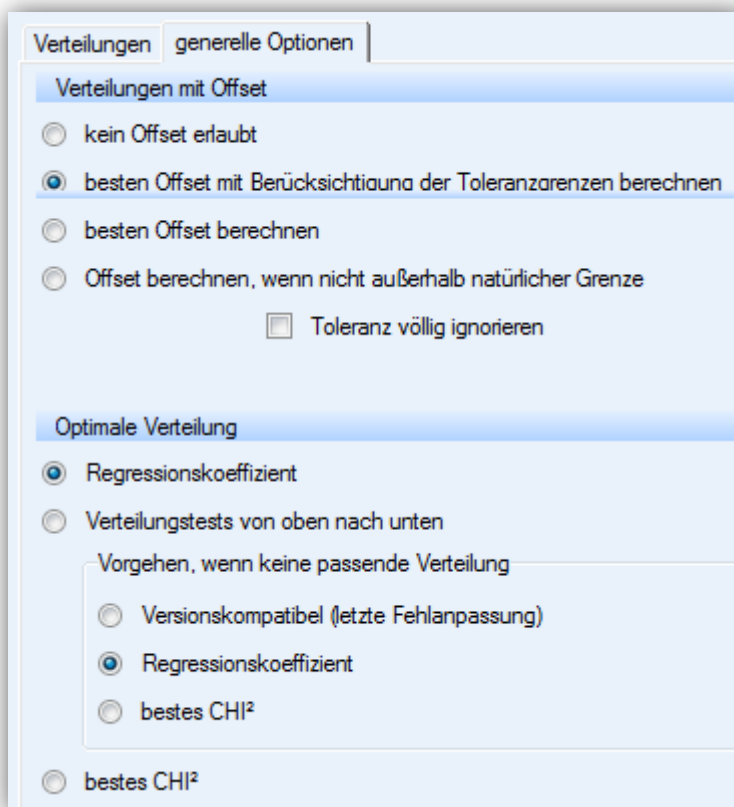


Abbildung 2-26: Verteilungsmodell suchen - generelle Optionen

### 2.8.2.1 Verteilungen mit Offset

Diese Einstellung betrifft die Modelle

- Logarithmische Normalverteilung
- Weibullverteilung
- Betragsverteilungen

Berechnet man die genannten Verteilungen ohne Offset, so sind diese linksseitig durch den Koordinatenursprung Null begrenzt. Links vom Wert Null sind diese Verteilungen dann nicht definiert. Mit dem Hinzufügen eines Offset-Parameters lässt sich diese linksseitige Begrenzung auf einen beliebigen Wert ungleich Null verschieben.

Durch die Wahl der Option *besten Offset mit Berücksichtigung der Toleranzgrenzen berechnen* wird erreicht, dass der Offset natürliche Grenzen nicht überschreitet.

### 2.8.2.2 Optimale Verteilung

Für das Finden der optimal an die Daten angepassten Verteilung gilt das **Kriterium des größtmöglichen Wertes für den Regressionskoeffizienten**. Der Regressionskoeffizient  $r$  gibt den Grad der Übereinstimmung zwischen der theoretischen Verteilungsfunktion und der empirischen Verteilungsfunktion der Merkmalswerte als einen Wert im Intervall  $0\% \leq r \leq 100\%$  an. Je größer der Wert des Regressionskoeffizienten ist, umso besser ist die Übereinstimmung zwischen dem Modell und den Daten. In der Regel wählt das Programm das Verteilungsmodell mit dem höchsten Regressionskoeffizienten als bestangepasstes Modell aus.

#### Ausnahmen von der oben genannten Regel:

- Vordefinierte Verteilungsmodelle

Für einige Messgrößen ist ein Verteilungsmodell vordefiniert. Wird das vordefinierte Verteilungsmodell von einem Verteilungsanpassungstest (siehe: *Test auf vorgegebene Verteilung*) nicht verworfen, so wird dieses beibehalten, auch dann, wenn für andere Verteilungsmodelle ein höherer Regressionskoeffizient berechnet wurde.

- Bei mehreren Verteilungen ist der Wert des Regressionskoeffizienten gleich

Wird bei der Verteilungsanpassung für mehrere Verteilungsmodelle der gleiche Wert für den Regressionskoeffizienten berechnet, so nimmt das Programm das in der Verteilungsliste am weitesten unten stehende Modell. Dies kann sich z.B. bei den Betragsverteilungen mit einem Faltungspunkt ungleich Null ergeben, wenn der Faltungspunkt mehr als drei Standardabweichungen vom Mittelwert entfernt liegt.

## 2.9 „Momentane Normalverteilung?“

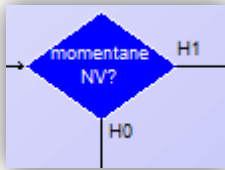


Abbildung 2-27: Symbol *momentane Normalverteilung?*

Klickt man auf das Symbol mit der Beschriftung *momentane NV?*, so öffnet sich das Dialogfenster zum Testverfahren (Register *Sonstige*).

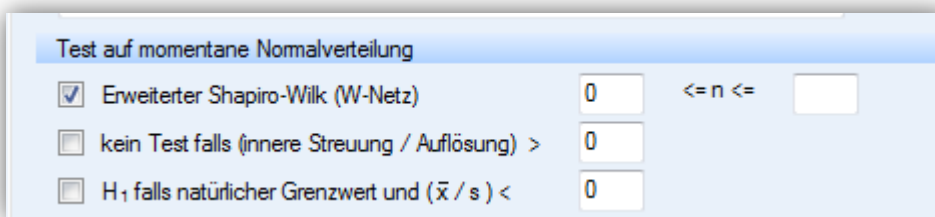


Tabelle 2-3: Konfiguration des Tests auf momentane Normalverteilung

Für den Test auf momentane Normalverteilung ist der erweiterte Shapiro-Wilk-Test eingestellt (Signifikanzniveau  $\alpha = 5\%$ ).

- **Nullhypothese H<sub>0</sub>:** Die Stichproben stammen aus einer normalverteilten Grundgesamtheit
- **Alternativhypothese H<sub>1</sub>:** Die Stichproben stammen nicht aus einer normalverteilten Grundgesamtheit.

In Abhängigkeit vom Testergebnis verzweigt das Programm in den H<sub>0</sub>- oder H<sub>1</sub>-Pfad.

Wird H<sub>0</sub> nicht verworfen, so könnte die resultierende Verteilung wieder eine Normalverteilung sein, andernfalls wird die resultierende Verteilung als Mischverteilung eingestuft.

### 3 Verteilungszeitmodelle nach DIN ISO 21 747

In der Norm DIN ISO 21 747 ist die Einteilung einer Merkmalsverteilung in eine der vier Verteilungszeitmodell-Kategorien A bis D vorgesehen. Das Kriterium für die Einstufung einer Merkmal-Verteilung in eine dieser Kategorien ist das zeitliche Verhalten des Lageparameters  $\mu$  (bzw.  $\bar{\mu}$ ) und des Streuungsparameters  $\sigma$ . Eine grobe Übersicht über die Kategorien der Verteilungszeitmodelle zeigt die folgende Tabelle:

	Lageparameter konstant	Lageparameter veränderlich
Streuungsparameter konstant	A1 und A2	C1 bis C4
Streuungsparameter veränderlich	B	D

Unter anderem wird durch diese Zuordnung zu einem Verteilungszeitmodell die Auswahl einer zur Merkmal-Verteilung passenden Analyse-Qualitätsregelkarte erleichtert. Mit der Analyse-Karte wird die zweite, ausschlaggebende Einstufung der Stabilität des Lage- und Streuungsparameters in eine der beiden Kategorien, *stabil* oder *instabil*, durchgeführt.

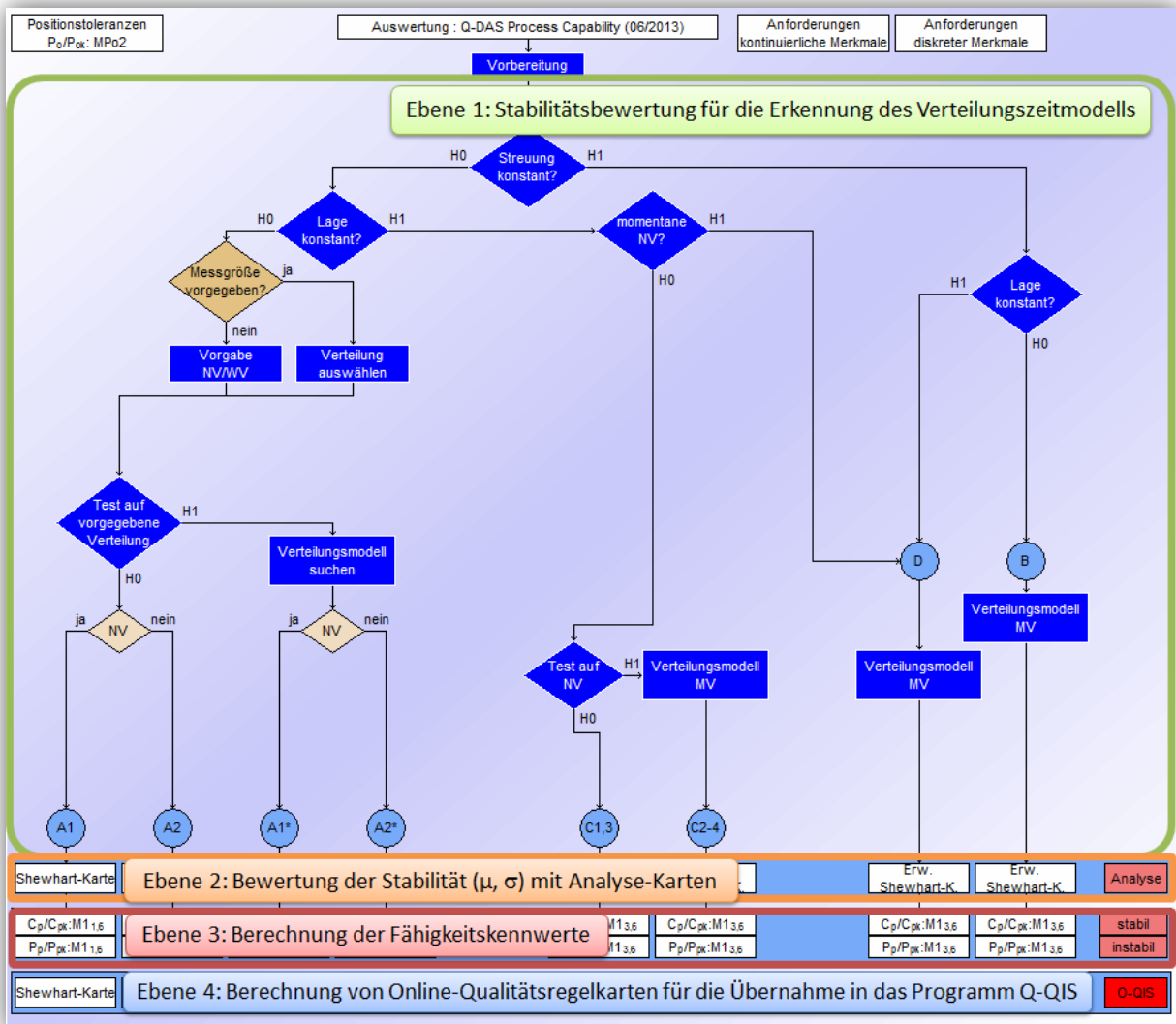


Abbildung 3-1: Zwei Stufen der Stabilitäts-Bewertung in den Ebenen 1 und 2

Die Stabilitätsbeurteilung des Lage- und Streuungsparameters der Merkmal-Verteilung ist in der Software zweistufig gestaltet:

In der **ersten Stufe** erfolgt mit diversen Testverfahren (Levene-Test, Kruskal-Wallis-Test) die **Zuordnung** zu einem der **Verteilungszeitmodelle** A1 bis D.

Die **zweite Stufe** der Stabilitätsbewertung wird mit den Analyse-Karten durchgeführt und führt zur **abschließenden Bewertung der Stabilität**.

Das Ergebnis der zweiten Stufe ist für die Einstufung der Merkmal-Verteilung in eine der Kategorien, *stabil* oder *nicht stabil*, entscheidend.

*Hinweis:* Es werden für die diversen Verteilungszeitmodelle unterschiedliche Analyse-Karten verwendet.

Die Stabilitätsbewertung anhand der Analyse-Qualitätsregelkarten hat Einfluss darauf, welche Anforderungen für ein Merkmal gelten.

**Für stabil eingestufte Merkmal-Verteilungen gelten in der Regel andere Anforderungen** bezüglich  $C_p/C_{pk}$  bzw.  $P_p/P_{pk}$  **als für instabil eingestufte Merkmal-Verteilungen.**

### DIN ISO 21 747 – Berechnungsmethode für Fähigkeitskennwerte M1

Für die Berechnung von Fähigkeitsindizes gibt es vier Methoden, die in der Norm DIN ISO 21 747 mit M1 bis M4 bezeichnet sind.

Methode	Berechnungsart
M1 <sub>i,d</sub>	Allgemeine geometrische Methode
M2 <sub>i,d,a</sub>	Explizite Berücksichtigung zusätzlicher Streuung
M3 <sub>i,d,a</sub>	Alternative Methode für die explizite Berücksichtigung zusätzlicher Streuung
M4	Überschreitungsanteil

**Tabelle 3-1: Bezeichnung der Berechnungsmethoden für Fähigkeitskennwerte (DIN ISO 21 747)**

Verwendet wird die Berechnungsmethode M1<sub>i,d</sub>. M1 steht für „Allgemeine geometrische Methode“. Die kleinen Buchstaben im Index sind Hinweise auf die verwendeten Methoden für die Lage- und Streuungsbereichsschätzung.

### Schätzer für die Lage l

Der Index l steht für den Lageschätzer. In DIN ISO 21 747 sind fünf Lageschätzer enthalten:

l	Bemerkung
1	Arithmetischer Mittelwert aller Einzelwerte
2	Median aller Einzelwerte
3	Median des an die Einzelwerte angepassten Verteilungsmodells
4	Mittelwert der Stichproben-Mittelwerte
5	Mittelwert der Stichproben-Median-Werte

Tabelle 3-2: Index für den Lageschätzer nach DIN ISO 21 747

In der Software ist für die Normalverteilung der Lageschätzer l = 1 eingestellt, also der arithmetische Mittelwert aus allen Werten  $\hat{\mu} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ . Für beliebige Verteilungen ist der Lageschätzer l=3, der Median des an die Merkmalswerte angepassten Verteilungsmodells, eingestellt.

### Schätzer für den Streubereich d

Der zweite Index d steht für den Streubereichsschätzer. In DIN ISO 21 747 sind sechs solcher Schätzer enthalten:

d	Streubereich $\hat{\Delta}$	Schätzer für Sigma
1	$\hat{\Delta} = 6\hat{\sigma}_1$	$\hat{\sigma}_1 = \sqrt{\frac{\sum s_i^2}{m}}$
2	$\hat{\Delta} = 6\hat{\sigma}_2$	$\hat{\sigma}_2 = \frac{\sum s_i}{mc_4}$
3	$\hat{\Delta} = 6\hat{\sigma}_3$	$\hat{\sigma}_3 = \frac{\sum R_i}{md_2}$
4	$\hat{\Delta} = 6\hat{\sigma}_4$	$\hat{\sigma}_4 = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2}$
5	$\hat{\Delta} = R$	entfällt
6	$\hat{\Delta} = \hat{X}_{99,865\%} - \hat{X}_{0,135\%}$	entfällt

Tabelle 3-3: Index für den Streuungsschätzer nach DIN ISO 21747

In der Software ist d = 6 eingestellt. Damit ist der verwendete Streubereich der Abstand zwischen dem 0,135 %-Quantil und dem 99,865 %-Quantil des an die Merkmalswerte angepassten Verteilungsmodells.



**Ermittlungsprinzip für den potenziellen Fähigkeitsindex  $C_p$  bzw.  $P_p$  nach der Methode  $M1_{3,6}$  gemäß DIN ISO 21 747**

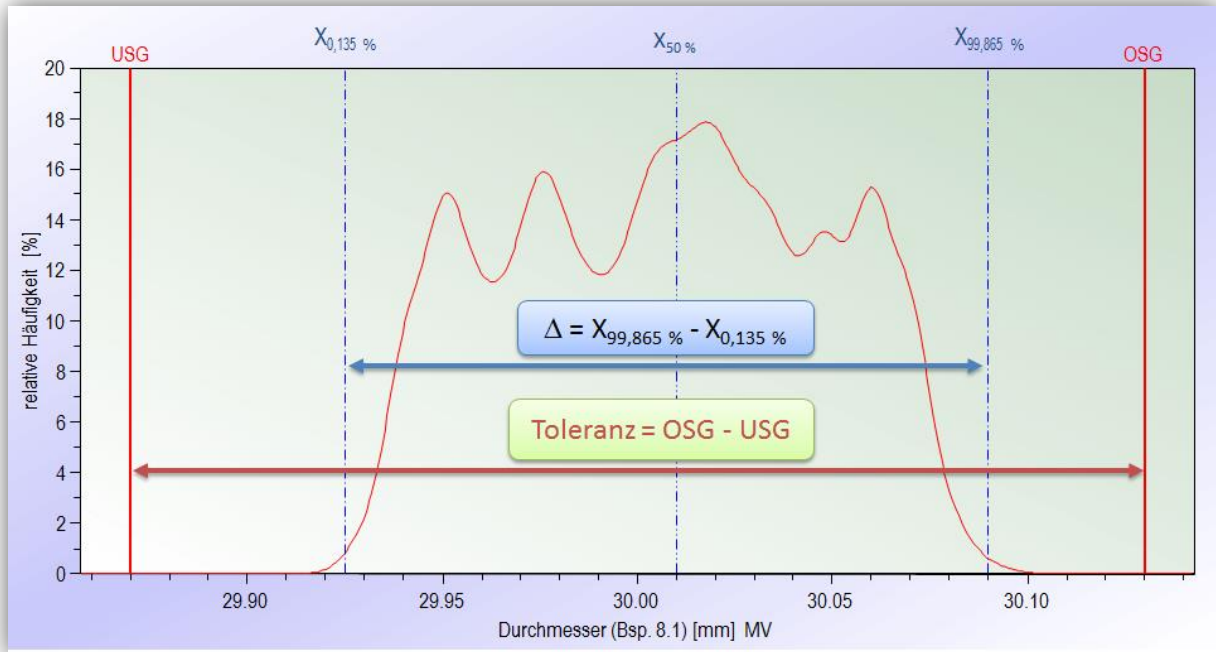


Abbildung 3-2: Potenzieller Fähigkeitsindex nach der Methode  $M1_{3,6}$  gemäß DIN ISO 21 747

**3-1 Potenzieller Fähigkeitsindex  $P_p$  bzw.  $C_p$  gemäß DIN ISO 21 747**

$$P_p = \frac{OSG - USG}{X_{99,865\%} - X_{0,135\%}}$$

*Hinweis:* Die Formel ist für die Indizes  $P_p$  und  $C_p$  gleich.

**Ermittlungsprinzip  $P_{pk}$  bzw.  $C_{pk}$  nach Methode M1<sub>3,6</sub> gemäß DIN ISO 21 747**

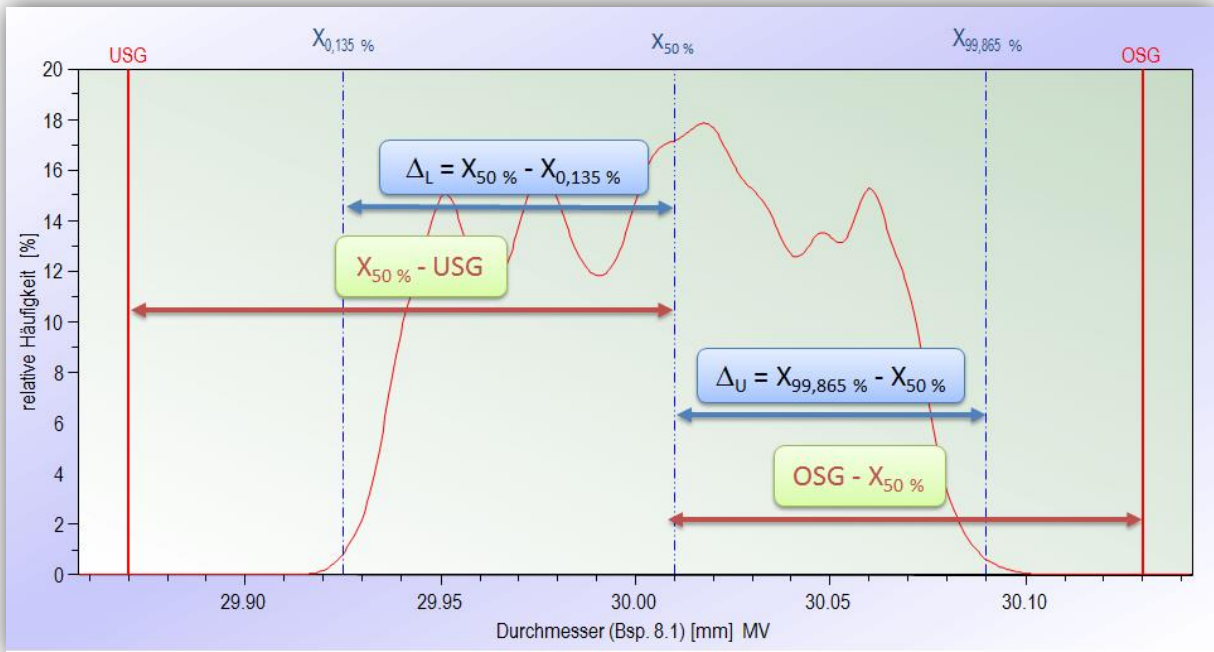


Abbildung 3-3: Ermittlungsprinzip des kritischen Fähigkeitsindexes  $P_{pk}$  bzw.  $C_{pk}$  nach DIN ISO 21 747

**3-2 Kritischer Index zur unteren Spezifikationsgrenze**

$$P_{pkL} = \frac{X_{50\%} - USG}{X_{50\%} - X_{0,135\%}}$$

**3-3 Kritischer Index zur oberen Spezifikationsgrenze**

$$P_{pkU} = \frac{OSG - X_{50\%}}{X_{99,865\%} - X_{50\%}}$$

**3-4 Kritischer Fähigkeitsindex  $P_{pk}$  bzw.  $C_{pk}$**

$$P_{pk} = \min\{P_{pkL}; P_{pkU}\}$$

Zunächst wird der kritische Index für die untere und obere Spezifikationsgrenze berechnet. Anschließend wird von beiden Werten der kleinere als kritischer Fähigkeitsindex übernommen.

*Hinweis:* Die Formeln sind für die Indizes  $P_{pk}$  und  $C_{pk}$  gleich. Bei der **Methode M1<sub>1,6</sub>** wird für den Lageparameter anstelle des Verteilungs-Median der Mittelwert eingesetzt.

**3.1 Verteilungszeitmodelle A1 und A1\***

Das Verteilungszeitmodell A1 bzw. A1\* ist eine Normalverteilung mit zeitlich konstant bleibenden Lage- und Streuungsparameter ( $\mu$  und  $\sigma$ ).

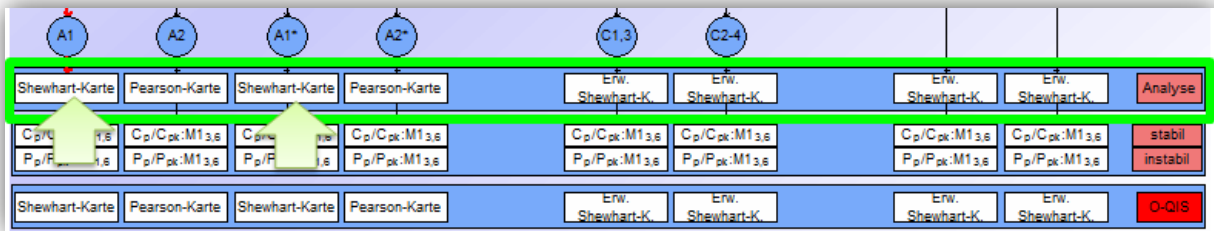


Abbildung 3-4: Verteilungszeitmodell A1 - Analyse

Nach der Einstufung der Merkmal-Verteilung in ein Verteilungszeitmodell wird die Stabilität des Lage- und Streuungsparameters abschließend mit einer Analyse-Qualitätsregelkarte beurteilt.

Für die Bewertung der Stabilität des Lageparameters der Merkmal-Verteilung ist die Shewhart Mittelwertkarte eingestellt und für die Bewertung der Stabilität des Streuungsparameters die Shewhart Standardabweichungskarte.

### 3.1.1 Analyse-Karte für die Lage: Shewhart Mittelwertkarte ( $\bar{x}$ -Karte)

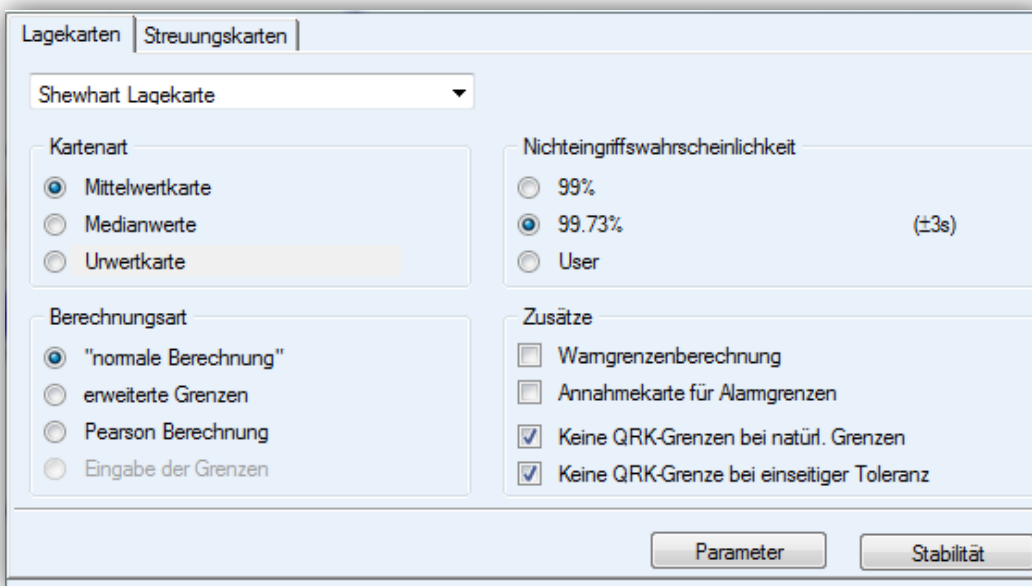


Abbildung 3-5: Konfiguration der Lagekarte

Für die Stabilitätsbeurteilung des Lageparameters ist die **Kartenart** Shewhart-Mittelwertkarte ( $\bar{x}$ -Karte) eingestellt.

### 3.1.1.1 Berechnungsart der Eingriffsgrenzen $\bar{x}$ -Karte

Die Ermittlung der Eingriffsgrenzen erfolgt mit der **Annahmewahrscheinlichkeit** (**Nichteingriffswahrscheinlichkeit**)  $P_a = 99,73\%$  nach der **Berechnungsart** „normale Berechnung“:

3-5 Obere Eingriffsgrenze nach Berechnungsart „normale Berechnung“  $OEG = \hat{\mu} + u_{99,865\%} \times \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}}$

3-6 Untere Eingriffsgrenze nach Berechnungsart „normale Berechnung“  $UEG = \hat{\mu} - u_{99,865\%} \times \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}}$

3-7 Schätzwert für den Streuungsparameter  $\hat{\sigma} = \sqrt{s^2}$

3-8 Schätzwert für den Lageparameter der Lagekarte  $\hat{\mu} = \bar{\bar{x}}$

3-9 Anzahl der Stichproben  $m = \frac{N}{n}$

Hier mit  $N$  = Anzahl der Werte des Merkmals und  $n$  = Stichprobenumfang, dessen Wert im Feld *Stichprobenumfang* in der Merkmalsmaske eingetragen ist. Das 99,865 %-Quantil der Standardnormalverteilung  $u_{99,865\%} = 3$ .

### 3.1.1.2 Stabilitätskriterien für die Shewhart $\bar{x}$ -Karte (Analyse-Karte)

Gemäß der **Stabilitätsbewertung nach der „Stufe 2“** darf die Summe der Eingriffsgrenzen-Verletzungen nicht die Streugrenzen des zweiseitigen 99 %-Zufallsstrebereiches der Binomialverteilung  $BV(P, m)$  überschreiten. Mit  $P = 100\% - 99,73\% = 0,27\%$  und  $m$  = Anzahl der Stichproben.

### 3.1.2 Analyse-Karte für die Streuung: Shewhart s-Karte

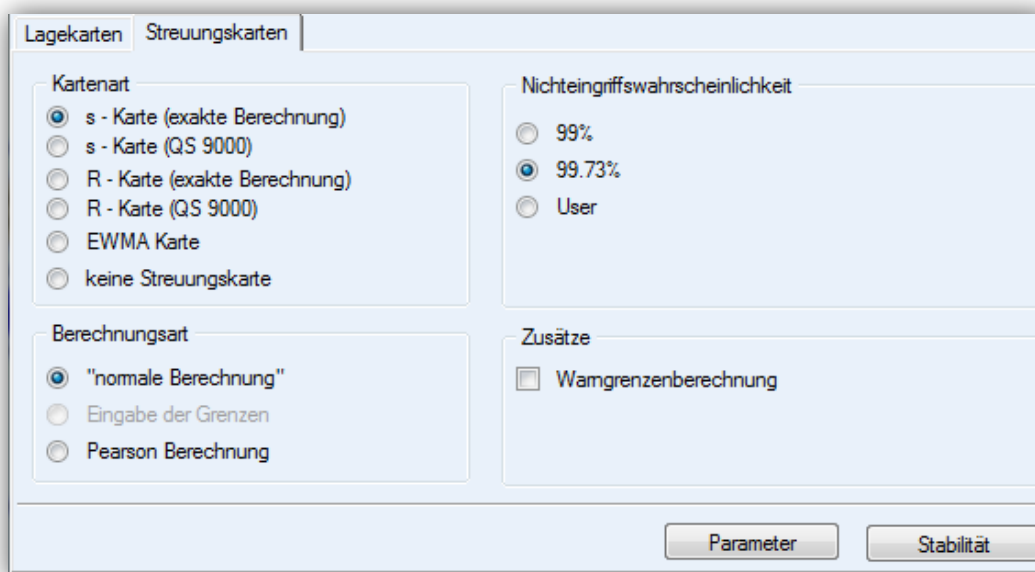


Abbildung 3-6: Konfiguration der Streuungskarte

Die Analyse-Karte für die Bewertung der Stabilität des Streuungsparameters ist die **Kartenart s-Karte**, also eine Standardabweichungskarte nach Shewhart.

### 3.1.2.1 Berechnungsart der Eingriffsgrenzen Shewhart s-Karte

Die Eingriffsgrenzen der s-Karte berechnet das Programm mit der **Annahmewahrscheinlichkeit (Nichteingriffswahrscheinlichkeit)**  $P_a = 99,73\%$  gemäß der **Berechnungsart** „normale Berechnung“ wie folgt:

3-10 Obere Eingriffsgrenze der s-Karte („normale Berechnung“)

$$\text{OEG} = \hat{\sigma} \times \sqrt{\frac{\chi_{99,865\%,f}^2}{f}}$$

3-11 Untere Eingriffsgrenze der s-Karte („normale Berechnung“)

$$\text{UEG} = \hat{\sigma} \times \sqrt{\frac{\chi_{0,135\%,f}^2}{f}}$$

3-12 Schätzwert für den Streuungsparameter

$$\hat{\sigma} = \sqrt{s^2}$$

3-13 Anzahl der Freiheitsgrade

$$f = n - 1$$

Sowohl der Wert des 99,865 %-Quantils der Chi-Quadrat-Verteilung  $\chi_{99,865\%,f}^2$  als auch der Wert des 0,135 %-Quantils  $\chi_{0,135\%,f}^2$  ist von der Anzahl der Freiheitsgrade  $f = n-1$  abhängig. Für den Stichprobenumfang  $n$  wird der Wert verwendet, der in der Merkmalsmaske im Feld *Stichprobenumfang* eingetragen ist.

### 3.1.2.2 Stabilitätskriterium für die Shewhart s-Karte (Analyse-Karte)

Gemäß der **Stabilitätsbewertung nach der „Stufe 2“** darf die Summe der Eingriffsgrenzen-Verletzungen nicht die Streugrenzen des einseitig nach oben begrenzten 99 %-Zufallsstrebereiches der Binomialverteilung  $BV(P, m)$  überschreiten. Mit  $P=0,135\%$  und  $m =$  Anzahl der Stichproben.

3.1.3 Verteilungszeitmodelle A1 und A1\* – stabil/instabil

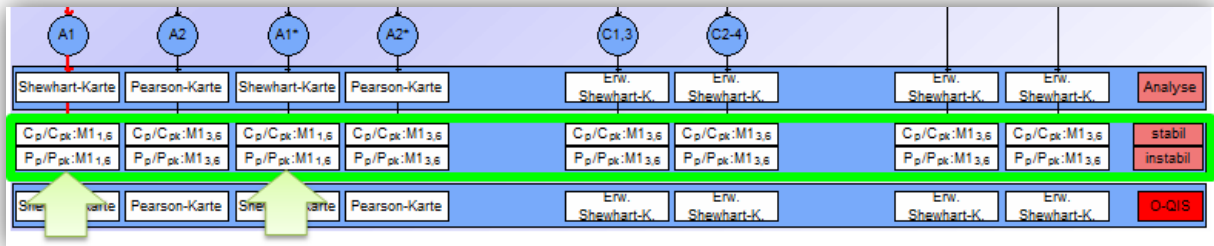


Abbildung 3-8: Verteilungszeitmodell A1 und A1\* - stabil-instabil

Mit einem Mausklick auf die Kästchen mit den Beschriftungen  $C_p/C_{pk} M1_{1,6}$  bzw.  $P_p/P_{pk} M1_{1,6}$  öffnet sich das Dialogfenster *C-Wert-Funktion*. Hier lässt sich einstellen bzw. einsehen, welche Berechnungsmethode für die Fähigkeitskennwerte verwendet werden soll.

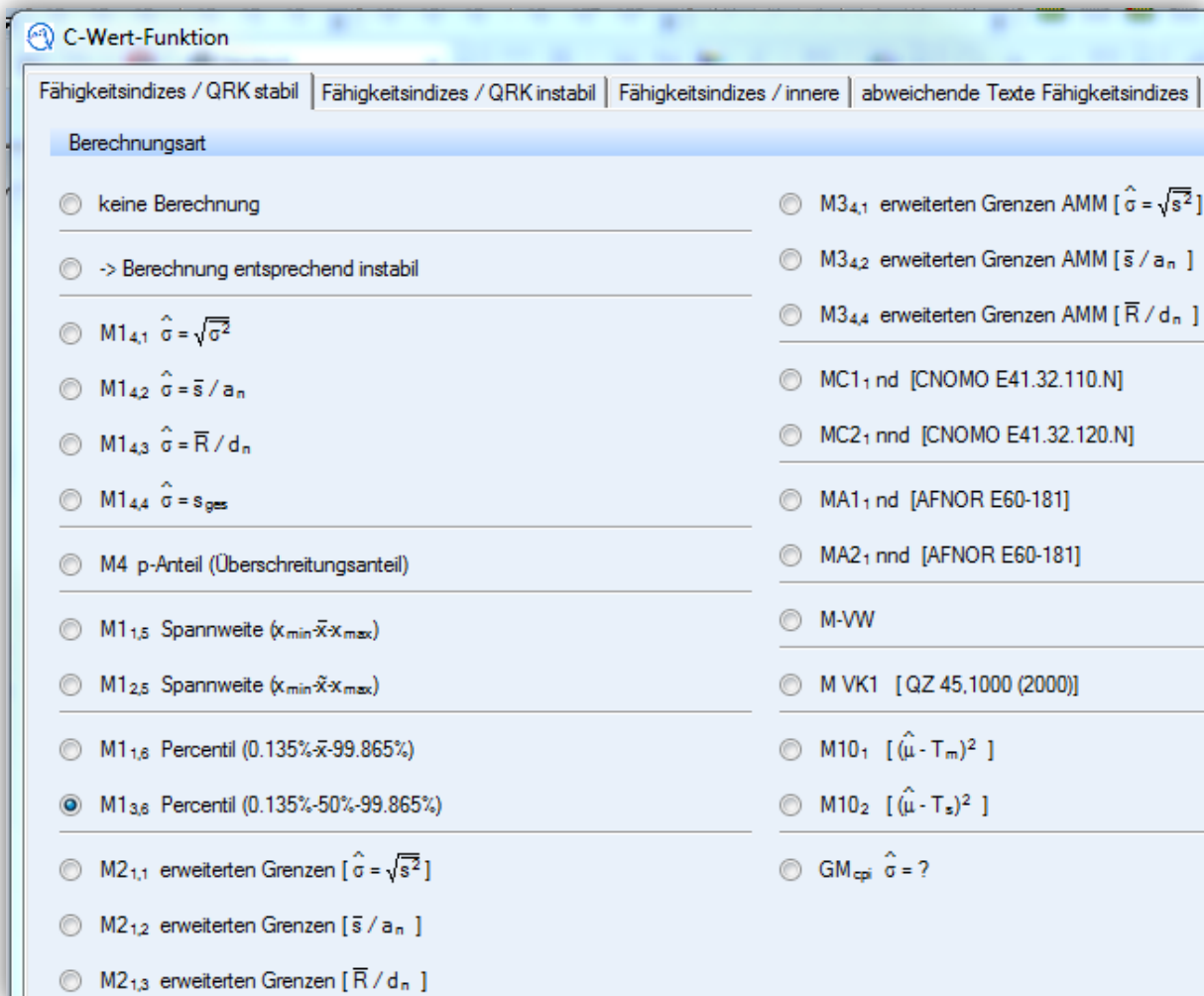


Abbildung 3-9: Dialogfenster C-Wert-Funktion

Die **Berechnungsmethoden** – Bedeutung der Notation und Formeln für die Indizes - sind einleitend zu Beginn dieses Kapitels beschrieben. Eingestellt ist die Methode **M1<sub>3,6</sub>**.

3.1.3.1 Verteilungszeitmodelle A1 und A1\* – Q-QIS

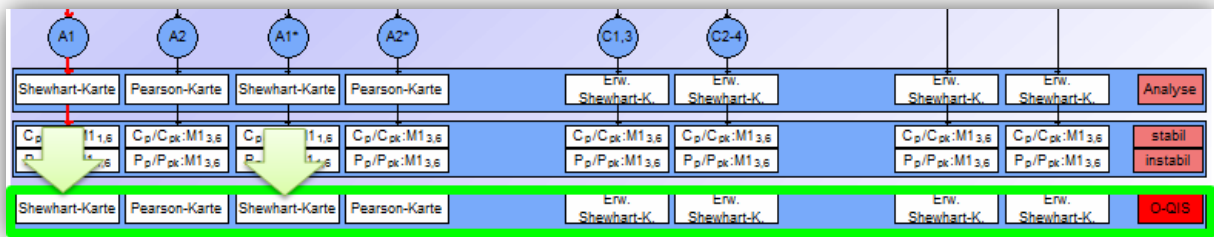


Abbildung 3-10: Verteilungszeitmodell A1 - Q-QIS

Für das Führen von Online-Qualitätsregelkarten ist das Programm Q-QIS gedacht. Vorbereitend lassen sich mit dem Programm qs-STAT Online-Qualitätsregelkarten berechnen, die dann in den Datensatz abgespeichert werden können. Wird diese Datei anschließend mit dem Programm Q-QIS geöffnet, so wird auch die Online-Qualitätsregelkarte importiert. Weitere Einzelheiten zur Arbeit mit Qualitätsregelkarten im Programm Q-QIS können Sie der Dokumentation zum Programm Q-QIS entnehmen.

Die Einstellungen für die Online-QRK sind identisch mit den Einstellungen der Analyse-Karten, weshalb der an Einzelheiten interessierte Leser auf die Abschnitte **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** und 3.1.2 verwiesen wird.

Abbildung 3-11: Q-QIS Lagekarte (Verteilungszeitmodell A1)

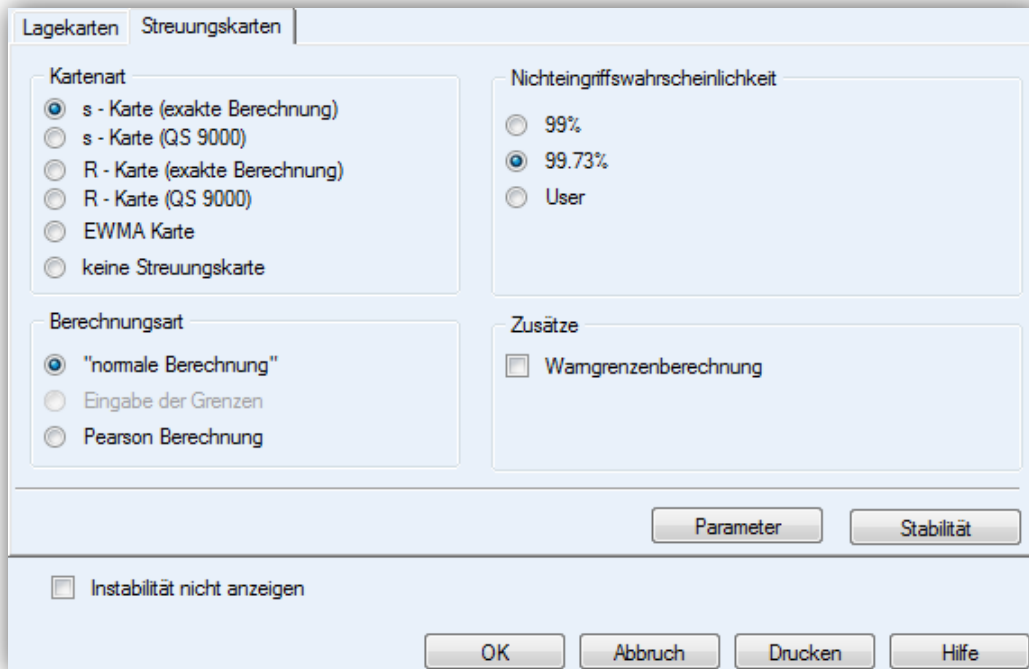


Abbildung 3-12: Q-QIS Streuungskarte (Verteilungszeitmodell A1)

### 3.2 Verteilungszeitmodelle A2 und A2\*

Das für das Merkmal ausgewählte Verteilungsmodell ist eine nicht normalverteilte unimodale Verteilung, also entweder eine *logarithmische Normalverteilung* oder eine der *Betragsverteilungen* oder eine *Weibullverteilung*. Die genannten Modelle sind für schiefe (asymmetrische) Häufigkeitsverteilungen geeignet.

A1	A2	A1*	A2*	C1,3	C2-4				
Shewhart-Karte	Pearson-Karte	Shewhart-Karte	Pearson-Karte	Erw. Shewhart-K.	Erw. Shewhart-K.	Erw. Shewhart-K.	Erw. Shewhart-K.	Analyse	
$C_p/C_{pk}:M1_{1,6}$	$C_p/M1_{3,6}$	$C_p/C_{pk}:M1_{1,6}$	$C_p/M1_{3,6}$	$C_p/C_{pk}:M1_{3,6}$	$C_p/C_{pk}:M1_{3,6}$	$C_p/C_{pk}:M1_{3,6}$	$C_p/C_{pk}:M1_{3,6}$	stabil	
$P_p/P_{pk}:M1_{1,6}$	$P_p/M1_{3,6}$	$P_p/P_{pk}:M1_{1,6}$	$P_p/M1_{3,6}$	$P_p/P_{pk}:M1_{3,6}$	$P_p/P_{pk}:M1_{3,6}$	$P_p/P_{pk}:M1_{3,6}$	$P_p/P_{pk}:M1_{3,6}$	instabil	
Shewhart-Karte	Pearson-Karte	Shewhart-Karte	Pearson-Karte	Erw. Shewhart-K.	Erw. Shewhart-K.	Erw. Shewhart-K.	Erw. Shewhart-K.	Q-QIS	

Abbildung 3-13: Verteilungszeitmodell A2 und A2\* – Analyse

Für die Stabilitätsbewertung des Lageparameters  $\mu$  der Merkmal-Verteilung wird eine Johnson-Mittelwertkarte (alias Pearson-Karte) verwendet und für die Bewertung der Stabilität des Streuungsparameters eine Shewhart s-Karte.



### 3.2.1 Analyse-Karte für die Lage: Johnson-Mittelwertkarte

Abbildung 3-14: Die Analyse-Lagekarte ist eine Johnson-Mittelwertkarte (alias *Pearson-Karte*)

Die verwendete **Kartenart** ist eine Mittelwert-Karte. Der Schätzwert für den **Lageparameter**  $\mu$  der Analyse-Mittelwertkarte ist der Mittelwert aller Stichprobenmittelwerte:

3-14 Schätzwert für den Lageparameter 
$$\hat{\mu} = \bar{\bar{x}} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \bar{x}_i$$

#### 3.2.1.1 Berechnungsart der Eingriffsgrenzen der Johnson-Karte

Die **Berechnungsart** für die Eingriffsgrenzen ist die Johnson-Berechnung (alias Pearson-Berechnung). Es wird an die Stichproben-Mittelwerte eine Johnson-Verteilung angepasst und für die **Annahmewahrscheinlichkeit (Nichteingriffswahrscheinlichkeit)**

$P_a = 99,73\%$  die Eingriffsgrenzen bestimmt:

- OEG = 99,865 %-Quantil der an die Stichproben-Mittelwerte angepassten Johnson-Verteilung
- UEG = 0,135 %-Quantil der an die Stichproben-Mittelwerte angepassten Johnson-Verteilung

Das Programm ist so eingestellt, dass es bei einem Merkmal mit nur einer Spezifikationsgrenze nur die Eingriffsgrenze für die spezifizierte Seite anzeigt.

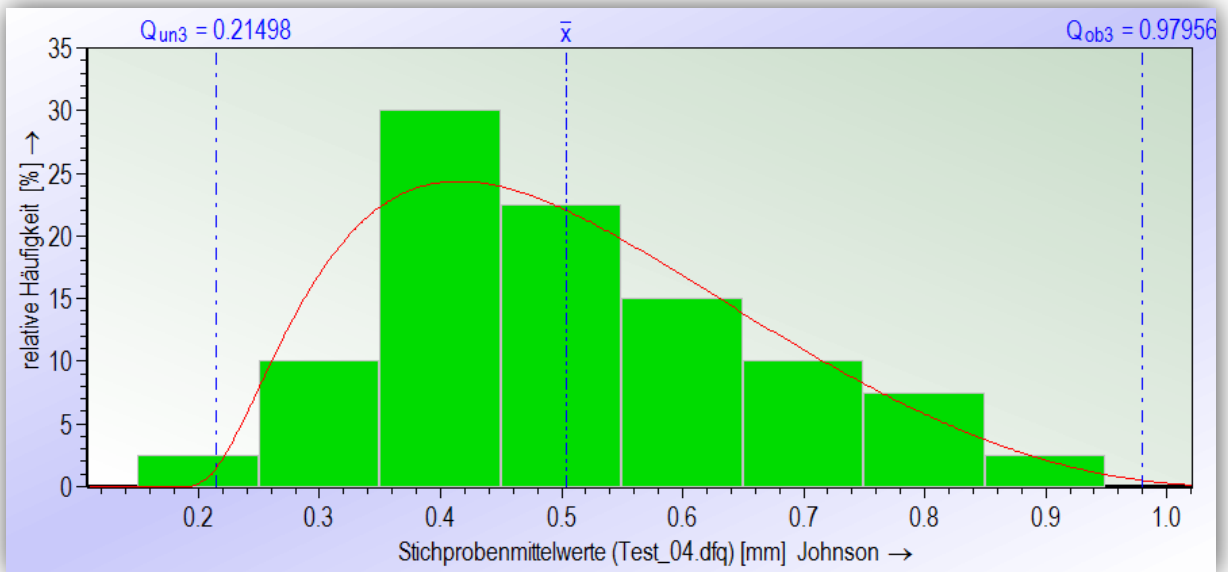


Abbildung 3-15: Beispiel für die Eingriffsgrenzen-Ermittlung (Test\_04.dfq) mit einer an die Stichproben-Mittelwerte angepassten Johnson-Verteilung ( $Q_{un3} = 0,135$  %-Quantil und  $Q_{ob3} = 99,865$  %-Quantil)

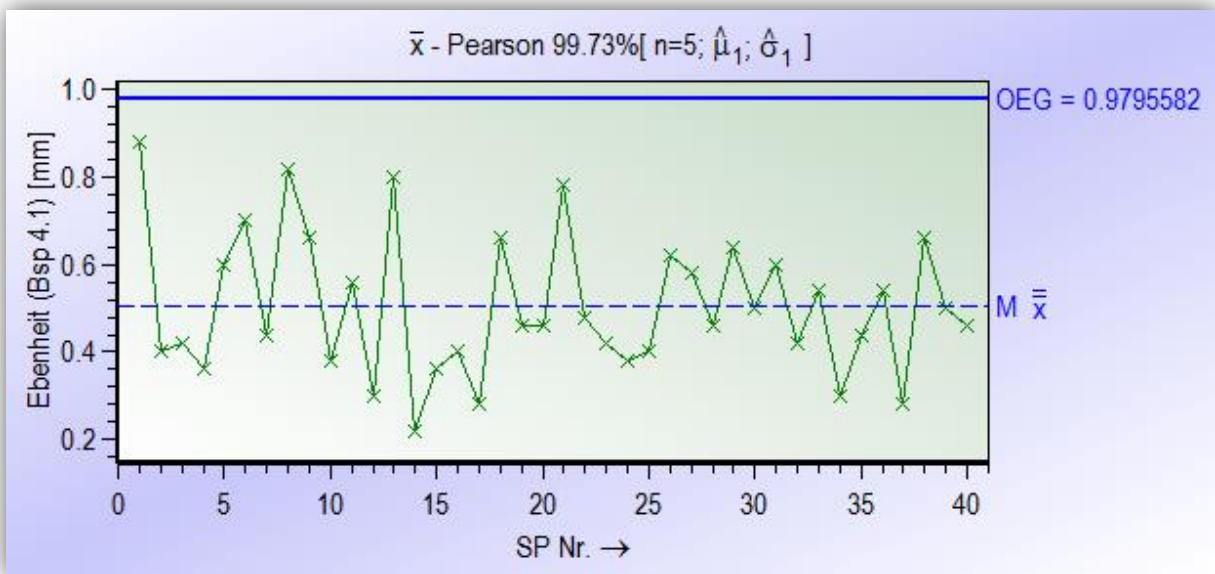


Abbildung 3-16: Johnson-Mittelwertkarte zum Beispiel Test\_04.dfq (alias Pearson-Karte)

Die in Abbildung 3-16 dargestellte Johnson-Karte enthält nur eine obere Eingriffsgrenze, da es sich bei dem Testdatensatz Test\_04.dfq um ein einseitig nach oben spezifiziertes Merkmal handelt.

### 3.2.1.2 Stabilitätskriterien der Johnson-Karte (alias Pearson-Karte)

Für die **Stabilitätsbewertung** der Lagekarte ist die „Stufe 2“ eingestellt:

Die Summe der Eingriffsgrenzen-Verletzungen überschreitet nicht die Grenzen des zweiseitigen 99 %-Zufallsstrebereiches der Binomialverteilung  $BV(P, m)$  mit  $P = 100\% - 99,73\% = 0,27\%$  und  $m = \text{Anzahl der Stichproben}$ .

### 3.2.2 Analyse-Karte für die Streuung: Shewhart s-Karte

Die eingestellte **Kartenart** ist die Shewhart Standardabweichungskarte (s-Karte).

The screenshot shows a software window with two tabs: 'Lagekarten' and 'Streuungskarten'. Under 'Streuungskarten', there are four sections:

- Kartenart:** Radio buttons for 's - Karte (exakte Berechnung)' (selected), 's - Karte (QS 9000)', 'R - Karte (exakte Berechnung)', 'R - Karte (QS 9000)', 'EWMA Karte', and 'keine Streuungskarte'.
- Nichteingriffswahrscheinlichkeit:** Radio buttons for '99%', '99.73%' (selected), and 'User'.
- Berechnungsart:** Radio buttons for '"normale Berechnung"' (selected), 'Eingabe der Grenzen', and 'Pearson Berechnung'.
- Zusätze:** A checkbox for 'Wamgrenzenberechnung' which is unchecked.

Abbildung 3-17: Einstellungen für die Analyse-Streuungskarte (s-Karte)

Der Schätzwert für den **Streuungsparameter** ist die Wurzel aus dem Mittelwert der Stichproben-Varianzen:

#### 3-15 Schätzer für den Streuungsparameter der s-Karte

$$\hat{\sigma} = \sqrt{s^2}$$

#### 3.2.2.1 Berechnungsart der Eingriffsgrenzen der s-Karte

Die **Berechnungsart** zur Bestimmung der Eingriffsgrenzen beruht auf der Chi-Quadrat-Verteilung („normale Berechnung“), mit der **Annahmewahrscheinlichkeit (Nichteingriffswahrscheinlichkeit)**  $P_a = 1 - \alpha = 99,73\%$ .

#### 3-16 Untere Eingriffsgrenze der s-Karte („normale Berechnung“)

$$UEG = \hat{\sigma} \times \sqrt{\frac{\chi_{0,135\%,f}^2}{f}}$$

#### 3-17 Obere Eingriffsgrenze der s-Karte („normale Berechnung“)

$$OEG = \hat{\sigma} \times \sqrt{\frac{\chi_{99,865\%,f}^2}{f}}$$

#### 3-18 Anzahl der Freiheitsgrade

$$f = n - 1$$

Sowohl der Wert des 99,865 %-Quantils der Chi-Quadrat-Verteilung  $\chi_{99,865\%,f}^2$  als auch der Wert des 0,135 %-Quantils  $\chi_{0,135\%,f}^2$  ist von der Anzahl der Freiheitsgrade  $f = n - 1$  abhängig. Für den Stichprobenumfang  $n$  wird der Wert verwendet, der in der Merkmalsmaske im Feld *Stichprobenumfang* eingetragen ist.

#### 3.2.2.2 Stabilitätskriterium für die Shewhart s-Karte (Analyse-Karte)

Gemäß der **Stabilitätsbewertung nach der „Stufe 2“** darf die Summe der Eingriffsgrenzen-Verletzungen nicht die Streugrenzen des einseitig nach oben begrenzten 99 %-Zufallsstrebereiches der Binomialverteilung  $BV(P, m)$  überschreiten. Mit  $P = 0,135\%$  und  $m = \text{Anzahl der Stichproben}$ .

### 3.3 Verteilungszeitmodelle $C_{2,4}$ , B und D

Wird über die numerischen Testverfahren die Merkmal-Verteilungen in eines der Verteilungszeitmodelle  $C_{2,4}$ , B oder D eingestuft, so wird für das Merkmal das Verteilungsmodell *Mischverteilung* ausgewählt. Streng genommen ist die Mischverteilung keine Wahrscheinlichkeitsverteilung im klassischen Sinne.

#### 3.3.1 Analyse-Karte für die Lage: Erweiterte Shewhart Karte

Bei den Verteilungszeitmodellen C1 bis C4, B und D ist für die Stabilitätsbewertung des Lageparameters eine Shewhart Mittelwertkarte mit erweiterten Eingriffsgrenzen eingestellt.

The screenshot shows a configuration window for a Shewhart control chart. The window is titled "Lagekarten | Streuungskarten" and contains a dropdown menu set to "Shewhart Lagekarte". Below this, there are four main sections:

- Kartenart:** Three radio buttons are present: "Mittelwertkarte" (selected), "Medianwerte", and "Urwertkarte".
- Nichteingriffswahrscheinlichkeit:** Three radio buttons are present: "99%", "99.73%" (selected, with "(±3s)" next to it), and "User".
- Berechnungsart:** Four radio buttons are present: "'normale Berechnung'", "erweiterte Grenzen" (selected), "Pearson Berechnung", and "Eingabe der Grenzen".
- Zusätze:** Four checkboxes are present: "Warngrenzenberechnung" (unchecked), "Annahmekarte für Alarmgrenzen" (unchecked), "Keine QRK-Grenzen bei natürl. Grenzen" (checked), and "Keine QRK-Grenze bei einseitiger Toleranz" (checked).

At the bottom right of the window, there are two buttons: "Parameter" and "Stabilität".

Abbildung 3-18: Konfiguration der Shewhart Mittelwertkarte mit erweiterten Eingriffsgrenzen

Die eingestellte **Kartenart** ist eine Shewhart Mittelwertkarte mit erweiterten Eingriffsgrenzen. Für die Berechnung der Eingriffsgrenzen ist die **Annahmewahrscheinlichkeit (Nichteingriffswahrscheinlichkeit)**  $P_a = 99,73 \%$  eingestellt.

### 3.3.1.1 Ermittlung der äußeren Standardabweichung $\hat{\sigma}_A$

Mit der einfachen **Varianzanalyse für zufällige Effekte** wird die Gesamt-Varianz eines Merkmals in die beiden Varianzkomponenten (1) innere Varianz (Zufallsstreuung der Einzelwerte um den Stichproben-Mittelwert) und (2) äußere Varianz (Streuung der Stichprobenmittelwerte um den Gesamt-Mittelwert) zerlegt.

ANOVA			
Streuung innerhalb der Stichproben	=	$s_1^2$	0.000093687
Zusätzliche Streuung zwischen den Stichproben	=	$s_A^2$	0.000064438

Abbildung 3-19: Beispiel - Zerlegung Gesamtvarianz in (1) innere und (2) äußere Varianz (Test\_01.dfq)

Die aus der äußeren Varianz ermittelte Standardabweichung wird für die Berechnung des Erweiterungsbereiches im folgenden Absatz verwendet.

#### 3-19 Schätzwert für die äußere Streuung

$$\hat{\sigma}_A = \sqrt{s_A^2}$$

### 3.3.1.2 Ermittlung der Eingriffsgrenzen

Klickt man im Konfigurationsfenster für die Shewhart Mittelwertkarte (siehe Abbildung 3-18) auf die Schaltfläche *Parameter*, so erscheint das Dialogfenster für die Einstellungen der verwendeten Parameter für die Eingriffsgrenzenberechnung.

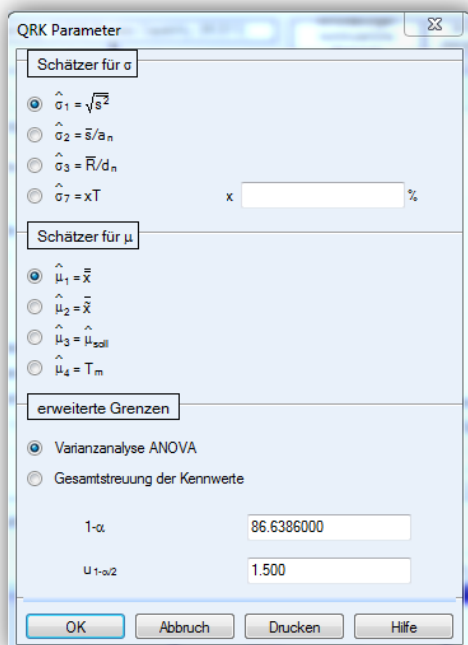


Abbildung 3-20: Parameter der Shewhart Mittelwertkarte mit erweiterten Eingriffsgrenzen

Wie man anhand des Fensters erkennt (*erweiterte Grenzen*), entspricht die Erweiterung der Eingriffsgrenzen dem 86,64 %-Streubereich der äußeren Streuung ( $\pm 1,5 \times \hat{\sigma}_A$ ).

## 3-20 Obere Eingriffsgrenze

$$\text{OEG} = \hat{\mu} + 1,5 \times \hat{\sigma}_A + u_{99,865\%} \times \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}}$$

## 3-21 Untere Eingriffsgrenze

$$\text{UEG} = \hat{\mu} - 1,5 \times \hat{\sigma}_A - u_{99,865\%} \times \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}}$$

## 3-22 Schätzwert für Sigma

$$\hat{\sigma} = \sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{1}{m} \sum s_i^2}$$

3-23 Schätzwert für  $\mu$ 

$$\hat{\mu} = \bar{\bar{x}} = \frac{1}{m} \sum \bar{x}_i$$

## 3-24 Anzahl der Stichproben

$$m = \frac{N}{n}$$

Mit N = Gesamtwerteanzahl und n = Stichprobenumfang (Merkmalsmaske: *Stichprobenumfang*).

*Hinweis:* Das 99,865 %-Quantil der Standardnormalverteilung  $u_{99,865\%} = 3$ .

## 3.3.1.3 Stabilitätskriterien für die erweiterte Shewhart Mittelwertkarte

Für die **Stabilitätsbewertung** der Lagekarte ist die „Stufe 2“ eingestellt:

Die Summe der Eingriffsgrenzen-Verletzungen überschreitet nicht die Grenzen des zweiseitigen 99 %-Zufallsstrebereiches der Binomialverteilung BV(P, m) mit P = 0,27 % und m = Anzahl Stichproben.

## 3.3.2 Analyse-Karte für die Streuung: Shewhart s-Karte

Die eingestellte **Kartenart** ist die Shewhart Standardabweichungskarte (s-Karte).

The screenshot shows a software configuration window for control charts. It has two tabs: 'Lagekarten' and 'Streuungskarten', with 'Streuungskarten' selected. The window is divided into four sections:

- Kartenart:** Radio buttons for 's - Karte (exakte Berechnung)' (selected), 's - Karte (QS 9000)', 'R - Karte (exakte Berechnung)', 'R - Karte (QS 9000)', 'EWMA Karte', and 'keine Streuungskarte'.
- Nichteingriffswahrscheinlichkeit:** Radio buttons for '99%', '99.73%' (selected), and 'User'.
- Berechnungsart:** Radio buttons for '"normale Berechnung"' (selected), 'Eingabe der Grenzen', and 'Pearson Berechnung'.
- Zusätze:** A checkbox for 'Wamgrenzenberechnung' which is currently unchecked.

Abbildung 3-21: Einstellungen für die Analyse-Streuungskarte (s-Karte)

Der Schätzwert für den **Streuungsparameter** ist die Wurzel aus dem Mittelwert der Stichproben-Varianzen:

### 3-25 Schätzer für den Streuungsparameter der s-Karte

$$\hat{\sigma} = \sqrt{s^2}$$

#### 3.3.2.1 Berechnungsart der Eingriffsgrenzen der s-Karte

Die **Berechnungsart** zur Bestimmung der Eingriffsgrenzen beruht auf der Chi-Quadrat-Verteilung („normale Berechnung“), mit der **Annahmewahrscheinlichkeit (Nichteingriffswahrscheinlichkeit)**  $P_a = 1 - \alpha = 99,73 \%$ .

#### 3-26 Untere Eingriffsgrenze der s-Karte („normale Berechnung“)

$$UEG = \hat{\sigma} \times \sqrt{\frac{\chi_{0,135\%,f}^2}{f}}$$

#### 3-27 Obere Eingriffsgrenze der s-Karte („normale Berechnung“)

$$OEG = \hat{\sigma} \times \sqrt{\frac{\chi_{99,865\%,f}^2}{f}}$$

#### 3-28 Anzahl der Freiheitsgrade

$$f = n - 1$$

Sowohl der Wert des 99,865 %-Quantils der Chi-Quadrat-Verteilung  $\chi_{99,865\%,f}^2$  als auch der Wert des 0,135 %-Quantils  $\chi_{0,135\%,f}^2$  ist von der Anzahl der Freiheitsgrade  $f = n - 1$  abhängig. Für den Stichprobenumfang  $n$  wird der Wert verwendet, der in der Merkmalsmaske im Feld *Stichprobenumfang* eingetragen ist.

#### 3.3.2.2 Stabilitätskriterien für die Shewhart s-Karte

Gemäß der **Stabilitätsbewertung nach der „Stufe 2“** darf die Summe der Eingriffsgrenzen-Verletzungen nicht die Streugrenzen des einseitig nach oben begrenzten 99 %-Zufallsstrebereiches der Binomialverteilung  $BV(P, m)$  überschreiten. Mit  $P=0,135 \%$  und  $m =$  Anzahl der Stichproben.

## 4 Anforderungen

Hier sind die Anforderungen bezüglich der Fähigkeitsbewertung eingestellt, die für die Einstufung eines Merkmals in eine der Kategorien *fähig*, *bedingt fähig* oder *nicht fähig* von Bedeutung sind.

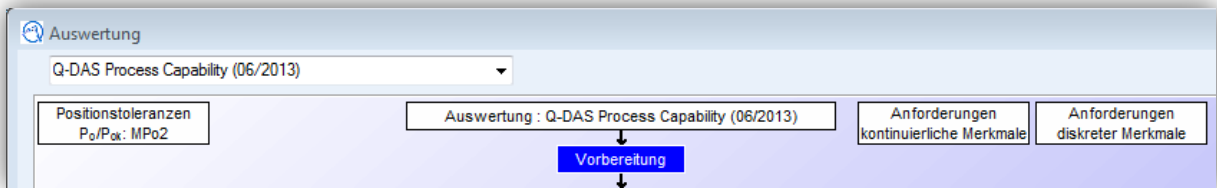


Abbildung 4-1: Symbole für die Anforderungen

Mit einem Mausklick auf eines der Symbole *Anforderungen kontinuierliche Merkmale*, *Anforderungen diskrete Merkmale* und *Positionstoleranzen Po/Pok:MPo2* wird das zugehörige Dialogfenster aufgerufen, in dem die Anforderungen eingesehen bzw. eingestellt werden können.



## 4.1 Anforderungen kontinuierliche Merkmale

### 4.1.1 Register Sollwerte QRK stabil

The screenshot shows the 'Anforderungen' (Requirements) dialog box in a software application. It is divided into several sections for setting requirements for different types of characteristics.

**Fähigkeitsindizes (Stabil):**

- C-Wert soll ausgegeben werden
- normalverteilte Merkmale: min. Werte: 125, min. Stichproben: 25
- nicht-normalverteilte Merkmale: min. Werte: 125, min. Stichproben: 25

Merkmalsklasse	unwichtig	weniger wichtig	wichtig	signifikant	kritisch	Bezeichnung	Index
potentieller Fähigkeitsindex	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	C	p
kritischer Fähigkeitsindex	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	C	pk
intrinsischer Fähigkeitsindex	2	2	2	2	2	CAM	

**Vorläufige Fähigkeitsindizes:**

- C-Wert soll ausgegeben werden
- normalverteilte Merkmale: min. Werte: 10, min. Stichproben: 2
- nicht-normalverteilte Merkmale: min. Werte: 10, min. Stichproben: 2

Merkmalsklasse	unwichtig	weniger wichtig	wichtig	signifikant	kritisch	Bezeichnung	Index
potentieller Fähigkeitsindex	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	C	p
kritischer Fähigkeitsindex	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	C	pk
intrinsischer Fähigkeitsindex	2	2	2	2	2	CAM	

**Vorgehen bei wenigen Werten:**

- Sollwerte automatisch anpassen Grenze: 50
  - unabhängig von Cp und Cpk
  - Cp auf Cpk erhöhen
  - Cpk auf Cp erniedrigen
- Wamgrenze für zu wenig Werte Grenze: 50

Vertrauensniveau für Fähigkeitsindizes: 95 %  
 Vertrauensniveau für Anpassung Sollwerte: 95 %

Abbildung 4-2: Anforderungen an stabil eingestufte Merkmale (Sollwerte/QRK stabil)

Für Merkmal-Verteilungen, bei denen sowohl der Lage- als auch der Streuungsparameter anhand der Analyse-Karte als stabil eingestuft worden ist, gelten die hier sichtbaren Mindestwerte für die Fähigkeitskennwerte bzw. Mindestanzahl an Werten.

#### 4.1.1.1 Fähigkeitsindizes

Diese werden berechnet, wenn die Anzahl der Werte des Merkmals mindestens 125 beträgt. Die Mindestwerte sind für normalverteilte und nicht normalverteilte Merkmalswerte gleich eingestellt.

Die Bezeichnung der Kennwerte ist konform zur Norm DIN ISO 21 747 für den potenziellen Fähigkeitsindex  $C_p$  und für den kritischen Fähigkeitsindex  $C_{pk}$ .

#### 4.1.1.2 Vorläufige Fähigkeitsindizes

Vorläufige Fähigkeitskennwerte werden ab einem Mindestumfang von  $N = 10$  Werten berechnet. Genauer: es müssen mindestens zwei Stichproben zu je fünf Werten vorliegen, damit überhaupt ein Fähigkeitskennwert ausgegeben wird.

Die Bezeichnung der Kennwerte ist konform zur Norm DIN ISO 21 747 für den potenziellen Fähigkeitsindex  $C_p$  und für den kritischen Fähigkeitsindex  $C_{pk}$ .

#### 4.1.1.3 Warngrenze für zu wenig Werte (Grenze für bedingt fähig)

Unterschreitet die Anzahl der Werte die Grenze 50 Werte, so wird programmintern automatisch der Sollwert für den Fähigkeitskennwert erhöht.

Der Erhöhungsbetrag orientiert sich an dem Vertrauensbereich für den Fähigkeitskennwert. Ganz allgemein gilt, dass für eine kleine Anzahl an Werten breitere Vertrauensbereiche entstehen als für eine große Anzahl an Werten.

Ist die Anzahl der Werte kleiner als 50, werden die Anforderungen für die Fähigkeitskennwerte automatisch angehoben (Höhere Mindestwerte für  $C_p$  und  $C_{pk}$ ).

#### 4.1.1.4 Vertrauensbereiche für den potenziellen Fähigkeitskennwert $C_p$

Die Gleichungen zur Bestimmung der Vertrauensbereichsgrenzen des zweiseitigen 95 %-Vertrauensbereichs für den potenziellen Fähigkeitsindex lauten:

##### 4-1 Untere Vertrauensbereichsgrenze für $C_p$

$$\hat{C}_p \sqrt{\frac{\chi_{2,5\% f}^2}{f}}$$

##### 4-2 Obere Vertrauensbereichsgrenze für $C_p$

$$\hat{C}_p \sqrt{\frac{\chi_{97,5\% f}^2}{f}}$$

Mit den Freiheitsgraden  $f = N-1$ , wobei  $N$  die Anzahl der Werte des Merkmals ist.

#### 4.1.1.5 Vertrauensbereich für den kritischen Fähigkeitskennwert $C_{pk}$

Die Formeln zur Ermittlung der Vertrauensbereichsgrenzen des zweiseitigen 95 %-Vertrauensbereichs für den kritischen Fähigkeitskennwert  $C_{pk}$  lauten:

##### 4-3 Untere Vertrauensbereichsgrenze für $C_{pk}$

$$\hat{C}_{pk} - u_{97,5\%} \times \sqrt{\frac{(\hat{C}_{pk})^2}{2 \times (N-1)} + \frac{1}{9 \times N}}$$

##### 4-4 Obere Vertrauensbereichsgrenze für $C_{pk}$

$$\hat{C}_{pk} + u_{97,5\%} \times \sqrt{\frac{(\hat{C}_{pk})^2}{2 \times (N-1)} + \frac{1}{9 \times N}}$$

Die **automatische Erhöhung des Mindestwertes für  $C_p$  bzw.  $C_{pk}$**  erfolgt, wenn die Anzahl der Werte unterhalb der Grenze 50 liegt. Die Formel zur Ermittlung des angepassten Sollwertes ist:

4-5 Anpassung Sollwert  $C_{pk}$ 

$$C_{PK-Soll} \times \frac{\left(1 + \frac{1}{2n}\right)}{\left(1 + \frac{1}{2n_{gr}}\right)} \times \sqrt{\frac{(n-1) \times \chi_{\alpha, n_{gr}-1}^2}{(n_{gr}-1) \times \chi_{\alpha, n-1}^2}}$$

Mit:

$C_{PK-Soll}$  = Ursprünglicher Mindestwert für  $C_{pk}$

$n_{gr}$  = Grenzwert für die Anzahl Werte, unterhalb dessen der  $C_{pk}$ -Sollwert erhöht werden soll

$n$  = Tatsächliche Anzahl Werte

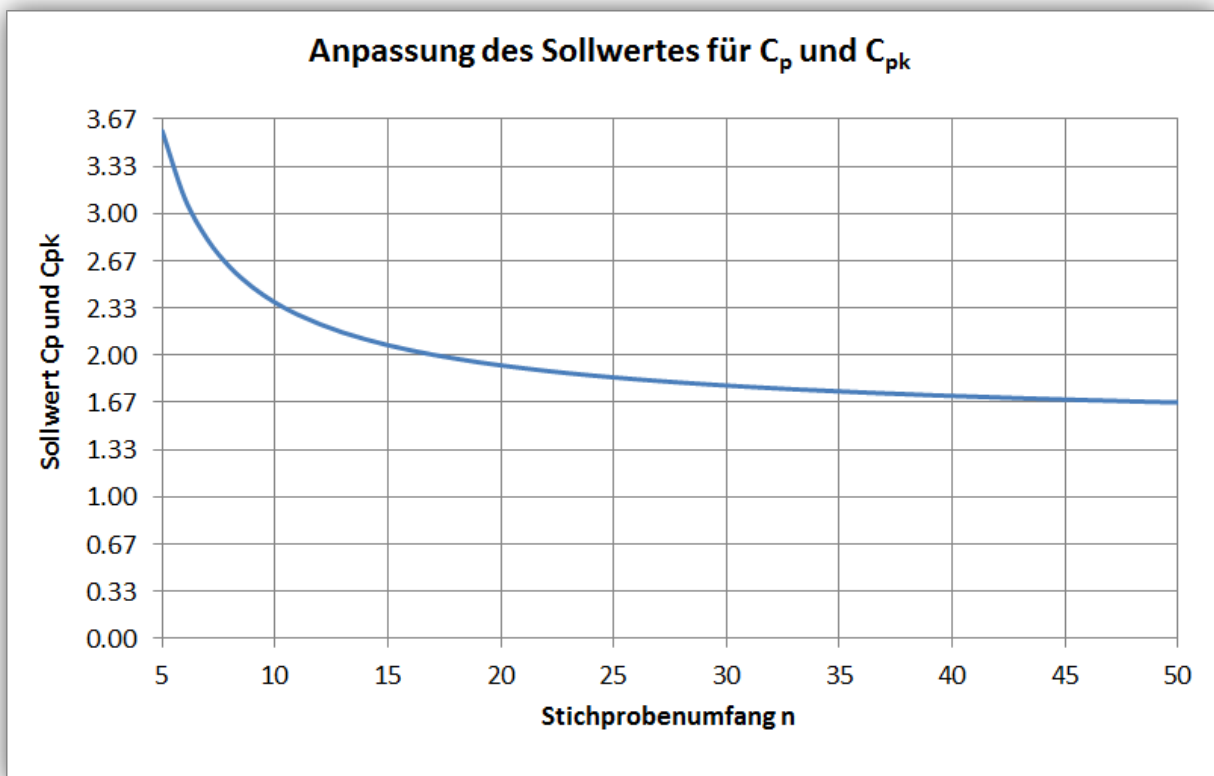


Abbildung 4-3: Diagramm der Sollwertanpassung Fähigkeitskennwerte (Sollwert-Basis  $C_{pk-Soll} = 1,67$ )

### 4.1.2 Register Sollwerte / QRK instabil

In dem Einstellungsfenster sind die Mindestwerte für solche Merkmale eingestellt, deren Merkmal-Verteilung mit der Analyse-Qualitätsregelkarte als instabil eingestuft wurde.

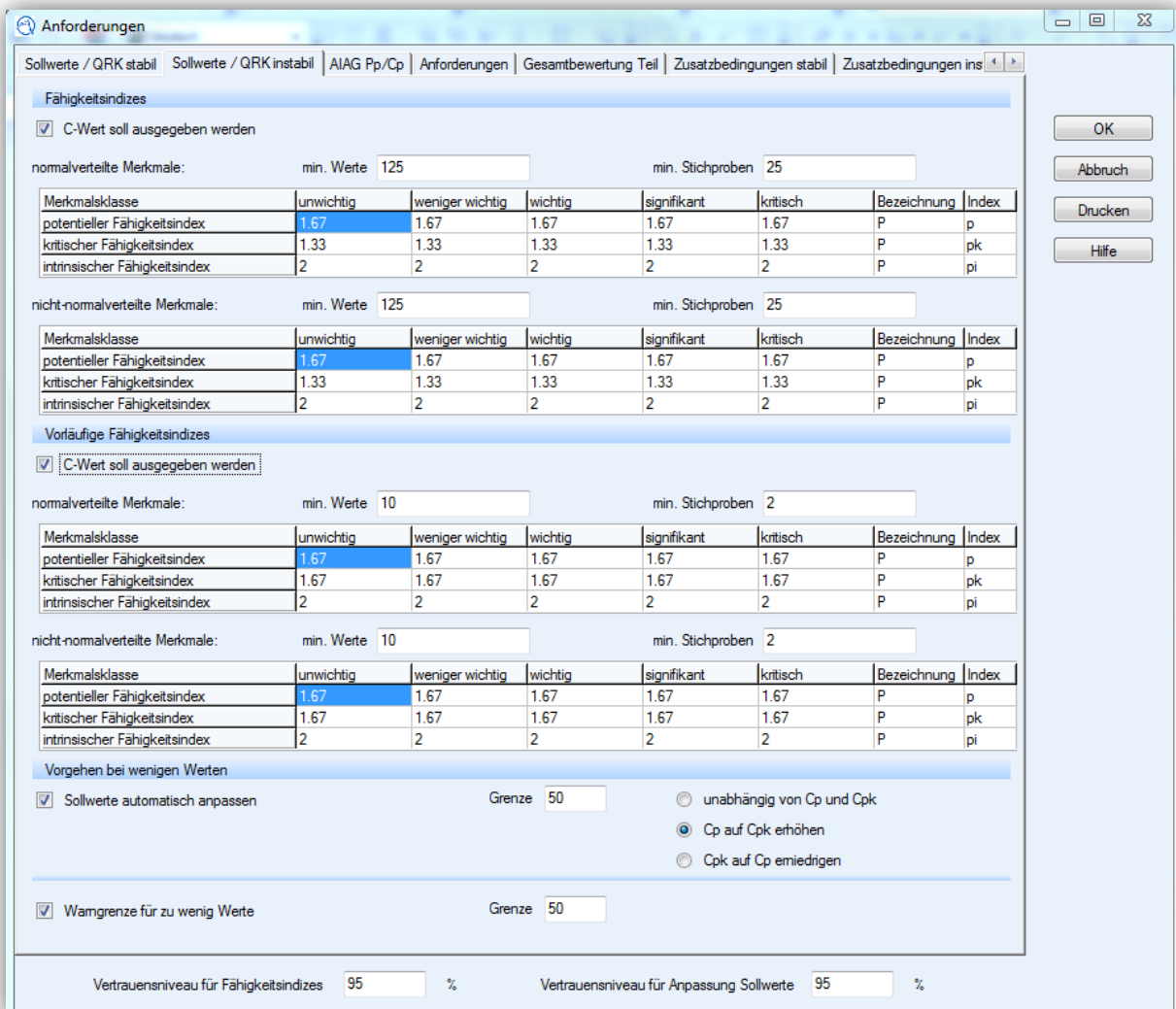


Abbildung 4-4: Anforderungen Register Sollwerte / QRK instabil

Eine aufgrund von Mittelwertschwankungen als instabil eingestufte Merkmal-Verteilung benötigt im Vergleich zu einer als stabil eingestuften Merkmal-Verteilung mehr Platz innerhalb der Toleranz. Aus diesem Grund sind die Anforderungen an den potenziellen Fähigkeitskennwert für die instabil eingestuften Merkmal-Verteilungen vergleichsweise höher.

4.1.3 Register AIAG Pp/Cp

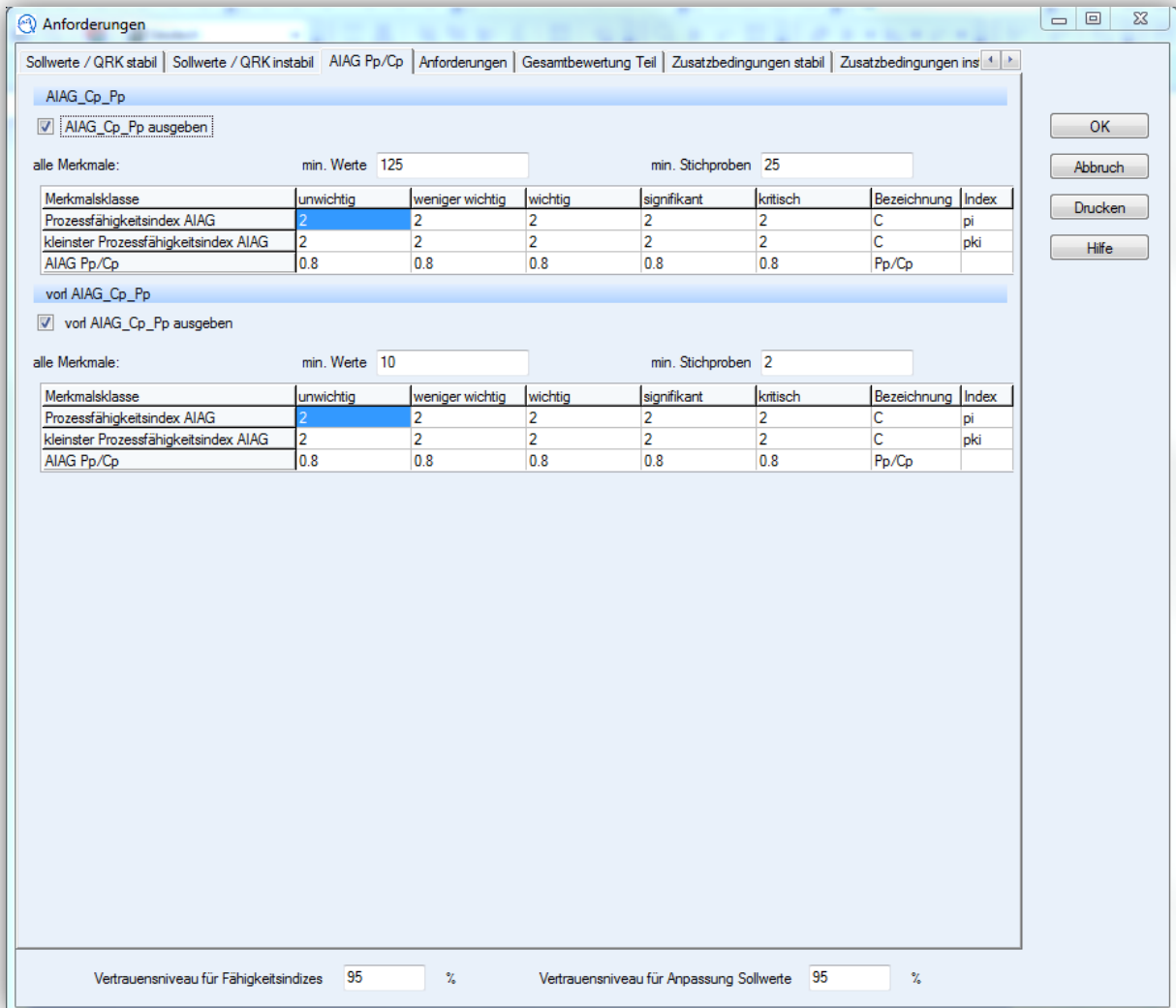


Abbildung 4-5: Anforderungen – Register AIAG Pp/Cp

Die Kennwerte nach AIAG werden vom Programm berechnet. Die hier sichtbaren Anforderungen haben keine Auswirkung auf die Beurteilung der Fähigkeitseinstufung. Der Grund: Im Register *Anforderungen* sind die Beurteilungskriterien (1) *Prozessfähigkeit AIAG* und (2) *kleinster Prozessfähigkeitsindex AIAG*, nicht aktiviert.

## 4.1.4 Register Anforderungen (für die Gesamtbewertung Merkmal)

Anforderungen

Sollwerte / QRK stabil | Sollwerte / QRK instabil | AIAG Pp/Cp | Anforderungen | Gesamtbewertung Teil | Zusatzbedingungen stabil | Zusatzbedingungen instabil

Kriterien zur Fähigkeitsanalyse

Nur die angekreuzten Bedingungen werden zur Gesamtbeurteilung benutzt

Merkmalsklasse	unwichtig	weniger wichtig	wichtig	signifikant	kritisch
potentieller Fähigkeitsindex	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
kritischer Fähigkeitsindex	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
intrinsischer Fähigkeitsindex	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lage stabil (STL)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Streuung stabil (STS)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ausreißer automatisch entfernt ? (AR)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Toleranzverletzung ? (GW)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Einzelwert innerhalb n% einer zweiseitigen Toleranz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Einzelwert innerhalb n% einer Toleranz mit nat. Grenze	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mittelwert innerhalb n% einer zweiseitigen Toleranz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mittelwert innerhalb n% einer Toleranz mit nat. Grenze	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Spannweite kleiner als n% einer zweiseitigen Toleranz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prozessfähigkeitsindex AIAG	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
kleinster Prozessfähigkeitsindex AIAG	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
AIAG Pp/Cp	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

weitere Einstellung

Bedingte Fähigkeit | Sonstige

Bedingte Fähigkeit, wenn vorläufiger C-Wert verwendet wurde (L1)

Bedingte Fähigkeit, wenn kein Verteilungsmodell gefunden wurde (L2)

Bedingte Fähigkeit, wenn das einzige Problem das Anpassen der C-Werte ist (L3)

Bedingte Fähigkeit, wenn Warngrenze für zu wenig Werte unterschritten (L4)

Bedingte Fähigkeit, falls Ausreißer automatisch entfernt und Fähigkeit gegeben und Ausreißeranteil größer: (L5)

5 %

Bedingte Fähigkeit, falls Ausreißer automatisch entfernt und Fähigkeit gegeben und Anzahl aufeinanderfolgender Ausreißer größer: (L7)

2

Abbildung 4-6: Anforderungen - Register Anforderungen

In diesem Dialogfenster ist zu erkennen, welche Kriterien für die Fähigkeitsbeurteilung eines Merkmals berücksichtigt werden.

Für die **Gesamtbewertung *fähig*** gelten die folgenden **Kriterien**:

- Die Anzahl der Werte ist **größer oder gleich** der *Warngrenze für zu wenig Werte*
- Der potenzielle Fähigkeitsindex hat den Mindestwert erreicht oder überschritten
- Der kritische Fähigkeitsindex hat den Mindestwert erreicht oder überschritten
- Der Anteil der automatisch entfernten Ausreißer ist kleiner oder gleich 5 %

Für die **Gesamtbewertung *bedingt fähig*** gelten immer die beiden ersten **Kriterien** und mindestens eines der Kriterien drei und vier:

- Der potenzielle Fähigkeitsindex hat den Mindestwert erreicht oder überschritten
- Der kritische Fähigkeitsindex hat den Mindestwert erreicht oder überschritten
- Die Anzahl der Werte ist kleiner als die *Warngrenze für zu wenig Werte*
- Der Anteil der automatisch entfernten Ausreißer ist größer als 5 %

Für die **Gesamtbewertung nicht fähig** gilt mindestens eines der folgenden **Kriterien**:

- Der potenzielle Fähigkeitsindex ist kleiner als der Mindestwert
- Der kritische Fähigkeitsindex ist kleiner als der Mindestwert

**Keine Gesamtbewertung** erfolgt, wenn

- die *Anzahl der Werte* kleiner ist als der eingetragene Wert in dem Feld *min. Werte* (Register *Sollwerte/QRK-stabil* und *Sollwerte/QRK-instabil* einheitlich 10 Werte)
- die *Anzahl der Stichproben* kleiner ist als der Wert in dem Feld *Stichproben* (Register *Sollwerte/QRK-stabil* und *Sollwerte/QRK-instabil* einheitlich 2 Stichproben)

Bedingt fähig gilt, wenn zu viele Ausreißer automatisch entfernt wurden oder die Anzahl aller Werte eines Merkmals unterhalb des Grenzwertes 50 liegt.

#### 4.1.5 Register Gesamtbewertung Teil

The screenshot shows the 'Anforderungen' window with the 'Gesamtbewertung Teil' tab selected. The settings are as follows:

**Einstellungen für die Teilebewertung**

- Teiletypbenotung basierend auf Merkmalsergebnissen durchführen
- Teilebewertung für Einzelwerte durchführen

**Notenschlüssel**

	fähig	bedingt fähig	nicht fähig
Note	1	3	6

**Gewichtung der Merkmalsklassen**

Merkmalsklasse	unwichtig	weniger wichtig	wichtig	signifikant	kritisch
Gewichtung	1	2	10	50	100

**Notengrenzen für Gesamtbewertung**

- Grenzen fähig beachten fähig ab Gesamtnote
- Grenzen bedingt fähig beachten bedingt fähig ab Gesamtnote

Abbildung 4-7: Anforderungen - Register Gesamtbewertung Teil

Die hier gezeigten Einstellungen sind relevant für die Benotung nach dem *Parttype Grade*, ein Bewertungsschema, das ursprünglich von dem Unternehmen Scania initiiert wurde.

In der Abbildung 4-7 sind der Notenschlüssel und die Gewichtungs-Einstellungen für die Merkmalsklassen zu erkennen. Für die Bewertung des Parttype Grade gilt:

$1,00 \leq \text{Parttype Grade} < 2,66$	fähig
$2,66 \leq \text{Parttype Grade} \leq 4,33$	bedingt fähig
$4,33 < \text{Parttype Grade}$	nicht fähig

#### 4.1.5.1 Beispiel zur Gesamtbewertung Teil (Datei Test\_all.dfq)

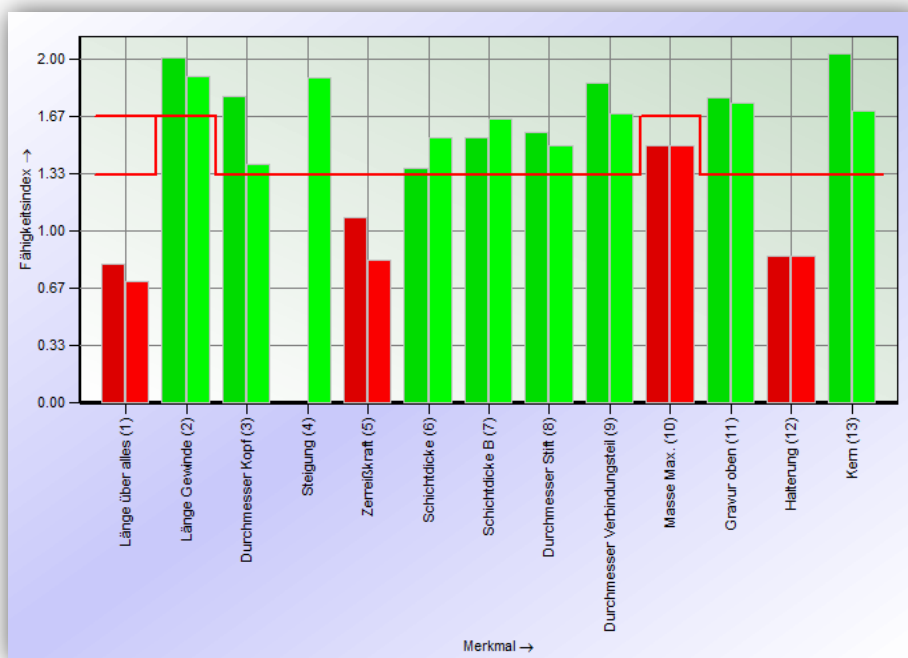


Abbildung 4-8: Fähigkeitsbewertung der Merkmale (Beispiel Test\_all.dfq)

Die Merkmalsklasse ist für alle 13 Merkmale *signifikant*, daher gilt für alle Merkmale das Gewicht = 50. Anhand der Abbildung 4-8 ist zu erkennen, dass die Merkmale mit den Nummern 1, 5, 10 und 12 nicht fähig (= Note 6), die übrigen aber fähig sind (Note 1).



Merkmal Nummer	Gewicht Merkmal	Note Merkmal	Gewicht mal Note
1	50	6	300
2	50	1	50
3	50	1	50
4	50	1	50
5	50	6	300
6	50	1	50
7	50	1	50
8	50	1	50
9	50	1	50
10	50	6	300
11	50	1	50
12	50	6	300
13	50	1	50
Summe=	<b>650</b>	Summe=	<b>1650</b>

$$\text{Parttype Grade} = \frac{1650}{650} \approx 2,54$$

Das Ergebnis zum *Parttype Grade* wird im Menü mit *Teilebewertung – Kennwerte Teile* aufgerufen.

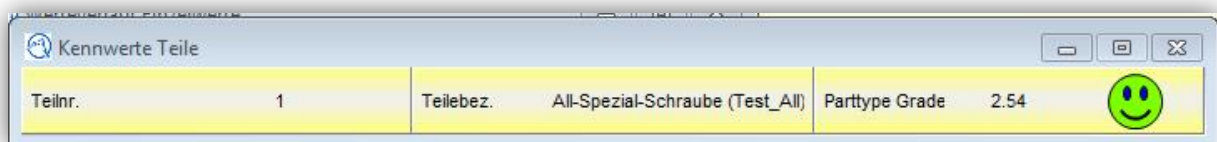


Abbildung 4-9: *Parttype Grade* für das Beispiel *Test\_all.dfq* (Menü: *Teilebewertung – Kennwerte Teile*)

#### 4.1.5.2 Option *Teilebewertung für Einzelwerte durchführen*

Diese Option ermöglicht die Bewertung jedes einzelnen Teiles. So wird für jedes Merkmal eines Teiles geprüft, ob dessen Istwert innerhalb der Spezifikation liegt. Für außerhalb der Spezifikation liegende Merkmalswerte werden Punkte vergeben. Allerdings ist der Rechenaufwand hoch und damit zeitraubend. Die Einstellung ist standardmäßig nicht aktiviert sein, um unnötig lange Ladezeiten zu vermeiden.

Die Option *Teilebewertung für Einzelwerte* ist in der Standardeinstellung deaktiviert, um unnötig lange Ladezeiten zu vermeiden. Die Teilebewertung für Einzelwerte sollte stets nur temporär aktiviert werden, wenn diese explizit benötigt wird.

Wenn Sie diese nicht mehr benötigen, sollten Sie diese Option wieder deaktivieren.

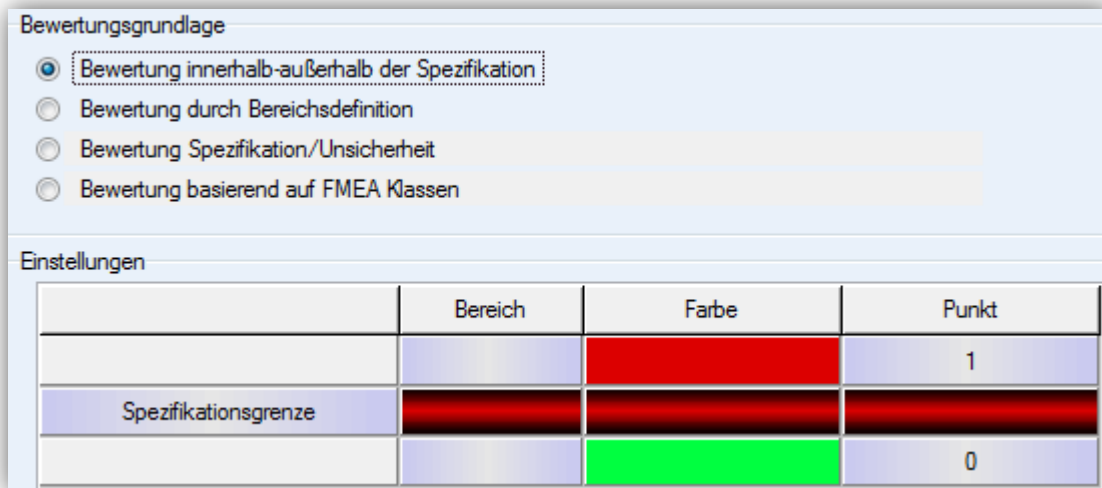
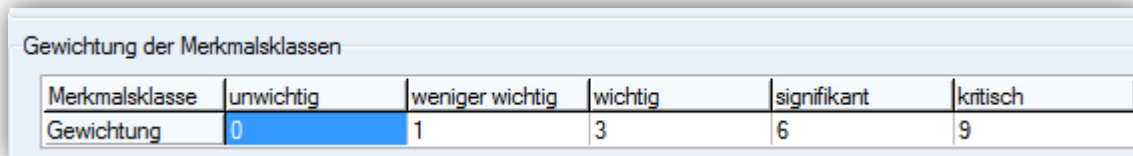


Abbildung 4-10: Teilebewertung für Einzelwerte – Einstellung der Punktvergabe



Merkmalsklasse	unwichtig	weniger wichtig	wichtig	signifikant	kritisch
Gewichtung	0	1	3	6	9

Abbildung 4-11: Teilebewertung für Einzelwerte – Punktgewichtung in Abhängigkeit der Merkmalsklasse

Gemäß der in der Merkmalsmaske eingestellten Merkmalsklasse wird die Punktzahl mit der Gewichtungszahl multipliziert.

Die Teilebewertung wird nur für die Teile durchgeführt, bei denen in allen Merkmalen Werte eingetragen sind. Fehlt also zu einem Teil ein oder mehrere Merkmalswerte, so wird die Bewertung für dieses Teil nicht durchgeführt.

#### 4.1.5.2.1 Beispiel: Option Teilebewertung für Einzelwerte durchführen

In dem Datensatz Test\_all.dfq sind 13 Merkmale vorhanden. Bei jedem Merkmal ist die Anzahl der Werte jedoch unterschiedlich. Die kleinste Werteanzahl = 200 befindet sich im Merkmal 2. Bei der Durchführung der Teilebewertung mit diesem Datensatz werden nur die Teile 1 bis 100 bewertet, da nur für die ersten 100 Teile Merkmalswerte in allen 13 Merkmalen vorhanden sind.

Bei der Teilebewertung für Einzelwerte wird jede Zeile in der Wertemaske als Merkmalswerte eines Teiles interpretiert. Achten Sie auf die Zuordenbarkeit der Merkmalswerte zu einem Teil. Die Merkmalswerte in einer Zeile sollten zu demselben Teil gehören!

	Länge über alles (1)	Länge Gewinde (2)	Durchmesser Kopf (3)	Steigung (4)	Zerreißkraft (5)	Schichtdicke (6)	Schichtdicke B (7)	Durchmesser Stift (8)	Durchmesser	Masse Max. (10)	Gravur oben (11)	Halterung (12)	Kern (13)
2	19.995	14.0688	129.98	0.6	630	0.035	0.011	30.020	20.14	64.1	3.9	26.58	28.594
3	19.997	14.0675	130.02	0.5	780	0.041	0.014	30.020	20.09	65.6	4.3	26.53	28.482

Abbildung 4-12: Eine Zeile in der Merkmalsmaske entspricht den Merkmalen eines Teiles

Findet das Programm nun Teile, bei denen Merkmalswerte fehlen, so werden diese Teile nicht berücksichtigt. Anders ausgedrückt: In einer Zeile darf kein Wert fehlen.

Teile, bei denen Werte zu einem oder mehreren Merkmalen fehlen, werden bei der Auswertung nicht berücksichtigt und gehen daher nicht in die Bewertung ein.

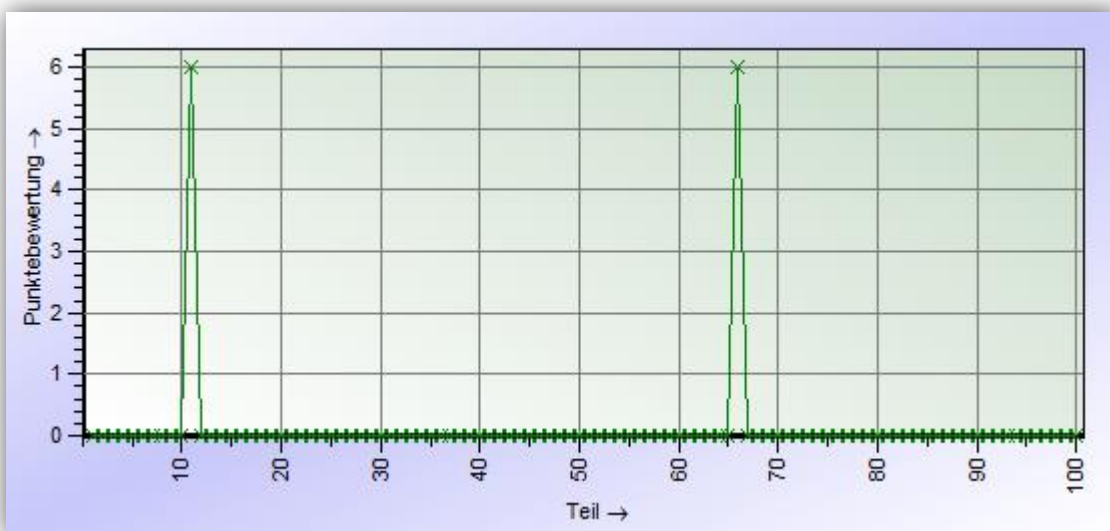


Abbildung 4-13: Test\_all.dfq – Merkmal 1 an Teil 11 und Teil 66 ist außerhalb der Spezifikation

Jedes der 13 Merkmale in der Datei *Test\_all.dfq* ist der Merkmalsklasse *signifikant* zugeordnet. Das Programm ordnet einem Merkmalswert außerhalb der Spezifikation die Note *sechs* zu. So sind in der Datei *Test\_all.dfq* die Teile Nr. 11 und Nr. 66 mit der Note *sechs* bewertet, da allein die zum Merkmal 1 gehörenden Werte außerhalb der Spezifikation sind.

Betrachtet man die Daten der Datei *Test\_all.dfq* in der Wertemaske, so erkennt man, dass nur für die ersten 100 Teile die Merkmalswerte zeilenweise vollständig ausgefüllt sind. Da die Merkmalswerte ab dem Teil 101 aufwärts nicht mehr zeilenweise vollständig sind, werden diese für die Teilebewertung nicht mehr berücksichtigt.

#### 4.1.6 Register Zusatzbedingungen stabil

In diesem Register können ergänzende Bedingungen eingestellt werden, um die Bewertung *bedingfügig* gemäß den Einstellungen in dem Register *Anforderungen* um Ausnahmeregelungen zu verfeinern. Die Nutzung ist nicht empfohlen, um Verwirrung bei den Anwendern zu vermeiden.

Es sind in dieser Auswertestrategie keine Zusatzbedingungen für stabil eingestufte Merkmal-Verteilungen aktiv.

Sollwerte / QRK instabil | AIAG Pp/Cp | Anforderungen | Gesamtbewertung Teil | Zusatzbedingungen stabil | Zusatzbedingungen instabil | Ein

Grenzwerte, ab denen bedingt fähige Merkmale als fähig bewertet werden

Grenzen verwenden, falls Wert > 0

normalverteilte Merkmale:

Merkmalsklasse	unwichtig	weniger wichtig	wichtig	signifikant	kritisch
potentieller Fähigkeitsindex	2	2	2	2	2
kritischer Fähigkeitsindex	2	2	2	2	2

nicht-normalverteilte Merkmale:

Merkmalsklasse	unwichtig	weniger wichtig	wichtig	signifikant	kritisch
potentieller Fähigkeitsindex	2	2	2	2	2
kritischer Fähigkeitsindex	2	2	2	2	2

Grenzwerte für vorläufige Fähigkeitsindizes, ab denen bedingt fähige Merkmale als fähig bewertet werden

Grenzen verwenden, falls Wert > 0

normalverteilte Merkmale:

Merkmalsklasse	unwichtig	weniger wichtig	wichtig	signifikant	kritisch
potentieller Fähigkeitsindex	2	2	2	2	2
kritischer Fähigkeitsindex	2	2	2	2	2

nicht-normalverteilte Merkmale:

Merkmalsklasse	unwichtig	weniger wichtig	wichtig	signifikant	kritisch
potentieller Fähigkeitsindex	2	2	2	2	2
kritischer Fähigkeitsindex	2	2	2	2	2

Vorgehen bei wenigen Werten

Sollwerte automatisch anpassen

Abbildung 4-14: Optionen im Register *Zusatzbedingungen stabil*

#### 4.1.7 Register Zusatzbedingungen instabil

In diesem Register können Sonderbedingungen eingestellt werden, um die Bewertung *bedingt fähig* gemäß den Einstellungen in dem Register *Anforderungen* um Ausnahmebedingungen zu ergänzen. Die Nutzung ist nicht empfohlen, um Verwirrung bei den Anwendern zu vermeiden.

Es sind keine Zusatzbedingungen für instabil eingestufte Merkmal-Verteilungen aktiv.

Sollwerte / QRK instabil | AIAG Pp/Cp | Anforderungen | Gesamtbewertung Teil | Zusatzbedingungen stabil | Zusatzbedingungen instabil | Eins

Grenzwerte, ab denen bedingt fähige Merkmale als fähig bewertet werden

Grenzen verwenden, falls Wert > 0

normalverteilte Merkmale:

Merkmalsklasse	unwichtig	weniger wichtig	wichtig	signifikant	kritisch
potentieller Fähigkeitsindex	2	2	2	2	2
kritischer Fähigkeitsindex	2	2	2	2	2

nicht-normalverteilte Merkmale:

Merkmalsklasse	unwichtig	weniger wichtig	wichtig	signifikant	kritisch
potentieller Fähigkeitsindex	2	2	2	2	2
kritischer Fähigkeitsindex	2	2	2	2	2

Grenzwerte für vorläufige Fähigkeitsindizes, ab denen bedingt fähige Merkmale als fähig bewertet werden

Grenzen verwenden, falls Wert > 0

normalverteilte Merkmale:

Merkmalsklasse	unwichtig	weniger wichtig	wichtig	signifikant	kritisch
potentieller Fähigkeitsindex	2	2	2	2	2
kritischer Fähigkeitsindex	2	2	2	2	2

nicht-normalverteilte Merkmale:

Merkmalsklasse	unwichtig	weniger wichtig	wichtig	signifikant	kritisch
potentieller Fähigkeitsindex	2	2	2	2	2
kritischer Fähigkeitsindex	2	2	2	2	2

Vorgehen bei wenigen Werten

Sollwerte automatisch anpassen

Abbildung 4-15: Optionen im Register *Zusatzbedingungen instabil*

#### 4.1.8 Register Einstellungen AFNOR

Die **Association Française de NORMALisation** ist ein offizielles französisches Dienstleistungs-Netzwerk, dass sich den Aufgaben Normung, Zertifizierung und Fachpresse für die Industrie widmet.

Einstellungen in diesem Register betreffen die Auswertung von Merkmalen, die als sogenannte AFNOR E60-181 Merkmalsgruppe angelegt worden sind.

AFNOR E60-181 max/min

0 AFNOR E60-181 max/min Gruppen

Abbildung 4-16: Auszug aus dem Dialogfenster *Neue Merkmale anlegen* (Menü *Datei – neu*)

AIAG Pp/Cp | Anforderungen | Gesamtbewertung Teil | Zusatzbedingungen stabil | Zusatzbedingungen instabil | Einstellungen AFNOR

Grenzwerte für die max. Überschreitungsanteile (tnc) für normalverteilte Merkmale

Anzeige tnc Wert in

%

ppm

tnc anpassen cpk anpassen

Merkmalsklasse	unwichtig	weniger wichtig	wichtig	signifikant	kritisch
max. Überschreitungsanteil (tnc Wert)	66	66	66	66	66
max. Überschreitungsanteil als cpk-Wert	1	1	1	1	1
eingestellter Sollwert	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33

Vertrauensniveau für die max. Überschreitungsanteile (objektiv) 95 %

Abbildung 4-17: Optionen im Register *Einstellungen AFNOR*

## 4.2 Anforderungen diskrete Merkmale

Mit einem Mausklick auf das Rechteck *Anforderungen diskrete Merkmale* öffnet sich das nachfolgend abgebildete Dialogfenster.

Auswertekonfiguration für diskrete Merkmale

Qualitätsregelkarte

Einstellungen

Qualitätsregelkarte aus Datensatz übernehmen

Anforderungen für diskrete Merkmale

Nur die ausgefüllten Felder werden benutzt

Merkmalsklasse	unwichtig	weniger wichtig	wichtig	signifikant	kritisch
kritischer Fähigkeitsindex					
maximaler Fehleranteil	31	31	31	31	31

OK Abbruch Drucken Hilfe

Abbildung 4-18: Dialogfenster *Auswertekonfiguration für diskrete Merkmale*

### 4.2.1 Qualitätsregelkarte

Mit einem Mausklick auf die Schaltfläche *Einstellungen* öffnet man das Dialogfenster der Analyse-Karten für diskrete Merkmale

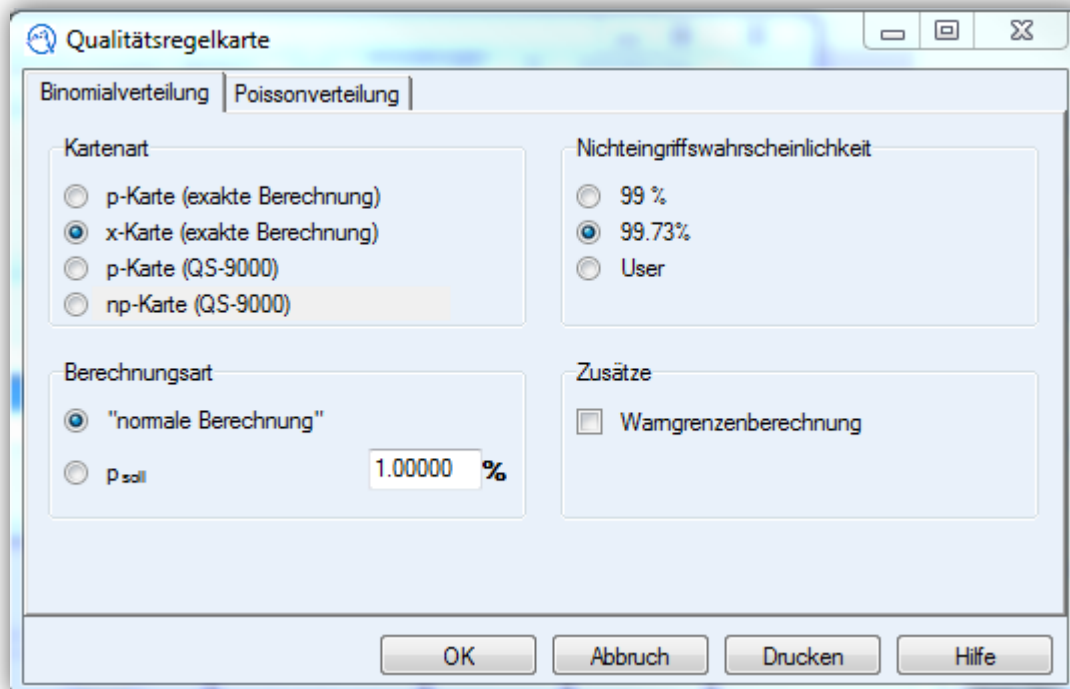


Abbildung 4-19: Dialogfenster Qualitätsregelkarte - Register Binomialverteilung

Die Binomialverteilung ist für diskrete Merkmale gedacht, die nur zwei sich gegenseitig ausschließende Werte annehmen können. Man denke an eine Bewertung wie z.B. *Einheit gut* oder *Einheit schlecht*, *Lieferung pünktlich* – *Lieferung unpünktlich* und ähnliches mehr.

Eingestellt ist die **Kartenart** *Shewhart x-Karte* nach der **Berechnungsart** *normale Berechnung*, was besagt, dass die Eingriffsgrenzen auf Basis des Zufallsstrebereiches der Binomialverteilung berechnet werden. Die gewählte **Annahmewahrscheinlichkeit (Nichteingriffswahrscheinlichkeit)** ist  $P_a = 99,73\%$ .

#### 4.2.1.1 Berechnung der Eingriffsgrenzen – x-Karte Binomialverteilung:

Zunächst berechnet das Programm anhand der Merkmalswerte den *mittleren Anteil fehlerhafter Einheiten*  $\bar{p}$ . Dieser Wert dient als Schätzwert für den *wahren Anteil fehlerhafter Einheiten*  $\hat{p}$  in der Grundgesamtheit.

#### 4-6 Schätzwert für den wahren Anteil fehlerhafter Einheiten in der GG

$$\hat{p} = \frac{\sum_i x_i}{\sum_i n_i}$$

Dieser Schätzwertes und der in der Merkmalsmaske eingestellte Stichprobenumfang wird für die Bestimmung der beiden Streugrenzen  $x_{ob}$  und  $x_{un}$  des zweiseitigen 99,73 %-Zufallsstrebereiches der Binomialverteilung verwendet.

4-7 Obere Eingriffsgrenze der x-Karte

$$\text{OEG} = x_{\text{ob}} + 0,5$$

4-8 Untere Eingriffsgrenze der x-Karte

$$\text{UEG} = x_{\text{un}} - 0,5$$

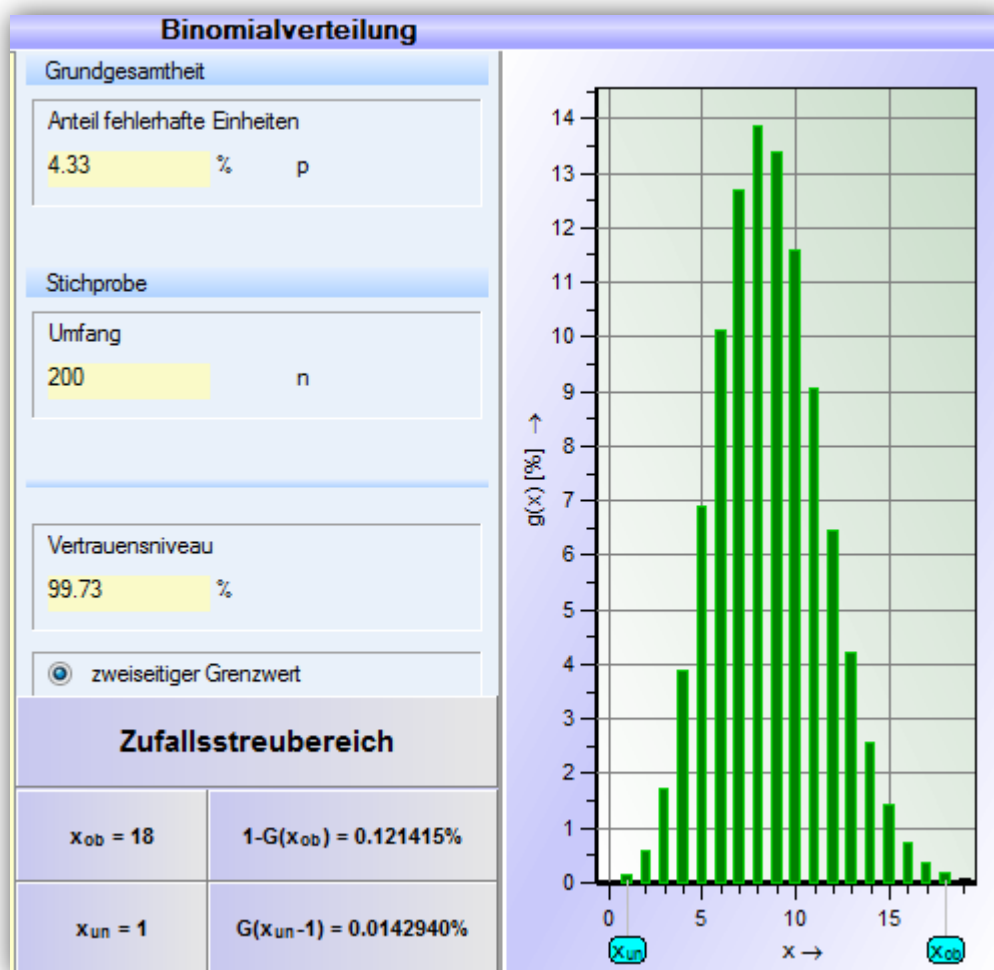
**Beispiel**

Für den Buch-Datensatz SEITE\_231\_TAB. 7.4-3.DFQ (Verzeichnis Buch\_6\_Auflage) erhält man den folgenden Schätzer:

4-9 Schätzer für den Anteil fehlerhafter Einheiten

$$\hat{p} = \frac{\sum_i x_i}{\sum_i n} = \frac{433}{10000} = 0,0433$$

Der Stichprobenumfang ist für alle Stichproben konstant  $n = 200$  Einheiten. Für die Berechnung der Eingriffsgrenzen benötigt man zunächst die beiden Streugrenzen  $x_{\text{un}}$  und  $x_{\text{ob}}$  des zweiseitigen 99,73 %-Zufallsstrebereichs der Binomialverteilung (Nachvollziehbar mit Menü: *Zusatze – Wahrscheinlichkeitsverteilung – diskrete Verteilungen – Binomialverteilung – Zufallsstrebereich*):

Abbildung 4-20: Streugrenzen des zweiseitigen 99,73 %-Zufallsstrebereiches BV( $p=4,33\%$ , $n=200$ )



4-10 Untere Streugrenze

$$x_{un} = 1$$

4-11 Obere Streugrenze

$$x_{ob} = 18$$

4-12 Obere Eingriffsgrenze der x-Karte

$$OEG = x_{ob} + 0,5 = 18 + 0,5 = 18,5$$

4-13 Untere Eingriffsgrenze der x-Karte

$$UEG = x_{un} - 0,5 = 1 - 0,5 = 0,5$$

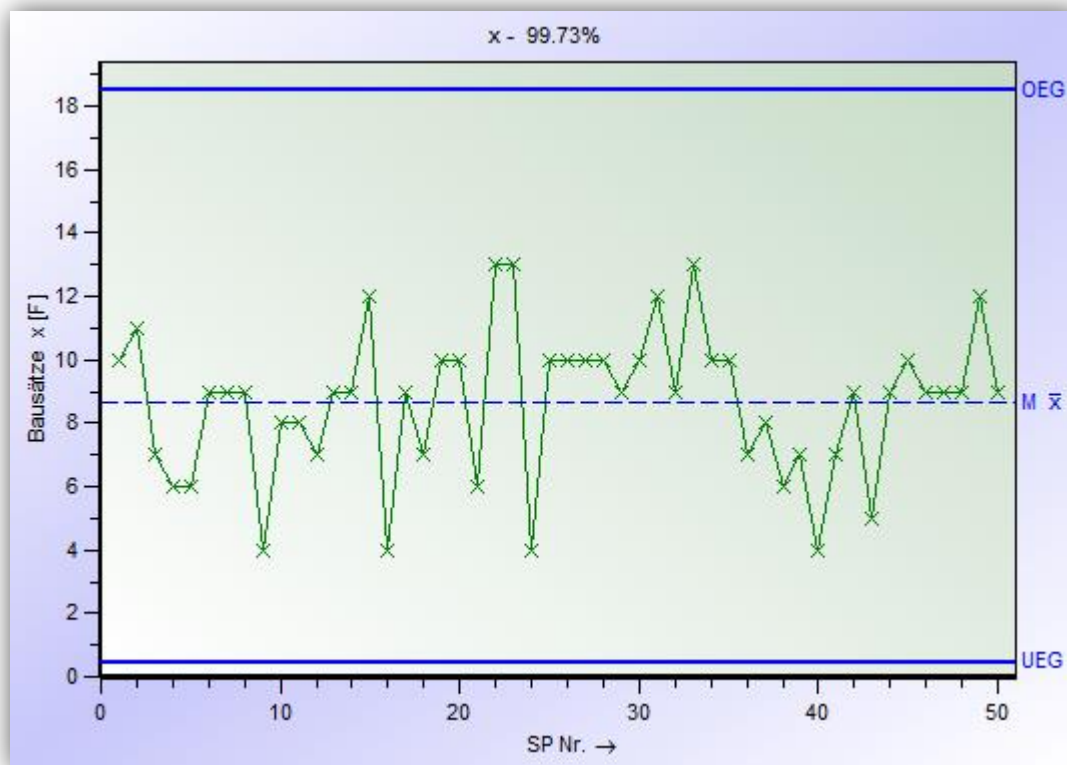


Abbildung 4-21: Analyse x-Karte für den Datensatz SEITE\_231\_TAB. 7.4-3.DFQ

**Hinweis:** Zum Aufrufen der Analyse x-Karte bitte im Menü *Regelkarte – Analyse QRK – Design 1* wählen oder die *Funktionstaste F8* drücken.

## 4.2.1.2 Berechnung der Eingriffsgrenzen – x-Karte Poissonverteilung

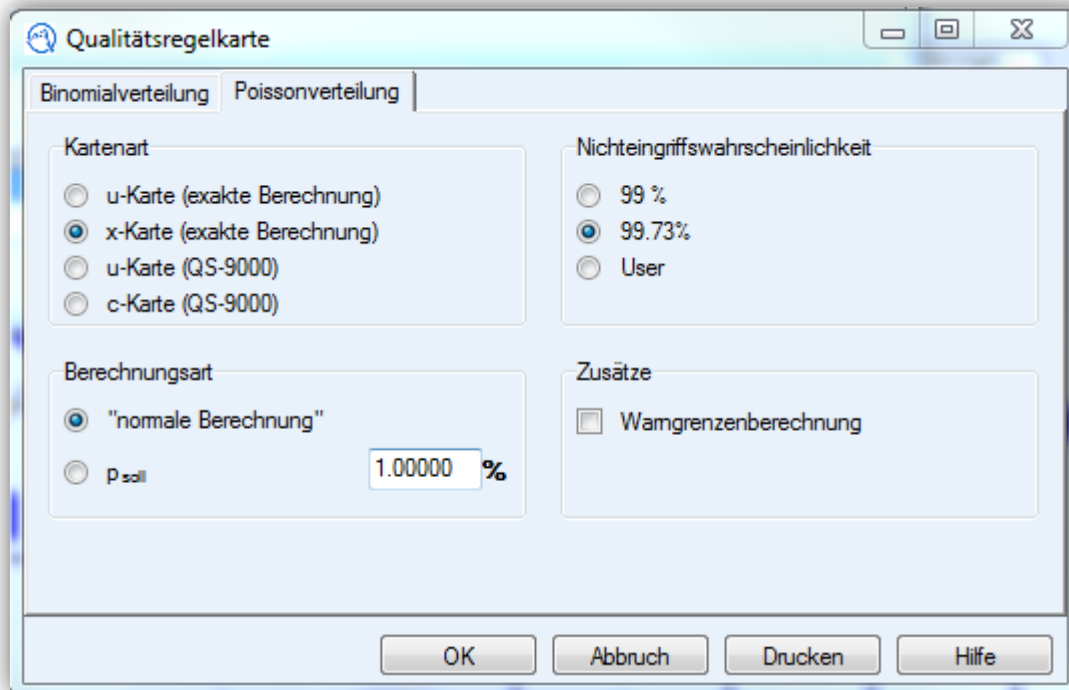


Abbildung 4-22: Dialogfenster Qualitätsregelkarte – Register Poissonverteilung

Zunächst ermittelt das Programm den Schätzwert für die mittlere Anzahl Fehler je Bezugseinheit (z.B. Lötfehler pro Platine oder Lackfehler je Karosserie).

Bitte beachten Sie, dass hier die *Summe der Fehler* auf den Einheiten und nicht die *Summe der fehlerhaften Einheiten* gemeint ist – Dies ist ein wichtiger Unterschied zur x-Karte auf Basis der Binomialverteilung.

4-14 Schätzwert mittlere Anzahl Fehler je Einheit in GG 
$$\hat{p} = \frac{\text{Summe Fehler}}{\text{Summe Einheiten}} = \frac{\sum_i x_i}{\sum_i n_i}$$

Mit diesem Schätzwert und dem Stichprobenumfang  $n$ , der in der Merkmalsmaske im Feld *Stichprobenumfang* eingetragen ist, werden die Streugrenzen  $x_{ob}$  und  $x_{un}$  des zweiseitigen 99,73 %-Zufallsstrebereiches der Poisson-Verteilung berechnet.

Die Bestimmung der Eingriffsgrenzen der x-Karte (Poisson-Verteilung) ist allgemein:

4-15 Obere Eingriffsgrenze der x-Karte 
$$\text{OEG} = x_{ob} + 0,5$$

4-16 Untere Eingriffsgrenze der x-Karte 
$$\text{UEG} = x_{un} - 0,5$$

**Beispiel**

Für den Buch-Datensatz *SEITE\_237\_TAB. 7.4-6.DFQ* (Verzeichnis *Buch\_6\_Auflage*) berechnet man den Schätzwert

4-17 Schätzwert für die mittlere Anzahl Fehler je Einheit  $\hat{p} = \frac{\sum_i x_i}{\sum_i n_i} = \frac{80}{400} = 0,2$

In jeder Stichprobe sind  $n = 20$  Einheiten. Somit ist der *mittlere Anteil fehlerhafter Einheiten* je 20 Einheiten:

4-18 Mittlere Fehlerzahl je Stichprobe  $\hat{\mu} = \hat{p} \times n = 0,2 \times 20 = 4$

Die beiden Streugrenzen des zweiseitigen 99,73 %-Zufallsstrebereiches der Poisson-Verteilung sind:

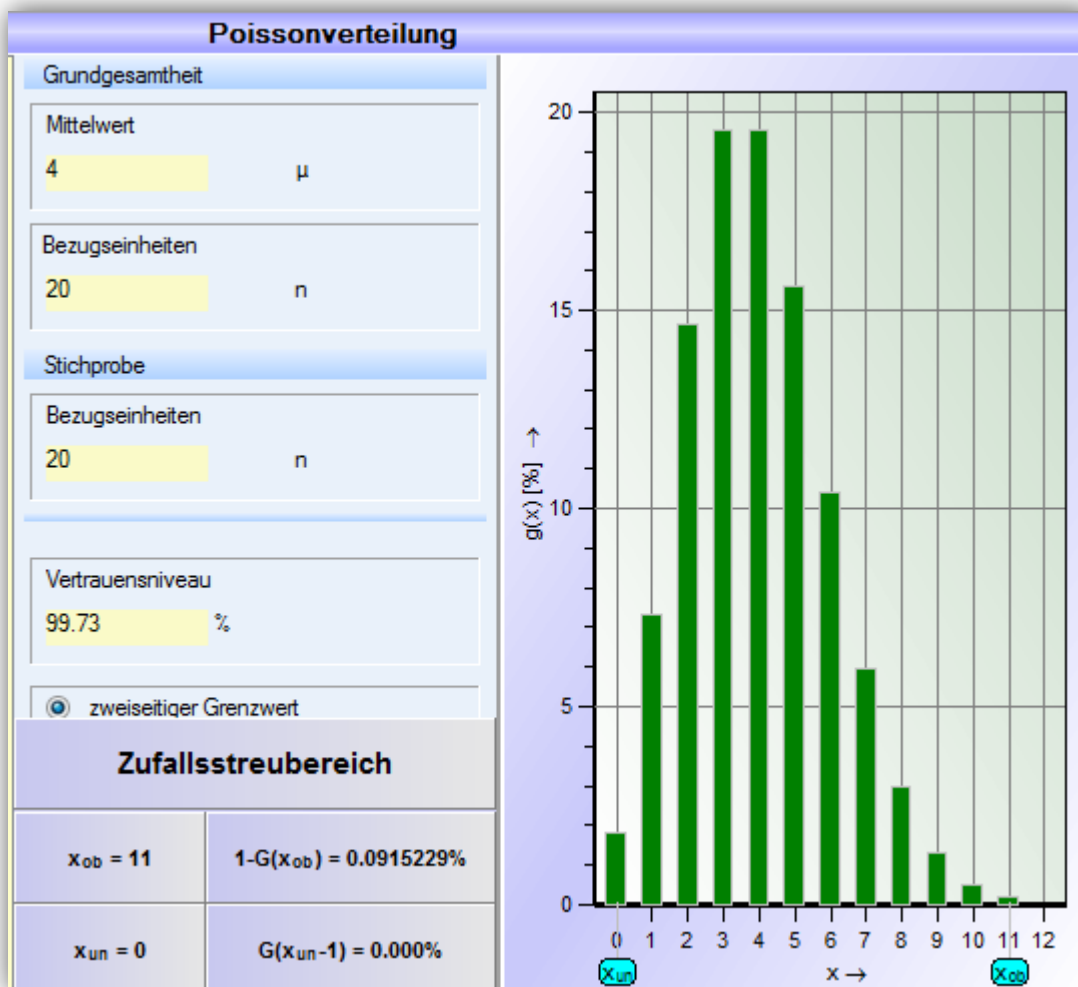


Abbildung 4-23: Streugrenzen des zweiseitigen 99,73 %-Zufallsstrebereiches PV( $\mu=4, n=20$ )

4-19 Obere Eingriffsgrenze der x-Karte (Poisson)  $OEG = x_{ob} + 0,5 = 11 + 0,5 = 11,5$

4-20 Untere Eingriffsgrenze der x-Karte (Poisson)  $UEG = x_{un} - 0,5 = 0 - 0,5 = -0,5$

Die untere Eingriffsgrenze UEG entfällt, da die Fehlerzahl  $x$  nicht kleiner als Null werden kann.

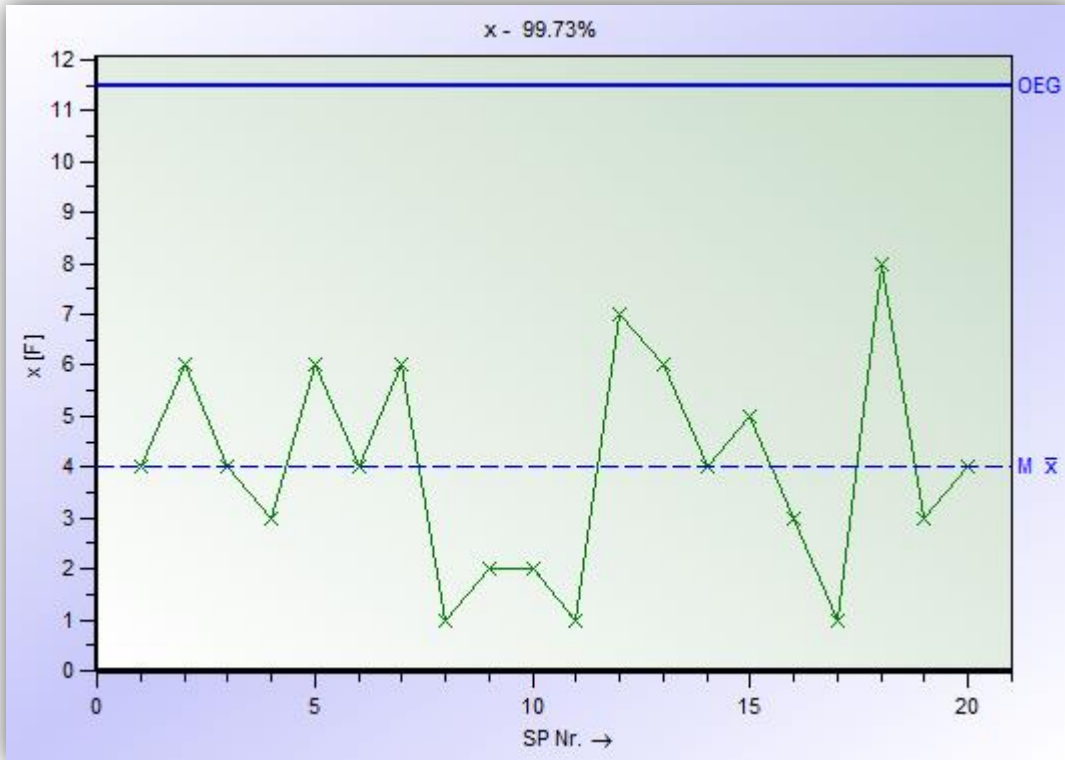


Abbildung 4-24: Analyse x-Karte für den Datensatz SEITE\_237\_TAB. 7.4-6.DFQ

**Hinweis:** Zum Aufrufen der Analyse x-Karte bitte im Menü *Regelkarte – Analyse QRK – Design 1* wählen oder die *Funktionstaste F8* drücken.

#### 4.2.2 Anforderungen für diskrete Merkmale

Anforderungen für diskrete Merkmale					
Nur die ausgefüllten Felder werden benutzt					
Merkmalsklasse	unwichtig	weniger wichtig	wichtig	signifikant	kritisch
kritischer Fähigkeitsindex					
maximaler Fehleranteil	31	31	31	31	31

Abbildung 4-25: Einstellungen für die Anforderungen an ein diskretes Merkmal

Die Eingabewerte in diesem Fenster betreffen die **Gesamtbewertung** eines diskreten Merkmals, dessen Ergebnis in dem **Ausgabefeld Nr. 15000** enthalten ist. In der *Zeile kritischer Fähigkeitsindex* wird der Mindestwert für den  $C_{pk}$ -Wert eingegeben. Alternativ kann man einen *maximalen Fehleranteil* für jede Merkmalsklasse eingeben.

Es sollte immer nur eine der beiden Zeilen ausgefüllt sein. Also entweder nur die Zeile *kritischer Fähigkeitsindex* oder nur die Zeile *maximaler Fehleranteil*.

Begründung: Die Berechnung des  $C_{pk}$ -Wertes ist direkt vom Anteilswert abhängig (siehe Abschnitt 4.2.2.1).

Im Programm ist die Zeile *maximaler Fehleranteil* für jede Merkmalsklasse auf den Wert  $p_{\max} = 31$  ppm eingestellt. Dieser p-Wert entspricht dem Überschreitungsanteil, der bei einer normalverteilten Zufallsvariablen mit  $C_{pk} = 1,33$  (einseitig) zu erwarten wäre. Bei einer poissonverteilten Zufallsvariablen wird der p-Wert als *maximal zulässige Anzahl Fehler je eine Million Einheiten* interpretiert.

Ist der Anteil fehlerhafter Einheiten größer als 31 ppm oder ist die Anzahl Fehler je eine Millionen Einheiten größer als 31, so lautet die Gesamtbewertung:

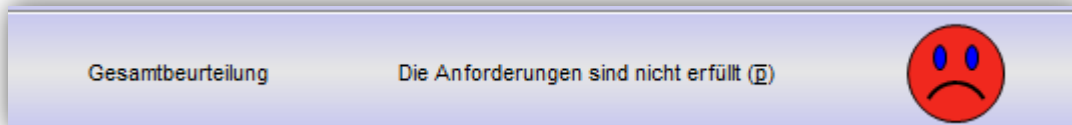


Abbildung 4-26: Gesamtbewertung für den Buch-Datensatz SEITE\_237\_TAB. 7.4-6.DFQ

#### 4.2.2.1 $C_{pk}$ -Wert für ein diskretes Merkmal (Binomial)

Zunächst wird der Anteil fehlerhafter Einheiten in der Grundgesamtheit geschätzt. Dazu wird die Summe der fehlerhaften Einheiten durch die Summe der untersuchten Einheiten geteilt.

4-21 Schätzwert für den Anteil fehlerhafter Einheiten

$$\hat{p} = \frac{\sum_i x_i}{\sum_i n_i}$$

Mit diesem Schätzwert berechnet man das  $(1-p)$ -Quantil, das dem Wert der inversen Verteilungsfunktion der Standardnormalverteilung ( $\mu=0, \sigma=1$ ) entspricht:

4-22  $(1-\hat{p})$ -Quantil der Standardnormalverteilung

$$u_{1-p} = G^{-1}(1-\hat{p})$$

Im letzten Schritt teilt man den Wert des  $(1-\hat{p})$ -Quantils durch drei:

4-23  $C_{pk}$ -Äquivalent für diskrete Merkmale

$$C_{pk} = \frac{u_{1-p}}{3}$$

Beispiel: Buch-Datensatz SEITE\_231\_TAB. 7.4-3.DFQ

4-24 Schätzwert für den Anteil fehlerhafter Einheiten

$$\hat{p} = \frac{\sum_i x_i}{\sum_i n_i} = \frac{433}{10000} = 0,0433$$

4-25  $(1-\hat{p})$ -Quantil der Standardnormalverteilung

$$u_{1-p} = u_{1-0,0433} = 1,7136$$

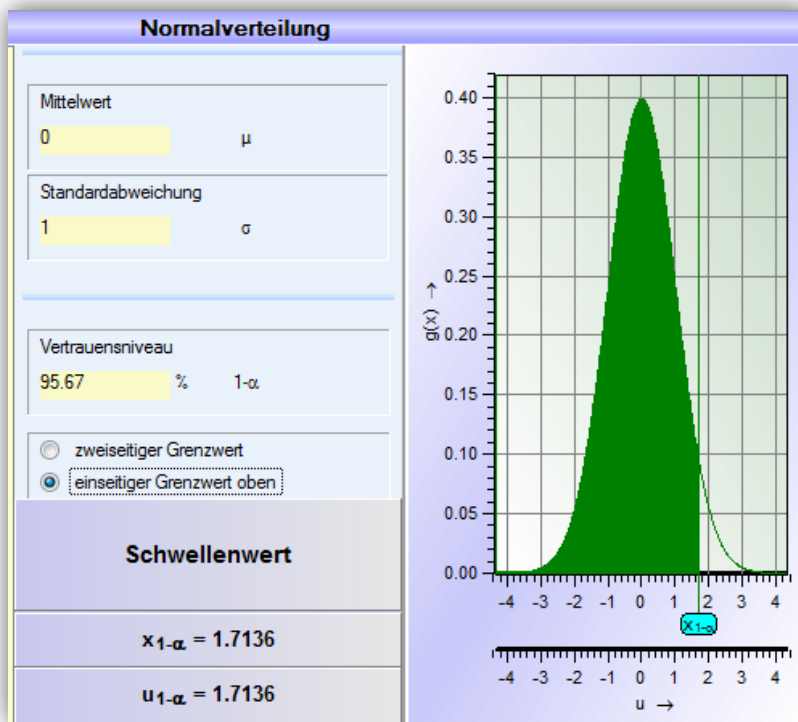


Abbildung 4-27:  $(1-\hat{p})$ -Quantil der Standardnormalverteilung für  $\hat{p}=4,33\%$

4-26  $C_{pk}$ -Äquivalent für das diskrete Merkmal

$$C_{pk} = \frac{u_{1-p}}{3} = \frac{1,7136}{3} = 0,57$$

Summe der Fehler	$\Sigma x$	=	433
Anzahl Einheiten	$n_{ges}$	=	10000
mittlerer Fehleranteil	$\bar{p}$	=	$39394 \text{ ppm} \leq 43300 \text{ ppm} \leq 47474 \text{ ppm}$
minimaler Fehleranteil	$p_{min}$	=	20000 ppm
maximaler Fehleranteil	$p_{max}$	=	65000 ppm
kritischer Fähigkeitsindex	$C_{pk}$	=	0.57

Abbildung 4-28: Auszug aus Formblatt Darstellung 3 (Ausgabefeld 5220 für  $C_{pk}$  manuell ergänzt)

#### 4.2.2.2 $C_{pk}$ -Wert für ein diskretes Merkmal (Poisson)

Zunächst wird die *mittlere Anzahl Fehler je Einheit* in der Grundgesamtheit geschätzt. Dazu wird die *Summe der Fehler* durch die *Summe der untersuchten Einheiten* geteilt.

4-27 Schätzwert für die mittlere Anzahl Fehler je Einheit

$$\hat{p} = \frac{\sum_i x_i}{\sum_i n_i}$$

Mit diesem Schätzwert berechnet man das  $(1-p)$ -Quantil, das dem Wert der inversen Verteilungsfunktion der Standardnormalverteilung ( $\mu=0, \sigma=1$ ) entspricht:

4-28  $(1-\hat{p})$ -Quantil der Standardnormalverteilung

$$u_{1-p} = G^{-1}(1-\hat{p})$$

Im letzten Schritt teilt man den Wert des  $(1-\hat{p})$ -Quantils durch drei:

4-29  $C_{pk}$ -Äquivalent für diskrete Merkmale

$$C_{pk} = \frac{u_{1-p}}{3}$$

Die Verwendung der Formel 4-29 zur Berechnung des  $C_{pk}$ -Wertes für eine poisson-verteilte Zufallsvariable ist umstritten, da die *mittlere Anzahl Fehler je Bezugseinheit* nicht identisch ist mit dem *mittleren Anteil fehlerhafter Einheiten*. Oft wird deshalb die alternative Berechnung basierend auf der Schätzung der zu *erwartenden Gutasbeute*  $Y$  bevorzugt.

4-30 Erwartete Gutasbeute (Poisson)

$$Y = e^{-\hat{p}}$$

4-31  $Y$ -Quantil der Standardnormalverteilung

$$u_Y = G^{-1}(Y)$$

4-32 Kritischer Fähigkeitsindex  $C_{pk}$  (Poisson)

$$C_{pk} = \frac{u_Y}{3}$$

Formel 4-32 ist derzeit nicht als Ausgabepunkt verfügbar.

Vergleich der Ergebnisse ( $C_{pk}$ ) anhand der Beispieldaten SEITE\_237\_TAB. 7.4-6.DFQ

Mit Formel 4-29		Mit Formel 4-32	
p =	0.2	p =	0.2
1-p =	0.8	Y = e <sup>-p</sup> =	0.81873075
u <sub>1-p</sub> =	0.84162123	u <sub>Y</sub> =	0.91053868
C <sub>pk</sub> =	0.281	C <sub>pk</sub> =	0.304

Tabelle 4-1: Vergleich der Ergebnisse für Cpk (Poisson)

### 4.3 Positionstoleranzen $P_o/P_{ok}:MP_o2$

Speziell für Positionsmerkmale mit einer X- und Y-Koordinate ist eine eigene Methode für die Berechnung der Fähigkeitskennwerte implementiert.

#### 4.3.1 Register Berechnungsart

Im Programm ist für die Kennwert-Ermittlung die **Berechnungsart *MPo2: Maximale Wahrscheinlichkeitsellipse*** eingestellt. Die Daten werden als ein zweidimensional streuendes Merkmal betrachtet, das von zwei Zufallsvariablen abhängig ist (X- und Y-Koordinate). An die Werte wird eine zweidimensionale Normalverteilung, die bivariate Normalverteilung, angepasst.

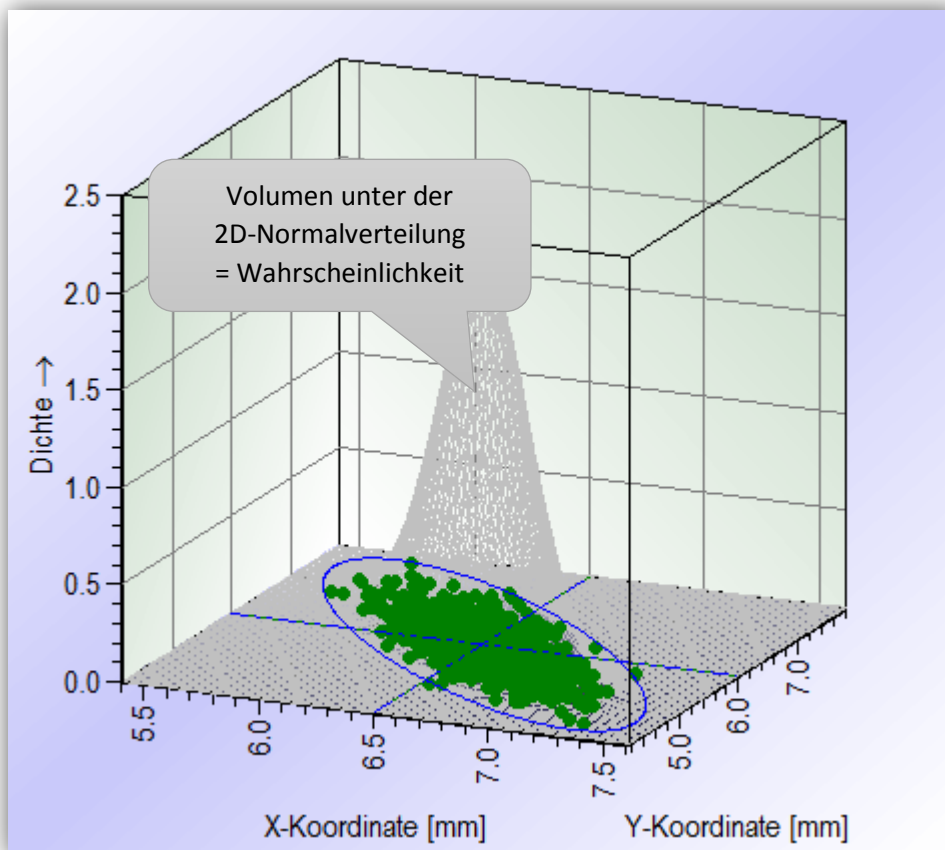


Abbildung 4-29: Positionswerte mit angepasster bivariater Normalverteilung

#### 4.3.1.1 Bedeutung einer Streu-Ellipse

Zur besseren Veranschaulichung betrachte man die 2D-Normalverteilung – auf den Kopf gedreht - als ein Glasgefäß mit dem Volumen  $V = 1$  l. Füllt man in dieses Gefäß nun  $0,9973$  l Wasser hinein, so bildet der Rand des Wasserspiegels die Form der in Abbildung 4-29 dargestellten Ellipse. Das Volumen  $0,9973$  l entspricht nun tatsächlich der Wahrscheinlichkeit  $P = 99,73\%$ . Und diese Wahrscheinlichkeit deutet man wie folgt: Von insgesamt  $10\,000$  Positionsmesswerten erwartet man  $9973$  Werte innerhalb des von der Ellipse umrissenen Bereichs.



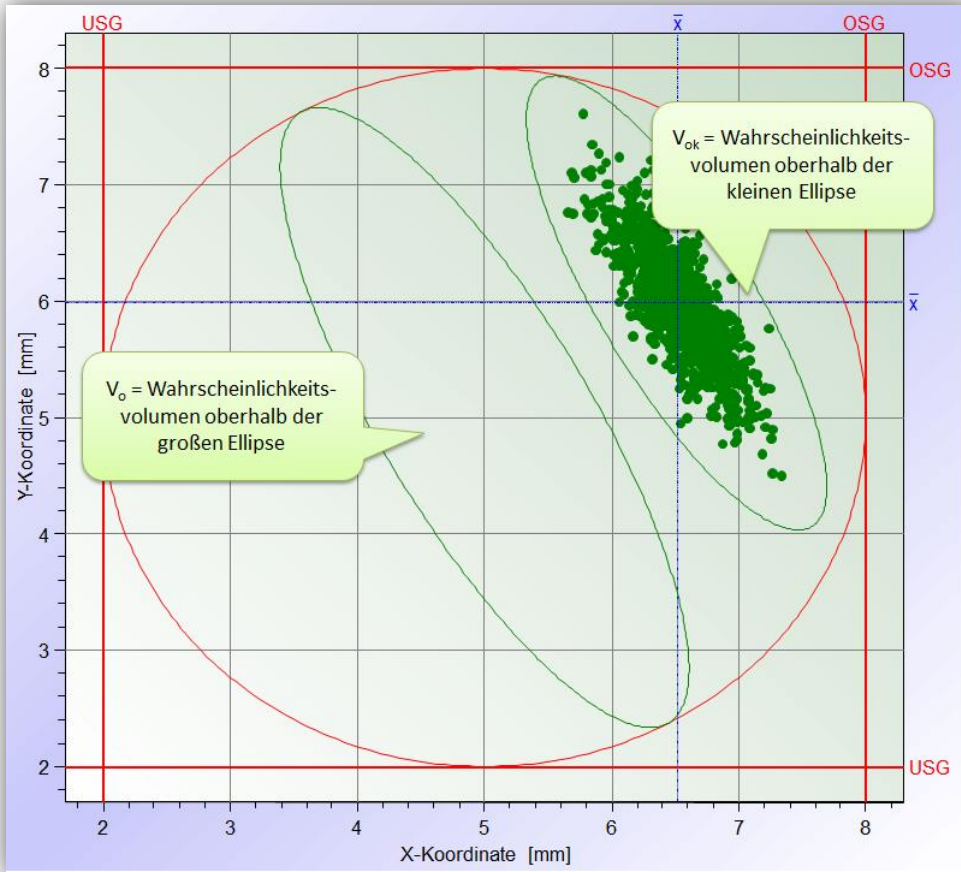


Abbildung 4-30: Positionsmesswerte im X-Y-Plot mit großer  $P_o$ - und kleiner  $P_{ok}$ -Streu-Ellipse

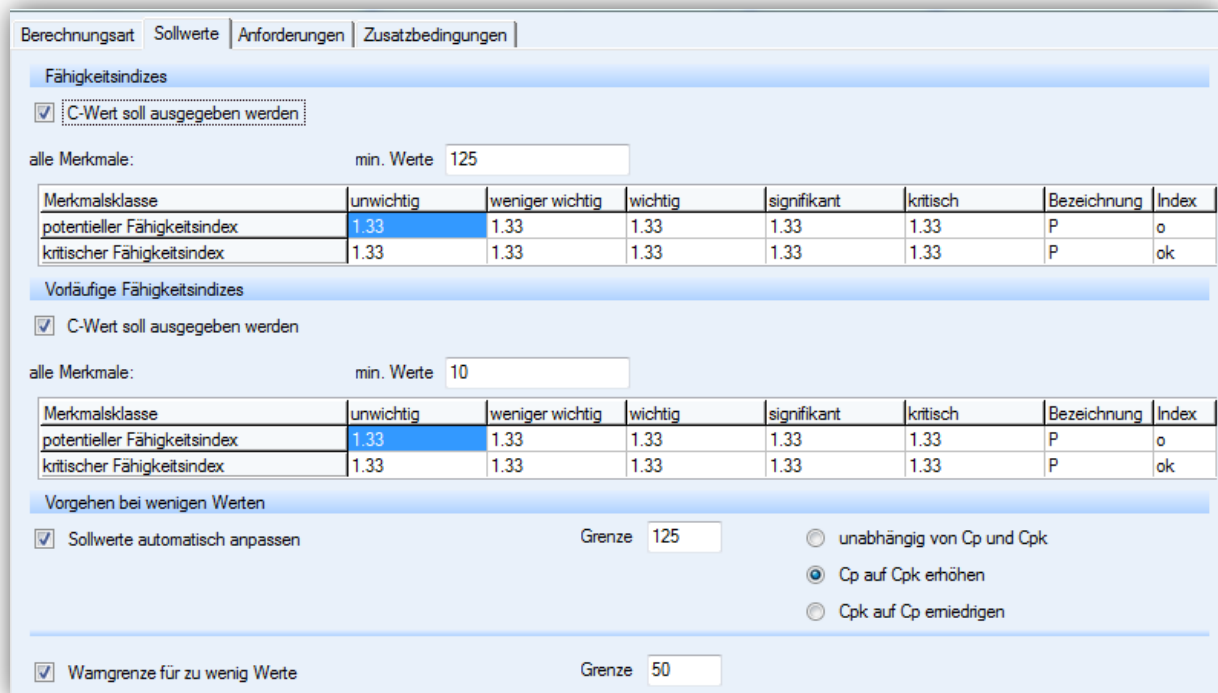
#### 4.3.1.2 Berechnung des potenziellen Fähigkeitsindexes $P_o$

- Der Mittelwert-Vektor der bivariaten Normalverteilung wird in die Sollposition verschoben
- Es wird die  $P_o$ -Streu-Ellipse ermittelt, die den Toleranzkreis gerade berührt
- Für die vergrößerte Streu-Ellipse wird das darüber befindliche Wahrscheinlichkeitsvolumen  $V_o$  der 2D-Normalverteilung berechnet
- Das Wahrscheinlichkeitsvolumen wird in eine univariate Standardnormalverteilung - übertragen:  $P = 1 - (1 - V_o)/2$
- Das P-Quantil  $u_p$  der Standardnormalverteilung wird ermittelt
- Der potenzielle Fähigkeitsindex ist  $P_o = u_p/3$

#### 4.3.1.3 Berechnung des kritischen Fähigkeitskennwertes $P_{ok}$

- Die 2D-Normalverteilung verbleibt im Mittelwert-Vektor
- Es wird die  $P_{ok}$ -Streu-Ellipse ermittelt, die den Toleranzkreis gerade berührt
- Für die  $P_{ok}$ -Streu-Ellipse wird das darüber befindliche Wahrscheinlichkeitsvolumen  $V_{ok}$  der 2D-Normalverteilung berechnet
- Das Wahrscheinlichkeitsvolumen wird in eine univariate Standardnormalverteilung übertragen:  $P = 1 - (1 - V_{ok})/2$
- Das P-Quantil  $u_P$  der Standardnormalverteilung wird berechnet
- Der kritische Fähigkeitsindex ist  $P_{ok} = u_P/3$

#### 4.3.2 Register Sollwerte



**Fähigkeitsindizes**

C-Wert soll ausgegeben werden

alle Merkmale: min. Werte 125

Merkmalsklasse	unwichtig	weniger wichtig	wichtig	signifikant	kritisch	Bezeichnung	Index
potentieller Fähigkeitsindex	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	P	o
kritischer Fähigkeitsindex	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	P	ok

**Vorläufige Fähigkeitsindizes**

C-Wert soll ausgegeben werden

alle Merkmale: min. Werte 10

Merkmalsklasse	unwichtig	weniger wichtig	wichtig	signifikant	kritisch	Bezeichnung	Index
potentieller Fähigkeitsindex	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	P	o
kritischer Fähigkeitsindex	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	P	ok

**Vorgehen bei wenigen Werten**

Sollwerte automatisch anpassen Grenze 125

unabhängig von  $C_p$  und  $C_{pk}$   
  $C_p$  auf  $C_{pk}$  erhöhen  
  $C_{pk}$  auf  $C_p$  erniedrigen

Warngrenze für zu wenig Werte Grenze 50

Abbildung 4-31: Einstellungen für die Positionstoleranzen im Register *Sollwerte*

##### 4.3.2.1 Mindestwerte für die Fähigkeitskennwerte

Es ist für alle Merkmalsklassen der gleiche Mindestwert für den Fähigkeitsindex eingestellt. Ab 10 Werten wird ein vorläufiger Fähigkeitsindex berechnet, um auch bei Kleinserien zumindest einen vorläufigen Fähigkeitsindex berechnen zu können.

##### 4.3.2.2 Sollwerte automatisch anpassen

Ist die Werteanzahl kleiner als der Grenzwert 125, so wird der Fähigkeits-Mindestwert automatisch erhöht. Die dafür angewandte Methode ist  $C_p$  auf  $C_{pk}$  erhöhen (Beschreibung siehe im Abschnitt 4.1.1.5).

##### 4.3.2.3 Warngrenze für zu wenig Werte (Grenze bedingt fähig)

Ist die Werteanzahl kleiner als der Grenzwert 50, so wird bei Erreichen oder Unterschreiten der Mindestwerte in der Ergebnisbewertung *bedingt fähig* statt *fähig* ausgegeben.

## 4.3.3 Register Anforderungen

Berechnungsart | Sollwerte | Anforderungen | Zusatzbedingungen

**Kriterien zur Fähigkeitsanalyse**

Nur die angekreuzten Bedingungen werden zur Gesamtbeurteilung benutzt

Merkmalsklasse	unwichtig	weniger wichtig	wichtig	signifikant	kritisch
potentieller Fähigkeitsindex	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
kritischer Fähigkeitsindex	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ausreißer automatisch entfernt ? ( AR )	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Toleranzverletzung ? ( GW )	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prozessfähigkeitsindex AIAG	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
kleinster Prozessfähigkeitsindex AIAG	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
AIAG Pp/Cp	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

weitere Einstellung

Bedingte Fähigkeit

Bedingte Fähigkeit, wenn vorläufiger C-Wert verwendet wurde ( L1 )

Bedingte Fähigkeit, wenn kein Verteilungsmodell gefunden wurde ( L2 )

Bedingte Fähigkeit, wenn das einzige Problem das Anpassen der C-Werte ist ( L3 )

Bedingte Fähigkeit, wenn Wamgrenze für zu wenig Werte unterschritten ( L4 )

Bedingte Fähigkeit, falls Ausreißer automatisch entfernt und Fähigkeit gegeben und Ausreißeranteil größer: ( L5 )

0  %

Bedingte Fähigkeit, falls Ausreißer automatisch entfernt und Fähigkeit gegeben und Anzahl aufeinanderfolgender Ausreißer größer: ( L7 )

2

Abbildung 4-32: Einstellungen für die Positionstoleranzen im Register Anforderungen

## 4.3.3.1 Kriterien zur Fähigkeitsanalyse

Für die **Gesamtbewertung *fähig*** müssen die folgenden **Kriterien** erfüllt sein:

- Es sind mindestens 50 Werte vorhanden.
- Der potenzielle Fähigkeitsindex ist größer oder gleich dem Mindestwert für Po
- Der kritische Fähigkeitsindex ist größer oder gleich dem Mindestwert für Pok

Für die **Gesamtbewertung *bedingt fähig*** sind die **Kriterien**

- Die Anzahl der Werte ist unterhalb der Grenze 50 Werte
- Der potenzielle Fähigkeitsindex ist größer oder gleich dem Mindestwert für Po
- Der kritische Fähigkeitsindex ist größer oder gleich dem Mindestwert für Pok

Für die **Gesamtbewertung *nicht fähig*** sind die **Kriterien**

- Der potenzielle Fähigkeitsindex ist kleiner als der Mindestwert für Po  
oder / und

- Der kritische Fähigkeitsindex ist kleiner als der Mindestwert für Pok

#### 4.3.4 Register Zusatzbedingungen

Berechnungsart | Sollwerte | Anforderungen | Zusatzbedingungen

Grenzwerte, ab denen bedingt fähige Merkmale als fähig bewertet werden

Grenzen verwenden, falls Wert > 0

alle Merkmale:

Merkmalsklasse	unwichtig	weniger wichtig	wichtig	signifikant	kritisch
potentieller Fähigkeitsindex	2	2	2	2	2
kritischer Fähigkeitsindex	2	2	2	2	2

Grenzwerte für vorläufige Fähigkeitsindizes, ab denen bedingt fähige Merkmale als fähig bewertet werden

Grenzen verwenden, falls Wert > 0

alle Merkmale:

Merkmalsklasse	unwichtig	weniger wichtig	wichtig	signifikant	kritisch
potentieller Fähigkeitsindex	2	2	2	2	2
kritischer Fähigkeitsindex	2	2	2	2	2

Vorgehen bei wenigen Werten

Sollwerte automatisch anpassen

Abbildung 4-33: Einstellungen für Positionstoleranzen im Register Zusatzbedingungen

In diesem Register können ergänzend Bedingungen definiert werden, um die Gesamtbewertung für ein *bedingt fähig* eingestufte Merkmal zu verfeinern. Es sind keine Einstellungen aktiv.