



TQU VERLAG

Prozessfähigkeit

**nach ISO 22514
verstehen**

Prozessfähigkeit ISO 22514-2

Process capability and performance of time-dependent process models

[Dr. Konrad Reuter](#)

Ein Prozess ist nach ISO 9000 "ein Satz von in Wechselbeziehung oder Wechselwirkung stehenden Tätigkeiten, der Eingaben in Ergebnisse umwandelt". Ein Prozess im technologischen Sinn, ist ein sich wiederholender wertschöpfender Vorgang, der auf der Basis von Beobachtungen und Erfahrungen mit statistischen Modellen abgebildet werden kann. Insbesondere ist dabei interessant, wie gut das Prozessergebnis (Output) mit den spezifizierten Anforderungen (Kundenwünschen, zulässigen Abweichungen, Toleranzen) übereinstimmt. Neben kurzzeitigen Betrachtungen sind in der industriellen Produktion die zeitabhängigen langfristig orientierten Bewertungen von Bedeutung. Hierfür werden vier Parameter verwendet, die Lage (zum Beispiel des Mittelwerts), die Streuung, die Verteilungsform und die aus Lage- und Streuungseinflüssen resultierende Verteilungsform des Prozesses.

Um fundierte und international abgeglichen Langzeitprognosen bei messbaren (kontinuierlichen, variablen) Prozessergebnissen zu ermöglichen, werden zur Beurteilung von Prozessen und Prozessergebnissen in internationalen Normen (z.B. VDA 2.3) Zeitverläufe (Trends) prognostiziert, die sich aus dem Verhalten von Prozessparametern ableiten lassen. Mögliche Prozesszustände (zum Beispiel zufällig oder systematisch) werden mit Hilfe dieser Vorgangsweisen (Leistungsprozesse) in ihren Kenngrößen (z.B. Prozessfähigkeit) beurteilt. Dies ermöglicht die Identifizierung von Trends und Verbesserungen aufgezeigt werden.

Nur im Falle der nachweislichen Beherrschung (zeitliche Stabilität der Parameter) soll nach der Norm der Begriff "Prozessfähigkeit Cp" (Capability) verwendet werden. Kann oder soll der Nachweis der Stabilität nicht erbracht werden, soll der Begriff "Prozessleistungsfähigkeit Pp" (Performance) verwendet werden. Störungen der Stabilität können durch Trends oder Welligkeiten verursacht werden, soweit diese nicht nach bekannten Mustern oder in bekannten Verfahren zu erwarten sind.

Die Normen zur Fähigkeit haben in den letzten Jahren mehrere Veränderungen erfahren. Die Normung hat sich jetzt auf die ISO-Reihe 22514 mit mehreren Teilen konzentriert. Die Reihe der ISO 22514 liefert den Kumulationspunkt für alle Fähigkeitsbeurteilungen. Einige bestehende Normen und mehrere neue Normentwürfe werden hier gebündelt, um nun auch auf internationaler Ebene eindeutig festzulegen, wie Fähigkeitsindizes berechnet und bewertet werden, beginnend vom Messsystem und dem Messprozess über die Maschinenfreigabe und die vorläufige Prozessfähigkeit bis hin zur Langzeitbewertung. Der 2013 erschienene Teil 2 der ISO-Reihe befasst sich mit der eigentlichen Prozessfähigkeit und ersetzt künftig DIN ISO 21747. Die Methodik wurde gegenüber den früheren Normen gestrafft. Die Anzahl und Definition der Modelle ist gleich geblieben, verringert wurde die Anzahl der Berechnungsmethoden.

Das App dient zum Verständnis der Modelle und der zugeordneten Berechnungsmethoden. Zu den Modellen sind Simulationen entwickelt worden, an denen der Nutzer etwas "spielerisch" die Eigenschaften der gewählten Prozessmodelle, Berechnungsmethoden und Ergebnisse ersehen kann.

Die Prozessfähigkeit wird hier für ein einzelnes Merkmal (univariat) berechnet. Für Produkte mit mehreren Merkmalen (multivariat) liefern diese Berechnungen keine sinnvollen Lösungen. Zum Umgang mit korrelierten Variablen sind Methoden der Multivariaten Statistik erforderlich. Ein Einstieg in die Multivariate Statistik ist im genannten Workbook [8] und einigen diesbezüglichen APP's des Verlages möglich.

Ansprechpartner: Dr. Konrad Reuter
Telefon: 0171/6006604

TQU Verlag, Magirus-Deutz-Straße 18, 89077 Ulm Deutschland, Telefon 0731/14660200, verlag@tqu-group.com, www.tqu-verlag.com

QUALITY APP: Prozessfähigkeit nach ISO 22514

Anwendungshinweise

1. Statistik

Blatt

Der Begriff "Prozessfähigkeit" (*Capability*) betrifft eine Kennzahl, die aus der Toleranz eines Merkmals und der zugehörigen Streuung berechnet wird.

Die aktuellen Normen sind die der Reihe *ISO 22514* fixiert.

Da die Verteilung eines Merkmals durch Lage und Streuung charakterisiert ist, sind auch zwei Kennzahlen erforderlich.

ISO 22514-2:2013 beschreibt die aktuelle Methodik der Prozessfähigkeitsberechnung.

Zur Geschichte dieser Norm gehört die *DIN 55319:2002*. Darin war erstmalig auf acht Prozesstypen als

"Vereinfachtes Modell" oder "Einfaches Modell".

Je nach Verteilung der Merkmale konnte eine einfache oder eine komplexe Berechnung für die Prozessfähigkeit (C_p) durchgeführt werden.

Mit der *ISO 21747:2007* war diese leicht handhabbare Zuordnung von Berechnungsformeln wieder aufgehoben worden.

Die *ISO 22514:2013* greift die Vereinfachungen der *ISO 21747:2007* auf und hat in der neuen Fassung einige Vereinfachungen vorgenommen.

Die Anzahl der Schätzer für Lage und Streuung wurde verringert und die zusätzliche Mittelwertstreuung aufgehoben.

Es wird unterschieden, ob ein Prozess nachweislich beherrscht ist oder nicht.

Nur im Falle der nachweislichen Beherrschung (zeitliche Stabilität der Parameter) darf der Begriff "Prozessfähigkeit C_p " (*Capability*) angewendet werden.

Kann oder soll dieser Nachweis nicht erbracht werden, muss der Begriff "Prozessleistungsfähigkeit P_p " (*Performance*) angewendet werden.

Im Blatt Berechnung kann je nach Ergebnis der Prozessanalyse die Bezeichnung mit "C" oder "P" ausgewählt werden.

[Berechnung](#)

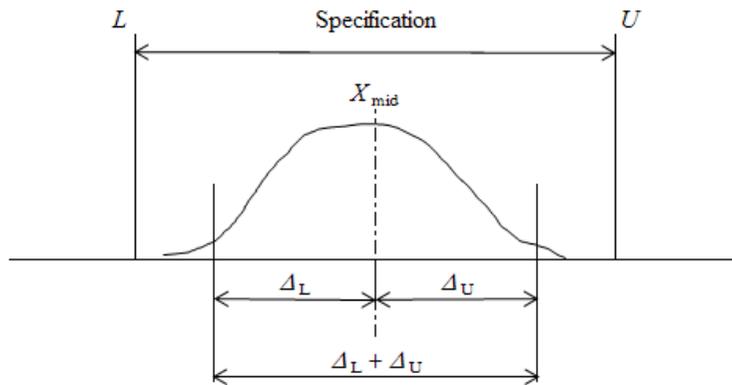
Der Nachweis der Prozessfähigkeit erfordert die Betrachtung der Lage und der Streuung bezüglich des zeitlichen Verhaltens.

Störungen der Stabilität = Beherrschtheit können durch Trends oder Welligkeiten verursacht werden, soweit diese nicht nach bekannten Mustern oder in bekannten Grenzen verlaufen.

Die Modelle mit den zugeordneten Kriterien sind im Blatt "Verteilzeitmodelle" dargestellt. Hierin kann nach den verfügbaren Kriterien ein Modell ausgewählt werden. Für jedes Modell ist eine Simulationsdatei angelegt.

[Verteilzeitmodelle](#)

Die Berechnung der Prozessfähigkeitsindices erfolgt nach der grundsätzlichen geometrischen Methode.



Zur Schätzung der Lage stellt die Norm vier Methoden vor ($l_1 - l_4$).

Zur Schätzung der Streuung stellt die Norm fünf Methoden vor ($d_1 - d_5$).

Die Verknüpfung zwischen Modell und Berechnung stellt die "Matrix_M" dar.

Für die Schätzung der Lage wird vorzugsweise der Median verwendet.

Nur für das Modell A 1 sind alle vier Schätzer einsetzbar.

Für die Schätzung der Streuung ist die Differenz der Quantile für alle Modelle einsetzbar.

Nur für das Modell A 1 sind alle fünf Methoden einsetzbar.

Die Methoden d_3 und d_4 sind weniger praktikabel, weil Umrechnungsfaktoren benötigt werden.

Diese Überlegungen führen zu drei praktikablen Berechnungsmethoden:

M_{21} für universelle Anwendung

M_{15} für Prozesse mit konstantem Mittelwert.

M_{12} für Prozesse vom Typ A 1 und damit praktisch sehr eingeschränkt!

Eine einfache, verlässliche Schätzung von sehr kleinen Werten der Quantile ($Q = 0,00135$) ist nur bei sehr großen Stichprobenumfängen möglich.

Die Methode M_{21} verwendet hier die Berechnung der Quantile nach Pearson. Dafür werden Schätzungen der Schiefe und der Kurtosis benötigt.

Für die Pearson-Methode ist demzufolge keine Identifikation eines Verteilungsmodells erforderlich.

[Schätzer Lage](#)

[Schätzer Streuung](#)

[Matrix_M](#)

[M_21](#)

[M_15](#)

[M_12](#)

Dies ist nicht als Nachteil zu betrachten, da die Schätzung von Parametern eines Verteilungsmodells ebenfalls mit Unsicherheiten verbunden ist.

Können die Parameter im Qualitätsmodell nicht bestimmt werden, ist die Simulation eines Modells möglich.

[Dat_A2](#)

Die im Blatt "Dat_B" verwendete Weibullverteilung lässt einen Vergleich berechneter Quantile zu den Schätzungen mit EXCEL und der Pearsonmethode zu.

www.tqu-verlag.de

Die Simulationsmodelle lassen gewisse Modifikationen zu, so z.B. Mittelwert, Streuung, die Größe von Störungen oder die Periodizität von Störungen.

[Dat_D](#)

Diese Variationsmöglichkeiten sind durch "Gültigkeit" auf sinnvolle Größen begrenzt.

Bei Änderungen von Parametern bzw. der Spezifikationsgrenzen müssen ggf. die Y-Achsen der Diagramme manuell neu skaliert werden.

2. Anwendung

Die Mappe ist in didaktischer Absicht konzipiert. Für den Alltagsbetrieb mit geringem Umfang ist eine Modifikation möglich. Für speziellere Analysen z.B. Reklamationen sollte eine universelle Statistiksoftware verfügbar sein, weil CAQ-Software meist weniger flexibel im Angebot der Methoden ist.

Im Blatt Merkmal sind zugehörigen und für ein Protokoll erforderlichen Angaben einzutragen.

[Merkmal](#)

Es wird immer auf zweiseitige Spezifikationsgrenzen orientiert.

Im Blatt "Berechnung" kann ein Modell zur Analyse ausgewählt werden.

[Berechnung](#)

An einer einfachen Klassierung wird entschieden, ob eine eingipflige Verteilung ($1m$) vorliegt.

Aus diesen Simulationsdaten werden $k = 25$ Stichproben von $n = 5$ gezogen.

Die Übersicht der Kennwerte enthält einen einfachen Test der resultierenden Verteilung (RD) auf Normalverteilung (nd) mit der Bewertung der standardisierten Schiefe und der standardisierten Kurtosis [7].

[Berechnung](#)

Eine Bewertung der momentanen Verteilung (MD) ist in dieser Datei nicht vorgesehen. Es könnte die Verteilung aus der Maschinenfähigkeitsanalyse verwendet werden.

Aus den Stichproben werden eine s -Regelkarte und eine x_{quer} Regelkarte dargestellt.

[QRK](#)

Der Verlauf gibt Anhaltspunkte für die Konstanz von Streuung und Mittelwert. Aufwändigere statistische Analysen (Test auf Zufälligkeit, Autokorrelation, Anstieg usw.) sind hier nicht vorgesehen.

Ein F -Test prüft, ob eine signifikante Mittelwertstreuung vorliegt.

[Berechnung](#)

Die Bezeichnung des Fähigkeitskennwertes mit "C" oder "P" kann entsprechend der Bewertung der Stabilität aus diesen Ergebnissen vorgenommen werden.

[Protokoll](#)

Für den Fall der Normalverteilung als resultierender Verteilung RD liegen einfache Berechnungsmethoden für einen Test auf Signifikanz des errechneten Fähigkeitskennwertes bzw. Vertrauensbereiches gegenüber dem Zielwert vor. [M_15](#)

Ist die resultierende Verteilung RD nicht normalverteilt (*nnd*), kann zur Berechnung von Vertrauensbereichen die sog. "Bootstrap" Methode verwendet werden, die zu den Simulationsverfahren gehört (*Resampling*).

Ein Protokoll muss die hier dargestellten Ergebnisse enthalten.

Auf eine Gesamtdarstellung eines Protokolls wurde hier verzichtet.

Wegen der Simulationen in größerem Umfang bedenken Sie bitte, dass die Rechenzeit bei Änderungen ggf. merklich ist!

Eine neue Simulation lösen Sie mit der Taste F9 aus.

Die Y-Achsen der Grafiken können manuell der Datenlage angepasst werden.

3.

QUALITY APPS im TQU Verlag

Die Qualität misst sich auf folgende Punkte hin:

Funktionelle Aufteilung auf verschiedene Blätter.

Optische Hervorhebung von Zellen in Abhängigkeit von ihrer Funktion.

Die Syntax einiger Alt-Formeln (z.B. EXCL, ZUM, JEIT) ist nicht kompatibel!

Aus diesen Gründen wurden hier die abwärtskompatiblen Formeln verwendet:

z.B. alt STABW() statt neu STABW.S()

Vergaben von Namen für Variable, auch dynamische Namen für Bereiche!

=BEREICH.VERSCHIEBEN(Dateneingabe_Stichproben!\$A\$1;1;8;k)

Bezug auf Zellen mit Funktionen

MIT RGP() werden Matrixfunktionen verwendet. Eingabe nur mit "strg", "shift", "enter" abschließen.

Matrixfunktionen erkennen Sie durch geschweifte Klammern { } um die Funktion und können nur komplett geändert werden!

Reagieren auf Bedingungen /Verzweigungen.

Ausblenden von Zellinhalten, die nicht zutreffend sind.

Erzwingung einer geeigneten Zahlenformatierung im Protokoll.

Verknüpfung von Zellinhalten über "&", z.B. das Anhängen einer Maßeinheit an einen Wert.

Zellen werden in Berechnungsblättern und Protokollen nicht über "Zellen verbinden" formatiert!

Als Lösung dient die Formatierung schmaler Spalten und die Formatierung benachbarter Zellen mit "Über Auswahl"

Ausblenden von Blättern, die nicht ständig gebraucht werden. (Format, Blatt, Ausblenden bzw. Einblenden)

Kommentierung wesentlicher Zellen kann ggf. firmenintern erweitert werden.

Merkmal

Eingabe Daten
errechnete Werte
Bezeichnungen

Namen

VERGLEICH(Bezug;Matrix;0)
INDEX(Matrix;Zeile;Spalte)
SVERWEIS(Bezug;Matrix;0)
ISTLEER(Bezug)
WENN(Bedingung;WAHR;FALSCH)
FEST(Bezug;Stellen)
= "text1"&BEZUG

4.

1 Quellen

2 DIN 55319:2002 Qualitätsfähigkeitskenngrößen

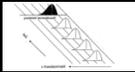
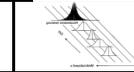
- 3 ISO 21747:2007 Qualitätsfähigkeitskenngrößen
ISO 22514-2:2013 Process capability and performance of time-dependent process models
- 4 <http://www.beuth.de/de/norm/iso-22514-2/193332538?SearchID=601824548>
- 5 ISO/TR 22514-4:2007 Process capability estimates and performance measures
- 6 Leitfaden SPC QS 9000, Zweite Ausgabe 2005
- 7 Sachs Angewandte Statistik, Springer Verlag 1992
- 8 Rinne/Mittag Prozessfähigkeitsmessung, Hanser Verlag 1999
- 9 Jahn, W. Reuter, K. Workbook "Multivariate Statistik" TQU Verlag 2012
- 10 STATGRAPHICS XVI Centurion, Statpoint

TQU Verlag, Magirus-Deutz-Straße 18, 89077 Ulm Deutschland, Telefon 0731/14660200, verlag@tqu-group.com, www.tqu-verlag.com

QUALITY APP: Prozessfähigkeit nach ISO 22514

Benennung		Symbol	Bemerkungen
Höchstmaß (obere Toleranzgrenze)	upper specification limit	U	auch OGW, USL
Kleinstmaß (untere Toleranzgrenze)	lower specification limit	L	auch UGW, LSL
Toleranz		T=U-L	immer positiver Wert
Standardabweichung	standard deviation, realized value	s	
Standardabweichung der i_{ten} Stichprobe	observed sample standard deviation of the i th subgroup	s_i	
Gesamt Standardabweichung	total standard deviation	s_t	
Anzahl Stichproben	number of subgroups of the same size n	k	
Anzahl Werte in einer Stichprobe	subgroup size	n	
50% Quantil (Perzentil)	50% Perzentil	X_{50%}	analog Median
Lage der Verteilung	Verteilungsmitte	X_{mid}	Schätzung unterschiedlich
Bezugsbereich	dispersion of the process	D	
unterer Bezugsbereich	difference between $X_{50\%}$ and $X_{15\%}$	D_L	
oberer Bezugsbereich	difference between $X_{99,865\%}$ and X_{mid}	D_U	
potenzieller Prozessleistungsindex	process performance index	P_p	Prozess möglicherweise nicht beherrscht
kleinster potenzieller Prozessleistungsindex	minmium process performance index	P_{pk}	
Prozessfähigkeitsindex	process capability index	C_p	Prozess nachweislich beherrscht
kleinster Prozessfähigkeitsindex	minmium process capability index	C_{pk}	

QUALITY APP: Prozessfähigkeit nach ISO 22514

Kennwert		A1	A2	B	C1	C2	C3	C4	D	Auswahl treffen
Lage	<i>l</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>r</i>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>sr</i>	<i>sr</i>	<i>r</i>
Streuung	<i>d</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>r</i>	<i>r</i>	<i>s</i>	<i>sr</i>	<i>sr</i>	<i>c</i>
momentane Verteilung	MD	<i>nd</i>	<i>1m</i>	<i>nd</i>	<i>nd</i>	<i>nd</i>	<i>as</i>	<i>as</i>	<i>as</i>	<i>nd</i>
resultierende Verteilung	RD	<i>nd</i>	<i>1m</i>	<i>nd</i>	<i>nd</i>	<i>nd</i>	<i>as</i>	<i>as</i>	<i>as</i>	<i>1m</i>
Bild										C2
Verteilungen	<i>nd</i>	normalverteilt		Lage / Streuung	<i>c</i>	KenngroÙe ist konstant				gewähltes Modell
	<i>1m</i>	unimodale Mischverteilung			<i>r</i>	KenngroÙe ändert sich nur zufällig (randomly)				
	<i>as</i>	beliebige Verteilungsform			<i>s</i>	KenngroÙe ändert sich nur systematisch				Spalte 5
					<i>sr</i>	KenngroÙe ändert sich sowohl systematisch als auch zufällig				

Hinweis: Mit Klick auf die Minigrafik gelangen Sie zur jeweiligen Prozesssimulation.

QUALITY APP: Prozessfähigkeit nach ISO 22514

Methode	Berechnung	Bedeutung	EXCEL Funktion	Bemerkung
$l=1$	$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$	arithmetischer Mittelwert der Einzelstichprobe	MITTELWERT(Daten)	
$l=2$	$\tilde{x} = x_{50\%}$	Median der Einzelstichprobe	MEDIAN(Daten)	
$l=3$	$\bar{\bar{x}} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \bar{x}_j$	Mittelwert von Mittelwerten	MITTELWERT(k Mittelwerte)	gleichwertig zu 1
$l=4$	$\tilde{\tilde{x}} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \tilde{x}_j$	Mittelwert von Medianen	MITTELWERT(k Mediane)	

TQU Verlag, Magirus-Deutz-Straße 18, 89077 Ulm Deutschland, Telefon 0731/14660200, verlag@tqu-group.com, www.tqu-verlag.com

QUALITY APP: Prozessfähigkeit nach ISO 22514

Methode	Berechnung	Bedeutung	EXCEL-Funktion	Bemerkung	
d=1	$\Delta = X_{99,865\%} - X_{0,135\%}$	verteilungsunabhängig	Differenz Quantile	über Pearson Quantile	
d=2	$\Delta = 6\hat{\sigma}_1$	$\hat{\sigma}_1 = \sqrt{\frac{\sum s_i^2}{k}}$	Mittelwert von k Varianzen	MITTELWERT(x _{quer i})	
d=3	$\Delta = 6\hat{\sigma}_2$	$\hat{\sigma}_2 = \frac{\sum s_i}{kc_4}$	Mittelwert von k Standardabweichungen	MITTELWERT(s _i)	wegen Faktor d ₂ ungünstig
d=4	$\Delta = 6\hat{\sigma}_3$	$\hat{\sigma}_3 = \frac{\sum R_i}{kd_2}$	Mittelwert von k Spannweiten	MITTELWERT(max _i -min _i)	wegen Faktor c ₄ ungünstig
d=5	$\Delta = 6\hat{\sigma}_4$	$\hat{\sigma}_4 = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2}$	Gesamtstandardabweichung	STABW.S(Daten) STABW(Daten)	Office 2010 bis OFFICE 2007

Berechnung	Formel	A1	A2	B	C1	C2	C3	C4	D
Lage I	1	x		x					
	2	x	x	x	x	x	x	x	x
	3	x							
	4	x							
Streuung I	1	x							
	2	x							
	3	x							
	4	x							x

QUALITY APPS im TQU Verlag

www.tqu-verlag.de

Lage	2	Median der Einzelstichprobe
Streuung	2	Mittelwert von k Varianzen

Auswahl

TQU Verlag, Magirus-Deutz-Straße 18, 89077 Ulm Deutschland, Telefon 0731/14660200, verlag@tqu-group.com, www.tqu-verlag.com

QUALITY APP: Prozessfähigkeit nach ISO 22514

Datum	17. Nov. 20	
Verantwortlich	Reuter	
Abt./Kst.	04319	
Prüfart	Leipzig	
Bezeichnung	Messschraube digital	
Ident-Nummer	4711	
Messbereich	125	mm
Auflösung Anzeige	0,001	mm
Messunsicherheit	3,6	µm
Stellen	3	St
Maßeinheit	mm	
Umschlag	1	
Merkmale	QS 9000	
Nr.:	202	
Nennmaß	80	
+ Abmaß	0,1	
- Abmaß	-0,1	mm
Höchstmaß	U	80,1 mm
Kleinstmaß	L	79,9 mm
Toleranz	T	0,2 mm
Grenzwert	C_p	1,67
Grenzwert	C_{pk}	1,33
	α	5%
	%RE	0,5%

QUALITY APPS im TQU Verlag

www.tqu-verlag.de

Dat_A1	Datenreihe Auswahl	Kennwerte aus	Simulation	Stichprobe	Simulation	Stichprobe
80,019		Mittelwert	79,999	79,99804		
80,006		Median	80,000	79,997		
80,001		Mittelwert von Mittelwerten		79,99804		
80		S _{xquer}		0,008805112		
79,996		max	80,058	80,058		
80		min	79,938	79,945		
80,021		Standardabweichung _{prozess}		0,021		
79,974		Standardabweichung _{ges}	0,020	0,020		
79,961		Range	0,12	0,11	0,0075	
80,008		Schiefe	0,009169	0,038775	linkssteil	nicht sign.
79,975		standardisierte Schiefe	0,118377	0,17698		
79,999		Kurtosis	-0,126663	-0,049583	flachgipflig	nicht sign.
80,016		standardisierte Kurtosis	-0,817604	-0,113158	WAHR	WAHR
80,011		Verteilung RD	nd		WAHR	
80,004		Modalität RD	1m		WAHR	
79,985		F-Test		0,917401882		57,871%
80,001		Mittelwertverlauf		c		WAHR
80,004		Mittelwertverlauf	aus QRK	s, sr		FALSCH
79,982		Streuungsverlauf	aus QRK	sr		FALSCH
79,996		Benennung mit C oder P		P	P	Performance

übernehmen Vorschlag

[zum Protokoll](#)

Nr.	Klassen-grenze	Stichprobe	Simulation
1	79,938		
2	79,946		
3	79,953		
4	79,961		
5	79,968		
6	79,976		
7	79,983		
8	79,991		
9	79,998		
10	80,006		
11	80,014		
12	80,020		
13	80,028		
14	80,035		
15	80,043		
16	80,050		
17	80,058		
18	80,065		
19	80,073		
20	80,080		

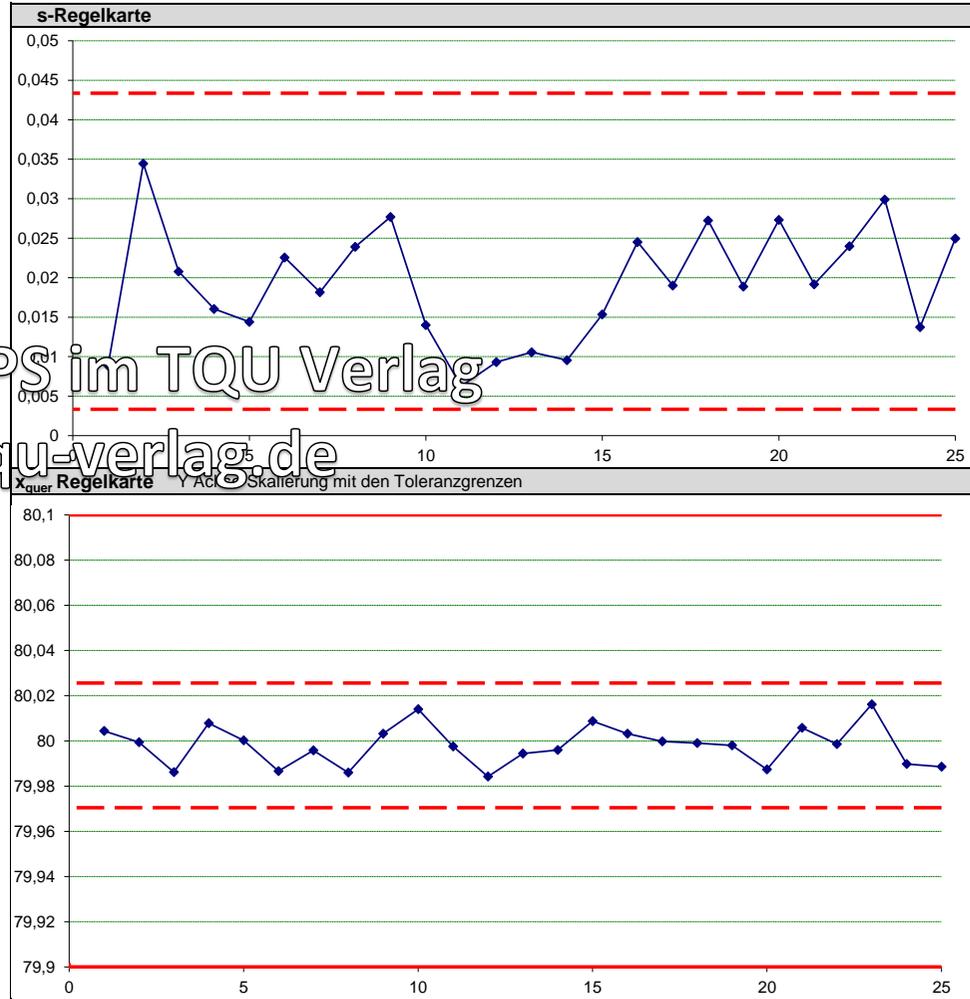
Verteilzeitmodell A1

Nr.	1	2	3	4	5	Mittelwert	Varianz	s
1	80,019	80,006	80,001	80	79,996	80,0044	7,93E-05	0,008905
2	79,985	80,021	80,022	79,945	80,024	79,9994	0,0011873	0,034457
3	80,01	79,967	79,993	79,962	79,999	79,9862	0,0004327	0,020801
4	80,009	80,032	80,005	79,987	80,006	80,0078	0,0002577	0,016053
5	79,987	80,019	80,012	79,989	79,994	80,0002	0,0002077	0,014412
6	79,976	79,981	80,015	80,003	79,958	79,9866	0,0005093	0,022568
7	80,008	80,006	79,982	80,012	79,971	79,9958	0,0003302	0,018171
8	80,017	79,995	79,958	79,994	79,966	79,986	0,0005725	0,023927
9	79,977	80,014	80,046	79,995	79,984	80,0032	0,0007677	0,027707
10	80,019	80,032	80,019	79,997	80,003	80,014	0,000196	0,014
11	80,004	79,992	80,004	79,997	79,991	79,9976	3,93E-05	0,006269
12	79,977	79,991	79,997	79,98	79,976	79,9842	8,67E-05	0,009311
13	79,997	79,979	80,008	79,997	79,994	79,994	0,0000000	0,0000000
14	80	80,008	79,997	79,993	79,992	79,9925	0,0000000	0,0000000
15	80,021	79,993	80,019	80,02	79,999	80,0068	0,0002362	0,015369
16	79,969	79,998	80,025	79,995	80,029	80,0032	0,0006012	0,024519
17	79,989	80,025	80,014	79,992	79,979	79,9998	0,0003617	0,019017
18	80,028	79,973	79,99	80,028	79,976	79,999	0,0000000	0,0000000
19	79,974	79,996	79,997	80,027	79,996	79,998	0,0003565	0,018881
20	80,001	79,953	79,969	80,023	79,991	79,9874	0,0007468	0,027328
21	80,019	80,019	79,977	80,019	79,995	80,0058	0,0003672	0,019162
22	79,986	79,978	79,983	80,011	80,035	79,9986	0,0005763	0,024006
23	80,058	79,985	80,016	79,991	80,031	80,0162	0,0008937	0,029895
24	79,982	79,994	79,978	79,983	80,012	79,9898	0,0001892	0,013755
25	80,016	80,007	79,962	79,963	79,995	79,9886	0,0006233	0,024966

QUALITY APPS im TQU Verlag
www.tqu-verlag.de

6 sigma Grenzen Regelkarten			lag
Mittelwert			40
25	79,99804		
x	UEG	OEG	
25	79,97046	80,02562	
Streuung			
x	UEG	OEG	
25	0,003343	0,043364	
Spezifikationsgrenzen			
25	79,9	80,1	
0	79,9	80,1	
1000	79,9	80,1	

[zur Berechnung](#)



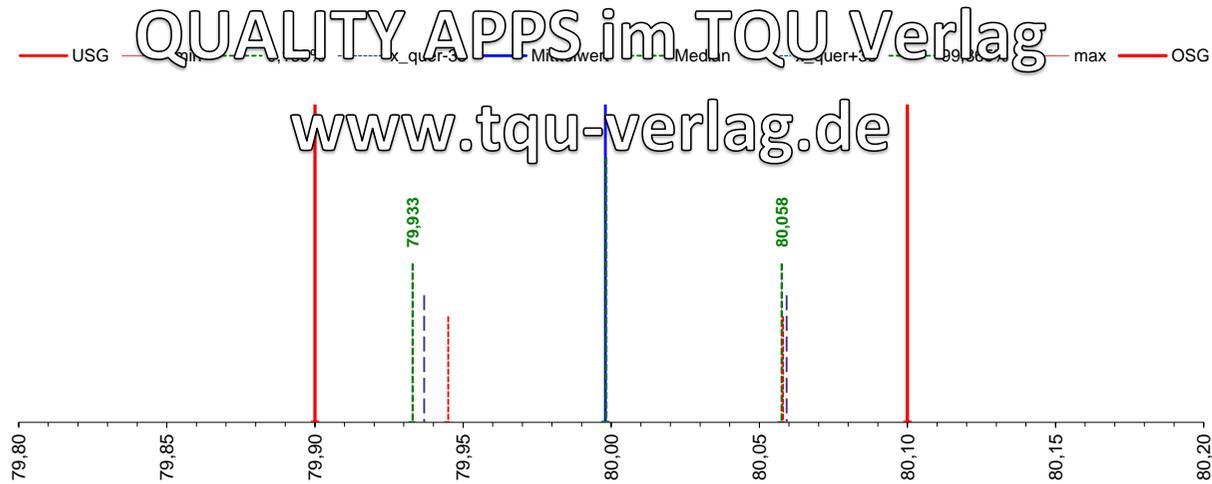
Beispielhafte Angaben nach ISO 22514-2		Berechnungsverfahren M		
		2.1	1.5	1.2
Wert des Prozessfähigkeitsindex	Pp	1,6	1,63	1,62
kleiner Prozessfähigkeitsindex	Ppk	1,5	1,60	1,59
Gewähltes Verteilzeitmodell	A_1			
Anzahl der für die Berechnung verwendeten Werte	125			
Messunsicherheit	3,6µm			
Bewertung des Berechnungsverfahrens		zulässig	unzulässig	unzulässig

[zur Berechnung](#)

TQU Verlag, Magirus-Deutz-Straße 18, 89077 Ulm Deutschland, Telefon 0731/14660200, verlag@tqu-group.com, www.tqu-verlag.com

Methode M ₂₁				Quantile			Indizes		
Kenngröße	Wert	Bewertung	Modell	P(X)	X	extern			extern
Schiefe	0,0	nicht sign.	A1	0,135%	79,9329516		C _p	1,60	
Kurtosis	0,0	nicht sign.		99,865%	80,0576024		C _{pu}	1,72	
				50%	79,9983663		C _{pl}	1,50	
							C _{pk}	1,50	

[Protokoll](#)
[Berechnung](#)



Diagrammdaten		
Wert	x-Achse	y-Achse
OSG	80,1	0,3
USG	79,9	0,3
Mittelwert	79,99804	0,3
Stabw	0,0203911	
x _{quer+3s}	80,0592133	0,12
x _{quer-3s}	79,9368667	0,12
0,1350%	79,9329516	0,15
99,8650%	80,0576024	0,15
Median	79,9983663	0,25
max	80,058	0,1
min	79,945	0,1

Methode	M_{15}	Stichprobe		Schätzung Sigma	Index	kleinster Index
Höchstmaß	U	80,1				
einmaß	L					
Totale Standardabweichung	$\sigma = 5$	0,0203911		0,020391095	1,63	1,60
Mittelwert	$\bar{x} = 1$	79,99804	Konfidenzintervall einseitig		1,46	1,44
Prozentsmodell	1					Test C_{pk}
Anzahl Stichproben	k	25	Vorgabe aus Blatt "Merkmal"			1,33
Anzahl Werte in einer Stichprobe	n	5			Testgröße	1,49
Anzahl Werte	$n*k$	125			Ergebnis ist	signifikant > 1,33

QUALITY APPS im TQU Verlag

www.tqu-verlag.de

[Protokoll](#)

[Berechnung](#)

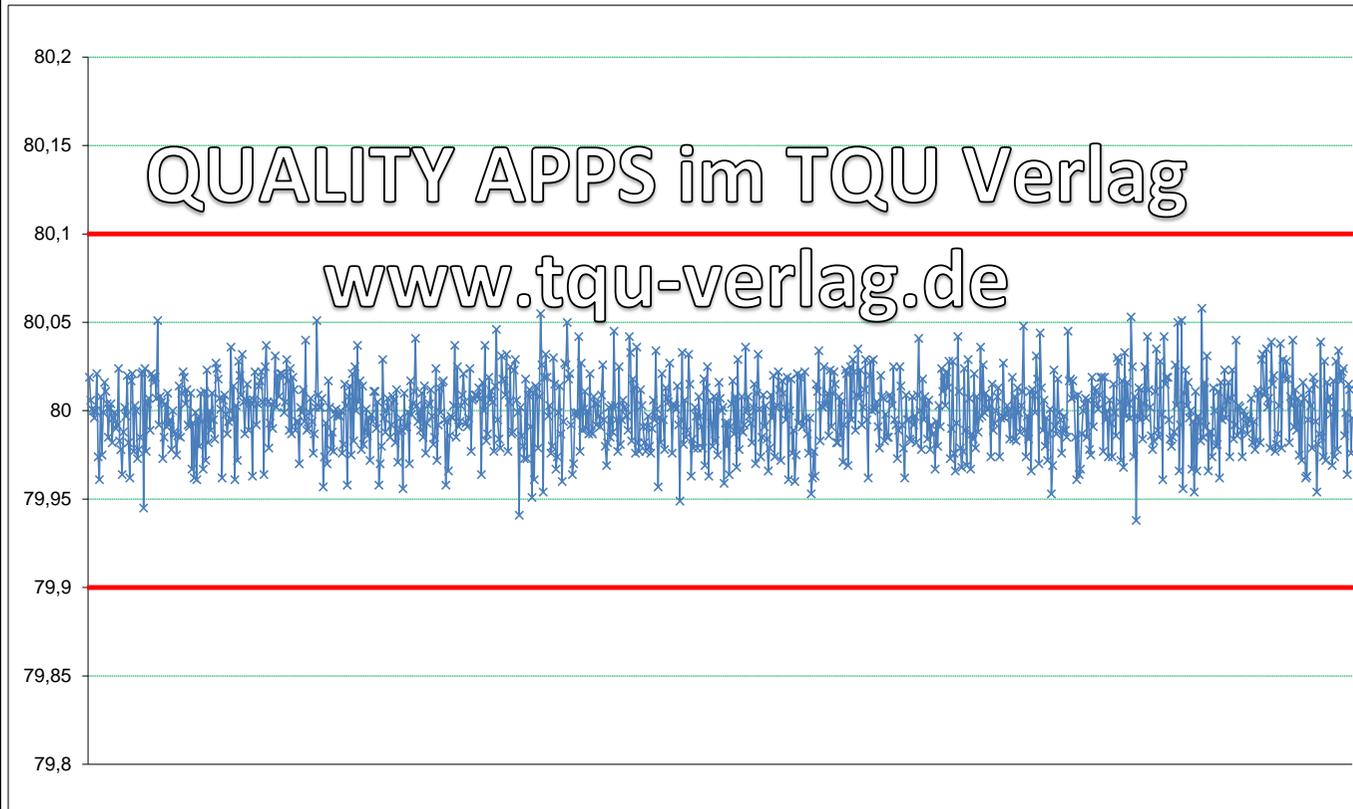
Methode	M_{12}	Wert		Schätzung Sigma	Index	kleinster Index
Höchstmaß	U	80,1	Korrektur			
kleinstes Maß	L	79,99804				
Mittelwert der Varianzen	$d = 2$	0,0205561	0,9975	0,020607589	1,62	1,59
Mittelwert	$l = 1$	79,99804	Konfidenzintervall einseitig		1,43	1,42
erwartete Anzahl	g	25	Vorgabe aus Blatt "Merkmal"			Test C_{pk}
Anzahl Stichproben	k	25				1,33
Anzahl Werte in einer Stichprobe	n	5			Testgröße	1,49
Anzahl Werte	$n*k$	125			Ergebnis ist signifikant > 1,33	

[Protokoll](#)
[Berechnung](#)

Nr	Dat_A1	Mittel μ	Sigma
1	80,019	80	0,02
2	80,006		
3	80,001		
4	80		
5	79,996		
6	80		
7	80,021		
8	79,974		
9	79,961		
10	80,008		
11	79,975		
12	79,999		
13	80,016		
14	80,011		
15	80,004		
16	79,985		
17	80,001		
18	80,004		
19	79,982		
20	79,996		
21	79,999		
22	79,99		
23	79,992		
24	80,024		
25	79,983		
26	79,978		
27	79,964		
28	79,988		
29	80,002		
30	79,997		
31	80,02		
32	79,982		
33	79,962		
34	80,017		
35	80,021		
36	79,977		
37	80,003		
38	80		
39	79,973		

MD *Normalverteilung*

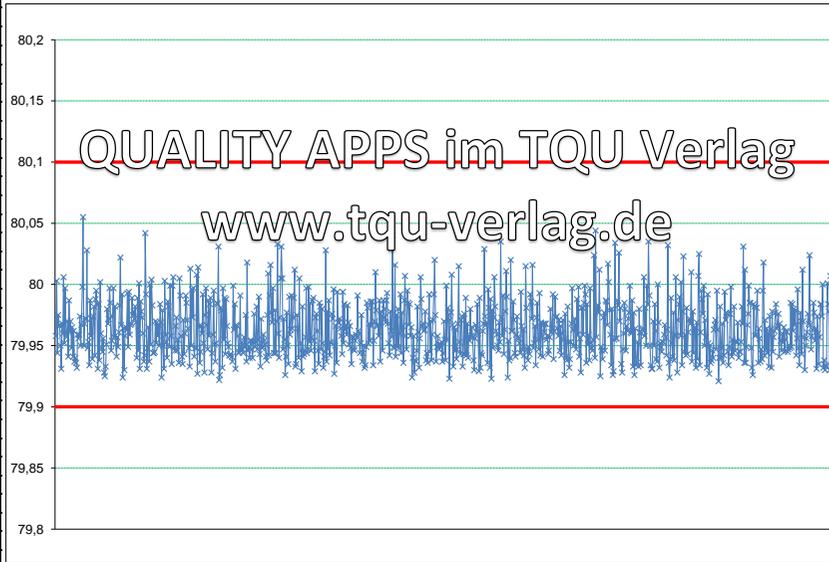
ob. Quantil	80,06	80,054	80,058
unt. Quantil	79,94	79,942	79,933
	<i>berechnet</i>	<i>geschätzt</i>	<i>Pearson</i>



TQU Verlag, Magirus-Deutz-Straße 18, 89077 Ulm Deutschland, Telefon 0731/14660200, verlag@tqu-group.com, www.tqu-verlag.com

Nr	Dat_A2	TW	b	t ₀
1	79,958	0,05	1,9	79,92
2	80,003			
3	79,944			
4	79,975			
5	79,967			
6	79,966			
7	79,95			
8	79,931			
9	79,968			
10	79,96			
11	80,006			
12	79,952			
13	79,997			
14	79,96			
15	79,957			
16	79,97			
17	79,941			
18	79,987			
19	79,961			
20	79,97			
21	79,948			
22	79,965			
23	79,941			
24	79,962			
25	79,937			
26	79,94			
27	79,936			
28	79,932			
29	79,959			
30	79,956			
31	79,959			
32	79,974			
33	79,95			
34	79,967			
35	79,998			
36	80,055			

MD Weibullverteilung mit unterer Schwelle t₀



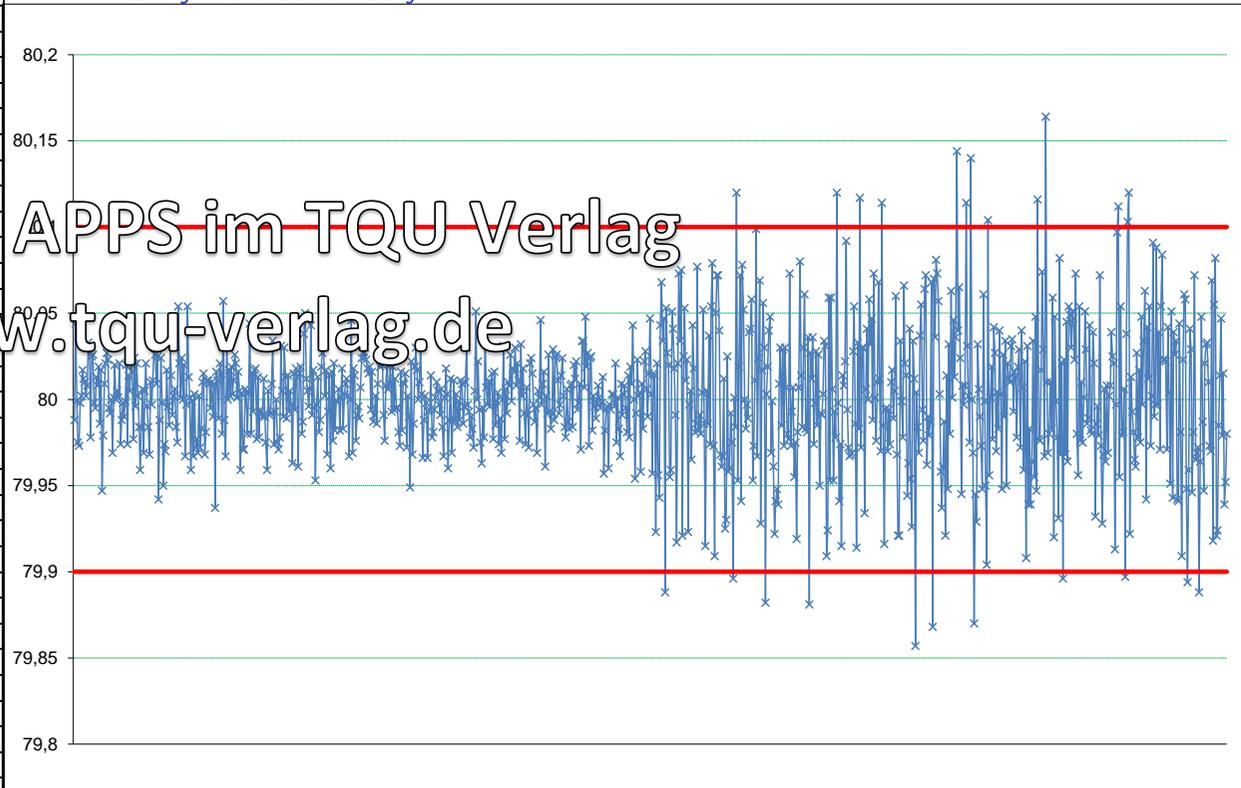
TQU Verlag, Magirus-Deutz-Straße 18, 89077 Ulm Deutschland, Telefon 0731/14660200, verlag@tqu-group.com, www.tqu-verlag.com

Parameter / Kennwert	berechnet	geschätzt N	pearson k - n	alpha	
Mittelwert	79,96436817	79,963457			
Standardabweichung	0,024289475	0,023243675			
ob. Quantil	80,05507461	80,0433027	80,05760239	0,99865	
unt. Quantil	79,92154445	79,92234865	79,93295162	0,00135	
Median	79,96122816	79,96	79,99836626	0,5	
					80,055 max
					79,921 min

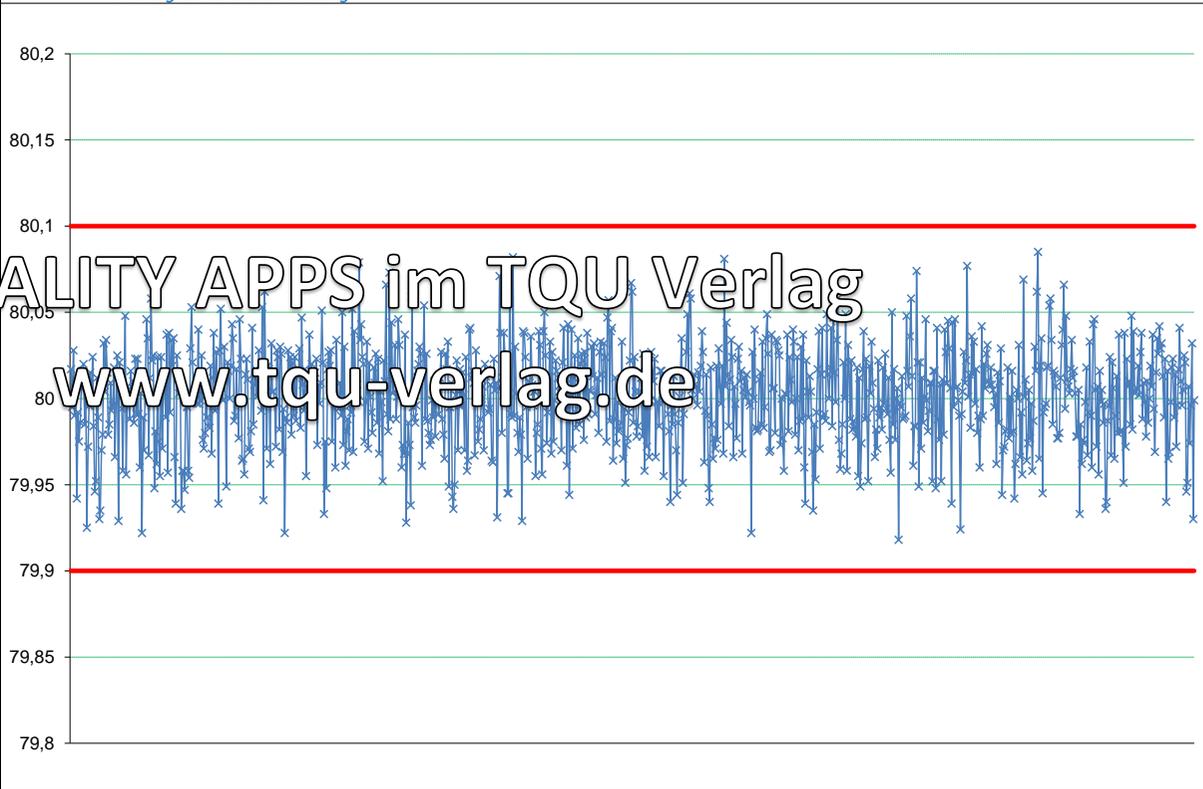
rel Abweichung	-0,015%	0,003%
rel Abweichung	0,001%	0,014%
	-0,002%	0,046%

Im Blatt [Berechnung](#) [Dat_A2](#) auswählen

Nr	Dat_B	Störung s	Sigma	Mittel μ	s_1/s_0	Start Störung
1	79,988	1	0,02	80	2,5	500
2	80,044	1	0,02	MD	Normalverteilung Störung z.B. durch lockere Fixierung	
3	79,999	1	0,02			
4	79,975	1	0,02			
5	79,973	1	0,02			
6	79,998	1	0,02			
7	80,002	1	0,02			
8	80,017	1	0,02			
9	80,012	1	0,02			
10	80,01	1	0,02			
11	80,002	1	0,02			
12	80,01	1	0,02			
13	80,01	1	0,02			
14	80,03	1	0,02			
15	79,978	1	0,02			
16	80,025	1	0,02			
17	80,026	1	0,02			
18	79,998	1	0,02			
19	79,995	1	0,02			
20	80,013	1	0,02			
21	80,008	1	0,02			
22	80,019	1	0,02			
23	79,986	1	0,02			
24	80,017	1	0,02			
25	79,947	1	0,02			
26	79,979	1	0,02			
27	80,009	1	0,02			
28	80,021	1	0,02			
29	80,027	1	0,02			
30	80,023	1	0,02			
31	79,995	1	0,02			
32	79,992	1	0,02			
33	80	1	0,02			
34	79,969	1	0,02			
35	80,001	1	0,02			
36	80,02	1	0,02			
37	80	1	0,02			
38	80,005	1	0,02			

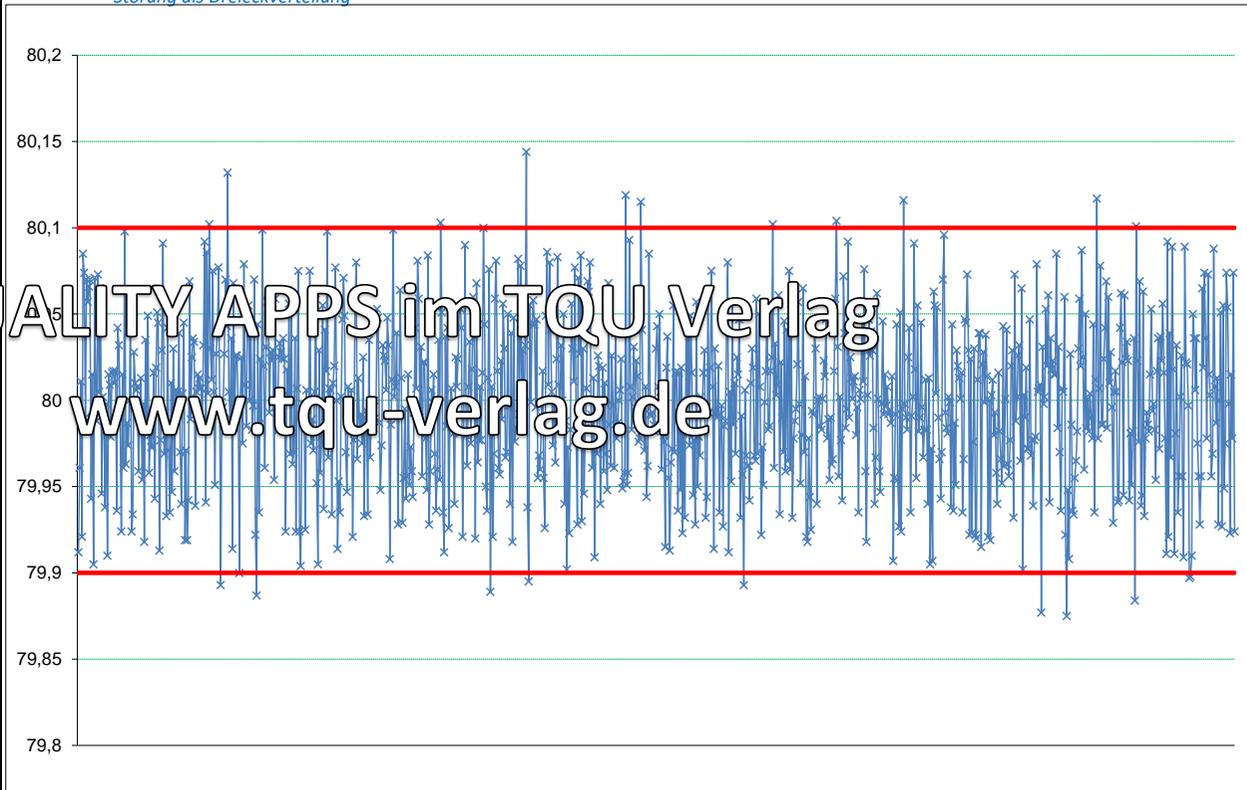


Nr	Dat_C1	Störung Mittel	Mittel μ	Sigma	Stör- streuung
1	80,017	-5,34E-05	80	0,02	0,02
2	79,995	-0,005108	MD	Normalverteilung	Störung als Normalverteilung
3	80,028	0,0067983			
4	79,99	-0,000232			
5	80,01	0,007867			
6	79,942	-0,03331			
7	79,992	-0,016365			
8	79,975	-0,030815			
9	79,986	-0,007937			
10	80,006	0,0170063			
11	80,016	-0,009452			
12	80,02	0,0025115			
13	79,985	-0,014587			
14	80,013	0,00338			
15	79,925	-0,077			
16	79,972	-0,00606			
17	79,996	-0,01763			
18	80,015	0,0248771			
19	79,998	0,0053982			
20	80,024	0,0098818			
21	79,984	-0,000302			
22	79,946	-0,032904			
23	79,952	-0,034855			
24	80,012	-0,005847			
25	79,989	0,000129			
26	79,93	-0,034874			
27	79,935	-0,038305			
28	79,97	0,0002128			
29	79,979	-0,006379			
30	80,032	-0,016501			
31	80,004	0,0113844			
32	80,034	0,0100025			
33	80,015	0,017741			
34	79,979	-0,012559			
35	79,985	0,010836			
36	80,009	-0,012218			
37	79,993	-0,025153			
38	79,996	-0,015104			

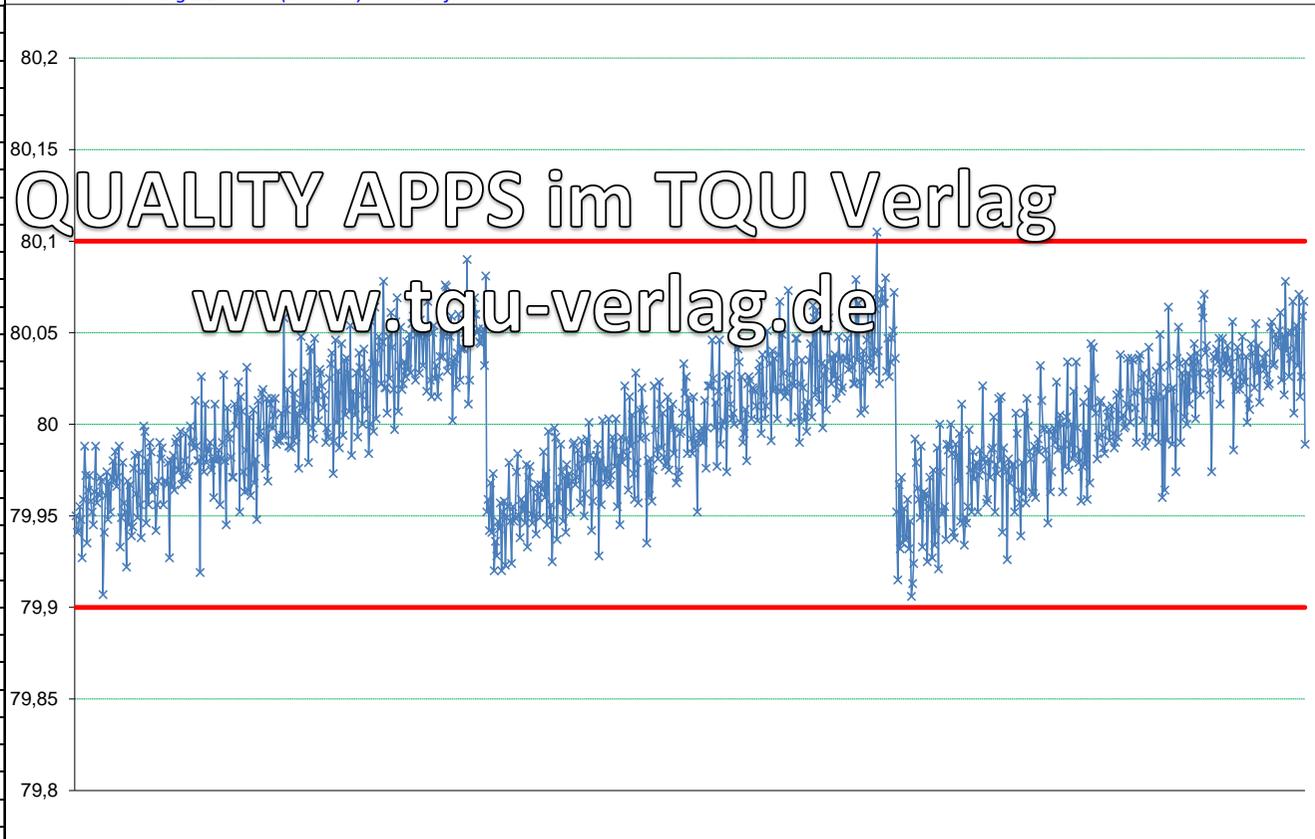


QUALITY APPS im TQU Verlag
www.tqu-verlag.de

Nr	Dat_C2	Störung Mittel	Mittel μ	Sigma	Stör-amplitude
1	79,912	-0,0636914	80	0,02	0,1
2	79,961	-0,0254946	MD	Normalverteilung	Störung als Dreieckverteilung
3	80,011	-5,89E-05			
4	79,921	-0,0571575			
5	80,085	0,09480686			
6	80,074	0,07862666			
7	79,99	0,00362271			
8	80,07	0,07950236			
9	80,057	0,05429184			
10	80,066	0,04110613			
11	80,07	0,06651873			
12	79,943	-0,0561359			
13	80,015	0,02133151			
14	79,905	-0,0828323			
15	80,071	0,023379			
16	79,999	-0,0000001			
17	79,988	-0,0204847			
18	80,073	0,05166545			
19	80,005	0,05374273			
20	80,065	0,07369747			
21	79,946	-0,0468224			
22	80,002	0,02433791			
23	79,995	0,01302684			
24	79,938	-0,0582526			
25	79,998	0,02699611			
26	79,91	-0,0612017			
27	80,015	0,04397417			
28	80,009	0,01019226			
29	79,979	-0,0020699			
30	80,016	-0,0064351			
31	80,017	0,03884461			
32	80,01	0,01218245			
33	80,017	-0,0014651			
34	79,936	-0,0740052			
35	80,042	0,02718548			
36	80,032	-0,0043607			
37	79,989	-0,0108544			



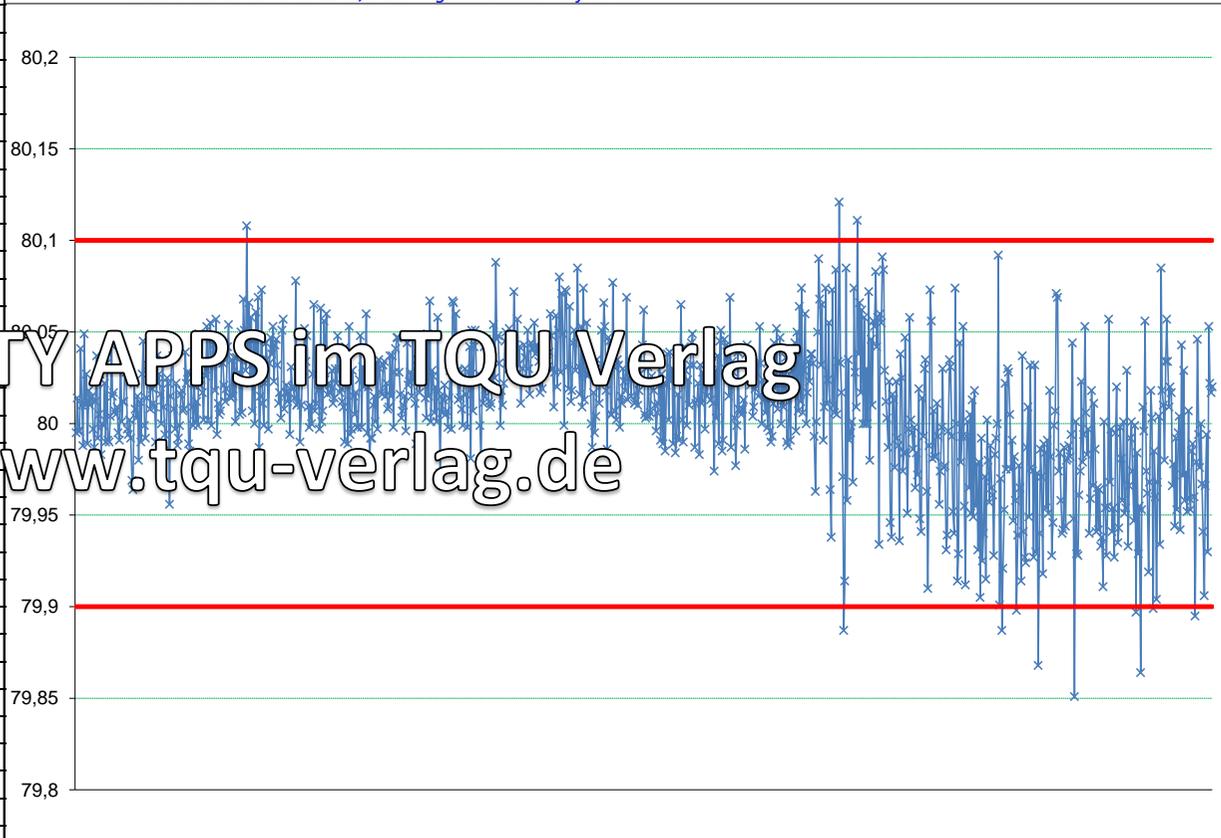
Nr	Dat_C3	Störung Mittel	Mittel μ	Sigma	Shift Mittel	Anstieg Mittel	Periode Anzahl	Periode Länge	Vorhalte-wert
1	79,95	-0,0497	80	0,02	0,1	0,0003	3	333,33333	-0,05
2	79,941	-0,0494	MD	<i>Normalverteilung</i> <i>Störung z.B. durch (linearen) Verschleiß</i>					
3	79,942	-0,0491							
4	79,955	-0,0488							
5	79,948	-0,0485							
6	79,927	-0,0482							
7	79,959	-0,0479							
8	79,988	-0,0476							
9	79,972	-0,0473							
10	79,935	-0,047							
11	79,964	-0,0467							
12	79,972	-0,0464							
13	79,958	-0,0461							
14	79,952	-0,0458							
15	79,945	-0,0455							
16	79,963	-0,0452							
17	79,988	-0,0449							
18	79,957	-0,0446							
19	79,962	-0,0443							
20	79,961	-0,044							
21	79,971	-0,0437							
22	79,969	-0,0434							
23	79,907	-0,0431							
24	79,941	-0,0428							
25	79,961	-0,0425							
26	79,974	-0,0422							
27	79,948	-0,0419							
28	79,968	-0,0416							
29	79,952	-0,0413							
30	79,971	-0,041							
31	79,98	-0,0407							
32	79,969	-0,0404							
33	79,985	-0,0401							
34	79,966	-0,0398							
35	79,971	-0,0395							
36	79,988	-0,0392							
37	79,933	-0,0389							
38	79,949	-0,0386							



Nr	Dat_C4	Störung Mittel	Mittel μ	Sigma	Shift random	Shift systematic	Anstieg Mittel	Periode Anzahl	Periode Länge
1	79,983	-0,0282383	80	0,02	0,1	0,05	0,00035	7	142,8571429
2	79,957	-0,0282334	MD	Normalverteilung		Störung z.B. durch Chargenwechsel und Verschleiß			
3	79,968	-0,0282261							
4	79,971	-0,0282163							
5	79,974	-0,028204							
6	79,972	-0,0281893							
7	80,001	-0,0281722							
8	79,947	-0,0281526							
9	79,998	-0,0281305							
10	79,962	-0,028106							
11	80,005	-0,0280791							
12	79,949	-0,0280497							
13	79,975	-0,0280178							
14	80,026	-0,0279833							
15	79,988	-0,0279488							
16	79,938	-0,0279143							
17	79,978	-0,0278659							
18	79,965	-0,0278218							
19	79,962	-0,0277753							
20	79,95	-0,0277263							
21	79,998	-0,0276748							
22	79,942	-0,0276209							
23	79,98	-0,0275646							
24	79,945	-0,0275058							
25	79,937	-0,0274445							
26	79,975	-0,0273808							
27	79,969	-0,0273147							
28	79,974	-0,0272461							
29	79,965	-0,027175							
30	79,969	-0,0271015							
31	79,997	-0,0270256							
32	79,949	-0,0269472							
33	80,002	-0,0268663							
34	79,961	-0,026783							
35	79,967	-0,0266973							
36	79,983	-0,0266091							
37	79,983	-0,0265184							
38	79,984	-0,0264253							

Nr	Dat_D	Störung Mittel	Nr	Störung s	Sigma	Mittel μ	s_1/s_0	Start Störung s	Shift random	Shift systematic	Anstieg Mittel	Periode Anzahl	Periode Länge
1	79,995	0,005494	1	1	0,02	80	2	650	-0,1	0,05	0,00035	7	142,857143
2	80,014	0,005499	2	1	0,02								
3	79,996	0,005507	3	1	0,02								
4	79,996	0,005516	4	1	0,02								
5	80,041	0,005529	5	1	0,02								
6	80,01	0,005543	6	1	0,02								
7	79,988	0,00556	7	1	0,02								
8	80,049	0,00558	8	1	0,02								
9	80,01	0,005602	9	1	0,02								
10	80,027	0,005627	10	1	0,02								
11	79,989	0,005654	11	1	0,02								
12	80,018	0,005683	12	1	0,02								
13	80,01	0,005715	13	1	0,02								
14	80,014	0,005749	14	1	0,02								
15	80,015	0,005786	15	1	0,02								
16	79,997	0,005825	16	1	0,02								
17	79,987	0,005867	17	1	0,02								
18	80,012	0,005911	18	1	0,02								
19	80,037	0,005957	19	1	0,02								
20	79,992	0,006006	20	1	0,02								
21	80,005	0,006058	21	1	0,02								
22	80,027	0,006112	22	1	0,02								
23	79,983	0,006168	23	1	0,02								
24	80	0,006227	24	1	0,02								
25	79,999	0,006288	25	1	0,02								
26	80,022	0,006352	26	1	0,02								
27	79,99	0,006418	27	1	0,02								
28	80,033	0,006487	28	1	0,02								
29	79,991	0,006558	29	1	0,02								
30	79,99	0,006631	30	1	0,02								
31	80,004	0,006707	31	1	0,02								
32	80,043	0,006785	32	1	0,02								
33	80,015	0,006866	33	1	0,02								
34	80,017	0,00695	34	1	0,02								
35	80,007	0,007035	35	1	0,02								
36	80,005	0,007124	36	1	0,02								
37	80,009	0,007214	37	1	0,02								
38	79,995	0,007307	38	1	0,02								
39	79,991	0,007403	39	1	0,02								
40	80,042	0,007501	40	1	0,02								
41	80,001	0,007601	41	1	0,02								
42	80,012	0,007704	42	1	0,02								

mehrfache Störungen
nicht beherrschter Prozess, sollte eigentlich nicht auftreten



QUALITY APPS im TQU Verlag
www.tqu-verlag.de

TQU Verlag, Magirus-Deutz-Straße 18, 89077 Ulm Deutschland, Telefon 0731/14660200, verlag@tqu-group.com, www.tqu-verlag.com