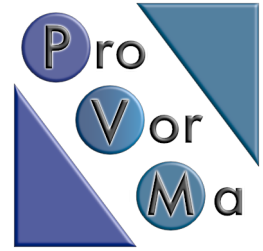


Was bedeutet minimal messbare Toleranz

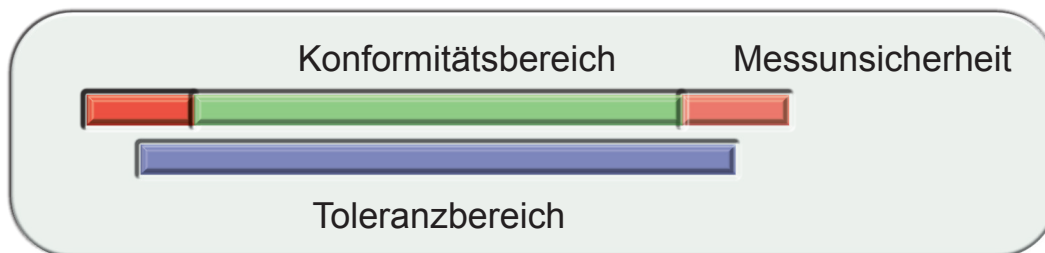


Der minimal mess- bzw. besser gesagt überwachbare Toleranzbereich eines Messmittels beschreibt einfach gesagt die Spanne in der ein Messmittel ausreichend unterscheiden und Trends innerhalb des Messbereiches erkennen kann.

Jedes Messmittel oder System selbst das aller präziseste und teuerste hat eine gewisse Unschärfe bzw. Abweichung im Messergebnis. Diese nennt man Messunsicherheit.

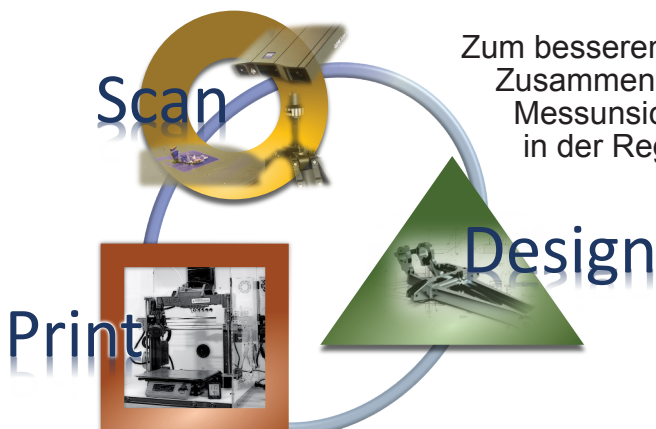
So ziemlich jede Industrie verlangt daher dass diese Messunsicherheit einen möglichst geringen Anteil im Messergebnis ausmacht und einige verlangen sogar explizit, dass bei Bestätigungen der Konformität also der Zusicherung dass ein Messwert innerhalb der zulässigen Toleranz liegt diese Messunsicherheit zum Ergebnis addiert wird.

Je größer die Messunsicherheit desto weniger Toleranzbereich steht einer Produktion demnach zur Verfügung.



Daraus folgt also:

Je kleiner die Toleranz die es zu überprüfen gilt, desto aufwändiger und teurer wird der Messprozess. Ein digitaler Messschieber mit 0,01mm Genauigkeit beispielsweise wird in der Praxis Messunsicherheiten aufweisen, die einen messbaren Toleranzbereich von 0,4 bis 0,5 mm zur Folge haben. Als Faustregel können wir annehmen, dass die minimal messbare Toleranz in etwa das 30 bis 40 fache der Standardabweichung also der durchschnittlichen Abweichung vom gemessenen Wert zum realen Wert betragen wird je nach angewandter Norm oder Industrievorgabe.



Zum besseren Verständnis der durchaus komplexen Zusammenhänge ein paar einfache Erläuterungen wie Messunsicherheit berechnet wird und welche Faktoren in der Regeln Einfluss haben.

Die wichtigsten statistischen Grundlagen beschränken sich auf das Verständnis von Mittelwert und Standardabweichung.

Ein Beispiel:

Gegeben ist ein Werkstück mit einem bekannten Maß von 50 mm.

Gemessen werden folgende Werte:

50,1 50,05 50,04 50,02 50,01 49,99 49,97 49,96 49,95

Der Mittelwert dieser Zahlenreihe ergibt 50,01 nämlich die Summe aller Werte geteilt durch die Anzahl. Also 450,09 / 9

Also Formel geschrieben sieht das so aus
$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i.$$

Die Berechnung des Mittelwertes ist Voraussetzung zur Berechnung der Standardabweichung den im nächsten Schritt wird von jedem Wert die Differenz zum Mittelwert berechnet.

Diese Werte werden dann quadriert wodurch alle Abweichungen positiv werden.

Die Summe dieser quadrierten Werte wird durch die Anzahl -1 geteilt und aus diesem Wert die Wurzel gezogen. Es ist die korrigierte empirische Varianz.

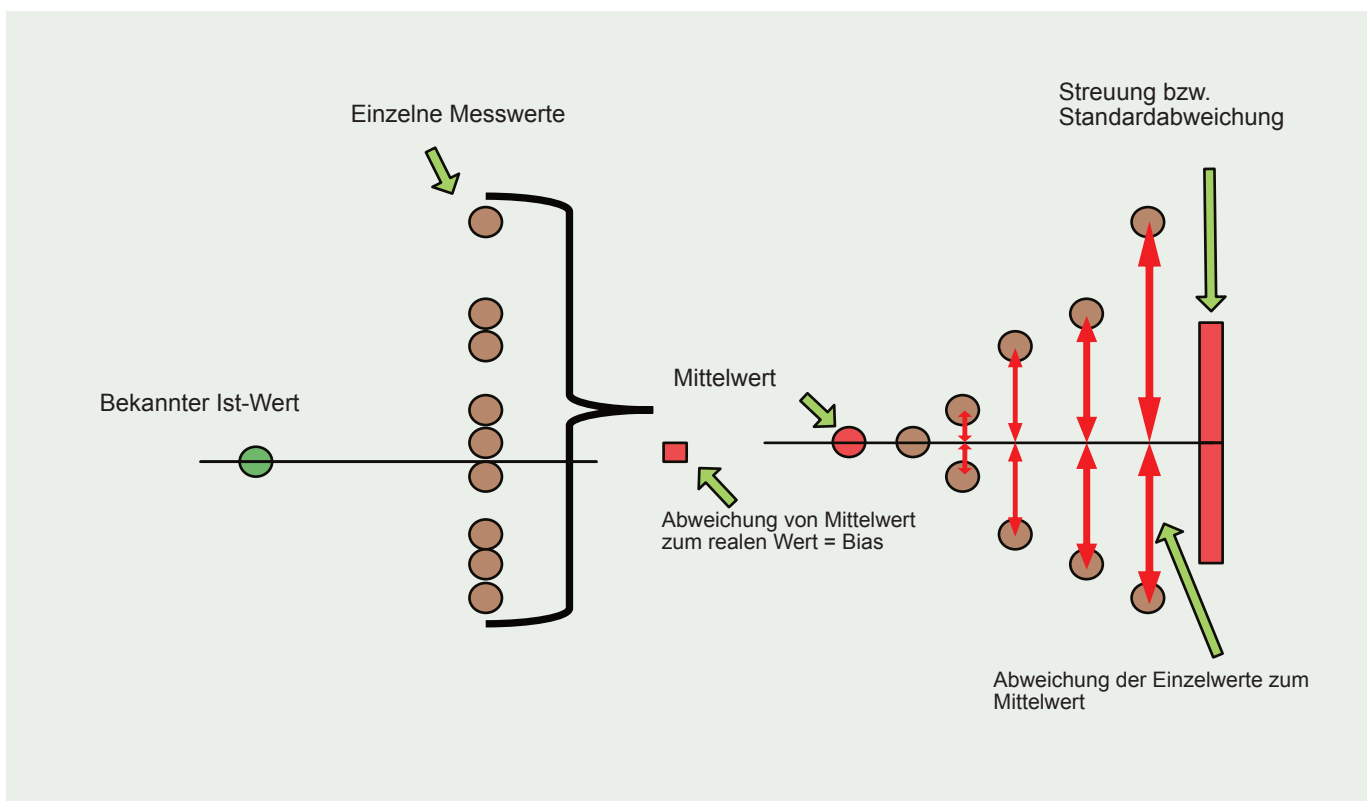
Man nennt dieses Verfahren Wurzel der Abweichungsquadrate oder auch „Root Sum of Squares“.

Als Formel geschrieben sieht das so aus:
$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Das Ergebnis dieser Berechnung im vorliegenden Beispiel ist: 0,0484.

Statistisch werden innerhalb dieser Spanne von +/- 0,484 um den Mittelwert rund 68% aller gemessenen Abweichungen liegen - wir können also vereinfacht von der durchschnittlichen Abweichung zum tatsächlichen Wert sprechen.

Grafisch erklärt sieht das wie folgt aus:

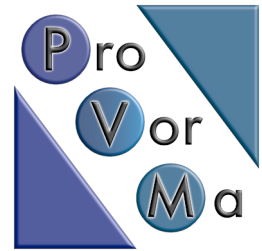


Aus der berechneten Standardabweichung würde also eine überwachbare Toleranz von ca. 1,4mm resultieren. Eine vollständige Messsystemanalyse würde noch weitere Faktoren berücksichtigen und auch wesentlich mehr Messwerte benötigen - je nach Standard 25 bis 50.

Einen erweiterte Analyse nach Typ 2 würde ausserdem noch mehrere Bediener mit einbeziehen was sich in der Regel nochmals negativ auf die Fähigkeitswerte eines Messprozesses auswirkt

Eine Einordnung

Was bedeutet das nun in der Praxis bzw. wie liegen unsere Messmittel im Vergleich. Zur Orientierung ein paar Erfahrungswerte.



Messsystem	Typischer Messfehler	Messbarer Toleranzbereich
KMG High End	0,0009	0,02
KMG Standard	0,002	0,06
CT Aktuell	0,003	0,09
Taster mit Stativ	0,004	0,12
Laser Scan High End	0,005	0,15
Optische Messsysteme	0,007	0,20
SCAN 1	0,01	0,3
MM2	0,011	0,35
Bügelmessschrauben	0,013	0,4
Digitale Messschieber	0,018	0,55
Consumer Scanner	0,06	1,80

Praktische Relevanz

Messsystemanalysen und deren Konsequenzen führen in Schulungen regelmäßig zu hitzigen Diskussionen und es wird oft darauf verwiesen, dass Messmittel die nach entsprechender Berechnung eigentlich nicht tauglich sind in der Praxis aber erfolgreich und regelmäßig Verwendung finden. Das gilt insbesondere für die handgeführten Geräte wie Messschieber und Schrauben. Die Realität ist dennoch dass MSA's in den wenigsten Fällen zeigen dass Messmittel übergeeignet oder überhaupt ausreichend fähig sind. Defizite bleiben oft unerkant bzw. es werden aufgrund fehlerhafter Messergebnisse falsche oder unnötige Entscheidungen getroffen. Ohne Zweifel gibt es in Werkstätten und Produktionsstätten zahllos Mitarbeiter die mit einfachen Messgeräten in der Lage sind auch weit engere Toleranzen zu messen und richtige Entscheidungen zu treffen aber wenn 0,01mm darüber entscheiden ob z.B ein Werkzeug aus der Produktion genommen und überholt werden muss oder nicht sollte man sich über die Qualität des Messergebnisses eben schon sehr bewusst sein.

Das bedeutet grundsätzlich kann man auch kleinere Toleranzen als nach Messsystemanalyse vorgesehen messen - man muss sich dabei im Klaren sein, dass die Unsicherheitsbereiche eben verhältnismäßig grösser werden. Auch lassen sich mit statistischen Mitteln besonders kritische Maße auch weiter eingrenzen z.B durch Mittelwertbrechnung von Mehrfachmessungen. Generell sind wir bei Pro Vor Ma in der Lage maschinenbautypische Toleranzen, Positionen und Flächenprofile bis 0,2 mm Toleranzbreite zu messen. Für Bereiche unter 0,1mm würden wir CT Scans beauftragen. Nur wenige Systemen sind tatsächlich in der Lage Toleranzbreiten von unter 0,03mm sicher zu messen weshalb Passungen nach wie vor üblicherweise gelehrt werden.

Zwei wichtige Anmerkungen zum Schluss:

Dies ist eine vereinfachte Erklärung der statistischen und mathematische Grundlagen von Messsystemanalysen um Aussagen einfacher verständlich zu machen.

Weiterführende Informationen können über uns bezogen werden.

Empfehlenswert ist die Lektüre der VDA 5 oder der Besuch spezialisierte Webseiten wie z.B www.sixsigmablackbelt.de