

## Die Kalkulationstabellen zum Buch

### Michael Hernla: Messunsicherheit bei Koordinatenmessungen

3. Auflage expert verlag Renningen 2016, ISBN 978-3-8169-3373-1

Als Ergänzung zum Buch werden Kalkulationstabellen angeboten, die sich in der Version 1.12DS durch folgende Merkmale auszeichnen:

1. Die Kalkulationstabellen für alle Prüfmerkmale sind in einer Excel-Datei zusammengefasst.
2. Auf dem Deckblatt werden die technischen Daten des KMG und die Messbedingungen für alle Tabellenblätter eingegeben. Diese Daten müssen nur einmal eingegeben werden.
3. Auf dem Deckblatt lassen sich alle Prüfmerkmale zusammenfassen und ihre Prüfprozesseignung als Verhältnis der Messunsicherheit zur Toleranz bewerten.
4. Für jedes Prüfmerkmal gibt es ein Tabellenblatt, das mit allen relevanten Informationen gut lesbar im Format DIN A4 ausgedruckt oder als PDF gespeichert werden kann, ebenso das Deckblatt.
5. Die im Kapitel 8 Berechnungstabellen beschriebenen Fallunterscheidungen sind komplett in den Kalkulationstabellen enthalten. Der Benutzer wird auf eventuelle Fehleingaben hingewiesen.
6. Die Funktionen der Kalkulationstabellen wurden gegenüber der 1. Auflage des Buches erweitert:
  - Beim Durchmesser von Kreis und Zylinder wird der Faktor für den Winkelbereich der Messpunkte im Diagramm Bild 3.3 mit einer Näherungsfunktion berechnet.
  - Bei der Messung mit mehreren starren Tastern (bzw. in verschiedenen Winkelstellungen des Dreh-Schwenk-Gelenks) wird als zusätzliche Eingangsgröße die Rotation des Tastersystems beim Verfahren des Messkopfes berücksichtigt. Dazu wird der Grenzwert der Mehrfachtaster-Ortsabweichung  $P_{LTj, MPE}$  nach ISO 10360-5 verwendet und auf die aktuellen Tasterlängen umgerechnet.
  - Die Möglichkeiten zur Kombination von gemeinsamen Elementen und Bezügen wurden wesentlich erweitert.
  - Bei Position, Symmetrie und Koaxialität sind jetzt auch Bezugssysteme aus mehreren Bezügen berücksichtigt.
  - Bei Symmetrie können jetzt zwei Bezüge und zwei tolerierte Elemente mit jeweils verschiedenen Tastern berechnet werden.
  - Zusätzlich wurden die Unsicherheiten für Lauf und Gesamtlauf sowie für den Neigungswinkel am Kegel aufgenommen.
  - Ein neues Tabellenblatt liefert die Unsicherheit der Position jedes beliebigen Punktes in einem räumlichen Bezugssystem in jeder beliebigen Orientierung. Damit lässt sich auch die Unsicherheit von Linien- und Flächenformabweichungen mit Bezügen berechnen.
  - Die Unsicherheiten von Position, Symmetrie, Koaxialität, Koaxialität zur gemeinsamen Achse, Linien- und Flächenform werden neben dem einfachen (radiusbezogenen) Wert zusätzlich verdoppelt (durchmesserbezogen) angegeben.
  - Optional können die Rotationsabweichungen des Drehtisches in die Unsicherheitsberechnung einbezogen werden. Die Unsicherheitsbeiträge werden aus den Grenzwerten der axialen, radialen und tangentialen Vierachsenabweichungen nach DIN EN ISO 10360-3 ermittelt und auf die axialen und radialen Abstände vom Mittelpunkt der Drehtischoberfläche umgerechnet.
  - Optional können die Häufigkeitsverteilungen der Messgrößen und die erweiterten Messunsicherheiten nach dem angepasstem Monte-Carlo-Verfahren entsprechend dem GUM-Supplement 1, Abschnitt 7.9, rechnerisch simuliert und dargestellt werden.
7. Die Kalkulationstabellen sind in Vergleichen mit anderen Verfahren zur Ermittlung der Messunsicherheit verifiziert, siehe Hernla, M.; Franke, M.; Wendt, K.: Aufgabenspezifische Messunsicherheit bei Koordinatenmessungen. tm Technisches Messen, München 77 (2010) 11, S. 607-615.
8. Die Methode ist auch Gegenstand der Richtlinie VDI/VDE 2617-11 Messunsicherheitsbilanzen. Sie wird von der Deutschen Akkreditierungsstelle als eine Möglichkeit zur Ermittlung der Messunsicherheit anerkannt (siehe die Richtlinie DAkkS 71-SD-5-004). Bisher sind ca. 50 Prüflabore und 3 Kalibrierlabore in Deutschland und in der Schweiz nach dieser Methode akkreditiert.
9. Neben den taktilen KMG liegen Kalkulationstabellen für folgende Arten von Koordinatenmessgeräten vor: Gelenkarm-KMG, KMG mit Bildverarbeitung, Multisensor-KMG, Optische Koordinatenmesssysteme, Röntgen-Computertomografiegeräte (CT).