

Diplomarbeit

Erarbeitung von Algorithmen zur Fähigkeitsuntersuchung für die TS16949

Vorgelegt am: 22.08.2011

Von: **Köppel, Ralf**
Steinpleiser Straße 40
08060 Zwickau

Studiengang: Industrielle Produktion
Studienrichtung: Fertigungsmesstechnik/ Qualitätsmanagement

Seminargruppe: FQ08

Matrikelnummer: 4080446

Praxispartner: C.H. Müller GmbH
Gewerbering 1
08468 Heinsdorfergrund

Gutachter (betrieblich): Dipl.-Ing. Birgit Blechschmidt
Leiterin Entwicklung & Prozessoptimierung

Gutachter (schulisch): Prof. Dr.-Ing. Heiko Enge
Leiter des Studienganges Industrielle Produktion

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	III
Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VII
Abkürzungsverzeichnis	VIII
1. Unternehmen	1
1.1 Marktstellung der C.H. Müller GmbH	1
1.2 Zertifizierung nach ISO/TS 16949	2
2. Algorithmen	3
2.1 Definition	3
2.2 Aufbau/ Eigenschaften	4
3. Statistische Auswertemethoden	5
3.1 Grundmodell der induktiven Statistik	5
3.2 Diskrete/ kontinuierliche Merkmale	6
3.3 Klassifizierung von Verteilungen	7
3.4 Normalverteilung	9
4. Fähigkeitsuntersuchungen	14
4.1 Prüfmittelfähigkeit	14
4.1.1 Grundlagen	14
4.1.2 Verfahren zum Fähigkeitsnachweis nach MSA	16
4.1.2.1 Verfahren 1	16
4.1.2.2 Verfahren 2	18
4.1.2.3 Verfahren 3	21
4.1.2.4 Verfahren 4	21
4.1.2.5 Verfahren 5	23
4.1.3 Firmeninterner Algorithmus zur Prüfmittelfähigkeit nach MSA	24
4.2 Maschinen- und Prozessfähigkeit	28
4.2.1 Grundlagen	28
4.2.2 Verteilungsmodelle nach DIN ISO 21747	29
4.2.3 Ablauf der Maschinen- und Prozessfähigkeitsuntersuchung	30
4.2.4 Qualitätsfähigkeitskenngößen	31
4.2.4.1 Maschinenpotenzial/-fähigkeit	31
4.2.4.2 Prozesspotenzial/-fähigkeit	33
4.2.3 Firmeninterner Algorithmus zur Maschinen- und Prozessfähigkeit	36
5. Fallbeispiel am betrieblichen Produkt	38
5.1 Festlegung des Produktes und des kritischen Merkmals	38
5.2 Prüfmittelfähigkeit am Beispiel	39
5.3 Maschinenfähigkeit am Beispiel	48

5.4	Prozessfähigkeit am Beispiel.....	54
6.	Dokumentation	56
7.	Zusammenfassung/ Ausblick.....	58
	Literaturverzeichnis	60
	Anhangverzeichnis.....	62

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Beschreibungsformen von Algorithmen (online TU Chemnitz Skript)	4
Abbildung 2	Schematische Darstellung von Merkmalsarten (vgl. Dietrich, Schulze, 2005, S. 37)	6
Abbildung 3	Entstehung der Verteilungsfunktion (Dietrich, Schulze, 2005, S.63)	10
Abbildung 4	Wahrscheinlichkeitskurve der Normalverteilung (Dietrich, Schulze, 2005, S.64)	11
Abbildung 5	Normalverteilung mit unterschiedlicher Standardabweichung (Dietrich, Schulze, 2005, S.64)	12
Abbildung 6	Symmetrie der Normalverteilung (Dietrich, Schulze, 2005, S.65)	13
Abbildung 7	Normalverteilung von σ -Bereichen (Dietrich, Schulze, 2005, S.66)	13
Abbildung 8	Ablauf und Zusammenhang der Verfahren (vgl. Dietrich, Schulze, 2007, S.46)	15
Abbildung 9	Ablauf Verfahren 1 (vgl. Dietrich, Schulze, 2007, S.56)	17
Abbildung 10	Ablauf Verfahren 2 (vgl. Dietrich, Schulze, 2007, S.83)	19
Abbildung 11	Beispiel für Verfahren 4 (Bosch, 2003, S.15)	22
Abbildung 12	firmeninterner Algorithmus zum Prüfmittel- / Prüfprozessnachweis (in Anlehnung an Dietrich, Schulze, 2007, S.46)	25
Abbildung 13	firmeninterner Algorithmus zum Verfahren 1 nach MSA (in Anlehnung an Dietrich, Schulze, 2007, S.56)	26
Abbildung 14	firmeninterner Algorithmus zum Verfahren 2 (in Anlehnung an Dietrich, Schulze, 2007, S.83)	27
Abbildung 15	Flussdiagramm zur Maschinen-und Prozessfähigkeits- untersuchung (in Anlehnung an Bosch, 2004, S.6)	30
Abbildung 16	Unterschied zwischen C_m und C_{mk} (Bosch, 2004, S.11)	31
Abbildung 17	firmeninterner Algorithmus zur Maschinen- und Prozessfähigkeit (in Anlehnung an Bosch, 2004, S.6,14)	37
Abbildung 18	Formblatt 9.1.1: Verfahren 1, Merkmal Dicke am Beispielartikel TSV	42
Abbildung 19	Formblatt 9.1.1: Grafische Auswertung Verfahren 1, Merkmal Dicke am Beispielartikel TSV	43
Abbildung 20	Formblatt 9.1.2: Verfahren 2, Merkmal Dicke am Beispielartikel TSV	45
Abbildung 21	Formblatt 9.1.2: Grafische Auswertung Verfahren 2, Mittelwerte der Prüfer, Merkmal Dicke am Beispielartikel TSV	46

Abbildung 22	Formblatt 9.1.2: Grafische Auswertung Verfahren 2, Spannweite der Prüfer, Merkmal Dicke am Beispielartikel TSV	47
Abbildung 23	Probenentnahme Maschinen- und Prozessfähigkeit	49
Abbildung 24	Formblatt 9.2: Maschinenfähigkeit, Maschine Flamme III, Merkmal Dicke, Artikel TSV	50
Abbildung 25	Fb. 9.2: Maschinenfähigkeit, Maschine Flamme III, Merkmal Dicke, Artikel TSV, grafische Auswertung Mittelwerte	51
Abbildung 26	Fb. 9.2: Maschinenfähigkeit, Maschine Flamme III, Merkmal Dicke, Artikel TSV, grafische Auswertung Messwerte, Spannweite	52
Abbildung 27	Fb. 9.2: Maschinenfähigkeit, Maschine Flamme III, Merkmal Dicke, Artikel TSV, grafische Auswertung Streuung	53
Abbildung 28	F.b. 9.3: Prozessfähigkeit, Maschine Flamme III, Merkmal Dicke am Beispielartikel TSV	55

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Referenzen der C.H. Müller GmbH	1
Tabelle 2	Charakteristische Eigenschaften des Algorithmus (online TU Chemnitz Skript)	4
Tabelle 3	Vergleich von Merkmalsausprägungen (in Anlehnung an Dietrich, Schulze, 2005, S. 37/38)	7
Tabelle 4	Einteilung der Wahrscheinlichkeitsfunktionen (in Anlehnung an Dietrich, Schulze, 2005, S.40)	8
Tabelle 5	Näherungswerte der Kennwerte einer Normalverteilung aus Stichprobenkennwerte (vgl. Dietrich, Schule, 2005, S.65)	12
Tabelle 6	Grenzwerte für %R&R (vgl. Dietrich, Schulze, 2007, S.95)	20
Tabelle 7	Faktoren zur Eingriffsgrenzenberechnung (Bosch, 2003, S.16)	24
Tabelle 8	Überblick Verteilungsmodelle nach DIN ISO 21747 (DIN ISO 21747, 2007, S.38)	29
Tabelle 9	Zuordnung der Berechnungsmethoden zu den Verteilungsmodellen nach DIN 55319 (Dietrich, Schulze, 2005, S.292)	34
Tabelle 10	Übersicht Fähigkeitsindizes nach DIN 55319 (Dietrich, Schulze, 2005, S.291)	34
Tabelle 11	Vergleich der Berechnungsmethoden DIN ISO 21747 und DIN 55319	35
Tabelle 12	Übersicht festgelegter Artikel zur Prüfmittelfähigkeit und Maschinen- und Prozessfähigkeit	38
Tabelle 13	untersuchte Messmittel	39
Tabelle 14	ermittelte Referenzwerte durch externes Prüflabor	40
Tabelle 15	Überblick der Auflösungen der Messmittel bei verschiedenen Artikeln	40
Tabelle 16	Überblick der Resultate Verfahren 1	41
Tabelle 17	Überblick der Ergebnisse Verfahren 2	44
Tabelle 18	Übersicht Maschinenfähigkeit	48
Tabelle 19	Ergebnisse Maschinenfähigkeit	49
Tabelle 20	Überblick implementierter Arbeitsanweisungen	56
Tabelle 21	Überblick neu verifizierter Formblätter	57
Tabelle 22	Durchführungszeit der Untersuchungsverfahren	58

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzungen

AA	Arbeitsanweisung
ANOVA	Analysis of Variance
ARM	Average and Range Methode
CHM	C.H. Müller GmbH
MSA	Measurement System Analysis
OEM	Original Equipment Manufacturer
QM-System	Qualitätsmanagementsystem
QS	Qualitätssicherung
SPC	Statistic Process Control
TSV	Türseitenverkleidung
VDA	Verband der Automobilindustrie

1. Unternehmen

1.1 Marktstellung der C.H. Müller GmbH

Die C.H. Müller GmbH ist aufgrund ihrer 140 jährigen Unternehmensgeschichte „eines der bedeutendsten und erfahrensten Unternehmen in Europa für Produktion, Entwicklung und Logistik von Produkten im Bereich Automotive Interiors“¹. Die Kooperationen mit der Automobilindustrie sorgen für 90% des Umsatzes und der Entwicklungsaufträge des Unternehmens. Der geringere Anteil beruht auf der Zusammenarbeit mit u.a. Flugzeugkomponenten- und Polstermöbelhersteller, sowie Sport- und Hausschuhproduzenten. Viele weltweit bekannte OEM's² verwenden Produkte von CHM in den verschiedensten Fahrzeug-Baureihen. Die folgende Tabelle liefert einen groben Überblick über die Referenzen des Unternehmens:

Kunde	Artikel
Audi AG	Türseitenverkleidungen, Echtlederkaschierungen, Sitze, Türsäulen, Hutablagen
BMW AG	Dachhimmel, Kofferraumverkleidungen, Türsäulen, Sonnenblenden, Sitze, Kopfstützen
Mercedes Benz	Sitze, Kopfstützen, Türsäulen
VW	Türseitenverkleidungen, Hutablagen, Türsäulen, Dachhimmel
Volvo	Säulen, Sitze, Kopfstützen, Dachhimmel
Rolls Royce	Handschuhfach
Opel AG	Säulen, Kopfstützen, Hutablagen
Skoda	Türseitenverkleidungen, Türsäulen, Dachhimmel, Hutablagen
Seat	Türsäulen
Jaguar	Türsäulen
Ford	Türsäulen, Kopfstützen
Renault	Kofferraumrollos, Dachhimmel, Türsäulen
Peugeot	Türsäulen

Tabelle 1 Referenzen der C.H. Müller GmbH

¹ Online: Firmenhomepage, 2010, Startseite

² OEM (Original Equipment Manufacturer) entspricht einem Hersteller von fertigen Teilen oder Produkten, der diese selbst produziert, jedoch nicht in den Handel bringt

1.2 Zertifizierung nach ISO/TS 16949

Im Zuge der Unternehmensentwicklung und strategischen Planungsvorgabe der Geschäftsführung lässt sich die C.H. Müller GmbH im Juni 2011 nach der ISO/TS 16949:2002 zertifizieren.

Die Technische Spezifikation spezifiziert im Zusammenhang mit der ISO 9001:2000 die QM-System-Anforderungen für Entwicklung, Produktion und wenn zutreffend Montage und Wartung von Produkten für die Automobilindustrie.³

Besonderes Augenmerk lag bei dieser Zertifizierung unter anderem auf die Punkte 7.6.1 Beurteilung von Messsystemen und 8.2.3 Überwachung und Messung von Prozessen.

Da die Firma C.H. Müller bisher keinerlei Fähigkeitsuntersuchungen bezüglich der Messmittel bzw. Maschinen durchführte und nur unzureichend die Prozessfähigkeit betrachtete, war es erforderlich Grundlagen zu dieser Thematik zu schaffen. Dies umfasst sowohl die Anfertigung von Formblättern, die als Auswertewerkzeuge genutzt werden, als auch die Erstellung von Arbeitsanweisungen zum Umgang der neuen Dokumente.

In diesem Zusammenhang werden im weiteren Verlauf Algorithmen zu den Fähigkeitsuntersuchungen für das Unternehmen verifiziert, um den oben genannten Forderungen der ISO/TS 16949 gerecht zu werden.

³ vgl. ISO/TS 16949, 2002, S. 1

2. Algorithmen

2.1 Definition

Algorithmen sind zentrale Bestandteile in der Mathematik und Informatik. Aus diesem Grund kann man folgende Begriffsbestimmung festhalten: „Ein Algorithmus ist eine allgemeine Rechenvorschrift, die aus mehreren elementaren Instruktionen (Anweisungen bei Programmiersprachen, Befehlen bei Maschinensprachen) besteht, die in einer bestimmten Reihenfolge ausgeführt werden müssen und nach einer endlichen Anzahl von Schritten zu einem Ergebnis führt.“⁴

Die allgemeine Definition eines Algorithmus lautet: „Ein Algorithmus ist eine aus endlich vielen Schritten bestehende eindeutige Handlungsvorschrift zur Lösung eines Problems oder einer Klasse von Problemen“⁵

Für die Algorithmen der folgenden Fähigkeitsuntersuchungen kann auch folgende Auslegung gelten: Ein Algorithmus ist Lösungsverfahren in Form einer Verfahrensanweisung, die in einer wohl definierten Abfolge von Schritten zur Problemlösung führt.⁶

Zusammenfassend lässt sich erkennen, dass der Algorithmus seine Wurzeln in der Mathematik/ Informatik in Form von Rechenvorschriften hat. Für andere praktische Bereiche werden die Rechenvorschriften durch Handlungsvorschriften ersetzt, welche dennoch zielgerichtet sind.

⁴ online TU Chemnitz

⁵ online Wikipedia

⁶ vgl. online Gabler Wirtschaftslexikon

2.2 Aufbau/ Eigenschaften

Aufgrund des mathematischen Ursprungs des Algorithmus besitzt dieser nachfolgende charakteristische Eigenschaften (s. Abbildung 1).

Charakteristische Eigenschaft	Erläuterung
Finitheit	Die Rechenvorschrift muss in einem endlichen Text eindeutig beschreibbar sein.
Ausführbarkeit	Jede Instruktion des Algorithmus muss tatsächlich ausführbar sein.
Terminierung	Der Algorithmus muss für jede Art der Eingabe ein Ergebnis liefern.
Determiniertheit	Der Algorithmus muss unter denselben Eingabeparametern dasselbe Ergebnis liefern.
Determinismus	Die nächste anzuwendende Instruktion ist zu jedem Ausführungszeitpunkt definiert.

Tabelle 2 Charakteristische Eigenschaften des Algorithmus (online TU Chemnitz Skript)

Der Aufbau eines Algorithmus kann je nach Anwendungszweck in verschiedensten Formen beschrieben werden. Einen Überblick über die Beschreibungsformen liefert die Abbildung 1.

Beschreibungsformen
– <i>Verbale Beschreibung</i> (abstrakte implementationsunabhängige Rechenvorschrift)
– <i>Pseudocode</i> (sprachliche Beschreibung, die näher an Programmiersprache gelehnt ist)
– Ablaufdiagramme:
– <i>Programmablaufplan</i> (Flussdiagramm)
– <i>Struktogramm</i> (Nassi-Shneiderman-Diagramm)
– <i>Programmiersprache</i> (C++, C, Pascal, ...)

Abbildung 1 Beschreibungsformen von Algorithmen (online TU Chemnitz Skript)

3. Statistische Auswertemethoden

3.1 Grundmodell der induktiven Statistik

„Während sich die deskriptive oder beschreibende Statistik mit der Untersuchung und Beschreibung möglichst der ganzen Grundgesamtheit begnügt, wird bei der induktiven oder analytischen Statistik nur ein Teil der Grundgesamtheit (Stichprobe) untersucht, der für die Grundgesamtheit repräsentativ ist. Es wird also von den Beobachtungen eines Teils der Grundgesamtheit auf die Grundgesamtheit insgesamt geschlossen, d.h. man geht induktiv vor. Bei der Entnahme der Stichprobe muss gewährleistet sein, dass jede Einheit der Grundgesamtheit die gleiche Chance hat, in die Stichprobe zu kommen. Die Stichprobe kann dann als repräsentativer Teil der Grundgesamtheit angesehen werden.“⁷

Überall dort wo Ergebnisse nicht beliebig oft und exakt reproduzierbar sind, kommen induktive statistische Methoden zum Einsatz. Die Ursachen der Nichtreproduzierbarkeit entstehen in unkontrollierbaren und unkontrollierten Einflüssen. Diese Einwirkungen führen zu einer Streuung der erfassten Merkmalswerte. Da infolge dieses Streuverhaltens ein Einzelwert kaum exakt reproduzierbar sein wird, sind eindeutige und sichere Schlussfolgerungen unmöglich. Erst durch eine entsprechend große Stichprobe ist eine mit hoher Wahrscheinlichkeit zutreffende Aussage möglich.⁸

Schließt man von einer Stichprobe auf die Grundgesamtheit, handelt es sich um einen „indirekten Schluss“. Eine typische Anwendung ist die Bestimmung der Fähigkeitsindizes. Das errechnete Resultat basiert auf einer Zufallsstichprobe.⁹

⁷ Dietrich, Schulze, 2005, S. 36

⁸ vgl. Dietrich, Schulze, 2005, S. 36

⁹ vgl. Dietrich, Schulze, 2005, S. 36

3.2 Diskrete/ kontinuierliche Merkmale

„Ein erzeugtes Produkt (Teil, Element, Prüfling, etc) wird durch seine Eigenschaften beurteilt. Die Produkteigenschaften werden durch:

- quantitative und
- qualitative

Merkmale unterschieden. Ein Teil ist im Allgemeinen durch mehrere Merkmale gekennzeichnet. Es ist üblich statt von Elementen, Teilen, Prüflingen oder dergleichen, von Merkmalsträgern zu sprechen. Mit Ausprägung bezeichnet man das Beobachtungsergebnis eines Merkmals, z.B. Alter oder Geschlecht. Ausprägungen messbarer Merkmale werden Messwerte, Ausprägungen zählbarer Merkmale werden Zählwerte genannt.“¹⁰

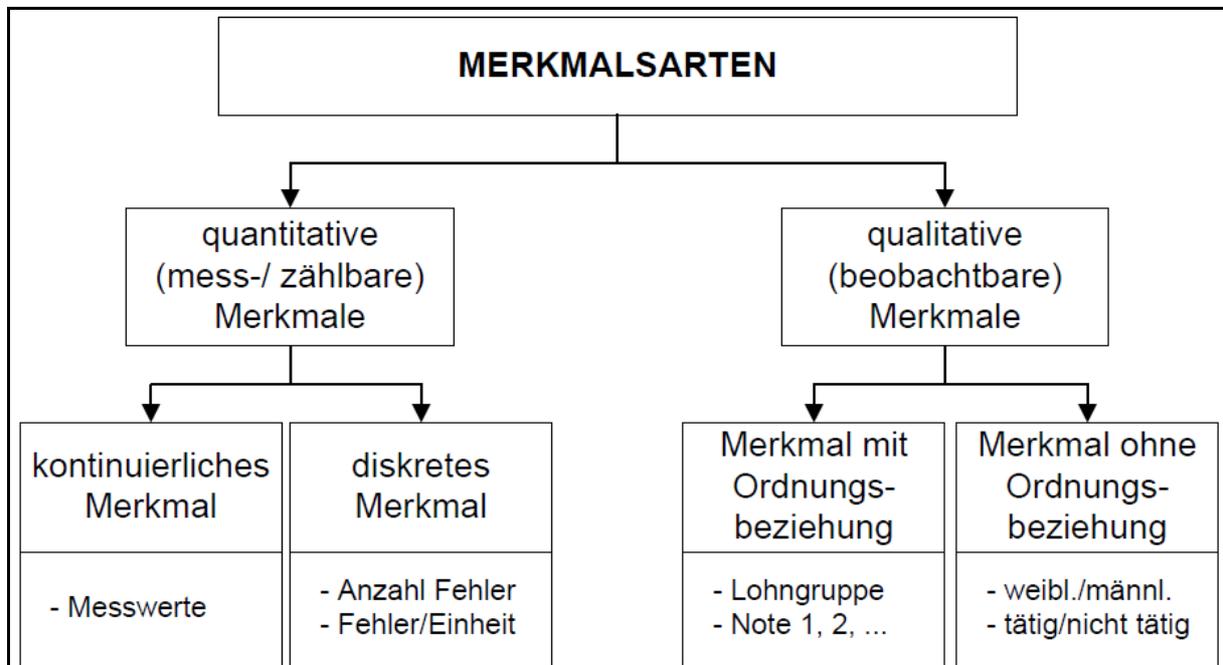


Abbildung 2 Schematische Darstellung von Merkmalstypen (vgl. Dietrich, Schulze, 2005, S. 37)

Für Fähigkeitsuntersuchungen spielen quantitative Merkmale eine übergeordnete Rolle. Die Tabelle 2 zeigt den Unterschied zwischen kontinuierlichen und diskreten Merkmalen.

¹⁰ Dietrich, Schulze, 2005, S. 37

Merkmalsausprägung	Eigenschaft	Beispiele
kontinuierlich veränderliche Merkmale	liefern bei Beobachtungen Messwerte, die auf einer Skala betrachtet jeden beliebigen Punkt belegen können	<ul style="list-style-type: none"> • Alter einer Person • Durchmesser von Drehteilen • monatliche Fertigungskosten
diskret veränderliche Merkmale	liefern ganzzahlige Beobachtungswerte, welche auf einer Skala betrachtet nur ganze Zahlen belegen können (keine Zwischenwerte möglich)	<ul style="list-style-type: none"> • Zahl der Fehlstücke in einer Stichprobe • Zahl der Betriebsstörungen • Zahl der gefertigten Teile pro Stunde

Tabelle 3 Vergleich von Merkmalsausprägungen (in Anlehnung an Dietrich, Schulze, 2005, S. 37/38)

Die in den nachfolgenden Fähigkeitsbetrachtungen untersuchten Merkmale sind kontinuierliche Merkmale.

3.3 Klassifizierung von Verteilungen

„Der Zweck der stichprobenmäßigen Untersuchung ist, das beobachtete Verhalten des interessierenden Merkmals auf die der Untersuchung basierenden Grundgesamtheit zu verallgemeinern. Diese Verallgemeinerung ist jedoch nur möglich, wenn über das Verhalten des Merkmals bestimmte plausible Voraussetzungen gemacht und gewisse Sachverhalte als zutreffend angenommen werden.“¹¹

Diese Annahme führt zur Anwendung verschiedener Verteilungen, die entweder:

- als Wahrscheinlichkeitsverteilung (Verteilung von Zufallsgrößen) die Grundgesamtheit, aus der die Beobachtungswerte stammen, beschreiben

oder

- als Parametrische Verteilung (mathematisch mit Hilfe von Parametern beschriebene Wahrscheinlichkeitsverteilung) für statistische Aussagen wie Zufallsstreu- oder Vertrauensbereich, Testverfahren etc verwendet werden.¹²

¹¹ Dietrich, Schulze, 2005, S.40

¹² vgl. Dietrich, Schulze, 2005, S.40

Je nach Merkmalsart des Produktes lassen sich die Wahrscheinlichkeitsverteilungen einteilen. Einen kleinen Überblick liefert nachfolgende die Tabelle 3.

Merkmalsart	Wahrscheinlichkeitsverteilung
diskret	<ul style="list-style-type: none"> • Hypergeometrische Verteilung • Binomialverteilung • Poisson-Verteilung
kontinuierlich	<ul style="list-style-type: none"> • Normalverteilung • logarithmische Normalverteilung • Weibull-Verteilung • etc.

Tabelle 4 Einteilung der Wahrscheinlichkeitsfunktionen (in Anlehnung an Dietrich, Schulze, 2005, S.40)

„Die jeweilige Wahrscheinlichkeitsfunktion wird mit $g(x)$ und die dazugehörige Verteilungsfunktion mit $G(x)$ beschrieben. Das heißt, zu jedem x kann eine Wahrscheinlichkeit $g(x)$ für dessen Eintreten angegeben werden.“¹³

Die parametrischen Verteilungen können folgendermaßen eingeteilt werden:¹⁴

- Normalverteilung
- t-Verteilung
- F-Verteilung
- etc.

In den Nachfolgenden Untersuchungen nimmt die Normalverteilung eine besondere Rolle ein. Die Verteilungsform wird im Punkt 3.4 näher erläutert.

¹³ Dietrich, Schulze, 2005, S.40

¹⁴ vgl. Dietrich, Schulze, 2005, S.40

3.4 Normalverteilung

„Für kontinuierlich veränderliche Merkmale wird häufig zum leichteren Verständnis als Modellverteilung die Normalverteilung oder Gauß-Laplace-Verteilung angewendet. Die Gründe für deren Verwendung sind vielfältig:

- Viele Merkmalswerte bei Experimenten und Beobachtungen sind von der Theorie her normalverteilt. Insbesondere ist die Summe von vielen unabhängigen, beliebig verteilten Zufallsvariablen angenähert normalverteilt und zwar um so besser, je größer die Anzahl ist.
- Selbst Merkmalswerte, die nicht normalverteilt sind, können häufig durch die Normalverteilung angenähert werden. Die Annahme, es liege eine Normalverteilung vor, führt hier in vielen Fällen zu sinnvollen und praktisch brauchbaren Ergebnissen.
- Bestimmte nicht normalverteilte Merkmalswerte lassen sich so transformieren, dass die transformierte Variable normalverteilt ist.
- Einige komplizierte Verteilungen lassen sich in Grenzfällen durch die Normalverteilung brauchbar ersetzen.
- Einfache Handhabung der Verteilung als mathematisches Modell.“¹⁵

Nimmt man an, dass unendliche viele Messwerte aus einer normalverteilten Grundgesamtheit vorhanden sind, entsteht aus dem Wertestrahle oder dem Häufigkeitsdiagramm (Abbildung 3) einer endlichen Stichprobe das stetige Verteilungsdiagramm einer Normalverteilung.¹⁶

„Die Verteilungsfunktion $G(x)$ entsteht durch folgenden Ablauf (siehe Abbildung 3):

Verlauf Einzelwerte

Im „Verlauf der Einzelwerte“ sind die Urwerte entsprechend der zeitlichen Erfassung dargestellt. Dabei wird für die x-Achse eine konstante Skalierung gewählt und mit einer fortlaufenden Wertenummer beschriftet.

Wertestrahle

Entfällt die zeitliche Komponente, können die Werte in Form einer sogenannten „Wertestrahls“ dargestellt werden. Der Wertestrahle zeigt die Häufigkeiten einzelner Messwerte. Dabei kann die Frage: „Wie häufig kommt der Wert x vor?“ beantwortet werden.

¹⁵ Dietrich, Schulze, 2005, S.61

¹⁶ vgl. Dietrich, Schulze, 2005, S.62

Histogramm

Zu Klassen zusammengefasste Werte ergeben das Häufigkeitsdiagramm (Histogramm). Diesem ist die theoretische Dichtefunktion überlagert, die sich aus dem errechneten Mittelwert und Standardabweichung ergibt.

Summenlinie

Die Häufigkeiten der Werte bzw. die Dichtefunktion der Normalverteilung aus dem Histogramm aufsummiert, ergibt die sog. „Summenlinie“ der empirischen Werte bzw. der theoretischen Verteilungsfunktion.“¹⁷

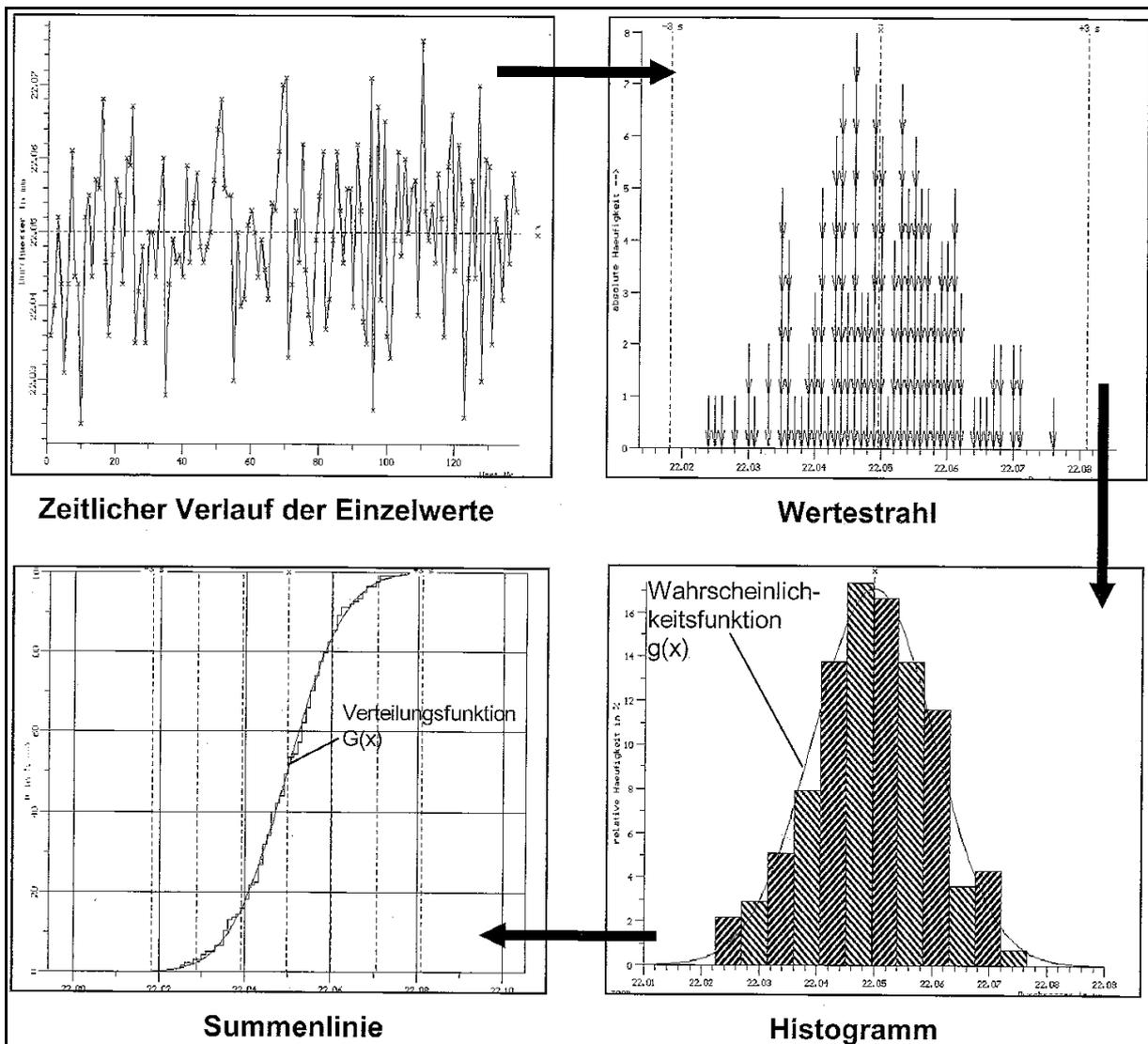


Abbildung 3 Entstehung der Verteilungsfunktion (Dietrich, Schulze, 2005, S.63)

¹⁷ Dietrich, Schulze, 2005, S.62,63

Bei einer Dichtefunktion der Normalverteilung liegt der Gipfel über dem Mittelwert μ . Die zu beiden Seiten glockenförmig abfallende Kurve ist symmetrisch und nähert sich der Abszissenachse asymptotisch, d.h. sie berührt die Abszissenachse erst im Unendlichen. Die in Abbildung 4 dargestellte Kurve hat zwei Wendepunkte, deren Abstand vom Mittelwert μ als Standardabweichung σ bezeichnet wird.¹⁸

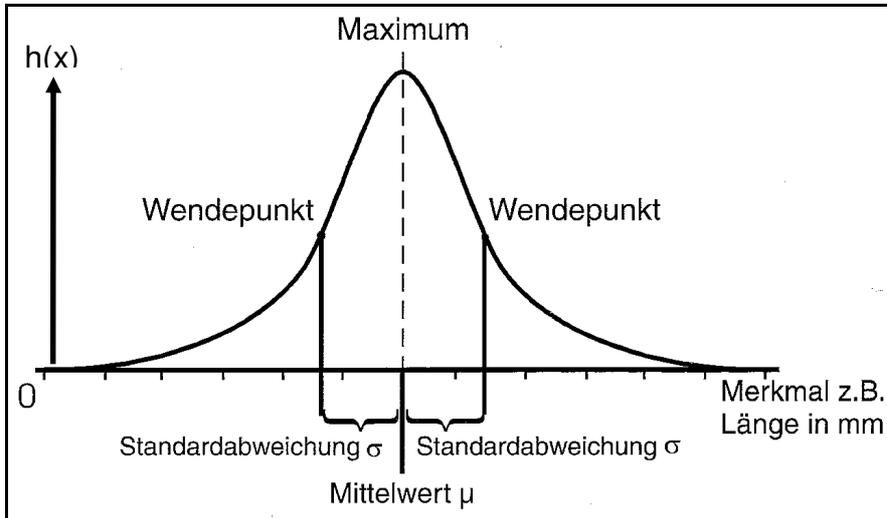


Abbildung 4 Wahrscheinlichkeitskurve der Normalverteilung (vgl. Dietrich, Schulze, 2005, S.64)

„Der Abstand von Wendepunkt zu Wendepunkt beträgt somit 2σ . Eine Normalverteilung mit gleichem Mittelwert, aber verschiedenen Standardabweichungen zeigt, dass für kleine σ -Werte die Verteilung vom Gipfel nach beiden Seiten steiler abfällt, als für große σ -Werte. Die Breite der Verteilung nimmt entsprechend mit wachsendem σ zu.“¹⁹ Dieser Sachverhalt ist in Abbildung 5 veranschaulicht.

¹⁸ vgl. Dietrich, Schulze, 2005, S.63

¹⁹ Dietrich, Schulze, 2005, S.64

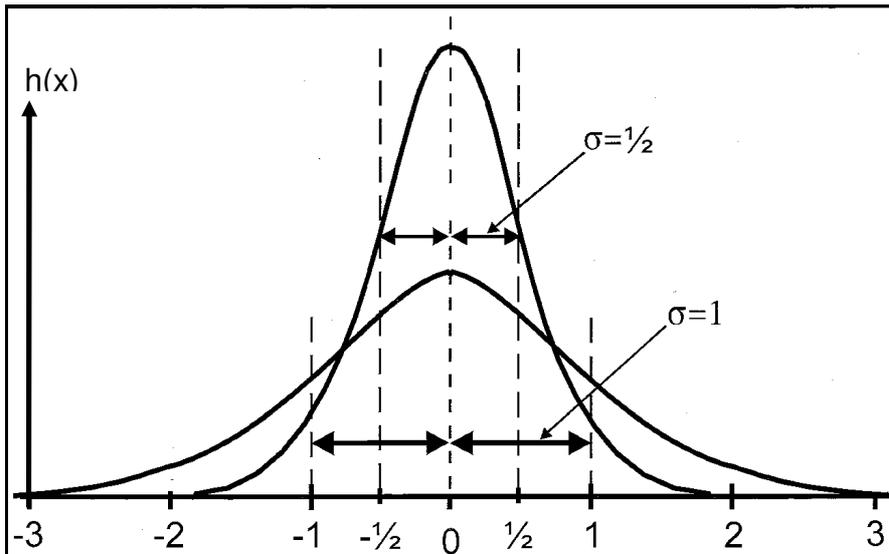


Abbildung 5 Normalverteilung mit unterschiedlicher Standardabweichung (vgl. Dietrich, Schulze, 2005, S.64)

Ausgehend von berechneten Stichprobenkenngrößen, werden für μ und σ Näherungswerte gebildet. In der Tabelle 4 sind die Umrechnungen von den Stichprobenkenngrößen auf die Kenngrößen der Normalverteilung zusammengefasst.

Kenngröße	Symbol Stichprobe	Symbol Normalverteilung
Mittelwert	\bar{x}	μ
Standardabweichung	s	σ

Tabelle 5 Näherungswerte der Kennwerte einer Normalverteilung aus Stichprobenkennwerte (vgl. Dietrich, Schule, 2005, S.65)

„Die Normalverteilung ist eine zum Mittelwert μ symmetrische Verteilungsform. Setzt man die Gesamtzahl aller beobachteten (unendlich vielen) Messwerte – dargestellt als Fläche unter der Glockenkurve – gleich 100%, so liegen 50% aller möglicherweise anfallenden Messwerte bei vollständiger Untersuchung der Grundgesamtheit unterhalb dieses Mittelwertes μ , die übrigen 50% liegen oberhalb von μ (Abbildung 6).“²⁰

²⁰ Dietrich, Schulze, 2005, S.65

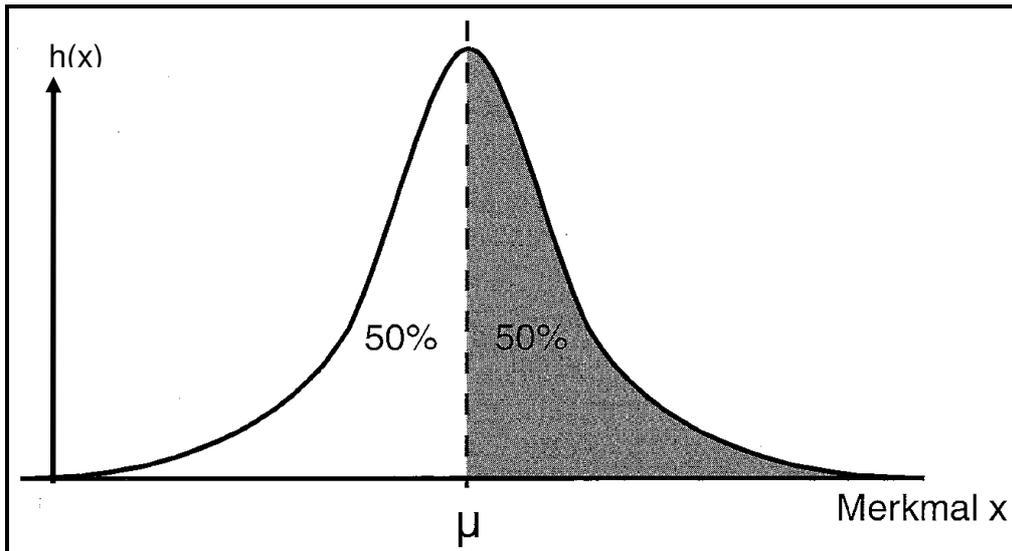


Abbildung 6 Symmetrie der Normalverteilung (vgl. Dietrich, Schulze, 2005, S.65)

Die Abbildung 7 zeigt die Normalverteilung mit den typischen σ -Bereichen unter Angabe der Flächeninhalte innerhalb und außerhalb der Bereiche. In der Praxis hat sich der Bereich von $\pm 3\sigma$ als allgemeingültiger Bereich in den letzten Jahren etabliert. Dennoch geht die Tendenz dazu Ergebnisse mit einer noch höheren Eintrittswahrscheinlichkeit vorhersagen zu können.

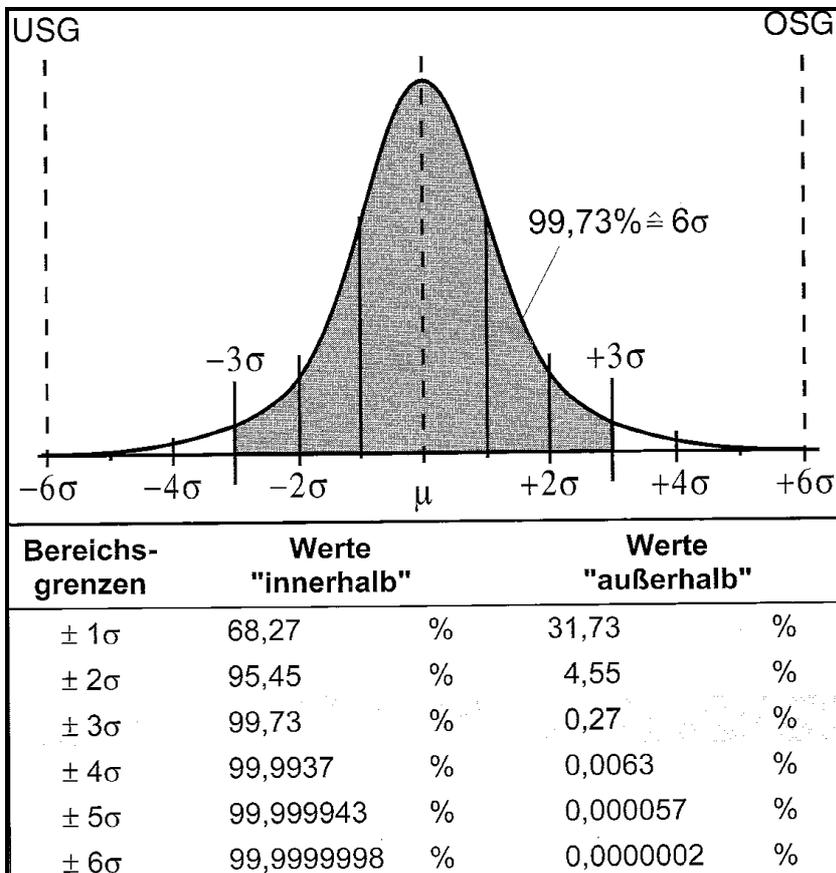


Abbildung 7 Normalverteilung von σ -Bereichen (Dietrich, Schulze, 2005, S.66)

4. Fähigkeitsuntersuchungen

4.1 Prüfmittelfähigkeit

4.1.1 Grundlagen

„Die Vorgehensweise bei Prüfmittelfähigkeitsuntersuchungen wurden in erster Linie von der Automobilindustrie entwickelt. Eine Norm, in der diese Betrachtungsweise festgelegt ist, gibt es bis heute nicht. Daher steht keine einheitliche Vorgehensweise zur Verfügung.“²¹

Die ISO/TS 16949:2002 fordert für die Beurteilung von Messsystemen folgendes:

„Für jede Art von Messsystem müssen statistische Untersuchungen zur Analyse der Streuung der Messergebnisse durchgeführt werden. Diese Anforderung muss für alle Messsysteme, auf die im Produktionslenkungsplan Bezug genommen wird, angewendet werden. Die angewendeten Methoden und Annahmekriterien müssen denen in den Referenzhandbüchern des Kunden für die Beurteilung von Messsystemen entsprechen. Andere analytische Methoden und Annahmekriterien dürfen mit Genehmigung des Kunden angewendet werden.“²²

„Die Aussage, dass andere Methoden mit der Genehmigung zulässig sind, ist für viele Lieferanten allerdings nicht relevant, da in der Regel spezielle Einzelvereinbarungen mit allen Kunden nicht getroffen werden können. Daher bleibt für die Zertifizierung des QM-Systems nur die Möglichkeit, allgemeine Standards als Grundlage (z.B. MSA oder VDA) heranzuziehen.“²³

Der Ablauf der Prüfmittelfähigkeitsuntersuchung und der Zusammenhang der einzelnen Verfahren sind in Abbildung 8 in einem Ablaufdiagramm dargestellt.

Die nachfolgenden Untersuchungen beruhen auf den Formeln und Forderungen der MSA 3rd Edition²⁴. In den nächsten Punkten werden sämtliche Verfahren erläutert, die notwendig sind, um nach diesem Regelwerk die Messmittelfähigkeit und auch die Prüfprozesseignung nachzuweisen.

²¹ Dietrich, Schulze, 2007, S.44

²² ISO/TS 16949:2002, Punkt 7.6.1

²³ Dietrich, Schulze, 2007, S.2

²⁴ vgl. A.I.A.G. MSA 3rd Edition

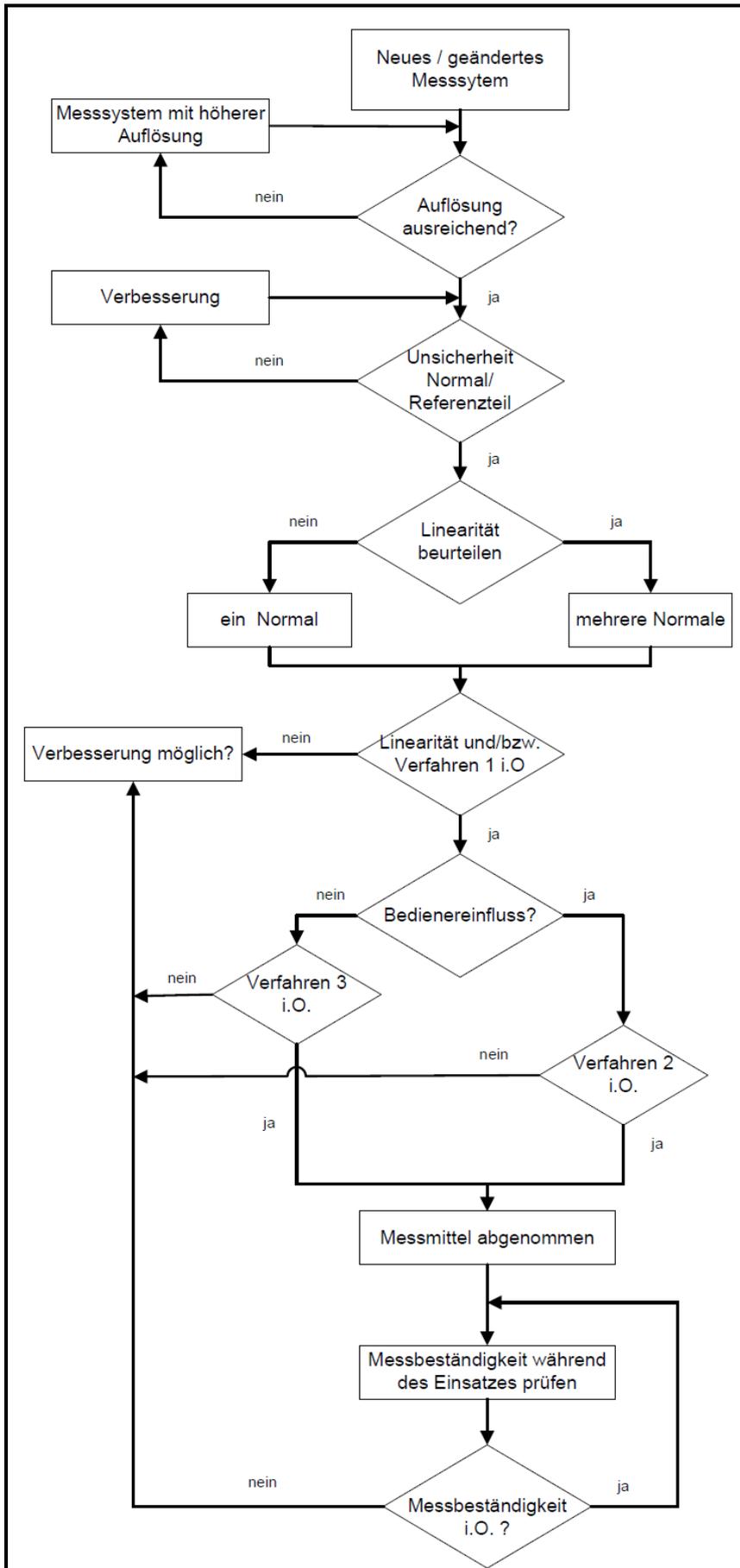


Abbildung 8 Ablauf und Zusammenhang der Verfahren (vgl. Dietrich, Schulze, 2007, S.46)

4.1.2 Verfahren zum Fähigkeitsnachweis nach MSA

4.1.2.1 Verfahren 1

„Das Verfahren 1 beurteilt die systematische Messabweichung und die Wiederholpräzision unter „idealisierten“ Bedingungen. Da die Verfahren 2 und 3 die umfassende Vorgehensweise ist und mehr Einflussgrößen berücksichtigen als Verfahren 1, liegt der Gedanke nahe, auf das Verfahren 1 zu verzichten, zumal es in der MSA nicht als solches aufgeführt ist. Trotzdem ist es von größter Bedeutung. Denn durch Verfahren 1 wird die geforderte Rückführbarkeit auf nationale und internationale Normale sichergestellt und Abweichungen werden anhand der systematischen Messabweichung bewertbar.“²⁵

Ein weiterer Vorteil ist in der Einfachheit des Verfahrens zu sehen. Obgleich es unter idealisierten Bedingungen:

- Messungen von nur einem Prüfer
- Messungen an einem Normal / Referenzteil

durchgeführt wird, bekommt man sehr schnell einen ersten Überblick. Sollte sich bereits bei Verfahren 1 herausstellen, dass das Messsystem nicht geeignet ist, können die weiteren Untersuchungen nach Verfahren 2 oder 3 entfallen. Dafür können in einer frühen Phase des Eignungsnachweises Verbesserungs- und Abstellmaßnahmen eingeleitet werden.²⁶

„Bei dem Verfahren 1 für zweiseitig begrenzte Merkmale sind die systematische Messabweichung und die Streuung des Messgerätes ohne Bedienerinfluss an Hand eines Prüfnormals beurteilt. Dazu werden mit dem Messgerät an einem Normal mehrere Wiederholungsmessungen (in der Regel mindestens 25) durchgeführt. Aus der Messwertreihe können Mittelwert und Standardabweichung berechnet werden. Aus diesen ergeben sich in Verbindung mit der Merkmalstoleranz die Qualitätsfähigkeitskenngrößen C_g , C_{gk} . Mit dem C_g -Wert kann die Streuung und mit dem C_{gk} –Wert kann die systematische Messabweichung und die Streuung als Ganzes bewertet werden.“²⁷

In der Abbildung 9 ist der allgemeine Ablauf des Verfahrens 1 abgebildet.

²⁵ Dietrich, Schulze, 2007, S.45

²⁶ vgl. Dietrich, Schulze, 2007, S.45

²⁷ Dietrich, Schulze, 2007; S.53

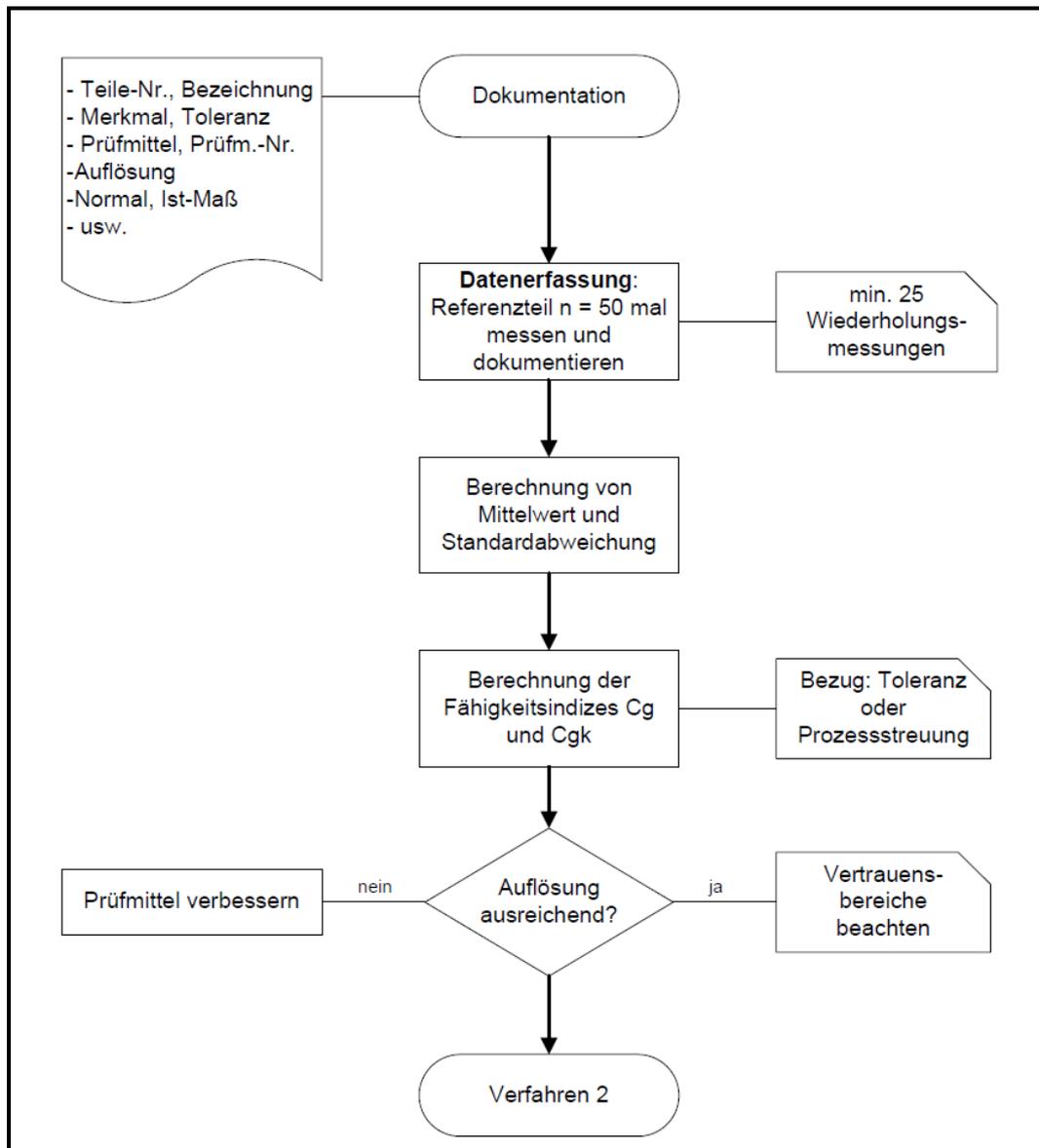


Abbildung 9 Ablauf Verfahren 1 (vgl. Dietrich, Schulze, 2007, S.56)

4.1.2.2 Verfahren 2

„Das Verfahren 2 wird auch als %R&R-Methode oder als GR&R-Study (Gage Repeatability & Reproducibility, s.MSA) bezeichnet. Es ist von den bisher beschriebenen Verfahren das Umfassendste, da dabei die meisten Einflussfaktoren zum Tragen kommen und deren Auswirkungen berücksichtigt werden. Wie die Abkürzung R&R schon ausdrückt, wird die Wiederhol- und Vergleichspräzision des Messprozesses bestimmt und zu dem Kennwert %R&R verrechnet. Anhand dessen wird entschieden, ob der Messprozess für die vorgesehenen Messaufgaben geeignet, bedingt geeignet oder nicht geeignet ist.“²⁸

In der Abbildung 10 ist in Form eines Flussdiagramms der Verlauf des Verfahrens 2 übersichtlich dargestellt.

Bei der Durchführung des Verfahrens gibt es einige Besonderheiten, die berücksichtigt werden sollten. „Zunächst ist die Anzahl der Prüfobjekte und die Anzahl der Prüfer festzulegen. Die ausgewählten Prüfobjekte müssen die Streubreite des zu überwachenden Prozesses überdecken. Ist diese nicht bekannt, ist statt der Prozessstreuung die Merkmalstoleranz zu verwenden. Prüfobjekte außerhalb der Spezifikationsgrenzen sind zulässig. Weiter ist die Anzahl der Wiederholmessungen eines Prüfers an jedem Prüfobjekt zu bestimmen. Dabei sind mindestens 2 Wiederholungsmessungen durchzuführen. Es gilt die Regel: Anzahl der Prüfobjekte (n) mal Anzahl der Prüfer (k) mal Anzahl der Wiederholungsmessungen sollte größer als 30 sein ($n \cdot k \cdot r > 30$).“²⁹

Weiterhin ist das Messmittel vor dem Gebrauch zu kalibrieren. Danach misst der erste Prüfer die gewählten Prüfobjekte an einer gekennzeichneten Messposition am Objekt. Die Reihenfolge der Prüfobjekte ist entweder zufällig oder der Reihe nach aufsteigend. Im Anschluss messen die weiteren Prüfer die gleichen Prüfobjekte in derselben Reihenfolge wie der erste Prüfer. Dabei sollten die Prüfer die Ergebnisse ihrer Vorgänger nicht einsehen können. Dieser Messzyklus ist entsprechend der festgelegten Anzahl der Wiederholungsmessungen zu wiederholen.³⁰

²⁸ Dietrich, Schulze, 2007, S.82

²⁹ Dietrich, Schulze, 2007, S.82

³⁰ vgl. Dietrich, Schulze, 2007, S.84

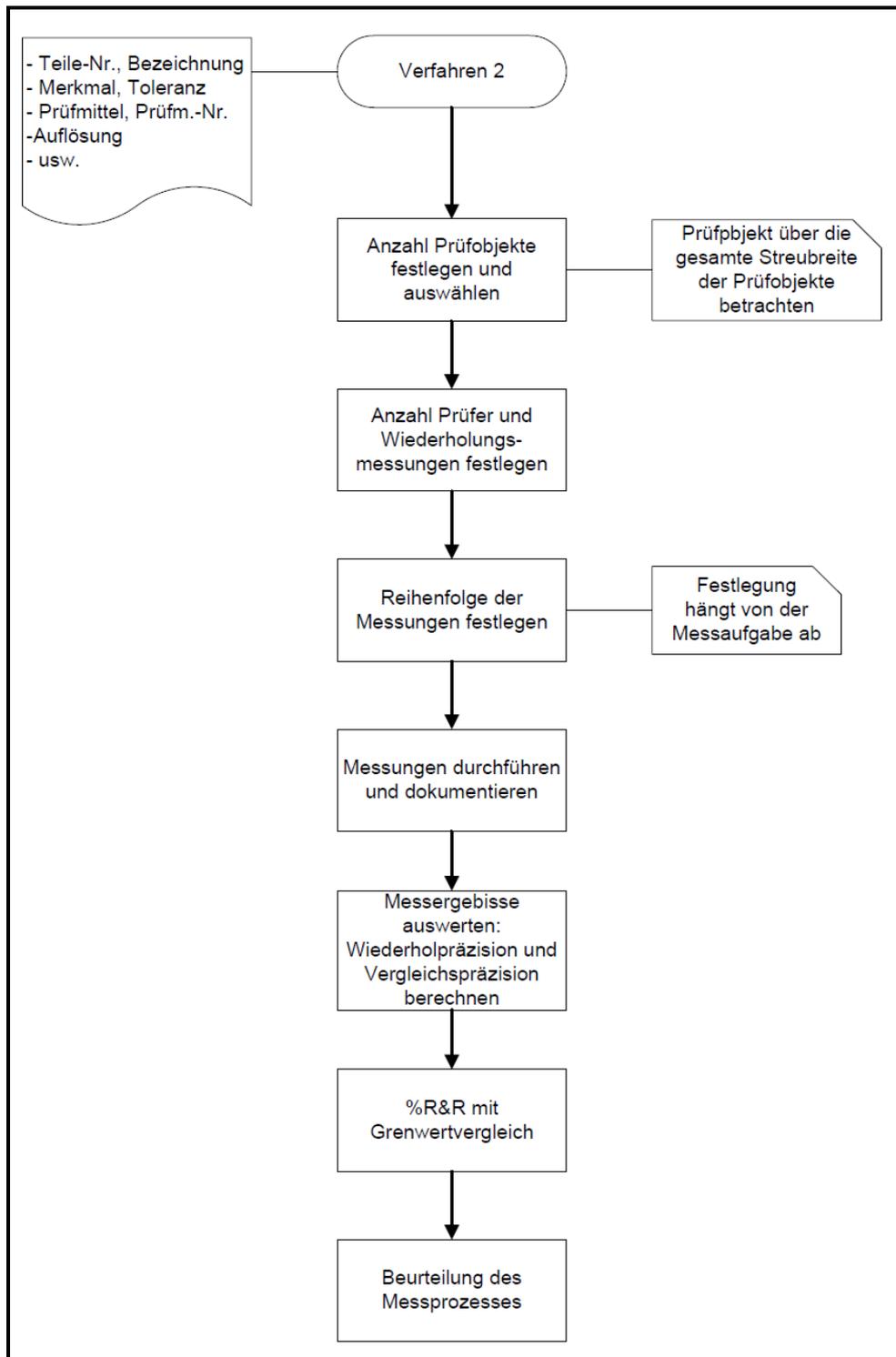


Abbildung 10 Ablauf Verfahren 2 (vgl. Dietrich, Schulze, 2007, S.83)

Die Auswertung der Ergebnisse findet durch folgende übliche Verfahren statt:

1. Mittelwert-Spannweiten-Methode (ARM = Average and Range Method)
2. Varianzanalyse / ANOVA-Methode (Analysis of Variance)
3. Mittelwert-Standardabweichungsmethode (Differenzenmethode)³¹

³¹ vgl. Dietrich, Schulze, 2007, S.89

„Am meisten verbreitet sind allerdings die ARM-Methode und die ANOVA-Methode. Die Mittelwert-Standardabweichungsmethode hat mehrere Einschränkungen (z.B. nur zwei Messwertreihen pro Prüfer). Daher hat sie sich in der Praxis nicht durchgesetzt. Die Berechnungsmethoden der drei Verfahren unterscheiden sich voneinander. Konsequenterweise können nicht dieselben Ergebnisse erwartet werden. Daher ist bei der Berechnung von %R&R immer auch die Berechnungsmethode anzugeben. Zusätzlich gibt es selbst innerhalb der Berechnungsmethoden je nach Richtlinie noch Unterschiede. Um Ergebnisse innerhalb eines Unternehmens nachvollziehbar und vergleichbar zu machen, müssen unbedingt die Formeln definiert und in einer Verfahrensanleitung bzw. Richtlinie dokumentiert werden.“³²

Die Formeln zur Berechnung der einzelnen Kenngrößen sind auf dem entsprechenden Formblatt zum Verfahren 2 im Anhang zu finden.

„Die K-Faktoren (K1, K2, K3) werden aus der sogenannten d^*_2 -Tabelle (siehe Anhang) bestimmt. Bis zur 3. Ausgabe der MSA war es üblich, in den Faktor die Aussagewahrscheinlichkeit von $P = 99\%$ oder $P = 99,73\%$ mit einzurechnen. Diese Einrechnung ist in der 3. Ausgabe entfallen. Daher findet man heute je nach Richtlinie zwei unterschiedliche K-Faktoren, die nicht miteinander vergleichbar sind. Konsequenterweise sind auch die Ergebnisse für EV, AV und R&R nicht mehr vergleichbar“³³

In der Praxis haben sich folgende typische Grenzwerte durchgesetzt (Tabelle 5):

Grenzwert	Beurteilung der Eignung
$0 \leq \%R\&R \leq 10\%$	Messgerät geeignet
$10 < \%R\&R \leq 30\%$	Messgerät bedingt geeignet. Ob es akzeptabel ist, hängt von der Bedeutung der Messaufgabe und den Kosten des Messsystems ab.
$30\% < \%R\&R$	Messgerät nicht geeignet. Fehler sind zu analysieren.

Tabelle 6 Grenzwerte für %R&R (vgl. Dietrich, Schulze, 2007, S.95)

³² Dietrich, Schulze, 2007, S.89

³³ Dietrich, Schulze, 2007, S.91

4.1.2.3 Verfahren 3

Kann der Bediener die Messeinrichtung nicht beeinflussen (z.B. durch manuelles Handling) liegt ein Sonderfall der Verfahrens 2 vor. In diesem Fall erfolgt eine Untersuchung an der automatischen Messeinrichtung mit einer höheren Anzahl an Teilen (i.a. 25) bei nur zweimaliger Versuchsdurchführung. Somit entfällt eine Wiederholung durch mehrere Bediener. Ist der Bedienereinfluss vernachlässigbar klein, kann das Verfahren 3 ebenfalls angewendet werden. Dies kann bestimmt werden, wenn zunächst das Verfahren 2 durchgeführt wird. Ist in der Auswertung die Wiederholpräzision sehr viel größer als die Vergleichspräzision ($EV \gg AV$), ist die Beurteilung durch nur einen Bediener ausreichend. Diese Erkenntnis ist auf ähnliche bzw. vergleichbare Messprozesse übertragbar. Dadurch kann der Prüfaufwand verringert werden.³⁴

Nach einer Regel sollte das Produkt der Anzahl der Prüfobjekte (n) und der Anzahl der Wiederholungen (r) größer als 20 sein. Stehen weniger Prüfobjekte zur Verfügung, muss die Anzahl der Wiederholungen erhöht werden. Die Streuung der Prüfobjekte sollte die Toleranz bzw. die Prozessstreuung vollständig überdecken.³⁵

Allgemein gelten sonst die gleichen Regeln wie bei Verfahren 2. Die Auswertung kann ebenfalls nach den drei bekannten Berechnungsmethoden stattfinden. Jedoch ist die Vergleichspräzision (AV) gleich null. Somit entspricht der R&R dem Wert der Wiederholpräzision (EV -Wert). Zur Berechnung von %R&R gelten ebenfalls die gleichen Regeln wie bei Verfahren 2.³⁶

4.1.2.4 Verfahren 4

Ziel des Verfahrens ist die Untersuchung der Linearität einer Messeinrichtung. Die Linearitätsuntersuchung muss durchgeführt werden, wenn diese nicht bereits vom Hersteller bzw. im Rahmen der periodischen Kalibrierung des Prüfmittels hinreichend untersucht wurde.³⁷

³⁴ vgl. Dietrich, Schulze, 2007, S.102

³⁵ vgl. Dietrich, Schulze, 2007, S.102

³⁶ vgl. Dietrich, Schulze, 2007, S.102

³⁷ vgl. Bosch, 2003, S.14

Bei der Linearitätsuntersuchung werden mind. 5 Serienteile ausgewählt, die den zu untersuchenden Arbeitsbereich (Messbereich) der Messeinrichtung abdecken. Diese Serienteile werden durch Messungen in einem „Referenzverfahren“ mit genügend

kleiner Messunsicherheit ein Referenzwert bestimmt. Anschließend wird jedes Referenzteil durch einen vorgesehenen Prüfer mit der zu untersuchenden Messeinrichtung mind. 10-mal am Einsatzort gemessen. Die Messwerte werden dokumentiert. Bei der Auswertung wird die Differenz zwischen den gemessenen Einzelwerten mit den vorher bestimmten Referenzwerten gebildet. Diese Abweichungen werden grafisch dargestellt und eine Ausgleichsgerade sowie die 95%-Vertauensgrenzen eingezeichnet. Die Linearität ist gegeben, wenn die Nulllinie innerhalb der Vertrauensgrenzen liegt.³⁸

In der nachstehenden Abbildung 11 ist ein komplettes Beispiel für eine Linearitätsuntersuchung dargestellt.

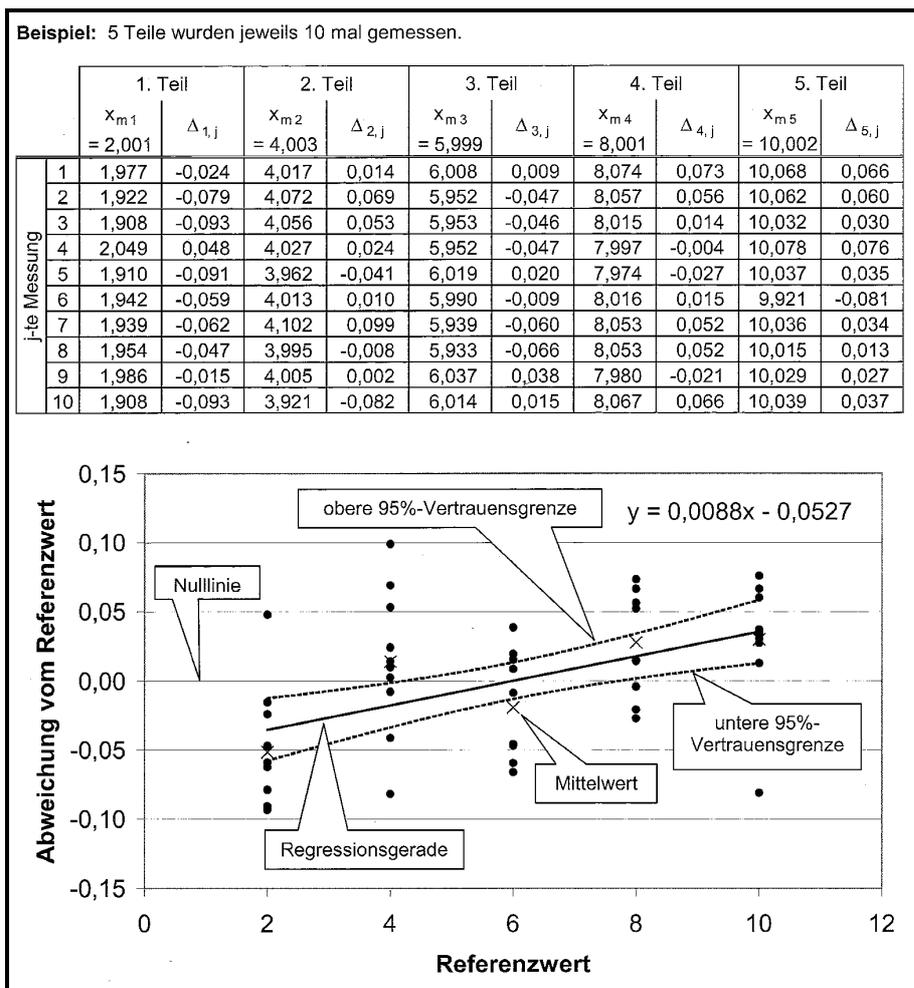


Abbildung 11 Beispiel für Verfahren 4 (Bosch, 2003, S.15)

³⁸ vgl. Bosch, 2003, S.14

4.1.2.5 Verfahren 5

Das Verfahren untersucht die Messbeständigkeit mit Hilfe einer \bar{x} -s-Regelkarte. Dabei kann eine Folge von Messungen als Prozess bzw. Messprozess aufgefasst werden, welcher Messwerte „produziert“. Durch diese Betrachtungsweise können die bekannten SPC-Verfahren und –regeln angewendet werden, um die dauerhafte Beherrschtheit (zeitliche Stabilität) und Fähigkeit dieses Messprozesses aufrechterhalten. Das Verfahren wird zur Beurteilung des Langzeitverhaltens des Messprozesses empfohlen.³⁹

Es sollen gleichbleibende richtige Messergebnisse nachgewiesen werden. Daher muss das Normal bzw. Referenzteil (Serienteil) den Anforderungen des bei Verfahren 1 verwendeten Normals entsprechen. Möglichst sollte dasselbe Normal wie bei Verfahren 1 verwendet werden. Dieses Normal wird in festgelegten Zeitintervallen mindestens dreimal gemessen. Die Messwerte werden in eine \bar{x} -s-Regelkarte eingetragen.⁴⁰

Die Eingriffsgrenzen werden nach den folgenden Gleichungen ermittelt:

$$\begin{array}{l} \text{UEG} = x_m - 3 \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} \\ \text{OEG} = x_m + 3 \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} \end{array} \quad \text{Formel 1,2} \quad \text{Eingriffsgrenzen Mittelwert}$$

$$\begin{array}{l} \text{UEG}_s = B'_{Eun} \cdot s \\ \text{OEG}_s = B'_{Eob} \cdot s \end{array} \quad \text{Formel 2,3} \quad \text{Eingriffsgrenzen Standardabweichung}$$

Legende

n = Anzahl der Messungen

s = Standardabweichung

x_m = Referenzwert des Normals bzw. Mittelwert aus Vorlauf

B'_{Eun} ; B'_{Eob} = Faktoren zur Berechnung der Eingriffsgrenzen von s-Karten

³⁹ vgl. Bosch, 2003, S.16

⁴⁰ vgl. Bosch, 2003, S.16

Die nachfolgende Tabelle zeigt einen kleinen Ausschnitt über mögliche Faktoren zur Berechnung der Eingriffsgrenzen von Standardabweichungen.

n	B'_{Eun}	B'_{Eob}
3	0,07	2,3
4	0,16	2,07
5	0,23	1,93

Tabelle 7 Faktoren zur Eingriffsgrenzenberechnung (Bosch, 2003, S.16)

Für x_m können eingesetzt werden:

- Referenzwert des Normals/ Referenzteils (Serienteils) oder
- Mittelwert aus einem Vorlauf (s. MSA)

Für s können eingesetzt werden:

- Die Standardabweichung aus Verfahren 1 oder
- Die Standardabweichung aus einem Vorlauf (s. MSA) oder
- $2,5\% \cdot T$ (entspricht $T/40$)

4.1.3 Firmeninterner Algorithmus zur Prüfmittelfähigkeit nach MSA

Da die C.H. Müller GmbH bisher die beschriebenen Verfahren nicht in diesem Umfang bzw. gar nicht durchgeführt hat, ist es notwendig einen auf das Unternehmen zugeschnittenen Algorithmus zum Nachweis der Prüfmittel- bzw. Prüfprozessfähigkeit zu verifizieren. Das entstandene Flussdiagramm ist eine firmeninterne Variante, die leicht von der allgemeinen Vorgehensweise (siehe Abbildung 8) abweicht.

In der folgenden Abbildung (Abbildung 12) ist der gerade beschriebene Algorithmus dargestellt. Die angepassten Verfahren 1 und Verfahren 2 sind in den darauffolgenden Abbildungen zu sehen.

Die Messergebnisse werden in ein neu verifiziertes, firmeninternes Formblatt eingetragen. Dieses wertet die Messungen aus und stellt wichtige Erkenntnisse grafisch dar. Die Formblätter zum Prüfmittelnachweis sind im Anhang zu finden.

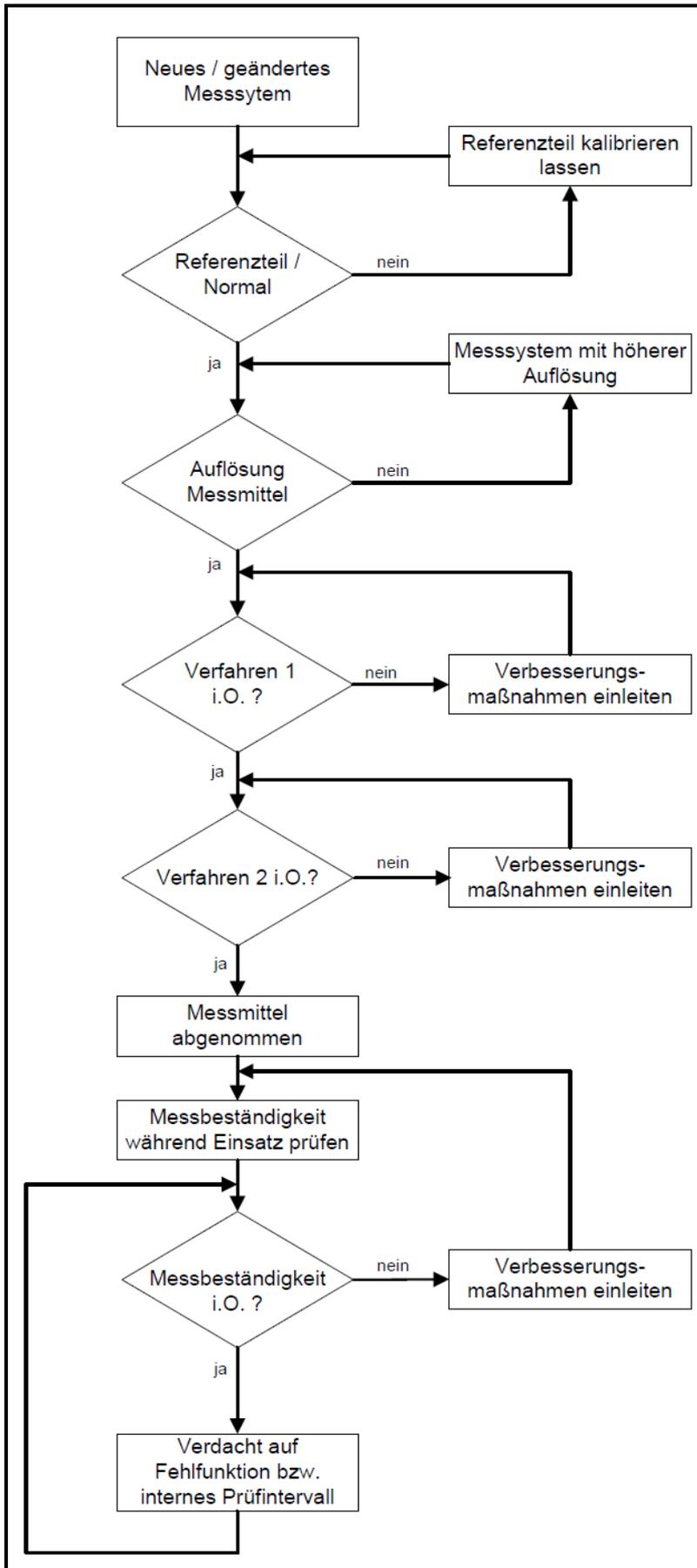


Abbildung 12 firmeninterner Algorithmus zum Prüfmittel- / Prüfprozessnachweis (in Anlehnung an Dietrich, Schulze, 2007, S.46)

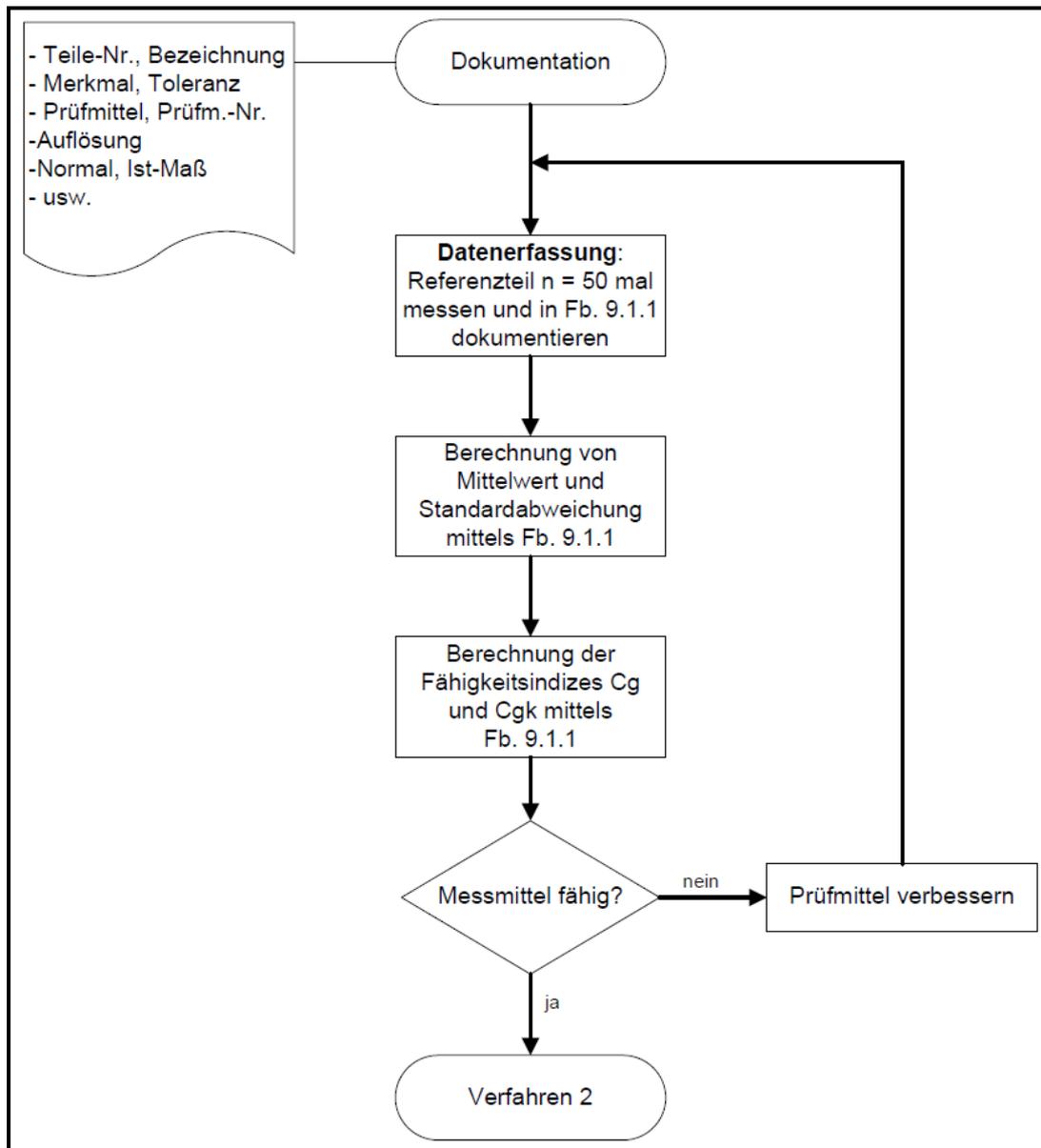


Abbildung 13 firmeninterner Algorithmus zum Verfahren 1 nach MSA (in Anlehnung an Dietrich, Schulze, 2007, S.56)

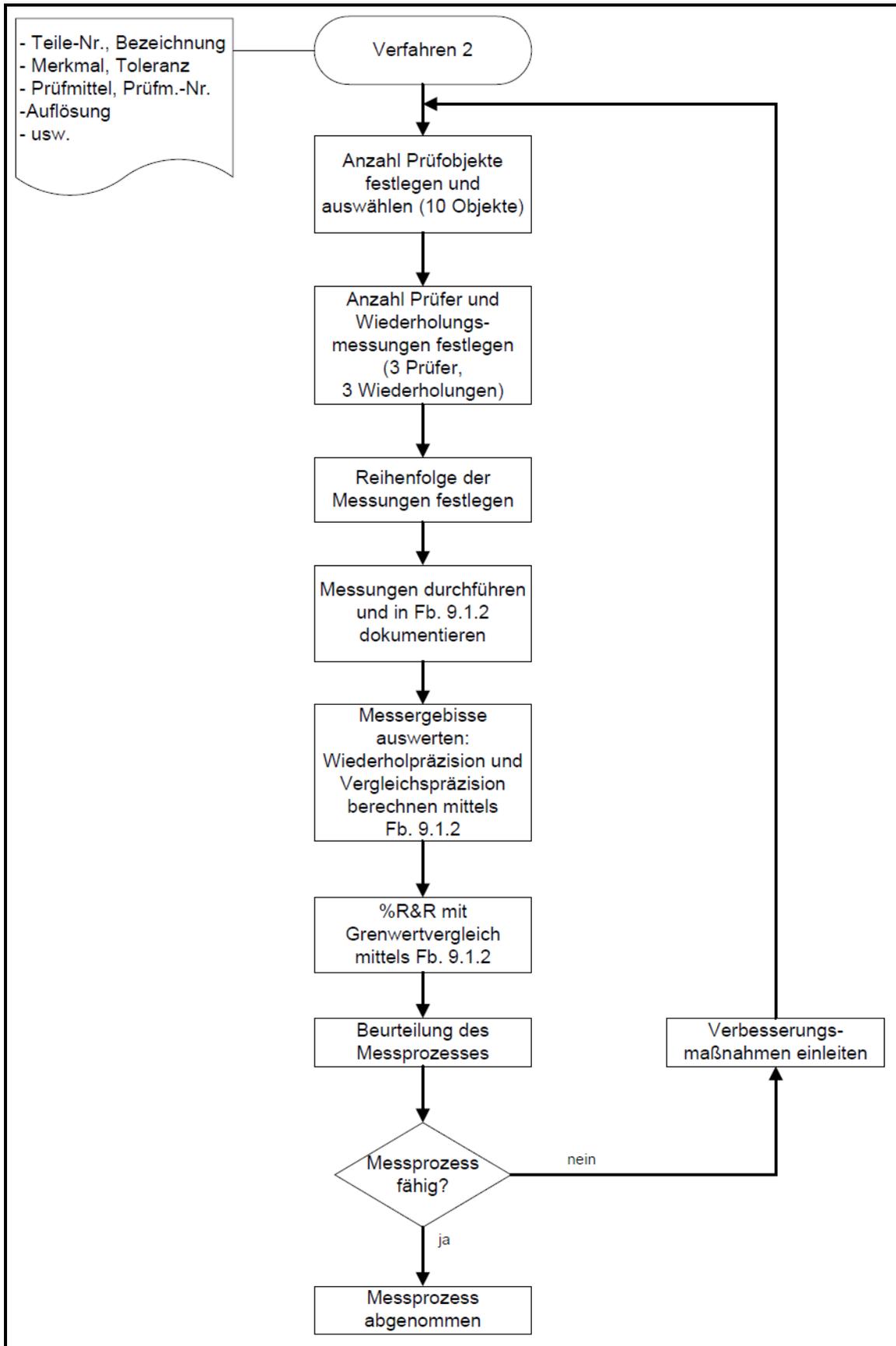


Abbildung 14 firmeninterner Algorithmus zum Verfahren 2 (in Anlehnung an Dietrich, Schulze, 2007, S.83)

4.2 Maschinen- und Prozessfähigkeit

4.2.1 Grundlagen

„Die Organisation muss geeignete Methoden zur Überwachung und falls zutreffend Messung der Prozesse des Qualitätsmanagementsystems anwenden. Diese Methoden müssen darlegen, dass die Prozesse in der Lage sind, die geplanten Ergebnisse zu erreichen. Werden die geplanten Ergebnisse nicht erreicht, müssen soweit angemessen, Korrekturen und Korrekturmaßnahmen ergriffen werden, um die Produktkonformität sicherzustellen.“⁴¹

Für neue oder geänderte Prozesse werden Prozessfähigkeitsuntersuchungen durchgeführt, um die Prozessfähigkeit/Prozessleistung zu verifizieren. Dabei unterscheidet man zwischen Kurzzeit- und Langzeituntersuchungen. Bei einer Kurzzeituntersuchung (z.B. Maschinenfähigkeitsuntersuchung) werden Produktmerkmalen von Erzeugnissen erfasst und ausgewertet, die in einem kontinuierlichen Fertigungslauf hergestellt wurden. Bei Langzeituntersuchungen stammen die vermessenen Teile aus einem größeren, für die Serienfertigung repräsentativen Fertigungszeitraum.⁴²

„Die Maschinenfähigkeitsuntersuchung ist eine Kurzzeituntersuchung, deren Ziel es ist, ausschließlich maschinenbedingte Einflüsse auf den Fertigungsprozess aufzudecken.“⁴³

„Die Prozessfähigkeit ist eine längerfristige Untersuchung. Zusätzlich zu den rein maschinenbedingten Störeinflüssen sollen möglichst alle die Einflüsse erfasst werden, die auf den Fertigungsprozess während einer längeren Betriebszeit von außen einwirken.“⁴⁴

Um eine umfassende und korrekte Maschinen- und Prozessqualifikation berechnen zu können, ist es erforderlich mit Hilfe statistischer Verfahren den Sachverhalt ausreichend genau modellhaft zu beschreiben. Je besser dies gelingt desto exakter sind die Ergebnisse und umso wertvoller die gewonnenen Informationen. Empirische Untersuchungen haben gezeigt, dass die realen Prozesse je nach Typ durch verschiedene Prozessmodelle angenähert werden können. Diese Erkenntnisse

⁴¹ ISO/TS 16949, 2002, S.57

⁴² vgl. Bosch, 2004, S.4

⁴³ Bosch, 2004, S.4

⁴⁴ Bosch, 2004, S.5

waren Grundlage der DIN 55319, in der die typischen Prozessmodelle erläutert und die Berechnung der Qualitätsfähigkeitskenngröße beschrieben sind.⁴⁵

Die DIN 55319:2002-03 wurde im Jahr 2007 durch die DIN ISO 21747:2007-03 abgelöst. Die neue Norm wurde gegenüber der DIN 55319:2002 vollständig technisch und redaktionell überarbeitet. Viele Textstellen wurden verständlicher formuliert und Gleichungen korrigiert.⁴⁶

4.2.2 Verteilungsmodelle nach DIN ISO 21747

Merkmal	Zeitabhängige Verteilungsmodelle ^c							
	A1	A2	B	C1	C2	C3	C4	D
Lage ^a	c	c	c	r	r	s	sr	sr
Streuung ^a	c	c	sr	c	c	c	c	sr
Momentan- verteilung ^b	nd	1m	nd	nd	nd	as	as	as
Resultierende Verteilung ^b	nd	1m	1m	nd	1m	as	as	as
Siehe Anhang	7	8	9	10	11	12	13	14

^a Lage/Verteilung:
 "c" = Parameter bleibt konstant
 "r" = Parameter ändert sich ausschließlich zufällig
 "s" = Parameter ändert sich ausschließlich systematisch
 "sr" = Parameter ändert sich zufällig und systematisch
 "c" = Parameter bleibt konstant

^b Momentan-/resultierende Verteilung:
 "nd" = normalverteilt
 "1m" = nicht normalverteilt, ausschließlich unimodal
 "as" = beliebige Form

^c Die Auswahl des Modells ergibt sich aus der Prozessbeurteilung

Tabelle 8 Überblick Verteilungsmodelle nach DIN ISO 21747 (DIN ISO 21747, 2007, S.38)

⁴⁵ vgl. Dietrich, Schulze, 2005, S.15

⁴⁶ vgl. DIN ISO 21747, 2007, S.2

4.2.3 Ablauf der Maschinen- und Prozessfähigkeitsuntersuchung

Voraussetzungen für Maschinen- und Prozessfähigkeitsuntersuchungen sind fähige Mess-/Prüfprozesse (siehe Punkt 3).

Zunächst wird die Bearbeitungseinrichtung vorbereitet (Vorlauf), so dass die Messwerte idealerweise in der Mitte des Toleranzbereichs liegen. Im Anschluss erfolgt die Herstellung einer repräsentativen Anzahl (mind. 50, möglichst 100 bei Maschinenfähigkeit und mind. 125 bei Prozessfähigkeit) von Teilen in einem kontinuierlichen Fertigungslauf (ununterbrochene Folge). Nach der Herstellung erfolgen die Messung des Teilemerkmals bzw. der Teilemerkmale und die Dokumentation der Ergebnisse entsprechend der Produktionsreihenfolge. Bei der statistischen Auswertung der Resultate liegt das Augenmerk besonders auf:

- Qualitative Beurteilung der zeitlichen Stabilität,
- Untersuchung der Verteilung dieser Werte und
- Berechnung von Fähigkeitsnachweisen.

Sind die Mindestforderungen erfüllt, ist die Maschine fähig. Bei Nichterfüllung ist eine Problemanalyse durchzuführen und entsprechende Verbesserungsmaßnahmen abzuleiten.⁴⁷

Abbildung 15 zeigt nochmals zusammenfassend die Unterteilung bezüglich der Untersuchungsdauer zwischen der Maschinenfähigkeit und Prozessfähigkeit.

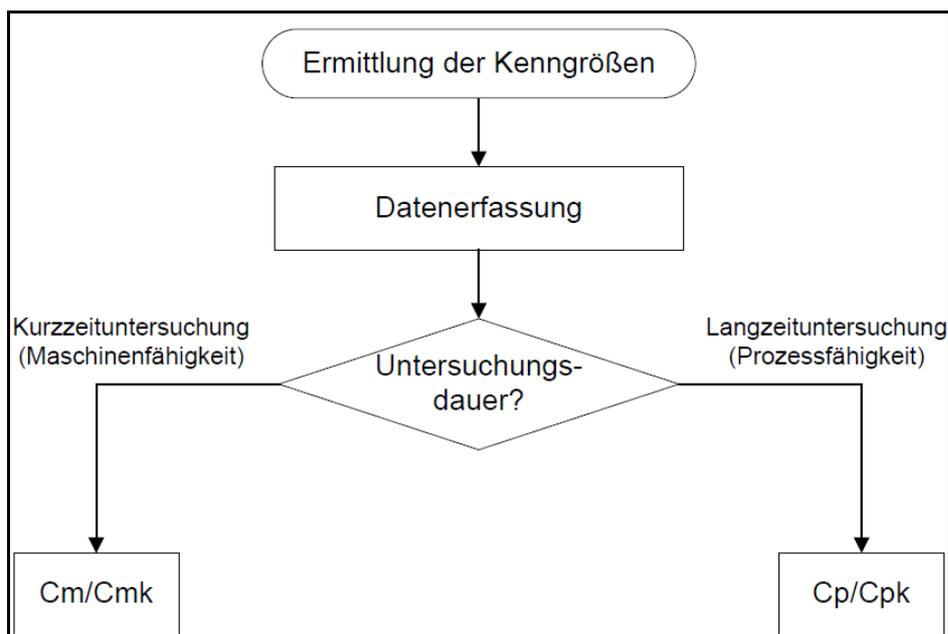


Abbildung 15 Flussdiagramm zur Maschinen- und Prozessfähigkeitsuntersuchung (in Anlehnung an Bosch, 2004, S.6)

⁴⁷ vgl. Bosch, 2004, S.8

4.2.4 Qualitätsfähigkeitskenngrößen

4.2.4.1 Maschinenpotenzial/-fähigkeit

Die Abbildung 16 veranschaulicht den Unterschied zwischen den Qualitätskenngrößen Maschinenpotenzial C_m , welches nur durch die Streuung der Messwerte beeinflusst wird und der Maschinenfähigkeit C_{mk} , welche zusätzlich noch die Lage der Messergebnisse mit einbezieht. Demzufolge ist im Allgemeinen die Fähigkeit kleiner als das Potenzial.

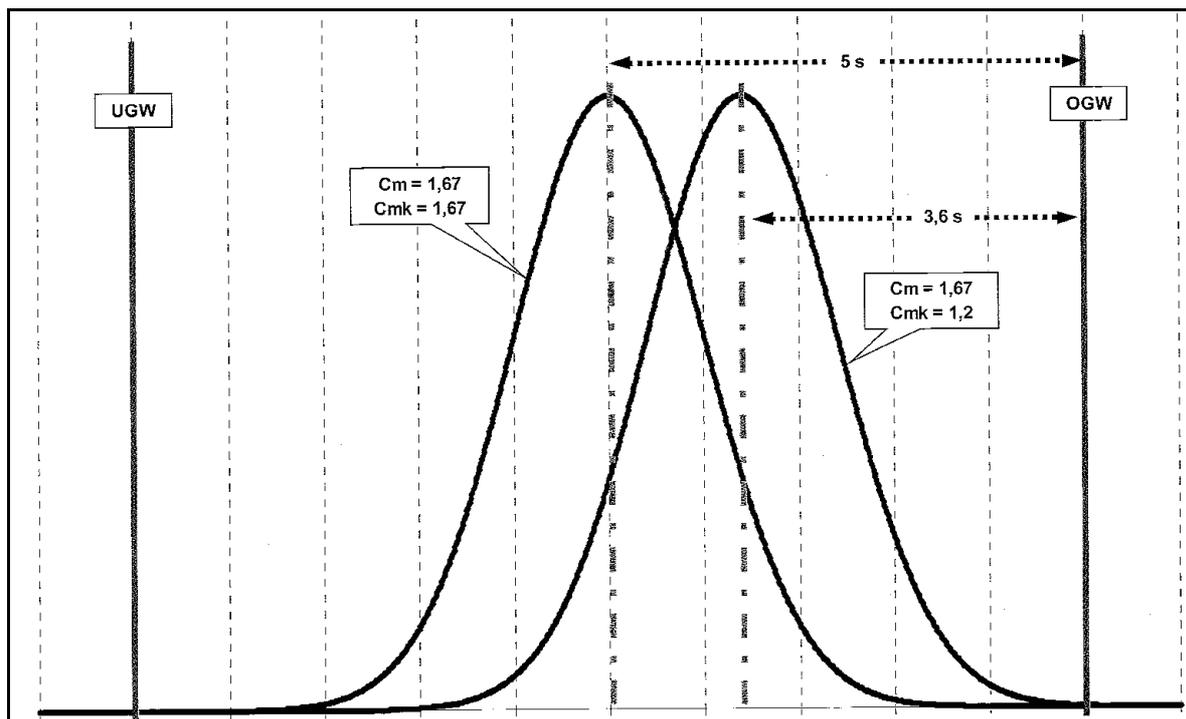


Abbildung 16 Unterschied zwischen C_m und C_{mk} (Bosch, 2004, S.11)

Zur Berechnung von Maschinenfähigkeitskennwerten wird die Anwendung einer Standardmethode empfohlen. Diese setzt die Zuordnung zu einem Verteilungszeitmodell voraus. In der Regel ist dies nur mit Hilfe einer speziellen Statistiksoftware anwendbar, bei der oftmals das passende Verteilungszeitmodell automatisch ausgewählt wird.⁴⁸

Die Standardmethode mit spezieller Software, welche alle Verteilungszeitmodelle anwendbar ist, wird die sogenannte Quantilmethode empfohlen.⁴⁹ Die folgenden Berechnungsformeln stammen aus dem Bosch Heft 9.

⁴⁸ vgl. Bosch, 2004, S.9

⁴⁹ vgl. Bosch, 2004, S.10

$$C_m = \frac{T}{\hat{Q}_{0,99865} - \hat{Q}_{0,00135}}$$

Formel 1 Maschinenpotenzial

$$C_{mk} = \min \left(\frac{OGW - \bar{x}}{\hat{Q}_{0,99865} - \bar{x}}; \frac{\bar{x} - UGW}{\bar{x} - \hat{Q}_{0,00135}} \right)$$

Formel 2 Maschinenfähigkeit

Legende

s.u.

Sofern keine spezielle Software zur Verfügung steht, können C_m und C_{mk} auch auf andere Art und Weise ermittelt werden. Aus den n Messwerten x_i werden der Gesamtmittelwert und die Gesamtstandardabweichung S_{total} berechnet. Dadurch in dieser Situation keine Informationen über das Verteilungsmodell vorliegt und deshalb s_{total} verwendet wird, führt diese Methode i.a. zu vergleichsweise kleineren Ergebnissen als die oben genannte Methode. Die Kennwerte berechnen sich wie folgt:⁵⁰

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i$$

Formel 3 Gesamtmittelwert

$$S_{total} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Formel 4 Gesamtstandardabweichung

$$C_m = \frac{T}{6 \cdot S_{total}}$$

Formel 5 Maschinenpotenzial alternativ

⁵⁰ vgl. Bosch, 2004, S.11

$$C_{mk} = \min \left(\frac{OGW - \bar{x}}{3 \cdot s_{total}}; \frac{\bar{x} - UGW}{3 \cdot s_{total}} \right)$$

Formel 6 Maschinenfähigkeit alternativ

Legende Maschinenpotenzial/ -fähigkeit

OGW = oberer Grenzwert (obere Spezifikationsgrenze)

UGW = unterer Grenzwert (untere Spezifikationsgrenze)

T = Toleranz (=OGW-UGW)

 \bar{x} = Gesamtmittelwert s_{total} = Gesamtstandardabweichung

n = Anzahl der Messungen

4.2.4.2 Prozesspotenzial/-fähigkeit

Da es sich bei der Prozessfähigkeitsuntersuchung um ein längerfristige Untersuchung handelt, sollen zusätzlich zu den maschinenbedingten Störeinflüssen möglichst alle Einflüsse erfasst werden, die auf den Fertigungsprozess während einer längeren Betriebszeit einwirken.⁵¹

Wie bei dem Maschinenpotenzial wird das Prozesspotenzial durch eine Kenngröße beschrieben, mit der die potenzielle Fähigkeit eines Prozesses zum Ausdruck gebracht wird, ein bestimmtes Merkmal in gleichbleibender Weise innerhalb der vorgegebenen Spezifikationsgrenzen zu erzeugen. Die Qualitätsleistung wird durch den Vergleich der Prozessstreuung mit der Toleranzbreite beurteilt.⁵²

Die Prozessfähigkeit als Kenngröße spiegelt die tatsächliche Fähigkeit eines Prozesses wieder, ein bestimmtes Merkmal in gleichbleibender Weise innerhalb der vorgegebenen Spezifikationsgrenzen herzustellen. Dazu wird die Qualitätsleistung eines Prozesses durch anhand des Vergleichs der Prozessstreuung mit Toleranzbreite unter gleichzeitiger Einbeziehung der Prozesslage.⁵³

Die Berechnung der Kenngrößen erfolgt durch bestimmte Berechnungsmethoden, die dem jeweiligen Verteilungszeitmodell eines Prozesses (siehe Punkt 4.2.2) zugeordnet ist. Die Tabelle 9 zeigt die Zuordnung der Berechnungsmethoden zu den Verteilungszeitmodellen nach DIN 55319.

⁵¹ vgl. Bosch, 2004, S.14⁵² vgl. Dietrich, Schulze, 2005, S.288⁵³ vgl. Dietrich, Schulze, 2005, S.289

Berechnungsmethode	Prozessmodelle							
	A1	A2	B	C1	C2	C3	C4	D
M1 ₁	X							
M1 ₂	X							
M1 ₃	X							
M1 ₄	X			X				
M2	X	X		X				
M3	X	X	X	X	X	X	X	X
M4	X	X	X	X	X	X	X	X
M5				X	X	X	X	
M6				X	X	X	X	

Tabelle 9 Zuordnung der Berechnungsmethoden zu den Verteilungsmodellen nach DIN 55319 (Dietrich, Schulze, 2005, S.292)

Die Tabelle 10 erläutert die unterschiedlichen Berechnungsmethoden für die Qualitätskennzahlen.

Methode	Potenzial	kritischer Fähigkeitsindex
M1 ₁ M1 ₂ M1 ₃ M1 ₄	$\frac{OSG-USG}{6 \cdot \hat{\sigma}}$ <p>mit $\hat{\sigma}_1 = \sqrt{s^2}$ $\hat{\sigma}_2 = \bar{s}/d_n$ $\hat{\sigma}_3 = \bar{R}/d_n$ $\hat{\sigma}_4 = s_{ges}$</p> <p>und $\hat{\mu} = \bar{x}$ bzw. $\bar{\bar{x}}$</p>	$\min \left\{ \frac{OSG - \hat{\mu}}{3 \cdot \hat{\sigma}} ; \frac{\hat{\mu} - USG}{3 \cdot \hat{\sigma}} \right\}$
M2	—	$\min \left\{ \frac{u_{1-\hat{p}_{USG}}}{3} ; \frac{u_{1-\hat{p}_{OSG}}}{3} \right\}$
M3	$\frac{OSG-USG}{x_{max} - x_{min}}$	$\min \left\{ \frac{OSG - \hat{\mu}}{x_{max} - \hat{\mu}} ; \frac{\hat{\mu} - USG}{\hat{\mu} - x_{min}} \right\}$
M4	$\frac{OSG-USG}{Q_{0,99865} - Q_{0,00135}}$	$\min \left\{ \frac{OSG - \hat{\mu}}{OSG - \hat{Q}_{0,99865}} ; \frac{\hat{\mu} - USG}{\hat{Q}_{0,00135} - USG} \right\}$ <p>oder</p> $\min \left\{ \frac{OSG - \hat{Q}_{0,50}}{OSG - \hat{Q}_{0,99865}} ; \frac{\hat{Q}_{0,50} - USG}{\hat{Q}_{0,00135} - USG} \right\}$
M5	$\frac{OSG-USG}{6 \cdot \hat{\sigma} + \hat{\mu}_{add}}$	$\min \left\{ \frac{OSG - \hat{\mu}}{3 \cdot \hat{\sigma} + \frac{\hat{\mu}_{add}}{2}} ; \frac{\hat{\mu} - USG}{3 \cdot \hat{\sigma} + \frac{\hat{\mu}_{add}}{2}} \right\}$
M6	$\frac{OSG-USG - \hat{\mu}_{add}}{6 \cdot \hat{\sigma}}$	$\min \left\{ \frac{OSG - \hat{\mu} - \frac{\hat{\mu}_{add}}{2}}{3 \cdot \hat{\sigma}} ; \frac{\hat{\mu} - USG - \frac{\hat{\mu}_{add}}{2}}{3 \cdot \hat{\sigma}} \right\}$

Tabelle 10 Übersicht Fähigkeitsindizes nach DIN 55319 (Dietrich, Schulze, 2005, S.291)

Die Zuordnung bzw. die Berechnungsmethoden der DIN 55319 entsprechen von der Anwendung bzw. von den Formeln der Nachfolgenorm DIN ISO 21747. Die folgende Gegenüberstellung zeigt den Vergleich der Berechnungsmethoden bezüglich der Benennung.

	Bezeichnung nach DIN ISO 21747	Bezeichnung nach DIN 55319
Berechnungs- methoden	M1	M1
	M2	M5
	M3	M6
	M4	M2

Tabelle 11 Vergleich der Berechnungsmethoden DIN ISO 21747 und DIN 55319

Daher wird im weiteren Verlauf bei der Darstellung und Erläuterung der Berechnungsformel Bezug auf die Tabelle 10 mit den Formeln aus der DIN 55319 genommen.

In der Regel benötigt man für die exakte Zuordnung der Verteilung bzw. Ausführung der Berechnungsmethode eine spezielle Statistiksoftware. Jedoch besteht auch die Möglichkeit für eine qualitative Beurteilung und Zuordnung einer Verteilung mittels grafischer Darstellungen der Daten (z.B. Punktdiagramm, Histogramm) erfolgen.⁵⁴

Sofern keine spezielle Software parat liegt, können die Fähigkeits- und Leistungskenngrößen auch auf folgende Weise ermittelt werden:

- Normalverteilung: Methode M1, M2 (s. Tabelle 10)
- Beliebige Verteilung: siehe Formel 1-4

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i$$

Formel 1 Gesamtmittelwert

$$s_{total} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Formel 2 Gesamtstandardabweichung

⁵⁴ vgl. Bosch, 2004, S.16

$$C_p = \frac{T}{6 \cdot s_{total}}$$

Formel 3 Prozesspotenzial

$$C_{pk} = \min \left(\frac{OGW - \bar{x}}{3 \cdot s_{total}}; \frac{\bar{x} - UGW}{3 \cdot s_{total}} \right)$$

Formel 4 Prozessfähigkeit

Legende Prozesspotenzial/ -fähigkeit

OGW = oberer Grenzwert (obere Spezifikationsgrenze)

UGW = unterer Grenzwert (untere Spezifikationsgrenze)

T = Toleranz (=OGW-UGW)

 \bar{x} = Gesamtmittelwert s_{total} = Gesamtstandardabweichung

n = Anzahl der Messungen

4.2.3 Firmeninterner Algorithmus zur Maschinen- und Prozessfähigkeit

Das Unternehmen C.H. Müller überwachte und bewertete ihre Prozessergebnisse bisher durch Zwischen- und Endprüfungen an den Halbfertigwaren bzw. Fertigwaren. Um genauere Aussagen über die Fähigkeit der einzelnen Prozesse treffen zu können, war es notwendig einen firmenspezifischen Algorithmus aus den allgemein bekannten Verfahren (siehe Punkte 4.2.3; 4.2.4) abzuleiten.

Die folgende Abbildung zeigt das auf das Unternehmen zugeschnittene Flussdiagramm zum Fähigkeitsnachweis der Maschinen und Prozesse.

Ähnlich wie bei den Prüfmittelnachweisen werden die Messergebnisse in neu verifizierte, firmeneigene Formblätter eingetragen. Diese werten die Messwerte aus und stellen die wichtigsten Erkenntnisse grafisch dar. Die Formblätter sind im Anhang zu finden.

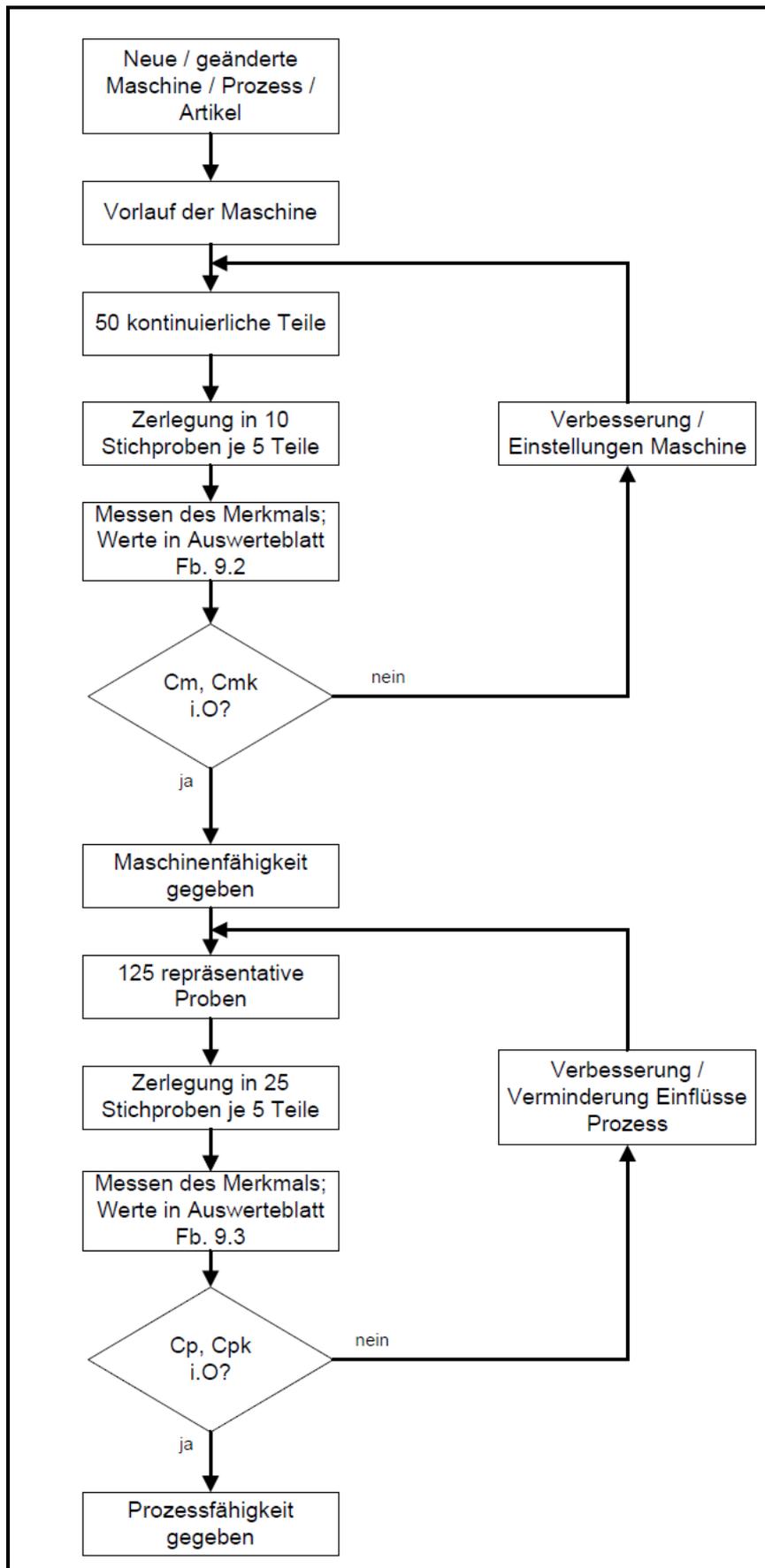


Abbildung 17 firmeninterner Algorithmus zur Maschinen- und Prozessfähigkeit (in Anlehnung an Bosch, 2004, S.6,14)

5. Fallbeispiel am betrieblichen Produkt

5.1 Festlegung des Produktes und des kritischen Merkmals

Aufgrund des großen Produktportfolios der CHM (siehe Punkt 1.1) wurde je ein Artikel für die typischen Produktvarianten ausgesucht. Insgesamt wurden vier Varianten festgelegt. Eine Säulen-, Himmel- und Sitzkaschierung, sowie eine Türseitenverkleidung.

Die Artikel unterscheiden sich in Kaschierverfahren und Materialaufbau. Somit konnte eine repräsentative Aussage über die Technologien im Unternehmen getroffen werden. In der folgenden Tabelle ist überblicksartig dargestellt, welche Technologien sowohl bei der Prüfmittelfähigkeit als auch bei der Maschinen- und Prozessfähigkeit zum Einsatz kamen und welchen Aufbau die jeweiligen Artikel besitzen.

Untersuchung	Artikel	Verfahren	Aufbau
Prüfmittelfähigkeit	Säule	Hotmeltkaschierung	Oberware / Granulat / Vlies
	Türseitenverkleidung	Flammkaschierung	Oberware / Schaum / Vlies
	Himmel	Flammkaschierung	Oberware / Schaum
	Sitz	Flammkaschierung	Oberware / Schaum / Single Jersey
Maschinen- und Prozessfähigkeit	Sitz	Hotmeltkaschierung	Oberware / Granulat / Vlies
	Türseitenverkleidung	Flammkaschierung	Oberware / Schaum / Vlies
	Hutablage	Flachbettkaschierung	Oberware / Klebeweb / Vlies
	Säule	Kalenderkaschierung	Oberware / Granulat / Vlies

Tabelle 12 Übersicht festgelegter Artikel zur Prüfmittelfähigkeit und Maschinen- und Prozessfähigkeit

Weiterhin waren die zu untersuchenden kritischen Merkmale zu bestimmen. Die Überlegungen führten dazu, die ersten Untersuchungen an typischen, leicht zu bestimmenden Attributen durchzuführen und auszuwerten. Anschließend sollen die Untersuchungen auf andere Merkmale erweitert werden.

In den ersten Untersuchungen wurden die Dicke nach DIN EN ISO 5084 und das Flächengewicht nach DIN EN 12127 an Proben der oben genannten Artikel analysiert.

Die Ergebnisse der Messungen und Auswertungen sind in den folgenden Punkten aufgeführt.

5.2 Prüfmittelfähigkeit am Beispiel

Grundlage für diesen Nachweis bildet der in Punkt 4.1.3 verifizierter, firmenspezifischer Algorithmus. Die Fähigkeit sollte zunächst an den in Tabelle 10 aufgeführten Messmittel nachgewiesen werden.

Merkmal	Bezeichnung Messmittel	Hersteller	Inventar- nummer	Standort	Mess- bereich
Dicke	Universal Dickenmessgerät	Wolf	66300203	Netzschkau	0-25 mm
Gewicht	elektrische Präzisionswaage	Satorius	66300401	Netzschkau	0-150 g

Tabelle 13 untersuchte Messmittel

Dem Algorithmus folgend war es notwendig ein Normal bzw. Referenzteil für die Messgeräte festzulegen. Da im Unternehmen keine Normale vorhanden waren, lag es nah aus den Serienartikeln Proben zu entnehmen und diese als Referenzproben kalibrieren zu lassen. Von den in Tabelle 9 aufgeführten Artikeln wurden demnach Proben entnommen, gekennzeichnet und in einem externen akkreditierten Prüflabor hinreichend oft auf die kritischen Merkmale hin untersucht. Die nachfolgende Tabelle 11 zeigt die Endresultate der Messergebnisse aus dem Prüflabor. Der umfassende Bericht ist im Anhang zu finden.

Parameter	Probe	Artikel	Anzahl der Messungen im externen Labor	Referenzwert (= Mittelwert)
Dicke in mm	1.1	Säule	25	1,16
	2.1	TSV ⁵⁵	25	4,26
	3.1	Himmel	25	4,06
	4.1	Sitz	25	6,51
Gewicht in g/m ²	1.2	Säule	25	266
	2.2	TSV	25	508
	3.2	Himmel	25	308
	4.2	Sitz	25	564

Tabelle 14 ermittelte Referenzwerte durch externes Prüflabor

Der nächste Schritt war die Überprüfung der Auflösung des Messmittels. Bevor man mit den einzelnen Nachweisverfahren beginnt, sollte man feststellen, ob die Auflösung beim vorliegenden Messprozess ausreichend klein ist. Als Forderung hat sich durchgesetzt, dass die Auflösung höchstens 5% der Toleranz betragen darf.⁵⁶ Die Tabelle 12 zeigt die einzelnen Auflösungen bei den untersuchten Proben.

Merkmal	Probe	Artikel	Toleranz	Skaleneinteilungsweite	Auflösung in %
Dicke in mm	1.1	Säule	0,3	0,01	3,33
	2.1	TSV	1,0	0,01	1,00
	3.1	Himmel	0,6	0,01	1,67
	4.1	Sitz	1,0	0,01	1,00
Gewicht in g/m ²	1.2	Säule	52	0,01	0,02
	2.2	TSV	100	0,01	0,01
	3.2	Himmel	60	0,01	0,02
	4.2	Sitz	80	0,01	0,01

Tabelle 15 Überblick der Auflösungen der Messmittel bei verschiedenen Artikeln

Es ist festzustellen, dass bei allen Proben die Auflösung der untersuchten Messmittel ausreichend klein ist. Daher ist diese Forderung als erfüllt zu betrachten.

⁵⁵ TSV ist die firmeninterne Abkürzung für Türseitenverkleidung

⁵⁶ vgl. Dietrich, Schulze, 2007, S.49

Anschließend wurde das Verfahren 1 nach dem in Abbildung 13 dargestellten Ablauf durchgeführt. Beispielhaft ist der Fähigkeitsnachweis mit der kalibrierten Probe der Dicke des Säulenartikels TSV in den folgenden Abbildungen aufgeführt. Die Untersuchungen der drei anderen Artikelvarianten sind in den Unterlagen der Firma hinterlegt.

Auffallend bei den Ergebnissen des Verfahrens 1 waren die hohen C_g - bzw. C_{gk} -Werte. Die internen Vorgabewerte von C_g bzw. $C_{gk} \geq 1,33$ wurden somit erfüllt. Eine mögliche Ursache besteht darin, dass die Skaleneinteilungsweite bei beiden Messmitteln 0,01 beträgt. Dagegen beträgt die maximale Toleranzeinteilung 0,1 des Merkmals. In der nachstehenden Tabelle sind die Ergebnisse des Verfahrens 1 übersichtlich dargestellt.

Merkmal	Prüfmittel	Probe	Artikel	C_g -Wert	C_{gk} -Wert	Fähigkeit
Dicke	Universal Dicken- messgerät	1.1	Säule	4,17	4,09	fähig
		2.1	TSV	6,35	4,21	fähig
		3.1	Himmel	3,99	2,95	fähig
		4.1	Sitz	6,74	4,98	fähig
Gewicht	elektr. Präzisions- waage	1.2	Säule	4,16	4,13	fähig
		2.2	TSV	6,92	6,83	fähig
		3.2	Himmel	4,51	4,33	fähig
		4.2	Sitz	6,74	6,00	fähig

Tabelle 16 Überblick der Resultate Verfahren 1

Durch die hohen Ergebnisse liegt es nahe, Messmittel mit einer noch feineren Auflösung einzusetzen, um die Merkmale noch genauer bestimmen zu können. Dies ergibt jedoch aus Wirtschaftlichen Gründen für das Unternehmen keinen Sinn, da die vorhandenen Messeinrichtungen für die geforderten Merkmale und den entsprechenden Spezifikationsvorgaben zuverlässige Ergebnisse liefern.

C.H. Müller

Integriertes Management - Handbuch
Messsystemanalyse
(MSA-3. Ausgabe, Verfahren 1 nach BMW, Bosch, Opel)

Dok: Fb 9.1.1
Seite: 1 von 2
Revision: 02-11
Datum : 15.02.11

Inventar-Nr.	Bezeichnung	Hersteller	Baujahr	Standort
66300203	Universal Dickenmessgerät	Wolf	2001	Netzschkau
Geräteangaben		Skaleneinteilungs- bzw. Zifferschnittweite: Skw = 0,01		
		Messbereich: MB = 25		
		Auflösung: (≤ 5% von T?) JA!	$\%RE = \frac{Skw}{T} \cdot 100\% =$	1,00%

Teil / Artikel	Normal
Benennung: TSV E95 canut	Benennung: Dicke TSV Normal
Nennwert: 4,5	Teilnummer: 2.1
Toleranz (T): 1	Istwert $x_m =$ 4,26
Temperatur:	Temperatur:
Messbedingungen:	Maßeinheit aller Mess- und Auswertgrößen: mm
	Besonderheiten:

Messwerte x_i	1	2	3	4	5
1	4,300	4,300	4,300	4,300	4,290
2	4,300	4,290	4,290	4,300	4,290
3	4,290	4,290	4,290	4,300	4,290
4	4,290	4,290	4,300	4,300	4,290
5	4,290	4,290	4,290	4,300	4,300
6	4,280	4,300	4,290	4,290	4,300
7	4,290	4,300	4,290	4,290	4,300
8	4,290	4,300	4,290	4,290	4,300
9	4,290	4,300	4,290	4,290	4,290
10	4,290	4,300	4,290	4,290	4,290

Auswertung			
Mittelwert	$\bar{x}_g = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i =$		4,2936
Standardabweichung	$s_g = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} =$		0,005252793
systematische Messabweichung	$ Bi = \bar{x}_g - x_m =$		0,0336
Fähigkeitskennzahl	$C_g = \frac{0,2 \cdot T}{6 \cdot s_g} =$		6,35
kritische Fähigkeitskennzahl	$C_{gk} = \min\{C_{gk1}; C_{gk2}\} =$		4,21
mit $C_{gk1} = \frac{(x_m + 0,1 \cdot T) - \bar{x}_g}{3 \cdot s_g} =$	4,21	mit $C_{gk2} = \frac{\bar{x}_g - (x_m - 0,1 \cdot T)}{3 \cdot s_g} =$	8,48
$C_g = 6,35$ $C_{gk} = 4,21$	Ergebnis: Das Messmittel ist fähig!		

Datum: 30.03.2011 Prüfer: Kirchner Unterschrift: Kirchner

Abbildung 18 Formblatt 9.1.1: Verfahren 1, Merkmal Dicke am Beispielartikel TSV

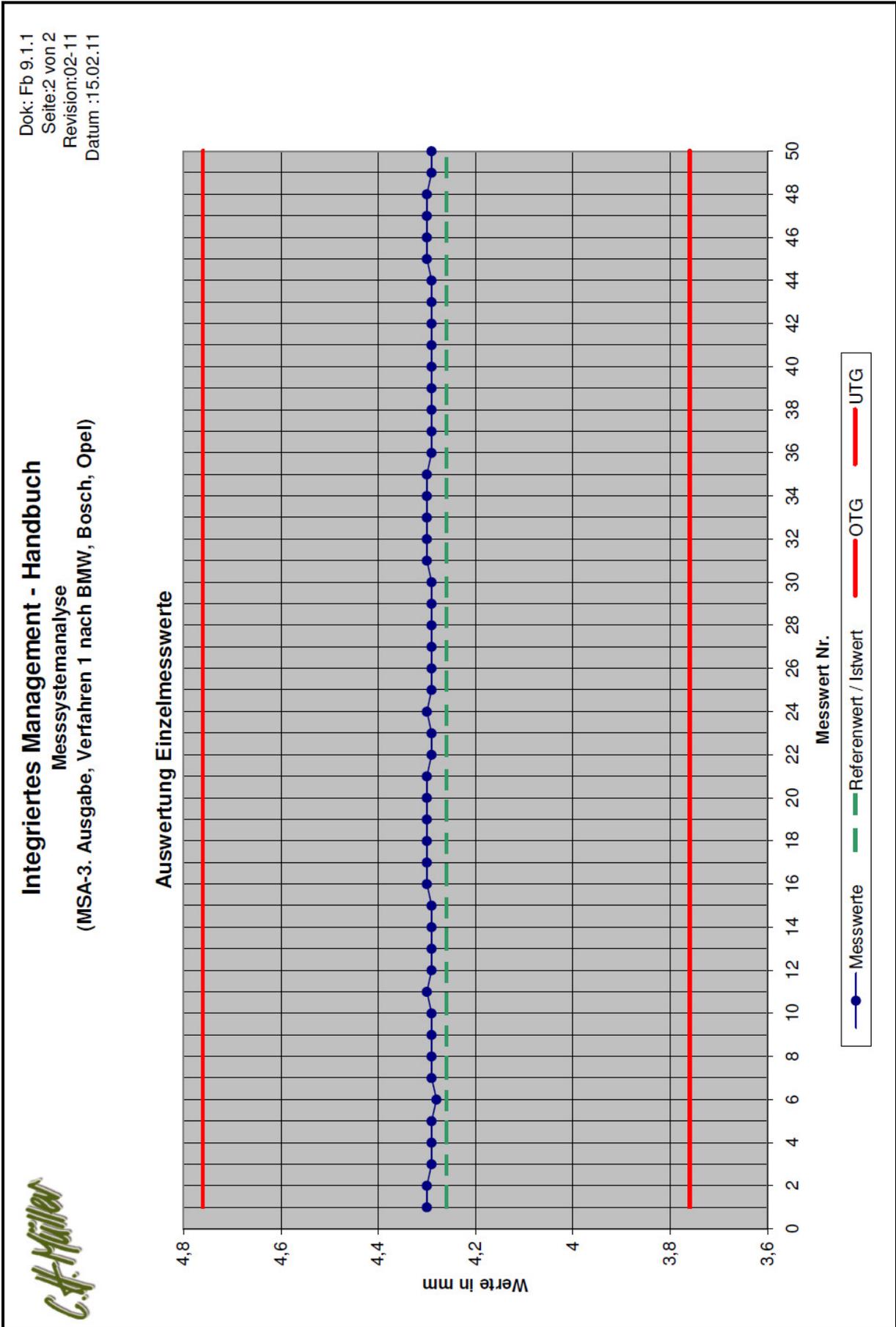


Abbildung 19 Formblatt 9.1.1: Grafische Auswertung Verfahren 1, Merkmal Dicke am Beispielartikel TSV

Dem Algorithmus zum Prüfmittelfähigkeitsnachweis folgend, konnte das Verfahren 2 durchgeführt werden, nachdem die Fähigkeit des Messmittels mit dem Verfahren 1 nachgewiesen wurde. Demnach wurden jeweils 10 Proben von den gleichen beispielhaften Serienartikeln wie bei dem Verfahren 1 entnommen. Es wurden drei Prüfer zur Durchführung der Untersuchungen festgelegt, welche die Proben in drei Messreihen in festgelegter Reihenfolge gemessen haben.

Die Tabelle 14 zeigt die Ergebnisse der Analysen der verschiedenen Artikel im Überblick.

Merkmal	Prüfmittel	Probe	Artikel	ndc	%R&R	Eignung
Dicke	Universal Dickenmess- gerät	1.1	Säule	2	15,4	bedingt
		2.1	TSV	5	4,5	geeignet
		3.1	Himmel	4	7,4	geeignet
		4.1	Sitz	9	3,8	geeignet
Gewicht	elektr. Präzisions- waage	1.2	Säule	6	5,2	geeignet
		2.2	TSV	5	2,2	geeignet
		3.2	Himmel	8	3,9	geeignet
		4.2	Sitz	2	4,6	geeignet

Tabelle 17 Überblick der Ergebnisse Verfahren 2

Bei dem Säulenartikel ist der Messprozess bei dem Merkmal der Dicke nochmals durch die Mitarbeiter der QS bzw. dem Leiter der QS genauer zu betrachten, da dieser nach der ersten Durchführung nur als „bedingt geeignet“ eingestuft wurde. Bei den anderen Artikeln kann der Messprozess als fähig betrachtet werden.

Nachfolgend ist in den Abbildungen beispielhaft das Verfahren 2 für die Dicke des Artikels TSV dargestellt. Die Ergebnisse der anderen drei Artikelvarianten sind wiederum in den Unterlagen des Unternehmens hinterlegt.

Dok: Fb 9.1.2
 Seite: 1 von 3
 Revision: 02-11
 Datum : 15.02.11

Integriertes Management - Handbuch
 Messsystemanalyse
 (MSA-3. Ausgabe, Verfahren 2)



Inventar-Nr. 66300203	Bezeichnung Universal Dickenmessgerät	Hersteller Wolf	Baujahr 2001	Standort Netzschkau													
Merkmallangabe	Toleranz: T = 1 Zahleneinteilungs- bzw. ziffernwert: Skw = 0,01 Messbereich: MB = 25 Messverfahren: mm																
Geräteangaben	Maßeinheiten Mess- und Auswertgrößen: mm Messverfahren: mm																
Anzahl der Varianten/Prüfer k = 3																	
Prüfer A: Viola Demmrich		Prüfer B: Katja Habel		Prüfer C: Franziska Kirchner													
Objekt Nr.	Reihe 1	Reihe 2	Reihe 3	Reihe 1	Reihe 2	Reihe 3	Reihe 1	Reihe 2	Reihe 3	Reihe 1	Reihe 2	Reihe 3	Reihe 1	Reihe 2	Reihe 3	\bar{X}_i	
1	4,100	4,110	4,120	4,130	4,120	4,120	4,120	4,110	4,110	4,110	4,100	4,100	4,110	4,110	4,100	4,110	4,113
2	4,100	4,100	4,110	4,090	4,110	4,120	4,120	4,110	4,110	4,110	4,100	4,100	4,110	4,110	4,100	4,100	4,106
3	4,150	4,150	4,150	4,150	4,150	4,150	4,150	4,150	4,150	4,150	4,150	4,150	4,150	4,150	4,150	4,150	4,153
4	4,160	4,170	4,170	4,160	4,170	4,170	4,170	4,170	4,170	4,170	4,180	4,180	4,170	4,180	4,180	4,170	4,170
5	4,150	4,150	4,150	4,150	4,150	4,150	4,150	4,150	4,150	4,150	4,160	4,160	4,170	4,160	4,150	4,150	4,154
6	4,190	4,190	4,190	4,180	4,190	4,200	4,200	4,180	4,190	4,190	4,190	4,190	4,180	4,190	4,190	4,189	4,189
7	4,130	4,130	4,160	4,130	4,130	4,130	4,130	4,130	4,130	4,130	4,140	4,150	4,130	4,140	4,150	4,137	4,137
8	4,110	4,110	4,120	4,110	4,110	4,110	4,110	4,110	4,110	4,120	4,120	4,120	4,120	4,130	4,120	4,117	4,117
9	4,150	4,170	4,160	4,160	4,160	4,160	4,160	4,160	4,170	4,160	4,170	4,160	4,160	4,170	4,160	4,162	4,162
10	4,120	4,130	4,120	4,140	4,120	4,130	4,130	4,130	4,130	4,130	4,140	4,120	4,130	4,140	4,120	4,128	4,128
	$\bar{X}_A = 4,1406667$	$\bar{R}_A = 0,0110$	$\bar{X}_B = 4,143$	$\bar{R}_B = 0,0130$	$\bar{X}_C = 4,14500$	$\bar{R}_C = 0,0130$	$\bar{X}_{\bar{C}} = 4,14500$	$\bar{R}_{\bar{C}} = 0,0130$	$\bar{R}_{\bar{C}} = 0,083$								

Auswertung		Mittlere Spannweite		$\bar{R} = (\bar{R}_A + \bar{R}_B + \bar{R}_C) / 3 = 0,0123333$		Auflösung Prozessstreuung (number of district categories)		$n_{dc} = \sqrt{2} \cdot \frac{PV}{R \& R} = 5$	
Spannweite der Bedienermittelwerte		$R_{\bar{X}} = 0,0043333$		relative Messsystemstreuung (Toleranzausnutzung)		$\% R \& R = 6 \cdot \frac{R \& R}{T} \cdot 100 \% = 4,5\%$			
Wiederholpräzision (Equipm. Var. EV)		$K_1 = 0,59082$		$EV = R \cdot K_1 = 0,0072868$		Beurteilung des Messsystems (Messprozesses)			
Vergleichspräzision (Appraiser Var. AV)		$K_2 = 0,5231$		$AV = \sqrt{(R_{\bar{X}} \cdot K_2)^2 - \frac{EV^2}{n \cdot r}} = 0,0018353$		Grenzwert für %R&R:		1 bis 10% geeignet 2 bis 20% geeignet	
Wiederhol- u. Vergleichspräzision (Gage R&R: GRR)		$R \& R = \sqrt{EV^2 + AV^2} = 0,0075144$		10% ≤ %R&R ≤ 30%		bedingt geeignet		ungeeignet	
Teilstreuung (Part Variation PV)		$K_3 = 0,3146$		$PV = R_P \cdot K_3 = 0,0262167$		Das Messsystem ist geeignet!			
Datum:		31.03.2011		Prüfer:		F. Kirchner		Unterschrift: Kirchner	

Abbildung 20 Formblatt 9.1.2: Verfahren 2, Merkmal Dicke am Beispielartikel TSV

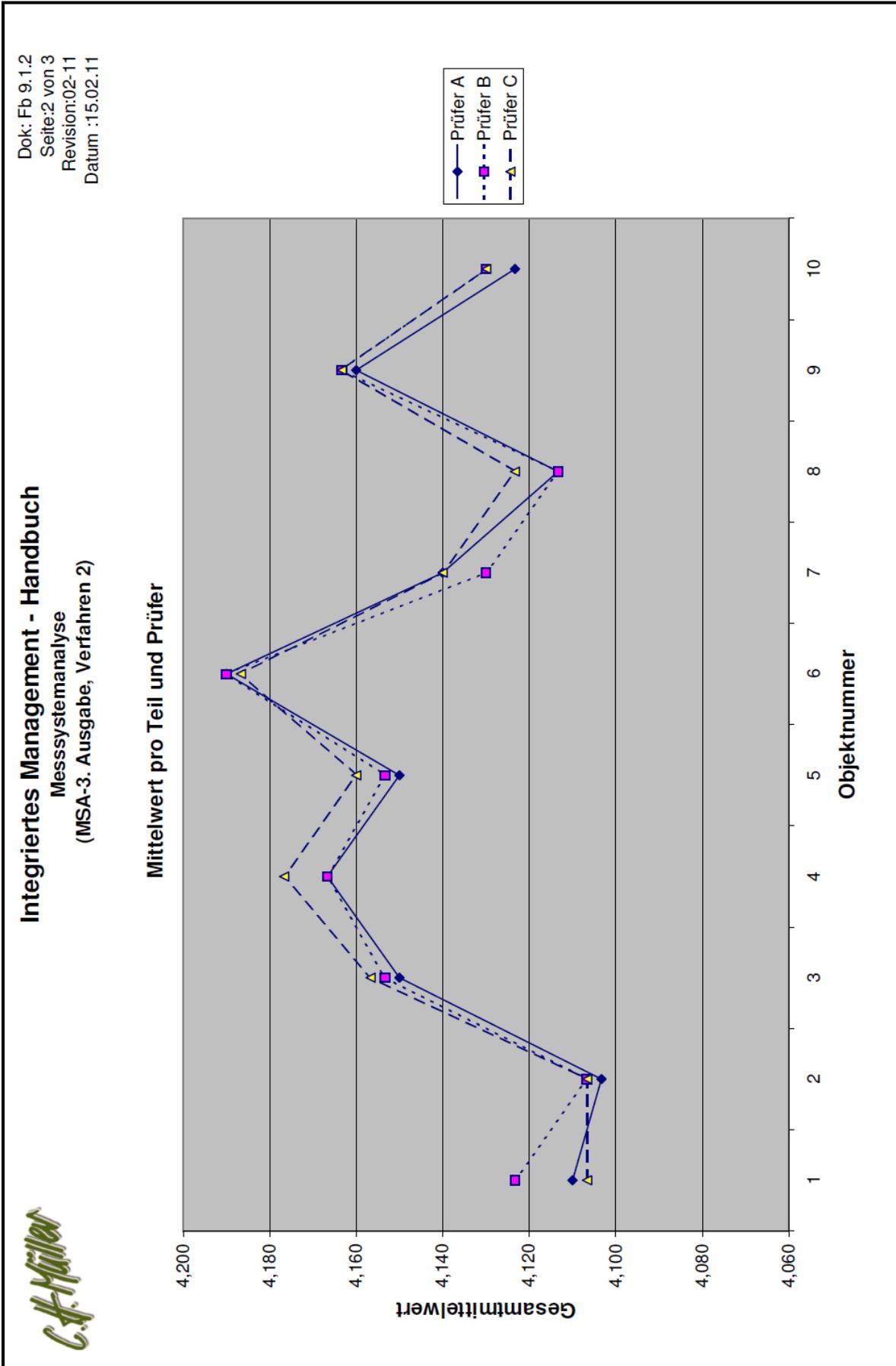


Abbildung 21 Formblatt 9.1.2: Grafische Auswertung Verfahren 2, Mittelwerte der Prüfer, Merkmal Dicke am Beispielartikel TSV

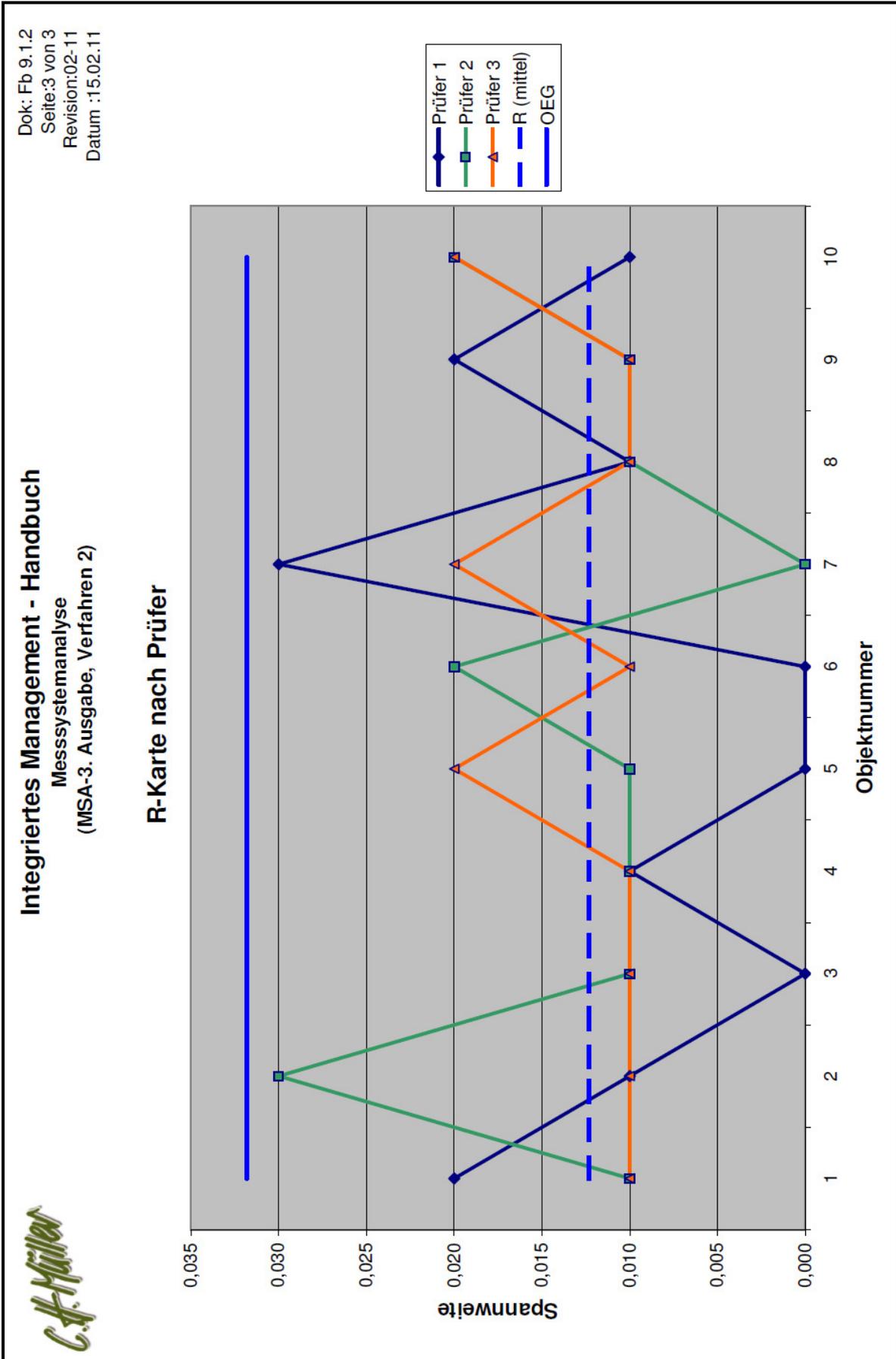


Abbildung 22 Formblatt 9.1.2: Grafische Auswertung Verfahren 2, Spannweite der Prüfer, Merkmal Dicke am Beispielartikel TSV

Entsprechend den positiven Ergebnissen der Verfahren 1 und Verfahren 2 sind die untersuchten Messmittel abgenommen. Um die Messbeständigkeit zu überwachen, werden in regelmäßigen Abständen Vergleichsmessungen mit den kalibrierten Serienteilen durchgeführt. Diese Messergebnisse werden in Zukunft in Form einer Regelkarte überwacht und bei Abweichungen entsprechende Verbesserungsmaßnahmen eingeleitet.

5.3 Maschinenfähigkeit am Beispiel

Die Voraussetzungen fähiger Messsysteme wurden im Punkt 5.2 bereits nachgewiesen. Daher konnten erste Untersuchungen zu Maschinenfähigkeit durchgeführt werden. Bei den Messungen kamen die Messmittel aus Punkt 5.2 zum Einsatz. Es wurden Maschinen verschiedenster Technologien überprüft. Dazu wurden jeweils nacheinander 50 Proben von den Serienartikeln entnommen und zu Stichproben zusammengefasst. Abermals wurden die Merkmale der Dicke und des Flächengewichts nach den bereits benannten Normen untersucht.

In der folgenden Tabelle sind die Maschinen mit den untersuchten Serienproben und den jeweiligen Spezifikationsangaben aufgeführt.

Maschine	Artikel	Dicke in mm	Gewicht in g
Hot I	Sitz	$3,5 \pm 0,3$	640 ± 40
Flamme III	TSV	$4,5 \pm 0,5$	510 ± 50
Flachbett 2	Hutablage	$1,7 \pm 0,3$	390 ± 30
Kalander	Säule	$1,0 \pm 0,2$	270 ± 25

Tabelle 18 Übersicht Maschinenfähigkeit

Um aussagekräftige Ergebnisse zu erzielen, wurden 10-mal jeweils 5 Proben über die Warenbreite entnommen. Die Teile wurden direkt nacheinander entnommen, um der Vorgabe nach 50 Proben am Stück gerecht zu werden (siehe Punkt 4.2.3). In der Abbildung 23 ist schematisch die Entnahme und Benennung der Stichproben bei den Maschinen- und Prozessfähigkeitsuntersuchungen dargestellt.

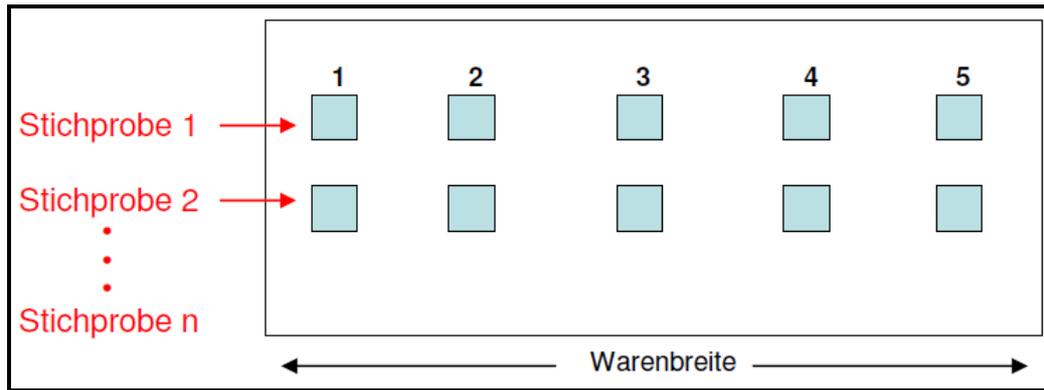


Abbildung 23 Probenentnahme Maschinen- und Prozessfähigkeit

Die Merkmale der Proben wurden ermittelt und in das neu verifizierte Formblatt Fb. 9.2 (siehe Anhang) eingetragen. Die errechneten Ergebnisse für alle vier Artikel sind in der nächsten Tabelle übersichtlich dargestellt.

Merkmal	Maschine	Artikel	C_m -Wert	C_{mk} -Wert	Fähigkeit
Dicke	Hot I	Sitz	2,90	2,54	fähig
	Flamme III	TSV	3,80	2,10	fähig
	Flachbett 2	Hutablage	2,67	2,21	fähig
	Kalander	Säule	4,48	2,69	fähig
Gewicht	Hot I	Sitz	5,27	2,91	fähig
	Flamme III	TSV	5,66	4,65	fähig
	Flachbett 2	Hutablage	5,27	2,91	fähig
	Kalander	Säule	2,59	2,08	fähig

Tabelle 19 Ergebnisse Maschinenfähigkeit

Um die errechneten Ergebnisse besser nachvollziehen zu können, sind beispielhaft die Formblätter der Untersuchung der Maschine Flamme III in den folgenden Abbildungen dargestellt. Es wird das Merkmal der Dicke gezeigt. Die Auswertungen der restlichen Artikel sind in den firmeninternen Unterlagen zu finden.



Integriertes Managementhandbuch
Maschinenfähigkeitsuntersuchung

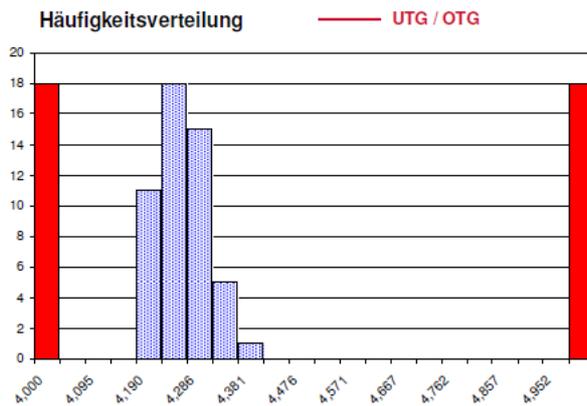
Dok: Fb 9.2
 Seite:1 von 4
 Revision:03-11
 Datum :15.03.11

Maschine:	Datum:	31.03.2011	Abt./Bearb.:	QS / F. Kirchner
Flamme III	Artikel:	E95 TSV 2,5mm Canut	Merkmal:	Dicke in mm

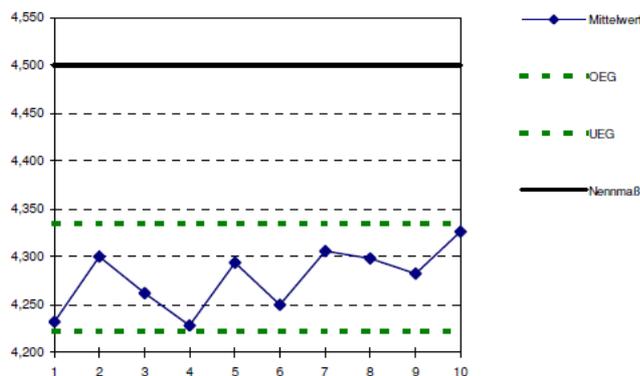
Nennwert: **4,5000** OTG: **5,0000** UTG: **4,0000**

Stichprobe	1	2	3	4	5	\bar{x}	R	S
1	4,21	4,22	4,25	4,26	4,22	4,23200	0,05000	0,02168
2	4,29	4,26	4,32	4,36	4,27	4,30000	0,10000	0,04062
3	4,21	4,24	4,31	4,31	4,24	4,26200	0,10000	0,04550
4	4,32	4,20	4,21	4,21	4,20	4,22800	0,12000	0,05167
5	4,31	4,28	4,29	4,34	4,25	4,29400	0,09000	0,03362
6	4,23	4,25	4,28	4,28	4,21	4,25000	0,07000	0,03082
7	4,30	4,31	4,32	4,32	4,28	4,30600	0,04000	0,01673
8	4,23	4,26	4,30	4,38	4,32	4,29800	0,15000	0,05762
9	4,28	4,24	4,36	4,28	4,25	4,28200	0,12000	0,04712
10	4,29	4,26	4,35	4,40	4,33	4,32600	0,14000	0,05413

\bar{x}	\bar{R}	\bar{S}
4,27780	0,09800	0,03995



Häufigkeitsverteilung



Mittelwertkarte

Statistikwerte

Mittelwert:
 $\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i :$ 4,277800

Standardabweichung:
 $\hat{\sigma} = \sqrt{s^2} :$ 0,042059

OEG(x): 4,334229

UEG(x): 4,221371

Cm: **3,9627**

Cmk: **2,2017**

$OEG_x = \bar{x} + A_2 \cdot \bar{R}$ $UEG_x = \bar{x} - A_2 \cdot \bar{R}$	$Cm = \frac{OTG - UTG}{6 \cdot s_{total}}$	$Cmk = \min \left\{ \frac{OTG - \hat{\mu}}{3 \cdot s_{total}} ; \frac{\hat{\mu} - UTG}{3 \cdot s_{total}} \right\}$
---	--	---

Abbildung 24 Formblatt 9.2: Maschinenfähigkeit, Maschine Flamme III, Merkmal Dicke, Artikel TSV

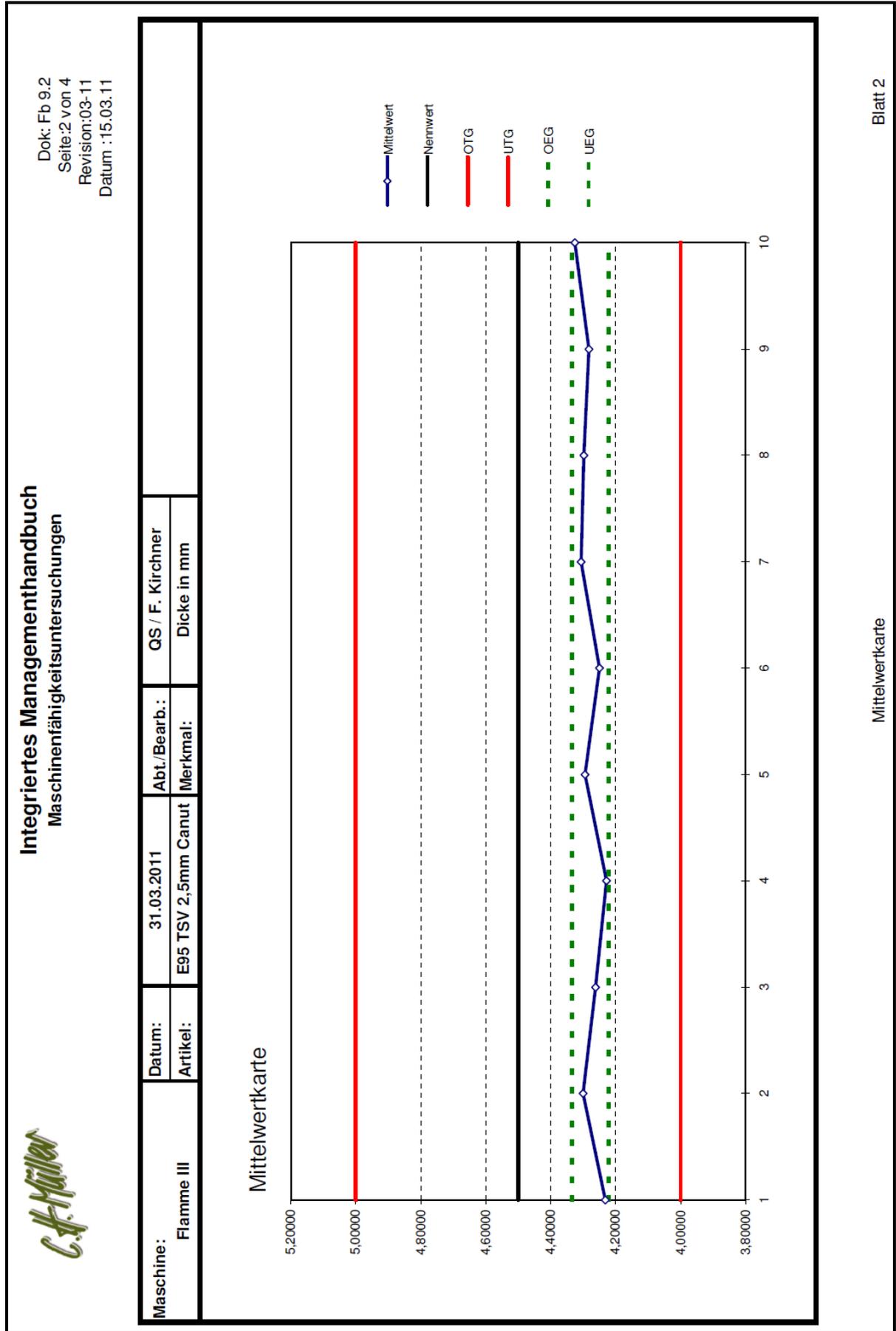


Abbildung 25 Fb. 9.2: Maschinenfähigkeit, Maschine Flamme III, Merkmal Dicke, Artikel TSV, grafische Auswertung Mittelwerte

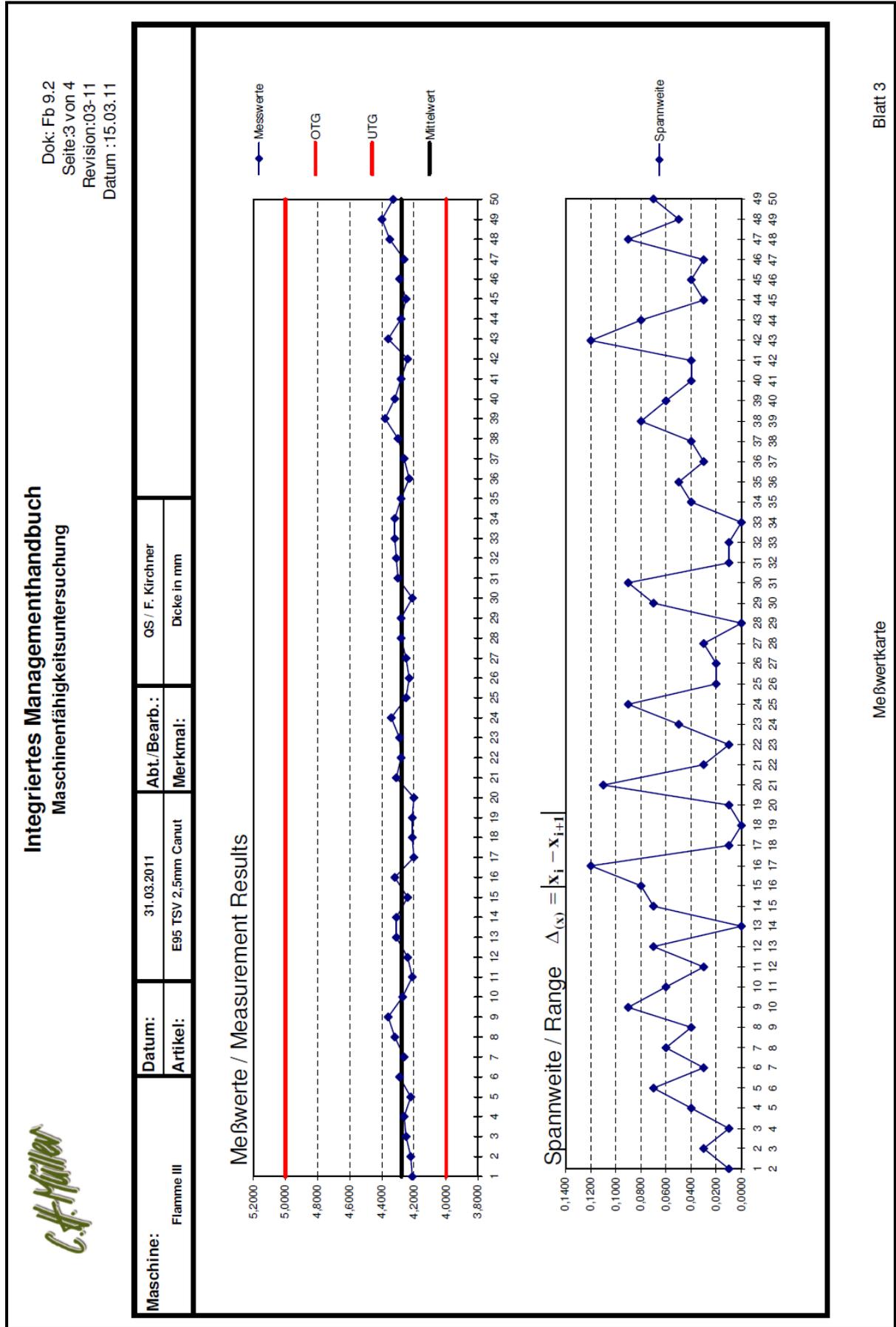


Abbildung 26 Fb. 9.2: Maschinenfähigkeit, Maschine Flamme III, Merkmal Dicke, Artikel TSV, grafische Auswertung Messwerte, Spannweite

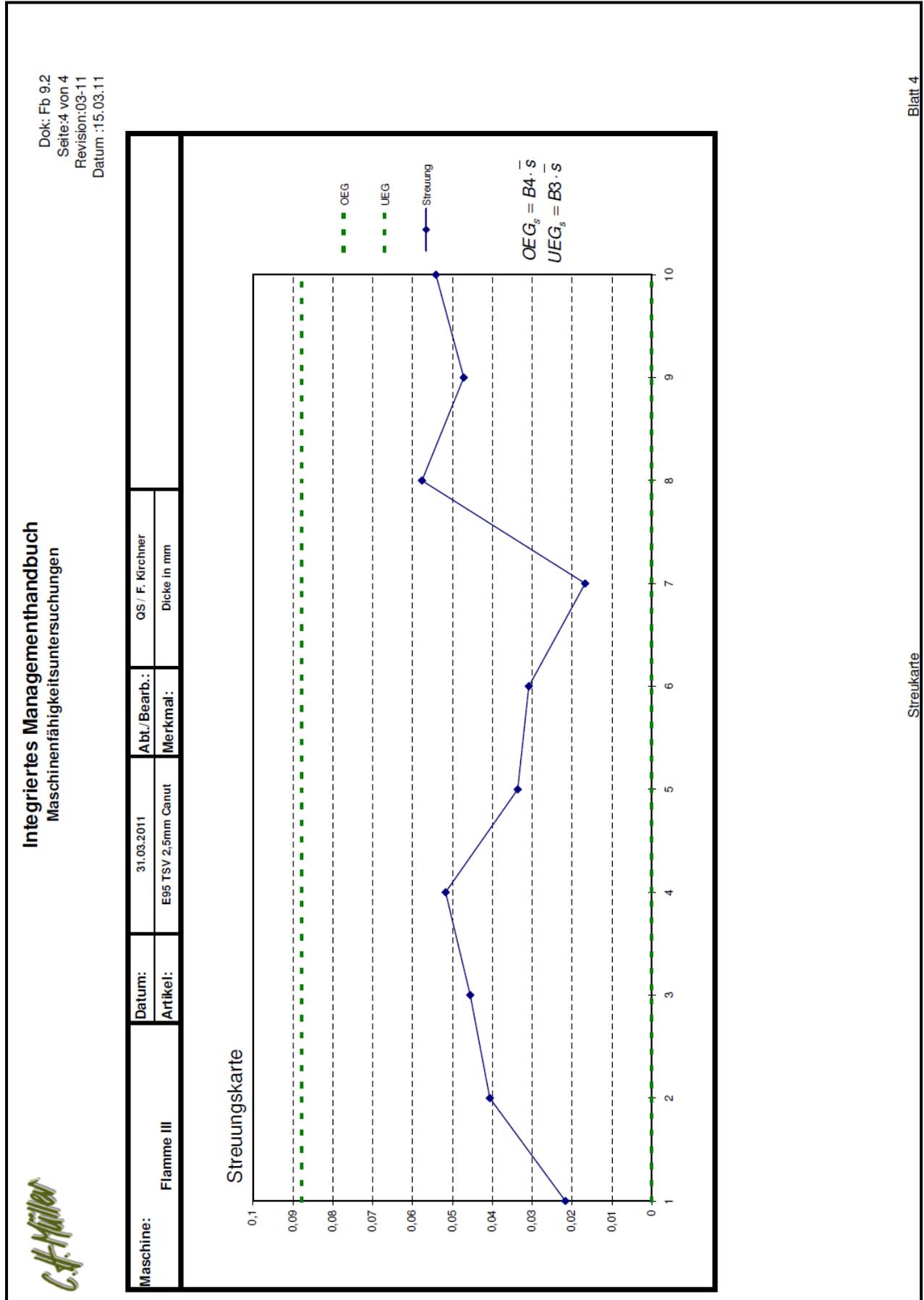


Abbildung 27 Fb. 9.2: Maschinenfähigkeit, Maschine Flamme III, Merkmal Dicke, Artikel TSV, grafische Auswertung Streuung

Die Resultate zeigen, dass alle Werte unterhalb des Nennwertes liegen. Dennoch kann man an den geringen Spannweiten und der kleinen Streuung der Messwerte erkennen, dass die Flammkaschieranlage III das Merkmal der Dicke stabil produzieren kann. Daher werden die firmeninternen Forderungen von $C_m > 2,3$ und $C_{mk} > 2,0$ hinreichend erfüllt.

5.4 Prozessfähigkeit am Beispiel

Nach der erfolgreichen Maschinenqualifikation der Anlage Flamme III wurde die Prozessfähigkeit der Anlage am Beispielartikel der Tüseitenverkleidung untersucht. Dadurch der Beobachtungszeitraum bei diesem Verfahren länger ist, als bei der Maschinenfähigkeitsuntersuchung, wirken auf den Kaschierprozess mehr Umwelteinflüsse.

Aus diesem Grund wurde der Prozessfähigkeitsnachweis über einen Zeitraum von einem kompletten Produktionsauftrag durchgeführt. Es wurden repräsentative Proben aus drei verschiedenen Schichten entnommen. Dieses Probenspektrum deckt alle dem Unternehmen bekannten Umwelteinflüsse auf den Kaschierprozess ab.

Die Probenentnahme, sowie die Spezifikationsvorgaben entsprechen den Angaben aus Abbildung 23 und Tabelle 16.

Das Ergebnis der Analyse der Flamme III mit dem Artikel TSV ist in der folgenden Abbildung in dem neu verifizierten Fb. 9.3 dargestellt. Als Ergebnis ist zu sehen, dass die firmeninternen Vorgaben von C_p bzw. $C_{pk} > 1,33$ erfüllt worden sind.

Der Trend der Maschinenfähigkeit bezüglich der Lage der Messwerte unterhalb des Nennwertes setzt sich in der Prozessfähigkeit fort. Dennoch ist ein Handlungsbedarf zum jetzigen Zeitpunkt nicht zwingend notwendig, da die Merkmale nur gering streuen und vom Kunden keine Reklamationen bezüglich der Dicke bis jetzt eingegangen sind.

Die Prozessfähigkeitsuntersuchung wurde bisher nur an dem oben beschriebenen Artikel durchgeführt. In einem nächsten Schritt werden die anderen Artikel, die beispielhaft bei den anderen Untersuchungen aufgeführt sind, auf Prozessfähigkeit untersucht und anschließend weitere Produkte.

Dok: Fb 9.3
 Seite: 1 von 1
 Revision: 07-11
 Datum: 05.07.11

Integriertes Managementhandbuch
Prozessfähigkeitsuntersuchung

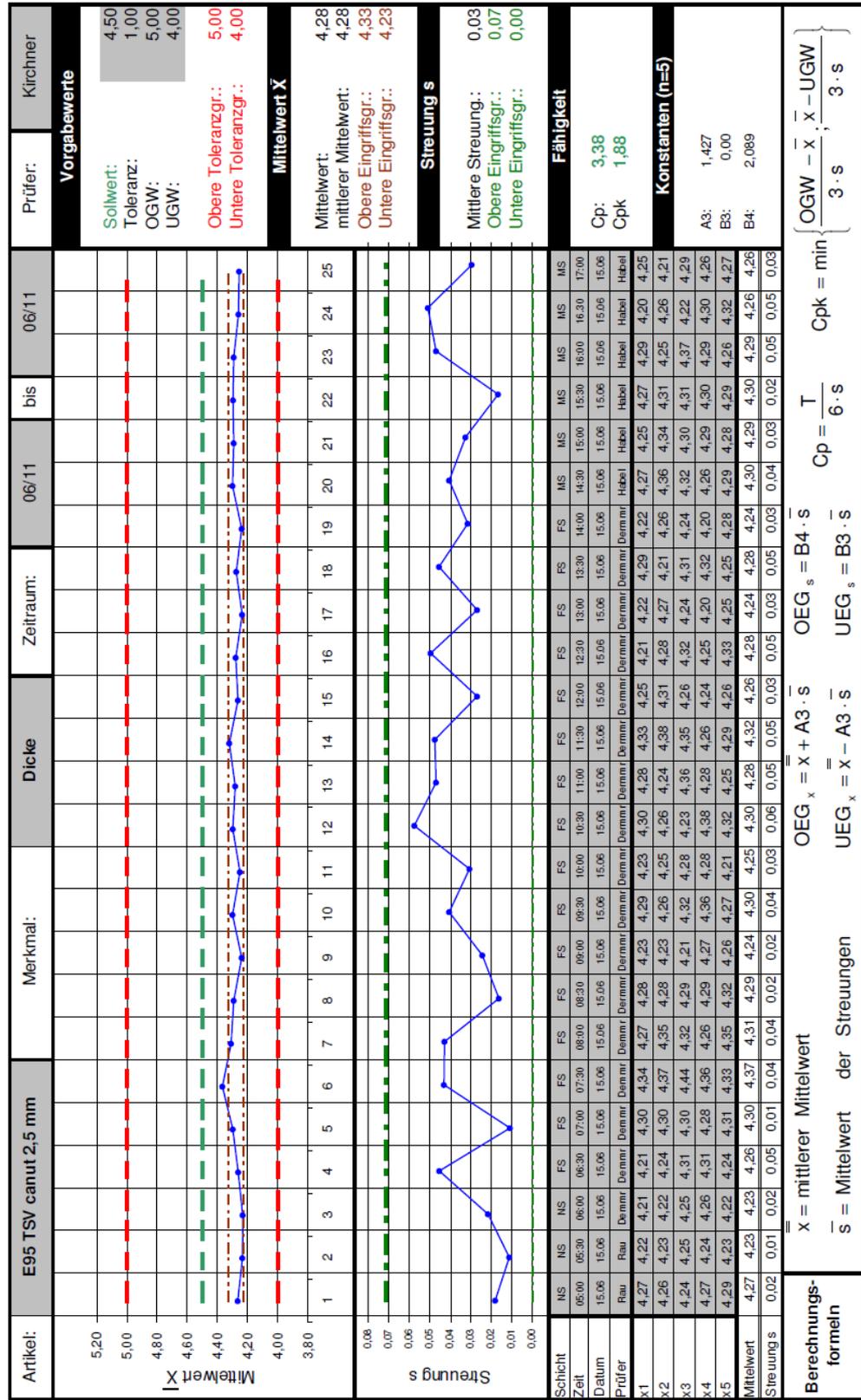


Abbildung 28 F.b. 9.3: Prozessfähigkeit, Maschine Flamme III, Merkmal Dicke am Beispielartikel TSV

6. Dokumentation

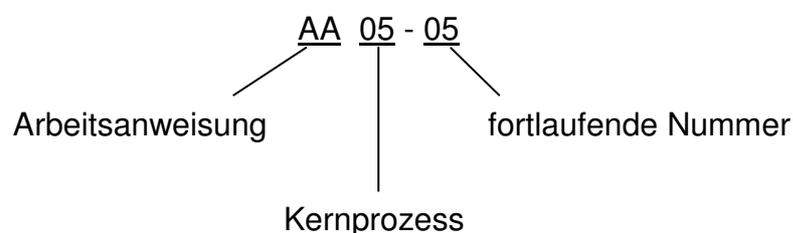
Nach Punkt 4.2.1 der ISO 9001:2002 muss die Dokumentation zum Qualitätsmanagementsystem u.a. dokumentierte Verfahren enthalten, die von der Internationalen Norm gefordert werden.⁵⁷

Demzufolge müssen die neu verifizierten Algorithmen ebenfalls dokumentiert werden. Es wurden dazu entsprechende Arbeitsanweisungen für die Mitarbeiter der QS erstellt und in das Managementhandbuch implementiert. In der Tabelle sind die entstandenen Arbeitsanweisungen im Überblick dargestellt.

Algorithmus	Nummer der Arbeitsanweisung	Titel der Arbeitsanweisung
Prüfmittel-/ Prüfprozessfähigkeit (nach Abb. 12)	AA 06-01-07	Prüfmittelfähigkeit
Verfahren 1 (nach Abb. 13)	AA 06-01-08	MSA Verfahren 1
Verfahren 2 (nach Abb. 14)	AA 06-01-09	MSA Verfahren 2
Maschinen- und Prozessfähigkeit (nach Abb. 17)	AA 05-05	Maschinen- und Prozessfähigkeit

Tabelle 20 Überblick implementierter Arbeitsanweisungen

Die Nummern für die Arbeitsanweisungen unterliegen einer Art „Verschlüsselung“. Sie werden der Prozesslandschaft des Unternehmens zugeordnet und entsprechend nummeriert. Die Prozesslandschaft ist im Anhang 12 zu finden. Beispielhaft ist die Verschlüsselung der Arbeitsanweisung zur Maschinen- und Prozessfähigkeit erläutert:



⁵⁷ vgl. ISO/TS 16949, 2002, S.8

Zusätzlich zu den Arbeitsanweisungen werden die einzelnen Verfahren in den bereits erwähnten Formblättern dokumentiert. Die Tabelle 20 fasst nochmals die neuen Formblätter der Einzelnen Untersuchungen zusammen.

Fb. Nr.	Fb. Bezeichnung	Untersuchung
9.1.1	Messsystemanalyse	Verfahren 1 nach MSA 3rd Edition
9.1.2	Messsystemanalyse	Verfahren 2 nach MSA 3rd Edition
9.2	Maschinenfähigkeitsuntersuchung	Kurzzeituntersuchung
9.3	Prozessfähigkeitsuntersuchung	Langzeituntersuchung

Tabelle 21 Überblick neu verifizierter Formblätter

7. Zusammenfassung/ Ausblick

Ausgangspunkt war, dass keinerlei Unterlagen, Dokumente o.ä. bezüglich den Fähigkeitsuntersuchungen der Messmittel, Maschinen und Prozessen bei der Firma C.H. Müller vorlagen. Demzufolge mussten eine erste Grundlage bei der Erfüllung der Kundenanforderungen nach ISO/TS16949 geschaffen werden.

Aus allgemein bekannten Methoden, die bereits in dieser Arbeit erläutert wurden, entstanden firmeneigene Formblätter, die als Werkzeuge zum Nachweis der einzelnen Fähigkeiten eingesetzt werden können.

Durch die Auswertung der Messergebnisse liefern die Formblätter transparente Ergebnisse, die dem Kunden auf Nachfrage vorgelegt werden können. Die Auswertemethoden liefern außerdem die Grundlage für ein gutes Monitoring⁵⁸ bei den Fähigkeitsuntersuchungen.

Wirtschaftlich gesehen bedeuten die neuen Arbeitsverfahren einen geordneten Mehraufwand für die Mitarbeiter der Qualitätssicherung. Zeitliche Betrachtungen bei den ersten, vorher aufgeführten Untersuchungen der Merkmale Dicke und Gewicht ergaben folgende vorläufige Werte:

Verfahren	Umfang	durchschnittliche Durchführungszeit in min
Messmittelfähigkeit (Verfahren1 nach MSA)	Normal bzw. Referenzprobe 50 mal messen; in Excel übertragen	20
Messmittelfähigkeit (Verfahren 1 nach MSA)	10 Proben entnehmen, 3 Prüfer jeweils 3 mal messen; in Excel übertragen	40
Maschinenfähigkeit	50 Proben entnehmen und messen; in Excel übertragen	45
Prozessfähigkeit	125 repräsentative Proben messen; in Excel übertragen	110

Tabelle 22 Durchführungszeit der Untersuchungsverfahren

⁵⁸ Monitoring ist eine Sonderform der Protokollierung. Die Funktion besteht darin, bei einem beobachteten Ablauf bzw. Prozess steuernd einzugreifen, sofern dieser nicht den Verlauf nimmt bzw. bestimmte Schwellwerte unter- bzw. überschritten sind. (online Wikipedia 18.07.2011)

Weiterhin sind in Zukunft die Fähigkeitsnachweise auf andere Prüfungen zu erweitern und die Durchführungszeiten zu ermitteln.

Das Unternehmen muss diesen Mehraufwand in Kauf nehmen, um die in den Punkten 7.6.1 Beurteilung von Messsystemen und 8.2.3 Überwachung von Messung und Prozessen der ISO/TS 16949 den Anforderungen gerecht zu werden.

Jedoch sind diese Verfahren und Abläufe noch neu für die Mitarbeiter der QS und zudem noch nicht weiter optimiert. Es ist demzufolge noch Potenzial vorhanden, um die Durchführungszeiten der Fähigkeitsuntersuchungen zu verringern.

In weiteren Betrachtungen sollte in einem ersten Ansatz die Aufnahme der Messwerte verbessert werden. Bei dem Übertragen in die Excel-Vorlagen geht nicht nur Zeit verloren, sondern es besteht zudem ein hohes Maß an Fehlermöglichkeiten falsche Werte einzutragen. Eine geeignete Software bzw. rechnergestützte Aufnahme der Messwerte direkt vom Messmittel sollten als Alternativen in Betracht gezogen werden.

Literaturverzeichnis

C.H. Müller GmbH: Firmenhomepage. In:
<http://chmueller.de/v2/main.php?warpid=1&linkid=1> (30.03.2010)

ISO/TS 16949:2002
Qualitätsmanagementsysteme
Besondere Anforderungen bei Anwendung von ISO 9001:2000 für die Serien- und Ersatzteil-Produktion in der Automobilindustrie; zweite Ausgabe 03.01.2002; Deutsche Fassung ISO/TS 16949:2002

Wikipedia, In: <http://de.wikipedia.org/wiki/Algorithmus> (22.06.2011)

Gabler Verlag (Herausgeber), Gabler Wirtschaftslexikon, Stichwort: Algorithmus, In:
<http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/algorithmus.html> (22.06.2011)

TU Chemnitz (Herausgeber), Skript, In:
http://www-user.tu-chemnitz.de/~meh/lehre/SCRIPTS/uebung1_2.pdf (22.06.2011)

Dietrich, Edgar; Schulze, Alfred: Statistische Verfahren zur Maschinen- und Prozessqualifikation 5., aktualisierte Auflage München, Wien: Hanser 2005

Dietrich, Edgar; Schulze, Alfred: Prüfprozesseignung, Prüfmittelfähigkeit und Messunsicherheit im aktuellen Normenumfeld 3., akt. und erw. Auflage München, Wien: Hanser 2007

A.I.A.G. – Chrysler Corp., Ford Motor Co., General Motors Corp.: Measurement Systems Analysis, Reference Manual, 3. Auflage Michigan, USA, 2002

Robert Bosch GmbH: Qualitätssicherung in der Bosch-Gruppe Heft 9 „Maschinen- und Prozessfähigkeit, 3. Auflage, 2004

Robert Bosch GmbH: Qualitätsmanagement in der Bosch-Gruppe, Technische Statistik Heft 10 „Fähigkeit von Mess- und Prüfprozessen“, 2003

DIN EN ISO 5084: 1996
Bestimmung der Dicke von Textilien und textilen Erzeugnissen (ISO 5084:1996); Deutsche Fassung EN ISO 5084:1996

DIN EN 12127: 1997

Textile Flächengebilde – Bestimmung der flächenbezogenen Masse unter Verwendung kleiner Proben; Deutsche Fassung EN 12127:1997

DIN ISO 21747:2007

Statistische Verfahren – Prozessleistungs- und Prozessfähigkeitskenngrößen für kontinuierliche Qualitätsmerkmale; ISO 21747:2006; Text Deutsch, Englisch

DIN EN ISO 9000

Qualitätsmanagementsysteme- Grundlagen und Begriffe (ISO 9000:2005);
Dreisprachige Fassung EN ISO 9000:2005

Wikipedia, Suchbegriff: Monitoring,

In: <http://de.wikipedia.org/wiki/Monitoring> (14.07.2011)

Anhangverzeichnis

Anhang 1	Ehrenwörtliche Erklärung
Anhang 2	d_2^* -Tabelle
Anhang 3	Faktoren Eingriffsgrenzen
Anhang 4	Fb. 9.1.1 MSA Verfahren 1
Anhang 5	Fb. 9.1.2 MSA Verfahren 2
Anhang 6	Fb. 9.2 MFU
Anhang 7	Fb. 9.3 PFU
Anhang 8	AA 06-01-07
Anhang 9	AA 06-01-08
Anhang 10	AA 06-01-09
Anhang 11	AA 05-f-01
Anhang 12	Prozesslandschaft C.H. Müller aus IMHB
Anhang 13	Kalibrierprotokoll FILK
Anhang 14	Verteilungsmodell A1
Anhang 15	Verteilungsmodell A2
Anhang 16	Verteilungsmodell B
Anhang 17	Verteilungsmodell C1
Anhang 18	Verteilungsmodell C2
Anhang 19	Verteilungsmodell C3
Anhang 20	Verteilungsmodell C4
Anhang 21	Verteilungsmodell D

Ehrenwörtliche Erklärung

"Ich erkläre hiermit ehrenwörtlich",

1. dass ich meine mit dem Thema

.....
.....
.....

ohne fremde Hilfe angefertigt habe,

2. dass ich die Übernahme wörtlicher Zitate aus der Literatur sowie die Verwendung der Gedanken anderer Autoren an den entsprechenden Stellen innerhalb der Arbeit gekennzeichnet habe und
3. dass ich meine bei keiner anderen Prüfung vorgelegt habe.

Ich bin mir bewusst, dass eine falsche Erklärung rechtliche Folgen haben wird.

Ort, Datum

Unterschrift

		Stichprobenumfang: Anzahl Wiederholungen (r) für K ₁ oder Anzahl Prüfer (k) für K ₂								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
Anzahl Prüfer (k) • Anzahl Teile (n)	1	1.0 1.41421	2.0 1.91155	2.9 2.23887	3.8 2.48124	4.7 2.67253	5.5 2.82981	6.3 2.96288	7.0 3.07794	7.7 3.17905
	2	1.9 1.27931	3.8 1.80538	5.7 2.15069	7.5 2.40484	9.2 2.60438	10.8 2.76779	12.3 2.90562	13.8 3.02446	15.1 3.12869
	3	2.8 1.23105	5.7 1.76858	8.4 2.12049	11.1 2.37883	13.6 2.58127	16.0 2.74681	18.3 2.88628	20.5 3.00643	22.6 3.11173
	4	3.7 1.20621	7.5 1.744989	11.2 2.10522	14.7 2.36571	18.1 2.56964	21.3 2.73626	24.4 2.87656	27.3 2.99737	30.1 3.10321
	5	4.6 1.19105	9.3 1.73857	13.9 2.09601	18.4 2.35781	22.6 2.56263	26.6 2.7299	30.4 2.87071	34.0 2.99192	37.5 3.09808
	6	5.5 1.18083	11.1 1.73099	16.7 2.08985	22.0 2.35253	27.0 2.55795	31.8 2.72567	36.4 2.86680	40.8 2.98829	45.0 3.09467
	7	6.4 1.17348	12.9 1.72555	19.4 2.08543	25.6 2.34875	31.5 2.55460	37.1 2.72263	42.5 2.86401	47.6 2.98568	52.4 3.09222
	8	7.2 1.16794	14.8 1.72147	22.1 2.08212	29.2 2.34591	36.0 2.55208	42.4 2.72036	48.5 2.86192	54.3 2.98373	59.9 3.09039
	9	8.1 1.16361	16.6 1.71828	24.9 2.07953	32.9 2.34370	40.4 2.55013	47.7 2.71858	54.5 2.86028	61.1 2.98221	67.3 3.08896
	10	9.0 1.16014	18.4 1.71573	27.6 2.07746	36.5 2.34192	44.9 2.54856	52.9 2.71717	60.6 2.85898	67.8 2.98100	74.8 3.08781
	11	9.9 1.15729	20.2 1.71363	30.4 2.07577	40.1 2.34048	49.4 2.54728	58.2 2.71600	66.6 2.85791	74.6 2.98000	82.2 3.08688
	12	10.7 1.15490	22.0 1.71189	33.1 2.07436	43.7 2.33927	53.8 2.54621	63.5 2.71504	72.6 2.85702	81.3 2.97917	89.7 3.08610
	13	11.6 1.15289	23.8 1.71041	35.8 2.07316	47.3 2.33824	58.3 2.54530	68.7 2.71422	78.6 2.85627	88.1 2.97847	97.1 3.08544
	14	12.5 1.15115	25.7 1.70914	38.6 2.07213	51.0 2.33737	62.8 2.54452	74.0 2.71351	84.7 2.85562	94.9 2.97787	104.6 3.08487
	15	13.4 1.14833	27.5 1.70804	41.3 2.07125	54.6 2.33661	67.2 2.54385	79.3 2.71290	90.7 2.85506	101.6 2.97735	112.1 3.08438
	16	14.3 1.14833	29.3 1.70708	44.1 2.07047	58.2 2.33594	71.7 2.54326	84.5 2.71237	96.7 2.85457	108.4 2.97689	119.5 3.08395
	17	15.1 1.14717	31.1 1.70623	46.8 2.06917	61.8 2.33535	76.2 2.54274	89.8 2.71190	102.8 2.85413	115.1 2.97649	127.0 3.08358
	18	16.0 1.14413	32.9 1.70547	49.5 2.06917	65.5 2.33483	80.6 2.54228	95.1 2.71148	108.8 2.85375	121.9 2.97613	134.4 3.08324
	19	16.9 1.14520	34.7 1.70480	52.3 2.06862	69.1 2.33436	85.1 2.54187	100.3 2.71111	114.8 2.85341	128.7 2.97552	141.9 3.08294
	20	17.8 1.14437	36.5 1.70419	55.0 2.06813	72.7 2.33394	89.6 2.54149	105.6 2.71077	120.9 2.85310	135.4 2.97552	149.3 3.08267
d ₂	1.12838	1.69257	2.05875	2.32593	2.53441	2.70436	2.8472	2.97003	3.07751	
cd	0.876	1.815	2.7378	3.623	4.4658	5.2673	6.0305	6.7582	7.4539	

Tabelle 23 Ausschnitt aus d₂^{*}-Tabelle (Dietrich, Schulze, 2007, S.267)

AbleSEN der d₂^{*}-Funktion:**K₁-Faktor:**

K₁ ist abhängig von der Anzahl der Wiederholungen (r) und der Anzahl der Teile (n) mal der Anzahl der Prüfer (k).⁵⁹

K₂-Faktor:

K₂ ist abhängig von der Anzahl der Prüfer (k). Da nur eine Spannweite berechnet wird, gilt nur Zeile 1.⁶⁰

K₃-Faktor:

K₃ ist abhängig von der Anzahl (n) der Prüfobjekte. Da nur eine Spannweite berechnet wird, gilt nur Zeile 1.⁶¹

Beispiele zur Bestimmung der K-Faktoren (in Anlehnung an betriebliche Vorgaben):

1. K₁: 3 Wiederholungen (r=3), 3 Prüfer (k=3), 10 teile (n=10)
k·n = 3·10 = 30; dann gilt die Zeile >20 → d₂^{*} = 1,69257
K₁ = 1/1,69257 = 0,59082
2. K₂ 3 Prüfer k=3 → d₂^{*} = 1,91155
K₂ = 1/1,91155 = 0,5231
3. K₃ 10 Prüfobjekte n=10 → d₂^{*} = 3,17905
K₃ = 1/3,17905 = 0,3146

⁵⁹ Dietrich, Schulze, 2007, S.269

⁶⁰ Dietrich, Schulze, 2007, S.269

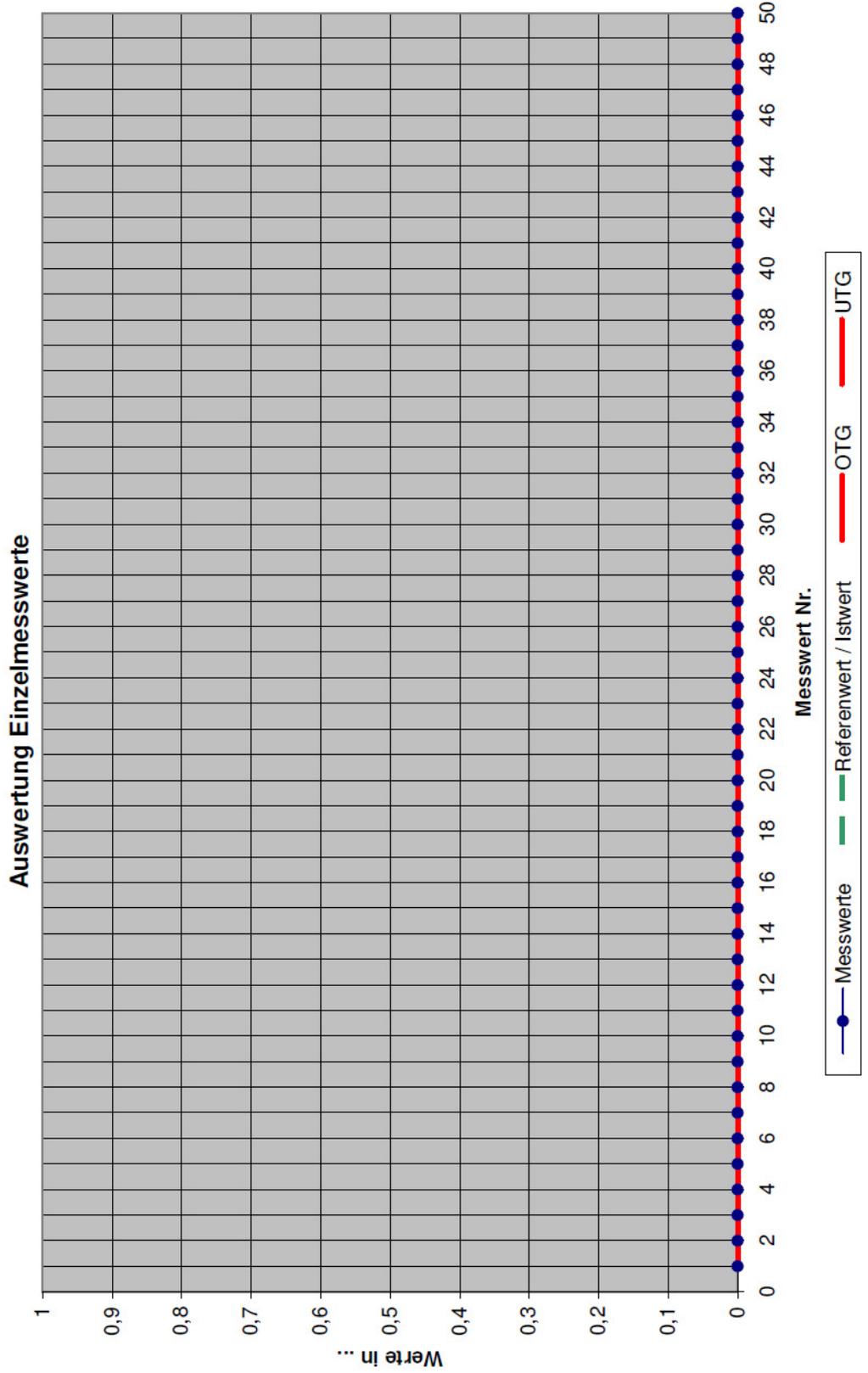
⁶¹ Dietrich, Schulze, 2007, S.269

n	A ₂	d ₂	D ₃	D ₄	A ₃	c ₄	B ₃	B ₄	Ä ₂
2	1,880	1,128	-	3,267	2,659	0,7979	-	3,267	1,880
3	1,023	1,693	-	2,574	1,954	0,8862	-	2,568	1,187
4	0,729	2,059	-	2,282	1,628	0,9213	-	2,266	0,796
5	0,577	2,326	-	2,114	1,427	0,9400	-	2,089	0,691
6	0,483	2,534	-	2,004	1,287	0,9515	0,030	1,970	0,548
7	0,419	2,704	0,076	1,924	1,182	0,9594	0,118	1,882	0,508
8	0,373	2,847	0,136	1,864	1,099	0,9650	0,185	1,815	0,433
9	0,337	2,970	0,184	1,816	1,032	0,9693	0,239	1,761	0,412
10	0,308	3,078	0,223	1,777	0,975	0,9727	0,284	1,716	0,362
11	0,285	3,173	0,256	1,744	0,927	0,9754	0,321	1,679	-
12	0,266	3,258	0,283	1,717	0,886	0,9776	0,354	1,646	-
13	0,249	3,336	0,307	1,693	0,850	0,9794	0,382	1,618	-
14	0,235	3,407	0,328	1,672	0,817	0,9810	0,406	1,594	-
15	0,223	3,472	0,347	1,653	0,789	0,9823	0,428	1,572	-
16	0,212	3,532	0,363	1,637	0,763	0,9835	0,448	1,552	-
17	0,203	3,588	0,378	1,622	0,739	0,9845	0,466	1,534	-
18	0,194	3,640	0,391	1,608	0,718	0,9854	0,482	1,518	-
19	0,187	3,689	0,403	1,597	0,698	0,9862	0,497	1,503	-
20	0,180	3,735	0,415	1,585	0,680	0,9869	0,510	1,490	-
21	0,173	3,778	0,425	1,575	0,663	0,9876	0,523	1,477	-
22	0,167	3,819	0,434	1,566	0,647	0,9882	0,534	1,466	-
23	0,162	3,858	0,443	1,557	0,633	0,9887	0,545	1,455	-
24	0,157	3,895	0,451	1,548	0,619	0,9892	0,555	1,445	-
25	0,153	3,931	0,459	1,541	0,606	0,9896	0,565	1,435	-

Tabelle 24 Faktoren für Eingriffsgrenzen basierend auf einer statistischen Sicherheit von 99,73% (Dietrich, Schulz, 2005, S.405)

Dok: Fb 9.1.1
Seite:2 von 2
Revision:02-11
Datum :15.02.11

Integriertes Management - Handbuch
Messsystemanalyse
(MSA-3. Ausgabe, Verfahren 1 nach BMW, Bosch, Opel)



Dok: Fb 9.1.2
 Seite: 1 von 3
 Revision: 02-11
 Datum: 15.02.11

Integriertes Management - Handbuch
 Messsystemanalyse
 (MSA-3. Ausgabe, Verfahren 2)



Inventar-Nr.	Bezeichnung	Hersteller	Baujahr	Standort
--------------	-------------	------------	---------	----------

Merkmaleangabe	Toleranz:	T =	Maßeinheiten Mess- und Auswertgrößen:
Geräteangaben	Zahleneinteilungs- bzw. ziffernwert:	Skw =	Messverfahren:
	Messbereich:	MB =	
	Auflösung ≤ 5% von T?:	$\%RE = \frac{Skw}{T} \cdot 100\% = \#DIV/0!$	

Anzahl der Varianten/Prüfer k= 3			Anzahl der Messreihen pro Prüfer i= 3			Anzahl der Prüfobjekte n= 10							
Prüfer A:			Prüfer B:			Prüfer C:							
Objekt Nr.	Reihe 1	Reihe 2	Reihe 3	Reihe 1	Reihe 2	Reihe 3	Reihe 1	Reihe 2	Reihe 3	R _C	\bar{X}_i		
1										0,000	#DIV/0!		
2										0,000	#DIV/0!		
3										0,000	#DIV/0!		
4										0,000	#DIV/0!		
5										0,000	#DIV/0!		
6										0,000	#DIV/0!		
7										0,000	#DIV/0!		
8										0,000	#DIV/0!		
9										0,000	#DIV/0!		
10										0,000	#DIV/0!		
$\bar{X}_A =$	#DIV/0!	$\bar{R}_A =$	0,0000	$\bar{X}_B =$	#DIV/0!	$\bar{R}_B =$	0,0000	$\bar{X}_C =$	#DIV/0!	$\bar{R}_C =$	0,0000	$\bar{R}_P =$	#DIV/0!

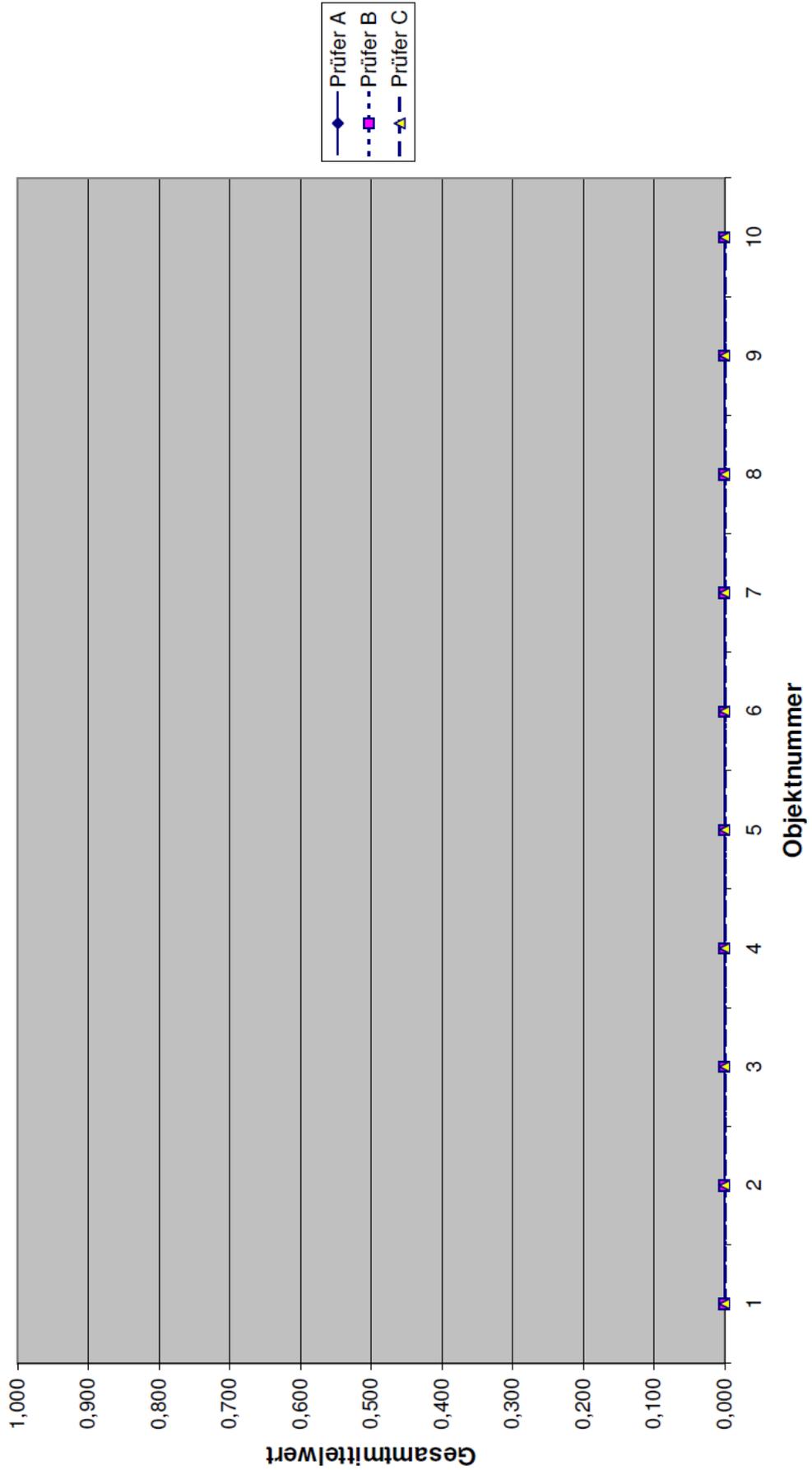
Mittlere Spannweite		$\bar{R} = (\bar{R}_A + \bar{R}_B + \bar{R}_C) / 3 =$	0,0000000	Auflösung Prozessstreuweite (number of district categories)	$ndc = \sqrt{2} \cdot \frac{PV}{R \& R} =$	#DIV/0!
Spannweite der Bedienermittelwerte		$R_X =$	#DIV/0!	relative Messsystemstreuung (Toleranzausnutzung)	$\% R \& R = 6 \cdot \frac{R \& R}{T} \cdot 100\% =$	#DIV/0!
Wiederholpräzision (Equipm. Var. EV) K ₁ = 0,59082		$EV = R \cdot K_1 =$	0,0000000	Beurteilung des Messsystems (Messprozesses)		
Vergleichspräzision (Appraiser Var. AV) K ₂ = 0,5231		$AV = \sqrt{(R_x \cdot K_2)^2 - \left[\frac{EV^2}{n \cdot r} \right]} =$	#DIV/0!	Grenzwert für %R&R: 1 bis 10% geeignet 2 bis 20% geeignet		
Wiederhol- u. Vergleichspräzision (Gage R&R: GRR)		$R \& R = \sqrt{EV^2 + AV^2} =$	#DIV/0!	%R&R ≤ Eingabe! Eingabe! ≤ %R&R ≤ 30% %R&R ≥ 30%		
Teilstreuung (Part Variation PV) K ₃ = 0,3146		$PV = R_P \cdot K_3 =$	#DIV/0!	geeignet bedingt geeignet ungeeignet		
Ergebnis: Das Messsystem ist Eingabe!				Datum: _____ Prüfer: _____ Unterschrift: _____		

Integriertes Management - Handbuch
Messsystemanalyse
(MSA-3. Ausgabe, Verfahren 2)

Dok: Fb 9.1.2
Seite: 2 von 3
Revision: 02-11
Datum : 15.02.11



Mittelwert pro Teil und Prüfer

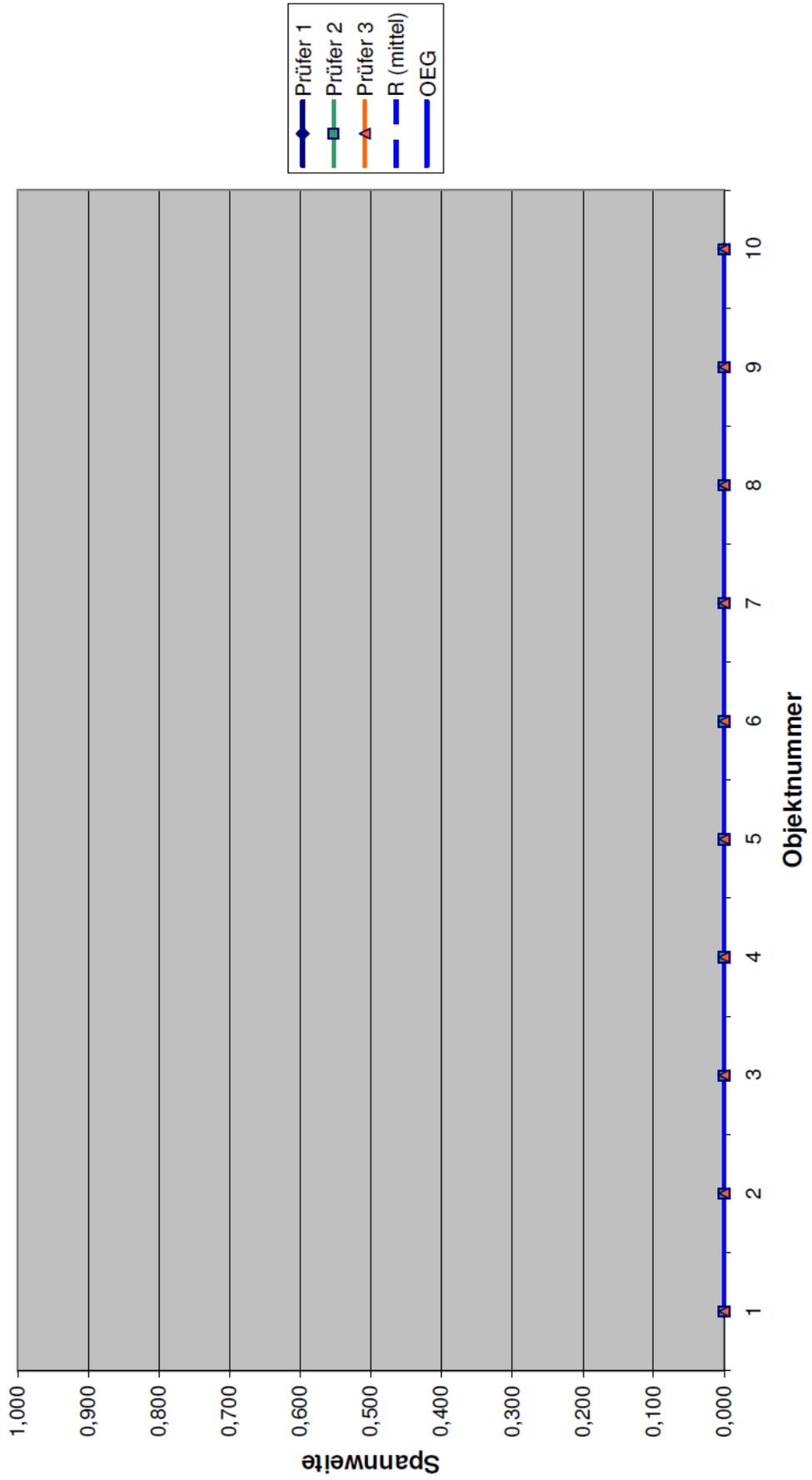


Integriertes Management - Handbuch
Messsystemanalyse
(MSA-3. Ausgabe, Verfahren 2)

Dok: Fb 9.1.2
Seite: 3 von 3
Revision: 02-11
Datum : 15.02.11

C. H. Müller

R-Karte nach Prüfer





Integriertes Managementhandbuch
Maschinenfähigkeitsuntersuchung

Dok: Fb 9.2
 Seite: 1 von 4
 Revision: 03-11
 Datum : 15.03.11

Maschine: Machine:	Datum: Date:	Abt./Bearb.: Dept./Resp.:
	Artikel: Article:	Merkmal: Characteristic:

Nennwert: OTG: UTG:
 Nominal value: UTL: LTL:

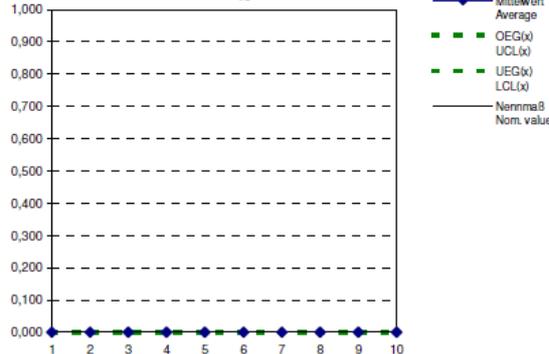
Stichprobe	1	2	3	4	5	\bar{x}	R	S
1						0,00000	0,00000	#DIV/0!
2						0,00000	0,00000	#DIV/0!
3						0,00000	0,00000	#DIV/0!
4						0,00000	0,00000	#DIV/0!
5						0,00000	0,00000	#DIV/0!
6						0,00000	0,00000	#DIV/0!
7						0,00000	0,00000	#DIV/0!
8						0,00000	0,00000	#DIV/0!
9						0,00000	0,00000	#DIV/0!
10						0,00000	0,00000	#DIV/0!

\bar{x}	\bar{R}	\bar{S}
0,00000	0,00000	#DIV/0!

Häufigkeitsverteilung / Frequency distribution



Mittelwertkarte / \bar{x} -chart



Statistikwerte

Mittelwert: 0,000000
 Average

$\bar{x} + 5s$: #DIV/0!
 $\bar{x} - 5s$: #DIV/0!

$\hat{\sigma} = \sqrt{s^2}$: #DIV/0!

Spannweite: 0,000000
 Range(1-50)

OEG(x): #DIV/0!
 UCL(x):

UEG(x): #DIV/0!
 LCL(x):

Cm: #DIV/0!

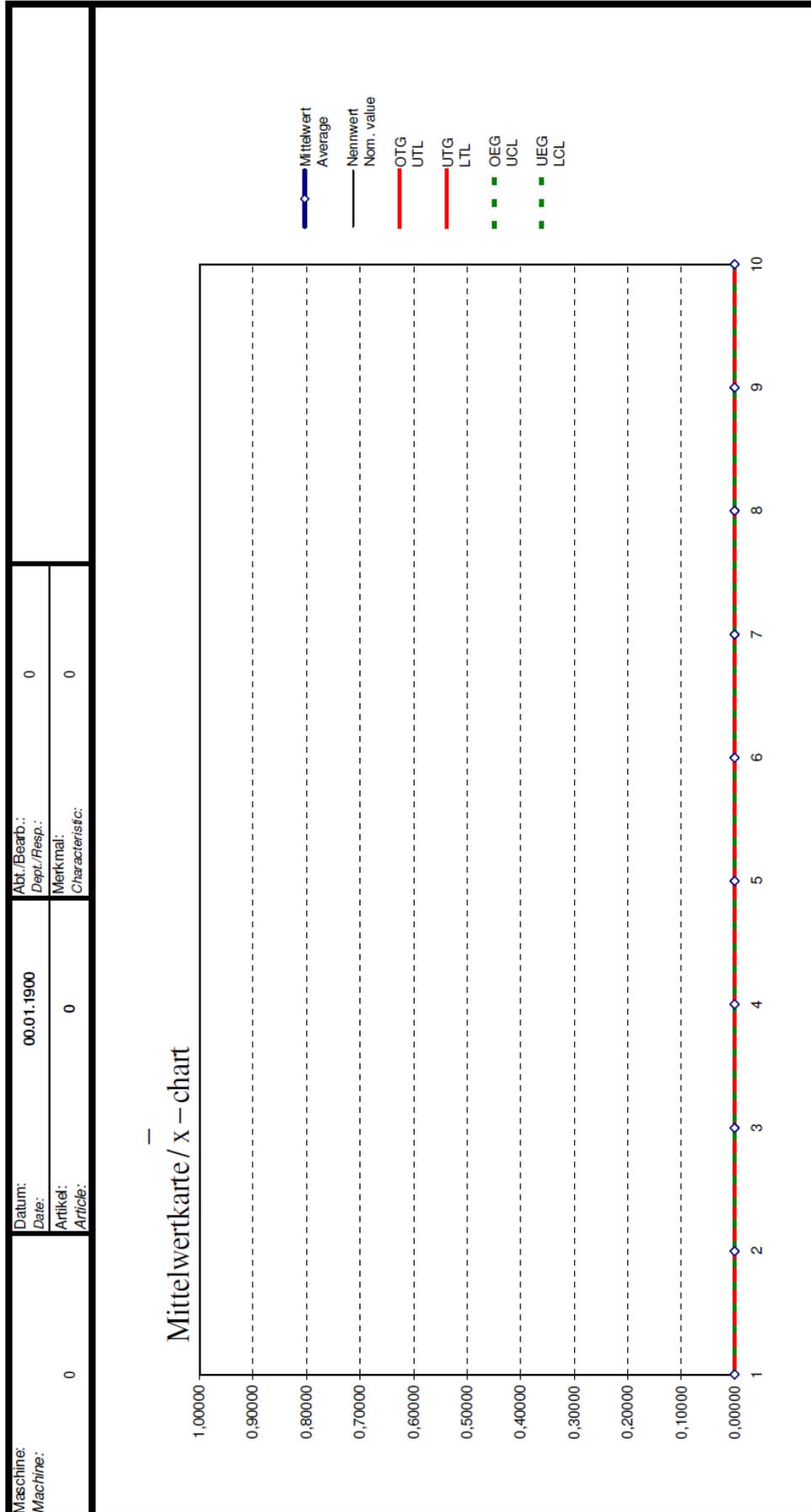
Cmk: #DIV/0!

OEG	UEG	$Cm = \frac{OTG - UTG}{Q_{0,99865} - Q_{0,00135}}$	$Cmk = \min \left\{ \frac{OTG - \hat{\mu}}{Q_{0,99865} - \hat{\mu}}; \frac{\hat{\mu} - UTG}{\hat{\mu} - Q_{0,00135}} \right\}$
$\mu + u_{1-\alpha/2} \cdot \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}}$	$\mu - u_{1-\alpha/2} \cdot \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}}$		

Integriertes Managementhandbuch
 Maschinenfähigkeitsuntersuchungen

C.F. Müller

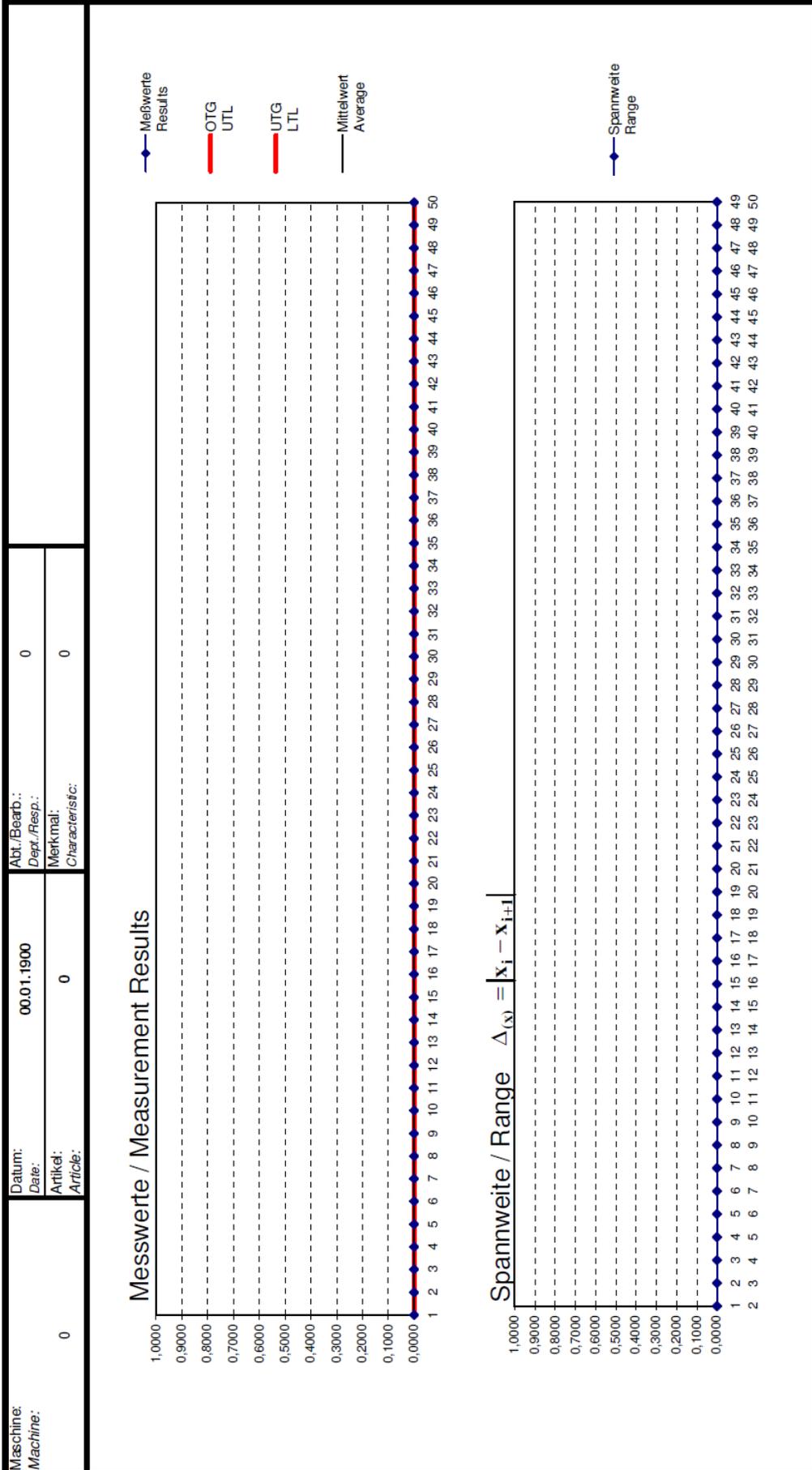
Dok: Fb 9.2
 Seite: 2 von 4
 Revision: 03-11
 Datum : 15.03.11





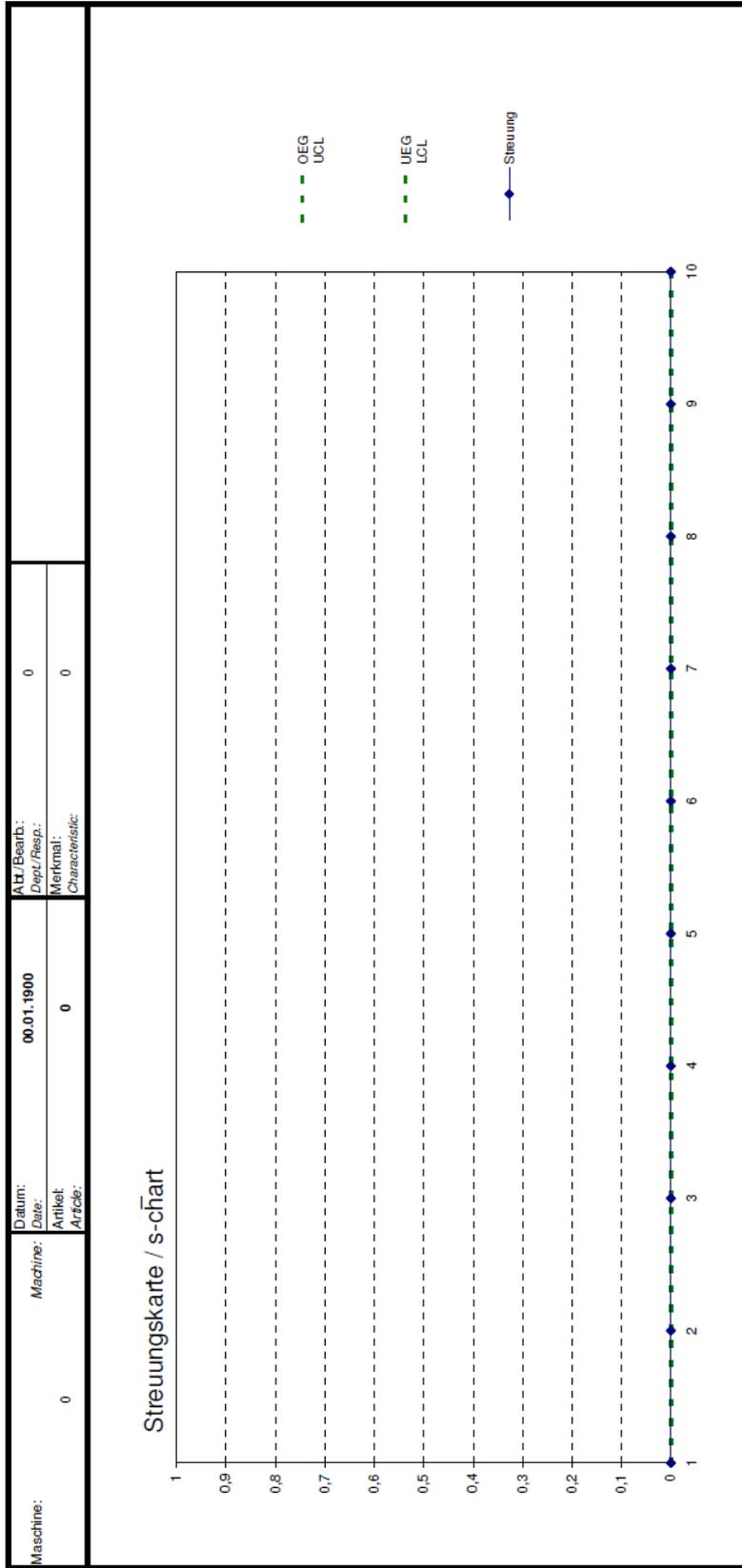
Integriertes Managementhandbuch
 Maschinenfähigkeitsuntersuchung

Dok: Fb 9.2
 Seite:3 von 4
 Revision:03-11
 Datum :15.03.11



Integriertes Managementhandbuch
Maschinenfähigkeitsuntersuchungen

Dok: Fb 9.2
Seite:4 von 4
Revision:03-11
Datum :15.03.11



Dok: Fb 9.3
 Seite: 1 von 1
 Revision: 07-11
 Datum: 05.07.11

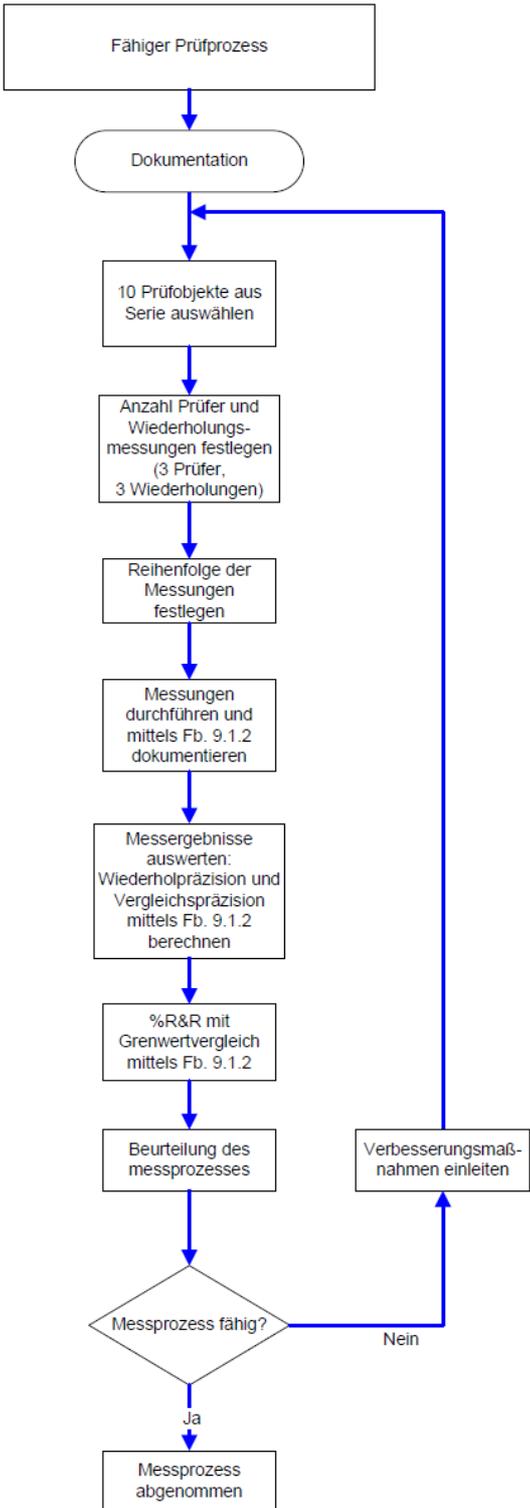
Integriertes Managementhandbuch
Prozessfähigkeitsuntersuchung

Artikel:	Merkmal:	Zeitraum:	bis	Prüfer:
1,00 0,90 0,80 0,70 0,60 0,50 0,40 0,30 0,20 0,10 0,00				
Mittelwert X				
1,00 0,90 0,80 0,70 0,60 0,50 0,40 0,30 0,20 0,10 0,00				
Streuungs s				
Schicht				
Zeit				
Datum				
Prüfer				
x1				
x2				
x3				
x4				
x5				
Mittelwert				
Streuung s				
<p>Vorgabewerte</p> <p>Sollwert: </p> <p>Toleranz: </p> <p>OGW: </p> <p>UGW: </p> <p>Obere Toleranzgr.: 0,00</p> <p>Untere Toleranzgr.: 0,00</p> <p>Mittelwert X</p> <p>Mittelwert: #DIV/0!</p> <p>mittlerer Mittelwert: #DIV/0!</p> <p>Obere Eingriffsgr.: #DIV/0!</p> <p>Untere Eingriffsgr.: #DIV/0!</p> <p>Streuung s</p> <p>Mittlere Streuung: #DIV/0!</p> <p>Obere Eingriffsgr.: #DIV/0!</p> <p>Untere Eingriffsgr.: #DIV/0!</p> <p>Fähigkeit</p> <p>Cp: #DIV/0!</p> <p>Cpk: #DIV/0!</p> <p>Konstanten (n=5)</p> <p>A3: 1,427</p> <p>B3: 0,00</p> <p>B4: 2,089</p>				
<p>1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25</p>				
<p>$\bar{x} = \text{mittlerer Mittelwert}$</p> <p>$\bar{s} = \text{Mittelwert der Streuungen}$</p> <p>$\text{OEG}_x = \bar{x} + A3 \cdot \bar{s}$</p> <p>$\text{UEG}_x = \bar{x} - A3 \cdot \bar{s}$</p> <p>$\text{OEG}_s = B4 \cdot \bar{s}$</p> <p>$\text{UEG}_s = B3 \cdot \bar{s}$</p> <p>$C_p = \frac{T}{6 \cdot s}$</p> <p>$C_{pk} = \min \left\{ \frac{\text{OGW} - \bar{x}}{3 \cdot s}, \frac{\bar{x} - \text{UGW}}{3 \cdot s} \right\}$</p>				
Berechnungsformeln				

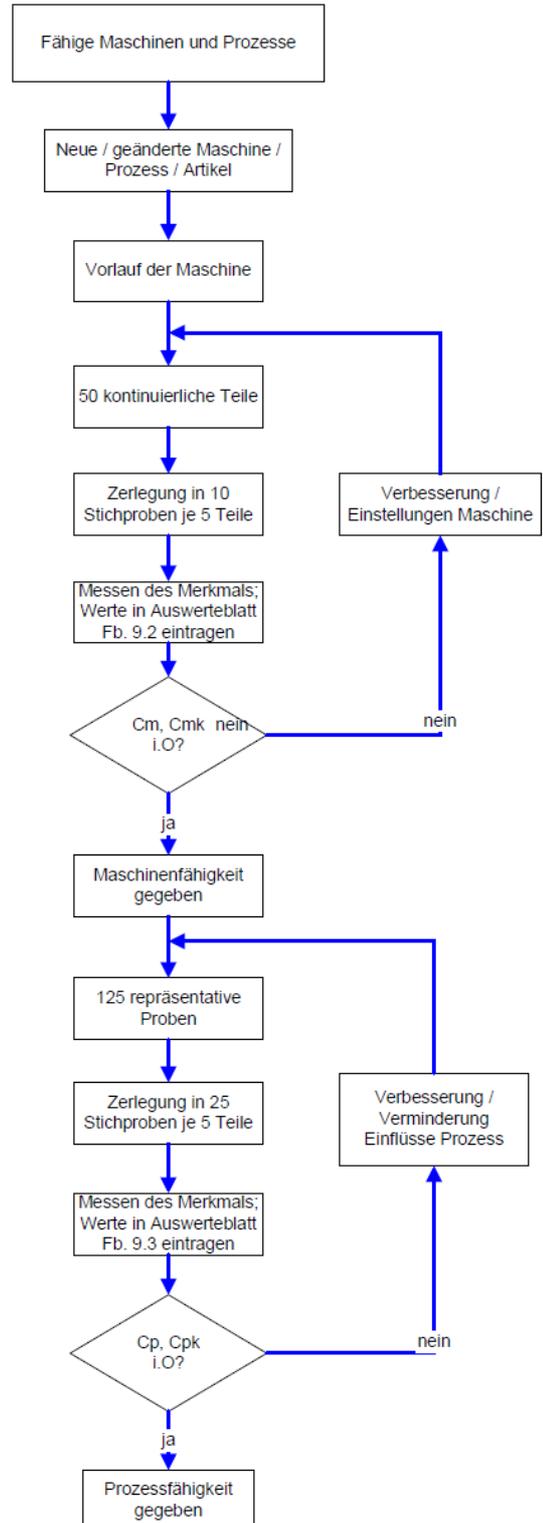
	Integriertes Management – Handbuch Arbeitsanweisung	Dok: AA06-01-08 Seite 1 von 1 Revision: 07-11 Datum:15.07.11
---	---	---

Input	Arbeitsanweisung MSA Verfahren 1 Blatt 1 von 1	Zuständig			Output Ausgabe, Aufzeichnung
		D	M	I	
Dokument, Hilfsmittel -Teile-Nr., Bezeichnung -Merkmal, Toleranz -Prüfmittel, Prüfm.- Nr. -Auflösung -Normal, Is-Maß -usw. Normal / Referenzteil Fb. 9.1.1 Fb. 9.1.1 Fb. 9.1.1	<pre> graph TD A[Fähiges Messmittel] --> B(Dokumentation) B --> C[Referenzteil n= 50 mal messen und dokumentieren mittels Fb. 9.1.1] C --> D[Berechnung von Mittelwert und Standardabweichung mittels Fb. 9.1.1] D --> E[Berechnung der Fähigkeitsindizes Cg und Cgk mittels Fb. 9.1.1] E --> F{Messmittel fähig?} F -- Ja --> G(Verfahren 2) F -- Nein --> H[Messmittel verbessern] H --> B </pre>	QS QS QS QS QS QS	Fb. 9.1.1 Fb. 9.1.1 Fb. 9.1.1 Maßnahmeplan Fb. 9.1.1		

	Integriertes Management – Handbuch Arbeitsanweisung	Dok: AA06-01-09 Seite 1 von 1 Revision: 07-11 Datum: 15.07.11
---	---	--

Input Dokument, Hilfsmittel	Arbeitsanweisung MSA Verfahren 2 Blatt 1 von 1	Zuständig			Output Ausgabe, Aufzeichnung
		D	M	I	
	 <pre> graph TD A[Fähiger Prüfprozess] --> B(Dokumentation) B --> C[10 Prüfobjekte aus Serie auswählen] C --> D[Anzahl Prüfer und Wiederholungsmessungen festlegen (3 Prüfer, 3 Wiederholungen)] D --> E[Reihenfolge der Messungen festlegen] E --> F[Messungen durchführen und mittels Fb. 9.1.2 dokumentieren] F --> G[Messergebnisse auswerten: Wiederholpräzision und Vergleichspräzision mittels Fb. 9.1.2 berechnen] G --> H[%R&R mit Grenwertvergleich mittels Fb. 9.1.2] H --> I[Beurteilung des messprozesses] I --> J{Messprozess fähig?} J -- Ja --> K[Messprozess abgenommen] J -- Nein --> L[Verbesserungsmaßnahmen einleiten] L --> B </pre>	QS			
-Teile-Nr., -Bezeichnung -Merkmal, Toleranz -Prüfmittel, Prüfm.- Nr. -Auflösung -usw.		QS			
Serienproben		QS			
		QS			
Fb. 9.1.2		QS			Fb. 9.1.2
		QS			
Fb. 9.1.2		QS			Fb. 9.1.2
		QS			
Fb. 9.1.2		QS			Fb. 9.1.2
		QS			Maßnahmenplan
		QS			

	Integriertes Management – Handbuch Arbeitsanweisung	Dok: AA05-05 Seite 1 von 1 Revision: 07-11 Datum: 15.07.11
---	---	---

Input Dokument, Hilfsmittel	Arbeitsanweisung Maschinen-/ Prozessfähigkeit Blatt 1 von 1	Zuständig			Output Ausgabe, Aufzeichnung
		D	M	I	
		MF QS QS QS QS QS QS	AL AL	Maßnahmenplan Maßnahmenplan Fb. 9.3	
Fb. 9.2					
Fb. 9.2					

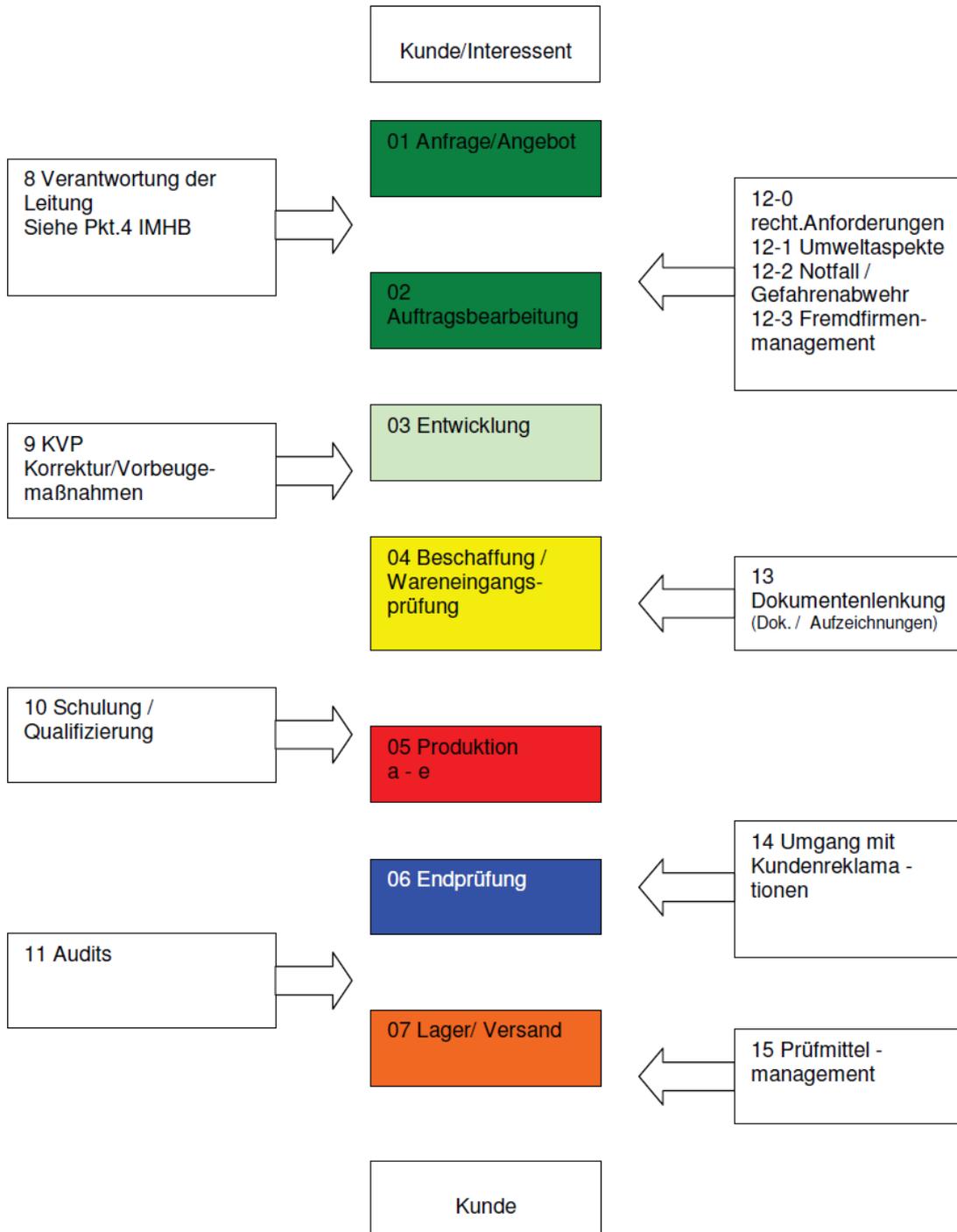
	<h2>Integriertes Management – Handbuch</h2>	Dok: IMHB Seite 8 von 32 Revision: 05-11 Datum:19.05.11
---	---	--

5. Prozesslandschaft

Führungsprozesse

Kernprozesse

unterstützende Prozesse



Akkreditiertes Prüflaboratorium



DAP-PL-1297.00

Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren

prueflabor@filkfreiberg.de
www.filkfreiberg.de

für physikalische, mechanisch-technologische
und chemische Prüfungen von

- Leder
- Kunstleder
- Kunststoffbahnen
- Textilien

Meißner Ring 1-5
09599 Freiberg

Tel.: +49(0)3731 366-0
Fax: +49(0)3731 366-130



Forschungsinstitut für Leder
und Kunststoffbahnen gGmbH

Prüfbericht	110757	31.03.2011
Auftraggeber	C. H. Müller GmbH Herr Köppel Gewerbering 1 D-08468 Heinsdorfergrund	
Prüfauftrag	Dicke, Flächenmasse	
Auftrag / Eingang	21.03.2011 / 22.03.2011	
Prüfgegenstand / Menge	kaschierte Materialien / 4 Proben je 2x 80 x 80 mm	
Probenahme	Probenahme durch Auftraggeber, Probekörper aus dem Material durch FILK gGmbH	
Prüfvorschriften	siehe Prüfergebnisse	

Die Prüfergebnisse gelten nur für die im Prüflaboratorium untersuchten Proben.
Akkreditierte Prüfverfahren sind unterstrichen. Im Prüfbericht enthaltene Bewertungen und Interpretationen sind nicht Gegenstand der Akkreditierung. Durch Kooperationspartner durchgeführte Prüfungen sind mit einem c gekennzeichnet.

Die auszugsweise Vervielfältigung des Prüfberichtes bedarf der widerruflichen schriftlichen Genehmigung der FILK gGmbH.

Schadensersatzforderungen sind in ihrer Höhe auf den Preis der Leistung für die durchgeführten Prüfungen begrenzt. Es gelten die allgemeinen Geschäftsbedingungen der FILK gGmbH, die Sie auf Wunsch von uns erhalten bzw. unter www.filkfreiberg.de einsehen können.

Prüfbericht Nr.: 110757

Seite 3 von 3

Parameter	1.2	2.2	3.2	4.2
Flächenmasse				
DIN EN ISO 12127				
Einzelwerte in g/64 cm ²	2,6605	5,0813	3,0796	5,6407
	2,6606	5,0811	3,0794	5,6404
	2,6607	5,0809	3,0797	5,6405
	2,6607	5,0805	3,0799	5,6408
	2,6611	5,0801	3,0803	5,6407
	2,6608	5,0802	3,0804	5,6403
	2,6610	5,0800	3,0807	5,6400
	2,6609	5,0793	3,0804	5,6404
	2,6607	5,0791	3,0801	5,6408
	2,6608	5,0791	3,0803	5,6405
	2,6608	5,0788	3,0804	5,6406
	2,6606	5,0792	3,0801	5,6404
	2,6606	5,0792	3,0803	5,6407
	2,6608	5,0791	3,0804	5,6408
	2,6608	5,0792	3,0802	5,6401
	2,6606	5,0788	3,0800	5,6405
	2,6606	5,0789	3,0797	5,6406
	2,6607	5,0791	3,0798	5,6405
	2,6605	5,0787	3,0799	5,6407
	2,6602	5,0788	3,0800	5,6411
	2,6602	5,0786	3,0803	5,6404
	2,6602	5,0787	3,0804	5,6397
	2,6600	5,0789	3,0801	5,6401
	2,6601	5,0790	3,0800	5,6398
	2,6599	5,0789	3,0800	5,6410
Mittelwert in g/64 cm ²	2,6606	5,0794	3,0801	5,6405
in g/m ²	416	794	481	881

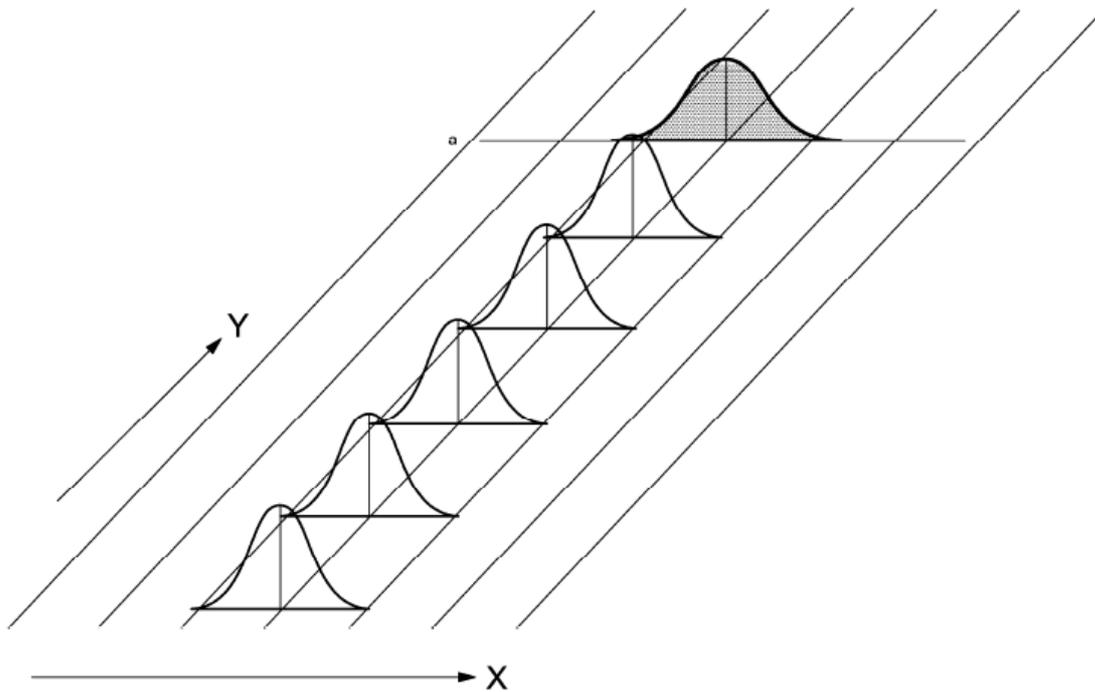
FILK gGmbH
Testlab

J. A. A. Schulz

Dr. Schulz

- Lage: konstant;
- Streuung: konstant;
- Momentanverteilung: normalverteilt;
- Resultierende Verteilung: normalverteilt.

Dieser Prozess ist beherrscht.

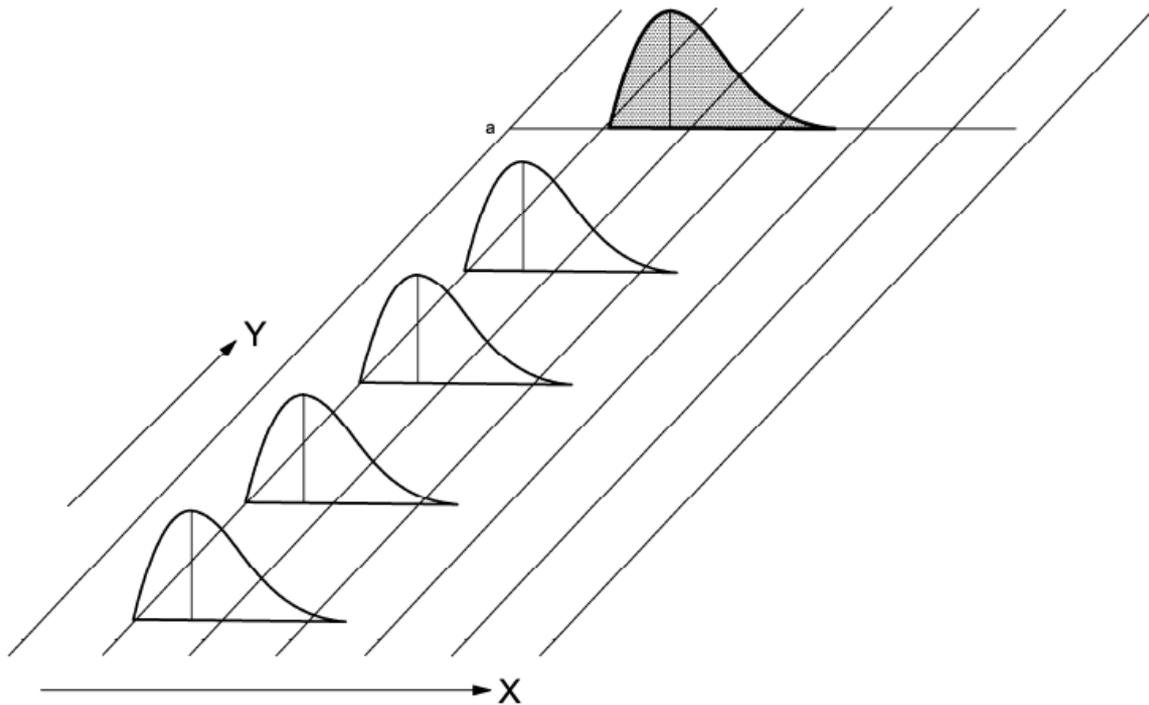


Legende

- X Merkmalswert x
- Y Zeit
- a Resultierende Verteilung

- Lage: konstant;
- Streuung: konstant;
- Momentanverteilung: nicht-normalverteilt, unimodal;
- Resultierende Verteilung: nicht-normalverteilt, unimodal.

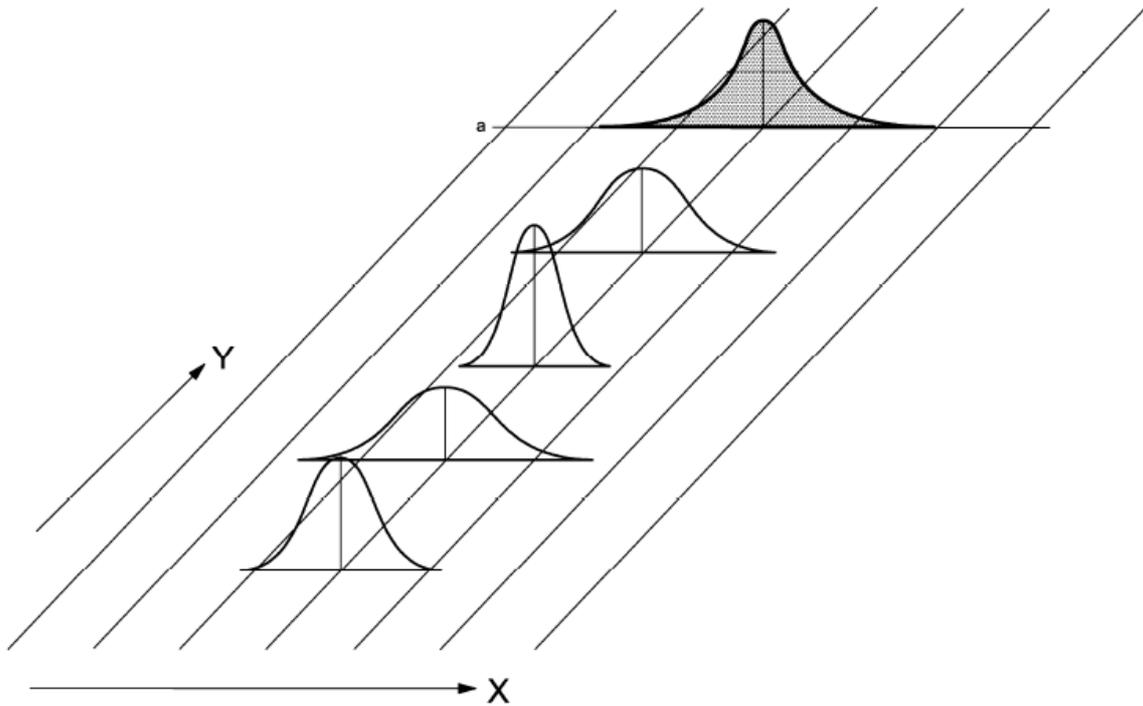
Dieser Prozess ist beherrscht.



Legende

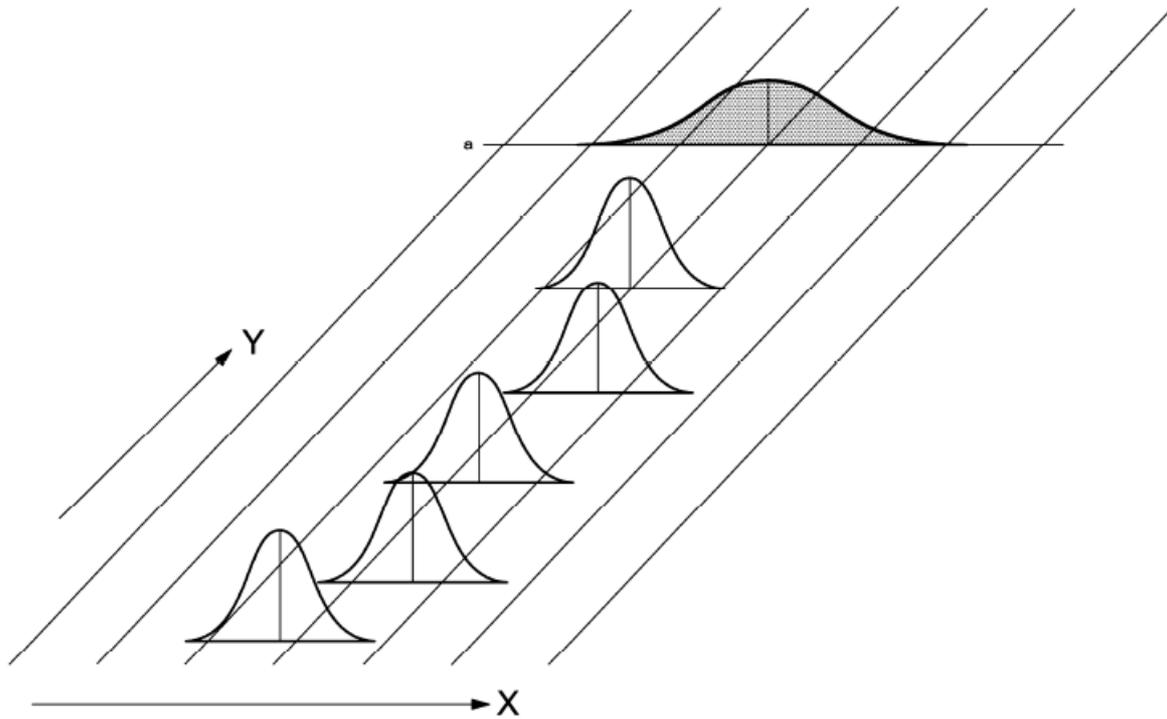
- X Merkmalswert x
- Y Zeit
- a Resultierende Verteilung

- Lage: konstant;
- Streuung: systematisch oder zufällig;
- Momentanverteilung: normalverteilt;
- Resultierende Verteilung: nicht-normalverteilt, unimodal.

**Legende**

- X Merkmalswert x
- Y Zeit
- a Resultierende Verteilung

- Lage: zufällig (normalverteilt);
- Streuung: konstant;
- Momentanverteilung: normalverteilt;
- Resultierende Verteilung: normalverteilt.

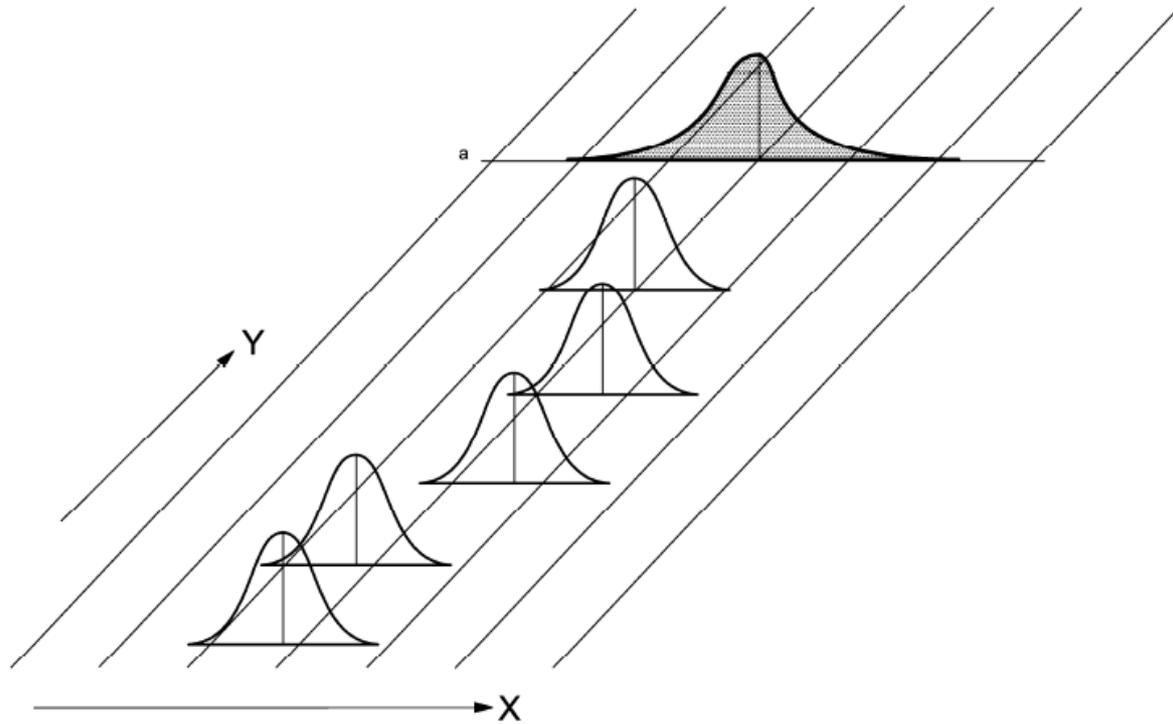
**Legende**

X Merkmalswert x

Y Zeit

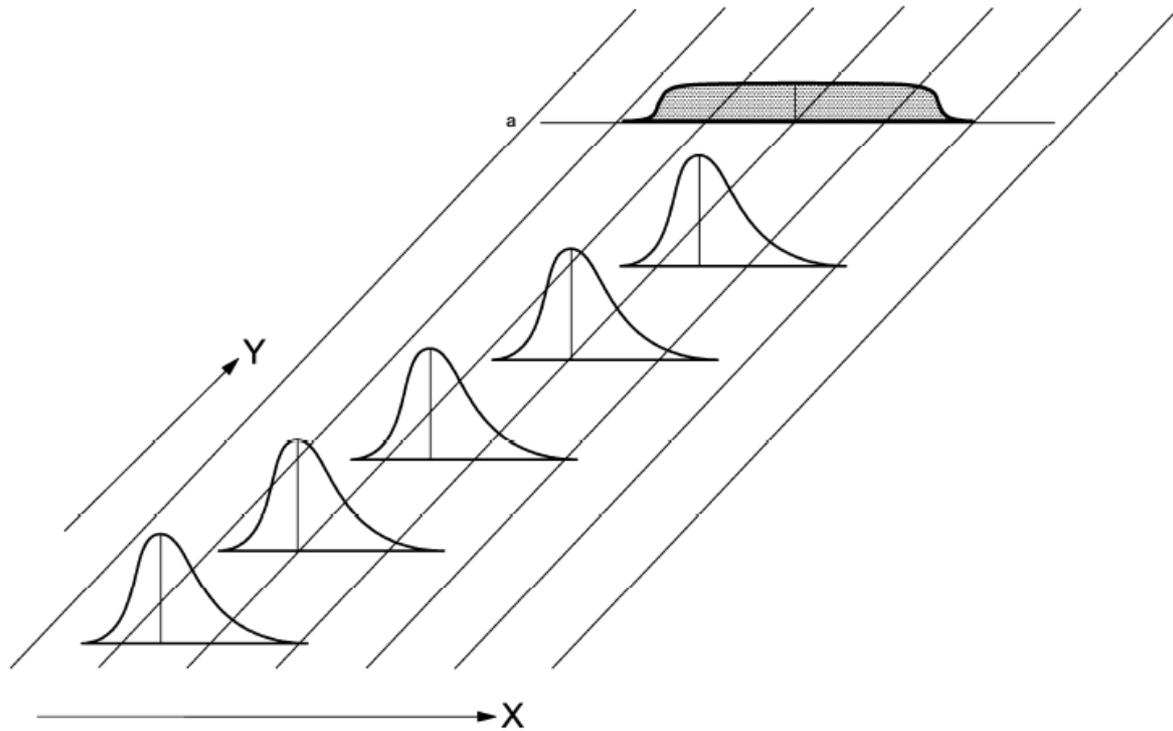
^a Resultierende Verteilung

- Lage: zufällig (nicht-normalverteilt, unimodal);
- Streuung: konstant;
- Momentanverteilung: normalverteilt;
- Resultierende Verteilung: nicht-normalverteilt, unimodal.

**Legende**

- X Merkmalswert x
- Y Zeit
- a Resultierende Verteilung

- Lage: funktionsabhängig (zum Beispiel Trend, Abnutzung und Zyklus);
- Streuung: konstant;
- Momentanverteilung: beliebig;
- Resultierende Verteilung: beliebig.

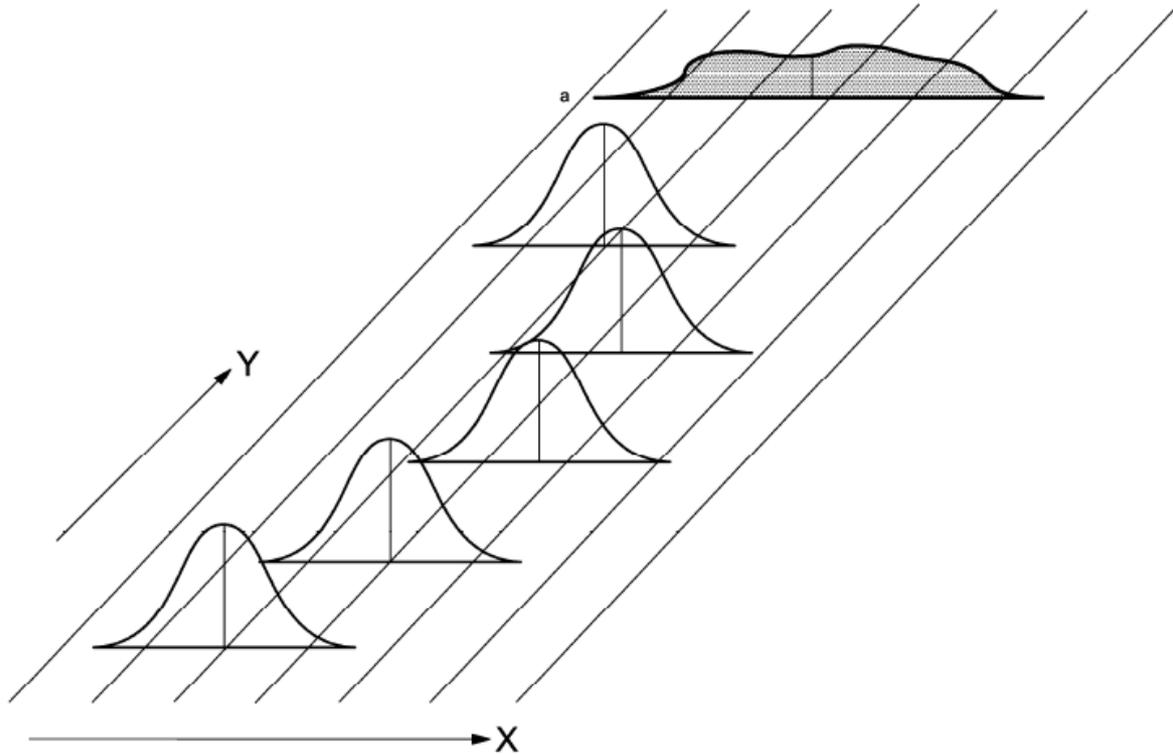
**Legende**

X Merkmalswert x

Y Zeit

a Resultierende Verteilung

- Lage: systematische und zufällige Änderungen (zum Beispiel Chargenwechsel);
- Streuung: konstant;
- Momentanverteilung: beliebig;
- Resultierende Verteilung: beliebig.

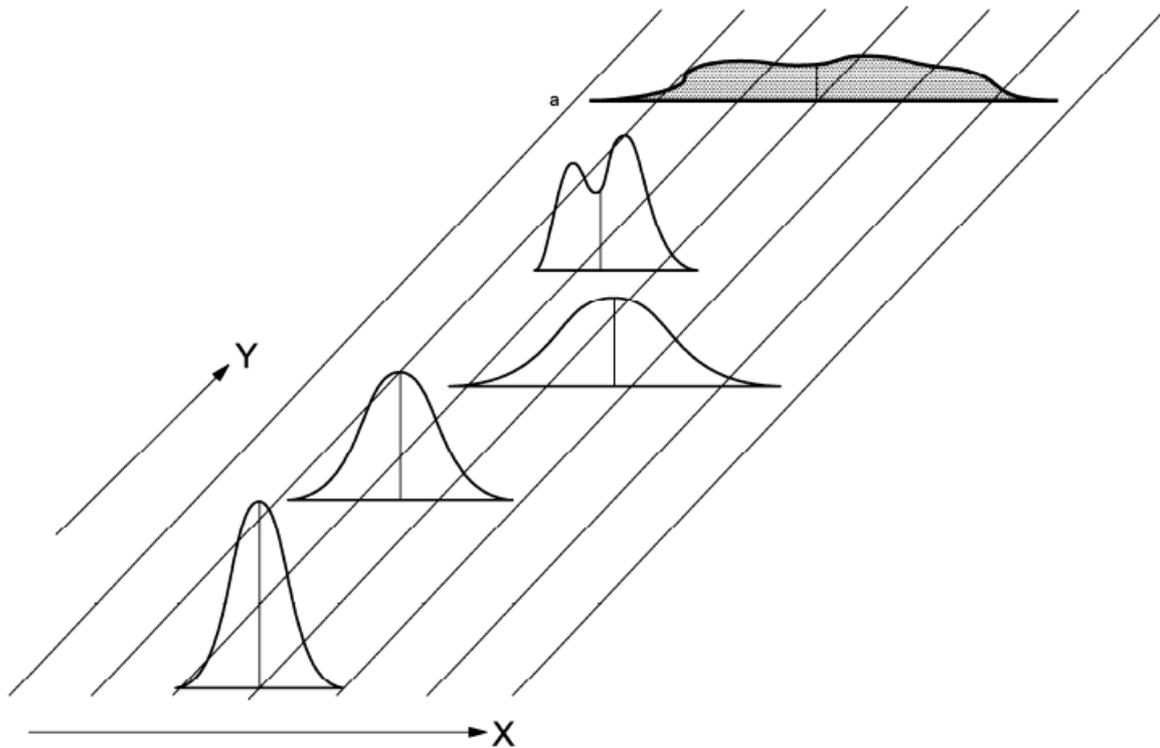
**Legende**

X Merkmalswert x

Y Zeit

a Resultierende Verteilung

- Lage: systematische und zufällige Änderungen;
- Streuung: systematische und zufällige Änderungen;
- Momentanverteilung: beliebig;
- Resultierende Verteilung: beliebig.

**Legende**

- X Merkmalswert x
- Y Zeit
- a Resultierende Verteilung