

DIN ISO 1328-2

ICS 21.200

Entwurf

Einsprüche bis 2021-04-04
Vorgesehen mit
DIN ISO 1328-1:2018-03
als Ersatz für
DIN 3963:1978-08

**Stirnräder –
ISO-Toleranzsystem –
Teil 2: Definitionen und zulässige Werte für die
Zweiflanken-Wälzabweichung (ISO 1328-2:2020);
Text Deutsch und Englisch**

Cylindrical gears –
ISO system of flank tolerance classification –
Part 2: Definitions and allowable values of double flank radial composite deviations
(ISO 1328-2:2020);
Text in German and English

Engrenages cylindriques –
Système ISO de classification des tolérances sur flancs –
Partie 2: Définitions et valeurs admissibles des écarts sur composés radiaux
(ISO 1328-2:2020);
Texte en allemand et anglais

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2020-12-04 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs
besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-
Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de,
sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an software@vdma.org möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle
kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-
Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM), 60498 Frankfurt am Main,
Postfach 71 08 64 oder Lyoner Str. 18, 60528 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM)

Gesamtumfang 52 Seiten

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	4
Vorwort	5
1 Anwendungsbereich.....	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe, Definitionen und Symbole.....	7
3.1 Begriffe und Definitionen	7
3.2 Symbole	9
4 Anwendung des ISO-Toleranzklassensystems für die Zweiflanken-Wälzabweichung	10
4.1 Allgemeines	10
4.2 Zahnrad-Toleranzklasse	10
4.3 Definition von Bezugsflächen.....	11
4.4 Anwendung der ISO Zahnrad-Klassifikations-Norm	11
4.4.1 Messgerät und Meisterräder	11
4.4.2 Prüfung der Messausrüstung und Unsicherheit.....	11
4.4.3 Filterung und Punktdichte	11
4.5 Abnahmebedingungen.....	12
4.6 Beziehung zwischen der Zweiflanken-Wälzabweichung und den Einzelabweichungen	12
4.7 Bezeichnung der Toleranzklasse oder Toleranz für die Zweiflanken-Wälzabweichung	12
5 Toleranzen	12
5.1 Allgemeines	12
5.2 Anwendung der Gleichungen	12
5.2.1 Zähnezahl zur Berechnung der Toleranzen.....	12
5.2.2 Rundungsregeln.....	13
5.3 Toleranz des Zweiflanken-Wälzsprungs, f_{idT}	13
5.4 Toleranz der Zweiflanken-Wälzabweichung, F_{idT}	13
5.4.1 Toleranz der Zweiflanken-Wälzabweichung für Zylinderräder	13
5.4.2 Toleranz der Zweiflanken-Wälzabweichung für Zahnsegmente	13
Anhang A (informativ) Kurven der Toleranzwerte für die Klassen R34, R44 und R50 für Geradverzahnungen mit Modul = 1,0 mm	14
Anhang B (informativ) Zweiflanken-Wälzabweichung über k Zähne	16
B.1 Allgemeines	16
B.2 Anwendung	16
B.3 Zweiflanken-Wälzabweichung über k Zähne, F_{idk}	16
B.4 Toleranz der Zweiflanken-Wälzabweichung über k Zähne, F_{idkT}	17
Anhang C (informativ) Gründe für die Änderung der Zweiflanken-Wälztoleranzen	18
C.1 Allgemeines	18
C.2 Zahnsegmente.....	18
C.3 Toleranzen für den Zweiflanken-Wälzsprung.....	18
C.4 Stufenfaktor.....	18
C.5 Toleranz der Zweiflanken-Wälzprüfung über k Zähne	18
Anhang D (informativ) Umwandlung der Toleranz aus einer anderen Zweiflanken- Wälzabweichungs-Spezifikation	19

D.1	Allgemeine Methode.....	19
D.2	Wahlmöglichkeiten.....	19
Anhang E (informativ) Beispielberechnungen		20
E.1	Beispiel 1 — Geradverzahnung.....	20
E.2	Beispiel 2 — Schrägverzahnung einschließlich Toleranz für Segmente über $z/8$ Zähne.....	21
E.3	Beispiel 3 — Schrägverzahnung mit mehr als 200 Zähnen	22
E.4	Beispiel 4 — Zahnradsegment.....	23
E.5	Beispiel 5 — Schrägverzahnung definiert mit Diametral Pitch	25
E.6	Beispiel 6 — Umrechnung von ISO 1328-2:1997 in R Toleranzklasse	26
Literaturhinweise.....		28

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument ISO 1328-2:2020 ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden.

Die nationalen Interessen bei der Erarbeitung werden vom Ausschuss NA 060-34-11 AA „Zylinderräder - Terminologie und Toleranzen (SpA ISO/TC 60/WG 2 und ISO/TC 60/SC 1/WG 4)“ im Fachbereich „Antriebstechnik“ des DIN-Normenausschusses Maschinenbau (NAM) wahrgenommen.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Die Internationale Norm ISO 1328-2:2020 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 60/WG 2 „Accuracy of gears“ erarbeitet. DIN ISO 1328-2:2020 ersetzt den Rest der Zylinderrad-Toleranznorm DIN 3963:1978-08, die nach Veröffentlichung von DIN ISO 1328-2 bereits zurückgezogen wurde.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN 3963:1978-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) der Anwendungsbereich wurde erweitert;
- b) die Toleranzen für F_i' und f_i' sind nicht in dieser Norm enthalten; sie befinden sich im Teil 1;
- c) die Bezeichnung wurde von F_i'' und f_i'' in F_{id} und f_{id} geändert;
- d) neue Toleranzgleichungen mit Rundungsregeln wurden eingeführt;
- e) die Stufensprünge für Modul und Durchmesser wurden beseitigt;
- f) die Norm enthält keine Toleranztabellen, sondern nur noch die Toleranzgleichungen;
- g) in die Toleranzgleichungen werden keine Mittelwerte eingesetzt, sondern die aktuellen Zahnradparameter;
- h) ein neuer Nummernbereich für die Qualitäten wurde eingeführt;
- i) als Stufenfaktor wird $\sqrt[4]{2}$ verwendet, d. h. 1,189;
- j) eine neue Toleranzgleichung für Zahnsegmente wurde eingefügt;
- k) eine neue Gleichung für die Sektorabweichung über k Zähne wurde ergänzt;
- l) Umrechnungsformeln von alter Norm zu neuer Norm wurden eingeführt;
- m) Formeln zur Bestimmung der Qualitätsklasse für eine gegebene Toleranz wurden ergänzt;
- n) Berechnungsbeispiele wurden hinzugefügt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung von Nationalen Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird normalerweise von ISO Technischen Komitees durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale Organisationen, staatlich und nicht-staatlich, in Liaison mit ISO, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) bei allen elektrotechnischen Themen zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Im Besonderen sollten die für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten notwendigen Annahmekriterien beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der empfangenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname wird als Information zum Nutzen der Anwender angegeben und stellt keine Anerkennung dar.

Eine Erläuterung der Bedeutung ISO-spezifischer Benennungen und Ausdrücke, die sich auf Konformitätsbewertung beziehen, sowie Informationen über die Beachtung der Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) zu technischen Handelshemmnissen (TBT, en: Technical Barriers to Trade) durch ISO enthält der folgende Link: www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 60, *Gears* erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 1328-2:1997), die technisch überarbeitet wurde. Es wurden insbesondere folgende wesentliche Änderungen vorgenommen:

- Der Titel dieses Teils wurde, entsprechend dem von Teil 1 überarbeitet, um den Inhalt dieses Teils besser widerzugeben;
- der Anwendungsbereich wurde auf Segment-Verzahnungen erweitert;
- die Gleichungen zur Festlegung der Toleranzen für die Zweiflanken-Wälzabweichungen wurden überarbeitet und der Nummernbereich der Qualitätsklassen wurde geändert, um die Unabhängigkeit des Systems der Qualitätsklassen von dem von Teil 1 zu betonen;
- die Änderung der Toleranzwerte zwischen aufeinanderfolgenden Qualitätsklassen wurde verringert, so dass zwei Stufen im neuen System einem Schritt im alten System entsprechen. Angenähert wurde derselbe Gesamttoleranzbereich beibehalten aber mit zusätzlichen Stufen;
- es wurden Anhänge zur Beschreibung zusätzlicher Informationen und Beispiele hinzugefügt;
- die Auswertung des Rundlaufs, die zuvor in diesem Dokument behandelt wurde, wurde in ISO 1328-1:2013 aufgenommen;

- der Hinweis auf anwendbare Prüfmethoden wurde entfernt. Diese Information kann in ISO/TR 10064-2 gefunden werden.

Eine Liste aller Teile der ISO 1328-Serie findet man auf der ISO Website.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sind an den nationalen Normenausschuss zu richten. Eine vollständige Liste dieser Gremien kann unter www.iso.org/members.html gefunden werden.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt ein System zur Toleranzklassifizierung fest, das für die Konformitätsbewertung von Zweiflanken-Wälzabweichungen an einzelnen zylindrischen Evolventenrädern und Zahnsegmenten gilt. Es enthält die Definitionen der Zahnflankenabweichungen, den Aufbau des Zahnflanken-Klassifikations-Systems und die zulässigen Werte für die Zahnflankenabweichungen. Es enthält Gleichungen zur Berechnung der Toleranzen für einzelne Zahnräder, wenn sie im Zweiflanken-Wälzkontakt mit einem Meisterrad kämmen. Toleranztabellen sind nicht angegeben.

Dieses Dokument ist für Teilkreisdurchmesser bis 600 mm und für Zahnräder mit drei oder mehr Zähnen anwendbar.

Die Zahnradauslegung oder die Empfehlung von Toleranzen ist nicht in diesem Dokument enthalten.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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 701, *International Gear Notation — Symbols for Geometrical Data*

ISO 1122-1, *Vocabulary of gear terms — Part 1: Definitions related to geometry*

3 Begriffe, Definitionen und Symbole

3.1 Begriffe und Definitionen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 701 und ISO 1122-1 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

3.1.1

Zweiflanken-Wälzprüfung

Verfahren, bei dem ein *Meisterrad* (3.1.4) und ein *Werkrad* (3.1.5) in Zweiflankenanlage bei gleichzeitiger Messung der Schwankung des Achsabstandes gedreht werden, während sie durch eine Federkraft zusammengedrückt werden, um das Flankenspiel zu beseitigen

3.1.2

Einzelabweichungen

Abweichungen wie Profil- und Flankenlinienabweichungen oder Teilungsabweichungen zwischen Zähnen, unter Verwendung eines einzelnen Punktes am Tastelement

3.1.3

Messmethoden für Einzelabweichungen

Verfahren zur Bestimmung von *Einzelabweichungen* (3.1.2).

Anmerkung 1 zum Begriff: Einzelabweichungen und ihre Messverfahren sind in ISO 1328-1 beschrieben.

3.1.4

Meisterrad

Zahnrad mit hoher Genauigkeit, das für die Zweiflanken-Wälzprüfung mit einem *Werkrad* (3.1.5) ausgelegt ist

3.1.5

Werkrad

Zahnrad, das gemessen oder ausgewertet werden soll

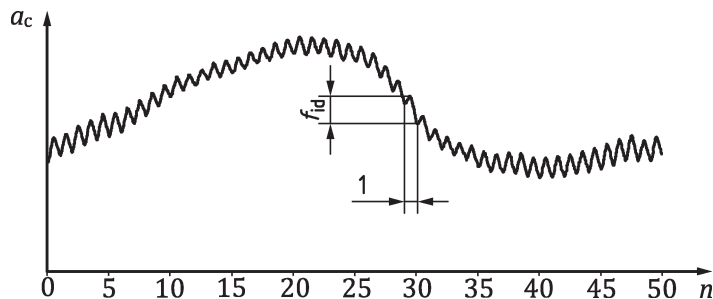
3.1.6

Zweiflanken-Wälzsprung

f_{id}

Wert der größten Änderung des Achsabstandes innerhalb einer beliebigen Teilung nach der Auswertung einer vollständigen *Zweiflanken-Wälzprüfung* (3.1.1) eines *Werkrades* (3.1.5) mit einem *Meisterrad* (3.1.4)

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.



Legende

- 1 Einzelteilung
- n Zahnnummer
- a_c Zweiflanken-Wälzabstand

Bild 1 — Zweiflanken-Wälzsprung

3.1.7

Toleranz des Zweiflanken-Wälzsprungs

f_{idT}

gemäß der Spezifikation maximal zulässiger *Zweiflanken-Wälzsprung* (3.1.6)

3.1.8

Zweiflanken-Wälzabweichung

F_{id}

Unterschied zwischen dem maximalen und minimalen Achsabstand nach der Auswertung aller Zähne eines *Werkrades* (3.1.5) bei der *Zweiflanken-Wälzprüfung* (3.1.1) mit einem *Meisterrad* (3.1.4)

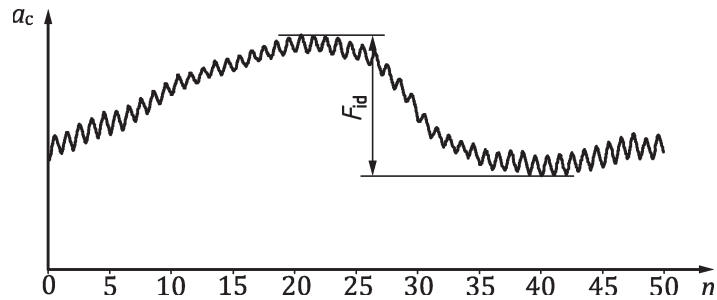
Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 2

3.1.9

Toleranz der Zweiflanken-Wälzabweichung

F_{idT}

gemäß der Spezifikation maximal zulässiger *Zweiflanken-Wälzabweichung* (3.1.8)



Legende

n Zahnnummer

a_c Zweiflanken-Wälzabstand

Bild 2 — Zweiflanken-Wälzabweichung

3.2 Symbole

Für dieses Dokument gelten die in Tabelle 1 angegebenen Symbole. Die Symbole basieren auf den in ISO 701 genannten.

Tabelle 1 — Symbole und Benennungen

Symbol	Benennung	Einheit	Erste Verwendung
a_c	Zweiflanken-Wälzabstand	mm	3.1.6
F_{id}	Zweiflanken-Wälzabweichung	μm	3.1.8
f_{id}	Zweiflanken-Wälzsprung	μm	3.1.6
F_{idk}	Zweiflanken-Wälzabweichung über k Zähne	μm	B.3
F_{idkT}	Toleranz der Zweiflanken-Wälzabweichung über k Zähne	μm	B.4
F_{idT}	Toleranz der Zweiflanken-Wälzabweichung	μm	3.1.9
f_{idT}	Toleranz des Zweiflanken-Wälzsprungs	μm	3.1.7
k_{max}	Maximale Anzahl Zahnteilungen im Messsegment	—	B.4
m_n	Normalmodul	mm	5.3
n	Zahnnummer	—	3.1.6
R	Toleranzklasse	—	5.3
R_x	Toleranzklassen-Faktor abhängig von der Zähnezah	—	5.3
z	Zähnezah	—	5.2.1
z_c	Zähnezah für die Berechnung	—	5.3
z_k	Anzahl der Zähne in einem Segment	—	5.4.2
β	Schrägungswinkel	$^\circ$	5.3

4 Anwendung des ISO-Toleranzklassensystems für die Zweiflanken-Wälzabweichung

4.1 Allgemeines

Dieses Dokument enthält Toleranzwerte und Messmethoden für nicht montierte Einzelzahnräder.

Oberflächenstrukturen werden in diesem Dokument nicht behandelt. Für weitere Informationen über Oberflächenstrukturen siehe ISO/TR 10064-4.

Wenn zwischen Kunde und Hersteller vereinbart, können die Toleranzen auch auf andere Verzahnungstypen angewendet werden, wie Zylinderschnecken, Schneckenräder, Zahnstangen und Kegelräder. In diesen Fällen sollten jedoch angepasste Vorrichtungen und Messverfahren verwendet werden, weil in dieser Norm nur Verfahren für Zahnräder mit parallelen Achsen beschrieben werden. Für weitere Hinweise siehe ISO/TR 10064-2.

Einige Auslegungen und Anwendungsfälle können Messungen oder Dokumentationen erfordern, die normalerweise im Standardherstellprozess nicht enthalten sind. Besondere Anforderungen müssen vertraglich festgelegt werden.

Weitere Erläuterungen zur Zweiflanken-Wälzprüfung findet man in ISO/TR 10064-2.

ANMERKUNG 1 Toleranzen für eine festgelegte Toleranzklasse werden nach den Gleichungen in Abschnitt 5 berechnet. Um zu verdeutlichen, wie sich die Toleranzen mit der Zähnezahl ändern, wurden im Anhang A die Toleranzwerte für drei Toleranzklassen als Kurven dargestellt.

ANMERKUNG 2 Es besteht keine Verbindung und kein Zusammenhang zwischen den Toleranzklassen aus diesem Dokument und anderen Teilen oder Normen wie z. B. ISO 1328-1. Dieses Dokument benutzt eine gesonderte Gruppe von Toleranzklassen (d. h. R30 bis R50), um zu betonen, dass es keinen Zusammenhang mit anderen Normen gibt (siehe Anhang C). Obwohl es keinen allgemeinen Zusammenhang zu anderen Normen gibt, ist es möglich nach diesem Dokument für ein spezifisches Zahnrad eine Toleranzklasse oder Toleranzklassen zu finden, die ähnliche Toleranzen ergibt wie sie ursprünglich für das Zahnrad festgelegt wurden, siehe Anhang D.

ANMERKUNG 3 Die speziellen Messmethoden, die Dokumentation der Ergebnisse, die Häufigkeit der Prüfung und die Verwendung statistischer Methoden werden normalerweise zwischen dem Käufer und dem Hersteller festgelegt.

4.2 Zahnrad-Toleranzklasse

In diesem Dokument wird die Zahnrad-Toleranzklasse durch die Messung der Zweiflanken-Wälzabweichung, F_{id} , und des Zweiflanken-Wälzsprunges, f_{id} , bestimmt. Wurde für ein Zahnrad lediglich eine ISO-Toleranzklasse angegeben, so gilt diese für beide Toleranzanforderungen.

Zusätzlich zu den Toleranzen für die Zweiflanken-Wälzabweichung und den Zweiflanken-Wälzsprung findet man in Anhang B eine optionale Spezifikation für die Toleranz für eine gewählte Anzahl von Zähnen, k .

ANMERKUNG 1 Die Angabe von Toleranzklassen oder Messbedingungen, die engere Toleranzen erfordern als für die Anwendung notwendig, kann die Kosten unnötig erhöhen.

ANMERKUNG 2 Die Zweiflanken-Wälzmessungen als Zweiflanken-Wälzachsabstand können zugleich für die Bestimmung der Zahndicke und der Zweiflanken-Wälzabweichung verwendet werden.

Dieses Dokument erlaubt die Verwendung unterschiedlicher Toleranzklassen für die Zweiflanken-Wälzabweichung, F_{id} und den Zweiflanken-Wälzsprung, f_{id} .

Die Bewertung der Zweiflanken-Wälzabweichungs-Toleranzklasse soll nach dem letzten Herstellungsschritt erfolgen. Die Messung der Zweiflanken-Wälzabweichung kann jedoch auch bei jedem Bearbeitungsschritt im Herstellprozess erfolgen.

Dieses Dokument gilt für Toleranzklassen von R30 bis R50. Bei einer speziellen Anwendung kann es sinnvoll sein, die Gleichungen aus diesem Dokument über den Bereich von R30 nach unten oder über R50 nach oben zu extrapolieren. In solchen Fällen sollten die speziellen Toleranzen verwendet werden, nicht aber Toleranzklassen jenseits von R30 bis R50 definiert werden.

4.3 Definition von Bezugsflächen

Die Spezifikation von Zweiflanken-Wälztoleranzen erfordert die Definition von Bezugselementen für die Zweiflanken-Wälzprüfung. Siehe ISO/TR 10064-3.

4.4 Anwendung der ISO Zahnrad-Klassifikations-Norm

4.4.1 Messgerät und Meisterräder

Wenn eine Messung nach diesem Dokument gefordert wird, muss das Zweiflanken-Messgerät geeignet und kalibriert sein. Falls nicht anders festgelegt, kann der Hersteller das Messgerät für die Zweiflanken-Wälzprüfung auswählen.

Für die Zweiflanken-Wälzprüfung muss ein Meisterrad verwendet werden. Die Form der Zahnflanken einschließlich der geforderten Toleranzen für das Meisterrad müssen zwischen dem Hersteller und dem Käufer des Werkrades vereinbart werden. Meisterräder nutzen sich durch den Gebrauch ab oder können beschädigt werden. Sie sollten rückführbar auf nationale Standards periodisch mit einer angegebenen Messunsicherheit kalibriert werden.

ANMERKUNG Die Abweichungen des Meisterrades können die Abweichungen des Prüfrades vergrößern oder verkleinern. Deshalb brauchen Werkräder höherer Genauigkeit auch genauere Meisterräder. Die Verwendung von Meisterrädern geringerer Genauigkeit erhöht das Risiko einer unzulässigen Annahme oder Ablehnung eines Werkrades.

Zwischen dem Meisterrad und dem Prüfrad dürfen keine Eingriffsstörungen auftreten. Ein Kontakt zwischen Zahnkopf und Fußrundung bei minimalem Achsabstand während der Messung sollte geprüft werden. Die minimale Gesamtüberdeckung sollte geprüft werden und nach Einschluss aller Toleranzen über 1,02 liegen.

4.4.2 Prüfung der Messausrüstung und Unsicherheit

Die Messmittel für die Messung von Zahnradern sollten regelmäßig geprüft werden.

Die Unsicherheit des Messprozesses sollte bestimmt werden, siehe ISO 14253-1.

4.4.3 Filterung und Punktdichte

Insbesondere bei Zahnradern mit kleiner Zähnezahl kann die Zweiflanken-Wälzabweichung durch eine Rundlaufabweichung sehr beeinflusst werden. Manche Zweiflanken-Messgeräte haben die Möglichkeit, die Zweiflanken-Wälzabweichungen nach rechnerischer Eliminierung der Exzentrizität auszuwerten. Die Toleranzen in diesem Dokument müssen ohne Benutzung eines Filters zur Eliminierung der Exzentrizität angewendet werden.

Durch die mechanische Frequenz-Antwort der bewegten Teile des Messgeräts einschließlich der Masse des Zahnrads selbst, der Masse des Messkopfes, des Reibungswiderstands im Messsystem und der Feder, kann eine weitere Filterung auftreten. Eine langsamere Drehung während der Messung verringert den Einfluss dieser Filterung durch die mechanische Frequenz-Antwort.

Bei der Verwendung eines elektronischen Messgeräts sollte ein Minimum von 30 Messpunkten pro Zahnteilung aufgenommen werden.

4.5 Abnahmebedingungen

Die Toleranzklasse der Zweiflanken-Wälzprüfung nach diesem Dokument wird durch die größte ermittelte Toleranzklasse definiert.

Die Toleranzen für die Zweiflanken-Wälzprüfung gelten für das Wälzen mit einem Meisterrad. Die Anwendung der Toleranzen für die Zweiflanken-Wälzprüfung für zwei miteinander laufende Werkräder sollten zwischen Hersteller und Käufer vereinbart werden.

4.6 Beziehung zwischen der Zweiflanken-Wälzabweichung und den Einzelabweichungen

Die für ein Zahnrad festgelegte Toleranzklasse der Zweiflanken-Wälzprüfung nach diesem Dokument entspricht nicht der Toleranzklasse für die Einzelabweichungen aus ISO 1328-1. Anwender werden darauf hingewiesen, dass eine Tolerierung allein nach diesem Dokument keine hinreichende Aussage über die Teilungs-Einzelabweichungen oder die Teilungs-Summenabweichung gewährleistet, die ohne Rundlaufabweichungen vorhanden sein kann. Siehe ISO/TR 10064-1 und ISO/TR 10064-2 für mehr Informationen über die Teilungsabweichung.

4.7 Bezeichnung der Toleranzklasse oder Toleranz für die Zweiflanken-Wälzabweichung

Die Bezeichnung/Festlegung einer Toleranzklasse für die Zweiflanken-Wälzabweichung nach diesem Dokument muss folgendermaßen erfolgen:

ISO 1328-2:2020, Klasse Rxx

Dabei bezeichnet xx die Soll-Toleranzklasse für die Zweiflanken-Wälzprüfung.

ANMERKUNG Wenn die Toleranzklasse innerhalb des Nummernbereichs dieses Standards liegt, aber das Veröffentlichungsjahr nicht angegeben ist, gilt die neueste Fassung von ISO 1328-2.

5 Toleranzen

5.1 Allgemeines

Die Toleranzen werden nach den Gleichungen in 5.3 und 5.4 berechnet. Zusätzlich kann die Gleichung in B.4 verwendet werden, um die optionale Zweiflanken-Wälzabweichung über Segmente von k Zähnen zu bestimmen.

ANMERKUNG Anhang E enthält Beispiele zur Toleranzberechnung.

Liegt der Zahnradradius oder die Zähnezahl nicht innerhalb der in Abschnitt 1 angegebenen Grenzen, muss der Gebrauch der Toleranzgleichungen zwischen Hersteller und Käufer vereinbart werden.

Das System zur Toleranzklassifizierung von Zweiflanken-Wälzabweichungen umfasst 21 Toleranzklassen für die Zweiflanken-Wälzabweichung und den Zweiflanken-Wälzsprung, von denen R30 die genaueste und R50 die ungenaueste ist.

5.2 Anwendung der Gleichungen

5.2.1 Zähnezahl zur Berechnung der Toleranzen

Bei Zahnradern mit mehr als 200 Zähnen ist, außer für Segment-Zahnradern, der Wert von 200 für die Zähnezahl zu verwenden.

Bei Segment-Zahnradern ist z die Anzahl der Zähne des vollständigen Rades über 360° .

5.2.2 Rundungsregeln

Die mit Gleichung (1), Gleichung (4) und Gleichung (5) berechneten Werte müssen auf den nächsten Mikrometerwert gerundet werden. Ist der Bruchteil gleich 0,5, wird der Wert auf die nächste ganze Zahl aufgerundet.

Wenn das Messgerät in Inch arbeitet, werden die Werte aus Gleichung (1), Gleichung (4) und Gleichung (5) vor der Rundung in zehntausendstel Inch konvertiert und dann auf die nächsten 0,5 zehntausendstel Inch gerundet. Z. B. würde ein Wert von 11,74 zehntausendstel Inch auf 11,5 zehntausendstel Inch gerundet, während ein Wert von 11,75 zehntausendstel Inch auf 12,0 zehntausendstel Inch gerundet würde.

5.3 Toleranz des Zweiflanken-Wälzsprungs, f_{idT}

Die Toleranz des Zweiflanken-Wälzsprungs, f_{idT} , wird nach Gleichung (1) unter Benutzung von Gleichung (2) und Gleichung (3) berechnet:

$$f_{idT} = \left(0,08 \frac{z_c m_n}{\cos \beta} + 64\right) 2^{[(R-R_x-44)/4]} = \frac{F_{idT}}{2^{(R_x/4)}} \quad (1)$$

$$z_c = \min(|z|, 200) \quad (2)$$

$$R_x = 5\{1 - 1,12^{[(1-z_c)/1,12]}\} \quad (3)$$

5.4 Toleranz der Zweiflanken-Wälzabweichung, F_{idT}

5.4.1 Toleranz der Zweiflanken-Wälzabweichung für Zylinderräder

Die Toleranz der Zweiflanken-Wälzabweichung, F_{idT} , für Zylinderräder und Zahnsegmente mit mehr als zwei Drittel der vollen Verzahnung werden mit nachstehender Gleichung berechnet:

$$F_{idT} = \left(0,08 \frac{z_c m_n}{\cos \beta} + 64\right) 2^{[(R-44)/4]} \quad (4)$$

5.4.2 Toleranz der Zweiflanken-Wälzabweichung für Zahnsegmente

Dieser Abschnitt gilt nur für Zahnsegmente, deren Zähne zwei Drittel oder weniger einer vollen Verzahnung umfassen.

Falls $\left|\frac{z_k}{z}\right| > \frac{2}{3}$ muss Gleichung (4) aus 5.4.1 benutzt werden, um die Toleranz für die Zweiflanken-Wälzabweichung, F_{idT} , des Zahnsegments zu berechnen, weil das Segment dann als volle Verzahnung betrachtet wird.

Falls $\left|\frac{z_k}{z}\right| \leq \frac{2}{3}$ wird Gleichung (5) für die Zweiflanken-Wälzabweichung des Zahnsegments, F_{idT} , verwendet, um die Größe des Segments zu berücksichtigen [mit R_x nach Gleichung (3)]:

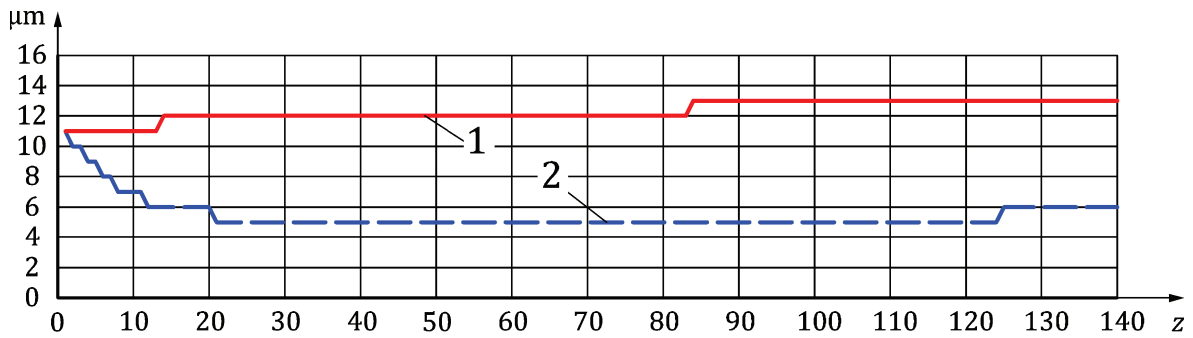
$$F_{idT} = \left(0,08 \frac{z_c m_n}{\cos \beta} + 64\right) 2^{[(R-44)/4]} \left[\left(1 - 1,5 \frac{|z_k| - 1}{|z|}\right) 2^{\left(\frac{-R_x}{4}\right)} + 1,5 \frac{|z_k| - 1}{|z|} \right] \quad (5)$$

Anhang A
(informativ)

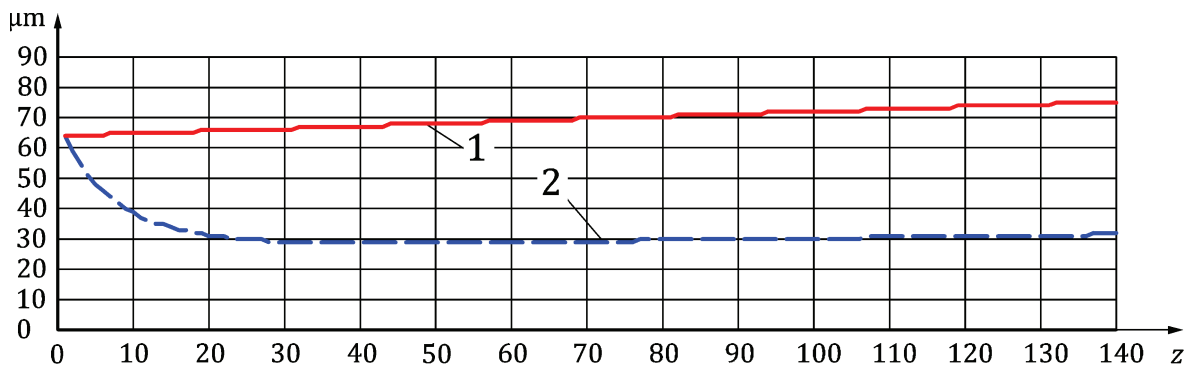
**Kurven der Toleranzwerte für die Klassen R34, R44 und R50 für
Geradverzahnungen mit Modul = 1,0 mm**

Bild A.1 zeigt die Toleranzwerte für die Zweiflanken-Wälzabweichung, F_{idT} und den Zweiflanken-Wälzsprung, f_{idT} für den Modul 1,0 mm und die Klassen R34, R44 und R50 bei Geradverzahnungen. Diese Kurvendarstellungen zeigen die Werte der Gleichung (1) und Gleichung (4) nach Rundung nach 5.2.2, um Anwender dieses Dokuments zu unterstützen und ihnen die Charakteristik des Klassifikationssystems zu zeigen.

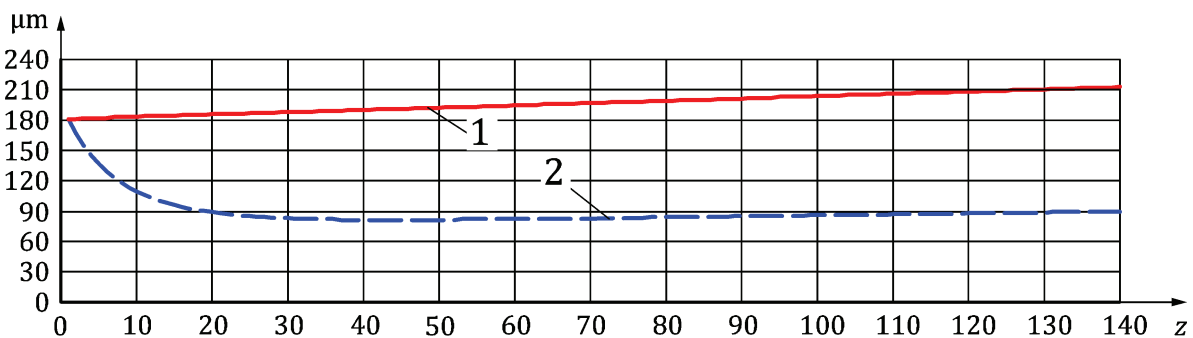
ANMERKUNG Die Stufen in den Kurven ergeben sich aus der Rundung.



a) Zweiflanken-Wälzabweichung, Toleranzklasse 34



b) Zweiflanken-Wälzabweichung, Toleranzklasse 44



c) Zweiflanken-Wälzabweichung, Toleranzklasse 50

Legende

- 1 Zweiflanken-Wälzabweichung, F_{idT}
- 2 Zweiflanken-Wälzsprung, f_{idT}

Bild A.1 — Zweiflanken-Wälzabweichung, F_{idT} und Zweiflanken-Wälzsprung, f_{idT} bei Modul = 1,0 mm für Vollverzahnungen, aufgetragen über der Zähnezahl

Anhang B (informativ)

Zweiflanken-Wälzabweichung über k Zähne

B.1 Allgemeines

Dieser Anhang enthält die Definition, Beschreibung der Messung, empfohlene Toleranzen und Anleitung für die Zweiflanken-Wälzabweichung über Segmente mit k Zähnen und ist als eine optional ergänzende und zusätzliche Spezifikation zur Bestimmung der Zweiflanken-Wälzabweichung und des Zweiflanken-Wälzsprungs gedacht, wie er in diesem Dokument beschrieben ist.

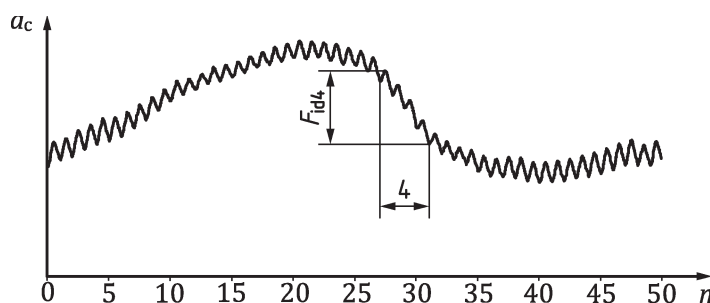
B.2 Anwendung

Ein Zahnrad mit einem zulässigen Zweiflanken-Wälzsprung und einer zulässigen Zweiflanken-Wälzabweichung kann trotzdem einen unzulässigen Übertragungsfehler aufweisen, wenn der größte Teil der Zweiflanken-Wälzabweichung innerhalb weniger Zähne auftritt. Zahnräder mit einer großen Profilüberdeckung und einer großen Sprungüberdeckung können eine Abweichung an einem Zahn haben, die sich in der Aufzeichnung des Zweiflanken-Wälzprüfgeräts über mehrere Zähne erstreckt. Zusätzliche Abweichungen an benachbarten Zähnen können wegen der großen Gesamtüberdeckung zu einem signifikanten Funktionsproblem führen. Die Auswertung der Zweiflanken-Wälzabweichung über mehrere Zähne kann helfen, solche Probleme zu erkennen.

B.3 Zweiflanken-Wälzabweichung über k Zähne, F_{idk}

Die Zweiflanken-Wälzabweichung über k Zähne, F_{idk} , ist die größte auftretende Änderung des Achsabstandes über einem beliebigen Intervall von k Teilungen, nachdem alle Zähne eines Werkrades bei einer Zweiflanken-Wälzprüfung ausgewertet wurden. Ein Beispiel für die Zweiflanken-Wälzabweichung über vier Zähne zeigt Bild B.1. Dieses Beispiel zeigt ein Zahnrad, bei dem eine starke Änderung der Zweiflanken-Wälzabweichung Funktionsprobleme erzeugen kann, was jedoch beim Zweiflanken-Wälzsprung über einen Zahn oder bei der Zweiflanken-Wälzabweichung nicht erkannt würde.

ANMERKUNG Die Anzahl der gewählten Zahnteilungen erscheint beim Symbol anstelle von k , d.h. wenn vier Zahnteilungen verwendet werden lautet das Symbol F_{id4} .



Legende

n Zahnnummer
 a_c Zweiflanken-Wälzabstand

Bild B.1 — Zweiflanken-Wälzabweichung über vier Zähne bei einer Zähnezahl von 50