

DIN ISO 22514-2

ICS 03.120.30

Ersatz für
DIN ISO 21747:2007-03

**Statistische Verfahren im Prozessmanagement –
Fähigkeit und Leistung –
Teil 2: Prozessleistungs- und Prozessfähigkeitskenngrößen von
zeitabhängigen Prozessmodellen (ISO 22514-2:2013);
Text Deutsch und Englisch**

Statistical methods in process management –

Capability and performance –

Part 2: Process capability and performance of time-dependent process models
(ISO 22514-2:2013);

Text in German and English

Méthodes statistiques dans la gestion de processus –

Aptitude et performance –

Partie 2: Aptitude de processus et performance des modèles de processus dépendants
du temps (ISO 22514-2:2013);

Texte en allemand et anglais

Gesamtumfang 65 Seiten

DIN-Normenausschuss Qualitätsmanagement, Statistik und Zertifizierungsgrundlagen (NQSZ)

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort	4
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen	8
3.1 Symbole	8
3.2 Abkürzungen	10
4 Prozessanalyse	12
5 Zeitabhängige Verteilungsmodelle	12
6 Prozessfähigkeits- und Prozessleistungskenngrößen	48
6.1 Verfahren zur Bestimmung von Leistungs- und Fähigkeitskenngrößen — Überblick	48
6.1.1 Allgemeines	48
6.1.2 Berechnung der Lage	52
6.1.3 Berechnung der Streuung	54
6.1.4 Berechnung von $X_{0,135\%}$ und $X_{99,865\%}$	56
6.2 Einseitige Grenzwerte	56
6.3 Verwendung von anderen Berechnungsverfahren	60
7 Berichterstattung über Leistungs- und Fähigkeitskenngrößen	62
Literaturhinweise	64

Contents

	Page
Introduction.....	7
1 Scope	9
2 Normative references	9
3 Terms, definitions, symbols and abbreviated terms	9
3.1 Symbols	9
3.2 Abbreviations	11
4 Process analysis	13
5 Time-dependent distribution models	13
6 Process capability and performance indices	49
6.1 Methods for determination of performance and capability indices — Overview	49
6.1.1 General	49
6.1.2 Calculation of location	53
6.1.3 Calculation of dispersion.....	55
6.1.4 Calculation of $X_{0,135} \%$ and $X_{99,865} \%$	57
6.2 One-sided specification limits	57
6.3 Use of different calculation methods	61
7 Reporting process performance/capability indices.....	63
Bibliography.....	65

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (ISO 22514-2:2013) wurde vom Internationalen Technischen Komitee ISO/TC 69 „Application of statistical methods“, Unterkomitee SC 4 „Application of statistical methods and process management“ erarbeitet, dessen Sekretariat von ANSI (Vereinigte Staaten von Amerika) gehalten wird.

Für die deutsche Mitarbeit ist der Arbeitsausschuss NA 147-00-02 AA „Angewandte Statistik“ im DIN-Normenausschuss Qualitätsmanagement, Statistik und Zertifizierungsgrundlagen (NQSZ) zuständig.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Die Internationale Norm ISO 22514, *Statistical methods in process management — Capability and performance*, besteht aus folgenden Teilen:

- *Part 1: General principles and concepts*
- *Part 2: Process capability and performance of time-dependent process models*
- *Part 3: Machine performance studies for measured data on discrete parts*
- *Part 4: Process capability estimates and performance measures (veröffentlicht als ISO/TR)*
- *Part 6: Process capability statistics for characteristics following a multivariate normal distribution*
- *Part 7: Capability of measurement processes*
- *Part 8: Machine performance of a multi-state production process*

Ein weiterer Teil 5 der Norm zu Prozessfähigkeitskennwerten für attributive Merkmale ist in Planung.

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

ISO 3534-1	siehe DIN ISO 3534-1
ISO 3534-2	siehe DIN ISO 3534-2
ISO 5479	siehe DIN ISO 5479
ISO 9000	siehe DIN EN ISO 9000

Änderungen

Gegenüber DIN ISO 21747:2007-03 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Begriffe wurden herausgenommen, stattdessen wurden Verweisungen auf entsprechende Normen ergänzt;
- b) Normative Verweisungen angepasst;
- c) Norm redaktionell überarbeitet.

Frühere Ausgaben

DIN 55319: 2002-03
DIN ISO 21747: 2007-03

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 3534-1, *Statistik — Begriffe und Formelzeichen — Teil 1: Wahrscheinlichkeit und allgemeine statistische Begriffe*

DIN ISO 3534-2, *Statistik — Begriffe und Formelzeichen — Teil 2: Angewandte Statistik*

DIN ISO 5479, *Statistische Auswertung von Daten — Tests auf Abweichung von der Normalverteilung*

DIN EN ISO 9000, *Qualitätsmanagementsysteme — Grundlagen und Begriffe*

Statistische Verfahren im Prozessmanagement — Fähigkeit und Leistung — Teil 2: Prozessleistungs- und Prozessfähigkeitskenngrößen

Einleitung

Über die Qualitätsfähigkeit und die Leistung von Prozessen sind von internationalen, regionalen und nationalen Normungsgremien sowie auch von der Industrie viele Normen veröffentlicht worden. Alle von ihnen gehen davon aus, dass der betrachtete Prozess stabil ist, mit stationären, normalverteilten Prozessen. Eine umfassende Analyse von Herstellungsprozessen zeigt jedoch, dass, über die Zeit gesehen, Prozesse sehr selten in solch einem Zustand verbleiben.

Unter Berücksichtigung dieser Tatsache bietet dieser Teil von ISO 22514 einen Rahmen zur Schätzung der Qualitätsfähigkeit und der Leistung von industriellen Prozessen für eine Reihe von Standardrahmenbedingungen. Diese Rahmenbedingungen sind nach der Stabilität von Mittelwert und Varianz gegliedert, ob diese also konstant sind, sich systematisch oder zufällig ändern. Auf diese Weise können die Qualitätsfähigkeit und die Leistung für sehr unterschiedlich geformte Verteilungen über der Zeit bewertet werden.

In anderen Teilen von ISO 22514 können ausführlichere Angaben zur Berechnung von Kenngrößen gefunden werden. Es sollte beachtet werden, dass dort, wo die in diesem Teil von ISO 22514 genannten Fähigkeitskenngrößen berechnet werden, diese nur Punktschätzungen ihrer wahren Werte darstellen. Es wird daher empfohlen, nach Möglichkeit die Vertrauensbereiche der Kenngrößen zu berechnen und zu berichten.

Statistical methods in process management — Capability and performance — Part 2: Process capability and performance of time-dependent process models

Introduction

Many standards have been created concerning the quality capability/performance of processes by international, regional and national standardization bodies and also by industry. All of them assume that the process is in a state of statistical control, with stationary, normally distributed processes. However, a comprehensive analysis of production processes shows that, over time, it is very rare for processes to remain in such a state.

In recognition of this fact, this part of ISO 22514 provides a framework for estimating the quality capability/performance of industrial processes for an array of standard circumstances. These circumstances are categorized based on the stability of the mean and variance, as to whether they are constant, changing systematically, or changing randomly. As such, the quality capability/performance can be assessed for very differently shaped distributions with respect to time.

In other parts of ISO 22514 more detailed information about calculations of indices can be found. It should be noted that where the capability indices given in this part of ISO 22514 are computed they only form point estimates of their true values. It is therefore recommended that wherever possible the indices' confidence intervals are computed and reported.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 22514 beschreibt ein Verfahren zur Bestimmung von Kenngrößen zur Schätzung der Qualitätsfähigkeit und der Leistung von Produkt- und Prozessmerkmalen. Die Prozessergebnisse dieser Qualitätsmerkmale sind nach acht möglichen Verteilungstypen gegliedert. Für jede dieser Verteilungen werden Berechnungsgleichungen für die statistischen Maßzahlen angegeben.

Die in diesem Teil von ISO 22514 beschriebenen statistischen Verfahren beziehen sich nur auf kontinuierliche Qualitätsmerkmale. Sie sind auf Prozesse in allen industriellen und wirtschaftlichen Sektoren anwendbar.

ANMERKUNG Dieses Verfahren wird in der Regel bei Vorliegen einer großen Anzahl aufeinander folgender Prozessergebnisse verwendet, aber es kann auch für kleine Serien (eine kleine Anzahl von Prozessergebnissen) verwendet werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 3534-2, *Statistics — Vocabulary and symbols — Part 2: Applied statistics*

ISO 5479, *Statistical interpretation of data — Tests for departure from the normal distribution*

ISO 22514-1, *Statistical methods in process management — Capability and performance — Part 1: General principles and concepts*

3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 3534-2 und ISO 22514-1 sowie die folgenden Symbole und Abkürzungen.

3.1 Symbole

C_p	Prozessfähigkeitsindex
C_{pk}	kleinster Prozessfähigkeitsindex
C_{pkL}	unterer Prozessfähigkeitsindex
C_{pkU}	oberer Prozessfähigkeitsindex
c_4	Konstante, die auf dem Untergruppenumfang n beruht
Δ	Streuung des Prozesses
Δ_L	Differenz zwischen X_{mid} und $X_{0,135\%}$ von der Verteilung der Produktmerkmale
Δ_U	Differenz zwischen $X_{99,865\%}$ und X_{mid} von der Verteilung der Produktmerkmale
d_2	Konstante, die auf dem Untergruppenumfang n beruht
k	Anzahl von Untergruppen des gleichen Umfangs n

1 Scope

This part of ISO 22514 describes a procedure for the determination of statistics for estimating the quality capability or performance of product and process characteristics. The process results of these quality characteristics are categorized into eight possible distribution types. Calculation formulae for the statistical measures are placed with every distribution.

The statistical methods described in this part of ISO 22514 only relate to continuous quality characteristics. They are 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 documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

ISO 3534-2, *Statistics — Vocabulary and symbols — Part 2: Applied statistics*

ISO 5479, *Statistical interpretation of data — Tests for departure from the normal distribution*

ISO 22514-1, *Statistical methods in process management — Capability and performance — Part 1: General principles and concepts*

3 Terms, definitions, symbols and abbreviated terms

For the purposes of this document, the terms and definitions given in ISO 3534-2 and ISO 22514-1, and the following symbols and abbreviated terms, apply.

3.1 Symbols

C_p	process capability index
C_{pk}	minimum process capability index
C_{pkL}	lower process capability index
C_{pkU}	upper process capability index
c_4	constant based on subgroup size n
Δ	dispersion of the process
Δ_L	difference between X_{mid} and $X_{0,135\%}$ of the distribution of the product characteristic
Δ_U	difference between $X_{99,865\%}$ and X_{mid} of the distribution of the product characteristic
d_2	constant based on subgroup size n
k	number of subgroups of the same size n

μ	Mittelwertlage des Prozesses
L	Mindestwert
$M_{l,d}$	Berechnungsverfahren, Typ l zur Lagebestimmung und Typ d zur Streuungsbestimmung
N	Stichprobenumfang
p_L	unterer Anteil nichtkonformer Einheiten
p_t	Gesamtanteil nichtkonformer Einheiten
p_U	oberer Anteil nichtkonformer Einheiten
P_p	potenzieller Prozessleistungsindex
P_{pk}	kleinster potenzieller Prozessleistungsindex
P_{pkL}	unterer potenzieller Prozessleistungsindex
P_{pkU}	oberer potenzieller Prozessleistungsindex
R_i	Spannweite der i -ten Untergruppe
s	beobachteter Wert der Standardabweichung
σ	Standardabweichung der Grundgesamtheit
S	Standardabweichung, Probenkenngröße
S_i	beobachtete Stichprobenstandardabweichung der i -ten Untergruppe
S_t	gesamte Standardabweichung, gekennzeichnet durch den Index „t“
U	Höchstwert
$X_{0,135\%}$	0,135-%-Verteilungsquantil
$X_{99,865\%}$	99,865-%-Verteilungsquantil
$X_{50\%}$	50-%-Verteilungsquantil
X_{mid}	Mittelpunkt der Verteilung

3.2 Abkürzungen

ANOVA	Varianzanalyse (en: anlysis of variance)
SPC	statistische Prozesslenkung (en: statistical process control)

μ	average location of the process
L	lower specification limit
$M_{l,d}$	Calculation methods with location method label l and dispersion method label d
N	sample size
p_L	lower fraction nonconforming
p_t	total fraction nonconforming
p_U	upper fraction nonconforming
P_p	process performance index
P_{pk}	minimum process performance index
P_{pkL}	lower process performance index
P_{pkU}	upper process performance index
R_i	range of the i th subgroup
s	standard deviation, realized value
σ	standard deviation, population
S	standard deviation, sample statistic
S_i	observed sample standard deviation of the i th subgroup
S_t	standard deviation, with the subscript "t" indicating total standard deviation
U	upper specification limit
$X_{0,135\%}$	0,135 % distribution quantile
$X_{99,865\%}$	99,865 % distribution quantile
$X_{50\%}$	50 % distribution quantile
X_{mid}	distribution midpoint

3.2 Abbreviations

ANOVA	analysis of variance
SPC	statistical process control

4 Prozessanalyse

Zielsetzung der Prozessanalyse ist, Kenntnis über einen Prozess zu erhalten. Diese Kenntnis ist notwendig, um den Prozess wirksam und wirtschaftlich beherrschen zu können, damit die durch den Prozess realisierten Produkte die Qualitätsanforderung erfüllen. Dieser Teil von ISO 22514 geht davon aus, dass eine Prozessanalyse durchgeführt wurde und anschließend Prozessverbesserungen eingeführt worden sind.

Das Verhalten eines betrachteten Merkmals kann durch die Verteilung beschrieben werden, deren Lage-, Streuungs- und Formparameter im Allgemeinen zeitabhängige Funktionen sind. Verschiedenartige Modelle solcher Ergebnisverteilungen, deren Parameter zeitabhängige Funktionen sind, werden in den Abschnitten 6 und 7 behandelt. Um zu erkennen, ob ein zeitabhängiges Verteilungsmodell geeignet ist, werden statistische Verfahren verwendet [beispielsweise Schätzen der Werte der Parameter, Varianzanalyse (ANOVA)], einschließlich graphischer Verfahren (beispielsweise Wahrscheinlichkeitsnetze, Regelkarten).

Die Werte der betrachteten Merkmale werden üblicherweise anhand von während des Prozessablaufs entnommenen Stichproben bestimmt. Stichprobenumfang und Häufigkeit sollten abhängig von Prozess- und Produktart so gewählt werden, dass alle wichtigen Änderungen rechtzeitig entdeckt werden können. Die Stichproben sollten für das betrachtete Merkmal repräsentativ sein. Zur Bewertung der Stabilität des Prozesses sollte eine Regelkarte verwendet werden. Informationen zur Verwendung von Regelkarten gibt ISO 7870-2.

5 Zeitabhängige Verteilungsmodelle

Die momentane Verteilung beschreibt das Verhalten des untersuchten Merkmals während einer kurzen Zeitspanne. Üblicherweise ist dies das Zeitintervall, in dem die Stichprobe (beispielsweise die Untergruppe) dem Prozess entnommen werden kann. Wenn der Prozess kontinuierlich über der Zeit für ein längeres Zeitintervall beobachtet wird, dann wird die resultierende Verteilung Prozessergebnisverteilung genannt; diese wird durch ein zugehöriges zeitabhängiges Verteilungsmodell beschrieben, dass

- die momentane Verteilung des untersuchten Merkmals, und
- die Änderungen der Werte ihres Lage-, Streuungs- und Formparameters während des Zeitintervalls der Prozessbeobachtung

berücksichtigt.

In der Praxis kann die resultierende Verteilung durch den gesamten Datensatz dargestellt werden, wenn beispielsweise SPC eingesetzt wird, durch alle Untergruppen, die während des Intervalls der Prozessbeobachtung gewonnen werden.

Zeitabhängige Verteilungsmodelle können in vier Gruppen eingeteilt werden, je nachdem, ob die Werte des Lage- und des Streuungsparameters konstant sind oder sich ändern (siehe Tabelle 1).

- a) Ein Prozess, dessen Lage und Streuung konstant sind, gehört zum zeitabhängigen Verteilungsmodell A. Nur in diesem Fall gleichen all die Mittelwerte und die Varianzen der momentanen Verteilungen einander sowie der resultierenden Verteilung.
- b) Wenn die Streuung eines Prozesses sich mit der Zeit ändert, aber die Lage unverändert bleibt, gehört der Prozess zum zeitabhängigen Verteilungsmodell B.
- c) Wenn die Streuung konstant ist, die Lage sich aber ändert, liegt das zeitabhängige Verteilungsmodell C vor.
- d) Anderenfalls liegt das zeitabhängige Verteilungsmodell D vor.

4 Process analysis

The purpose of process analysis is to obtain knowledge of a process. This knowledge is necessary for controlling the process efficiently and effectively so that the products realized by the process fulfil the quality requirement. It is a general assumption of this part of ISO 22514 that a process analysis has been carried out and subsequent process improvements have been implemented.

The behaviour of a characteristic under consideration can be described by the distribution, the location, the dispersion and the shape, parameters of which are time-dependent functions, in general. Different models of such resulting distributions the parameters of which are time-dependent functions are discussed in Clauses 6 and 7. To indicate whether a time-dependent distribution model fits, statistical methods [e.g. estimating parameters, analysis of variance (ANOVA)] including graphical tools (e.g. probability plots, control charts) are used.

The values of the characteristics under consideration are typically determined on the basis of samples taken from the process flow. The sample size and frequency should be chosen depending on the type of process and the type of product so that all important changes are detected in time. The samples should be representative for the characteristic under consideration. To assess the stability of the process a control chart should be used. Information on the use of control charts can be found in ISO 7870-2.

5 Time-dependent distribution models

The instantaneous distribution characterizes the behaviour of the characteristic under investigation during a short interval. Usually, it is the time interval during which the sample (e.g. the subgroup) can be taken from the process. Observing the process continuously in time for a longer time interval the output from the process is called the resulting process distribution and it is described by a corresponding time-dependent distribution model that reflects

- the instantaneous distribution of the characteristic under consideration, and
- the changes of its location, dispersion and shape parameters during the time interval of process observation.

In practice, the resulting distribution can be represented by the whole data set, e.g. when SPC is applied, by all subgroups gained during the interval of the process observation.

Time-dependent distribution models can be classified into four groups according to whether the location and dispersion moments are constant or changing (see Table 1).

- a) A process whose location and dispersion are constant is in time-dependent distribution model A. In this case only, all the means and variances of the instantaneous distributions are equal to each other and they are equal to the resulting distribution.
- b) If the dispersion of a process is changing with time, but the location stays constant, the process is said to be in time-dependent distribution model B.
- c) If the dispersion is constant, but the location is changing, we have time-dependent distribution model C.
- d) Otherwise, we have time-dependent distribution model D.

Tabelle 1 — Klassifizierung der zeitabhängigen Verteilungsmodelle

Prozess- standard- abweichung s(t)	Prozessmittelwert $\mu(t)$							
	konstant			nicht konstant				
konstant		A			C			
		A1	A2		C1	C2	C3	C4
	Kurzeitverteilung	normal- verteilt	nicht normal- verteilt – unimodal	Lage	zufällig	zufällig	systematisch (z. B. Trend)	systematisch und zufällig (z. B. losweise)
				Kurzzeit- verteilung	normal- verteilt	normal- verteilt	normal- verteilt	normal- verteilt
				resul- tierende Verteilung	normal- verteilt	nicht normal- verteilt – unimodal	beliebige Form	beliebige Form (z. B. multimodal)
nicht konstant	resultierende Verteilung	B		resul- tierende Verteilung	D			
		beliebige Form – unimodal			beliebige Form			

Wenn sich die Momente ändern, können die Modelle noch danach unterteilt werden, ob die Änderungen zufällig, systematisch oder beides sind.

ANMERKUNG Verteilungsmodell A2 ist in der Literatur zur Zeitreihenanalyse bekannt als *stationär* und das Verteilungsmodell A1 als *stationär zweiter Ordnung*.

Tabelle 2 fasst die grundlegenden Eigenschaften der einzelnen zeitabhängigen Verteilungsmodelle zusammen; ihre graphischen Darstellungen finden sich in den Bildern 1 bis 8. Bei den zeitabhängigen Verteilungsmodellen A und C gibt es Teilklassen, die entsprechend ihrer praktischen Bedeutung eingeführt wurden. Sie unterscheiden sich hinsichtlich der Form der resultierenden Verteilung und in dem Grund dafür, dass sich der Prozess in einem nicht stabilen Zustand befindet.

Table 1 — Classification of time-dependent distribution models

Process- standard deviation s(t)	Process average $\mu(t)$							
	Constant			Not constant				
Constant		A			C			
		A1	A2		C1	C2	C3	C4
	Short time distribution	Normal distributed	Not normal distributed – unimodal	Location	Random	Random	Systematic (e.g. trend)	Systematic and random (e.g. lot to lot)
				Short time distribution	Normal distributed	Normal distributed	Normal distributed	Normal distributed
				Resulting distribution	Normal distributed	Not normal distributed – unimodal	Any shape	Any shape (e.g. multimodal)
Not constant	Resulting distribution	B		Resulting distribution	D			
		Any shape – unimodal			Any shape			

For changing moments, the models can be classified according to whether the changes are random, systematic or both.

NOTE Model A2 is known as *stationary* in time-series analysis literature and model A1 is known as *second order stationary*.

Table 2 summarizes the basic features of individual time-dependent distribution models; their graphical representations are given in Figures 1 to 8. There are subclasses of time-dependent distribution models A and C which are introduced due to their practical importance. They differ in the shape of the resulting distribution and in the cause of the process being in an out-of-control state.

Tabelle 2 — Wichtige Eigenschaften der zeitabhängigen Verteilungsmodelle

Merkmal	Zeitabhängige Verteilungsmodelle ^a							
	A1	A2	B	C1	C2	C3	C4	D
Lage	c	c	c	r	r	s	s	s
Streuung	c	c	s/r	c	c	c	c	s/r
momentane Verteilung	nd	1m	nd	nd	nd	as	as	as
resultierende Verteilung	nd	1m	1m	nd	1m	as	as	as
siehe Bild	1	2	3	4	5	6	7	8
Lage/Streuung: c der Wert des Parameters ändert sich nicht; r der Wert des Parameters ändert sich nur zufällig; s der Wert des Parameters ändert sich nur systematisch Momentane/resultierende Verteilung: nd normalverteilt 1m nicht normalverteilt, eingipflig; as beliebige Form								
^a Die Wahl des Modells ergibt sich aus der Prozessanalyse.								

Für jedes zeitabhängige Verteilungsmodell werden mehrere momentane Verteilungen als Funktion der Zeit gezeigt; die zugehörige Ergebnisverteilung wird ebenfalls gezeigt. Diese Verteilungen sind nicht maßstabsgerecht gezeichnet.

Die Wahl von Modellen und deren Verifizierung erfordern umfangreiche Datenanalyse. Dies wird normalerweise den Einsatz von Statistik-Software erfordern.

Das zeitabhängige Verteilungsmodell A1 (siehe Bild 1) hat die folgenden Eigenschaften (beispielsweise die gemessene Länge einer Einheit aus einem stabilen Prozess):

- Lage: konstant;
- Streuung: konstant;
- momentane Verteilung: normalverteilt;
- resultierende Verteilung: normalverteilt.

Der Prozess ist stabil.

Table 2 — Basic features of time-dependent distribution models

Characteristic	Time-dependent distribution models ^a							
	A1	A2	B	C1	C2	C3	C4	D
Location	c	c	c	r	r	s	s	s
Dispersion	c	c	s/r	c	c	c	c	s/r
Instantaneous distribution	nd	1m	nd	nd	nd	as	as	as
Resulting distribution	nd	1m	1m	nd	1m	as	as	as
Figure	1	2	3	4	5	6	7	8
Location/dispersion: c parameter remains constant r parameter changes randomly only s parameter changes systematically only Instantaneous/resulting distribution: nd normally distributed 1m not normally distributed, one mode only as any shape								
^a The choice of the model is a result of process analysis.								

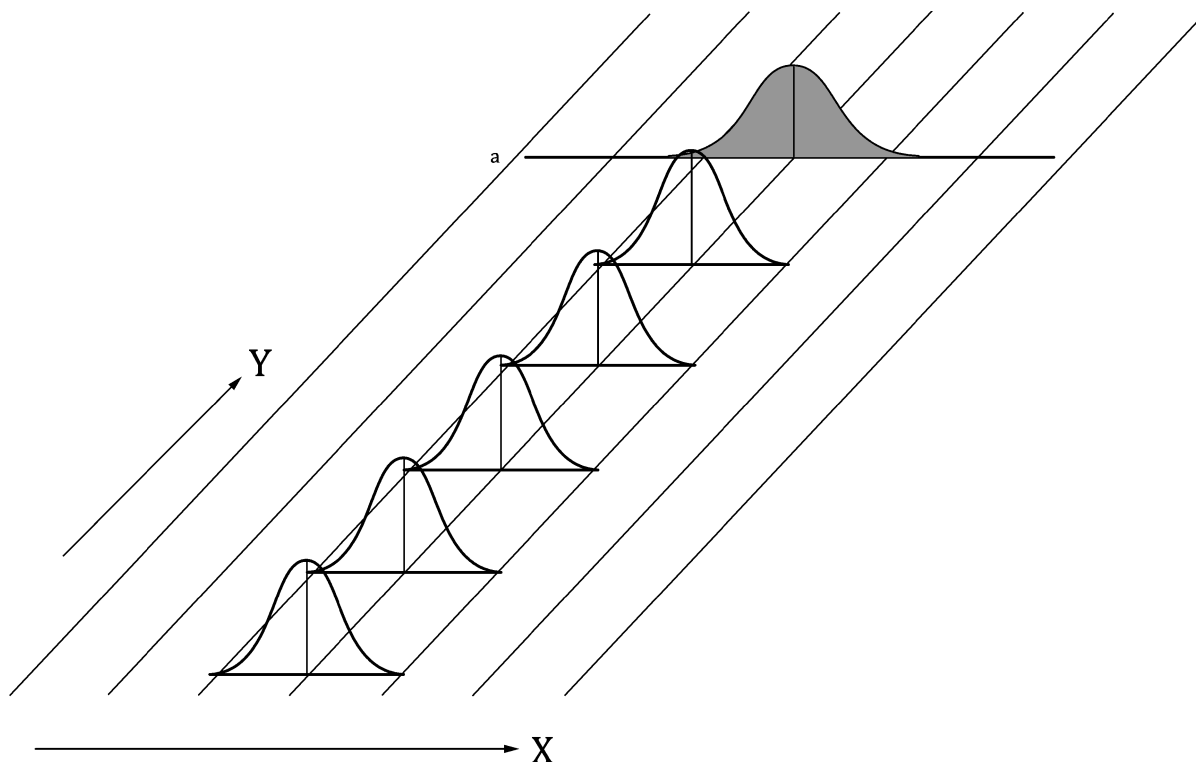
For each time-dependent distribution model, several instantaneous distributions are shown as a function of time; the related resulting distribution is shown as well. These distributions are not drawn to scale.

The choice of models and their verification requires extensive data analysis. This will usually require the use of statistical software.

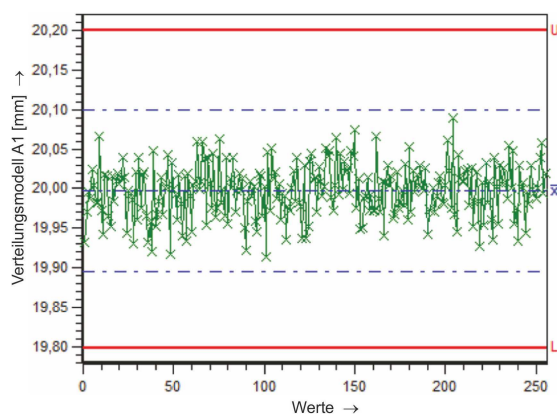
Time-dependent distribution model A1 (see Figure 1) has the following characteristics (e.g. the measured length of an item from a process in a state of statistical control):

- location: constant;
- dispersion: constant;
- instantaneous distribution: normally distributed;
- resulting distribution: normally distributed.

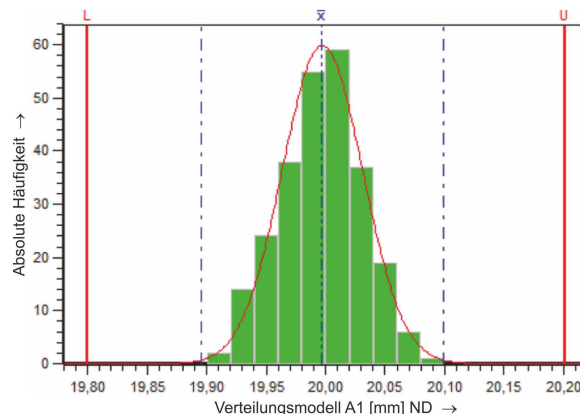
This process is under statistical control.



a) Zeitabhängiges Verteilungsmodell A1



b) Beispiel eines Werteverlaufs im Verteilungsmodell A1



c) Beispiel eines Histogramms im Verteilungsmodell A1

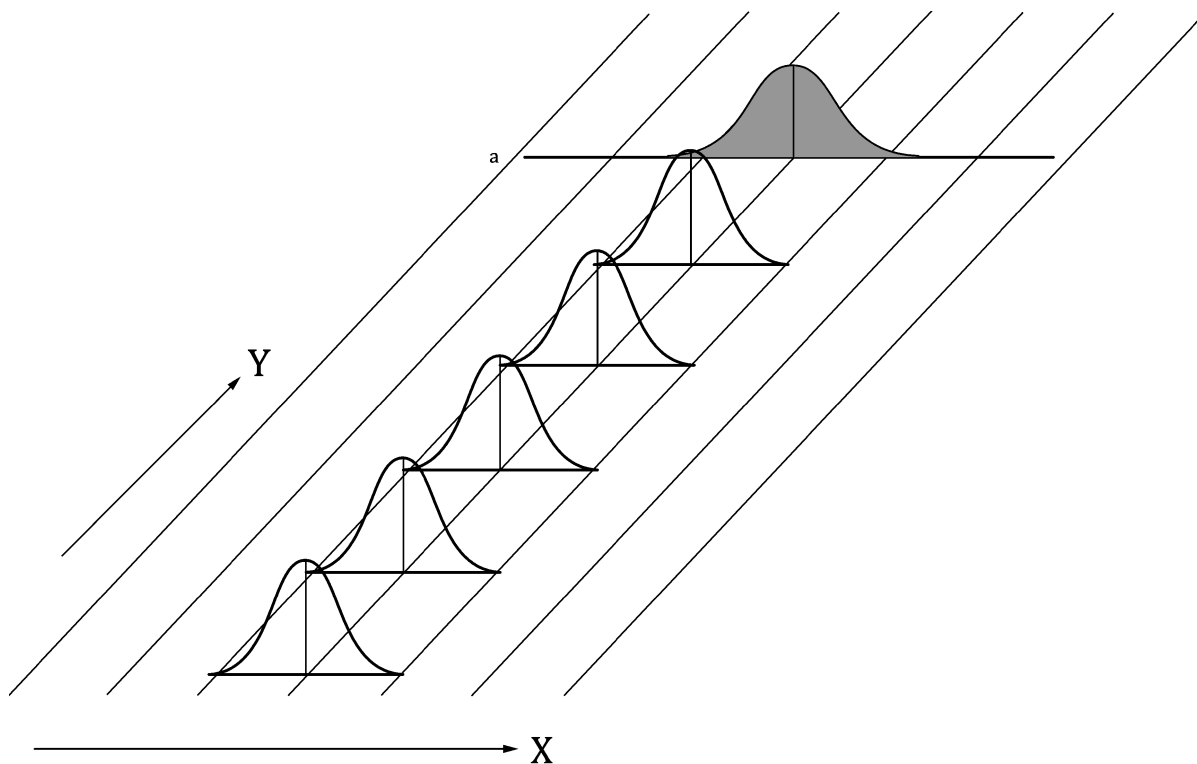
Legende

X Merkmalswert

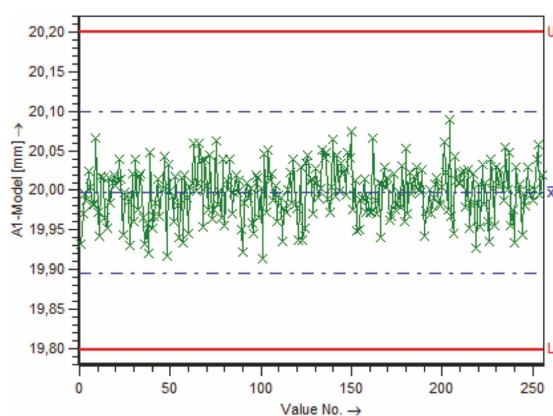
Y Zeit

a Resultierende Verteilung

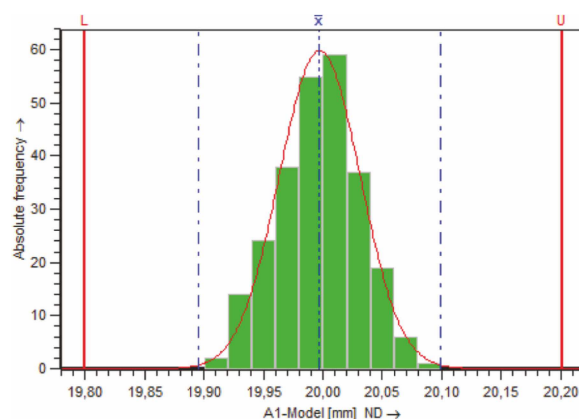
Bild 1 — Graphische Darstellung des zeitabhängigen Verteilungsmodells A1



a) Time-dependent distribution model A1



b) Example of run chart model A1



c) Example of histogram model A1

Key

X characteristic value

Y time

a Resulting distribution

Figure 1 — Graphical representation of time-dependent distribution model A1

Das zeitabhängige Verteilungsmodell A2 (siehe Bild 2) hat die folgenden Eigenschaften (beispielsweise die Oberflächenrauheit einer Einheit als ein Beispiel für ein physikalisch begrenztes Merkmal):

- Lage: konstant;
- Streuung: konstant;
- momentane Verteilung: nicht normalverteilt, unimodal;
- resultierende Verteilung: nicht normalverteilt, unimodal.

Der Prozess ist stabil.