

**DIN ISO 22514-2**

ICS 03.120.30

Einsprüche bis 2014-11-25  
Vorgesehen als Ersatz für  
DIN ISO 21747:2007-03

**Entwurf**

**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

**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2014-07-25 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und  
Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses  
Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter [www.entwuerfe.din.de](http://www.entwuerfe.din.de) bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter [www.entwuerfe.normenbibliothek.de](http://www.entwuerfe.normenbibliothek.de), sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an [nqsz@din.de](mailto:nqsz@din.de) möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter [www.din.de/stellungnahme](http://www.din.de/stellungnahme) oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter [www.dke.de/stellungnahme](http://www.dke.de/stellungnahme) abgerufen werden;
- oder in Papierform an den Normenausschuss Qualitätsmanagement, Statistik und Zertifizierungsgrundlagen (NQSZ) im DIN, 10772 Berlin (Hausanschrift: Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten  
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 60 Seiten

Normenausschuss Qualitätsmanagement, Statistik und Zertifizierungsgrundlagen (NQSZ) im DIN

## Inhalt

|                                                                                       | Seite |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Nationales Vorwort .....                                                              | 3     |
| Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise.....                              | 4     |
| Einleitung.....                                                                       | 5     |
| 1 Anwendungsbereich .....                                                             | 6     |
| 2 Normative Verweisungen .....                                                        | 6     |
| 3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen.....                                              | 6     |
| 3.1 Symbole .....                                                                     | 6     |
| 3.2 Abkürzungen .....                                                                 | 7     |
| 4 Prozessanalyse .....                                                                | 7     |
| 5 Zeitabhängige Verteilungsmodelle .....                                              | 8     |
| 6 Prozessfähigkeits- und Prozessleistungskenngrößen .....                             | 26    |
| 6.1 Verfahren zur Bestimmung von Leistungs- und Fähigkeitskenngrößen — Überblick..... | 26    |
| 6.1.1 Allgemeines .....                                                               | 26    |
| 6.1.2 Berechnung der Lage .....                                                       | 28    |
| 6.1.3 Berechnung der Streuung .....                                                   | 29    |
| 6.1.4 Berechnung von $X_{0,135\%}$ und $X_{99,865\%}$ .....                           | 30    |
| 6.2 Einseitige Grenzwerte .....                                                       | 30    |
| 6.3 Verwendung von anderen Berechnungsverfahren .....                                 | 32    |
| 7 Berichterstattung über Leistungs- und Fähigkeitskenngrößen .....                    | 32    |
| Literaturhinweise .....                                                               | 33    |

## Nationales Vorwort

Dieses Dokument (ISO 22514-2:2014) 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 Normenausschuss Qualitätsmanagement, Statistik und Zertifizierungsgrundlagen (NQSZ) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. zuständig.

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.

## **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 beherrscht 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 anzugeben.

## 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                                   |
| $\Delta$   | Streuung des Prozesses                                                                 |
| $\Delta_L$ | Differenz zwischen $X_{mid}$ und $X_{0,135\%}$ von der Verteilung der Produktmerkmale  |
| $\Delta_U$ | 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 $n$                                       |

|                |                                                                                      |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| $\mu$          | 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                                             |
| $\sigma$       | 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)

## 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 Qualitätsforderung 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, Qualitätsregelkarten).

Die Werte der betrachteten Merkmale werden üblicherweise anhand von während des Prozessablaufs entnommenen Stichproben bestimmt. Stichprobenumfang und Häufigkeit sollten abhängig von Prozess- und Produkt-Art 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 Kontrollkarte verwendet werden. Informationen zur Verwendung von Kontrollkarten 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, das

- die momentane Verteilung des untersuchten Merkmals, sowie
- 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 Statistische Prozesslenkung (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 Mittel 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.

Tabelle 1 — Klassifizierung der zeitabhängigen Verteilungsmodelle

| Prozess-<br>standard-<br>abweichung s(t) | Prozessmittelwert $\mu(t)$  |                              |                                                |                             |                     |                                                |                               |                                                     |
|------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------|
|                                          | konstant                    |                              |                                                | nicht konstant              |                     |                                                |                               |                                                     |
| konstant                                 |                             | A                            |                                                |                             | C                   |                                                |                               |                                                     |
|                                          |                             | A1                           | A2                                             |                             | C1                  | C2                                             | C3                            | C4                                                  |
|                                          | Kurzzeitverteilung          | normal-<br>verteilt          | nicht<br>normal-<br>verteilt -<br><br>unimodal | Lage                        | zufällig            | zufällig                                       | systematisch<br>(z. B. Trend) | systematisch<br>und zufällig<br>(z. B.<br>losweise) |
|                                          |                             |                              |                                                | Kurzzeit-<br>verteilung     | normal-<br>verteilt | normal-<br>verteilt                            | normal-<br>verteilt           | normal-<br>verteilt                                 |
|                                          |                             |                              |                                                | resultierende<br>Verteilung | normal-<br>verteilt | nicht<br>normal-<br>verteilt -<br><br>unimodal | beliebige<br>Form             | beliebige<br>Form, z. B.<br>multimodal              |
|                                          |                             |                              |                                                |                             |                     |                                                |                               |                                                     |
| nicht<br>konstant                        | resultierende<br>Verteilung | B                            |                                                | resultierende<br>Verteilung | D                   |                                                |                               |                                                     |
|                                          |                             | beliebige Form -<br>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 beherrschten Zustand befindet.

Tabelle 2 — Wichtige Eigenschaften der zeitabhängigen Verteilungsmodelle

| Merkmal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Zeitabhängige Verteilungsmodelle <sup>a</sup> |    |     |    |    |    |    |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----|-----|----|----|----|----|-----|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 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:<br>"c" der Wert des Parameters ändert sich nicht;<br>"r" der Wert des Parameters ändert sich nur zufällig;<br>"s" der Wert des Parameters ändert sich nur systematisch<br>momentane / resultierende Verteilung:<br>"nd" normalverteilt<br>"1m" nicht normalverteilt, eingipflig;<br>"as" beliebige Form |                                               |    |     |    |    |    |    |     |
| <sup>a</sup> Die Wahl des Modells ergibt sich aus der Prozessanalyse.                                                                                                                                                                                                                                                    |                                               |    |     |    |    |    |    |     |

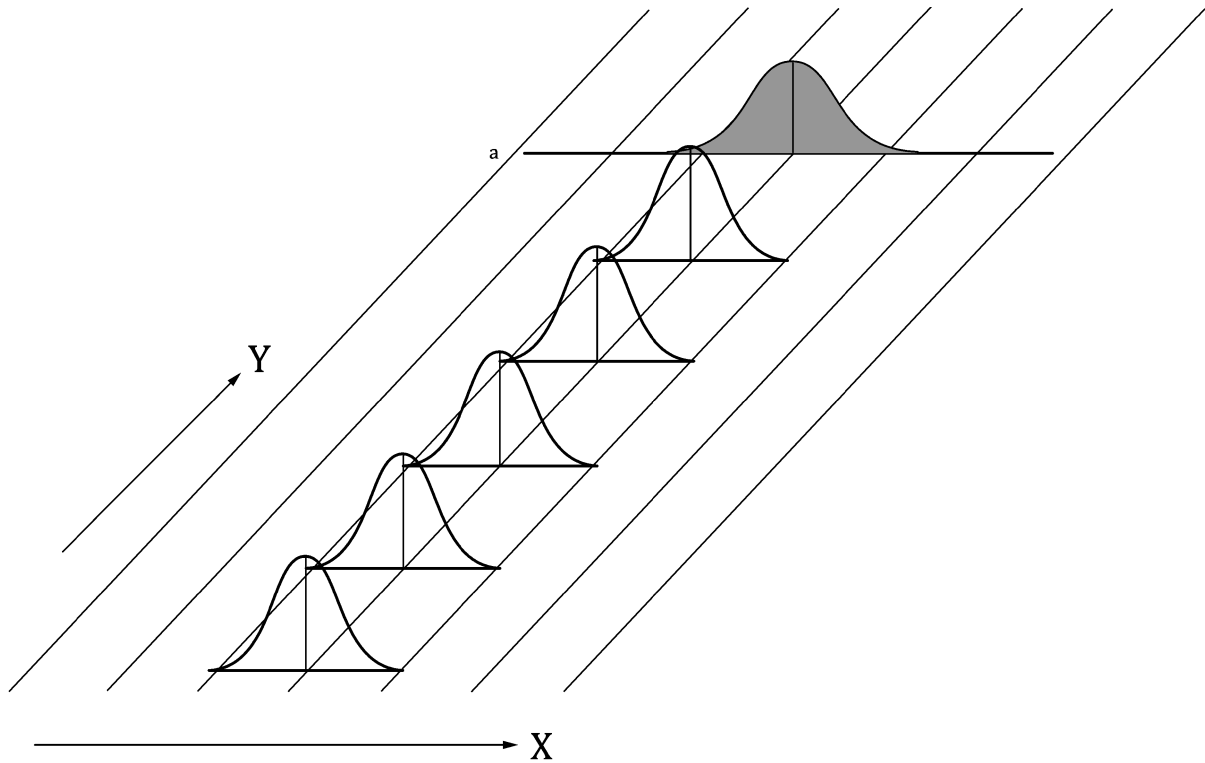
Für jedes zeitabhängige Verteilungsmodell werden mehrere momentane Verteilungen als Funktion der Zeit gezeigt; die zugehörige Ergebnisverteilung wird ebenfalls gezeigt. Diese Verteilungen sind nicht maßstabsgerecht gezeichnet.

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

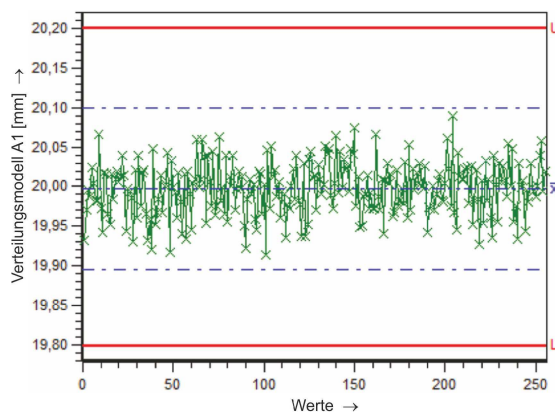
Das zeitabhängige Verteilungsmodell A1 (siehe Bild 1) hat die folgenden Eigenschaften (beispielsweise die gemessene Länge einer Einheit aus einem beherrschten Prozess):

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

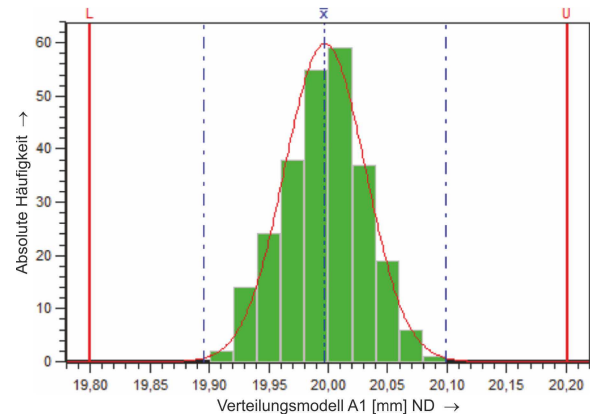
Der Prozess ist beherrscht.



a) Zeitabhängiges Verteilungsmodell A1



b) Beispiel eines Werteverlaufs im Verteilungsmodell A1



c) Beispiel eines Histogramms im Verteilungsmodell A1

#### Legende

X Merkmalswert

Y Zeit

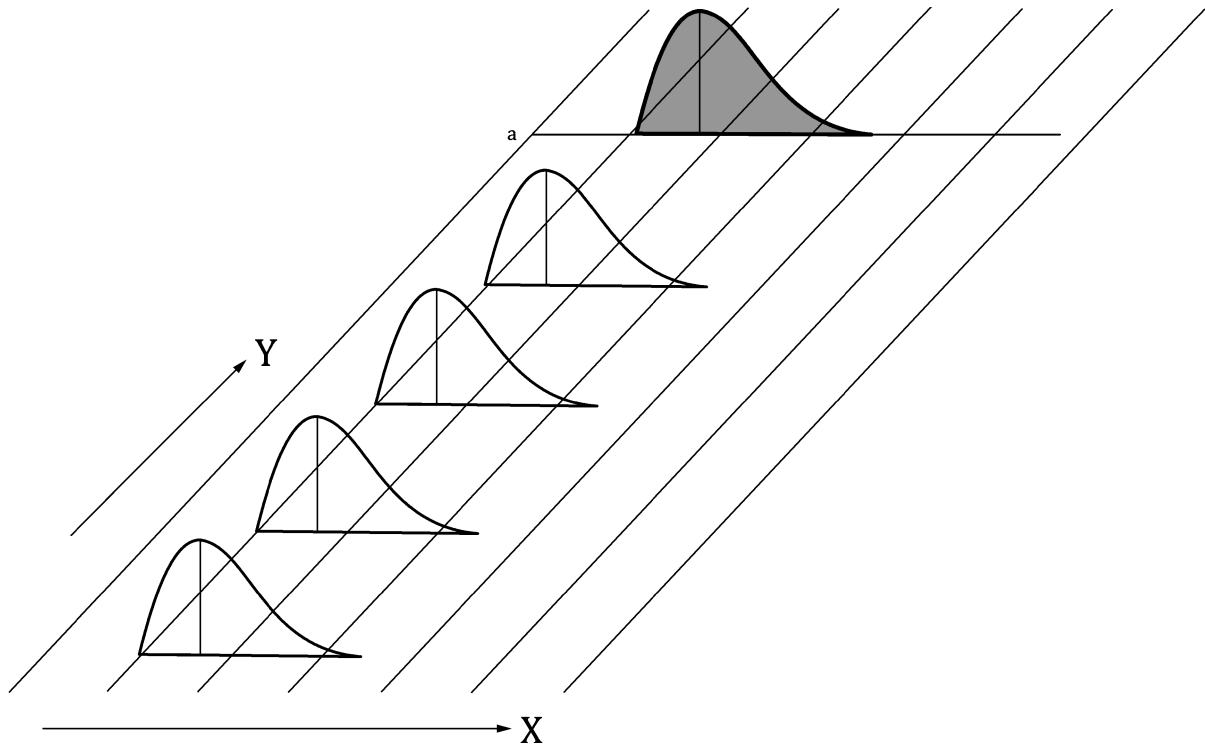
a Resultierende Verteilung

Bild 1 — Graphische Darstellung des zeitabhängigen A1

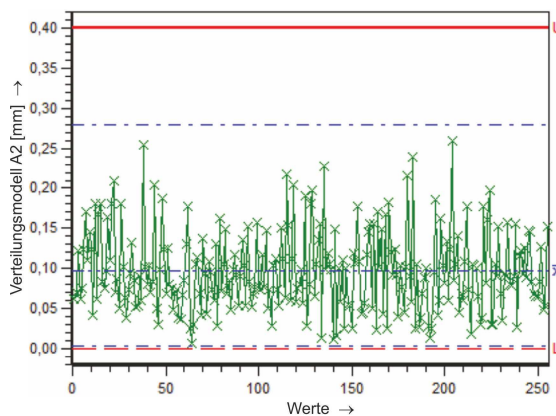
Das zeitabhängige Verteilungsmodell A2 (siehe Bild 2) hat die folgenden Eigenschaften (beispielsweise die Oberflächenrauigkeit einer Einheit als ein Beispiel für ein physikalisch begrenztes Merkmal):

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

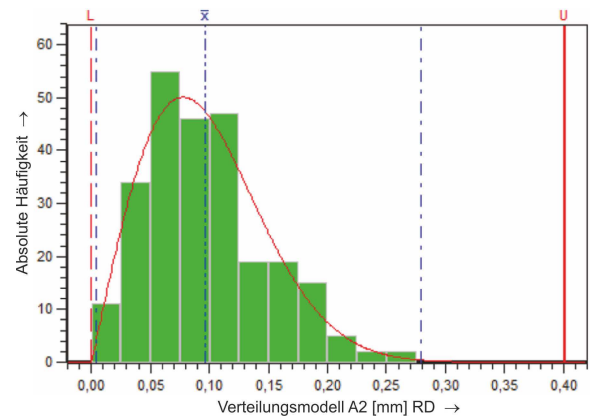
Der Prozess ist beherrscht.



a) Zeitabhängiges Verteilungsmodell A2



b) Beispiel eines Werteverlaufs im Verteilungsmodell A2



c) Beispiel eines Histogramms im Verteilungsmodell A2

### Legende

X Merkmalswert

Y Zeit

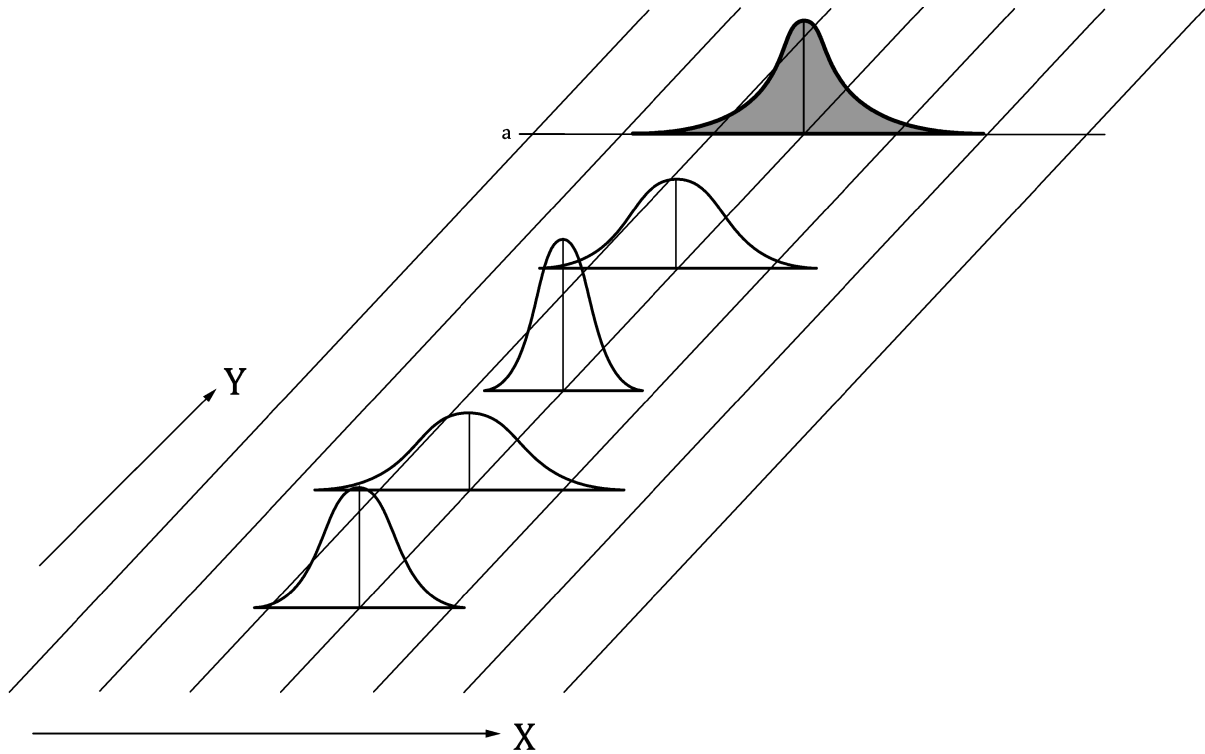
a Resultierende Verteilung

Bild 2 — Graphische Darstellung des zeitabhängigen Verteilungsmodells A2

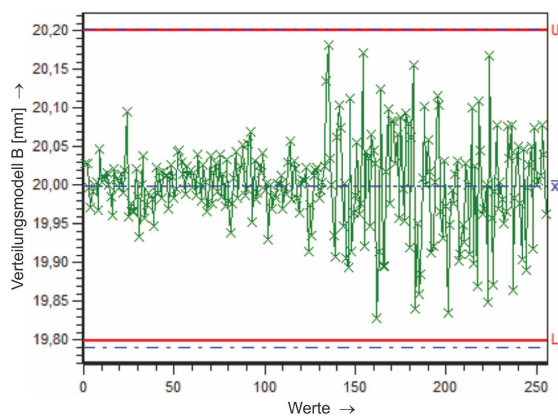
Das zeitabhängige Verteilungsmodell B (siehe Bild 3) hat die folgenden Eigenschaften (beispielsweise unterschiedlicher Verschleiß der Spindeln eines Mehrspindelautomaten mit gleicher Zentrierung):

- Lage: konstant;
- Streuung: systematische oder zufällige Schwankung;
- momentane Verteilung: normalverteilt;
- resultierende Verteilung: nicht normalverteilt, unimodal.

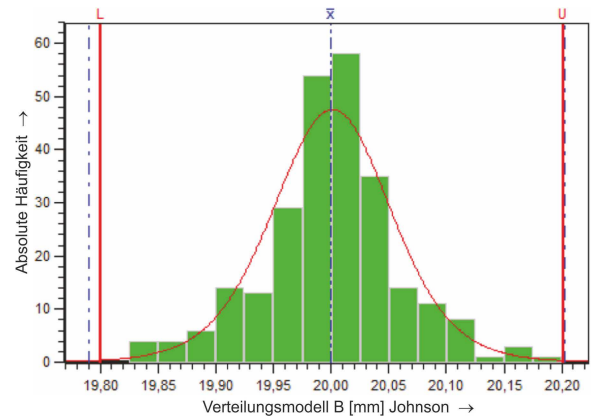
Der Prozess ist nicht beherrscht.



a) Zeitabhängiges Verteilungsmodell B



b) Beispiel eines Werteverlaufs im Verteilungsmodell B



c) Beispiel eines Histogramms im Verteilungsmodell B

### Legende

X Merkmalswert  
Y Zeit

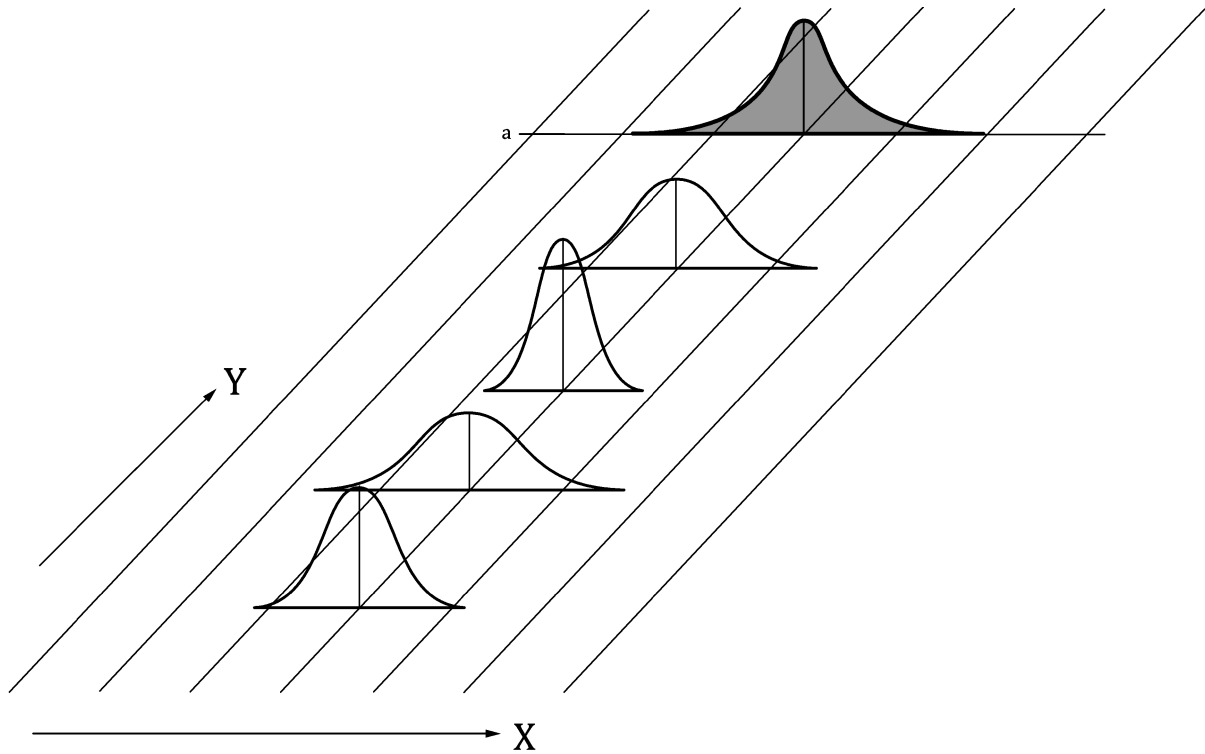
a Resultierende Verteilung

Bild 3 — Graphische Darstellung des zeitabhängigen Verteilungsmodells B

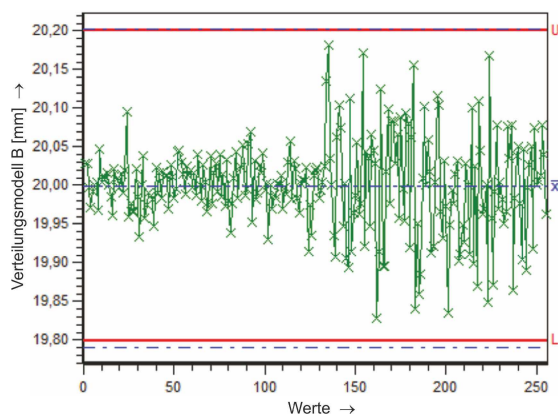
Das zeitabhängige Verteilungsmodell C1 (siehe Bild 4) hat die folgenden Eigenschaften (beispielsweise unterschiedliche Zentrierung von Werkstückträgern):

- Lage: zufällig (normal verteilt);
- Streuung: konstant;
- momentane Verteilung: normalverteilt;
- resultierende Verteilung: normalverteilt.

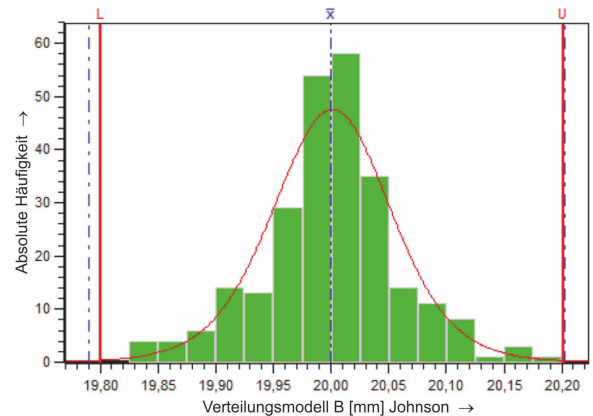
Der Prozess ist nicht beherrscht.



a) Zeitabhängiges Verteilungsmodell C1



b) Beispiel eines Werteverlaufs im Verteilungsmodell C1



c) Beispiel eines Histogramms im Verteilungsmodell C1

### Legende

X Merkmalswert

Y Zeit

a Resultierende Verteilung

Bild 4 — Graphische Darstellung des zeitabhängigen Verteilungsmodells C1

Das zeitabhängige Verteilungsmodell C2 (siehe Bild 5) hat die folgenden Eigenschaften (beispielsweise eingespannte Werkzeuge):

- Lage: zufällig (nicht normal verteilt, unimodal);
- Streuung: konstant;
- momentane Verteilung: normalverteilt;
- resultierende Verteilung: nicht normalverteilt, unimodal.

Der Prozess ist nicht beherrscht.