



HEXAGON

Operationscharakteristik

Qualitätsregelkarte

qs-STAT Prozessanalyse

FAQ
11 November 2022
Created with Version 13.0.4.5

Information about this document

All rights, including translation in foreign languages, are reserved. It is not allowed to reproduce any part of this document in any way without written permission of Hexagon.

Parts of this document may be automatically translated.

Document History

Version	Date	Author(s)	Modifications / Remarks
v-0.23	05/2020	RA	Initial Release (QDas-1146)
v-0.20	04.08.2021	GA	Revision

CONTENTS

1	Übersicht	4
2	Operationscharakteristik der SPC-Lagekarte	5
2.1	Nichteingriffswahrscheinlichkeit β (Operationscharakteristik)	8
2.2	Eingriffswahrscheinlichkeit $1 - \beta$	10
2.3	Erwarteter Überschreitungsanteil.....	11
2.4	Mittlere Lauflänge (Average Run Length ARL)	12
3	Planung der Operationscharakteristik	13
3.1	OC-Planung für eine Shewhart Lagekarte	14
3.2	OC-Planung für eine Annahme-Qualitätsregelkarte.....	16
3.2.1	Optionen QRK-Parameter	17
3.2.2	Option Darstellungsart	17
3.3	OC-Planung für eine Shewhart Streuungskarte	18

1 Übersicht

Wir betrachten in diesem Dokument die grafische Darstellung der Funktion der Operationscharakteristik für Qualitätsregelkarten. Die Grafik Operationscharakteristik für eine Lagekarte zeigt uns an, bei welcher Verschiebung des Lageparameters μ sich mit welcher Wahrscheinlichkeit eine Eingriffsgrenzenverletzung in der Lagekarte ereignen wird.

Analog zeigt uns die Grafik der Operationscharakteristik-Funktion für eine Streuungskarte an, wie stark die Wahrscheinlichkeit zunimmt, eine Eingriffsgrenzenverletzung zu erhalten, wenn sich der Wert des Streuungsparameters σ vergrößert hat.

Mit der Operationscharakteristik können wir Anwender also feststellen, wie empfindlich eine Regelkarte auf eine unerwünschte Veränderung des beobachteten Parameters – entweder μ oder σ - reagiert. Diese Information hilft uns Anwendern bei der Auswahl einer geeigneten Qualitätsregelkarte für den Zweck der Prozessüberwachung und Prozesssteuerung.

2 Operationscharakteristik der SPC-Lagekarte

Mit einer Qualitätsregelkarte für die Lage, wie z.B. einer Shewhart Mittelwertkarte, wird der Lageparameter μ der Prozessverteilung überwacht. Ist der Prozess auf einen Sollwert zu führen, so wünscht sich ein Prozessbetreiber, dass sich der Lageparameter der Prozessverteilung nicht verändert. Leider können wir Anwender den Lageparameter μ nicht direkt messen und beobachten. Aber mit Hilfe von Stichproben und daraus berechneten Kennwerten, wie z.B. dem Stichprobenmittelwert, können wir den aktuellen Wert des Lageparameters zumindest schätzen. Stichprobenergebnisse unterliegen stets der Zufallsstreuung. Anhand des Verlaufsmusters der Stichprobenmittelwerte in der Regelkarte lässt sich erkennen, ob diese Werte nur zufällig um den konstant gebliebenen Lageparameter μ streuen oder ob sich dieser Lageparameter verschoben hat. Aber wie gut lässt sich eine Lageparameter-Verschiebung mit der gewählten Regelkarte identifizieren? Mit anderen Worten: Wie empfindlich reagiert die Regelkarte auf Veränderungen des Lageparameters μ ? Das zu klären ist die Aufgabe der Grafik Operationscharakteristik.

Im Folgenden wird anhand des Beispieldatensatzes *Test 2* aus der Testdatei *TEST_ALL.dfq* eine Kombination aus einer Shewhart Mittelwertkarte und einer Shewhart Standardabweichungskarte gezeigt. Wird also der Datensatz *Test 2* mit der Auswertestrategie „Q-DAS Process Capability (01/2020)“ ausgewertet, so öffnet sich im Programm beim Aufruf der SPC-Qualitätsregelkarte für diesen Datensatz eine Kombination aus einer Shewhart Mittelwertkarte und einer Shewhart Standardabweichungskarte. Nach dem Laden der Datei *TEST_ALL.dfq* in das Modul *Prozessanalyse* des Programms *qs-STAT* wählt man in der Merkmalsliste zunächst das Merkmal *Test 2* aus und wählt anschließend den Menübefehl

Start | Auswertestrategie | Q-DAS Process Capability (01/2020)

Die Grafik der Regelkarte wird im Programm mit dem folgenden Befehl geöffnet:

Grafiken | Regelkarte | SPC-QRK | Darstellung 1

Die Regelkarte ist nun im Fenster *SPC-QRK – Darstellung 1* zu sehen. Die folgende Abbildung zeigt exemplarisch die SPC-Regelkarte:

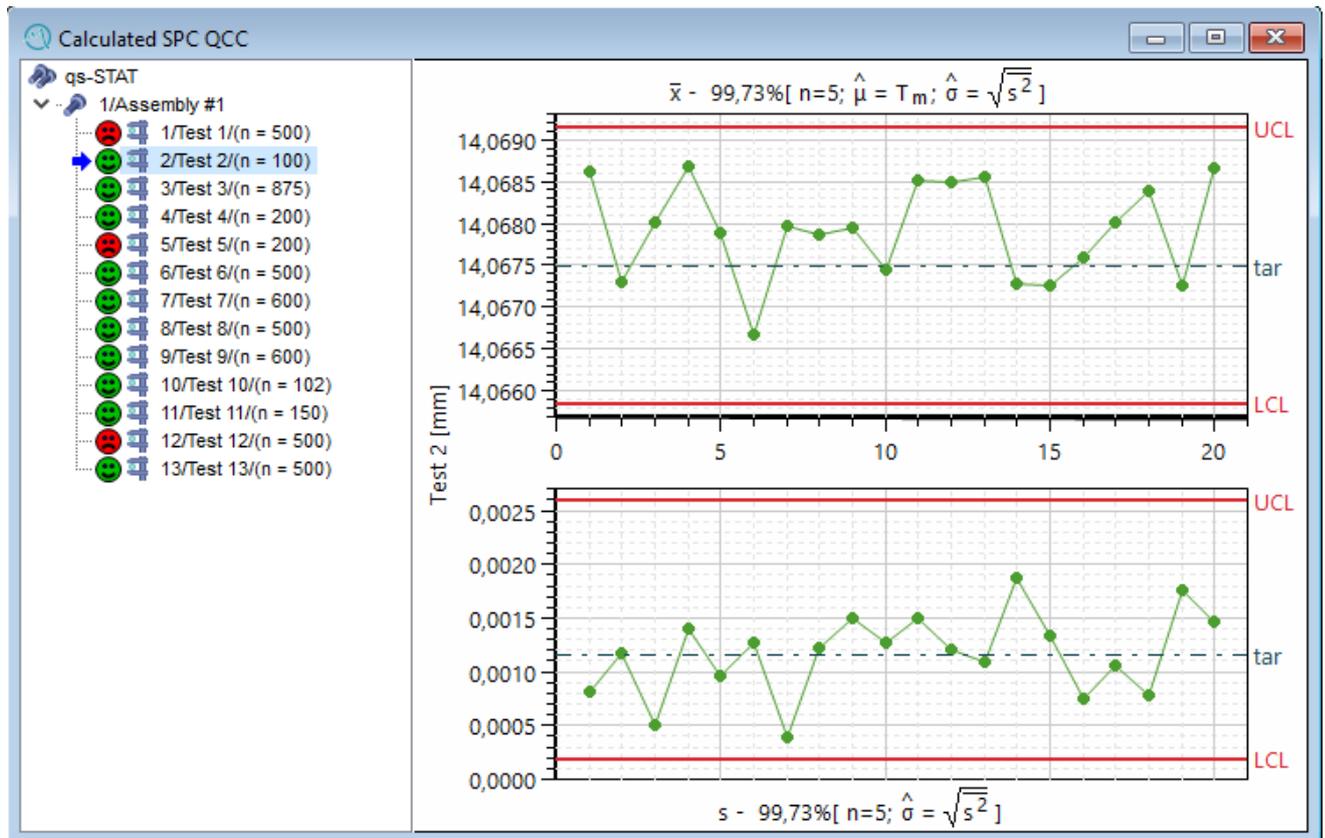


Abbildung 1: Ansicht der SPC-QRK für das Merkmal **Test 2** aus dem Datensatz **TEST_ALL.dfq**. Die SPC-QRK ist eine Kombination aus einer Shewhart Mittelwertkarte für das Überwachen des Prozesslageparameters μ und einer Shewhart Standardabweichungskarte für das Überwachen des Prozessstreuungsparameters σ .

Mit dem Befehl ...

Grafiken | Regelkarte | Operationscharakteristik

...öffnet man die Grafik Operationscharakteristik Analyse QRK. Sobald das Fenster geöffnet ist, wählt man den Befehl:

Grafikeinstellungen | 2. QRK ein/aus | SPC-QRK

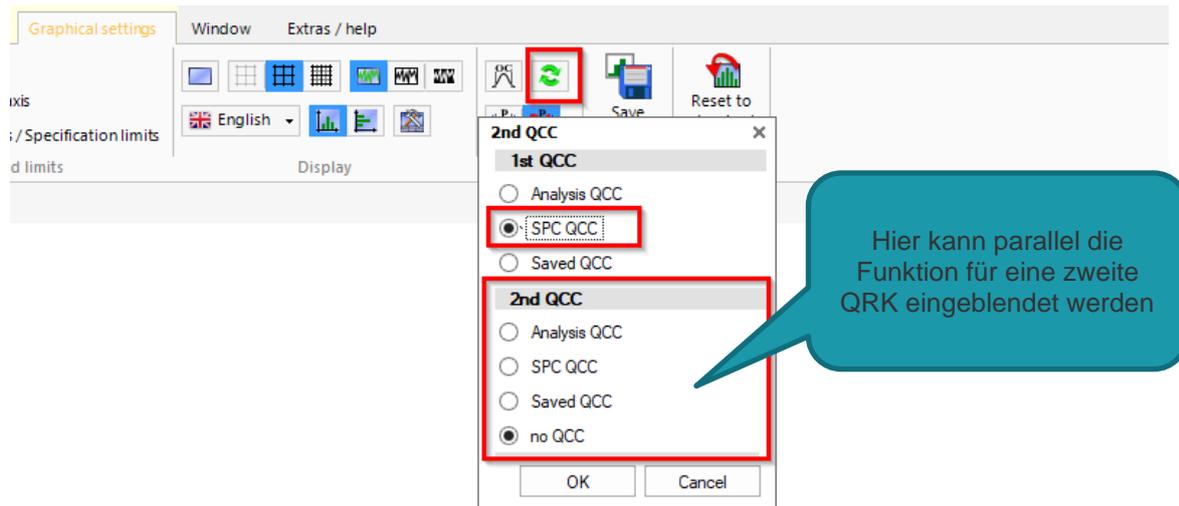


Abbildung 2: Klickfolge zur Auswahl der Darstellung SPC-QRK im Fenster Operationscharakteristik

2.1 Nichteingriffswahrscheinlichkeit β (Operationscharakteristik)

Um die Grafik der Operationscharakteristik (*Nichteingriffswahrscheinlichkeit β*) darzustellen, klicke man den Befehl:

Grafikeinstellungen | Darstellung | Nichteingriffswahrscheinlichkeit

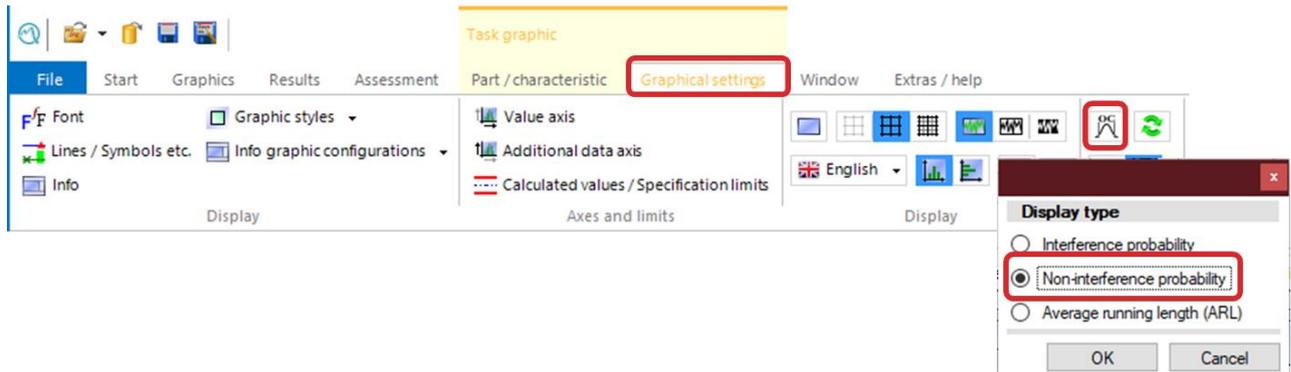


Abbildung 3: Auswahl der Darstellungsart „Nichteingriffswahrscheinlichkeit“ für die Grafik Operationscharakteristik

¹ Diese Wahrscheinlichkeit wird im Rahmen der statistischen Testverfahren oft als Wahrscheinlichkeit für den Fehler 2. Art oder kurz Wahrscheinlichkeit β genannt. Der Wert für β besagt, mit welcher Wahrscheinlichkeit in einer QRK keine Verletzung der Eingriffsgrenzen auftritt, obwohl sich der aktuelle Parameterwert für μ oder σ gegenüber dem ursprünglich für die Konstruktion der QRK verwendeten Parameter μ_0 oder σ_0 verändert hat.

In dem Fenster *Operational characteristic analysis QCC* ist nun die Funktion der *Nichteingriffswahrscheinlichkeit* β für die Lagekarte (Shewhart Mittelwertkarte) der SPC-QRK zu sehen.

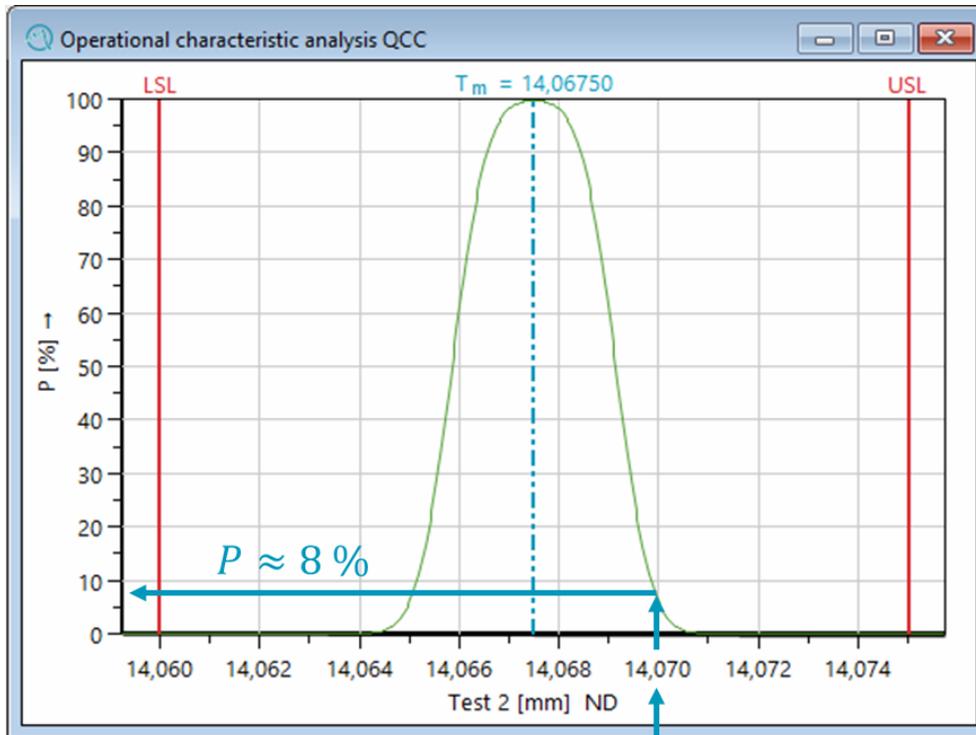


Abbildung 4: Grafik der Nichteingriffswahrscheinlichkeit β (P in der Abbildung) für die Shewhart Mittelwertkarte (SPC-QRK), berechnet für das Merkmal Test 2 des Datensatzes TEST_ALL.dfq.

Der Zahlenstrahl auf der **X-Achse** ist gedanklich als **eine beliebige potenzielle Lage des Parameters μ** der Prozessverteilung zu deuten. Die linke rote Linie symbolisiert die Lage der unteren Spezifikationsgrenze $USG = 14,060 \text{ mm}$ und die rechte rote Linie entsprechend die Lage der oberen Spezifikationsgrenze $OSG = 14,075 \text{ mm}$. Die hier dargestellte Shewhart Mittelwertkarte (SPC-QRK) wurde ursprünglich konstruiert mit dem Lageparameter ...

$$\mu_0 = \frac{OSG + USG}{2} = 14,0675 \text{ mm}$$

Das ist in diesem Fall exakt die Mitte der Toleranz. Der Streuungsparameter σ wird in dieser Grafik als konstant angenommen, verändert seinen Wert also nicht. Auf der (linken) Y-Achse ist die *Nichteingriffswahrscheinlichkeit* β (P) zu sehen, also die Wahrscheinlichkeit, mit der **keine** Überschreitung der Eingriffsgrenzen eintritt.

Die Grafik ist wie folgt zu lesen: Befindet sich der Prozessparameter μ exakt auf dem Wert μ_0 (in der Abbildung ist das die Mitte der Toleranz T_m), so erhält man den größtmöglichen Wert für die Nichteingriffswahrscheinlichkeit: $1 - \alpha = 99,73 \%$. Dafür wurde die Karte konstruiert. Wenn sich nun beispielsweise der Lageparameter von der Toleranzmitte $\mu_0 = T_m = 14,0675 \text{ mm}$ auf den Wert $\mu_{gestört} = 14,070 \text{ mm}$ verschieben würde, so würde man mit der nächsten gezogenen Stichprobe in der Shewhart Mittelwertkarte mit einer Wahrscheinlichkeit von ca. $\beta = 8 \%$ **keine** Eingriffsgrenzenverletzung beobachten (*Nichteingriffswahrscheinlichkeit* β).

Die OC-Funktion drückt das Risiko aus, keine Eingriffsgrenzenverletzung mit der nächsten gezogenen Stichprobe zu erhalten, obwohl sich der Lageparameter verschoben hat.

2.2 Eingriffswahrscheinlichkeit $1 - \beta$

Die zur Nichteingriffswahrscheinlichkeit β komplementäre Wahrscheinlichkeit ist die *Eingriffswahrscheinlichkeit*² $1 - \beta$. Mit Bezug auf die Shewhart Lagekarte drückt die Eingriffswahrscheinlichkeit aus, mit welcher Wahrscheinlichkeit eine Eingriffsgrenzenverletzung bei einer Verschiebung des Parameters μ in der QRK beobachtet wird.

Um die Funktion der Eingriffswahrscheinlichkeit zu sehen, klickt man im Menü auf die Befehle:

Grafikeinstellungen | Darstellung | Eingriffswahrscheinlichkeit

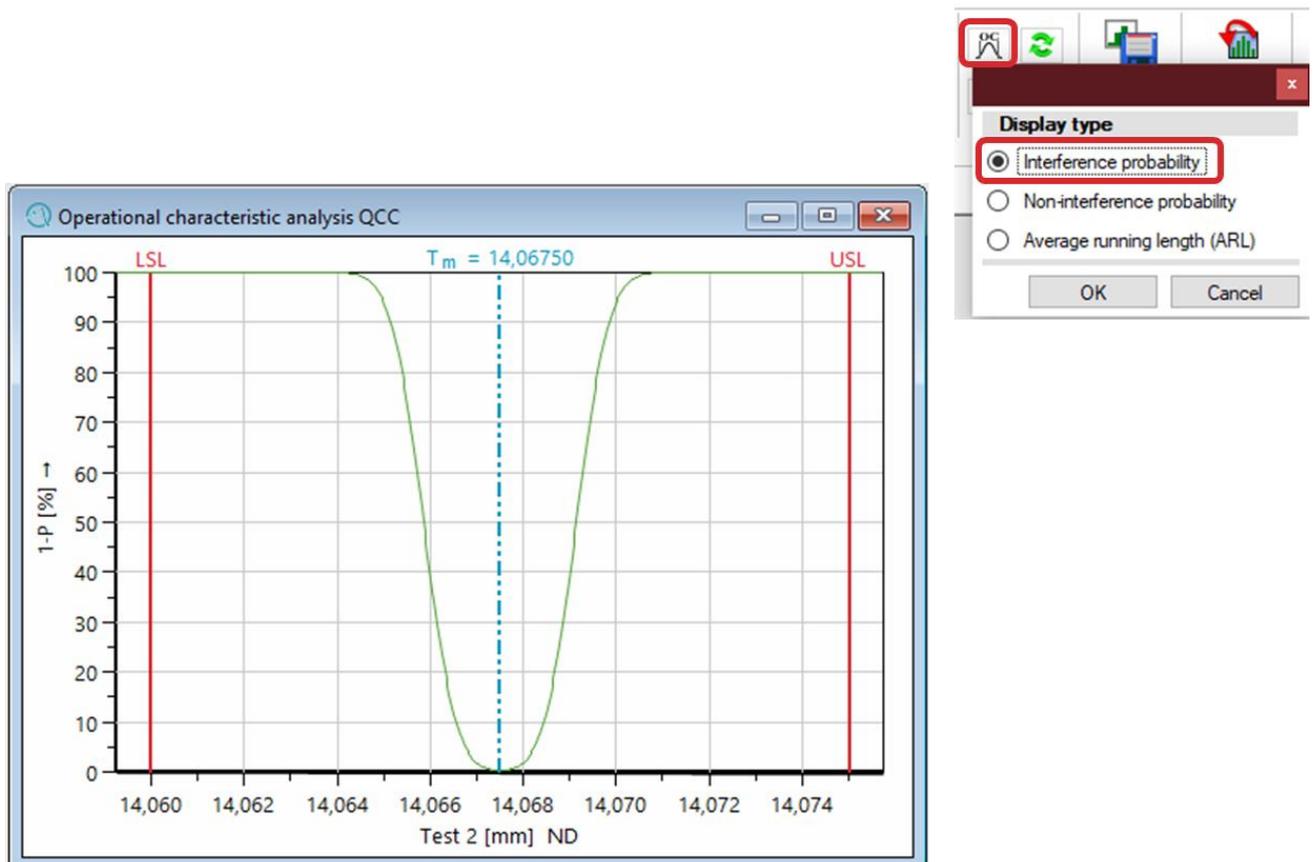


Abbildung 5: Grafik der Eingriffswahrscheinlichkeit $1 - \beta$ für die Shewhart Mittelwertkarte (SPC-QRK) basierend auf dem Datensatz „TEST_ALL.DFQ“, Merkmal „Test 2“.

² Im Bereich der statistischen Hypothesentests wird die *Eingriffswahrscheinlichkeit* $1 - \beta$ üblicherweise als *Power* bezeichnet. Diese Wahrscheinlichkeit drückt aus, wie „sicher“ eine Eingriffsgrenzenverletzung eintritt.

2.3 Erwarteter Überschreitungsanteil

Mit dem folgenden Befehl wird der erwartete Überschreitungsanteil (Erwarteter Anteil an Merkmalswerten außerhalb der Spezifikationsgrenze) in Abhängigkeit von der Prozesslage μ eingeblendet:

Grafikeinstellungen | Überschreitungsanteil einblenden

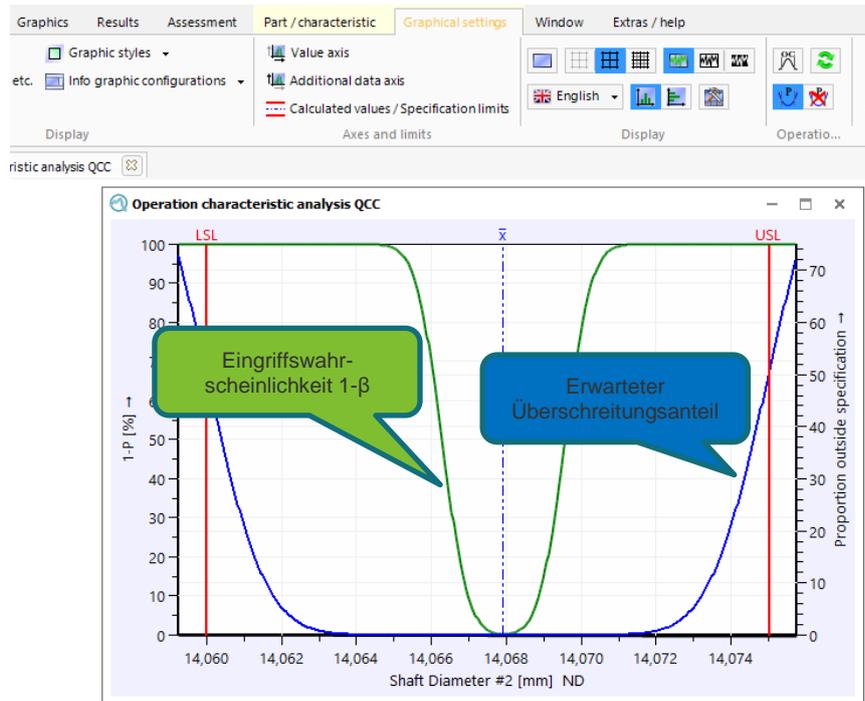


Abbildung 6: Erwarteter Überschreitungsanteil in Abhängigkeit von dem Wert des Prozesslageparameters μ . Beachte die rechte Y-Achse für den Überschreitungsanteil und die linke Y-Achse für die Eingriffswahrscheinlichkeit $1 - \beta$.

Für den Testdatensatz *Test 2* gilt: In der Shewhart Mittelwertkarte würde nach einer Prozesslageverschiebung auf $\mu_{gestört} = 14,070 \text{ mm}$ mit großer Wahrscheinlichkeit (ca. 92 %) eine Eingriffsgrenzenverletzung beobachtet werden, noch bevor ein ernst zu nehmender Überschreitungsanteil aufgetreten sein würde. Das ist eine wünschenswerte Situation! Aber leider ist diese nur für solche Prozesse gegeben, für die eine hohe Prozessfähigkeit nachgewiesen werden konnte (z.B. wenn C_p und C_{pk} beide 2.0 oder größer sind).

2.4 Mittlere Lauflänge (Average Run Length ARL)

Mit dem Menübefehl ...

Grafikeinstellungen | Darstellungsart | Average Run Length (ARL)

... wird die Grafik der mittleren Lauflänge angezeigt.

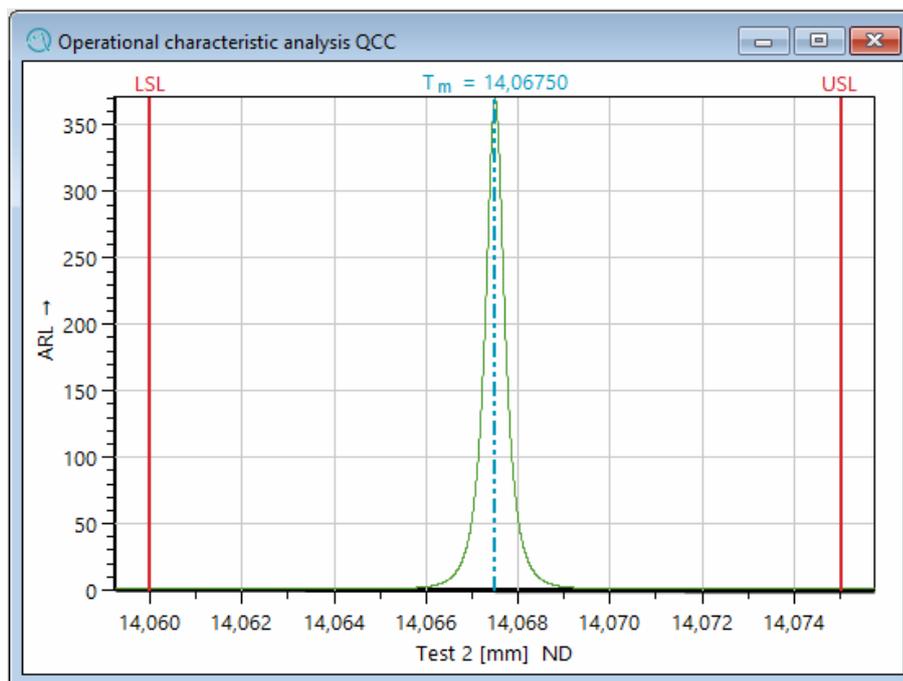
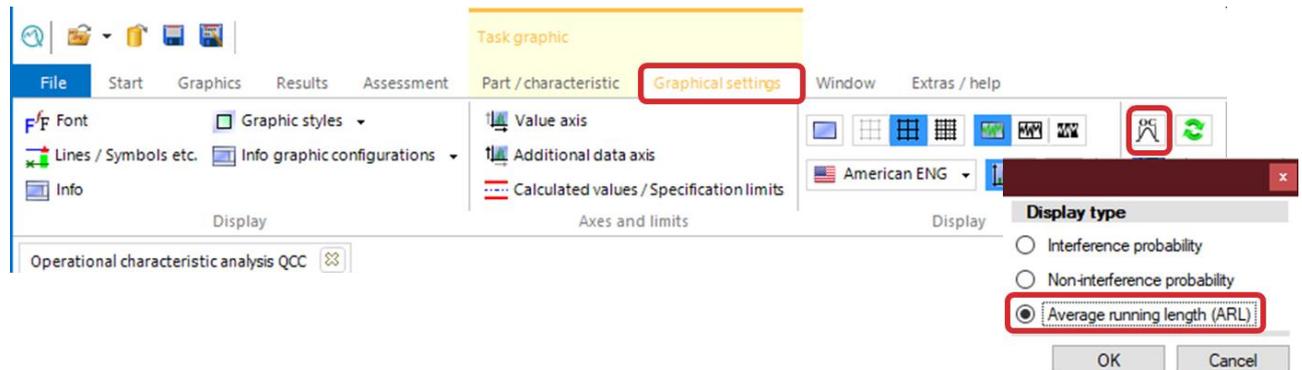


Abbildung 7: Grafik der mittleren Lauflänge in Abhängigkeit von dem Lageparameter μ .

Die mittlere Lauflänge ARL zeigt uns Anwendern für einen (beliebig gewählten) Wert μ an, wie viele Stichproben im Mittel gezogen werden müssten, bis sich eine Eingriffsgrenzenverletzung in der Shewhart Mittelwertkarte ereignen wird. Für die exakt auf Toleranzmitte zentrierte Karte sind es im Mittel ca. 370 Stichprobenziehungen (Bergspitze), bis eine Überschreitung bei einer der Eingriffsgrenzen auftritt. Für den Lageparameter $\mu_{gestört} = 14,068$ mm sind es im Mittel noch rund 50 Stichproben, bis eine Eingriffsgrenzenverletzung auftritt und für $\mu_{gestört} = 14,069$ mm sind es weniger als 10 Stichproben.

3 Planung der Operationscharakteristik

Die im Programm vorhandenen Standardeinstellungen für die Qualitätsregelkarten werden aus der gerade aktiven Auswertestrategie übernommen. Das gilt auch für die Grafik der Operationscharakteristik, die ja entweder für die Analyse-Lagekarte oder für die SPC-Lagekarte der Auswertestrategie dargestellt wird. Das Programm qs-STAT bietet uns Anwendern aber auch ein Planungswerkzeug für die Operationscharakteristik einer Qualitätsregelkarte an, das unabhängig von der Auswertestrategie ist. Dazu wählen wir in der Menüleiste den folgenden Befehl:

Zusätze / Hilfe | OC-Planung

In dem Fenster *Operationscharakteristik* sind QC-Verläufe für die folgenden Kartenarten verfügbar:

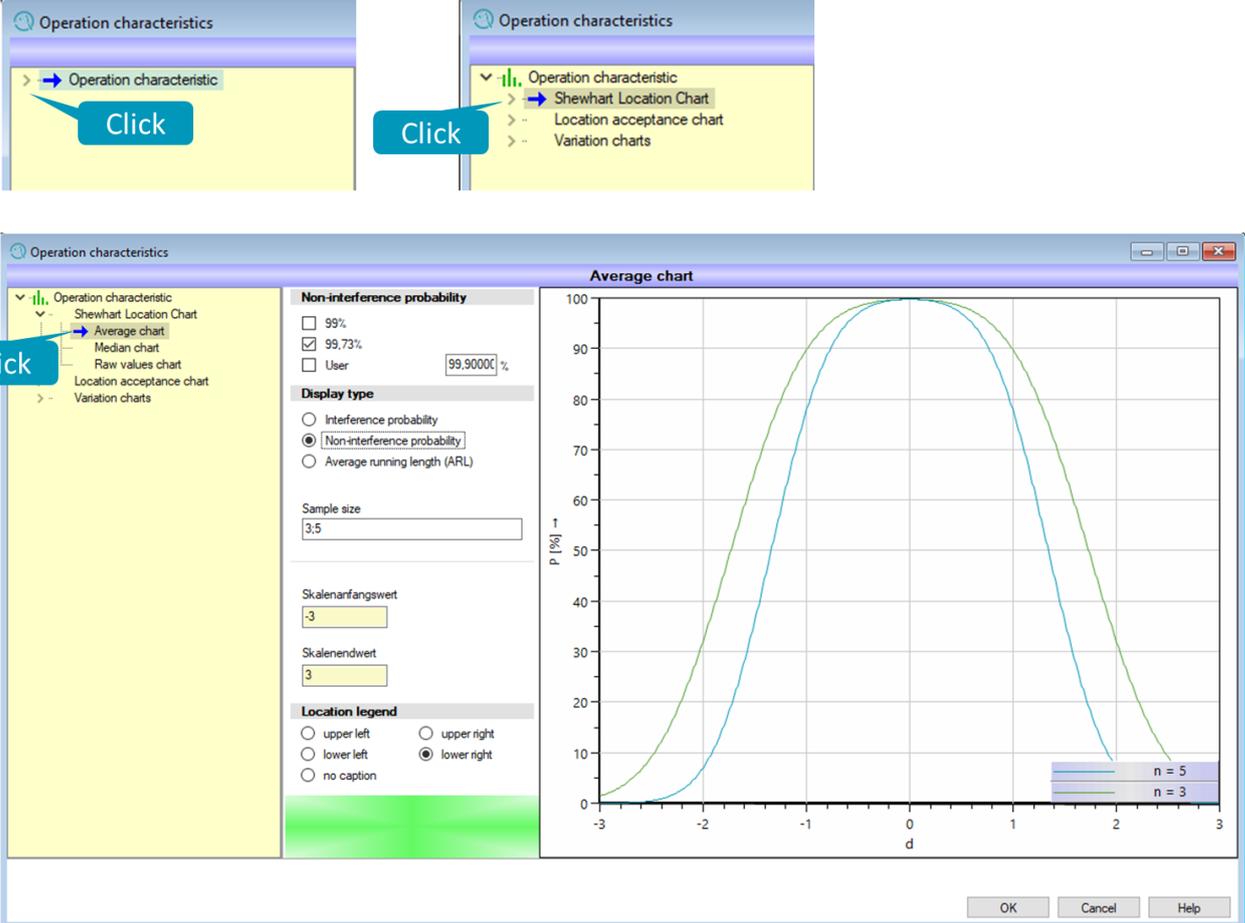
Kartenart	Kartentyp	Symbol
Shewhart Lagekarte	Shewhart Mittelwertkarte	\bar{x} - Karte
	Shewhart Mediankarte	\tilde{x} - Karte
	Shewhart Urwertkarte	x - Karte
Annahme Lagekarte	Annahme Mittelwertkarte	\bar{x} - ANK
	Annahme Mediankarte	\tilde{x} - ANK
	Annahme Urwertkarte	x - ANK
Shewhart Streuungskarte	Exakt berechnete Shewhart Standardabweichungskarte	s - Karte
	Näherungsweise berechnete Shewhart Standardabweichungskarte	s - Karte (QS-9000)
	Exakt berechnete Shewhart Spannweitenkarte	R - Karte
	Näherungsweise berechnete Shewhart Spannweitenkarte	R - Karte (QS-9000)

Hinweise:

- Bei der „exakt berechneten Standardabweichungskarte“ werden die Eingriffsgrenzen mit dem $\frac{\alpha}{2}$ bzw. dem $1 - \frac{\alpha}{2}$ Quantil der χ^2 -Verteilung bestimmt und bei der „exakt berechneten Spannweitenkarte“ werden die Eingriffsgrenzen mit dem $\frac{\alpha}{2}$ bzw. dem $1 - \frac{\alpha}{2}$ Quantil der w -Verteilung bestimmt ($w = \frac{R}{s}$). Das asymmetrische Streuverhalten der Stichprobenkenngrößen s und R um ihren jeweiligen Erwartungswert ist damit korrekt beschrieben (für Stichproben aus einer normalverteilten Grundgesamtheit).
- Bei der „näherungsweise berechneten Standardabweichungskarte“ und bei der „näherungsweise berechneten Spannweitenkarte“ werden die Eingriffsgrenzen näherungsweise mit dem $\frac{\alpha}{2}$ bzw. dem $1 - \frac{\alpha}{2}$ Quantil der Normalverteilung bestimmt. Das asymmetrische Streuverhalten der beiden Stichprobenkenngrößen s und R um ihren jeweiligen Erwartungswert ist damit nicht korrekt beschrieben.

3.1 OC-Planung für eine Shewhart Lagekarte

Am Beispiel der Shewhart Mittelwertkarte ist die Handhabung und Deutung der OC-Planung beschrieben. Das Vorgehen ist für die anderen beiden Shewhart Lagekarten gleich.



The screenshot shows the 'Operation characteristics' window. On the left, a tree view shows the navigation path: 'Operation characteristic' > 'Shewhart Location Chart' > 'Average chart'. A blue callout box with the text 'Click' points to the 'Average chart' item. The main configuration area is split into two sections. The left section contains settings for 'Non-interference probability' (99%, 99.73%, User: 99.9000%), 'Display type' (Interference probability, Non-interference probability selected, Average running length (ARL)), 'Sample size' (3,5), 'Skalenanfangswert' (-3), and 'Skalenendwert' (3). The right section contains 'Location legend' options (upper left, upper right, lower left, lower right selected, no caption). The right section of the window displays an 'Average chart' plot with the y-axis labeled 'P [%]' (0 to 100) and the x-axis labeled 'd' (-3 to 3). Two normal distribution curves are shown: a green curve for n=3 and a blue curve for n=5. A legend in the bottom right of the plot identifies the curves.

Abbildung 8: Das Fenster Planung der Operationscharakteristik zeigt die Funktion der Nichteingriffswahrscheinlichkeit einer Shewhart Mittelwertkarte im Vergleich für die Konstruktion der Karte mit dem Stichprobenumfang $n = 3$ (grün) und $n = 5$ (blau).

Option Nichteingriffswahrscheinlichkeit

Unter der Option *Nichteingriffswahrscheinlichkeit* β wählt der Anwender die Wahrscheinlichkeit für die Konstruktion der Karte. International üblich ist die *Nichteingriffswahrscheinlichkeit* $\beta = 99,73\%$ nach *Walter A. Shewhart*. In Europa ist durch den Einfluss britischer Normen auch die *Nichteingriffswahrscheinlichkeit* $\beta = 99\%$ noch oft im Gebrauch.

Der Anwender kann bei Bedarf einen benutzerspezifischen Wert für die *Nichteingriffswahrscheinlichkeit* einstellen, wie z.B. $\beta = 99,9\%$ (oder jeden beliebigen Wert im Intervall $50\% < \beta < 100\%$).

Option Darstellungsart

Das Programm bietet die folgenden Funktions-Darstellungsarten an:

- Eingriffswahrscheinlichkeit $1-\beta$
- Nichteingriffswahrscheinlichkeit β
- Mittlere Lauflänge ARL

Option Stichprobenumfang

Hier können, jeweils durch ein Komma oder ein Semikolon getrennt, verschiedene Stichprobenumfänge eingegeben werden. Dadurch lässt sich der Einfluss des Stichprobenumfangs auf die Form der gerade ausgewählten Darstellungsfunktion untersuchen und vergleichen.

Option Skalenanfangswert und Skalenendwert

Hier wird das auf der X-Achse dargestellte Werteintervall festgelegt. Auf der X-Achse ist die Lageverschiebung des Mittelwertes d standardisiert dargestellt. Das heißt, die Lageverschiebung ist in Einheiten der Standardabweichung σ ausgedrückt. Für die Lagekarte bedeutet der Wert $d = 1$, dass der Lageparameter μ um eine Standardabweichung gegenüber der Ursprungsposition μ_0 verschoben ist. Der Wert $d = 2$ bedeutet, dass der Lageparameter μ um zwei Standardabweichungen aus der Ursprungsposition μ_0 verschoben ist, usw.

Option Position der Legende

Hier entscheidet der Anwender ob und wo die Legende auf der Grafik dargestellt werden soll.

Mit einem Klick auf die Schaltfläche *OK* wird die Berechnung und Darstellung ausgelöst. Für die *Shewhart Mediankarte* und *Shewhart Urwertkarte* ist die Vorgehensweise und Interpretation analog.

3.2 OC-Planung für eine Annahme-Qualitätsregelkarte

Im Unterschied zu einer Shewhart Lagekarte ist die Annahmekarte dann eine Option, wenn der Lageparameter eines Prozesses nicht konstant gehalten werden kann. Denken wir hier beispielsweise an werkzeuggebundene Herstellungsverfahren, wie Spritzgießen, Hohnen, Reiben, Ziehen, usw. Bei all diesen Verfahren ist eine Lageveränderung aufgrund des Werkzeugverschleißes unvermeidlich und das Werkzeug soll aus wirtschaftlichen Gründen für eine „optimal lange“ Standzeit genutzt werden. Damit erübrigt sich der Gedanke an eine Sollwertführung mit einer Shewhart Lagekarte. Stattdessen wird der erwartete Überschreitungsanteil p betrachtet. Stattdessen wird der erwartete Schlechtanteil betrachtet. Der Benutzer gibt dazu die Werte für „Vorgabe Schlechtanteil“ und „Eingriffswahrscheinlichkeit ein.

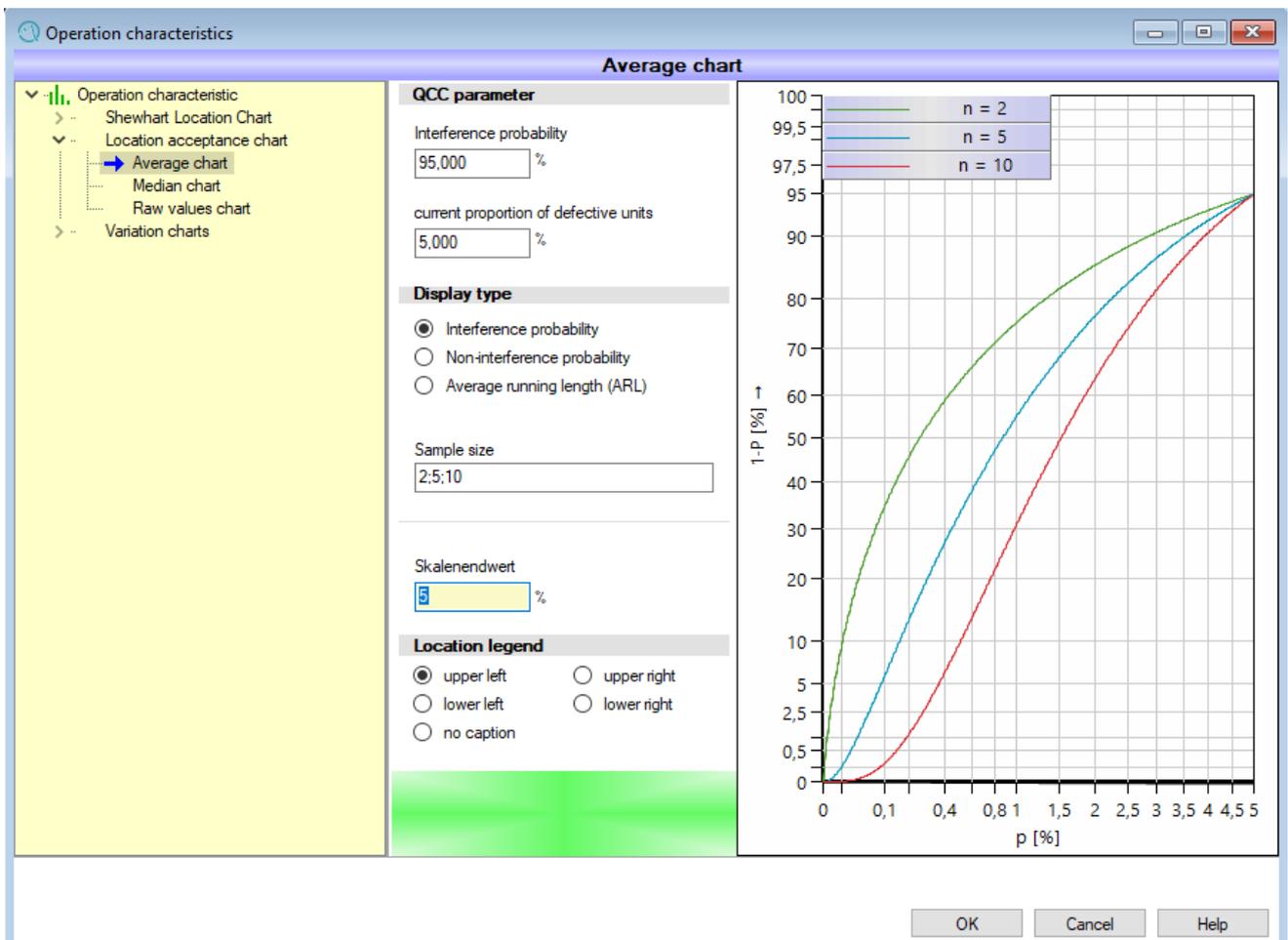


Abbildung 9: Eingriffskennlinien für eine Mittelwert-Annahmekarte im Vergleich für die Stichprobenumfänge $n = 10, 5$ und 2 .

Die Eingriffskennlinie in der Abbildung 9 wird wie folgt gelesen: Ist der aktuelle Überschreitungsanteil auf $p = 1$ % angestiegen (X-Achse), so wird bei der nächsten gezogenen Stichprobe in der Mittelwert-Annahmekarte mit dem Stichprobenumfang $n = 10$ etwa mit 30 % Wahrscheinlichkeit eine Eingriffsgrenzenverletzung auftreten. In der Mittelwert-Annahmekarte für den Stichprobenumfang $n = 5$ erhält man mit ca. 55 % eine Eingriffsgrenzenverletzung und für den Stichprobenumfang $n = 2$ mit 75 % eine Eingriffsgrenzenverletzung.

3.2.1 Optionen QRK-Parameter

Für das Konstruieren der Karte sind vom Anwender die folgenden zwei Eingabefelder auszufüllen:

- 1) Die Eingriffswahrscheinlichkeit $1 - \beta$ in Prozent
- 2) Der „sicher“ zu erkennende Überschreitungsanteil $p_{vorgabe}$ in Prozent

3.2.2 Option Darstellungsart

Hier kann der Anwender zunächst eine der drei Darstellungsarten ...

- (1) Eingriffswahrscheinlichkeit $1 - \beta$
- (2) Nichteingriffswahrscheinlichkeit β
- (3) mittlere Lauflänge (Average Run Length)

... auswählen.

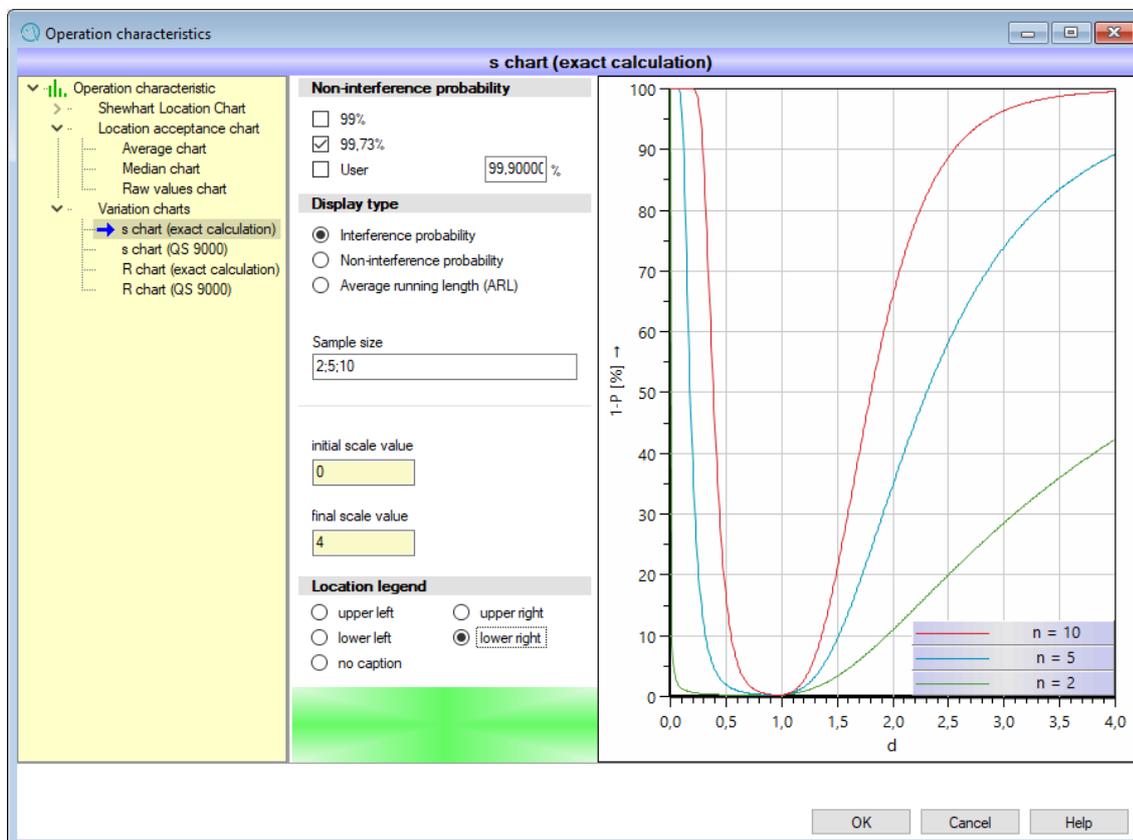
In das Eingabefeld „*Stichprobenumfang*“ kann der Anwender mehrere Stichprobenumfänge, jeweils getrennt durch ein Komma oder durch ein Semikolon, eingeben.

Das Eingabefeld „*Skalenendwert*“ bezieht sich auf die Darstellungslänge der X-Achse, also den Überschreitungsanteil p . Für den Überschreitungsanteil kann der Anwender einen Wert im Intervall zwischen 0,05 % und 100 % eingeben.

3.3 OC-Planung für eine Shewhart Streuungskarte

Bei den Streuungskarten können Operationscharakteristiken für die Shewhart Standardabweichungskarte (s-Karte) und für die Shewhart Spannweitenkarte (R-Karte) berechnet werden.

In der Abbildung 9 sind im Vergleich die Eingriffskennlinien der Shewhart Standardabweichungskarten für die Stichprobenumfänge $n = 10$, $n = 5$ und $n = 2$ dargestellt. Auf der X-Achse ist das Verhältnis $d = \frac{\sigma_{actual}}{\sigma_0}$ als Zahlenstrahl aufgetragen, also das Verhältnis aus dem aktuellen Wert für den Parameter σ zu dem ursprünglichen Wert σ_0 , mit dem die Karte konstruiert wurde. So bedeutet $d = 2,0$, dass der aktuelle Wert für Sigma doppelt so groß ist wie der Sigma-Wert, der für die Konstruktion der Shewhart s-Karte verwendet wurde. Bemerkenswert ist die Tatsache, dass eine Veränderung des Sigma-Wertes bei einem kleinen Stichprobenumfang vergleichsweise schlecht zu bemerken ist. Eine Verdoppelung des Sigma-Wertes ($d = 2$) führt bei der nächsten Stichprobe nur mit 12 % Wahrscheinlichkeit zu einer Eingriffsgrenzen-Verletzung für einen Stichprobenumfang $n = 2$. Im Vergleich dazu beachte man die Kennlinie für den Stichprobenumfang $n = 10$. Hier beträgt die Eingriffswahrscheinlichkeit immerhin schon rund 68 %.



Die Interpretation ist für die übrigen Streuungskarten analog. Man beachte jedoch, dass für die näherungsweise berechnete Standardabweichungskarte (s-Karte QS-9000) bei einem Stichprobenumfang kleiner als $n = 6$ keine untere Eingriffsgrenze existiert³. Das gleiche gilt für die näherungsweise berechnete Spannweitenkarte (R-Karte QS-9000) bei einem Stichprobenumfang kleiner als $n = 7$. Das führt dazu, dass bei diesen Stichprobenumfängen die zugehörigen Kennlinien für die Eingriffs- und die Nichteingriffswahrscheinlichkeit jeweils links oder unterhalb von $d = 1$ nicht dargestellt sind.

³ Dies gilt für die Konstruktion der s- oder R-Karte mit einer Nichteingriffswahrscheinlichkeit von 99,73 % nach W. A. Shewhart.