

Jürgen P. Bläsing • Daniel Eiche

# Workbook

Realistischere Toleranzen  
Lösungsansätze für ein wichtiges Thema

Steinbeis-Transferzentren  
Qualität im Unternehmen

**TQU**

Jürgen P. Bläsing Daniel Eiche

# Workbook

## Realistischere Toleranzen

Lösungsansätze für ein  
wichtiges Thema

TQU VERLAG

## Die Autoren

Direktor Prof. Dr. Jürgen P. Bläsing  
Daniel Eiche  
Magirus-Deutz-Straße 18  
89077 Ulm  
www.tqu-group.com



Workbook  
**Realistischere Toleranzen**  
**Lösungsansätze für ein wichtiges Thema**

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch bedingten Rechte, insbesondere in der Übersetzung, im Nachdruck, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen oder Tabellen, der Vervielfältigung und der Speicherung bleiben vorbehalten. Wenn in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften, Normen oder andere Richtlinien verwiesen oder auszugsweise zitiert wird, so übernehmen der Verlag und die Autoren keine Garantie für Vollständigkeit, Richtigkeit und Aktualität. Bitte ziehen Sie bei Ihren eigenen Arbeiten die vollständigen und autorisierten Dokumente in der jeweils gültigen Fassung heran.

Ausgabe 2001, überarbeitet 2018  
Eigenverlag und Eigenvertrieb  
TQU Verlag Ulm  
Magirus-Deutz-Straße 18, 89077 Ulm, Deutschland  
Telefon: 0731 14660-200, E-Mail [verlag@tqu-group.com](mailto:verlag@tqu-group.com)

## Vorwort

### Workbook Realistischere Toleranzen Lösungsansätze für ein wichtiges Thema

Tag für Tag verlieren Unternehmen viel Geld, weil sie sich mit unrealistischen Toleranzen herumschlagen müssen. Insbesondere Zulieferfirmen, die "nach Zeichnung" ihrer Kunden arbeiten müssen, können über diese Probleme ganze Opernarien singen. Wo liegen die Ursachen? Was kann man dagegen tun?

Sicher liegt man nicht falsch, wenn man behauptet, dass viele unserer Konstrukteure in der Ausbildung und im Berufsleben ein sehr gering ausgeprägtes Bewusstsein für die Bedeutung ihrer Toleranzvorgaben entwickeln konnten. Angsttoleranzen durch zu viele Sonderfreigaben zu überwinden, das scheint das tägliche Brot der produzierenden Abteilungen unserer Unternehmen zu sein.

Angeregt durch ein sehr erfolgreiches Seminar bei einem unserer Kunden zu dieser Problemstellung haben wir uns aufgemacht, in diesem Workbook sechs Lösungsansätze für realistischere Toleranzen zusammenzustellen. Möge diese Arbeit unseren Lesern, den Konstrukteuren, den Produktionsfachleuten und den Qualitätsern aus der Praxis, möglichst viele Anregungen geben, selbst in diesem Thema weiterzukommen.

Das Thema Toleranzen wird schnell wissenschaftlich und anspruchsvoll. All denen, für die unsere Darstellungen in diesem Workbook nicht tief genug gehen, empfehlen wir die im Anhang genannten Bücher.

Wir wünschen in allen Vorhaben viel Erfolg!

Das TQU Team

## Inhaltsverzeichnis

<b>Ausgangspunkt: Die lineare Toleranzrechnung</b>	<b>7</b>
Notwendige Begriffe	8
Ansetzen von Maßketten	9
Maßkette am Beispiel Bohrung-Welle	10
Maßkette am Beispiel einer Abfüllanlage	11
Arbeiten mit Toleranzen	12
Lineare Toleranzrechnung am Beispiel Bohrung-Welle	13
Lineare Toleranzrechnung am Beispiel einer Abfüllanlage	13
Induktiv: Schließmaßtoleranz aus den Einzelmaßtoleranzen	14
Deduktiv: Einzelmaßtoleranzen aus der Schließmaßtoleranz	15
Reserven nutzen, Toleranzen realistischer gestalten	16
Fahrplan zur Ermittlung realistischerer Toleranzen	17
<b>Lösungsansatz: Verlustüberlegungen</b>	<b>18</b>
Toleranzgrenzen dynamisch verstehen	19
Verlustfunktion nach Taguchi	20
Beispiel: Verlustfunktion bei Serienfertigung (1)	21
Beispiel: Verlustfunktion bei Serienproduktion (2)	22
Anregungen zur verlustbezogenen Tolerierung	23
<b>Lösungsansatz: Lebensdauerüberlegungen</b>	<b>24</b>
Das Lebensdauermodell nach Weibull	25
Wie der Kunde Qualität erlebt	26
Anregungen zur lebensdauerbezogenen Tolerierung	27
<b>Lösungsansatz: Beziehungsüberlegungen</b>	<b>28</b>
Beziehungen zwischen Ursachen und Wirkungen herstellen	29
Beziehungen beurteilen (Korrelation)	30
Anregungen zur parameterbezogenen Tolerierung	31
Anregungen zur Tolerierung mehrerer Parameter	33
<b>Lösungsansatz: Paarungsüberlegungen</b>	<b>34</b>

Die Paarungsqualität verbessern	35
Die Auslesepaarung	36
Anregungen zur paarungsbezogenen Tolerierung	37
<b>Lösungsansatz: Prozessüberlegungen</b>	<b>38</b>
Prozessfähigkeit und Prozessbeherrschung	39
Beispiele für Fähigkeitsindizes	39
Tolerierung in Abhängigkeit der Prozessfähigkeit	41
Tolerierung bei Prozessen mit Trendverhalten	42
Tolerierung bei Six Sigma Prozessen	43
Tolerierung bei nicht mittiger Prozessführung	44
Anregungen zur prozessbezogenen Tolerierung	45
<b>Lösungsansatz: Statistische Überlegungen</b>	<b>46</b>
Verteilungsformen in der Produktion	47
Kombination von Verteilungen	48
Denken in Wahrscheinlichkeiten	48
Statistische Toleranzrechnung	50
Toleranzrechnung für normalverteilte Einzelmaße	51
Beispiel Bohrung-Welle	52
Beispiel Abfüllanlage	52
Toleranzrechnung für rechteckverteilte Einzelmaße	55
Berechnung mit Hilfe von Tabellen	56
Fall 1: Einzeltoleranzen $T_i$ werden gesucht	56
Fall 2: Schließtoleranz $T_s$ wird gesucht	57
Anregungen zur statistischen Tolerierung	58
<b>Beispiel für die Toleranzrechnung</b>	<b>59</b>
Toleranzrechnung für eine Tastatur	60
Aufgaben für die Toleranzrechnung	63
<b>Ein wenig Statistik für innovative Toleranzfinder</b>	<b>64</b>
Nötige Begriffe und Bezeichnungen	65
Kennzahlen einer Stichprobe	66
Von der beschreibenden Statistik zur Wahrscheinlichkeitstheorie	67

Modell der Normalverteilung	67
Verteilungsfunktion der Normalverteilung	68
Parameter der Normalverteilung	69
Prozentsätze der Normalverteilung	70
<b>Nützlicher Anhang</b>	<b>71</b>
Zulässige Toleranzen für Längenmaße nach DIN ISO 2768	72
Grundtoleranzen nach ISO 286	72
Toleranzerfüllung bei Normalverteilung	73
Toleranzerfüllung in Abhängigkeit der Prozessfähigkeit	74
Toleranzerfüllung bei nicht mittiger Prozessführung	76
Schrifttum zum Thema	78

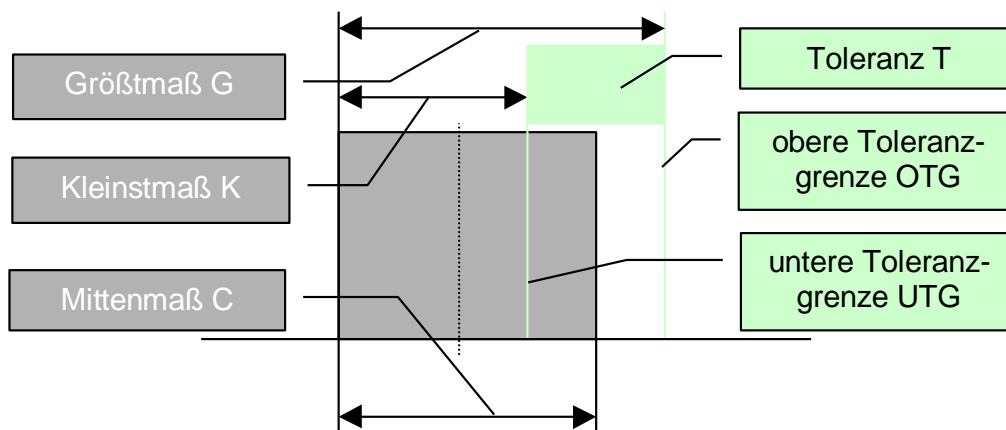
## **Ausgangspunkt: Die lineare Toleranzrechnung**



## Notwendige Begriffe

- **Mittenmaß C**

Die Toleranzrechnung bezieht sich immer auf das Mittenmaß C. Sonderfall: Bei symmetrischer Toleranzfestlegung (z.B.  $22 \pm 0,1$ ) entspricht das Mittenmaß dem Nennmaß.



- **Maßkette**

Geometrische Zusammenfassung von  $k$  zusammenwirkenden Einzelmaßen (Mittenmaßen). Eine Maßkette besteht aus Summen und Differenzen von Einzelmaßen. Die Einzelmaße sind voneinander unabhängig.

- **Schließmaß S**

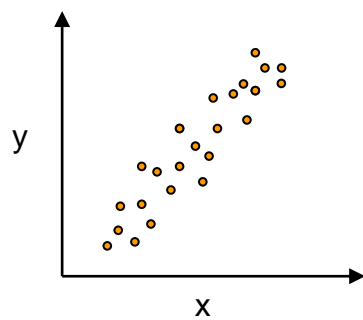
Das Maß, das sich aus der Addition (unter Berücksichtigung der Vorzeichen) der  $k$  unabhängigen Einzelmaße (Mittenmaße) einer Maßkette ergibt.

- **Schließmaßtoleranz  $T_s$**

Die sich ergebende Gesamttoleranz des Schließmaßes aus der Kombination der Einzeltoleranzen der in einer Maßkette beteiligten Einzelmaße (induktives Vorgehen). Umgekehrt ergibt die Tolerierung des Schließmaßes durch den Konstrukteur die Größe der Einzeltoleranzen (deduktives Vorgehen).

Die Schließmaßtoleranz kann nach linearen oder statistischen Gesichtspunkten bestimmt werden.

## Beziehungen beurteilen (Korrelation)

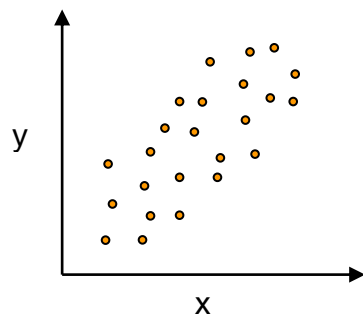


Ergebnis

eindeutig  
positive  
Korrelation

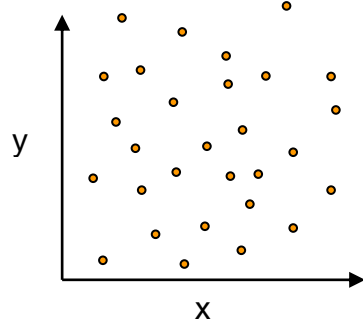
Wirkung

- Zunahme von  $x$  bewirkt eine proportionale Zunahme von  $y$



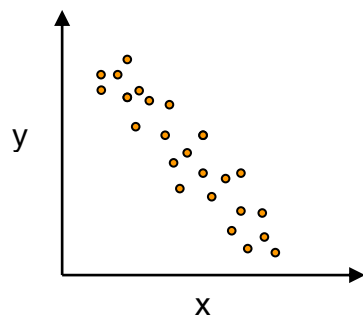
zweifelhafte  
positive  
Korrelation

- Zunahme von  $x$  bewirkt mögliche Veränderung von  $y$ ;  $y$  ist aber vermutlich nicht nur von  $x$  alleine abhängig



keine  
Korrelation

- es besteht keine Wechselwirkung zwischen  $x$  und  $y$



eindeutige  
negative  
Korrelation

- Zunahme von  $x$  bewirkt proportionale Abnahme von  $y$

### Wichtig:

- Negative Korrelation ist genauso bedeutend wie positive.
- Streudiagramme dienen lediglich der Feststellung, ob  $x$  und  $y$  miteinander in Beziehung stehen.
- Für die exakte Bestimmung von Beziehungen stehen eine Reihe von mathematischen Verfahren zur Verfügung.

## Toleranzrechnung für normalverteilte Einzelmaße

Bei normalverteilten Einzelmaßen ist die Analyse besonders einfach, daher wird diese zunächst betrachtet.

Das nachfolgende Bild zeigt als Beispiel die Verteilung der Durchmesser der Bohrung, der Welle und der Differenz zwischen Bohrung und Welle. Dabei wurde ein Prozessfähigkeitsindex  $C_p = C_{pk} = 1$  unterstellt. (Bei normalverteilten Maßen kann im Prinzip jeder Wert auftreten. Daher kann man keine Toleranz im Sinn einer absoluten Grenze angeben. Jede Toleranz wird mit einer gewissen, wenn auch kleinen Wahrscheinlichkeit überschritten.)

Wenn sämtliche Einzelmaße normalverteilt sind, so ist das Schließmaß ebenfalls normalverteilt.

Mit den Regeln aus dem Abweichungsfortpflanzungsgesetz erhält man:

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_k^2} \\ T_s &= \sqrt{T_1^2 + T_2^2 + \dots + T_k^2} \\ T_s &= \sqrt{0,2^2 + 0,1^2} = \sqrt{0,05} = 0,223\end{aligned}$$

Ergebnis: Wenn man die Verteilung der Werte berücksichtigt, kann man die Toleranz der Differenz von 0,30 mm auf 0,224 mm einengen. Die Verteilung der Differenzen liegt ebenso gut innerhalb dieser Toleranz wie die Verteilung der Einzelmaße innerhalb der Toleranzen der Einzelmaße liegt.

Allgemein erhält man bei normalverteilten Einzelmaßen:

$$T_s = \sqrt{\sum_{i=1}^k T_i^2} = \sqrt{T_1^2 + T_2^2 + \dots + T_k^2}$$

Sind alle Einzeltoleranzen gleich, so erhält man für die Schließtoleranz:

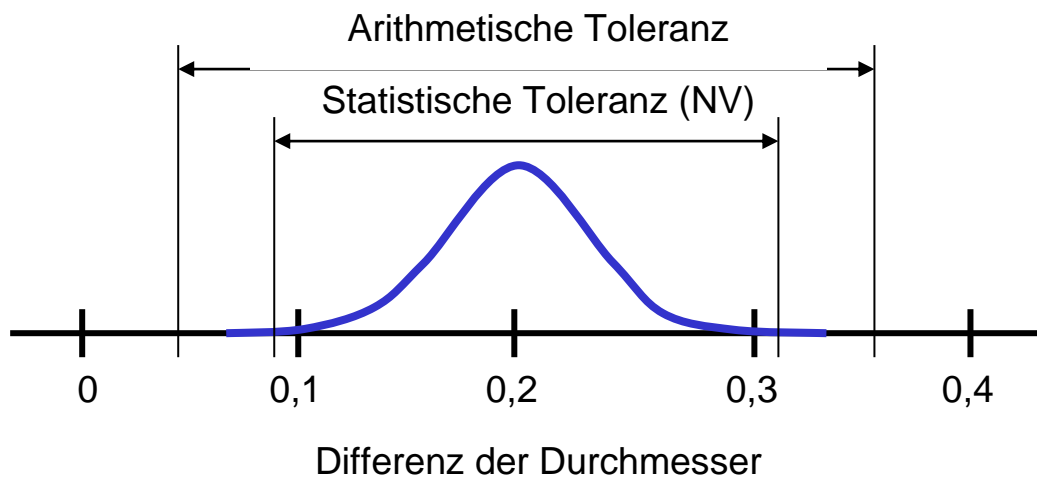
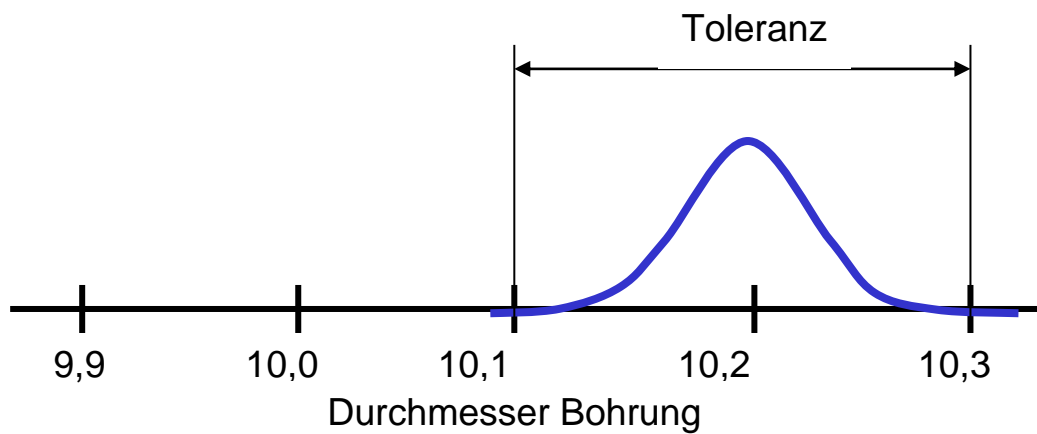
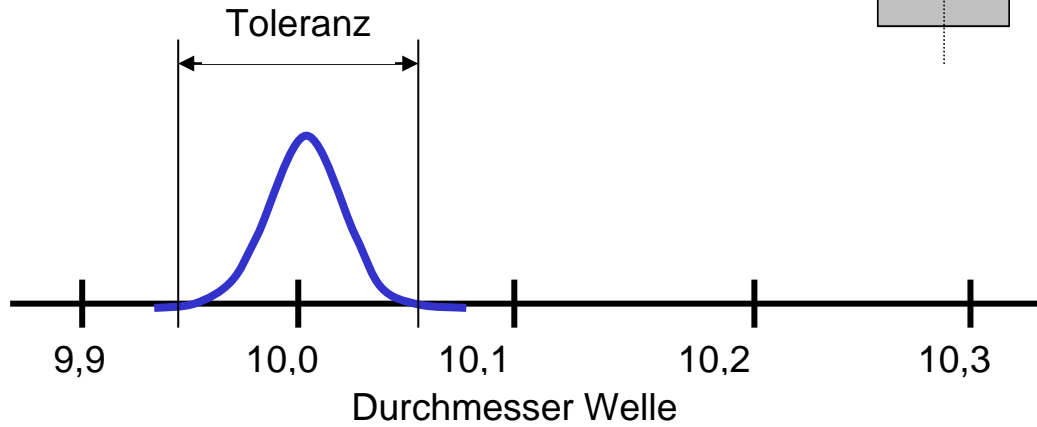
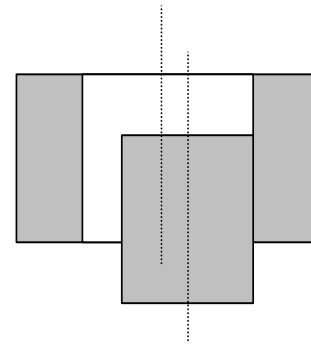
$$T_s = T_1 * \sqrt{k}$$

Und umgekehrt für die Einzeltoleranz:

$$T_1 = \frac{T_s}{\sqrt{k}}$$

### Beispiel Bohrung-Welle

Normalverteilte Durchmesser einer Bohrung und einer Welle und die daraus berechnete Verteilung der Differenz der Durchmesser, zusammen mit den Einzeltoleranzen bzw. der arithmetischen Schließtoleranz:



## Lineare Betrachtung

	Maßkette	Max	Min
	12,5 + 0,14/-0,03	12,64	12,47
+	5,6 ± 0,05	5,65	5,55
-	1,22 ± 0,04	1,18	1,26
-	11,2 ± 0,05	11,15	11,25
-	4,5 ± 0,05	4,45	4,55
-	1,5 ± 0,13	1,37	1,63
	<b>- 0,32</b>	<b>+ 0,14</b>	<b>- 0,67</b>
	Ideal	Luft	Überschneidung

Ergebnis der konventionellen Toleranzrechnung (linear):

Luft: 0,14mm

Überschneidung: 0,67mm

**Schließtoleranz: 0,81mm**

Statistische Betrachtung (normalverteilt)

$$T_s = \sqrt{\sum_{i=1}^k T_i^2} = \sqrt{T_1^2 + T_2^2 + \dots + T_k^2}$$

$$T = \sqrt{0,17^2 + 0,1^2 + 0,08^2 + 0,1^2 + 0,1^2 + 0,26^2} = \sqrt{0,132} = 0,36$$

Die statistische Schließtoleranz beträgt 0,36 mm oder ± 0,18 mm

Bei der statistischen Toleranzrechnung wird von einer normalverteilten Streuung um die Toleranzmitte ausgegangen.

	Maßkette	Toleranzmitte
	12,5 + 0,14/- 0,03	12,555
+	5,6 ± 0,05	5,60
-	1,22 ± 0,04	1,22
-	11,2 ± 0,05	11,20
-	4,5 ± 0,05	4,500
-	1,5 ± 0,13	1,500
		- 0,265

Im Mittel wird ein Schließmaß von - 0,165 mm erreicht (Überschneidung der Gummimatte durch Stößel)

Das Schließmaß beträgt **- 0,265 ± 0,18 mm**

Der Luftspalt beträgt mindestens **- 0,085 mm**

### Ergebnis

Während bei der arithmetischen Toleranzrechnung ein theoretischer Luftspalt von 0,14 mm errechnet wurde, sagt die statistische Toleranzrechnung, dass der Luftspalt kleiner als - 0,085 mm ist. Das bedeutet, dass die Tasten nicht klappern.

Die statistische Aussagesicherheit entspricht der Prozessfähigkeit der Einzelmerkmale, d.h. wenn die jeweiligen  $c_p > 1$  sind, klappern weniger als 0,23% der Tasten

## Aufgaben für die Toleranzrechnung

### Aufgabe 1:

Die Blattfeder für einen Lkw wird durch Übereinanderlegen von 8 Einzelfedern hergestellt. Die Dicke einer Einzelfeder beträgt  $8,0 \pm 0,12$  mm.

Berechnen Sie Dicke und Schließtoleranz für das Federpaket

- a) mit arithmetischer Toleranzrechnung
- b) mit statistischer Toleranzrechnung unter Annahme von Normalverteilung
- c) mit statistischer Toleranzrechnung unter Annahme einer Rechteckverteilung

### Aufgabe 2:

Die Blattfeder für einen Lkw wird durch Übereinanderlegen von 8 Einzelfedern hergestellt. Die Dicke des Federpakets soll  $64,0 \pm 1,0$  mm betragen.

Berechnen Sie Sollwert und Toleranz für eine Einzelfeder

- a) mit arithmetischer Toleranzrechnung
- b) mit statistischer Toleranzrechnung unter Annahme von Normalverteilung
- c) mit statistischer Toleranzrechnung unter Annahme einer Rechteckverteilung

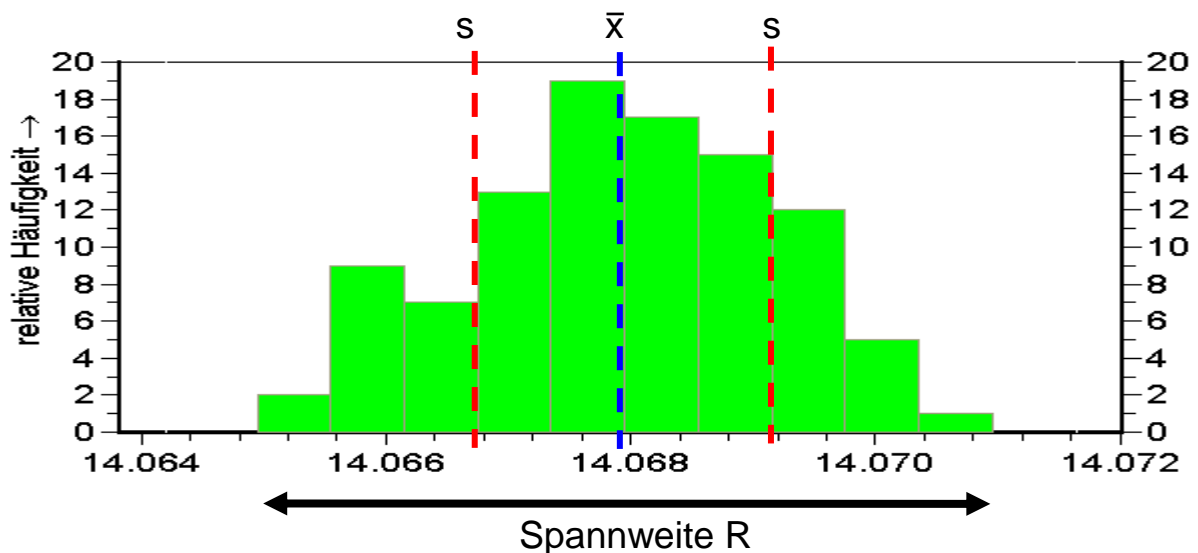
## **Ein wenig Statistik für innovative Toleranzfinder**



## Nötige Begriffe und Bezeichnungen

$x_1 \dots x_n$	Einzelwerte einer Stichprobe
$n$	Anzahl Einzelwerte einer Stichprobe
$R$	Spannweite einer Stichprobe
$\bar{x}$	Mittelwert „x quer“ einer Stichprobe
$s$	Standardabweichung einer Stichprobe
$\bar{\bar{x}}$	Mittelwert „x doppel quer“ der Mittelwerte $\bar{x}$
$\mu$	Mittelwert „mü“ der Normalverteilung
$\sigma$	Standardabweichung „sigma“ der Normalverteilung
$\hat{\mu}, \hat{\sigma}$	geschätzte Werte „mü Dach“ bzw. „sigma Dach“

### Histogramm einer Stichprobe



## Toleranzerfüllung in Abhängigkeit der Prozessfähigkeit

Prozessfähigkeit cp	Toleranzerfüllung als Produktionsanteil innerhalb der Toleranz (%)	von 1.000.000 Teilen sind außerhalb der Toleranz (ppm)
0,17	38,2924934729	617.075,07
0,18	41,7680689949	582.319,31
0,20	45,1493870123	548.506,13
0,22	68,2689480482	317.310,52
0,23	51,6072843030	483.927,16
0,25	54,6745440540	453.254,56
0,27	57,6289332123	423.710,67
0,28	60,4675015907	395.324,98
0,30	63,1879816536	368.120,18
0,32	65,7887775506	342.112,22
0,33	68,2689480482	317.310,52
0,35	70,6281838305	293.718,16
0,37	72,8667796985	271.332,20
0,38	74,9856022498	250.143,98
0,40	76,9860536565	230.139,46
0,42	78,8700321829	211.299,68
0,43	80,6398901009	193.601,10
0,45	82,2983896583	177.016,10
0,47	83,8486577487	161.513,42
0,48	85,2941399089	147.058,60
0,50	86,6385542413	133.614,46
0,52	87,8858458223	121.141,54
0,53	89,0401421092	109.598,58
0,55	90,1057098127	98.942,90
0,57	91,0869136435	89.130,86
0,58	91,9881772867	80.118,23
0,60	92,8139468972	71.860,53
0,62	93,5686573510	64.313,43
0,63	94,2567014271	57.432,99
0,65	94,8824020409	51.175,98
0,67	95,4499875928	45.500,12
0,68	95,9635704480	40.364,30
0,70	96,4271285164	35.728,71
0,72	96,8444898597	31.555,10
0,73	97,2193202183	27.806,80
0,75	97,5551133175	24.448,87
0,77	97,8551837881	21.448,16
0,78	98,1226625170	18.773,37
0,80	98,3604942261	16.395,06
0,82	98,5714370687	14.285,63
0,83	98,7580640283	12.419,36
0,85	98,9227659005	10.772,34
0,87	99,0677556435	9.322,44
0,88	99,1950738854	8.049,26
0,90	99,3065953894	6.934,05
0,92	99,4040362824	5.959,64
0,93	99,4889618717	5.110,38
0,95	99,5627948833	4.372,05
0,97	99,6268239719	3.731,76
0,98	99,6822123701	3.177,88
1,00	99,7300065554	2.699,93
1,02	99,7711448341	2.288,55
1,03	99,8064657529	1.935,34
1,05	99,8367162638	1.632,84
1,07	99,8625595838	1.374,40
1,08	99,8845827013	1.154,17
1,10	99,9033034927	966,97

1,12	99,9191774262	808,23
1,13	99,9326038354	673,96
1,15	99,9439317560	560,68
1,17	99,9534653253	465,35
1,18	99,9614687506	385,31
1,20	99,9681708572	318,29
1,22	99,9737692305	262,31
1,23	99,9784339709	215,66
1,25	99,9823110819	176,89
1,27	99,9855255131	144,74
1,28	99,9881838818	118,16
1,30	99,9903768962	96,23
1,32	99,9921815045	78,18
1,33	99,9936627931	63,37
1,35	99,9948756557	51,24
1,37	99,9958662568	41,34
1,38	99,9966733085	33,27
1,40	99,9973291805	26,71
1,42	99,9978608629	21,39
1,43	99,9982907958	17,09
1,45	99,9986375841	13,62
1,47	99,9989166094	10,83
1,48	99,9991405527	8,59
1,50	99,9993198394	6,80
1,52	99,9994630164	5,37
1,53	99,9995770713	4,23
1,55	99,9996677009	3,32
1,57	99,9997395369	2,60
1,58	99,9997963343	2,04
1,60	99,9998411295	1,59
1,62	99,9998763705	1,24
1,63	99,9999040261	0,96
1,65	99,9999256748	0,74
1,67	99,9999425790	0,57
1,68	99,9999557457	0,44

1,70	99,9999659755	0,34
1,72	99,9999739039	0,26
1,73	99,9999800331	0,20
1,75	99,9999847597	0,15
1,77	99,9999883956	0,12
1,78	99,9999911854	0,09
1,80	99,9999933208	0,07
1,82	99,9999949511	0,05
1,83	99,9999961927	0,04
1,85	99,9999971360	0,03
1,87	99,9999978508	0,02
1,88	99,9999983911	0,02
1,90	99,9999987985	0,01
1,92	99,9999991049	0,01
1,93	99,9999993348	0,01
1,95	99,9999995068	0,00
1,97	99,9999996353	0,00
1,98	99,9999997309	0,00
2,00	99,9999998020	0,00

## Toleranzerfüllung bei nicht mittiger Prozessführung

Prozessfähigkeit cp	Lage zur unteren Toleranzgrenze cpku	Lage zur oberen Toleranzgrenze cpko	Produktionsanteil innerhalb der Toleranzgrenzen (%)	von 1.000.000 Teilen sind außerhalb der Toleranz (ppm)
0,667	-0,333	1,667	15,8654972654	841.345,027
0,667	0,000	1,333	49,9968313747	500.031,686
0,667	0,167	1,167	69,1229793991	308.770,206
0,667	0,333	1,000	83,9994773018	160.005,227
0,667	0,500	0,833	92,6983091348	73.016,909
0,667	0,667	0,667	95,4499875928	45.500,124
0,833	-0,333	2,000	15,8655258769	841.344,741
0,833	0,000	1,667	49,9999712677	500.000,287
0,833	0,167	1,500	69,1459066561	308.540,933
0,833	0,333	1,333	84,1313054206	158.686,946
0,833	0,500	1,167	93,2960097833	67.039,902
0,833	0,667	1,000	97,5899970741	24.100,029
0,833	0,833	0,833	98,7580640283	12.419,360
1,000	-0,333	2,333	15,8655259758	841.344,740
1,000	0,000	2,000	49,9999998792	500.000,001
1,000	0,167	1,833	69,1462448328	308.537,552
1,000	0,333	1,667	84,1344453136	158.655,547
1,000	0,500	1,500	93,3189370403	66.810,630
1,000	0,667	1,333	97,7218251929	22.781,748
1,000	0,833	1,167	99,3557646768	6.442,353
1,000	1,000	1,000	99,7300065554	2.699,934
1,333	-0,333	3,000	15,8655259759	841.344,740
1,333	0,000	2,667	49,9999999782	500.000,000
1,333	0,167	2,500	69,1462467364	308.537,533
1,333	0,333	2,333	84,1344740240	158.655,260
1,333	0,500	2,167	93,3192771166	66.807,229

1,333	0,667	2,000	97,7249936974	22.750,063
1,333	0,833	1,833	99,3790301105	6.209,699
1,333	1,000	1,667	99,8649745672	1.350,254
1,333	1,167	1,500	99,9763925823	236,074
1,333	1,333	1,333	99,9936627931	63,372
1,667	-0,333	3,667	15,8655259759	841.344,740
1,667	0,000	3,333	49,9999999782	500.000,000
1,667	0,333	3,000	84,1344740241	158.655,260
1,667	0,500	2,833	93,3192771207	66.807,229
1,667	0,667	2,667	97,7249937964	22.750,062
1,667	0,833	2,500	99,3790320141	6.209,680
1,667	1,000	2,333	99,8650032775	1.349,967
1,667	1,167	2,167	99,9767326586	232,673
1,667	1,333	2,000	99,9968312975	31,687
1,667	1,500	1,833	99,9996580161	3,420
1,667	1,667	1,667	99,9999425790	0,574
2,000	0,000	4,000	49,9999999782	500.000,000
2,000	0,667	3,333	97,7249937964	22.750,062
2,000	1,000	3,000	99,8650032777	1.349,967
2,000	1,333	2,667	99,9968313965	31,686
2,000	1,500	2,500	99,9996599197	3,401
2,000	1,667	2,333	99,9999712894	0,287
2,000	2,000	2,000	99,9999998020	0,002

## Schrifttum zum Thema

Genichi Taguchi

System of Experimental Design. Engineering Methods to Optimize Quality and Minimize Costs. American Supplier Institute Inc. Dearborn Michigan 1987

Host Rinne, Hans-Joachim Mittag

Prozessfähigkeitsmessung für die industrielle Praxis. Carl Hanser Verlag München Wien 1999 ISBN 3-446-21117-9

VDA

Zuverlässigkeitssicherung bei Automobilherstellern und Lieferanten. Verfahren und Beispiele. Verband der Automobilindustrie Frankfurt 1984 ISBN 0943-9412

Franz J. Brunner

Wirtschaftlichkeit industrieller Zuverlässigkeitssicherung. Vieweg Braunschweig Wiesbaden 1992 ISBN 3-528-06457-9

H. Trumpold, Ch. Beck, G. Richter

Toleranzsysteme und Toleranzdesign - Qualität im Austauschbau. Carl Hanser Verlag München Wien 1997 ISBN 3-446-177757-4

H.J. Warnecke, W. Dutschke

Fertigungsmesstechnik. Handbuch für Industrie und Wissenschaft. Springer Verlag Berlin Heidelberg New York 1984 ISBN 0-387-11784-9

DIN 7186 T1 8/74: Statistische Tolerierung, Anwendungsrichtlinien und Zeichnungsangaben

DIN 7886 T2: Statistische Tolerierung; Grundlagen und Rechnungsverfahren