

CD-00081 - Statistik: zerstörende und nicht zerstörende Prüfung von Merkmalen / Statistics: destructive and non-destructive testing of characteristics

Frühere Codierung	CD-081-DE
Version	5.0
Typ	lang. indep.\Corporate Document
Zustand	Gültig
Gültigkeitsdatum	08.05.2015

Hinweis zur Sprache / Remark concerning document language

Falls eine Originalausgabe in Landessprache des Herausgebers existiert, gelten grundsätzlich die Auslegungen der Originalausgabe.

In case an original edition in the editor's native language exists, the interpretation of this original edition is valid.

Inhaltsverzeichnis / Contents

1. Zweck / Purpose

Dieses Corporate Dokument regelt den Ablauf und die Vorgehensweise für Kurzzeitfähigkeitsuntersuchungen, vorläufige Prozessfähigkeitsuntersuchungen und fortlaufende Prozessfähigkeitsuntersuchungen für zerstörende und nicht zerstörende Prüfungen.

Das Dokument ist gültig für die TK-Presta Gruppe sowie auch für die Zulieferer, die Prüfungen an Produkten vornehmen, die an die TK-Presta oder ein Tochterwerk geliefert werden.

This Corporate Document describes the procedure of short-term capability studies, preliminary capability studies and long-term capability studies for destructive and non-destructive tests.

This document is valid for the TK-Presta Group as well as for the suppliers that perform tests on products delivered to TK-Presta or a subsidiary.

2. Begriffe / Definitions

- MFU => Kurzzeitfähigkeitsuntersuchungen (Maschinenfähigkeitsuntersuchung)
- PFU => Prozessfähigkeitsuntersuchungen (vorläufige)
- <H> => Hauptmerkmal mit min. Anforderungen von $C_{mk} / P_{pk} / T_{pk} > 1.67 ; C_{pk} > 1.33$
- <K> => Kritisches Merkmal mit min. Anforderungen von $C_{mk} / P_{pk} / T_{pk} > 2.00 ; C_{pk} > 1.67$
- 2k Versuchspläne => k Faktoren mit je 2 Stufen => $2 \times 2 \times \dots \times 2 = 2^k$ Faktorstufenkombinationen (bei 2 Faktoren $2^2 = 4$ Kombinationen)
- Prozesseigner => verantwortlich für den Prozess, die Anlagenherstellung, die Prozessparameter, die Definition der Parameter, etc.
- Cm / Cmk => Maschinenfähigkeit / Kurzzeitfähigkeit
- Cp / Cpk => Prozessfähigkeit / Langzeitfähigkeit
- Pp / Ppk => vorläufige Prozessfähigkeit /

- MCS => short-term capability study (machine capability study)
- PCS => process capability study (preliminary)
- <H> => main characteristic with min. requirements of $C_{mk} / P_{pk} / T_{pk} > 1.67 ; C_{pk} > 1.33$
- <K> => critical characteristic with min. requirements of $C_{mk} / P_{pk} / T_{pk} > 2.00 ; C_{pk} > 1.67$
- 2k trial plan => k factors with 2 parameters => $2 \times 2 \times \dots \times 2 = 2^k$ factor combinations (with 2 factors $2^2 = 4$ combinations)
- Process-owner => responsible for the process, the machine manufacturing, the process parameters, the definition of the parameters, etc.
- Cm / Cmk => machine capability / short term capability

- Prozessleistung (auch bei instabilen Prozessen)
- T_p / T_{pk} => temporärer Fähigkeitsindex (analog zu C_p / C_{pk}), für einen instabilen Prozess der nicht beherrscht ist
 - OGW : Oberer Grenzwert (z.B. Spezifikationsgrenzwert)
 - UGW : Unterer Grenzwert

- C_p / C_{pk} => process capability / long term capability
- P_p / P_{pk} => preliminary process capability / process performance (also for unstable processes)
- T_p / T_{pk} => temporary capability index (calculated like C_p / C_{pk}) that indicates an unstable process, not in control
- OGW : upper limiting value (for example : Specification Limit)
- UGW : lower limiting value

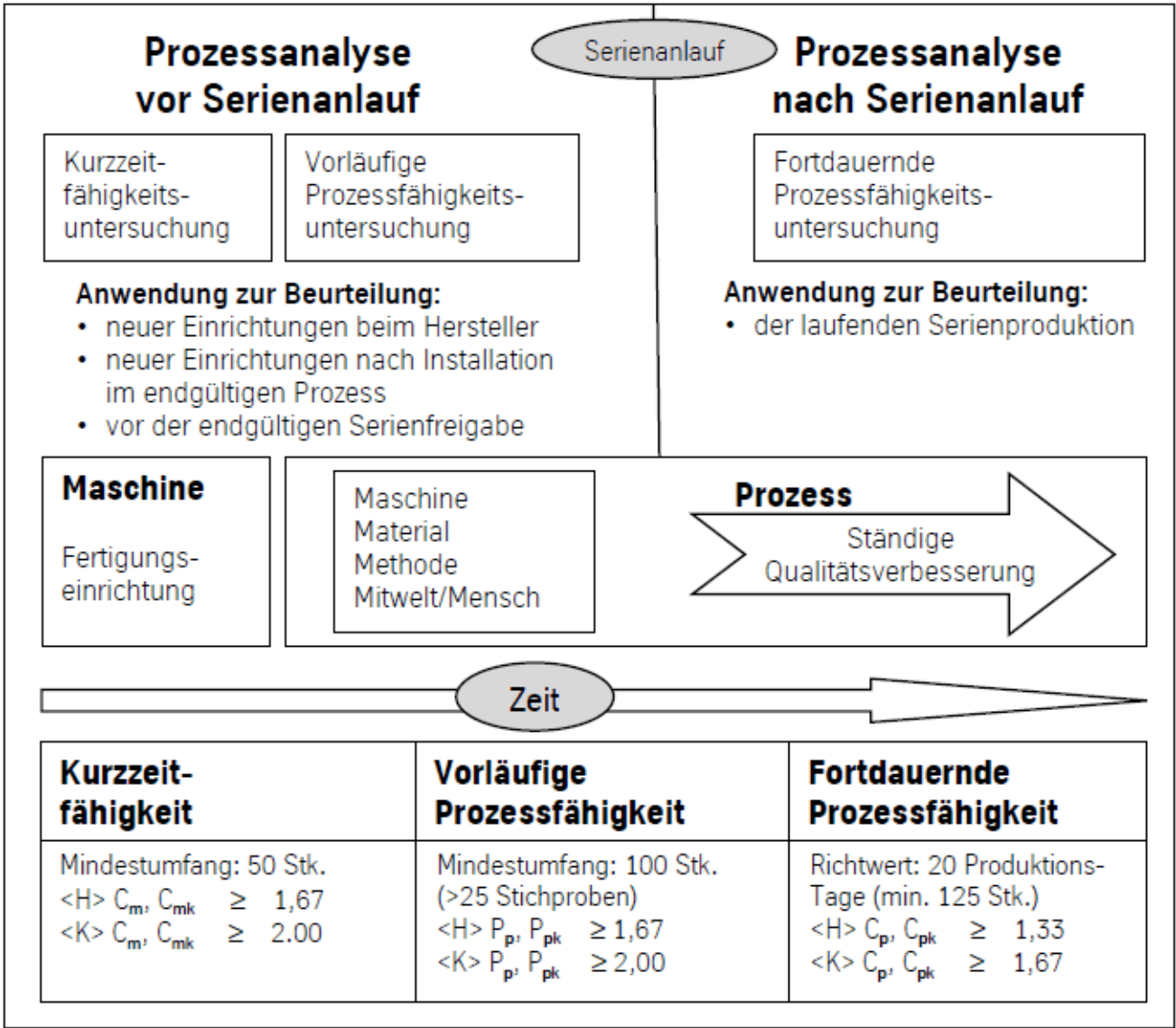
3. Zuständigkeiten / Responsibilities

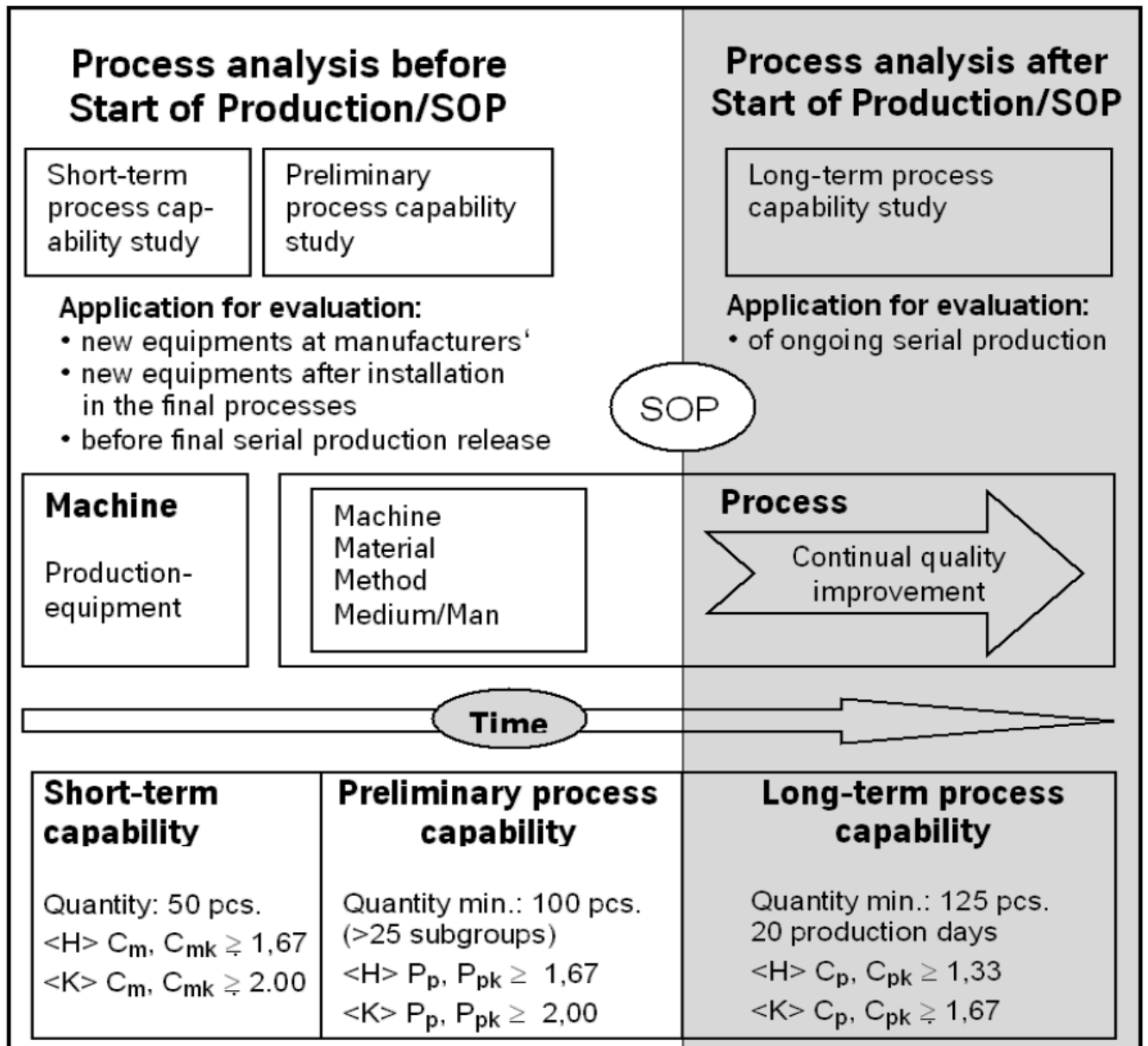
<p>Für die Prüfungen ist jeweils der Prozesseigner verantwortlich, unabhängig ob die Merkmale intern, in einem Tochterwerk oder bei einem Lieferanten produziert/generiert werden.</p> <p>Der Prozesseigner ist in diesem Fall so definiert, dass er die Parameter und Einstellmöglichkeiten beeinflussen kann, und der Prozess bestens bekannt ist.</p>	<p>The process-owner is responsible for the test, regardless of whether the characteristics are produced internally, in a subsidiary or at a supplier location.</p> <p>In this case, the process-owner is defined in a way that he can influence the parameters and the parameter adjustments, and knows the process perfectly.</p>
--	---

4. Vorgehensweise / Procedure

4.1.1. Zerstörende- , nicht zerstörende Prüfungen von Merkmalen – Zusammenfassung /

Destructive, non-destructive testing of characteristics - Summary





4.1.2 Kurzzeitfähigkeit (Maschinenfähigkeit) / Short-term capability (machine capability)

Zur Abnahme der Maschine sind sowohl beim Hersteller als auch bei TK-Presta die gleichen

Abnahmemodalitäten einzuhalten. Dies gilt sowohl für die Vorbereitung, den Vorlauf als auch das Fertigen der Teile.

Die Beurteilung erfolgt beim Hersteller anhand der Ergebnisse aus:

- dem 8 Stunden Dauerlauf ohne Werkstück
- dem Teilehandhabungstest (ist ein handhabbares Teilehandling gegeben)

The same conditions apply for approvals both at TK-Presta as well as at the supplier's location. This concerns the preparation, pre-series production and the production of the parts.

The assessment is done at the manufacturer location according to the following steps and results:

- 8 hour-run before production without parts
- part handling test (the handling of the parts is appropriate)
- short-term capability evaluation: C_m and C_{mk}

- der Kurzzeitfähigkeit C_m und C_{mk}
 - der Maschinendokumentation
- und beim Endkunden anhand der Ergebnisse aus:
- dem 24 Stunden Dauerlauf ohne Werkstück
 - dem Teilehandhabungstest, wenn die Zusammenstellung von Zuführungen und Teilehandling der Fertigungsanlage erst beim Anwender erfolgt.
 - der vorläufige Prozessfähigkeit/Prozessleistung P_p und P_{pk} .
 - der Maschinendokumentation mit nachgeführten Änderungen

Die Kurzzeitfähigkeitsuntersuchung erfolgt beim Lieferanten auf dessen Verantwortung in Anwesenheit eines Beauftragten der TK-Presta und eines Vertreters des Produktionswerkes. Wird aus betrieblichen Gründen auf eine Vorabnahme beim Lieferanten verzichtet, muss der Nachweis der Kurzzeitfähigkeit im Produktionswerk erfolgen.

Die Beurteilung beim Hersteller (Kurzzeitfähigkeit) basiert auf 50 Teilen, die in Folge gefertigt und möglichst mit konstanter Beeinflussung (Parameter Veränderungen) durch Mensch, Umgebung, Material und Fertigungsbedingungen erstellt wurden. Die Werkstücke sind so zu kennzeichnen, dass eine eindeutige Zuordnung zu Maschine, Spannstelle und Bearbeitungsspindel gegeben ist.

Die Qualitätsabnahme mit Nachweis der vorläufigen Prozessfähigkeit erfolgt im Produktionswerk. Vor der Abnahme muss sichergestellt werden, dass die Produktionseinrichtungen mit den vereinbarten Einstellwerten (Richtwerte) betrieben werden.

Die Kurzzeitfähigkeitsindizes C_m und C_{mk} für **quantitative Merkmale** werden nach folgenden Formeln berechnet:

Symbol	Beschreibung/description	Formel/formula
C_m	Kurzzeitfähigkeitsindex (ehem. Maschinenfähigkeit)	

- technical and production documentation of machines

and at the customer's location according to the following steps and results:

- 24 hour-run before production without parts
- part handling test, if the handling devices and feeders of the production line are assembled at the customer location
- preliminary/potential process capability evaluation : P_p and P_{pk} .
- Technical and production documentation of machines, with eventual description of changes.

The short-term capability study takes place at the supplier location on his own responsibility and in the presence of a TKT-Presta Engineer and a representative of the production location. If the pre-approval is not done at the supplier location, the short-term capability evaluation has to be carried out at the production location.

The assessment at the manufacturer's (short-term capability) is based on 50 pcs. that were manufactured in a row under constant influences (changes of process parameters) by men, the environment, material and machine conditions. The parts have to be labeled in a way that they can be assigned unambiguously to the machine, clamping devices and fixtures.

The quality approval with the proof of the preliminary capability study has to be done at the production plant. First it has to be ensured, that the arranged adjustment parameters (set-up process parameters) are used during the production run.

The short-term capability indices C_m and C_{mk} for **quantitative characteristics** are calculated according to the following formulas:

	<i>short-term capability index (former machine capability)</i>	$c_m = \frac{OGW - UGW}{6 * s}$ oder mit / or with $C_m = \frac{OGW - UGW}{\hat{Q}_{0,99865} - \hat{Q}_{0,00135}}$
C_{mk}	kritischer Kurzzeitfähigkeitsindex; kleinerer Kennwert ($\min[C_{un}; C_{ob}]$) <i>critical short-term capability index: smallest capability index ($\min[C_{un}; C_{ob}]$)</i>	$c_{un} = \frac{\bar{x} - UGW}{3 * s}$ $c_{ob} = \frac{OGW - \bar{x}}{3 * s}$ oder mit / or with $C_{mk} = \text{Kleinstwert von } \left(\frac{OGW - \bar{x}}{\hat{Q}_{0,99865} - \bar{x}}; \frac{\bar{x} - UGW}{\bar{x} - \hat{Q}_{0,00135}} \right)$
OGW /UGW	Oberer / Unterer Grenzwert <i>upper/lower limiting value</i>	
s	Standardabweichung <i>standard deviation</i>	
$\hat{Q}_{0,00135}$	Schätzwert für das 0,135%-Quantil einer Merkmalsverteilung <i>Estimated value for the 0,135%-Quantil of a charactersitic distribution</i>	
$\hat{Q}_{0,99865}$	Schätzwert für das 99,865%-Quantil einer Merkmalsverteilung <i>Estimated value for the 99,865%-Quantil of a charactersitic distribution</i>	
\bar{x}	Mittelwert <i>average value/mean</i>	

Die Kurzzeitfähigkeit C_m beinhaltet nur die Streuung (oder die Quantildifferenz), ohne die Lage des Mittelwertes zu den Toleranzlinien zu berücksichtigen und beschreibt als dimensionslose Zahl das Verhältnis der Toleranzbreite zur Prozessstreuung.

Der Index C_{mk} berücksichtigt darüber hinaus auch die Lage des Mittelwertes zu den Toleranzgrenzen.

Software und Auswertungsstrategie: QS-stat Stichprobenanalyse benutzen mit Auswertung **TKA-Presta 2.0**.

In genehmigten Ausnahmefällen (z.B. zerstörende Prüfungen, reduzierter Stichprobenumfang) kann eine Versuchsauswertung durchgeführt werden falls bereits min. 25 Messwerte vorliegen (siehe Pt. 4.2.2.)

The short-term capability index C_m only considers the standard variation (or the Quantil difference) without considering the position of the average and describes the proportion of the tolerance to the process variation as a dimensionless number.

The index C_{mk} also considers the position of the average to the tolerance limits.

Software and evaluation strategy: The QS-stat sample analysis with the evaluation **TKA-Presta 2.0** has to be used.

In approved exceptional cases (e.g. destructive tests, reduced no. of samples), the study can be evaluated with at least 25 values (see chapter 4.2.2.)

4.1.3. Vorläufige Prozessfähigkeit / Preliminary process capability

Für die Ermittlung der vorläufigen Prozessfähigkeit sind folgende Maßnahmen erforderlich:

Es sind mindestens 100 Messwerte (in min. 25 Stichproben entnommen) erforderlich. Jede Stichprobe

The following actions are necessary to investigate and evaluate the preliminary process capability:

At least 100 measuring values are necessary (taken in at least 25 random samples). Each random sample

besteht aus 3-5 Teilen. Diese Teile müssen dem Prozess unter normalen Produktionsbedingungen im Zeitraum eines Fertigungsloses entnommen werden.

Die Stichproben werden regelmäßig aus einem Los von mindestens 300 Teilen entnommen. Sechs weitere Teile sind für die Einrichtung der Maschinen vorgesehen und fünf Teile um zu gewährleisten, dass sich die Teile innerhalb der Spezifikationsgrenzen befinden.

Zunächst ist festzustellen, ob der Prozessmittelwert über die Zeit konstant ist oder nicht. Dies kann anhand einer Regelkarte mit Eingriffsgrenzen basierend auf der inneren Streuung visualisiert und mit numerischen Tests (F-Test) festgestellt werden.

Die vorläufige Prozessfähigkeitsindizes, P_p und P_{pk} werden für **quantitative Merkmale** nach folgenden Formeln berechnet:

consists of 3–5 pcs., which have to be taken under regular production conditions during the production run of one lot.

It is necessary that the random samples are taken regularly from a lot of minimum 300 pieces. 6 more pieces are taken for the setup of the machine and 5 more pieces to ensure the conformity of the parts during the production run.

First of all it has to be ascertained whether the process average is constant during the production or not. This can be visualized with a quality control chart with control limits based on the internal sample variation and determined with numerical tests such as the F-test.

The index for the preliminary process capability, P_p and P_{pk} for **quantitative characteristics** must be calculated with the following formula:

Symbol	Beschreibung/description	Formel/formula
P _p	Potential für vorläufigen Prozessfähigkeitsindex <i>potential for preliminary process capability index</i>	$P_p = \frac{OGW - UGW}{6 * \sigma}$ oder mit / or with $P_p = \frac{OGW - UGW}{\hat{Q}_{0,99865} - \hat{Q}_{0,00135}}$
P _{pk}	kritischer Index für die vorläufige Prozessfähigkeit; kleinerer Kennwert (min[P _{un} ; P _{ob}]) <i>critical index for the preliminary process capability; smallest capability index (min[P_{un}; P_{ob}])</i>	$P_{un} = \frac{\bar{x} - UGW}{3 * \sigma} \quad P_{ob} = \frac{OGW - \bar{x}}{3 * \sigma}$ oder mit Kleinstwert von $\left(\frac{OGW - \bar{x}}{\hat{Q}_{0,99865} - \bar{x}}; \frac{\bar{x} - UGW}{\bar{x} - \hat{Q}_{0,00135}} \right)$ P _{pk} =
OGW /UGW	Oberer / Unterer Grenzwert <i>upper/lowerlimit</i>	
s	Standardabweichung (Schätzwert) <i>standard deviation (estimations)</i>	
$\hat{Q}_{0,00135}$	Schätzwert für das 0,135%-Quantil einer Merkmalsverteilung <i>Estimated value for the 0,135%-Quantil of a charactersitic distribution</i>	
$\hat{Q}_{0,99865}$	Schätzwert für das 99,865%-Quantil einer Merkmalsverteilung <i>Estimated value for the 99,865%-Quantil of a charactersitic distribution</i>	
\bar{x}	Mittelwert <i>average</i>	

Software und Auswertungsstrategie: QS-stat Prozessanalyse benutzen mit Auswertung **TK-Presta**

Software and evaluation strategy: The QS-stat process analysis with the evaluation **TKA-Presta 3.0**

3.0.

In genehmigten Ausnahmefällen (z.B. zerstörende Prüfungen, reduzierter Stichprobenumfang) kann eine Versuchsauswertung durchgeführt werden falls bereits min. 25 Messwerte vorliegen (siehe Pt. 4.2.2.)

has to be used.

In approved exceptional cases (e.g. destructive tests, reduced no. of samples), the evaluation of the test can be carried out with at least 25 values (see chapter 4.2.2.)

4.1.4 Qualitative Merkmale / Attributive characteristics

Qualitative Merkmale (z.B. Gut/Schlecht, i.O./n.i.O.,...) sind immer diskret, da sie nur eine abzählbare Menge möglicher Merkmalswerte (Kategorien) haben.

Attributive characteristics (e.g. good/bad, ok, not ok,...) are always discrete as they only have a countable no. of possible characteristic values (categories).

Folgende Anforderungen gelten für **qualitative kritische Merkmale und Hauptmerkmale** wie nach CD-00003 (Merkmalklassifizierung):

The following requirements apply to **attributive critical characteristics and main characteristics** according to CD-00003 (Classification of characteristics):

Merkmal Characteristic	Prototypenphase prototype phase	Vorserienphase (Nachweis für Erstbemusterung) pre-series production (proof for initial sampling)	Serienphase Serial production
<K>	100% Absicherung <i>100% secured</i>	100% Absicherung <i>100% secured</i>	100% Absicherung oder mit Kunden abgestimmte Prüfung* / Requalifikation nach CD-00013 <i>100% secured or test agreed with the customer* / Requalification acc. to CD-00013</i>
<H>	100% Absicherung <i>100% secured</i>	mindestens 300 Stk Prüfung <i>check with min. 300 pieces</i>	100% Absicherung oder mit Kunden abgestimmte Prüfung* / Requalifikation nach CD-00013 <i>100% secured or test agreed with the customer* / Requalification acc. to CD-00013</i>

* Für qualitative Merkmale werden z.B. Fehlersammelkarten benutzt; die Fähigkeitskennwerte und die Auswirkungen in der PFMEA müssen ebenfalls geprüft werden: in Verbindung mit der Absicherung von qualitativen Merkmalen wird wenn möglich die Anzahl bzw. der Anteil der Fehler verfolgt, die z.B. bei einer Sichtprüfung nach einer Folge von Prozessschritten gefunden wird. Dazu kann eine Fehlersammelkarte verwendet werden und die entsprechenden Fähigkeitskennwerte können berechnet werden. Als Basis, wie nach CD-00003 (Merkmalklassifizierung), soll die Lenkungsmethode 3

* for instance inspection charts are used for attributive characteristics; the capability values and the impacts in the PFMEA have to be checked as well: the number or percentage of failures that are found e.g. during a visual check after a sequence of process steps are traced and linked to the assurance of attributive characteristics. This can be done with an inspection chart and the respective capability values can be calculated. The steering method 3 (checks recorded according to

(Prüfungen erfasst nach dem Gut/Schlecht Prinzip) benutzt werden. Dabei kann es sich um Prüfungen handeln mit Gut/Ausschuss-Lehre (z.B. Grenzlehrdorn), messenden Konformitätsprüfungen oder visuellen Prüfungen vor und nach dem festgelegten Stichprobenplan, die nicht statistisch ausgewertet oder dokumentiert werden. Dokumentation: Fehlersammelkarte oder Messprotokoll. Bei der Maschinenabnahme wird keine attributive Prüfung begutachtet bzw. die Prüfungen mit o.g. Umfang durchgeführt.

Bei der Berechnung der Fähigkeitskenngrößen Ppk und Cpk im Falle qualitativer Merkmale ist es möglich, wie

folgt vorzugehen: das Verhältnis $\hat{p} = \frac{k}{n}$ wird als

theoretischer Überschreitungsanteil einer Normalverteilung betrachtet. Darin bezeichnet **k** die Anzahl der Fehler in einer Stichprobe mit dem Umfang **n**.

Wenn $u_{1-\hat{p}}$ das Quantil der Standardnormalverteilung zum Wahrscheinlichkeitswert $1-\hat{p}$ bezeichnet, so ist

$C_{pk} = \frac{u_{1-\hat{p}}}{3}$ der zugehörige Fähigkeitskennwert. Diese

Vorgehensweise (mit p_u die Unterschreitungs-Wahrscheinlichkeit beim unteren Grenzwert UGW und p_o die Überschreitungs-Wahrscheinlichkeit beim oberen Grenzwert OGW) führt zum Fähigkeitskennwert:

$$C_{pk} = \text{Kleinstwert von} \left(\frac{u_{1-p_u}}{3}; \frac{u_{1-p_o}}{3} \right)$$

z.B. mit QS-stat (Auswertung TK-Presta 3.0) berechnete Fähigkeit: für 3000 attributive Daten mit 1 n.i.O Teil ist Cpk=1.13 mit Fehleranteil 333 ppm.

the good/bad principle) should be used as the basis according to CD-00003 (Classification of characteristics). The possible testing methods are: checks with go & no go gages, compliance tests or visual checks before and after the fixed sampling plan, that are not evaluated or documented statistically. Documentation: inspection chart or the test report.

At the machine approval, there is either no attributive check or the tests that are mentioned above are carried out.

For the calculation of the capability values Ppk and Cpk of qualitative characteristics it is possible to proceed as

follows: the relation $\hat{p} = \frac{k}{n}$ is considered as the

theoretical percentage that is out of tolerance of a normal distribution. In that case, **k** describes the no. of failures within a sample with the size **n**.

If u_{1-p^*} describes the quantile of the standard normal

distribution to the probability value $1-p^*$, $C_{pk} = \frac{u_{1-\hat{p}}}{3}$ is

the corresponding capability value.

This procedure (with p_u as the probability of exceeding the lower limit UGW and p_o as the probability of exceeding the upper limit OGW) leads to the capability value:

$$C_{pk} = \text{Kleinstwert von} \left(\frac{u_{1-p_u}}{3}; \frac{u_{1-p_o}}{3} \right) / \text{smallest value}$$

e.g. capability calculated with QS-stat (evaluation TK-Presta 3.0): for 3000 attributive data with 1 not ok part is Cpk=1.13 with a failure rate of 333 ppm.

Prozessanalyse



Bericht	TKA-Presta Group Summary 2	Aktuelles Datum	08.02.2016	Datum von	08.02.2016 08:35:48
Werk		Auswertart	TKA-Presta 3.0	Datum bis	08.02.2016 13:21:13
Auftrag		Kundennummer		And. Stand Teil	
Kostenstelle		Kundenname		Werkbereich	
Masch. Nr.		Materi. Nr.		Arbeitsgang	
Masch. Bez.		Materi. Bez.	Tets attributiv	Prüfname	

Teilnr.		Tellebez.				Tets attributiv						
Merkr.	Merkm. Bez.	n_{ges}	n_{anf}	n_{end}	\bar{x}	σ	Index	Index	Gesam	Werteverlauf	Einze	Histogramm E
1	Testmerkmal	3000			0.00033	0.0183	C_p	C_{pk}	1.13			[120]

Teilnr.	Tellebez.	Tets attributiv
Merkm.Nr.	Merkm. Bez.	Testmerkmal
1		
Anzahl Einzelstichproben	k_{ges}	= 30
Anz. Stichproben ausgewertet	k_{eff}	= 30
von Stichproben Nr.	k_{anf}	= 1
bis Stichproben Nr.	k_{end}	= 30
Modell-Verteilung	=	Binomialverteilung
Mittelwert	\bar{x}	= 0.00033
Schätzer für σ	σ	= 0.0183
Anzahl Einheiten	n_{ges}	= 3000
mittlerer Stichprobenumfang	\bar{n}	= 1.00
minimaler Stichprobenumfang	n_{min}	= 1
maximaler Stichprobenumfang	n_{max}	= 1
Summe der Fehler	Σx	= 1
mittlerer Fehleranteil	\bar{p}	= 2 ppm \leq 333 ppm \leq 2474 ppm
minimaler Fehleranteil	p_{min}	= 0 ppm
maximaler Fehleranteil	p_{max}	= 1000000 ppm
Vertrauensniveau	$1-\alpha$	= 99.000%

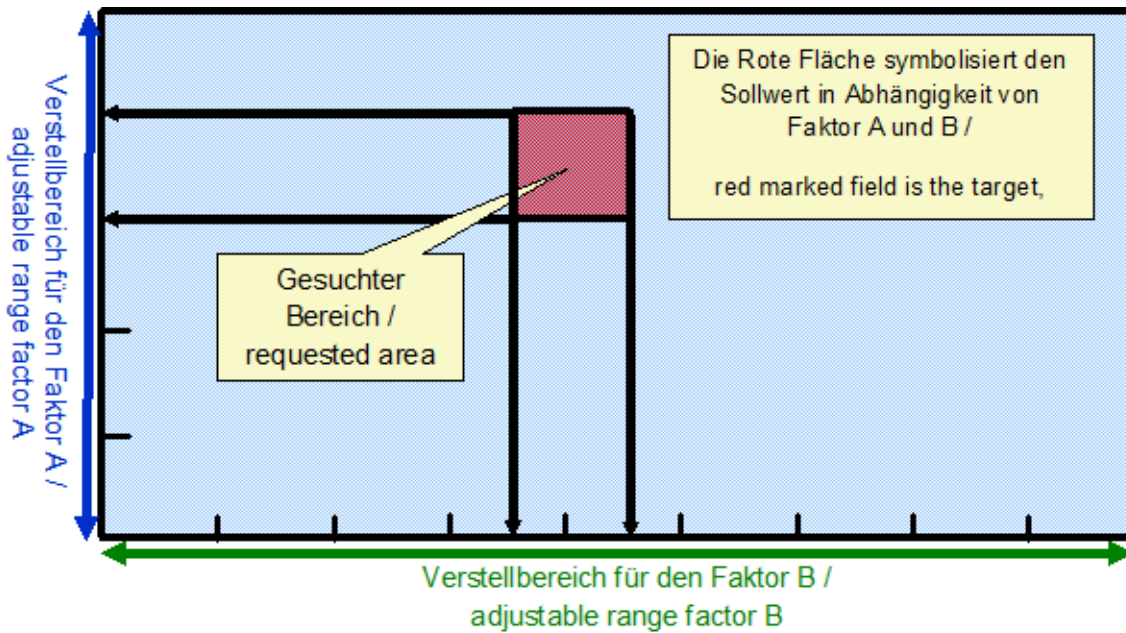
4.2 Zerstörende Prüfungen / Destructive tests

Für die Überprüfung der Merkmale kann folgender Ablauf optional eingehalten werden. Der Ablauf ist jedoch nicht zwingend, es kann auf eigenen Wunsch immer noch eine vollumfängliche Prüfung durchgeführt werden.

Mittels statistischer Versuchsplanung müssen die Parameter, die den Prozess steuern, eindeutig identifiziert werden und auch als Steuergrößen ausgewiesen werden. Nachdem die Prozess-Eingriffsparameter definiert und dokumentiert worden sind, kann der Prozess anhand dieser Parameter gelenkt werden. Als Beispiel kann hier auch die Beschichtung eines Bauteils herangezogen werden. Mit Hilfe der Parameter Stromstärke und Tauchzeit kann eine Korrelation über die Schichtdicke, die aufgetragen wird, hergeleitet werden.

The following procedure can be followed to check the characteristics. However, the procedure is not compulsory, it is still possible to carry out an extensive check if desired.

The parameters that steer the process must be identified as process parameters and confirmed as control factors. The process can be steered with the control limits of the process as soon as they are defined. This can be explained with the example "coating of a component": With the parameters "current intensity" and "dipping time" it is possible to derive a correlation of the thickness of the coating that is applied.

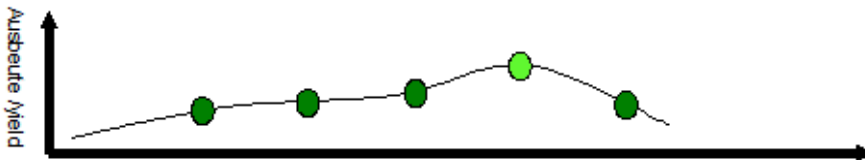


Darstellung oben: der gesuchte Bereich steht hier für die Sollwerte, die erreicht werden müssen.

Upper Chart: the area that is marked in red represents the target values, that is to say the measured values must be within this area.

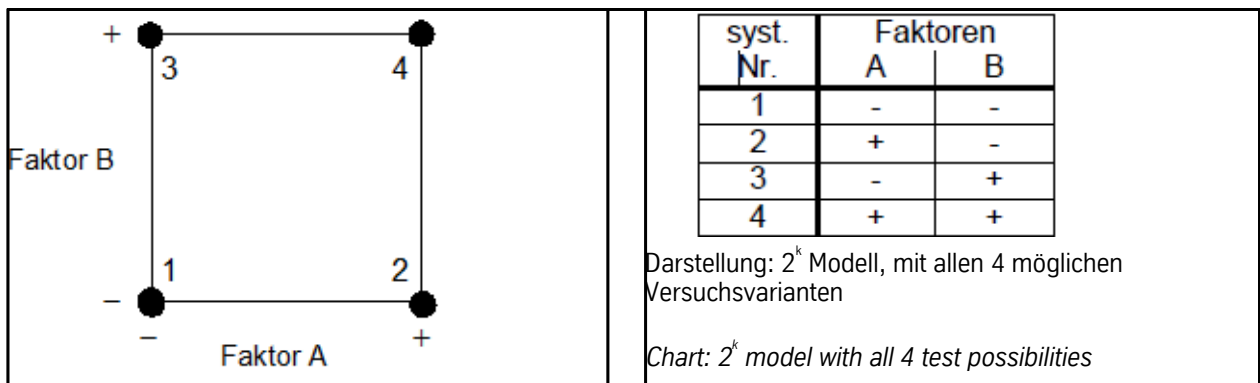
Darstellen unten : Werte gemessen, mit optimale Ausbeute

Chart below : measurement values, which shows the optimum result regarding the yield.



Diese Methode ist für alle Faktoren anzuwenden, um die maximale Ausbeute (bestmögliches Resultat) zu ermitteln, und als Prozessfaktor einzustellen, hierzu können 2^k Versuchspläne eingesetzt werden (siehe Darstellung).

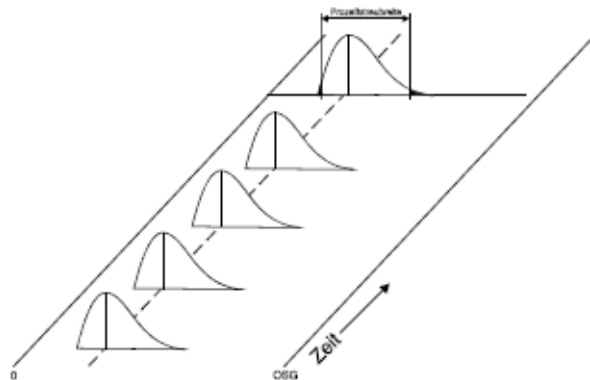
This method is to be used for all factors in order to determine the maximal yield (best possible result) and to set them as process parameters. 2^k trial plans can be used for that (see chart.).



4.2.1. Rissprüfung / Crack test

Für eine statistische Aussage über die **Rissprüfung** ist zu beachten, dass es sich hierbei um ein einseitig begrenztes Merkmal handelt. Diese ist gem. dem Prozessmodell A2 (logarithmische NV, Rayleigh,...) auszuwerten.

Darstellung: Verteilungsmodell A2:



For a statistical statement on the **crack test** it has to be considered as a one-sided tolerance characteristic. The crack test has to be evaluated according to the process model A2 (logarithmic normal distribution, Rayleigh, ...)

Chart: distribution model A2:

4.2.2 Sonderauswertungen mit QS-stat / Special statistical evaluations with QS-stat

In Sonderfällen kann es unumgänglich sein, unabhängig von der Fähigkeitsforderung mit einem reduzierten Stichprobenumfang oder einer beschränkten Anzahl an Messwerten auszukommen, z.B. bei sehr aufwändigen Messverfahren oder zerstörenden Prüfungen.

Die Vorgabe für die Anzahl der zu fertigenden Teile ist entsprechend Abschnitt 4.1.1. mindestens $n=50$ (für Vorläufige Prozessfähigkeit $n=100$). In der Praxis ist diese Untersuchung aufgrund aufwändiger Messungen oft mit hohen Kosten verbunden. In solchen Fällen sind auch min. 25 Messwerte (pro Merkmal) zulässig. Die Maschine oder der Prozess ist vorläufig fähig, wenn für den aus 25 Werten berechneten Fähigkeitsindex gilt: $Cmk/Ppk \geq 2,0$ oder $Cmk/Ppk \geq 1,67$ wie nach Tabelle 4.1.1.

Selbstverständlich verringert sich mit abnehmendem Stichprobenumfang die Aussagesicherheit (größerer Vertrauensbereich des daraus berechneten Kennwerts). Die Reduktion des Stichprobenumfangs ist mit dem

In special cases it can be necessary to do with a reduced sampling size or a reduced number of measuring values regardless of the capability requirements. E.g. in the case of very time-consuming/expensive measuring methods or destructive tests.

The specification for the number of parts that have to be produced is according to chapter 4.1.1 at least $n=50$ (for the preliminary process capability $n=100$). In practice, this test often causes high costs due to time-consuming/complex measurements. In such cases, 25 measuring values (per characteristic) are sufficient. The machine or process is preliminarily capable if the capability index that is calculated with the 25 values is: $Cmk/Ppk \geq 2,0$ or $Cmk/Ppk \geq 1,67$ as in the table in 4.1.1.

The smaller the sample size, the less reliable is the result (bigger confidence limit of the index). The reduction of the sample size has to be coordinated with the QB, the project leader and maybe with the

Qualitätsverantwortlichen, dem Projektleiter und ev. dem Kunden abzustimmen. Dies gilt auch in Bezug auf das im Kap. 4.1.4. angesprochene Problem qualitativer Merkmale.

Im Fall eines reduzierten Stichprobenumfangs, zerstörender Prüfungen oder einer beschränkten Anzahl von Messwerten (Vorserienteile und Bemusterungsteile) ist es möglich, mit QS-stat wie folgt die Fähigkeitskennzahlen hochzurechnen :

- 1) Die Anzahl der Messwerte muss mit dem Qualitätsverantwortlichen, dem Projektleiter und ev. dem Kunden abgestimmt werden (z.B. min. 25 Teile)
- 2) Die Cm/Cmk-Werte der Versuch-Kurzzeitfähigkeit sind mit dem QS-stat-Modul Stichprobenanalyse mit Auswertung „TKA-Presta Trial Cmk“ (Einstellung n=25 min.) hochzurechnen.
- 3) Die Pp/Ppk-Werte der Versuch-Fähigkeit sind mit dem QS-stat-Modul Prozessanalyse mit Auswertung „TK-Presta Trial Ppk„ hochzurechnen.

4.2.3 QS-stat Verteilungsgenerator / value generator of QS-stat

Für eine statistische Aussage im Fall von zerstörenden Prüfungen oder Prototypen-Teilmerkmalen (bei Prototypen, die nur in geringen Stückzahlen vorliegen können), ist es auch möglich, in genehmigten Ausnahmefällen (z.B. bei Kernhärtemessungen oder Festigkeitsprüfungen) eine besondere Versuchsauswertung durchzuführen. Hierbei ist der Projektleiter verantwortlich für die Genehmigung. Falls bereits min. 25 Messwerte vorliegen, kann mittels QS-stat mit dem Werkzeug „Verteilungsgenerator“ (im Menüeintrag „Zusätze“) anhand der bereits vorliegenden statischen Daten eine künstliche Verteilung generiert werden.

Hierzu müssen die Mussfelder im angeführten Fenster ausgefüllt werden: Verteilung Prozessmodell A1 (Normalverteilung klar grafisch erkennbar), Anzahl generierter Messwerte n=75 oder n=100, USG, OSG, Nachkommastellen=2, Stichprobenumfang n=3, Mittelwert einfügen (μ) gerechnet ab den verfügbaren

customer. This also applies to the problem of qualitative characteristics treated in chapter 4.1.4.

In the case of a reduced sample size, destructive tests or a reduced number of measuring values (pre-series parts and sampling parts) it is possible to extrapolate with QS-stat the capability indices as follows:

1. The number of measuring values must be coordinated with the Quality Resp., the project manager and if required with the customer (e.g. min. 25 parts)
2. The Cm/Cmk values of the short-term capability have to be extrapolated with the QS-stat module sample analysis using the evaluation „TKA-Presta Trial Cmk“ (settings n=25 min.).
3. The Pp/Ppk values of the trial capability index have to be extrapolated with the QS-stat module process analysis using the evaluation „TK-Presta Trial Ppk„.

In approved exceptions (e.g. for measuring the core hardness or the strength), is also possible to carry out a special test evaluation for a statistical statement in the case of destructive tests or prototype characteristics (for prototypes that can only be provided in small numbers). This must be approved by the project manager.

If there are already 25 measuring values available, an artificial distribution can be created with the QS-stat tool "Value generator" (via "Extras" in the menu) with the already existing statistical data.

To do so, the mandatory fields of the mentioned window must be filled in: distribution process model A1 (normal distribution clearly visible in the graph), number of generated measuring values n=75 or n=100, upper and lower specification limit, decimal digits=2, sample size n=3, insert average value (μ), calculated with the available values, insert standard deviation (s) calculated with the available values.

Werten, Standardabweichung (s) einfügen gerechnet ab den verfügbaren Werten.

4.2.4 Zerstörende Prüfung in Serie (Lenkungsmethode 6) / destructive test in serial production (steering method 6)

Für Merkmale mit zerstörender Prüfung sind in Serie keine Fähigkeitsnachweise notwendig.
Als Basis, wie nach CD-00003 (Merkmalklassifizierung), soll die Lenkungsmethode 6 für Mechanische/Chemische Prüfungen betrachtet werden. Es handelt sich hierbei um Werkstoffprüfungen bzw. Leistungstests (z.B. zerstörende Prüfungen, Restschmutzanalysen) wo die Dokumentation über das Messprotokoll erfolgen muss.

There is no capability proof necessary for characteristics with destructive tests in the series production.

The steering method 6 for mechanical/chemical tests should be seen as the basis according to CD-00003 (classification of characteristics). It comprises material tests or performance tests (e.g. destructive tests, cleanliness analysis) that are documented in the test report.

4.3 Umgang mit einseitig begrenzten Merkmalen / handling of one-sided tolerance characteristics

Bei einem einseitig begrenzten Merkmal ist nur ein Grenzwert (z.B. untere Spezifikationsgrenze) festgelegt (D.h. gemessene Werte müssen größer als der Mindestwert bzw. kleiner als der Maximalwert sein).
Beispiel: Eigenfrequenzmessung an der Lenksäule (Mindestwert = untere Spezifikationsgrenze 50Hz, nach oben nicht begrenzt.)

A one-sided tolerance characteristic has only one defined limiting value. (e.g. the lower specification limit). That is to say the measured values must be bigger than the minimal value or smaller than the maximal value). E.g.: measuring the natural frequency of the steering column (minimal value = lower specification limit 50Hz, no upper limit).

Durch die fehlende obere Spezifikationsgrenze ist es mit QS-stat nur begrenzt möglich, einen C_m/C_{mk} bzw. C_p/C_{pk} zu berechnen. Daher ist die Findung einer oberen bzw. unteren Grenze von Nöten.

Due to the missing upper limit it is only partly possible to calculate the C_m/C_{mk} or C_p/C_{pk} with QS-stat. That is why it is necessary to determine an upper or lower limit.

Berechnung der oberen bzw. unteren Grenze:

- $OSG = USG + 12s_g$
- $USG = OSG - 12s_g$ (falls die untere Grenze

nicht Null ist, oder nicht Null sein kann)

Begriffe:

- OSG: obere Spezifikationsgrenze
- USG: untere Spezifikationsgrenze
- s_g : Standardabweichung

Um die Aussagekraft der Streuung zu gewährleisten, müssen 100 repräsentative Messwerte vorliegen.

Calculating the upper and lower limit:

- $OSG = USG + 12s_g$
- $USG = OSG - 12s_g$ (if the lower limit is not or cannot be 0)

Definitions :

- OSG: Upper specification limit
- USG: lower specification limit
- s_g : standard deviation

100 representative measuring values are necessary to

Dazu werden stichprobenartig 5 Produkte aus einer Charge entnommen. Dieser Vorgang wird so oft wiederholt bis die Summe von 100 erreicht ist. Anschliessend ist die Standardabweichung zu berechnen.

Mit Hilfe der Formel wird ein oberer bzw. unterer Grenzwert festgelegt. Gemeinsam mit den betroffenen Fachabteilungen wird abgestimmt, ob dieser errechnete Wert aussagekräftig ist.

Falls es sich um ein nullbegrenztes Merkmal handelt, ist automatisch die Toleranz bekannt und kann bei der Berechnung des Fähigkeitsindex berücksichtigt werden. Bei einseitig begrenzten Merkmalen wird nur der Cmk, Ppk oder Cpk Fähigkeitsindex berechnet.

ensure the validity of the variation.

The procedure is as follows: repeatedly, 5 products are taken as random samples from a batch until there is a total amount of 100 samples. Then the standard deviation is calculated.

Using the formula, an upper and a lower limit are determined. In collaboration with the departments concerned it has to be decided whether this value is significant.

The tolerance of characteristics that are limited with 0 is known automatically and can be considered in the calculation of the capability index.

Only the Cmk, Ppk or Cpk capability index is calculated for characteristics that are limited on one side.

4.3.1 Sonderfall einseitig begrenzte Merkmale bei zerstörender Prüfung / special case one-sided tolerance characteristics

In Sonderfällen können die Allgmeintoleranzen aus der ISO 2768 genutzt werden. Dies ist zwingend in der Dokumentation des Produktes zu vermerken.

Falls bei einer zerstörenden Prüfung ein einseitig begrenztes Merkmal auftritt, werden keine 100 Teile gemessen.

In diesem Fall wird mit der betroffenen Fachabteilung ein plausible untere bzw. obere Grenze gesetzt. Auch dies ist zwingend in der Dokumentation des Produktes zu vermerken.

The general tolerances of the ISO 2768 can be used in special cases. This has to be noted in the product documentation.

If a one-sided tolerance characteristic is detected during a destructive test, the measurement won't be continued until the total amount of 100 parts is reached.

In that case, an adequate lower or upper limit is set in collaboration with the department concerned. This also has to be noted in the product documentation.

4.4 Prozessfähigkeit / Langzeitfähigkeit Cp/Cpk - Process capability / Long term capability

Eine Prozessfähigkeitsuntersuchung beinhaltet folgende Schritte:

1. Entnahme einer repräsentativen Anzahl von nicht verlesenen Teilen; mindestens 25 Stichproben (mit z.B. $n = 5$), mindestens aber 125 Teile.
2. Messung des Teilemerkmals bzw. der Teilemerkmale und Dokumentation der Ergebnisse entsprechend der Produktionsreihenfolge,

A process capability study comprises the following steps:

1. Pick a representative number of not measured parts; at least 25 samples (with e.g. $n=5$), in total min. 125 parts.
2. Measurement of the characteristic(s) and documentation of the results according to the production sequence.

3. Statistische Auswertung: Beurteilung der zeitlichen Stabilität, Untersuchung der Verteilung dieser Werte und Berechnung von Fähigkeitskennwerten.

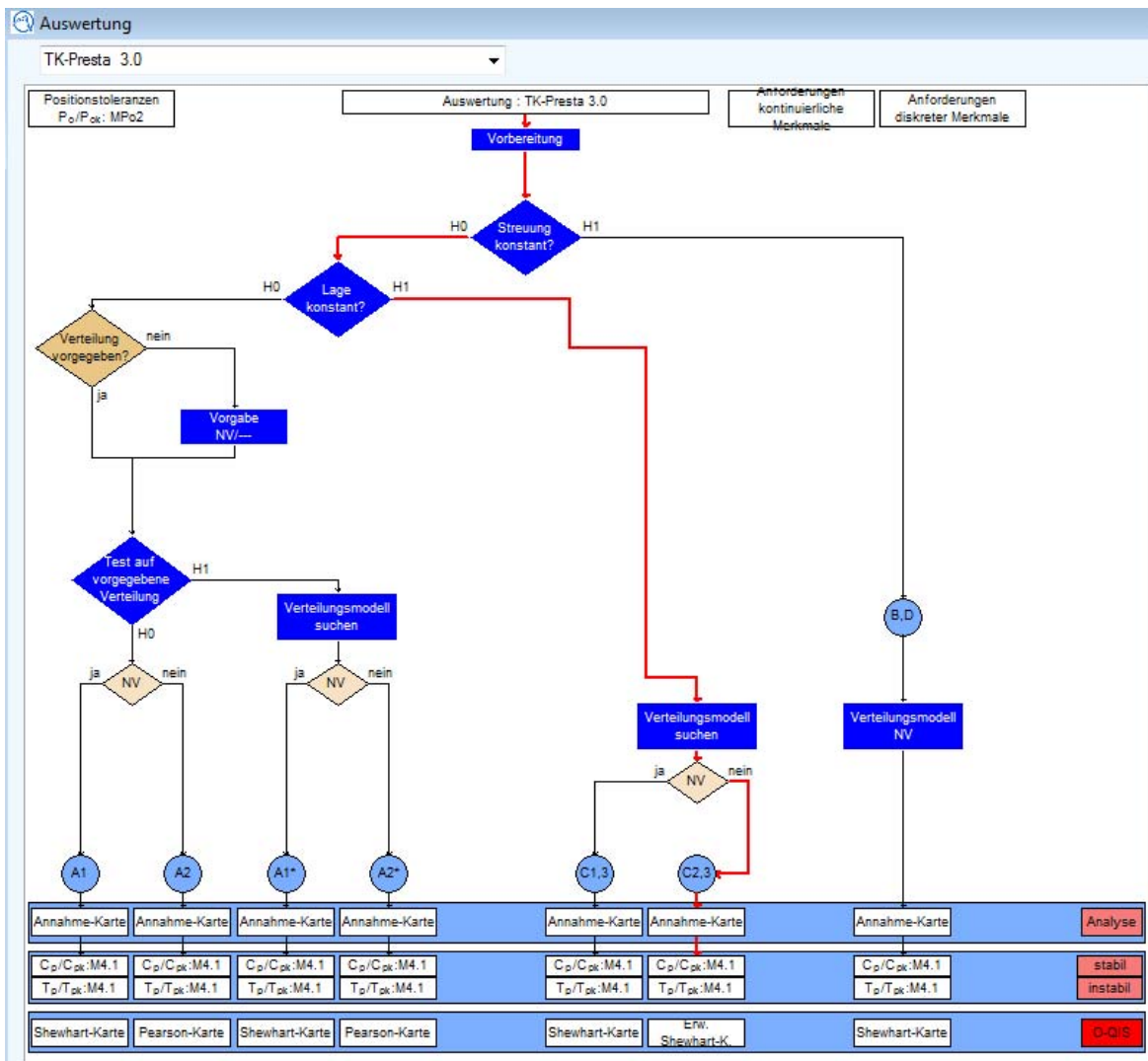
3. Statistical evaluation: Assessment of the temporal stability, evaluation of the distribution of these values and calculation of capability values.

Schritte die mit der Software QS-stat und der Auswertung „TK-Presta 3.0“ berücksichtigt sind:

- Untersuchung der Prozessstabilität (Varianzanalyse und F-Test)
- Untersuchung der statistischen Verteilung: diese wird automatisch von QS-stat gewählt. Eine Änderung der statistischen Verteilung ist nicht zulässig.
- Berechnung der Prozessfähigkeitskennwerte Cp/Cpk oder Tp/Tpk z.B. eine Untersuchung von Streuung, Lage und Verteilung führt zu diesem Auswertungs-Flow-Chart:

The following steps are carried out with the software QS-stat and the evaluation „TK-Presta 3.0“:

- Evaluation of the process stability (analysis of variance and F test)
- Evaluation of the statistical distribution which is selected automatically by QS-stat. Changing the statistical distribution is not admissible.
- Calculation of the process capability values Cp/Cpk or Tp/Tpk like examining the variation, position and distribution leads to an evaluation flow chart like the following:



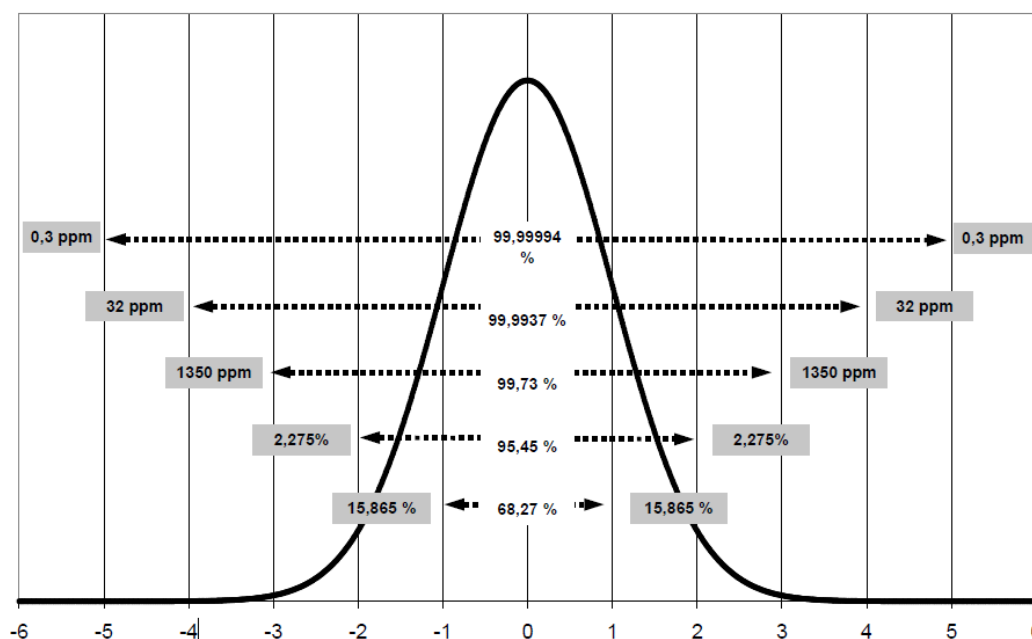
4.4.1. Zusammenhang zwischen Cpk und Überschreitungsanteil / Connection between Cpk and the percentage out of tolerance

In der einschlägigen Literatur zum Thema Prozessfähigkeit wird meist dargestellt, dass ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen einem berechneten Cpk-Wert und einem Überschreitungsanteil besteht, z.B.: Cpk = 1,33 entspricht 32 ppm (einseitig). Dieser Zusammenhang beruht auf dem Modell der Normalverteilung. Weicht die reale Merkmalsverteilung von der Normalverteilung ab, so ergeben sich in der Regel andere Überschreitungsanteile.

The relevant literature on process capability mostly describes a direct connection between a calculated Cpk value and the percentage out of tolerance. e.g.: cpk=1,33 corresponds to 32 ppm (one-sided). This connection is based on the normal distribution model. If the real distribution of characteristics deviates from the normal distribution, the percentage that is out of tolerance normally varies.

Normalverteilung: Anteile innerhalb der Bereiche $\pm 1s$, $\pm 2s$, $\pm 3s$, $\pm 4s$, $\pm 5s$, sowie einseitige Überschreitungsanteile unten und oben.

Normal distribution: percentage in the areas $\pm 1s$, $\pm 2s$, $\pm 3s$, $\pm 4s$, $\pm 5s$, as well as characteristics that are out of tolerance on one side.



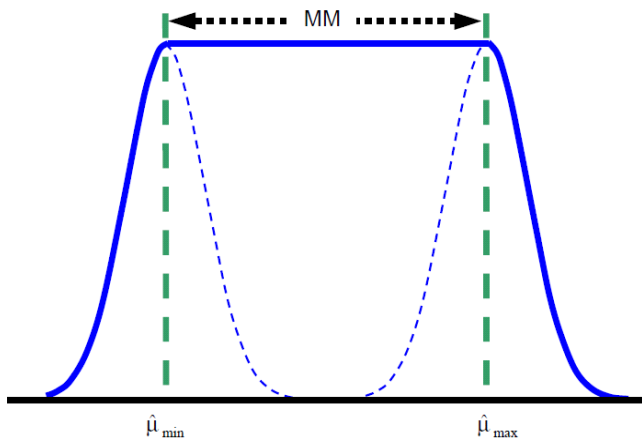
4.4.2. Erweiterte Normalverteilung / Extended normal distribution

Die erweiterte Normalverteilung entsteht, wenn ein normalverteilter Prozess eine zusätzliche Streuung der Mittelwerte (MM = „Moving Mean“) aufweist.

The extended normal distribution occurs if a normally distributed process presents an additional variation of the mean (MM = moving mean).

Es gibt mehrere Möglichkeiten zur Ermittlung des MM. Mit QS-stat ist die varianzanalytische Ermittlung der Streuung der Mittelwerte des Standard und daraus wird schließlich eines Streubereichs MM berechnet.

There are several possibilities to calculate the MM. The normal procedure with QS-stat is to calculate the variation of the means with an analysis of variance and as a consequence the range of dispersion MM.



4.4.3. Übergang von der „Vorläufigen Prozessfähigkeit“ zur „Prozessfähigkeit“ / Transition from the "preliminary process capability" to the "process capability"

Der Übergang von der „Vorläufigen Prozessfähigkeit“ zur „Prozessfähigkeit“ ist gleichzusetzen mit dem Übergang von einer Untersuchung mit stark reduzierten Einflussfaktoren zu einer Untersuchung, in der alle zu erwartenden Einflussfaktoren des Prozesses in den erfassten Daten sichtbar werden. Die Einflussfaktoren können symbolisch mit den klassischen „5M“ beschrieben werden: Maschine, Mensch, Material, Methode und Mitwelt.

Die „vorläufige Prozessfähigkeit“ enthält vorzugsweise Einflüsse aus der „Maschine“, darüber hinaus nur unvermeidbare Einflüsse der restlichen vier „Ms“. Das heißt, Einflüsse des Bedieners, der Umwelt, des Werkzeugs etc. sind so weit als möglich auszuschließen.

z.B.: Einfluss des Messsystems – MFU und Fähigkeitskennzahl. Die Messeinrichtung und das Messverfahren, die zum Ausmessen der Teile der Stichprobe eingesetzt werden, sind von großer Tragweite für die spätere Beurteilung des Prozesses. Messeinrichtungen mit zu großer Messunsicherheit und ungeeignete Messverfahren führen zu einer unnötiger Einengung des Toleranzbereichs für den Fertigungsprozess. Ein großer %GRR-Wert oder kleiner

The transition from the "preliminary process capability" to the "process capability" corresponds to the transition from an investigation with strongly limited influence factors to an investigation where all influence factors of the process are visible in the collected data. The influence factors can be described symbolically with the classic "5Ms": machine, man, material, method and milieu (environment).

The "preliminary process capability" preferably only contains machine influences and inevitable influences of the other 4 "Ms". That is to say, influences of the operator, environment, tools etc. should be avoided as much as possible.

e.g.: influence of the measuring system - MCS and capability value. The measuring system and the measuring method that are used to measure the parts of the sampling are of great importance for the subsequent assessment of the process. Inaccurate measuring systems and inappropriate measuring methods lead to an unnecessary restriction of the tolerance area for the manufacturing process. A high %GRR value or a low Cg value has a bad influence on the machine and process capability values.

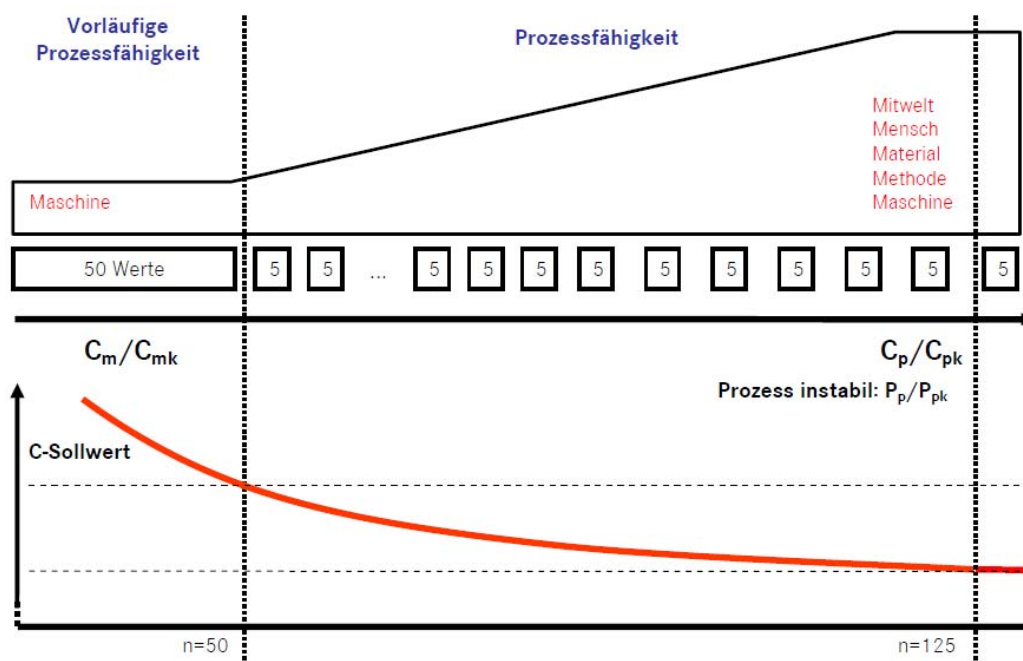
Cg -Wert verschlechtert die Maschinen- und Prozessfähigkeitskennwerte.

In der Prozessanalyse (Serie) ist hingegen davon auszugehen, dass alle relevanten Einflussgrößen in der im laufenden Prozess üblichen Art und Weise wirken konnten. Dies bedeutet vor allem einen längeren und vom Prozesseigner prozessspezifisch festzulegenden repräsentativen Untersuchungszeitraum. Da Fähigkeitskennwerte aus Stichproben geschätzt werden, ist eine Mindestanzahl von Messwerten vorgegeben, um die Größe der Vertrauensbereiche zu begrenzen.

However in the process analysis (series) it can be assumed that all relevant factors influenced the running process as usual. First of all, this implicates a longer investigation period that the process owner has to set individually. As capability values are estimated by means of the samples, there is a fixed min. number of measuring values in order to limit the confidence interval.

Begriffe / Definitions :

- Vorläufige Prozessfähigkeit / Preliminary capability
- Prozessfähigkeit / Process capability




- C-Sollwert / C-target value

5. Sicherheitshinweis / Security advice

Für die Erstellung von statistische Auswertungen sind keine Arbeitssicherheitshinweise nötig.

For the creation of statistical evaluations no safety precautions are necessary.

6. Aufbewahrung / Records retention

 (Identification of Technical Documents with Obligation for Documentation / Kennzeichnung der technischen Unterlagen bei Dokumentationspflicht; CD-00006)

7. Mitgeltende Unterlagen / references


Corporate Documents & corporate forms


Mitgeltende Unterlagen in XERI siehe Ansicht „Querverweise“ / See cross-references („Querverweise“)

 (Classification of Characteristics / Merkmalsklassifizierung; CD-00003)

 (Richtlinien für statistische Auswerteverfahren auf Solara und qs-STAT V10; CD-00015-DE)

 (Guidelines for statistical evaluation methods with QS-Stat V10; CD-00015-EN)

 (Korrelationsmatrix Merkmalsklassifizierung /correlation table characteristics classificataion; SUD-03904)

 (Liste der wichtigen Merkmale / List of Important Characteristics; FS-01017)

8. Änderungen / Revision history

Version 5.0 – Freigabe als Language Independent Dokument, Änderung Pt. 4.2. (zerstörende Prüfungen), Pt. 4.1.2/4.1.3. (qualitative Merkmale), Prozessabläufe entfernt (in BOP-03004 vorgesehen), Pt.4.3. einseitig begrenzte Merkmale (ersetzt MAG-03715), Pt. 4.4. Langzeitfähigkeit.

Version 4.0 und 3.0 Inhalt - Begriffe und Inhalt geändert

Version 1.0 auf Version 2.0 - Anpassung von TKA auf TKT, kleinere redaktionelle Änderungen

Version 5.0 – Release as Language Independent Document, changed Pt. 4.2. (destructive tests), Pt. 4.1.2./4.1.3. (qualitative charactersitics), process flows eliminated (described in BOP-03004), Pt.4.3. one sided tolerances (substitutes MAG-03715), Pt. 4.4. long term capability.

Version 4.0 and 3.0 content - Definition and content changed

Version 1.0 to Version 2.0 - Change from TKA to TKT, minor written mistakes corrected