

**DIN ISO 18653**

ICS 21.200

**Zahnräder –  
Bewertung von Messgeräten für die Messung von Zahnrädern  
(ISO 18653:2003)**

Gears –

Evaluation of instruments for the measurement of individual gears (ISO 18653:2003)

Engrenages –

Évaluation des instruments de mesure des engrenages individuels (ISO 18653:2003)

Gesamtumfang 24 Seiten

Normenausschuss Maschinenbau (NAM) im DIN

# Inhalt

|                                                                            | Seite |
|----------------------------------------------------------------------------|-------|
| Nationales Vorwort .....                                                   | 3     |
| 1 Anwendungsbereich .....                                                  | 5     |
| 2 Normative Verweisungen .....                                             | 5     |
| 3 Begriffe .....                                                           | 5     |
| 4 Anwendung .....                                                          | 8     |
| 4.1 Allgemeines .....                                                      | 8     |
| 4.2 Rückverfolgbarkeit .....                                               | 8     |
| 4.3 Normale .....                                                          | 8     |
| 4.4 Messunsicherheit .....                                                 | 9     |
| 4.5 Quellen der Unsicherheit .....                                         | 9     |
| 4.6 Beurteilungsintervall .....                                            | 10    |
| 5 Zustand des Messsystems .....                                            | 10    |
| 5.1 Systemeigenschaften .....                                              | 10    |
| 5.2 Kalibrierfähigkeit .....                                               | 10    |
| 5.3 Berücksichtigung der Werkstückaufnahme-Belastung .....                 | 10    |
| 5.4 Einrichtungswerkzeug und Lehren .....                                  | 10    |
| 6 Umgebungsbedingungen .....                                               | 11    |
| 7 Normale .....                                                            | 11    |
| 7.1 Größe und Geometrie der Normale .....                                  | 11    |
| 7.2 Evolventennormale .....                                                | 13    |
| 7.3 Steigungsnormale .....                                                 | 13    |
| 7.4 Teilungsnormal .....                                                   | 14    |
| 7.5 Rundlaufnormale .....                                                  | 15    |
| 7.6 Zahndickennormale .....                                                | 16    |
| 7.7 Werkstückähnliche Normale .....                                        | 17    |
| 8 Methode zur Ermittlung der Messunsicherheit .....                        | 17    |
| 8.1 Methoden .....                                                         | 18    |
| 8.2 Komparatormethode .....                                                | 18    |
| 8.3 Berechnung der $U_{95}$ -Messunsicherheit .....                        | 18    |
| 8.4 Vorgehen .....                                                         | 19    |
| Anhang A (normativ) Anforderungen an den Kalibrierschein des Normals ..... | 22    |
| Literaturhinweise .....                                                    | 24    |
| <br>Bilder                                                                 |       |
| Bild 1 — Systematische Abweichung eines Messgerätes .....                  | 6     |
| Bild 2 — Kalibrierkette .....                                              | 9     |
| Bild 3 — Evolventen-Normal mit 115 mm Grundkreisdurchmesser .....          | 13    |
| Bild 4 — Steigungs-Normal mit Evolventenform .....                         | 14    |
| Bild 5 — Teilungsnormal mit Evolventenflanken .....                        | 14    |
| Bild 6 — Meisterrad-Normal .....                                           | 15    |
| Bild 7 — Innenrad-Normal .....                                             | 15    |
| Bild 8 — Zahndicken-Normal .....                                           | 16    |
| Bild 9 — Werkstückähnliches Normal .....                                   | 17    |
| <br>Tabellen                                                               |       |
| Tabelle 1 — Zeichen .....                                                  | 8     |

## Nationales Vorwort

Diese Deutsche Norm ist die Übersetzung der ersten Ausgabe der Internationalen Norm ISO 18653:2003, die vom Technischen Komitee ISO/TC 60 „Gears“ (Sekretariat: ANSI, USA) erstellt wurde. Das zuständige deutsche Gremium ist der Arbeitsausschuss „Zylinderräder – Terminologie und Toleranzen“ (NA 060-34-11 AA) im Normenausschuss Maschinenbau (NAM), Fachbereich Antriebstechnik des DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

Für die in diesem Dokument zitierten Internationalen Normen, sofern sie nicht als DIN-ISO- oder DIN-EN-ISO-Normen mit gleicher Zählnummer veröffentlicht sind, werden im Folgenden die entsprechenden deutschen Normen aufgeführt:

|                |                                                                   |
|----------------|-------------------------------------------------------------------|
| ISO 1122-1     | ähnlich DIN 868, DIN 3998-1 DIN 3998-2, DIN 3998-3 und DIN 3998-4 |
| ISO 1328-1     | ähnlich DIN 3961, DIN 3962-1, DIN 3962-2 und DIN 3963             |
| ISO 1328-2     | ähnlich DIN 3962-2:1978 und DIN 3963:1978                         |
| ISO/TR 10064-1 | ähnlich DIN 3960                                                  |
| ISO/TR 10064-2 | ähnlich DIN 3960                                                  |
| ISO/TR 10064-3 | ähnlich DIN 3964                                                  |
| ISO/TR 10064-5 | keine nationalen Entsprechungen                                   |
| ISO/TS 14253-1 | entspricht DIN EN ISO 14253-1                                     |
| ISO/TS 14253-2 | keine nationale Entsprechung                                      |
| ISO 17025      | entspricht DIN EN ISO/IEC 17025                                   |

Hinweis zu den Formeln (1) und (4)

Von der Anwendung der Formeln (1) und (4) mit dem Summanden  $|E|$  wird abgeraten, da bei Angabe im Messprotokoll nur noch der Zahlenwert, nicht aber die Vorgeschichte bekannt ist. Das Ergebnis ist entweder ein zu pessimistischer Wert für  $U_{95}$  oder ein falscher Wert bei Umrechnung auf einen anderen K-Wert. Die Berechnung von  $U_{95}$  macht daher nur Sinn, wenn die Messwerte vorher um den systematischen Fehler  $E$  korrigiert werden. Damit verschwindet der Summand  $|E|$  aus den Formeln (1) und (4).

## Nationaler Anhang NA (informativ)

### Literaturhinweise

DIN 868, *Allgemeine Begriffe und Bestimmungsgrößen für Zahnräder; Zahnradpaare und Zahnradgetriebe*

DIN 3960, *Begriffe und Bestimmungsgrößen für Stirnräder (Zylinderräder) und Stirnradpaare (Zylinder-  
radpaare) mit Evolventenverzahnung*

DIN 3961, *Toleranzen für Stirnradverzahnungen; Grundlagen*

DIN 3962-1, *Toleranzen für Stirnradverzahnungen; Toleranzen für Abweichungen einzelner Bestim-  
mungsgrößen*

DIN 3962-2, *Toleranzen für Stirnradverzahnungen; Toleranzen für Flankenlinienabweichungen*

DIN 3963, *Toleranzen für Stirnradverzahnungen; Toleranzen für Wälzabweichungen*

DIN 3964, *Achsabstandsabmaße und Achslagetoleranzen von Gehäusen für Stirnradgetriebe*

DIN 3998-1, *Benennungen an Zahnrädern und Zahnradpaaren; Allgemeine Begriffe*

DIN 3998-2, *Benennungen an Zahnrädern und Zahnradpaaren; Stirnräder und Stirnradpaare (Zylinderräder  
und Zylinderradpaare)*

DIN 3998-3, *Benennungen an Zahnrädern und Zahnradpaaren; Kegelräder und Kegelradpaare, Hypoidräder  
und Hypoidradpaare*

DIN 3998-4, *Benennungen an Zahnrädern und Zahnradpaaren; Schneckenradsätze*

# Zahnräder — Bewertung von Messgeräten für die Messung von Zahnrädern

## 1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt Methoden für die Bewertung von Messgeräten fest, die für Zahnradmessungen von Evolventenprofil, Flankenlinie, Teilung und Rundlauf verwendet werden. Sie ist sowohl auf Messgeräte anwendbar, die den Rundlauf unmittelbar messen, als auch auf jene, die ihn aus Teilungsmessungen berechnen. Sie gibt auch Empfehlungen zur Bewertung von Messgeräten für die Zahndickenmessung und schließt die notwendige Abschätzung der Messunsicherheit beim Gebrauch kalibrierter Zahnrad-Normale ein. Sie widmet sich nicht der Kalibrierung von Normalen durch anerkannte Laboratorien nach ISO/IEC 17025; auch sind ihre Anforderungen nicht als Abnahmevorschrift für gefertigte Zahnräder gedacht (siehe ISO 1328-1, ISO 1328-2, ISO/TR 10064-1 und ISO/TR 10064-2). Die Abschätzung der Messunsicherheit bei der Messung gefertigter Zahnräder liegt außerhalb ihres Anwendungsgebietes. (Empfehlungen siehe ISO/TR 10064-5).

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 1328-1, *Cylindrical gears — ISO system of accuracy — Part 1: Definitions and allowable values of deviations relevant to corresponding flanks of gear teeth*

ISO/TR 10064-3, *Cylindrical gears — Code of inspection practice — Part 3: Recommendations relative to gear blanks, shaft centre distance and parallelism of axes*

ISO/TR 10064-5, *Cylindrical gears — Code of inspection practice — Part 5: Recommendations relative to evaluation of gear measuring instruments*

ISO 14253-1, *Geometrical Product Specifications (GPS) — Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment — Part 1: Decision rules for proving conformance or non-conformance with specifications*

ISO/IEC 17025, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

## 3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ANMERKUNG 1 Die Begriffe, wann immer anwendbar, sind konform mit ISO 1122-1, ISO 1328-1, ISO 1328-2 und ISO/TR 10064-1.

ANMERKUNG 2 Die in diesem Dokument verwendeten Begriffe und Zeichen können von jenen in anderen Normen verwendeten abweichen, daher muss sich der Anwender sicher sein, sie im Sinne dieser Norm zu verstehen.

### 3.1

#### Genauigkeit

Ausmaß der Übereinstimmung eines Messwertes mit einem anerkannten Bezugs-(oder Kalibrier-)Wert

### 3.2

#### **Normal**

Messobjekt von bestimmter Form zur Bestimmung der Genauigkeit von Messgeräten

Siehe Abschnitt 7.

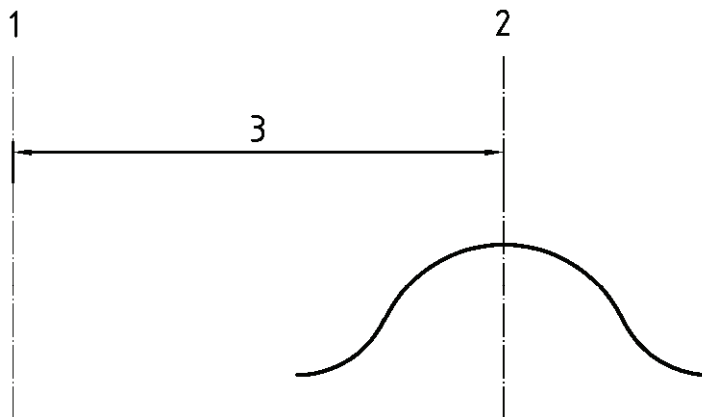
### 3.3

#### **systematische Messabweichung**

Unterschied zwischen dem beobachteten Durchschnitt der Messwerte und dem Kalibrierwert

Siehe Bild 1.

**ANMERKUNG** Systematische Abweichungen können durch Linearitäts- oder Verstärkungsfehler verursacht werden. Diese können innerhalb des Arbeitsbereichs eines Messgerätes unterschiedlich sein.



#### **Legende**

- 1 Kalibrierwert
- 2 beobachteter Mittelwert
- 3 systematische Abweichung

**Bild 1 — Systematische Abweichung eines Messgerätes**

### 3.4

#### **Kalibrierung**

Festlegung von Verfahren, die den Bezug herleiten zwischen den Werten einer Messgröße, die an einem Messgerät oder durch ein Messverfahren angezeigt werden, und den Werten an einem Normal

### 3.5

#### **Verstärkung**

Vergrößerungsfaktor zwischen Eingang und Ausgang

### 3.6

#### **Steigungs-Normal**

Normal, dass eine kalibrierte Steigung besitzt

### 3.7

#### **Evolventen-Normal**

Kalibriertes Normal, das durch seinen Grundkreis eine festgelegte Evolventenform besitzt

### 3.8

#### **Messgröße**

Größe, die zu messen ist

**3.9****Teilungs- und Rundlauf-Normal**

Normal mit kalibrierten Werten für Teilung oder Rundlauf oder für beides

**3.10****Wiederholbarkeit (von Messergebnissen)**

Ausmaß der Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen aufeinander folgender Messungen derselben Messgröße, die unter gleichen Messbedingungen durchgeführt wurden

**3.11****Reproduzierbarkeit (von Messergebnissen)**

Ausmaß der Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen derselben Messgröße, die unter veränderten Messbedingungen durchgeführt wurden.

ANMERKUNG 1 Eine gültige Angabe der Reproduzierbarkeit erfordert eine Angabe über die veränderten (Mess-) Bedingungen.

ANMERKUNG 2 Die veränderten Bedingungen können enthalten:

- Messprinzip;
- Messmethode;
- Prüfer;
- Messinstrument;
- Bezugsnorm;
- Standort;
- Verwendungsbedingungen und
- Uhrzeit.

ANMERKUNG 3 Die Reproduzierbarkeit kann quantitativ durch die Streuung der Ergebnisse ausgedrückt werden.

**3.12****Unsicherheit (von Messergebnissen)**

Parameter, als Beiwert einer Messung, der die Verteilung (Streuung) der Werte beschreibt, die vernünftigerweise der Messgröße zugeschrieben sein könnten

ANMERKUNG 1 Der Parameter kann z. B. eine Standardabweichung (oder ein bestimmtes Vielfaches von ihr) sein oder die halbe Breite des Intervalls eines festgesetzten Vertrauensbereichs.

ANMERKUNG 2 Die Messunsicherheit umfasst im Allgemeinen viele Komponenten. Einige dieser Komponenten können aus der statistischen Verteilung der Ergebnisse aus einer Reihe von Messungen beurteilt und durch experimentelle Standardabweichungen beschrieben werden. Die anderen Komponenten, die auch durch Standardabweichungen beschrieben werden können, werden aus angenommenen Wahrscheinlichkeitsverteilungen aufgrund von Erfahrungen und anderer Kenntnis bewertet.

ANMERKUNG 3 Das Messergebnis kann als die beste Abschätzung des Wertes einer Messgröße angesehen werden, bei der alle Unsicherheitskomponenten einschließlich jener, die von systematischen Einflüssen stammen, wie Modifikationen oder Abweichungen zu Normalen, zur Streuung beitragen.

Tabelle 1 — Zeichen

| Zeichen              | Benennung                                                         | Einheit       | erstmal<br>verwendet in<br>Gleichung |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------|--------------------------------------|
| $E$                  | Systematische Abweichung                                          | $\mu\text{m}$ | 1                                    |
| $k$                  | Erweiterungsfaktor                                                | —             | 1                                    |
| $n$                  | Anzahl der Messungen                                              | —             | 2                                    |
| $U_{95}$             | Messunsicherheit (Vertrauensniveau 95 %)                          | $\mu\text{m}$ | 1                                    |
| $U_{95c}$            | Unsicherheitsabschätzung                                          | $\mu\text{m}$ | 4                                    |
| $U_{95(\text{cal})}$ | Messunsicherheit, festgelegt im Kalibrierschein des Bezugsnormals | $\mu\text{m}$ | 3                                    |
| $u_m$                | Standardunsicherheit                                              | $\mu\text{m}$ | 1                                    |
| $u_n$                | Kalibrierunsicherheit des Bezugsnormals                           | $\mu\text{m}$ | 1                                    |
| $u_g$                | Einfluss durch geometrische Ähnlichkeit                           | $\mu\text{m}$ | 1                                    |
| $u_w$                | Einfluss durch Werkstückeigenschaften                             | $\mu\text{m}$ | 1                                    |
| $X_i$                | Einzelmesswert des kalibrierten Parameters                        | $\mu\text{m}$ | 2                                    |
| $\bar{X}$            | Mittelwert der Messwerte                                          | $\mu\text{m}$ | 2                                    |

## 4 Anwendung

### 4.1 Allgemeines

Zweck der in dieser Norm vorgeschriebenen Prüfungen ist die Abschätzung der Messunsicherheit. Es wird angenommen, dass das Verzahnungsmessgerät am (Mess-)Ort aufgestellt wurde und eine Reihe von Abnahmeprüfungen mit Erfolg durchgeführt wurden. Die vorgeschriebenen Prüfungen können als Zwischenkontrollen zum Nachweis der Richtigkeit des Messvorganges dienen.

Die Mess- und Auswertverfahren können, nach Vereinbarung zwischen Käufer und Lieferant, als Teil der Abnahmeprüfung für ein neues Verzahnungsmessgerät verwendet werden. Bei dieser Sachlage wird empfohlen, dass eine Reihe von nachweisbar kalibrierten Verzahnungsnormalen zur Prüfung der Messunsicherheit an kennzeichnenden Punkten im Messvolumen des Messgerätes verwendet werden. Diese Messungen sollten auch die Prüfung der Messmaschine unter einer Tischbelastung enthalten, die dem Gewicht der zu prüfenden Zahnräder entspricht.

### 4.2 Rückverfolgbarkeit

Der Ausdruck „Rückverfolgbarkeit“ bedeutet eine ununterbrochene Kette kalibrierter Messungen, beginnend bei Fertigungsmessgeräten bis zu Bezugs-Normalen eines nationalen Labors, siehe Bild 2. Die Rückverfolgbarkeit wird durch kalibrierte Normale geleistet. Normale des Primär-Labors besitzen die geringste (Mess-)Unsicherheit und diese nimmt mit jeder Stufe beim Übertragen auf das Fertigungsmessgerät zu. Die Verringerung der (Kalibrier-)Stufenanzahl vom Primär-Labor zum Messgerät in der Fertigung auf ein Mindestmaß, verringert die Messunsicherheit.

### 4.3 Normale

Die für diese Prüfungen verwendeten Verzahnungsnormale müssen von ähnlicher Größe und Geometrie wie die zu kontrollierende Verzahnung sein. Die Normale müssen zum Bewerten der Genauigkeit eines jeden zu kontrollierenden Parameters benutzt werden: Flankenlinie (Steigung), Profil, Teilung, Rundlauf und Zahndicke. Besondere Anforderungen an Normale sind im Abschnitt 7 angegeben.