

<p>VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE</p> <p>VERBAND DER ELEKTROTECHNIK ELEKTRONIK INFORMATIONSTECHNIK</p>	<p>Formprüfung</p> <p>Ermittlung der Messunsicherheit von Formmessungen</p>	<p>VDI/VDE 2631</p> <p>Blatt 10</p> <p>Entwurf</p>
---	---	--

Form measurement – Determination of the uncertainty of form measurements

*Einsprüche bis 2014-08-31*

- *vorzugsweise über das VDI-Richtlinien-Einspruchsportal  
<http://www.vdi.de/einspruchsportal>*
- *in Papierform an  
VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik  
Fachbereich Fertigungsmesstechnik  
Postfach 10 11 39  
40002 Düsseldorf*

Inhalt	Seite
Vorbemerkung .....	2
Einleitung .....	2
<b>1 Anwendungsbereich</b> .....	2
<b>2 Normative Verweise</b> .....	2
<b>3 Begriffe</b> .....	2
<b>4 Formelzeichen</b> .....	2
<b>5 Anforderungen</b> .....	3
5.1 Normale .....	3
5.2 Umgebungsbedingungen .....	3
5.3 Einmessung des Formmessgeräts .....	3
<b>6 Ermittlung der Messunsicherheit</b> .....	3
6.1 Beschreibung der Messungen .....	3
6.2 Mathematisches Modell der Messungen .....	3
6.3 Einflussgrößen .....	4
6.4 Erweiterte Messunsicherheit .....	5
<b>Anhang</b> Praktische Beispiele zur Messunsicherheitsberechnung .....	6
A1 Rundheitsmessung an einem Flick .....	6
A2 Geradheitsmessung an einem Zylinder (Kontrollsäule) .....	6
Schrifttum .....	8

**Vorbemerkung**

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser VDI-Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

**Einleitung**

Diese Richtlinie ist Bestandteil der Richtlinienreihe VDI/VDE 2631. Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter [www.vdi.de/2631](http://www.vdi.de/2631).

Die Richtlinie wurde im Fachausschuss „Formmesstechnik“ der VDI/VDE-GMA erarbeitet.

**1 Anwendungsbereich**

Diese Richtlinie gilt für die Messung von Werkstücken mit Formmessgeräten. Sie gibt Hinweise zur Ermittlung der Messunsicherheit von Messungen auf Formmessgeräten.

**2 Normative Verweise**

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieser Richtlinie erforderlich:

DIN V ENV 13005:1999-06 Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen; Deutsche Fassung ENV 13005:1999

DIN EN ISO 1101:2008-08 Geometrische Produktspezifikation (GPS); Geometrische Tolerierung; Tolerierung von Form, Richtung, Ort und Lauf (ISO 1101:2004); Deutsche Fassung EN ISO 1101:2005

DIN EN ISO 12180-1:2011-07 Geometrische Produktspezifikation (GPS); Zylindrizität; Teil 1: Begriffe und Kenngrößen der Zylinderform (ISO 12180-1:2011); Deutsche Fassung EN ISO 12180-1:2011

DIN EN ISO 12181-1:2011-07 Geometrische Produktspezifikation (GPS); Rundheit; Teil 1: Begriffe und Kenngrößen der Rundheit (ISO 12181-1:2011); Deutsche Fassung EN ISO 12181-1:2011

DIN EN ISO 16610-21:2013-06 Geometrische Produktspezifikation (GPS); Filterung; Teil 21: Li-

neare Profilfilter: Gauß-Filter (ISO 16610-21:2011); Deutsche Fassung EN ISO 16610-21:2012

Internationales Wörterbuch der Metrologie. Grundlegende und allgemeine Begriffe und zugeordnete Benennungen (VIM)

**3 Begriffe**

Für die Anwendung dieser Richtlinie gelten die Begriffe nach DIN EN ISO 12181-1, DIN EN ISO 12180-1, DIN EN ISO 12780-1, DIN EN ISO 12781-1, DIN EN ISO 16610-21, DIN EN ISO 1101, GUM, VIM und darin zitierten Normen sowie die folgenden Begriffe:

**Erfasste Linie**

Digitale Darstellung des Profils einer wirklichen Oberfläche eines durch Messung erfassten Objekts.

**Formabweichung**

Wert der größten örtlichen Formabweichung  $LD_{max}$  addiert zum Betrag der größten negativen örtlichen Formabweichung  $LD_{min}$ .

**Profil**

Durch Filterung absichtlich modifizierte →erfasste Linie einer wirklichen Oberfläche.

**Referenzelement**

Nach festen Regeln in ein Profil/eine Oberfläche eingepasste Ersatzgeometrie auf die die →Formabweichung und deren Kenngrößen bezogen sind.

**Werkstück**

Zu messendes Objekt.

**4 Formelzeichen**

In dieser Richtlinie werden die nachfolgend aufgeführten Formelzeichen verwendet:

Formelzeichen	Benennung
$FA$	Formabweichung des zu messenden Objekts
$FAt$	Spitze-zu-Tal-Formabweichung
$FAt^*$	Anzeigewert für die Spitze-zu-Tal-Formabweichung
$FN$	Abweichung des Formnormals (Kalibrierwert)
$FS$	vom Hersteller spezifizierte Führungsabweichung
$k$	Erweiterungsfaktor
$LD$	örtliche Formabweichung
$\Delta LD$	Korrekturwert für die örtliche Formabweichung
$\Delta LD_1$	Einflussgröße Führungsabweichung
$\Delta LD_2$	Einflussgröße Einmessung/Rückführung
$\Delta LD_3$	Einflussgröße Drift

Formelzeichen	Benennung
$\Delta LD_4$	Einflussgröße Variation der Formabweichung des Messobjekts
$\Delta LD_5$	Einflussgröße Ausrichtung, Deformation Messobjekt
$\Delta LD_6$	Einflussgröße Sauberkeit des Messobjekts
$LD^*$	Anzeigewert für die örtliche Formabweichung
$n$	Anzahl der Wiederholmessungen
$RONt$	Rundheitsabweichung (MZCI, LSCI, MCCI, MICI)
$s$	Standardabweichung
$STRt$	mittlere Geradheitsabweichung
$u$	Standardunsicherheit
$U$	erweiterte Messunsicherheit
$VN$	Kalibrierwert für das Vergrößerungsnormal

## 5 Anforderungen

### 5.1 Normale

Für die verwendeten Normale muss die Rückführung durch Kalibrierung sichergestellt werden. Der Anschluss dieser Normale an die nationalen Normale in Übereinstimmung mit dem internationalen Einheitensystem (SI) muss nachgewiesen sein.

### 5.2 Umgebungsbedingungen

Die Bezugstemperatur für dimensionelle Messungen beträgt 20 °C (DIN EN ISO 1). Wird bei abweichenden Temperaturen gemessen, so sind weitere Einflussgrößen in der Messunsicherheit zu berücksichtigen. In dieser Richtlinie wird darauf nicht eingegangen.

### 5.3 Einmessung des Formmessgeräts

Die Einmessung des verwendeten Formmessgeräts orientiert sich an dem in VDI/VDE 2631 Blatt 2 beschriebenen Verfahren.

## 6 Ermittlung der Messunsicherheit

### 6.1 Beschreibung der Messungen

Die Beschreibung der Messungen orientiert sich an den in VDI/VDE 2631 Blatt 9 beschriebenen Mess- und Auswertebedingungen.

### 6.2 Mathematisches Modell der Messungen

Das mathematische Modell wird von der Definition der Messgröße, deren Erfassung und Auswertung abgeleitet. Für die Messgröße Formabweichung wird typischerweise die Spitze-zu-Tal-Formabweichung verwendet (im Folgenden „Formabweichung“).

Die Definition der Formabweichung macht deutlich, dass das mathematische Modell abhängig ist von der Regel zum Einpassen des Referenzele-

ments und des verwendeten Filters. Werden für die Auswertung ein und derselben erfassten Linie/Oberfläche verschiedene Filter sowie verschiedene Regeln zur Einpassung eines Referenzelements verwendet, so sind die mathematischen Modelle prinzipiell voneinander verschieden. Daher können die entsprechenden Messergebnisse und die ihnen beigeordneten Messunsicherheiten nicht ohne Weiteres miteinander verglichen werden.

Allgemein gilt für die Spitze-zu-Tal-Formabweichung:

$$FAt = LD_{\max} + |LD_{\min}| \quad (1)$$

Dabei ist

$LD_{\max}$  maximale örtliche Formabweichung

$LD_{\min}$  minimale örtliche Formabweichung (Bild 1)

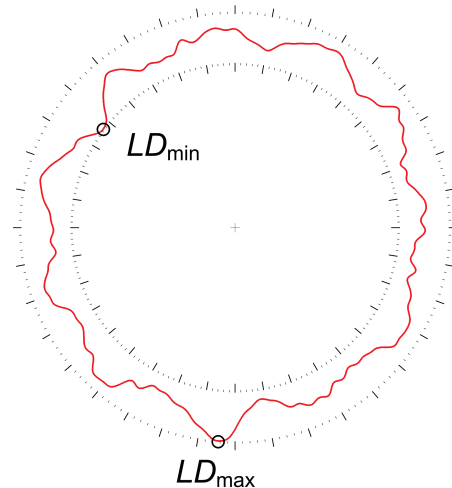


Bild 1. Rundheitsmessprofil mit markierter maximaler örtlicher Formabweichung  $LD_{\max}$  und minimaler örtlicher Formabweichung  $LD_{\min}$

Die örtliche Formabweichung kann prinzipiell in einen Anzeigewert der örtlichen Formabweichung  $LD^*$  und einen Korrekturwert  $\Delta LD$  infolge systematischer und zufälliger Messabweichungen aufgeteilt werden.

$$FAt = (LD_{\max}^* + LD_{\max}) + |(LD_{\min}^* + LD_{\min})| \quad (2)$$

Es werden folgende Annahmen getroffen:

- Die Unsicherheiten für die maximale und die minimale örtliche Formabweichung sind gleich, das heißt  $u(LD_{\max}) = u(LD_{\min}) = u(LD)$
- Die Korrekturwerte für die maximale und die minimale örtliche Formabweichung sind gleich, das heißt  $\Delta LD_{\max} = \Delta LD_{\min} = \Delta LD$
- Es sind keine Informationen über Korrelationen vorhanden und  $LD_{\max}$  und  $LD_{\min}$  werden als unkorreliert angenommen.