

DIN ISO 21747

ICS 03.120.30

Ersatz für
DIN 55319:2002-03**Statistische Verfahren –
Prozessleistungs- und Prozessfähigkeitskenngößen für kontinuierliche
Qualitätsmerkmale (ISO 21747:2006; Text Deutsch, Englisch)**

Statistical methods –
Process performance and capability statistics for measured quality characteristics
(ISO 21747:2006; Text German, English)

Méthodes statistiques –
Performances de processus et statistiques d'aptitude pour les caractéristiques de qualité
mesurées (ISO 21747:2006; Texte allemand, anglais)

Gesamtumfang 77 Seiten

Normenausschuss Qualitätsmanagement, Statistik und Zertifizierungsgrundlagen (NQSZ) im DIN

Nationales Vorwort

Die Internationale Norm ISO 21747:2006 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 69 „Anwendung statistischer Verfahren“, Unterkomitee SC 4 „Anwendung statistischer Verfahren in der Prozesslenkung“ erarbeitet.

Der zuständige nationale Arbeitsausschuss ist der NA 147-00-02 „Angewandte Statistik“.

Für die in diesem Dokument zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden nationalen Normen hingewiesen:

ISO 9000:2005 siehe DIN EN ISO 9000:2005

Ferner ist hinzuweisen auf ISO 8258 *Shewhart-Qualitätsregelkarten (Shewhart control charts)*, vergleiche 3.1.4.1, 4 und 7.2.

Bei Veröffentlichung von ISO 21747 lagen die hier in Bezug genommenen Normen ISO 3534-1 und ISO 3534-2 noch nicht vor. Sie sind inzwischen veröffentlicht worden. Die deutschsprachigen Ausgaben DIN ISO 3534-1 und DIN ISO 3534-2 sind in Vorbereitung.

Änderungen

Gegenüber DIN 55319:2002-03 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Die Norm ist vollständig technisch und redaktionell überarbeitet worden. Insbesondere wurden zahlreiche Textstellen verständlicher formuliert, und Gleichungen wurden korrigiert.

Frühere Ausgaben

DIN 55319: 2002-03

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 9000:2005, *Qualitätsmanagementsysteme — Grundlagen und Begriffe (ISO 9000:2005); Dreisprachige Fassung EN ISO 9000:2005*

— Leerseite —

Statistische Verfahren
Prozessleistungs- und Prozessfähigkeitskenngrößen
für kontinuierliche Qualitätsmerkmale

Inhalt

	Seite
Einleitung.....	6
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	8
3.1.1 Streuungsbezogene Begriffe	8
3.1.2 Auf Prozessleistung und Prozessfähigkeit bezogene Grundbegriffe	12
3.1.3 Prozessleistung — Messwerte	20
3.1.4 Prozessfähigkeit — Messwerte	24
3.2 Spezifikationen, Werte und Prüfergebnisse	30
3.2.1 Spezifikationsbezogene Begriffe	30
4 Formelzeichen und Abkürzungen	34
5 Prozessbeurteilung	36
6 Zeitabhängige Verteilungsmodelle	36
7 Prozessfähigkeits- und Prozessleistungsindizes	56
7.1 Überblick über die Verfahren zur Ermittlung der Prozessfähigkeits- und Prozessleistungsindizes	56
7.2 Allgemeines geometrisches Verfahren ($M1_{l,d}$)	58
7.3 Ausdrückliche Einbeziehung zusätzlicher Streuungen ($M2_{l,d,a}$)	64
7.4 Alternatives Verfahren zur ausdrücklichen Einbeziehung zusätzlicher Streuung ($M3_{l,d,a}$) ...	66
7.5 Berechnung der Anteile fehlerhafter Einheiten (M4)	66
7.6 Einseitige Grenzwerte	70
8 Angabe von Prozessleistungs- und Prozessfähigkeitsindizes	74
Literaturhinweise	76

Statistical methods
Process performance and capability statistics
for measured quality characteristics

Contents

Seite

Introduction.....	7
1 Scope	9
2 Normative references	9
3 Terms and definitions	9
3.1.1 Variation-related concepts	9
3.1.2 Fundamental process performance and process capability related terms.....	13
3.1.3 Process performance — measured data.....	21
3.1.4 Process capability — measured data	25
3.2 Specifications, values and test results	31
3.2.1 Specification-related concepts	31
4 Symbols and abbreviated terms	35
5 Process analysis	37
6 Time-dependent distribution models	37
7 Process capability and performance indices	57
7.1 Methods for the determination of performance and capability indices — Overview	57
7.2 General geometric method ($M1_{l,d}$).....	59
7.3 Explicit inclusion of additional variation ($M2_{l,d,a}$)	65
7.4 Alternative method of explicit inclusion of additional variation ($M3_{l,d,a}$)	67
7.5 Calculation of fractions nonconforming (M4).....	67
7.6 One-sided specification limits	71
8 Reporting process performance/capability indices.....	75
Bibliography.....	77

Einleitung

Zur Fähigkeit und Leistung von Prozessen sind durch internationale, regionale und nationale Normungsgremien und auch durch die Industrie zahlreiche Normen erstellt worden. Jedoch gehen alle diese Normen davon aus, dass es sich jeweils um beherrschte Prozesse handelt, die einer stationären Normalverteilung folgen. Eine umfassende Auswertung von Produktionsprozessen zeigt demgegenüber auf, dass Prozesse sehr selten in einem solchen Zustand verharren. In Anerkennung dieser Tatsache liefert diese Internationale Norm einen Rahmen zur Schätzung der Fähigkeit und Leistung industrieller Prozesse für eine Reihe von typischen Prozessen. Diese Prozesse werden nach der Stabilität der Verteilungsmomente erster und zweiter Ordnung in Gruppen eingeteilt, je nachdem, ob sie konstant sind oder sich systematisch oder zufällig ändern. Die Qualitätsfähigkeit und Prozessleistung kann als solche für Formen von Wahrscheinlichkeitsverteilungen bewertet werden, die je nach Betrachtungszeitpunkt sehr unterschiedlich ausfallen.

Introduction

Many standards have been created concerning the quality capability/performance of processes by international, regional and national standardization bodies and also by industry. However, all of them assume that the process is in a state of statistical control, with stationary, normal processes behaviour. However, a comprehensive analysis of production processes shows that it is very rare for processes to remain in a normally distributed, stationary state. In recognition of this fact, this International Standard provides a framework for estimating the quality capability/performance of industrial processes for an array of standard processes. These standard processes are categorized by the stability of the first and second distributional moments, as to whether they are constant, change systematically, or randomly. As such, the quality capability/performance can be assessed for very differently shaped distributions with respect to time.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm beschreibt ein Verfahren für die Ermittlung von Kenngrößen zum Schätzen der Qualitätsfähigkeit von Produkt- und Prozessmerkmalen. Die Prozessergebnisse dieser Qualitätsmerkmale werden nach acht verschiedenen Typen von Wahrscheinlichkeitsverteilungen unterschieden. Jedem Verteilungstyp werden die entsprechenden Berechnungsformeln für die Kennwerte zugeordnet.

Die Kenngrößen beziehen sich ausschließlich auf kontinuierliche Qualitätsmerkmale. Diese Internationale Norm ist auf Prozesse in allen industriellen und/oder wirtschaftlichen Bereichen anwendbar.

ANMERKUNG Dieses Verfahren wird üblicherweise im Fall einer großen Anzahl serienmäßiger Prozessergebnisse angewendet. Es kann aber auch auf kleine Serien angewendet werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden in Bezug genommenen Dokumente sind unverzichtbar für die Anwendung dieser Internationalen Norm. Bei datierten Verweisen gilt nur die angegebene Ausgabe. Bei undatierten Verweisen gilt die jeweils letzte Version des angegebenen Dokuments einschließlich aller Änderungen.

ISO 9000:2005, *Qualitätsmanagementsysteme — Grundlagen und Begriffe*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 9000 und die weiteren im Folgenden angegebenen Begriffe.

3.1

Qualitätsmerkmal

inhärentes Merkmal eines Produkts, Prozesses oder Systems, das sich auf eine Anforderung bezieht

ANMERKUNG 1 Inhärent bedeutet „einer Einheit innewohnend“, insbesondere als ständiges Merkmal.

ANMERKUNG 2 Ein einem Produkt, einem Prozess oder einem System zugeordnetes Merkmal (z. B. der Preis eines Produkts, der Eigentümer eines Produkts) stellt kein Qualitätsmerkmal dieses Produkts, Prozesses oder Systems dar.

[ISO 9000:2005, 3.5.2]

3.1.1 Streuungsbezogene Begriffe

3.1.1.1

Streuung

Unterschiede zwischen Werten eines Merkmals

ANMERKUNG Die Streuung wird oft mit Hilfe der Varianz oder der Standardabweichung ausgedrückt.

[ISO 3534-2:—¹⁾ 2.2.1]

1) Zu veröffentlichen. (Revision von ISO 3534-2:1993).

1 Scope

This International Standard describes a procedure for the determination of statistics in order to estimate the quality capability of product and process characteristics. The process results of these quality characteristics are tabularized into eight possible distribution types. Calculation formulae for the statistical values are placed with every distribution.

These statistics relate to continuous quality characteristics exclusively. This International Standard is applicable to processes in any industrial or economical sector.

NOTE This method is usually applied in case of a great number of serial process results, but it can also be used for small series (a small number of process results).

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

ISO 9000:2005, *Quality management systems — Fundamentals and vocabulary*

3 Terms and definitions

For the purpose of this document, the terms and definitions given in ISO 9000 and the following apply.

3.1

quality characteristic

inherent characteristic of a product, process or system related to a requirement

NOTE 1 Inherent means existing in something, especially as a permanent characteristic.

NOTE 2 A characteristic assigned to a product, process or system (e.g. the price of a product, the owner of a product) is not a quality characteristic of that product, process or system.

[ISO 9000:2005, 3.5.2]

3.1.1 Variation-related concepts

3.1.1.1

variation

difference between values of a characteristic

NOTE Variation is often expressed as a variance or standard deviation.

[ISO 3534-2:—¹⁾, 2.2.1]

1) To be published. (Revision of ISO 3534-2:1993)

3.1.1.2

Prozesseigenstreuung

Streuung (3.1.1.1) (der Werte eines Prozessmerkmals) bei einem beherrschten Prozess

ANMERKUNG 1 Wenn diese Größe mit Hilfe der Standardabweichung angegeben wird, wird der Index „w“ verwendet (beispielsweise σ_w , S_w oder s_w), um „inhärent“ anzuzeigen, siehe auch 3.1.4.1, Anmerkung 2.

ANMERKUNG 2 Diese Streuung entspricht der „Streuung innerhalb der Untergruppen“.

[ISO 3534-2:—, 2.2.2]

3.1.1.3

Prozessgesamtstreuung

Streuung (3.1.1.1) (der Werte eines Prozessmerkmals) aufgrund **besonderer Ursachen** (3.1.1.4) und **zufälliger Ursachen** (3.1.1.5)

ANMERKUNG 1 Wenn diese Größe mit Hilfe der Standardabweichung angegeben wird, wird der Index „t“ verwendet (beispielsweise σ_t , S_t oder s_t), um „gesamt“ anzuzeigen.

Siehe auch 3.1.3.1, Anmerkung 3.

ANMERKUNG 2 Diese Streuung entspricht der Zusammenfassung aus der „Streuung innerhalb der Untergruppen“ und der „Streuung zwischen den Untergruppen“.

[ISO 3534-2:—, 2.2.3]

3.1.1.4

besondere Ursache

<Prozessstreuung> Quelle einer Streuung, die über die **Prozesseigenstreuung** (3.1.1.2) hinausgeht

ANMERKUNG 1 Mitunter wird „besondere Ursache“ als Synonym zu „zuordenbare Ursache“ betrachtet. Es wird aber auch eine Unterscheidung erkannt: Eine besondere Ursache ist nur dann zuordenbar, wenn sie eindeutig identifiziert ist.

ANMERKUNG 2 Eine besondere Ursache ergibt sich als Folge spezieller Umstände, die nicht immer vorhanden sind. Deshalb ist die Größe der zeitbedingten Streuung eines Prozesses, der besonderen Ursachen unterworfen ist, nicht vorhersagbar.

[ISO 3534-2:—, 2.2.4]

3.1.1.5

zufällige Ursache;

allgemeine Ursache

<Prozessstreuung> Quelle einer **Streuung**, die einem Prozess zeitabhängig innewohnt

ANMERKUNG 1 Bei einem Prozess, der einer Streuung nur aufgrund zufälliger Ursachen unterliegt, ist die Streuung innerhalb von Grenzen vorhersagbar, die mit Hilfe statistischer Verfahren festgelegt werden können.

ANMERKUNG 2 Die Reduzierung des Einflusses dieser Ursachen führt zu einer Verbesserung des Prozesses. Das Ausmaß der Erkennung, Reduzierung und Ausschaltung zufälliger Ursachen ist im Hinblick auf technische Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit allerdings Gegenstand einer Kosten/Nutzen-Analyse.

[ISO 3534-2:—, 2.2.5]

3.1.1.2**inherent process variation**

variation (3.1.1.1) in a process when the process is operating in a state of statistical control

NOTE 1 When it is expressed in terms of standard deviation, the subscript “w” is applied, (e.g. σ_w , S_w , or s_w), indicating inherent. See also 3.1.4.1, NOTE 2.

NOTE 2 This variation corresponds to “within subgroup variation”.

[ISO 3534-2:—, 2.2.2]

3.1.1.3**total process variation**

variation (3.1.1.1) in a process due to both **special causes** (3.1.1.4) and **random causes** (3.1.1.5)

NOTE 1 When it is expressed in terms of standard deviation, the subscript “t” is applied (e.g. σ_t , S_t or s_t), indicating total.

See also 3.1.3.1, Note 3.

NOTE 2 This variation corresponds with the combination of the “within-subgroup variation” and the “between-subgroup variation”.

[ISO 3534-2:—, 2.2.3]

3.1.1.4**special cause**

⟨process variation⟩ source of process variation other than **inherent process variation** (3.1.1.2)

NOTE 1 Sometimes “special cause” is taken to be synonymous with “assignable cause”. However, a distinction is recognized. A special cause is assignable only when it is specifically identified.

NOTE 2 A special cause arises because of specific circumstances that are not always present. As such, in a process subject to special causes, the magnitude of the variation from time to time is unpredictable.

[ISO 3534-2:—, 2.2.4]

3.1.1.5**random cause****common cause****chance cause**

⟨process variation⟩ source of process variation that is inherent in a process over time

NOTE 1 In a process subject only to random cause variation, the variation is predictable within statistically established limits.

NOTE 2 The reduction of these causes gives rise to process improvement. However, the extent of their identification, reduction and removal is the subject of cost/benefit analysis in terms of technical tractability and economics.

[ISO 3534-2:—, 2.2.5]

3.1.1.6

stabiler Prozess; beherrschter Prozess

<konstanter Erwartungswert> Prozess, der (bezüglich seiner Streuung) nur **zufälligen Ursachen** (3.1.1.5) unterliegt

ANMERKUNG 1 Ein stabiler Prozess wird sich im Allgemeinen so verhalten, als seien die Stichproben zu jeder Zeit Zufallsproben bei einfacher Probenahme aus derselben Grundgesamtheit.

ANMERKUNG 2 Dieser Zustand sagt nichts darüber aus, ob die zufällige Streuung groß oder klein ist, oder ob sie die Spezifikation erfüllt oder nicht, sondern lediglich, dass die **Streuung** (3.1.1.1) unter Anwendung statistischer Methoden vorhersagbar ist.

ANMERKUNG 3 Die **Prozessfähigkeit** (3.1.4.1) eines beherrschten Prozesses wird im Allgemeinen durch grundlegende Änderungen erhöht, die einige der vorhandenen zufälligen Streuungsursachen reduzieren oder beseitigen, und/oder durch Einstellen des Erwartungswertes auf einen bevorzugten Wert (Zentrieren).

ANMERKUNG 4 Bei manchen Prozessen kann sich der Erwartungswert eines Merkmals ändern, oder die Standardabweichung kann sich vergrößern. Die Gründe dafür können zum Beispiel Werkzeugabnutzung oder die Verringerung der Konzentration in einer Lösung sein. Eine fortschreitende Änderung des Erwartungswerts oder der Standardabweichung eines solchen Prozesses wird als systematische und nicht als zufällige Ursache angesehen. Es sind dann die Ergebnisse der Probenahme keine einfachen Zufallsstichproben aus derselben Grundgesamtheit.

[ISO 3534-2:—, 2.2.7]

3.1.1.7

Nichtbeherrschungskriterien

Satz von Entscheidungsregeln zur Erkennung des Vorhandenseins **besonderer Ursachen** (3.1.1.4)

ANMERKUNG Die Entscheidungsregeln dürfen enthalten: Solche bezogen auf Punkte außerhalb von Eingriffsgrenzen, auf Punktfolgen, Trends, Zyklen, Periodizitäten, auf die Häufung von Punkten in der Nähe der Mittellinie oder der Eingriffsgrenzen, auf eine ungewöhnliche Streubreite von Punkten innerhalb der Eingriffsgrenzen (bei großer oder kleiner Streuung) sowie auf Verhältnisse zwischen Werten innerhalb von Untergruppen.

[ISO 3534-2:—, 2.2.8]

3.1.2 Auf Prozessleistung und Prozessfähigkeit bezogene Grundbegriffe

3.1.2.1

Verteilung

<bei einem Merkmal>

Information über das wahrscheinlichkeitstheoretische Verhalten eines Merkmals

ANMERKUNG 1 Die Verteilung eines Merkmals kann beispielsweise durch die Aufstellung einer Rangordnung der Werte des Merkmals und Darstellung der sich ergebenden Häufigkeiten in Form von Strichlisten oder Histogrammen dargestellt werden. Eine solche Darstellung zeigt alle Informationen über die Zahlenwerte des Merkmals an, ausgenommen die zeitliche Abfolge der Datenentstehung.

ANMERKUNG 2 Die Verteilung eines Merkmals hängt von den vorherrschenden Bedingungen ab. Sofern also eine aussagekräftige Information über die Verteilung eines Merkmals gewünscht wird, sollten die Bedingungen festgelegt werden, unter denen die Daten erhoben werden.

ANMERKUNG 3 Wichtig ist vor einer Vorhersage oder Schätzung der Prozessfähigkeit oder der Prozessleistung oder des Anteils fehlerhafter Einheiten die Kenntnis der Verteilungsfamilie, beispielsweise ob es sich um eine Normalverteilung oder um eine logarithmische Normalverteilung handelt.

[ISO 3534-2:—, 2.5.1]

3.1.1.6**stable process****process in a state of statistical control**

(constant mean) process subject to only **random causes** (3.1.1.5)

NOTE 1 A stable process will generally behave as though the samples from the process at any time are simple random samples from the same population.

NOTE 2 This state does not imply that the random variation is large or small, within or outside of specification, but rather that the **variation** (3.1.1.1) is predictable using statistical techniques.

NOTE 3 The **process capability** (3.1.4.1) of a stable process is usually improved by fundamental changes that reduce or remove some of the random causes present and/or adjusting the mean towards the preferred value.

NOTE 4 In some processes, the mean of a characteristic can have a drift or the standard deviation can increase due, for example, to wear out of tools or depletion of concentration in a solution. A progressive change in the mean or standard deviation of such a process is considered due to systematic and not random causes. The results, then, are not simple random samples from the same population.

[ISO 3534-2:—, 2.2.7]

3.1.1.7**out-of-control criteria**

set of decision rules for identifying the presence of **special causes** (3.1.1.4)

NOTE Decision rules may include those relating to points outside of control limits, runs, trends, cycles, periodicity, concentration of points near the centre line or control limits, unusual spread of points within control limits (large or small dispersion) and relationships among values within subgroups.

[ISO 3534-2:—, 2.2.8]

3.1.2 Fundamental process performance and process capability related terms**3.1.2.1****distribution**

(of a characteristic) information on the probabilistic behaviour of a characteristic

NOTE 1 The distribution of a characteristic can be represented, for example, by ranking of the values of the characteristic and showing the resulting pattern of measures or scores in the form of a tally chart or histogram. Such a pattern provides all of the numerical value information on the characteristic except for the serial order in which the data arises.

NOTE 2 The distribution of a characteristic is dependent on prevailing conditions. Thus, if meaningful information about the distribution of a characteristic is desired, the conditions under which the data is collected should be specified.

NOTE 3 It is important to know the class of distribution, for instance, normal or log-normal, before predicting or estimating process capability and performance measures and indices or fraction nonconforming.

[ISO 3534-2:—, 2.5.1]

3.1.2.2

Verteilungsfamilie

besondere Gruppe von **Verteilungen** (3.1.2.1), von denen jede die gleichen gemeinsamen Eigenschaften hat, durch die die Gruppe vollständig beschrieben ist

BEISPIEL 1 Die durch zwei Parameter beschriebene, symmetrische, glockenartig geformte Normalverteilung mit den Parametern Erwartungswert und Standardabweichung.

BEISPIEL 2 Die drei-parametrische Weibull-Verteilung mit den Parametern Lage, Form und Steigungsmaß.

BEISPIEL 3 Die unimodalen kontinuierlichen Verteilungen.

ANMERKUNG Eine Verteilungsfamilie kann oft durch die Angabe der Werte geeigneter Parameter vollständig beschrieben werden.

[ISO 3534-2:—, 2.5.2]

3.1.2.3

Verteilungsmodell

festgelegte **Verteilung** (3.1.2.1) oder **Verteilungsfamilie** (3.1.2.2)

BEISPIEL 1 Ein Modell für die Verteilung eines Produktmerkmals, beispielsweise des Durchmessers eines Bolzens, könnte eine Normalverteilung mit dem Erwartungswert 15 mm und der Standardabweichung 0,05 mm sein. In diesem Fall ist das Verteilungsmodell vollständig festgelegt.

BEISPIEL 2 Ein Modell für den im Beispiel 1 beschriebenen Durchmesser eines Bolzens könnte die Verteilungsfamilie Normalverteilung sein, ohne den Versuch einer Festlegung einer speziellen Verteilung. In diesem Fall ist das Modell die Verteilungsfamilie Normalverteilung.

[ISO 3534-2:—, 2.5.3]

3.1.2.4

oberer Anteil fehlerhafter Einheiten

p_U

Anteil der Werte der **Verteilung** (3.1.2.1) eines Merkmals, die größer sind als der **Höchstwert** (3.2.1.3), U

BEISPIEL Bei einer Normalverteilung mit dem Erwartungswert μ und Standardabweichung σ gilt:

$$p_U = 1 - \Phi\left(\frac{U - \mu}{\sigma}\right) = \Phi\left(\frac{\mu - U}{\sigma}\right) \quad (1)$$

Dabei ist

p_U der obere Anteil fehlerhafter Einheiten;

Φ die Verteilungsfunktion der standardisierten Normalverteilung;

U der Höchstwert.

ANMERKUNG 1 Wertetabellen der standardisierten Normalverteilung und Funktionen in Statistikprogrammen für Computer sind leicht verfügbar. Sie geben den Anteil eines Prozessergebnisses an, der jenseits eines interessierenden Wertes erwartet wird, beispielsweise eines **Grenzwertes** (3.2.1.2), und zwar in einem Abstand des Vielfachen der Standardabweichung vom Erwartungswert des Prozesses. Damit erübrigt sich die Notwendigkeit, mit der im Beispiel angegebenen statistischen Verteilungsfunktion zu arbeiten.

ANMERKUNG 2 Die Funktion bezieht sich auf eine theoretische Verteilung. In der praktischen Anwendung bei empirischen Verteilungen wurden die Parameter durch ihre Schätzwerte ersetzt.

[ISO 3534-2:—, 2.5.4]

3.1.2.2**class of distributions**

particular family of **distributions** (3.1.2.1) each member of which has the same common attributes by which the family is fully specified

EXAMPLE 1 The two-parameter, symmetrical bell-shaped, normal distribution with parameters mean and standard deviation.

EXAMPLE 2 The three-parameter Weibull distribution with parameters location, shape and scale.

EXAMPLE 3 The unimodal continuous distributions.

NOTE The class of distributions can often be fully specified through the values of appropriate parameters.

[ISO 3534-2:—, 2.5.2]

3.1.2.3**distribution model**

specified **distribution** (3.1.2.1) or **class of distributions** (3.1.2.2)

EXAMPLE 1 A model for the distribution of a product characteristic, the diameter of a bolt, might be the normal distribution with mean 15 mm and standard deviation 0,05 mm. Here the model is a fully specified one.

EXAMPLE 2 A model for the diameter of bolts as in Example 1 could be the class of normal distributions without attempting to specify a particular distribution. Here the model is the class of normal distributions.

[ISO 3534-2:—, 2.5.3]

3.1.2.4**upper fraction nonconforming**

p_U

fraction of the **distribution** (3.1.2.1) of a characteristic that is greater than the **upper specification limit** (3.2.1.3), U

EXAMPLE In a normal distribution, with mean, μ , and standard deviation, σ :

$$p_U = 1 - \Phi\left(\frac{U - \mu}{\sigma}\right) = \Phi\left(\frac{\mu - U}{\sigma}\right) \quad (1)$$

where

p_U is the upper fraction nonconforming;

Φ is the distribution function of the standard normal distribution;

U is the upper specification limit.

NOTE 1 Tables (or functions in statistical computer packages) of the standard normal distribution are readily available which give the proportion of process output expected beyond a particular value of interest, such as a **specification limit** (3.2.1.2), in terms of standard deviations away from the process mean. This obviates the need to work out the statistical distribution function given in the example.

NOTE 2 The function relates to a theoretical distribution. In practice, with empirical distributions, the parameters are replaced by their estimates.

[ISO 3534-2:—, 2.5.4]

3.1.2.5 unterer Anteil fehlerhafter Einheiten

p_L
Anteil der Werte der **Verteilung** (3.1.2.1) eines Merkmals, die kleiner sind als der **Mindestwert** (3.2.1.4), L

BEISPIEL Bei einer Normal**verteilung** (3.1.2.1) mit dem Erwartungswert μ und der Standardabweichung σ gilt:

$$p_L = \Phi\left(\frac{L - \mu}{\sigma}\right) \quad (2)$$

Dabei ist

- p_L der untere Anteil fehlerhafter Einheiten;
- Φ die Verteilungsfunktion der standardisierten Normalverteilung;
- L der Mindestwert.

ANMERKUNG 1 Wertetabellen der standardisierten Normalverteilung und Funktionen in Statistikprogrammen für Computer sind leicht verfügbar. Sie geben den Anteil eines Prozessergebnisses an, der jenseits eines interessierenden Wertes erwartet wird, beispielsweise eines **Grenzwertes** (3.2.1.2), und zwar in einem Abstand des Vielfachen der Standardabweichung vom Erwartungswert des Prozesses. Damit erübrigt sich die Notwendigkeit, mit der im Beispiel angegebenen statistischen Verteilungsfunktion zu arbeiten.

ANMERKUNG 2 Die Funktion bezieht sich auf eine theoretische Verteilung. In der praktischen Anwendung bei empirischen Verteilungen wurden die Parameter durch ihre Schätzwerte ersetzt.

[ISO 3534-2:—, 2.5.5]

3.1.2.6 Gesamtanteil fehlerhafter Einheiten

p_t
Summe aus **oberem Anteil fehlerhafter Einheiten** (3.1.2.4) und **unterem Anteil fehlerhafter Einheiten** (3.1.2.5)

BEISPIEL Bei einer Normalverteilung mit dem Erwartungswert μ und der Standardabweichung σ gilt:

$$p_t = \Phi\left(\frac{\mu - U}{\sigma}\right) + \Phi\left(\frac{L - \mu}{\sigma}\right) \quad (3)$$

Dabei ist

- p_t der Gesamtanteil fehlerhafter Einheiten;
- Φ die Verteilungsfunktion der standardisierten Normalverteilung;
- L der Mindestwert;
- U der Höchstwert.

ANMERKUNG 1 Wertetabellen der standardisierten Normalverteilung und Funktionen in Statistikprogrammen für Computer sind leicht verfügbar. Sie geben den Anteil eines Prozessergebnisses an, der jenseits eines interessierenden Wertes erwartet wird, beispielsweise eines **Grenzwertes** (3.2.1.2), und zwar in einem Abstand des Vielfachen der Standardabweichung vom Erwartungswert des Prozesses. Damit erübrigt sich die Notwendigkeit, mit der im Beispiel angegebenen statistischen Verteilungsfunktion zu arbeiten.

ANMERKUNG 2 Die Funktion bezieht sich auf eine theoretische Verteilung. In der praktischen Anwendung bei empirischen Verteilungen wurden die Parameter durch ihre Schätzwerte ersetzt.

[ISO 3534-2:—, 2.5.6]

3.1.2.5 lower fraction nonconforming

p_L

fraction of the **distribution** (3.1.2.1) of a characteristic that is less than the **lower specification limit** (3.2.1.4), L

EXAMPLE In a normal **distribution** (3.1.2.1), with mean, μ , and standard deviation, σ :

$$p_L = \Phi\left(\frac{L - \mu}{\sigma}\right) \quad (2)$$

where

p_L is the lower fraction nonconforming;

Φ is the distribution function of the standard normal distribution;

L is the lower specification limit.

NOTE 1 Tables (or functions in statistical computer packages) of the standard normal distribution are readily available which give the proportion of process output expected beyond a particular value of interest, such as a **specification limit** (3.2.1.2), in terms of standard deviations away from the process mean. This obviates the need to work out the statistical distribution function given in the example.

NOTE 2 The function relates to a theoretical distribution. In practice, with empirical distributions, the parameters are replaced by their estimates.

[ISO 3534-2:—, 2.5.5]

3.1.2.6 total fraction nonconforming

p_t

sum of **upper fraction nonconforming** (3.1.2.4) and **lower fraction nonconforming** (3.1.2.5)

EXAMPLE In a normal distribution, with mean, μ , and standard deviation, σ :

$$p_t = \Phi\left(\frac{\mu - U}{\sigma}\right) + \Phi\left(\frac{L - \mu}{\sigma}\right) \quad (3)$$

where

p_t is the total fraction nonconforming;

Φ is the distribution function of the standard normal distribution;

L is the lower specification limit;

U is the upper specification limit.

NOTE 1 Tables (or functions in statistical computer packages) of the standard normal distribution are readily available which give the proportion of process output expected beyond a particular value of interest, such as a **specification limit** (3.2.1.2), in terms of standard deviations away from the process mean. This obviates the need to work out the statistical distribution function given in the example.

NOTE 2 The function relates to a theoretical distribution. In practice, with empirical distributions, the parameters are replaced by their estimates.

[ISO 3534-2:—, 2.5.6]

3.1.2.7

Bezugsbereich

durch das 99,865-%-Quantil, $X_{99,865 \%}$, und das 0,135-%-Quantil, $X_{0,135 \%}$, begrenzter Bereich

ANMERKUNG 1 Der Bereich kann durch $(X_{99,865 \%}, X_{0,135 \%})$ ausgedrückt werden, und die Breite des Bereichs beträgt $X_{99,865 \%} - X_{0,135 \%}$.

ANMERKUNG 2 Dieser Begriff wird lediglich als eine willkürliche, jedoch genormte Grundlage zur Ermittlung des **Prozessleistungsindex** (3.1.3.2), und des **Prozessfähigkeitsindex** (3.1.4.2) verwendet.

ANMERKUNG 3 Für eine Normalverteilung (3.1.2.1) kann die Breite des Bezugsbereichs bei Schätzung anhand einer Stichprobe als ein Sechsfaches der Standardabweichung ausgedrückt werden, etwa als 6σ beziehungsweise als $6S$.

ANMERKUNG 4 Bei einer nicht-normalen Verteilung kann die Breite des Bezugsbereichs mittels geeigneter Wahrscheinlichkeitspapiere (beispielsweise für logarithmische Normalverteilungen) oder anhand von Kurtosis und Schiefe der Stichprobe unter Anwendung der in ISO/TR 12783 ²⁾ beschriebenen Verfahren geschätzt werden.

ANMERKUNG 5 Ein Quantil ist ein Wert zur Unterteilung einer Verteilung in spezifizierte Anteile, beispielsweise in Perzentile. Quantil ist definiert in ISO 3534-1.

[ISO 3534-2:—, 2.5.7]

3.1.2.8

unterer Bezugsbereich

durch das 50-%-Quantil, $X_{50 \%}$, und das 0,135-%-Quantil, $X_{0,135 \%}$, begrenzter Bereich

ANMERKUNG 1 Der Bereich kann durch $(X_{50 \%}, X_{0,135 \%})$ ausgedrückt werden, und die Breite des Bereichs beträgt $X_{50 \%} - X_{0,135 \%}$.

ANMERKUNG 2 Dieser Begriff wird lediglich als eine willkürliche, jedoch genormte Grundlage zur Ermittlung des **unteren potenziellen Prozessleistungsindex** (3.1.3.3) und des **unteren Prozessfähigkeitsindex** (3.1.4.3) verwendet.

ANMERKUNG 3 Für eine Normalverteilung (3.1.2.1) kann die Breite des unteren Bezugsbereichs als ein Vielfaches der Standardabweichung ausgedrückt werden, etwa als 3σ beziehungsweise als $3S$, und $X_{50 \%}$ stellt sowohl den Erwartungswert als auch den Median dar.

ANMERKUNG 4 Bei einer nicht-normalen Verteilung können das 50-%-Quantil, $X_{50 \%}$, also der Median, und das 0,135-%-Quantil, $X_{0,135 \%}$, mittels geeigneter Wahrscheinlichkeitspapiere (beispielsweise für logarithmische Normalverteilungen) oder anhand von Kurtosis und Schiefe der Stichprobe unter Anwendung der in ISO/TR 12783 ²⁾ beschriebenen Verfahren geschätzt werden.

[ISO 3534-2:—, 2.5.8]

3.1.2.9

oberer Bezugsbereich

durch das 99,865-%-Quantil, $X_{99,865 \%}$, und das 50-%-Quantil, $X_{50 \%}$, begrenzter Bereich

ANMERKUNG 1 Der Bereich kann durch $(X_{99,865 \%}, X_{50 \%})$ ausgedrückt werden, und die Breite des Bereichs beträgt $X_{99,865 \%} - X_{50 \%}$.

ANMERKUNG 2 Dieser Begriff wird lediglich als eine willkürliche, jedoch genormte Grundlage zur Ermittlung des **oberen potenziellen Prozessleistungsindex** (3.1.3.4) und des **oberen Prozessfähigkeitsindex** (3.1.4.4) verwendet.

2) In Vorbereitung.

3.1.2.7**reference interval**

interval bounded by the 99,865 % distribution quantile, $X_{99,865 \%}$, and the 0,135 % distribution quantile, $X_{0,135 \%}$

NOTE 1 The interval can be expressed by $(X_{99,865 \%}, X_{0,135 \%})$ and the length of the interval is $X_{99,865 \%} - X_{0,135 \%}$.

NOTE 2 This term is used only as an arbitrary, but standardized, basis for defining the **process performance index** (3.1.3.2) and **process capability index** (3.1.4.2).

NOTE 3 For a normal **distribution** (3.1.2.1), the length of the reference interval can be expressed in terms of six standard deviations, 6σ , or $6S$, when estimated from a sample.

NOTE 4 For a non-normal distribution, the length of the reference interval can be estimated by means of appropriate probability papers (e.g. log-normal) or from the sample kurtosis and sample skewness using the methods described in ISO/TR 12783 ²⁾.

NOTE 5 A quantile or fractile indicates division of a distribution into equal units or fractions, e.g. percentiles. Quantile is defined in ISO 3534-1.

[ISO 3534-2:—, 2.5.7]

3.1.2.8**lower reference interval**

interval bounded by the 50 % distribution quantile, $X_{50 \%}$ and the 0,135 % distribution quantile, $X_{0,135 \%}$

NOTE 1 The interval can be expressed by $(X_{50 \%}, X_{0,135 \%})$ and the length of the interval is $X_{50 \%} - X_{0,135 \%}$.

NOTE 2 This term is used only as an arbitrary, but standardized, basis for defining the **lower process performance index** (3.1.3.3) and **lower process capability index** (3.1.4.3).

NOTE 3 For a normal **distribution** (3.1.2.1), the length of the lower reference interval can be expressed in terms of standard deviations as 3σ , or an estimated $3S$, and $X_{50 \%}$ represents both the mean and the median.

NOTE 4 For a non-normal distribution, the 50 % distribution quantile, $X_{50 \%}$, namely the median, and the 0,135 % distribution quantile, $X_{0,135 \%}$, can be estimated by means of appropriate probability papers (e.g. log-normal) or from the sample kurtosis and sample skewness using the methods described in ISO/TR 12783 ²⁾.

[ISO 3534-2:—, 2.5.8]

3.1.2.9**upper reference interval**

interval bounded by the 99,865 % distribution quantile, $X_{99,865 \%}$, and the 50 % distribution quantile, $X_{50 \%}$

NOTE 1 The interval can be expressed by $(X_{99,865 \%}, X_{50 \%})$ and the length of the interval is $X_{99,865 \%} - X_{50 \%}$.

NOTE 2 This term is used only as an arbitrary, but standardized, basis for defining the **upper process performance index** (3.1.3.4) and **upper process capability index** (3.1.4.4).

2) Under preparation.

ANMERKUNG 3 Für eine Normalverteilung (3.1.2.1) kann die Breite des oberen Bezugsbereichs als ein Vielfaches der Standardabweichung ausgedrückt werden, etwa als 3σ beziehungsweise als $3S$, und $X_{50\%}$ stellt sowohl den Erwartungswert als auch den Median dar.

ANMERKUNG 4 Bei einer nicht-normalen Verteilung können das 50-%-Quantil, $X_{50\%}$, also der Median, und das 99,865-%-Quantil, $X_{99,865\%}$, mittels geeigneter Wahrscheinlichkeitspapiere (beispielsweise für logarithmische Normalverteilungen) oder anhand von Kurtosis und Schiefe der Stichprobe unter Anwendung der in ISO/TR 12783 ²⁾ beschriebenen Verfahren geschätzt werden.

[ISO 3534-2:—, 2.5.9]

3.1.3 Prozessleistung — Messwerte

3.1.3.1

Prozessleistung

statistischer Schätzwert für das Ergebnis eines Merkmals eines Prozesses, von dem möglicherweise nicht nachgewiesen ist, dass er beherrscht ist

ANMERKUNG 1 Es ergibt sich eine **Verteilung** (3.1.2.1), deren Verteilungsfamilie ermittelt und deren Parameter bewertet werden müssen.

ANMERKUNG 2 Bei der Verwendung dieses Maßes ist Vorsicht angebracht, da es einen durch **besondere Ursachen** (3.1.1.4) bedingten Streuanteil enthalten kann, dessen Wert nicht vorhersagbar ist.

ANMERKUNG 3 Bei einer Normalverteilung, die unter anderem durch die Standardabweichung, S_t , beschrieben wird und bei der S_t aus lediglich einer Stichprobe des Umfangs N geschätzt wird, wird S_t wie folgt ausgedrückt:

$$S_t = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum (X_i - \bar{X}_t)^2} \quad (4)$$

Dabei ist:

$$\bar{X}_t = \frac{1}{N} \sum X_i \quad (5)$$

Diese Beschreibungsgröße, S_t , berücksichtigt die Streuung auf Grund von **zufälligen (allgemeinen) Ursachen** (3.1.1.5) wie auch durch möglicherweise vorhandene besondere Ursachen. Daher wird hier S_t an Stelle von σ_t verwendet, da die Gesamtstandardabweichung eine statistische Beschreibungsgröße ist. Der Stichprobenumfang N kann aus m Untergruppen zusammengesetzt werden, die jeweils den Umfang n haben.

ANMERKUNG 4 Bei einer Normalverteilung kann die Prozessleistung nach dem folgenden Ausdruck bewertet werden:

$$\text{Prozessleistung} = \bar{X}_t \pm (zS_t)$$

und z hängt von der jeweiligen Leistungsanforderung in fehlerhaften Einheiten pro Million („ppm“) ab. z nimmt üblicherweise den Wert 3, 4 oder 5 an. Wenn die Prozessleistung mit den festgelegten Anforderungen übereinstimmt, bedeutet ein Wert von 3 für z , dass voraussichtlich 2 700 von einer Million Einheiten außerhalb der Grenzwerte liegen werden. Ebenso bedeutet ein Wert von 4 für z , dass voraussichtlich 64 von einer Million Einheiten, und ein Wert von 5 für z , dass voraussichtlich 0,6 von einer Million Einheiten außerhalb der Grenzwerte liegen werden.

ANMERKUNG 5 Bei einer nicht-normalen Verteilung kann die Prozessleistung zum Beispiel mittels eines geeigneten Wahrscheinlichkeitspapiers oder aus den Parametern der an die Daten angepassten Verteilung bewertet werden. Der Ausdruck für die Prozessleistung nimmt die Form an:

$$\text{Prozessleistung} = \bar{X}_t \begin{matrix} +a \\ -b \end{matrix}$$

NOTE 3 For a normal **distribution** (3.1.2.1), the length of the upper reference interval can be expressed in terms of standard deviations as 3σ , or an estimated $3S$, and $X_{50\%}$ represents both the mean and the median.

NOTE 4 For a non-normal distribution, the 50 % distribution quantile, $X_{50\%}$, namely the median, and the 99,865 % distribution quantile, $X_{99,865\%}$, can be estimated by means of appropriate probability papers (e.g. log-normal) or from the sample kurtosis and sample skewness using the methods described in ISO/TR 12783 ²⁾.

[ISO 3534-2:—, 2.5.9]

3.1.3 Process performance — Measured data

3.1.3.1

process performance

statistical measure of the outcome of a characteristic from a process which may not have been demonstrated to be in a state of statistical control

NOTE 1 The outcome is a **distribution** (3.1.2.1), the class of which needs determination and its parameters assessed.

NOTE 2 Care should be exercised in using this measure as it may contain a component of variability due to **special causes** (3.1.1.4), the value of which is not predictable.

NOTE 3 For a normal distribution described in terms of the standard deviation, S_t , assessed from only one sample of size N , the standard deviation is expressed thus:

$$S_t = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum (X_i - \bar{X}_t)^2} \quad (4)$$

where

$$\bar{X}_t = \frac{1}{N} \sum X_i \quad (5)$$

This descriptor, S_t , takes into account the variation due to **random (common) causes** (3.1.1.5) together with any special causes that may be present. S_t is used here instead of σ_t as the standard deviation is a statistical descriptive measure. The sample size N can be made up of m subgroups, each of size n .

NOTE 4 For a normal distribution, process performance can be assessed from the expression:

$$\text{process performance} = \bar{X}_t \pm (zS_t)$$

and, “ z ” is dependent on the particular parts per million performance requirement. Typically “ z ” takes the value of 3, 4 or 5. If the process performance coincides with the specified requirements, a z value of 3 indicates an expected 2 700 parts per million outside of specification. Similarly, a z of 4 indicates an expected 64 parts per million and a z of 5 an expected 0,6 parts per million outside of specification.

NOTE 5 For a non-normal distribution, process performance can be assessed using, for example, an appropriate probability paper or from the parameters of the distribution fitted to the data. The expression for process performance takes the form:

$$\text{process performance} = \bar{X}_t \begin{matrix} +a \\ -b \end{matrix}$$

Der Ausdruck $\begin{smallmatrix} +a \\ -b \end{smallmatrix}$ ist in dem gleichen Standardstil, wie in Zeichenbüros festgelegte Grenzwerte um einen Nennwert oder einen bevorzugten Wert für ein Merkmal gelegt werden, wenn der bevorzugte Wert nicht den gleichen Abstand gegenüber beiden Grenzwerten hat. Die entsprechende Notation für symmetrische Grenzwerte ist $\pm$. Dadurch wird ein direkter Vergleich zwischen den tatsächlichen Merkmalswerten und den vorgegebenen Werten sowohl in Bezug auf Lage als auch auf Streuung ermöglicht.

[ISO 3534-2:—, 2.6.1]

3.1.3.2

potenzieller Prozessleistungsindex

P_p

Kenngroße, die die **Prozessleistung** (3.1.3.1) in Bezug auf eine festgelegte Toleranz beschreibt

ANMERKUNG 1 Häufig wird der potenzielle Prozessleistungsindex ausgedrückt als der Wert des Quotienten aus festgelegter Toleranz und einem Maß für die Breite des **Bezugsbereiches** (3.1.2.7), nämlich als:

$$P_p = \frac{U - L}{X_{99,865\%} - X_{0,135\%}} \quad (6)$$

ANMERKUNG 2 Für eine Normalverteilung (3.1.2.1) beträgt die Breite des Bezugsbereichs $6S_t$ (siehe 3.1.3.1, Anmerkung 3).

ANMERKUNG 3 Bei einer nicht-normalen Verteilung kann die Breite des Bezugsbereichs zum Beispiel unter Anwendung des in ISO/TR 12783 ²⁾ beschriebenen Verfahrens geschätzt werden.

[ISO 3534-2:—, 2.6.2]

3.1.3.3

unterer potenzieller Prozessleistungsindex

P_{pkL}

Kenngroße, die die **Prozessleistung** (3.1.3.1) in Bezug auf den **Mindestwert** (3.2.1.4), L , beschreibt

ANMERKUNG 1 Häufig wird der untere potenzielle Prozessleistungsindex ausgedrückt als Quotient aus der Differenz zwischen dem 50%-Quantil, $X_{50\%}$, und dem **Mindestwert** (3.2.1.4) und einem Maß für die Breite des **unteren Bezugsbereiches** (3.1.2.8), nämlich als:

$$P_{pkL} = \frac{X_{50\%} - L}{X_{50\%} - X_{0,135\%}} \quad (7)$$

ANMERKUNG 2 Für die symmetrische Normalverteilung (3.1.2.1) ist die Breite des unteren Bezugsbereichs gleich $3S_t$ (siehe 3.1.3.1, Anmerkung 3) und $X_{50\%}$ stellt sowohl Erwartungswert als auch Median dar.

ANMERKUNG 3 Bei einer nicht-normalen Verteilung kann die Breite des unteren Bezugsbereichs unter Anwendung des in ISO/TR 12783 ²⁾ beschriebenen Verfahrens geschätzt werden, und $X_{50\%}$ stellt den Median dar.

[ISO 3534-2:—, 2.6.3]

The notation, $\begin{smallmatrix} +a \\ -b \end{smallmatrix}$, is in the same style as standard drawing office practice for expressing specified tolerances about a nominal, or preferred, value for a characteristic, when the preferred value is not equidistant from each limit. The equivalent notation for limits symmetrical about the preferred value is $\pm$. This enables a direct comparison to be made between the dimensional performance of a characteristic and its specified requirements in terms of both location and dispersion.

[ISO 3534-2:—, 2.6.1]

3.1.3.2

process performance index

P_p
index describing **process performance** (3.1.3.1) in relation to specified tolerance

NOTE 1 Frequently, the process performance index is expressed as the value of the specified tolerance divided by a measure of the length of the **reference interval** (3.1.2.7), namely as:

$$P_p = \frac{U - L}{X_{99,865\%} - X_{0,135\%}} \quad (6)$$

NOTE 2 For a normal **distribution** (3.1.2.1), the length of the reference interval is equal to $6S_t$ (see 3.1.3.1, Note 3).

NOTE 3 For a non-normal distribution, the length of the reference interval can be estimated using, for example, the method described in ISO/TR 12783 ²⁾.

[ISO 3534-2:—, 2.6.2]

3.1.3.3

lower process performance index

P_{pkL}
index describing **process performance** (3.1.3.1) in relation to the **lower specification limit** (3.2.1.4), L

NOTE 1 Frequently, the lower process performance index is expressed by the difference between the 50 % distribution quantile, $X_{50\%}$, and **lower specification limit** (3.2.1.4) divided by a measure of the length of the **lower reference interval** (3.1.2.8), namely as:

$$P_{pkL} = \frac{X_{50\%} - L}{X_{50\%} - X_{0,135\%}} \quad (7)$$

NOTE 2 For the symmetrical normal **distribution** (3.1.2.1), the length of the lower reference interval is equal to $3S_t$ (see 3.1.3.1, Note 3) and $X_{50\%}$ represents both the mean and the median.

NOTE 3 For a non-normal distribution, the length of the lower reference range can be estimated using the method described in ISO/TR 12783 ²⁾ and $X_{50\%}$ represents the median.

[ISO 3534-2:—, 2.6.3]

3.1.3.4

oberer potenzieller Prozessleistungsindex P_{pkU}

Kenngroße, die die **Prozessleistung** (3.1.3.1) in Bezug auf den **Höchstwert** (3.2.1.3), U , beschreibt

ANMERKUNG 1 Häufig wird der obere potenzielle Prozessleistungsindex ausgedrückt als Quotient aus der Differenz zwischen dem Höchstwert und dem 50%-Quantil, $X_{50\%}$, und einem Maß für die Breite des **oberen Bezugsbereichs** (3.1.2.9), nämlich als:

$$P_{pkU} = \frac{U - X_{50\%}}{X_{99,865\%} - X_{50\%}} \quad (8)$$

ANMERKUNG 2 Für eine Normalverteilung ist die Breite des oberen Bezugsbereichs gleich $3S_t$ (siehe 3.1.3.1, Anmerkung 3) und $X_{50\%}$ stellt sowohl Erwartungswert als auch Median dar.

ANMERKUNG 3 Bei einer nicht-normalen Verteilung kann der obere Bezugsbereich unter Anwendung des in ISO/TR 12783 ²⁾ beschriebenen Verfahrens geschätzt werden, und $X_{50\%}$ stellt den Median dar.

[ISO 3534-2:—, 2.6.4]

3.1.3.5

kleinster potenzieller Prozessleistungsindex P_{pk}

kleinerer der beiden Werte **oberer potenzieller Prozessleistungsindex** (3.1.3.4) und **unterer potenzieller Prozessleistungsindex** (3.1.3.3)

[ISO 3534-2:—, 2.6.5]

3.1.4 **Prozessfähigkeit — Messwerte**

3.1.4.1

Prozessfähigkeit

statistischer Schätzwert des Ergebnisses eines Merkmals eines Prozesses, von dem nachgewiesen ist, dass er beherrscht ist, wobei der Schätzwert die Fähigkeit des Prozesses beschreibt, die Merkmalsausprägung so zu erzeugen, dass sie die betreffende Anforderung an das Merkmal erfüllen wird

ANMERKUNG 1 Es ergibt sich eine **Verteilung** (3.1.2.1), deren Verteilungsfamilie ermittelt und deren Parameter geschätzt werden müssen.

ANMERKUNG 2 Bei einer Normalverteilung kann die Gesamtstandardabweichung des Prozesses σ_t unter Verwendung der Formel für S_t (siehe 3.1.3.1, Anmerkung 3) geschätzt werden.

Alternativ kann unter bestimmten Umständen die Standardabweichung S_w , die nur die Streuung innerhalb der Untergruppen ausdrückt, anstelle von S_t als Schätzer verwendet werden.

$$S_w \approx \frac{\bar{R}}{d_2} \text{ oder } \frac{\sum S_i}{mc_4} \text{ oder } \sqrt{\frac{\sum S_i^2}{m}} \quad (9)$$

Dabei ist:

$\bar{R}$ die mittlere Spannweite, berechnet aus den Spannweiten von m Untergruppen;

S_i die Stichprobenstandardabweichung der i -ten Untergruppe;

m die Anzahl von Untergruppen gleichen Umfangs, n ;

d_2, c_4 Konstanten, die auf dem Umfang der Untergruppen, n , basieren (siehe ISO 8258).