

**DIN 5481****DIN**

ICS 21.200

Ersatzvermerk  
siehe unten**Passverzahnungen mit Kerbflanken**

Serration shafts

Arbres dentelé

**Ersatzvermerk**Ersatz für DIN 5481-1:1952-01, DIN 5481-2:1956-03, DIN 5481-3:1965-07, DIN 5481-4:1955-04 und  
DIN 5481-5:1955-04

Gesamtumfang 30 Seiten

Normenausschuss Maschinenbau (NAM) im DIN

**VOLKSWAGEN AG**

Vervielfältigung gemäß entspr. DIN-Merkblättern

# Inhalt

	Seite
Vorwort.....	4
1 Anwendungsbereich.....	4
2 Normative Verweisungen .....	5
3 Formelzeichen, Benennungen und Einheiten .....	6
4 Aufbau .....	7
5 Durchmesser .....	7
5.1 Allgemeines .....	7
5.2 Durchmesser der Naben.....	7
5.3 Durchmesser der Wellen .....	8
6 Passungssystem Zahndicke/Zahnücke .....	8
6.1 Passungsschaubild .....	8
6.2 Aufbau des Toleranzsystems .....	9
6.3 Gesamtoleranz .....	9
6.4 Toleranz $T_{act}$ .....	9
6.5 Toleranz $T_{eff}$ .....	9
6.6 Zahnücken und Messgrößen der Nabe.....	10
6.7 Zahndicken und Messgrößen der Wellen .....	10
6.7.1 Zahndicken und Messgrößen der Wellen geradflankig .....	10
6.7.2 Zahndicken und Messgrößen der Welle evolventisch .....	12
7 Richtwerte für Einzelabweichungen .....	13
7.1 Allgemeines .....	13
7.2 Richtwerte für Einzelabweichungen der Naben.....	13
7.3 Richtwerte für Einzelabweichungen der Wellen .....	14
7.4 Anhaltswerte für die Rundlaufabweichung .....	14
8 Bezeichnungen.....	15
9 Zeichnungsangaben .....	15
10 Qualitätsmerkmale .....	16
11 Lehrung/Allgemeines.....	16
11.1 Lehrenformen und Lehrenmaße.....	16
11.1.1 Vollverzahnte Gutlehre .....	16
11.1.2 Sektorverzahnte Ausschusslehre .....	16
11.2 Werkstoffe, Oberflächen, Bezugstemperatur, Prüfkraft.....	19
11.3 Berechnung der Lehrmaße .....	19
11.3.1 Toleranzschaubild.....	19
11.3.2 Bestimmung der Prüfmaße über/zwischen Rollen .....	20
11.3.3 Einzelabweichungen und Lagetoleranz .....	20
11.4 Lehren für Naben .....	22
11.4.1 Gutlehrdorne.....	22
11.4.2 Ausschusslehrdorne .....	23
11.5 Lehren für die Wellen.....	24
11.5.1 Gutlehringe.....	24
11.5.2 Ausschusslehringe „fein“ .....	25
11.5.3 Ausschusslehringe „grob“ .....	26
11.6 Prüfung der Lehren .....	27
11.6.1 Prüfung der Lehren im Neuzustand .....	27
11.6.2 Verschleißprüfung von Lehren.....	28
11.6.3 Gegenlehren für Verzahnungslehringe .....	28
11.7 Kennzeichnung .....	28
11.8 Zeichnungsangaben .....	28
Literaturhinweise.....	30

**Bilder**

<b>Bild 1 — Paarung geradflankiger Nabe mit evolventischer Welle .....</b>	<b>5</b>
<b>Bild 2 — Durchmesser der Naben und Wellen .....</b>	<b>7</b>
<b>Bild 3 — Passungsschaubild Zahndicke/Zahnücke .....</b>	<b>8</b>
<b>Bild 4 — Nennzahndicke/-ücke = Halbe Teilung .....</b>	<b>9</b>
<b>Bild 5 — Zahnücken und Messgrößen der Nabe .....</b>	<b>10</b>
<b>Bild 6 — Zahndicken und Messgrößen der Welle geradflankig .....</b>	<b>11</b>
<b>Bild 7 — Zahndicken und Messgrößen der Welle evolventisch .....</b>	<b>12</b>
<b>Bild 8 — Qualitätsmerkmale .....</b>	<b>16</b>
<b>Bild 9 — Lehrdorn Größe 1-6 .....</b>	<b>18</b>
<b>Bild 10 — Leerring .....</b>	<b>18</b>
<b>Bild 11 — Toleranzschaubild .....</b>	<b>19</b>
<b>Bild 12 — Maße über und zwischen Messrollen .....</b>	<b>20</b>
<b>Bild 13 — Rundlaufabweichung Lehren .....</b>	<b>21</b>
<b>Bild 14 — Einseitig konischer Gegenlehrdorn .....</b>	<b>28</b>

**Tabellen**

<b>Tabelle 1 — Durchmesser der Naben .....</b>	<b>7</b>
<b>Tabelle 2 — Durchmesser der Wellen .....</b>	<b>8</b>
<b>Tabelle 3 — Zahnücken und Messgrößen der Nabe .....</b>	<b>10</b>
<b>Tabelle 4 — Zahndicken und Messgrößen der geradflankigen Wellen „fein“ .....</b>	<b>11</b>
<b>Tabelle 5 — Zahndicken und Messgrößen der geradflankigen Wellen „grob“ .....</b>	<b>11</b>
<b>Tabelle 6 — Zahndicken und Messgrößen der evolventischen Wellen „fein“ .....</b>	<b>12</b>
<b>Tabelle 7 — Zahndicken und Messgrößen der evolventischen Wellen „grob“ .....</b>	<b>13</b>
<b>Tabelle 8 — Richtwerte für Einzelabweichung der Naben .....</b>	<b>13</b>
<b>Tabelle 9 — Richtwerte für Einzelabweichungen der Welle „fein“ .....</b>	<b>14</b>
<b>Tabelle 10 — Richtwerte für Einzelabweichungen der Welle „grob“ .....</b>	<b>14</b>
<b>Tabelle 11 — Anhaltswerte für die Rundlaufabweichung .....</b>	<b>14</b>
<b>Tabelle 12 — Datenfeld für Beispiel DIN 5481 — 12 × 14 .....</b>	<b>15</b>
<b>Tabelle 13 — Zähnezahlen Ausschusslehen .....</b>	<b>17</b>
<b>Tabelle 14 — Lehrdornbreiten .....</b>	<b>17</b>
<b>Tabelle 15 — Außenmaße Leerringe .....</b>	<b>19</b>
<b>Tabelle 16 — Einzelabweichungen Lehrdorne .....</b>	<b>21</b>
<b>Tabelle 17 — Einzelabweichungen Leerringe „fein“ und „grob“ .....</b>	<b>21</b>
<b>Tabelle 18 — Durchmesser der Gutlehrdorne .....</b>	<b>22</b>
<b>Tabelle 19 — Zahndicke der Gutlehrdorne .....</b>	<b>22</b>
<b>Tabelle 20 — Durchmesser der Ausschusslehrdorne .....</b>	<b>23</b>
<b>Tabelle 21 — Zahndicken der Ausschusslehrdorne .....</b>	<b>23</b>
<b>Tabelle 22 — Durchmesser der Gutlehrringe .....</b>	<b>24</b>
<b>Tabelle 23 — Zahnücken der Gutlehrringe .....</b>	<b>24</b>
<b>Tabelle 24 — Durchmesser der Ausschusslehrringe „fein“ .....</b>	<b>25</b>
<b>Tabelle 25 — Zahnücken der Ausschusslehrringe „fein“ .....</b>	<b>25</b>
<b>Tabelle 26 — Durchmesser der Ausschusslehrringe „grob“ .....</b>	<b>26</b>
<b>Tabelle 27 — Zahnücken der Ausschusslehrringe „grob“ .....</b>	<b>26</b>
<b>Tabelle 28 — Prüfung der Verzahnungslehen .....</b>	<b>27</b>
<b>Tabelle 29 — Datenfeld Prüfling .....</b>	<b>29</b>
<b>Tabelle 30 — Datenfeld Verzahnungslehen .....</b>	<b>29</b>

## **Vorwort**

Diese Norm wurde vom Arbeitsausschuss 2.1 „Passverzahnungen“ (NAM) in Zusammenhang mit der Überarbeitung von DIN 5480 und ISO 4156 erneuert. Ziel der Überarbeitung ist, einen sinnvolleren und praxisnäheren Aufbau der Norm zu erreichen. Die Normen DIN 5481-1 bis DIN 5481-5 wurden zu einer Norm zusammengefasst.

## **Änderungen**

Gegenüber DIN 5481-1:1952-01, DIN 5481-2:1956-03, DIN 5181-3:1965-07, DIN 5481-4:1955-04 und DIN 5481-5:1955-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Titel geändert in „Passverzahnungen mit Kerbflanken“;
- b) Nennmaßbereich wurde erheblich eingeschränkt: die Nenndurchmesser 60 × 65 bis 120 × 125 wurden gestrichen;
- c) auf die Anwendung von Gegenlehrdornen wurde verzichtet;
- d) die Ausschussrachenlehren wurden durch Ausschusslehrringe ersetzt. Aus diesem Grund entfallen auch die Einstelllehren für die Ausschussrachenlehren;
- e) die Abmaße werden nun für Zahnlücken bzw. für Zahndicken angegeben anstatt für einen Anlagedurchmesser;
- f) es wurden Richtlinien für Einzelabweichungen hinzugefügt;
- g) die Norm wurde redaktionell überarbeitet.

**Die Austauschbarkeit von alter und neuer Version wird sichergestellt.**

## **Frühere Ausgaben**

Kr 231/1 = 5481-2:1940-11

DIN 5481-1: 1942-07, 1952x-01

DIN 5481-2: 1940-11, 1955-04, 1956-03

DIN 5481-3: 1955-04, 1965-07

DIN 5481-4: 1955-04

DIN 5481-5: 1955-04

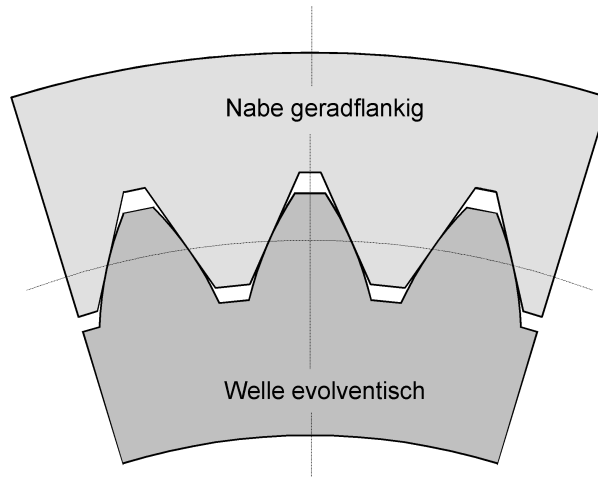
## **1 Anwendungsbereich**

In dieser Norm werden Passverzahnungen mit Kerbflanken (Kerbverzahnungen) und konstantem Lückenwinkel der Außenverzahnung von 60° mit Zähnezahlen von 28 bis 42 in einem Nennmaßbereich von 7 mm bis 60 mm festgelegt.

Passverzahnungsverbindungen mit Kerbflanken nach dieser Norm dienen zur lösbaren oder festen, aus Verschleißgründen nicht verschiebbaren, Verbindung von Naben und Wellen. Da die Zähne relativ klein sind, können nur kleine Drehmomente übertragen werden.

Folgende Grundsätze gelten für diese Norm:

- a) Konstanter Lückenwinkel der Welle;
- b) Die Zahnflanken der Wellen dürfen durch Herstellung mit geradflankigem Walzfräser gekrümmt sein (siehe Bild 1);



**Bild 1 — Paarung geradflankiger Nabe mit evolventischer Welle**

- c) Werden mit Rücksicht auf die Herstellung der Naben im Wälzverfahren mittels Schneidräder mit evolventenförmigen Flanken auch gekrümmte Zahnflanken der Nabe zugelassen, so ist dies zwischen Hersteller und Besteller besonders zu vereinbaren;
- d) Die Abmaße „grob“ für die Welle gelten, wenn die Kraft nur in einer Richtung wirkt (Stabfeder);
- e) Flankenzentrierung.

## 2 Normative Verweisungen

Diese Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

E DIN 5480-2:2004-05, *Passverzahnungen mit Evolventenflanken und Bezugsdurchmesser — Teil 2: Nennmaße und Prüfmaße.*

DIN 3960:1987-03, *Begriffe und Bestimmungsgrößen für Stirnräder (Zylinderräder) und Stirnradpaare (Zylinderradpaare) mit Evolventenverzahnung*

ISO/DIS 4156-3:2002-02, *Passverzahnungen mit Evolventenflanken — Metrische Module, flankenzentriert — Teil 3: Qualitätsprüfung.*

### 3 Formelzeichen, Benennungen und Einheiten

Formelzeichen	Benennung	Einheit
D	Teilkreisdurchmesser	mm
D <sub>ee</sub>	Wellen — Kopfkreisdurchmesser	mm
D <sub>ii</sub>	Naben — Kopfkreisdurchmesser	mm
D <sub>ie</sub>	Wellen — Fußkreisdurchmesser	mm
D <sub>ei</sub>	Naben — Fußkreisdurchmesser	mm
D <sub>Fe</sub>	Wellen — Fuß-Formkreisdurchmesser	mm
D <sub>Fi</sub>	Naben — Fuß-Formkreisdurchmesser	mm
D <sub>Re</sub>	Wellen — Messkreisdurchmesser	mm
D <sub>Ri</sub>	Naben — Messkreisdurchmesser	mm
E	Zahnlücke Nabe	mm
E <sub>max</sub>	Zahnlücke max. actual	mm
E <sub>min</sub>	Zahnlücke min. actual Ref.	mm
E <sub>V</sub>	Zahnlücke min. effective	mm
F <sub>α</sub>	Profil — Gesamtabweichung <sup>a</sup>	μm
F <sub>β</sub>	Flankenlinien — Gesamtabweichung <sup>a</sup>	μm
F <sub>p</sub>	Teilungs-Gesamtabweichung <sup>a</sup>	μm
F <sub>r</sub>	Rundlaufabweichung <sup>a</sup>	μm
GR	Gutleerring	—
GD	Gutlehrdorn	—
HD	Ausschusslehdorn	—
HR	Ausschusslehring	—
M <sub>Re</sub>	Maß über Messkreise	mm
M <sub>Ri</sub>	Maß zwischen Messkreise	mm
R <sub>e</sub>	Radius am Wellenfußkreisdurchmesser	mm
R <sub>i</sub>	Radius am Nabenfußkreisdurchmesser	mm
S	Zahndicke Welle	mm
S <sub>V</sub>	Zahndicke max. effective	mm
S <sub>max</sub>	Zahndicke max. actual Ref.	mm
S <sub>min</sub>	Zahndicke min. actual	mm
T <sub>G</sub>	Gesamttoleranz Zahndicke, Zahnlücke	μm
T <sub>act</sub>	Toleranz Zahndicke, Zahnlücke actual	μm
T <sub>eff</sub>	Toleranz Zahndicke, Zahnlücke effective	μm
Z	Zähnezahl	—
m	Modul	mm
p	Teilung	mm
α	Eingriffswinkel	°
γ <sub>e</sub>	Lückenwinkel der Welle	°
γ <sub>i</sub>	Lückenwinkel der Nabe	°

<sup>a</sup> Siehe DIN 3960.

## 4 Aufbau

In dieser Norm für Passverzahnungen mit Kerbflanken haben die Wellen einen konstanten Lückenwinkel  $\gamma_e = 60^\circ$ . Der Lückenwinkel der zur Paarung gehörenden Nabe ändert sich in Abhängigkeit von der Zähnezahl. Die Nennzahndicke beträgt eine halbe Teilung am angegebenen Teilkreis.

## 5 Durchmesser

### 5.1 Allgemeines

Die Nenndurchmesser beschreiben jeweils die gerundeten Innendurchmesser der Naben und die Außendurchmesser der Wellen z. B. 7 × 8. Diese werden mit A11 bzw. a11 toleriert. Der Teilkreis liegt annähernd in Zahnmitte. An diesem Durchmesser sind Zahndicke und Zahnluke eines Werkstückes annähernd gleich. Der Formkreis ergibt sich, wenn bei konstanter Zahndicke bzw. Zahnluke der angegebene maximale Radius den Fußkreisdurchmesser erzeugt (siehe Bild 2).

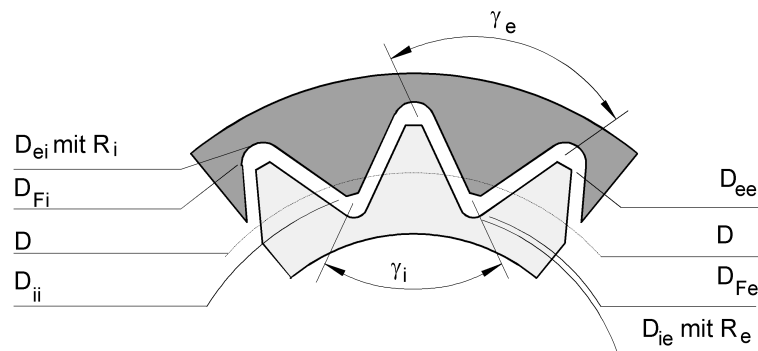


Bild 2 — Durchmesser der Naben und Wellen

### 5.2 Durchmesser der Naben

In Tabelle 1 sind die Nabendurchmesser aufgeführt.

Tabelle 1 — Durchmesser der Naben

Nenn- durch- messer mm	Zähne- zahl Z	Lücken- winkel $\gamma_i$ °	Teil- kreis- durch- messer D mm	Kopfkreisdurchmesser $D_{ii}$ Toleranz A11			Fußform- kreisdurch- messer $D_{Fi}$ min. mm	Fußkreis- durch- messer $D_{ei}$ etwa mm	Fußradius $R_{i \max}$ max. mm
				Nennmaß mm	Größtmaß $D_{ii \max}$ mm	Kleinstmaß $D_{ii \min}$ mm			
7 × 8	28	47,143	7,5	6,90	7,27	7,18	8,14	8,21	0,08
8 × 10	28	47,143	9	8,10	8,47	8,38	9,83	9,93	0,08
10 × 12	30	48,000	11	10,10	10,50	10,39	11,90	12,01	0,10
12 × 14	31	48,387	13	12,00	12,40	12,29	14,07	14,19	0,10
15 × 17	32	48,750	16	14,90	15,30	15,19	17,14	17,32	0,15
17 × 20	33	49,091	18,5	17,30	17,70	17,59	19,84	20,02	0,15
21 × 24	34	49,412	22	20,80	21,23	21,10	23,63	23,80	0,15
26 × 30	35	49,714	28	26,50	26,93	26,80	29,75	30,03	0,25
30 × 34	36	50,000	32	30,50	30,97	30,81	33,84	34,18	0,30
36 × 40	37	50,270	38	36,00	36,47	36,31	39,72	40,23	0,45
40 × 44	38	50,526	42	40,00	40,47	40,31	43,78	44,34	0,50
45 × 50	39	50,769	47,5	45,00	45,48	45,32	49,84	50,34	0,45
50 × 55	40	51,000	52,5	50,00	50,48	50,32	54,58	55,25	0,60
55 × 60	42	51,429	57,5	55,00	55,53	55,34	59,74	60,42	0,60

### 5.3 Durchmesser der Wellen

In Tabelle 2 sind die Wellendurchmesser aufgeführt.

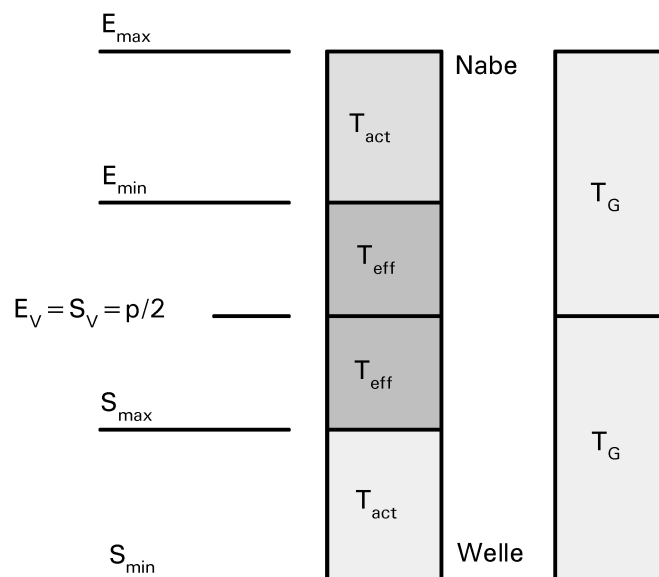
**Tabelle 2 — Durchmesser der Wellen**

Nenn- durch- messer	Zähne- zahl Z	Lücken- winkel $\gamma_e$	Teilkreis- durch- messer D	Kopfkreisdurchmesser $D_{ee}$ Toleranz a11			Fußform- kreis- durch- messer $D_{Fe \max}$ max.	Fußkreis- durch- messer $D_{ie}$ etwa	Fußradius $R_{e \max}$ max.
				Nennmaß min. mm	Größtmaß $D_{ee \max}$ mm	Kleinstmaß $D_{ee \min}$ mm			
mm	—	°	mm				mm	mm	mm
7 × 8	28	60	7,5	8,10	7,82	7,73	6,98	6,90	0,08
8 × 10	28	60	9	10,10	9,81	9,70	8,33	8,25	0,08
10 × 12	30	60	11	12,00	11,71	11,60	10,27	10,16	0,10
12 × 14	31	60	13	14,20	13,91	13,80	12,12	12,02	0,10
15 × 17	32	60	16	17,20	16,91	16,80	15,05	14,90	0,15
17 × 20	33	60	18,5	20,00	19,70	19,57	17,53	17,33	0,20
21 × 24	34	60	22	23,90	23,60	23,47	20,94	20,69	0,25
26 × 30	35	60	28	30,00	29,70	29,57	26,67	26,36	0,30
30 × 34	36	60	32	34,00	33,69	33,53	30,72	30,32	0,40
36 × 40	37	60	38	39,90	39,59	39,43	36,25	35,95	0,30
40 × 44	38	60	42	44,00	43,68	43,52	40,12	39,72	0,40
45 × 50	39	60	47,5	50,00	49,68	49,52	45,26	44,86	0,40
50 × 55	40	60	52,5	54,90	54,56	54,37	50,05	49,64	0,40
55 × 60	42	60	57,5	60,00	59,66	59,47	55,19	54,69	0,50

## 6 Passungssystem Zahndicke/Zahnücke

### 6.1 Passungsschaubild

Bild 3 verdeutlicht die Lage der Toleranzen.

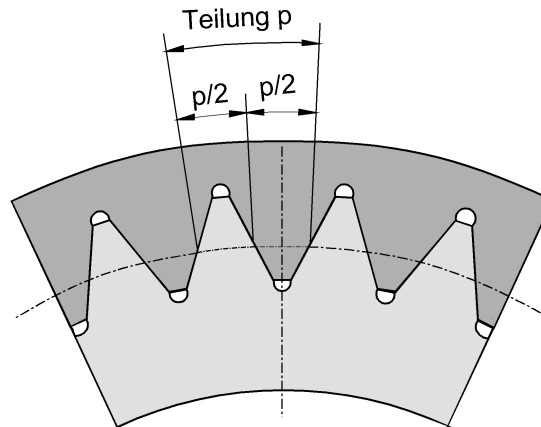


**Bild 3 — Passungsschaubild Zahndicke/Zahnücke**



## 6.2 Aufbau des Toleranzsystems

Das Toleranzsystem besteht auf der Grundlage, dass am Teilkreisdurchmesser die Nennzahndicke der Welle gleich der Nennzahndicke der Nabe ist. Theoretisch ist deshalb das kleinste Passungsspiel = 0 (siehe Bild 4).



**Bild 4 — Nennzahndicke/-lücke = Halbe Teilung**

## 6.3 Gesamttoleranz

Die Gesamttoleranz beinhaltet die Toleranz actual und effective. Die Größe der Gesamttoleranz der Naben hat jeweils nur einen Wert, die der Wellen unterscheidet sich in „fein“ und „grob“. Das Größenverhältnis der Toleranz actual ( $T_{act}$ ) zur Toleranz effective ( $T_{eff}$ ) (siehe Bild 3) innerhalb der Gesamttoleranz  $T_G$  ist in der Praxis stark schwankend. In dieser Norm wurde in Anlehnung an DIN 5480 ein Verhältnis  $T_G/T_{act} = 1,6$  gewählt. Konkret heißt das, dass die bisher als Abmaße für den Anlagedurchmesser  $D_a$  angegebenen Toleranzen als Gesamttoleranz  $T_G$  aufgefasst und in ein Verhältnis von 1,6 in  $T_{act}$  und  $T_{eff}$  aufgeteilt wurden.

## 6.4 Toleranz $T_{act}$

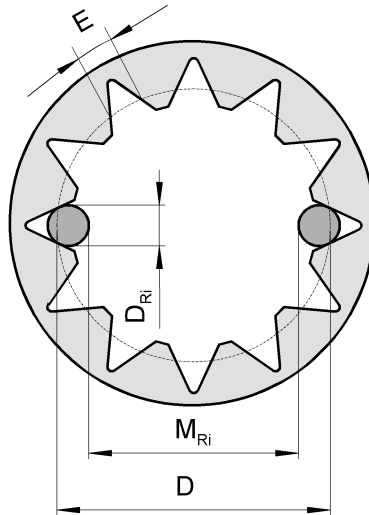
Die Toleranz  $T_{act}$  deckt den maßlichen Verschleiß von Werkzeugen, die Zustellgenauigkeit von Werkzeugmaschinen und Maßschwankungen bei der Wärmebehandlung ab. Da die Zahndicke bzw. Zahnweite direkt nur schwer messbar sind, werden sie auf Maße zwischen bzw. über Messkreise umgerechnet.

## 6.5 Toleranz $T_{eff}$

Mit der Angabe einer Toleranz effective wird der Tatsache Rechnung getragen, dass die Zahnflanken, die die Passung erzeugen, mit Einzelabweichungen des Profils, der Flankenlinie und der Teilung behaftet sind. Diese Abweichungen haben eine verkleinernde Wirkung auf das Passungsspiel.

## 6.6 Zahnlücken und Messgrößen der Nabe

In Bild 5 sind Zahnlücken und Messgrößen der Nabe definiert. Die entsprechenden Werte sind in Tabelle 3 enthalten.



**Bild 5 — Zahnlücken und Messgrößen der Nabe**

**Tabelle 3 — Zahnlücken und Messgrößen der Nabe**

Nenn- durch- messer mm	Zähne- zahl Z	Lücken- winkel $\gamma_i$ °	Teilkreis- durch- messer D mm	Zahn- lücke max. actual $E_{\max}$ mm	Zahn- lücke min. actual $E_{\min}$ mm	Zahn- lücke min. effective $E_v$ mm	Maß zwischen 2 Messkreisen $M_{Ri \max}$ mm	Maß zwischen 2 Messkreisen $M_{Ri \min}$ mm	Messkreis- durch- messer $D_{Ri}$ mm
7 × 8	28	47,143	7,5	0,4526	0,4327	0,4207	6,9303	6,8859	0,455
8 × 10	28	47,143	9	0,5377	0,5169	0,5050	8,0452	7,9988	0,620
10 × 12	30	48,000	11	0,6098	0,5888	0,5760	9,8446	9,7986	0,725
12 × 14	31	48,387	13	0,6949	0,6722	0,6587	11,9310	11,8786	0,750
15 × 17	32	48,750	16	0,8239	0,7995	0,7854	14,7328	14,6802	0,895
17 × 20	33	49,091	18,5	0,9219	0,8960	0,8806	17,0672	17,0119	1,000
21 × 24	34	49,412	22	1,0604	1,0329	1,0164	20,0376	19,9761	1,250
26 × 30	35	49,714	28	1,3060	1,2751	1,2566	25,6918	25,6266	1,500
30 × 34	36	50,000	32	1,4483	1,4158	1,3963	30,0228	29,9546	1,500
36 × 40	37	50,270	38	1,6707	1,6347	1,6132	35,6193	35,5443	1,750
40 × 44	38	50,526	42	1,7964	1,7587	1,7361	39,0808	39,0026	2,000
45 × 50	39	50,769	47,5	1,9791	1,9381	1,9131	44,0923	44,0077	2,250
50 × 55	40	51,000	52,5	2,1328	2,0886	2,0617	48,6199	48,5291	2,500
55 × 60	42	51,429	57,5	2,2245	2,1783	2,1505	52,9869	52,8928	2,750

## 6.7 Zahndicken und Messgrößen der Wellen

### 6.7.1 Zahndicken und Messgrößen der Wellen geradflankig

In Bild 6 sind Zahndicken und Messgrößen für geradflankige Wellen definiert. Die entsprechenden Werte für feine Zahndickentoleranz sind in Tabelle 4, für grobe Zahndickentoleranz in Tabelle 5 enthalten.

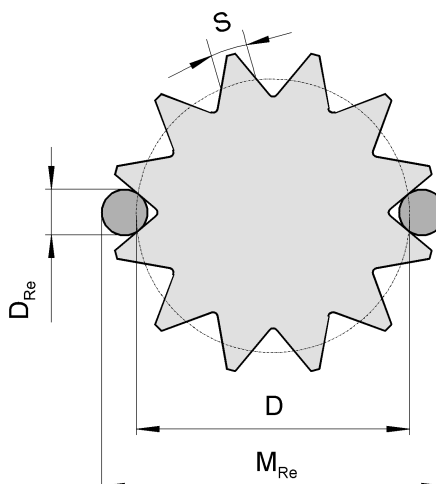


Bild 6 — Zahndicken und Messgrößen der Welle geradflankig

Tabelle 4 — Zahndicken und Messgrößen der geradflankigen Wellen „fein“

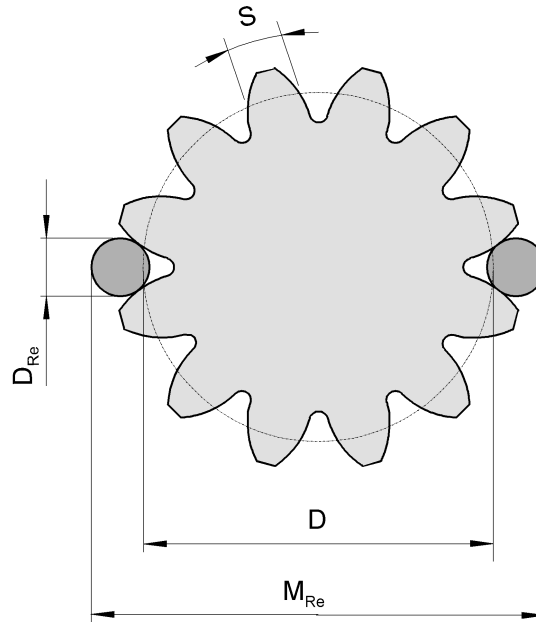
Nenn- durch- messer mm	Zahn- zahl Z	Lücken- winkel $\gamma_e$ °	Teilkreis- durch- messer D mm	Zahndicke max. effective $S_v$ mm	Zahndicke max actual $S_{max}$ mm	Zahndicke min actual $S_{min}$ mm	Maß über 2 Messkreise $M_{Re\ max}$ mm	Maß über 2 Messkreise $M_{Re\ min}$ mm	Messkreis- durch- messer $D_{Re}$ mm
7 × 8	28	60	7,5	0,4207	0,4088	0,3890	8,1035	8,0681	0,455
8 × 10	28	60	9	0,5050	0,4927	0,4721	9,9500	9,9132	0,620
10 × 12	30	60	11	0,5760	0,5632	0,5419	12,1400	12,1020	0,725
12 × 14	31	60	13	0,6587	0,6453	0,6230	14,0519	14,0122	0,750
15 × 17	32	60	16	0,7854	0,7710	0,7469	17,2803	17,2374	0,895
17 × 20	33	60	18,5	0,8806	0,8651	0,8394	19,0954	19,8597	1,000
21 × 24	34	60	22	1,0164	1,0004	0,9725	23,9383	23,8887	1,250
26 × 30	35	60	28	1,2566	1,2382	1,2074	30,2343	30,1796	1,500
30 × 34	36	60	32	1,3963	1,3768	1,3442	34,0174	33,9595	1,500
36 × 40	37	60	38	1,6132	1,5917	1,5559	40,3494	40,2859	1,750
40 × 44	38	60	42	1,7361	1,7136	1,6759	44,9179	44,8511	2,000
45 × 50	39	60	47,5	1,9131	1,8885	1,8475	50,8156	50,7430	2,250
50 × 55	40	60	52,5	2,0617	2,0351	1,9908	56,3425	56,2640	2,500
55 × 60	42	60	57,5	2,1505	2,1228	2,0766	61,9369	61,8552	2,750

Tabelle 5 — Zahndicken und Messgrößen der geradflankigen Wellen „grob“

Nenn- durch- messer mm	Zähne- zahl Z	Lücken- winkel $\gamma_e$ °	Teilkreis- durch- messer D mm	Zahndicke max. effective $S_v$ mm	Zahndicke max. actual $S_{max}$ mm	Zahndicke min. actual $S_{min}$ mm	Maß über 2 Messkreise $M_{Re\ max}$ mm	Maß über 2 Messkreise $M_{Re\ min}$ mm	Messkreis- durch- messer $D_{Re}$ mm
7 × 8	28	60	7,5	0,4207	0,3969	0,3573	8,0822	8,0113	0,455
8 × 10	28	60	9	0,5050	0,4804	0,4394	9,9280	9,8546	0,620
10 × 12	30	60	11	0,5760	0,5500	0,5067	12,1165	12,0392	0,725
12 × 14	31	60	13	0,6587	0,6319	0,5872	14,0280	13,9484	0,750
15 × 17	32	60	16	0,7854	0,7564	0,7084	17,2543	17,1688	0,895
17 × 20	33	60	18,5	0,8806	0,8497	0,7982	19,8780	19,7864	1,000
21 × 24	34	60	22	1,0164	0,9834	0,9285	23,9081	23,8104	1,250
26 × 30	35	60	28	1,2566	1,2196	1,1581	30,2013	30,0921	1,500
30 × 34	36	60	32	1,3963	1,3573	1,2922	33,9828	33,8671	1,500
36 × 40	37	60	38	1,6132	1,5702	1,4985	40,3112	40,1841	1,750
40 × 44	38	60	42	1,7361	1,6910	1,6158	44,8779	44,7445	2,000
45 × 50	39	60	47,5	1,9131	1,8640	1,7821	50,7723	50,6272	2,250
50 × 55	40	60	52,5	2,0617	2,0085	1,9198	56,2954	56,1382	2,500
55 × 60	42	60	57,5	2,1505	2,0950	2,0025	61,8877	61,7240	2,750

### 6.7.2 Zahndicken und Messgrößen der Welle evolventisch

Die Zahnflanken von Wellen dürfen wahlweise auch evolventisch ausgeführt werden (siehe Bild 7). Die entsprechenden Werte sind in Tabelle 6 und 7 enthalten.



**Bild 7 — Zahndicken und Messgrößen der Welle evolventisch**

**Tabelle 6 — Zahndicken und Messgrößen der evolventischen Wellen „fein“**

Nenn- durch- messer mm	Zähne- zahl Z	Modul m mm	Eingriffs- winkel $\alpha$ °	Teil- kreis- durch- messer D mm	Zahndicke max. effective $S_v$ mm	Zahndicke max. actual $S_{max}$ mm	Zahndicke min. actual $S_{min}$ mm	Maß über 2 Messkreise $M_{Re\ max}$ mm	Maß über 2 Messkreise $M_{Re\ min}$ mm	Messkreis- durch- messer $D_{Re}$ mm
7 × 8	28	0,26786	26,786	7,5	0,4207	0,4088	0,3890	8,1022	8,0653	0,455
8 × 10	28	0,32143	26,786	9	0,5050	0,4927	0,4721	9,9496	9,9132	0,620
10 × 12	30	0,36667	27,000	11	0,5760	0,5632	0,5413	12,1389	12,1007	0,725
12 × 14	31	0,41935	27,097	13	0,6587	0,6453	0,6230	14,0515	14,0113	0,750
15 × 17	32	0,50000	27,188	16	0,7854	0,7710	0,7469	17,2801	17,2367	0,895
17 × 20	33	0,56061	27,273	18,5	0,8806	0,8651	0,8394	19,9052	19,8590	1,000
21 × 24	34	0,64706	27,353	22	1,0164	1,0004	0,9725	23,9373	23,8884	1,250
26 × 30	35	0,80000	27,428	28	1,2566	1,2382	1,2074	30,2341	30,1797	1,500
30 × 34	36	0,88889	27,500	32	1,3963	1,3768	1,3442	34,0142	33,9548	1,500
36 × 40	37	1,02703	27,567	38	1,6132	1,5917	1,5559	40,3467	40,2817	1,750
40 × 44	38	1,10526	27,631	42	1,7361	1,7139	1,6759	44,9183	44,8506	2,000
45 × 50	39	1,21795	27,692	47,5	1,9131	1,8885	1,8475	50,8157	50,7430	2,250
50 × 55	40	1,31250	27,750	52,5	2,0617	2,0351	1,9908	56,3415	56,2637	2,500
55 × 60	42	1,36905	27,857	57,5	2,1505	2,1228	2,0766	61,9312	61,8513	2,750

**Tabelle 7 — Zahndicken und Messgrößen der evolventischen Wellen „grob“**

Nenn- durch- messer	Zähne- zahl Z	Modul m	Eingriffs- winkel $\alpha^\circ$	Teil- kreis- durch- messer D	Zahndicke max. effective $S_v$	Zahndicke max. actual $S_{\max}$	Zahndicke min. actual $S_{\min}$	Maß über 2 Messkreise $M_{Re \max}$	Maß über 2 Messkreise $M_{Re \min}$	Messkreis- durch- messer $D_{Re}$
mm	—	mm	°	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
7 × 8	28	0,26786	26,786	7,5	0,4207	0,3969	0,3573	8,0801	8,0049	0,455
8 × 10	28	0,32143	26,786	9	0,5050	0,4804	0,4364	9,9279	9,8492	0,620
10 × 12	30	0,36667	27,000	11	0,5760	0,5500	0,5067	12,1159	12,0394	0,725
12 × 14	31	0,41935	27,097	13	0,6587	0,6319	0,5872	14,0274	13,9458	0,750
15 × 17	32	0,50000	27,188	16	0,7854	0,7564	0,7084	17,2538	17,1665	0,895
17 × 20	33	0,56061	27,273	18,5	0,8806	0,8497	0,7982	19,8775	19,7840	1,000
21 × 24	34	0,64706	27,353	22	1,0164	0,9832	0,9285	23,9072	23,8106	1,250
26 × 30	35	0,80000	27,428	28	1,2565	1,2196	1,1581	30,2012	30,0922	1,500
30 × 34	36	0,88889	27,500	32	1,3963	1,3573	1,2922	33,9787	33,8592	1,500
36 × 40	37	1,02703	27,567	38	1,6132	1,5702	1,4985	40,3077	40,1769	1,750
40 × 44	38	1,10526	27,631	42	1,7361	1,6910	1,6158	44,8775	44,7428	2,000
45 × 50	39	1,21795	27,692	47,5	1,9131	1,8640	1,7821	50,7723	50,6263	2,250
50 × 55	40	1,31250	27,750	52,5	2,0617	2,0085	1,9198	56,2948	56,1384	2,500
55 × 60	42	1,36905	27,853	57,5	2,1505	2,0950	2,0025	61,8832	61,7224	2,750

## 7 Richtwerte für Einzelabweichungen

### 7.1 Allgemeines

Richtwerte für Einzelabweichungen können direkt im Datenfeld mit angegeben werden. Es sollte jedoch dann ein Hinweis gegeben werden, dass die Gutlehre Priorität besitzt. Dies bedeutet, dass Werkstücke nicht aufgrund von Einzelabweichungen zurückgewiesen werden dürfen. Ist es in besonderen Fällen notwendig, zulässige Einzelabweichungen als Toleranz vorzugeben, so ist dies durch den Hinweis „max.“ besonders zu kennzeichnen.

Die Lückenwinkeltoleranz wurde durch die Profilgesamtabweichung  $F_\alpha$  ersetzt.

### 7.2 Richtwerte für Einzelabweichungen der Naben

Richtwerte für Einzelabweichungen der Naben sind in Tabelle 8 angegeben.

**Tabelle 8 — Richtwerte für Einzelabweichung der Naben**

Nenn- durchmesser mm	$F_\alpha$ $\mu\text{m}$	$F_p$ $\mu\text{m}$	$F_B$ für verzahnte Breiten		
			bis 10 $\mu\text{m}$	über 10 bis 20 $\mu\text{m}$	über 20 bis 50 $\mu\text{m}$
7 × 8	11	20	8	9	11
8 × 10	11	20	8	9	11
10 × 12	12	22	10	11	13
12 × 14	12	22	10	11	13
15 × 17	13	25	10	11	13
17 × 20	13	25	10	11	13
21 × 24	15	28	10	11	13
26 × 30	17	32	12	13	16
30 × 34	19	36	12	13	16
36 × 40	21	40	12	13	16
40 × 44	21	40	12	13	16
45 × 50	23	45	12	13	16
50 × 55	23	45	12	13	16
55 × 60	25	50	14	16	20

### 7.3 Richtwerte für Einzelabweichungen der Wellen

Richtwerte für Einzelabweichungen der Wellen sind in den Tabellen 9 und 10 angegeben.

**Tabelle 9 — Richtwerte für Einzelabweichungen der Welle „fein“**

Nenndurch- messer mm	$F_\alpha$ $\mu\text{m}$	$F_p$ $\mu\text{m}$	$F_\beta$ für verzahnte Breiten		
			bis 10 $\mu\text{m}$	über 10 bis 20 $\mu\text{m}$	über 20 bis 50 $\mu\text{m}$
7 × 8	11	20	8	9	11
8 × 10	11	20	8	9	11
10 × 12	12	22	10	11	13
12 × 14	12	22	10	11	13
15 × 17	13	25	10	11	13
17 × 20	13	25	10	11	13
21 × 24	15	28	10	11	13
26 × 30	17	32	12	13	16
30 × 34	19	36	12	13	16
36 × 40	21	40	12	13	16
40 × 44	21	40	12	13	16
45 × 50	23	45	12	13	16
50 × 55	23	45	12	13	16
55 × 60	25	50	14	16	20

**Tabelle 10 — Richtwerte für Einzelabweichungen der Welle „grob“**

Nenndurch- messer mm	$F_\alpha$ $\mu\text{m}$	$F_p$ $\mu\text{m}$	$F_\beta$ für verzahnte Breiten		
			bis 10 $\mu\text{m}$	über 10 bis 20 $\mu\text{m}$	über 20 bis 50 $\mu\text{m}$
7 × 8	21	40	12	13	16
8 × 10	23	45	12	13	16
10 × 12	23	45	12	13	16
12 × 14	25	50	14	16	20
15 × 17	25	50	14	16	20
17 × 20	28	56	14	16	20
21 × 24	28	56	14	16	20
26 × 30	31	63	14	16	20
30 × 34	34	71	17	21	25
36 × 40	37	80	17	21	25
40 × 44	37	80	17	21	25
45 × 50	41	90	17	21	25
50 × 55	41	90	17	21	25
55 × 60	41	90	17	21	25

### 7.4 Anhaltswerte für die Rundlaufabweichung

Die Rundlaufabweichung ist größtenteils eine Lageabweichung und wird in Bezug zu anderen Geometrie-  
elementen angegeben. Richtwerte hierfür sind nicht möglich. Als Anhaltswerte sind Rundlaufabweichungen  
am Teilkreis zu einer Bezugsachse in Tabelle 11 angegeben.

**Tabelle 11 — Anhaltswerte für die Rundlaufabweichung**

Teilkreisdurchmesser D in mm	Rundlaufabweichung $F_r \mu\text{m}$
< 18	20
18 bis < 30	30
30 bis < 50	40
50 bis 60	50

## 8 Bezeichnungen

Passverzahnungen nach dieser Norm werden bezeichnet mit der Norm-Nummer DIN 5481, dem gerundeten Nennmaß des Außendurchmessers der Welle und dem gerundeten Innendurchmesser der Nabe. Wird ein „g“ angehängt, bedeutet das, dass die Zahndickentoleranz der Welle vergrößert ist (grob). Da der Normalfall „f“ wie „fein“ ist, kann in der Bezeichnung darauf verzichtet werden.

BEISPIEL Passverzahnung DIN 5481 — 12 × 14g  
DIN 5481 — 12 × 14

## 9 Zeichnungsangaben

Die Geometrieangaben für Verzahnungen sind in der Regel zu umfangreich, um sie direkt in der Zeichnung mit zu bemaßen. Es wird daher empfohlen, diese in Form eines Datenfeldes (siehe Tabelle 12) darzustellen.

BEISPIEL DIN 5481 — 12 × 14

**Tabelle 12 — Datenfeld für Beispiel DIN 5481 — 12 × 14**

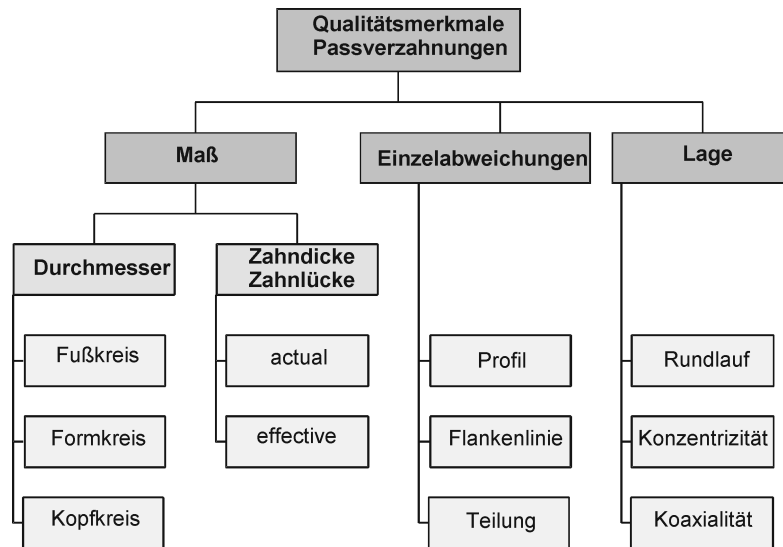
Nabe DIN 5481 — 12 × 14			Welle DIN 5481 — 12 × 14		
Zähnezahl	Z	31	Zähnezahl	Z	31
Modul	m	(0,4193)	Modul	m	(0,4193)
Lückenwinkel innen	$\gamma_i$	48,387°	Lückenwinkel außen	$\gamma_e$	60°
Teilkreisdurchmesser	D	13	Teilkreisdurchmesser	D	13
Fußradius max.	$R_{i \max}$	0,10	Kopfkreisdurchmesser	$D_{ee}$	14,2 a11
Fuß-Formkreisdurchmesser	$D_{Fi}$	14,07 min.	Fuß-Formkreisdurchmesser	$D_{Fe}$	12,12 max.
Kopfkreisdurchmesser	$D_{ii}$	12,0 A11	Fußradius max.	$R_{e \max}$	0,10
Zahnlücke max. actual	$E_{\max}$	0,6949	Zahndicke max. effective	$S_v$	0,6587
Zahnlücke min. actual Ref.	$E_{\min}$	0,6722	Zahndicke max. actual Ref.	$S_{\max}$	0,6453
Zahnlücke min. effective	$E_v$	0,6587	Zahndicke min. actual	$S_{\min}$	0,6230
Messkreisdurchmesser <sup>a</sup>	$D_{Ri}$	0,750	Messkreisdurchmesser	$D_{Re}$	0,750
Maß zwischen Messkreisen max.	$M_{Ri \max}$	11,9310	Maß über Messkreise max. Ref.	$M_{Re \max}$	14,059
Maß zwischen Messkreisen min. Ref.	$M_{Ri \min}$	11,8786	Maß über Messkreise min.	$M_{Re \min}$	14,0122
Profilgesamtabweichung	$F_\alpha$	0,012	Profilgesamtabweichung	$F_\alpha$	0,012
Flankenliniengesamtabweichung	$F_\beta$	0,013	Flankenliniengesamtabweichung	$F_\beta$	0,013
Teilungsgesamtabweichung	$F_p$	0,022	Teilungsgesamtabweichung	$F_p$	0,022
Rundlaufabweichung	$F_r$	0,020	Rundlaufabweichung	$F_r$	0,020

<sup>a</sup> Es ist auch möglich, statt dem Messkreisdurchmesser direkt einen Messkugel- oder Messrollendurchmesser anzugeben, wenn dies vorgeschrieben werden soll. Das Maß über oder zwischen Messkreisen wird dann als Maß über oder zwischen Kugeln oder Rollen ausgewiesen.

Auch die in DIN 3960 für Laufverzahnungen festgelegten Bezeichnungen sind zulässig.

## 10 Qualitätsmerkmale

Die Sicherung der Qualität von Passverzahnungen untergliedert sich in drei Hauptbereiche: Maß, Einzelabweichung und Lage (siehe Bild 8). Diese Bereiche beinhalten jeweils mehrere Einzelmerkmale.



**Bild 8 — Qualitätsmerkmale**

Im Bereich der Fertigung besitzen die Werte der gemessenen Abweichungen zunehmend eine größere Bedeutung als die Sicherstellung der Einhaltung der Toleranzgrenzen. Diese Norm soll sich aber auf die attributive Prüfmethode beschränken. Vollverzahnte Gutlehren und sektorverzahnte Ausschusslehren gewährleisten die Einhaltung der Toleranzgrenzen der Durchmesser und der Zahndicken/Zahnücken actual und effective.

Bei entsprechender Notwendigkeit können die Messung von Einzelabweichungen und die anzeigenden Messmethoden ergänzt werden. Bereits nachzulesen sind diese für Evolventen in DIN 5480.

## 11 Lehrgung/Allgemeines

### 11.1 Lehrenformen und Lehrenmaße

#### 11.1.1 Vollverzahnte Gutlehre

Vollverzahnte Gutlehren prüfen die Einhaltung der Toleranzgrenze der Zahnücke minimum effective und der Zahndicke maximum effective über die Länge der Gutlehre und die Einhaltung des zulässigen Formkreisdurchmessers.

Die verzahnte Breite sollte mindestens 50 % der Passungslänge der Passverzahnungsverbindung betragen. Bei großen Passungslängen kann es auch notwendig sein, die Verzahnung der Gutlehre bis zu 100 % der Passungslänge anzuheben. Bei Gutlehrringen wird die Länge aber oft durch die Herstellbarkeit begrenzt.

#### 11.1.2 Sektorverzahnte Ausschusslehre

##### 11.1.2.1 Allgemeines

Ausschusslehren sind immer sektorverzahnt und prüfen die Toleranzgrenze actual. Diese ist bei Naben die Zahnücke max. actual und bei Wellen die Zahndicke min. actual. Ausschusslehren erhalten zwei gegenüberliegende Gruppen von Zähnen. Die außen liegenden Zahnflanken jedes Sektors werden genügend



freigestellt, da sie nicht genau messbar sind. Die Zähnezahl der Ausschusslehren richtet sich nach der Zähnezahl des Prüflings. Folgende Zähnezahlen für Ausschusslehren werden nach Tabelle 13 empfohlen:

**Tabelle 13 — Zähnezahlen Ausschusslehren**

Zähnezahl Prüfling	Zähnezahl Ausschusslehre
bis 31	2 + 2
bis 45	3 + 3

Die Verzahnung von Ausschusslehren kann prinzipiell beliebig kurz sein. Um das Verkanten der Ausschusslehre in der Verzahnung des Prüflings zu verhindern, sollten jedoch gewisse Mindestlängen eingehalten werden.

Da die Ausschusslehren zur Prüfung der Toleranzgrenze actual die ganze Zahnflanke mehrerer Zähne benutzen, ist das allerdings keine Punktberührung mehr. Da Ausschusslehren mit dem Prüfling nicht ffügbar sein dürfen, wird die Verzahnung des Prüflings nur stirnseitig überprüft und nicht über die gesamte Verzahnungslänge. Aus diesem Grund wird der anzeigenden Messung des Maßes actual eine höhere Priorität eingeräumt. Das mit einer Ausschusslehre gewonnene Prüfergebnis kann durch eine anzeigende Messung verworfen werden.

Die Prüfung eines Prüflings mit einer Ausschusslehre sollte in mindestens drei möglichst gleichmäßig verteilten Winkelpositionen erfolgen. In keiner dieser Winkelpositionen darf die Ausschusslehre ffügbar sein.

#### 11.1.2.2 Lehrdorne

Lehrdorne besitzen einen Griff, der an die Größe des Teilkreisdurchmessers und an das Gewicht der Lehre angepasst sein muss. Kleine Lehrdorne können als Grenzlehrdorne mit Gut- und Ausschussseite auf einem Griff ausgebildet sein. Alle Lehrdorne besitzen einen Vorzentrierdurchmesser, der das Einführen der Lehre in die Verzahnung des Prüflings erleichtert. Lehrdorne müssen für die Prüfung der Einzelabweichungen auf Messmaschinen ausrichtbar sein. Dies ist möglich durch Zentrierbohrungen, einem außen liegenden Ausrichtbund, oder einer Bohrung als Bezugsbasis. Lehrdorne mit großem Teilkreisdurchmesser sind durch Eindrehungen und Entlastungsbohrungen so leicht als möglich auszuführen.

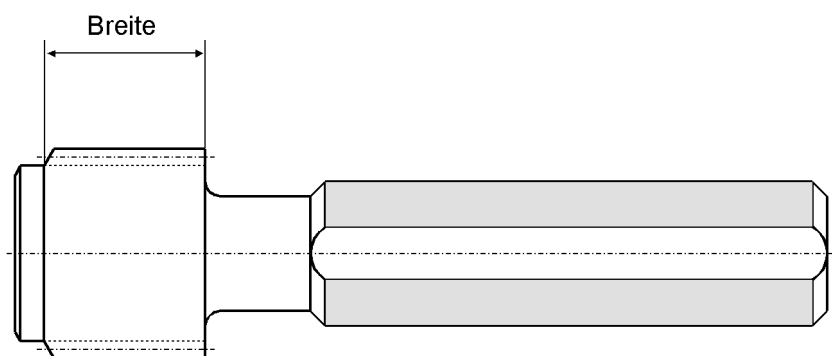
Die verzahnte Breite von Gutlehren sollte mindestens 50 % der Passungslänge der Passverzahnungsverbindung betragen.

In vielen Fällen ist die Passungslänge der Passverzahnungsverbindung bei der Konstruktion der Lehren nicht bekannt. Es wird dann empfohlen, sich an die Werte in Tabelle 14 anzulehnen.

Die Verzahnung von Ausschusslehren kann prinzipiell beliebig kurz sein. Um das Verkanten der Ausschusslehre in der Verzahnung des Prüflinges zu verhindern, sollten jedoch gewisse Mindestlängen eingehalten werden. Empfehlungen für die verzahnte Breite von Ausschusslehren sind in Tabelle 14 für Lehrdorne Größe 1-6 angegeben (siehe Bild 9).

**Tabelle 14 — Lehrdornbreiten**

Größe	Teilkreis- durchmesser D mm	Breite GD —	Breite HD —
1	7 bis 12	8	6
2	12 bis 17	12	8
3	17 bis 22	15	10
4	22 bis 30	20	10
5	30 bis 39	25	15
6	ab 40	30	18



**Bild 9 — Lehrdorn Größe 1-6**

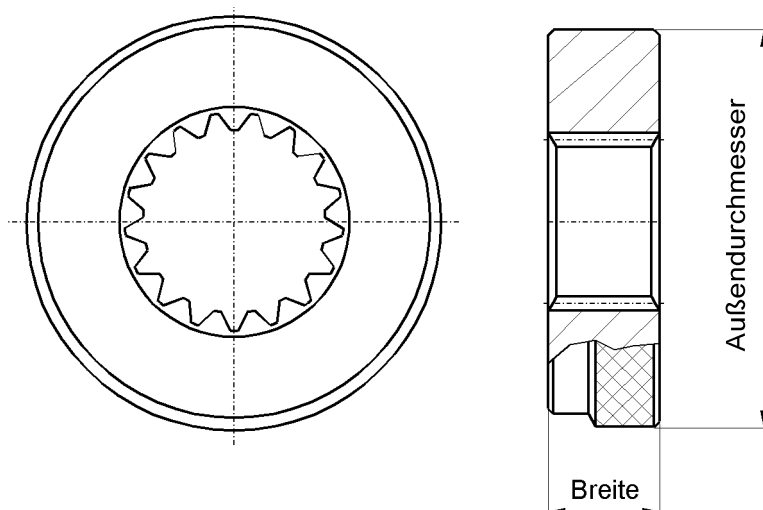
### 11.1.2.3 Lehrringe

Gut- und Ausschusslehrringe erhalten auf ihrem Außendurchmesser eine griffige Kontur, die das Halten in der Hand erleichtert. Dies kann ein Rändel sein. Lehrringe müssen für die Prüfung der Einzelabweichungen auf Messmaschinen einen Ausrichtbund als Bezugsbasis besitzen. Die Verzahnung von Lehrringen ist stirnseitig mit einer Fase für das leichte Fügen auf den Prüfling auszuführen (siehe Bild 10).

Die verzahnte Breite von Gutlehren sollte mindestens 50 % der Passungslänge einer Passverzahnungsverbindung betragen.

In vielen Fällen ist die Passungslänge der Passverzahnungsverbindung bei der Konstruktion der Lehren nicht bekannt. Es wird dann empfohlen, Werte aus der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Die Verzahnung von Ausschusslehren kann prinzipiell beliebig kurz sein. Um das Verkanten der Ausschusslehre in der Verzahnung des Prüflings zu verhindern, sollten jedoch gewisse Mindestlängen eingehalten werden. Empfehlungen für die verzahnte Breite von Ausschusslehren sind in Tabelle 15 angegeben.



**Bild 10 — Lehrring**

**Tabelle 15 — Außenmaße Lehrringe**

Größe	Teilkreisdurchmesser D mm	Außendurchmesser mm	Breite GR —	Breite HR —
1	bis 17	53	12	8
2	über 17 bis 30	70	16	11
3	über 30 bis 50	100	20	15
4	über 50	125	25	15

Für die Prüfung des Innendurchmessers der Nabe und des Außendurchmessers der Welle können genormte Lehren für Rundpassungen eingesetzt werden.

## 11.2 Werkstoffe, Oberflächen, Bezugstemperatur, Prüfkraft

Verzahnungslehren sind aus verzugsarmen Werkstoffen herzustellen und entsprechend zu härten. Die Härte sollte mindestens 4 HRC höher sein als die der Prüflinge, jedoch mindestens HRC 60. Da die Gefügeumwandlung beim Härteprozess nicht vollständig abgeschlossen wird, ist eine künstliche Alterung der Lehren durchzuführen. Dadurch wird ein nachträgliches Materialwachstum größtenteils vermieden. Der Kopfkreisdurchmesser der Gutlehren und die Zahnflanken aller Lehren sind mit einer maximalen Oberflächenrauigkeit von  $R_z = 1,5$  herzustellen.

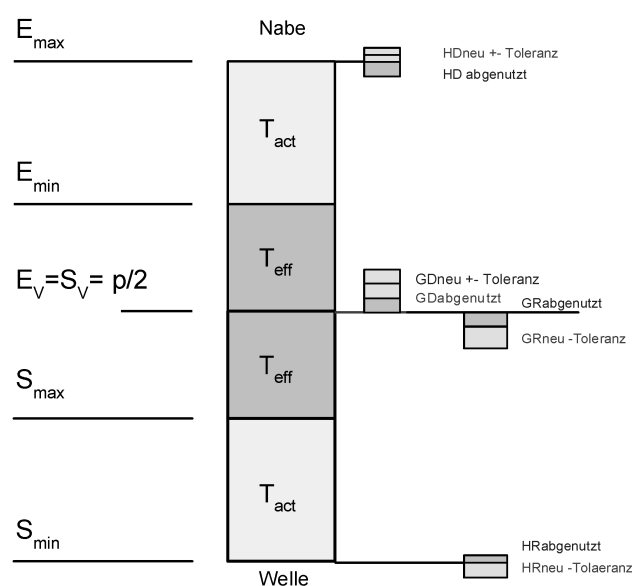
Die Bezugstemperatur für die Messung von Länge und Gestalt beträgt 20 °C. Alle Messungen sind bei dieser Temperatur durchzuführen. Es ist auch möglich, bei abweichenden Temperaturen zu messen und die Messwerte zur Bezugstemperatur umzurechnen. Die Priorität liegt jedoch bei der Messung mit Bezugstemperatur.

Im Gegensatz zur Prüfung mit anderen Lehren ist bei Verzahnungslehren eine Prüfkraft zulässig und notwendig. Das Eigengewicht der Lehren allein ist oft nicht ausreichend. Diese Prüfkraft sollte aber 150 N nicht überschreiten.

## 11.3 Berechnung der Lehrmaße

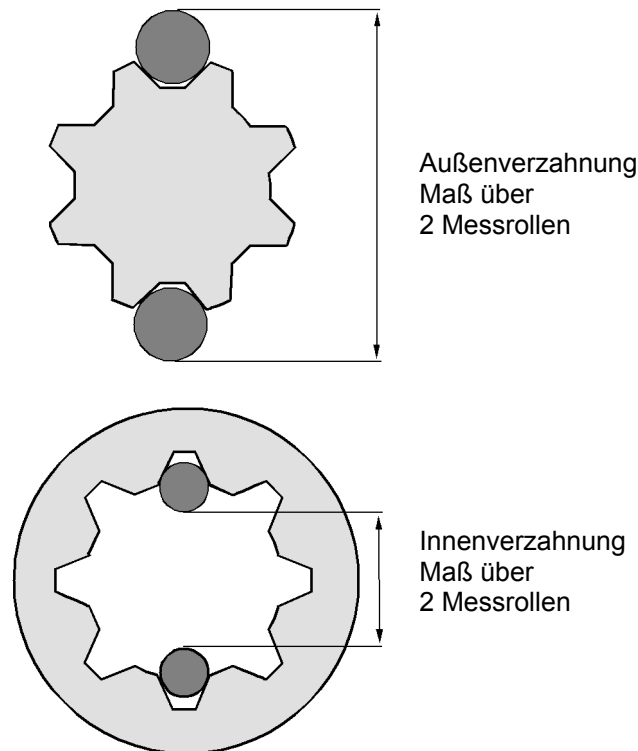
### 11.3.1 Toleranzschaubild

Bild 11 veranschaulicht die Lage der Toleranzen.

**Bild 11 — Toleranzschaubild**

### 11.3.2 Bestimmung der Prüfmaße über/zwischen Rollen

Die Zahndicke von Lehrdornen ist mit dem errechneten Prüfmaß über zwei Messrollen, die Zahnücke von Lehringen mit dem errechneten Prüfmaß zwischen zwei Messrollen prüfbar (siehe Bild 12). Der Durchmesser der Messrollen ist den entsprechenden Tabellen für die Prüfung der Werkstücke zu entnehmen. Statt Messrollen können auch Messkugeln eingesetzt werden, wenn sichergestellt ist, dass die Kugeln keinerlei Abnutzung (Flächen) aufweisen.



**Bild 12 — Maße über und zwischen Messrollen**

### 11.3.3 Einzelabweichungen und Lagetoleranz

Die Einzelabweichungen von Verzahnungslehren werden einzeln als maximale Abweichung von der Idealgeometrie angegeben. Sie werden aus der jeweiligen Toleranztafel entsprechend der Lehrenqualität entnommen.

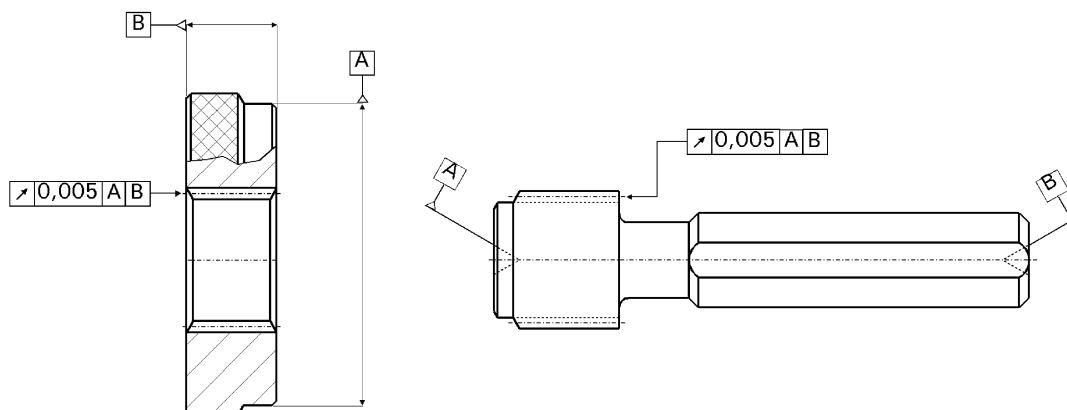
Einzelabweichungen von Verzahnungslehren sind:  $F_p F_\alpha F_\beta$

Die Einzelabweichungen werden in Bezug zu den Zentrierbohrungen oder der Bohrung bei Lehrdornen und dem Ausrichtbund und der Planfläche bei Lehringen gemessen. Kleine Lageabweichungen der Verzahnung zu dieser Bezugsbasis verschlechtern die Messergebnisse der Einzelabweichungen. Moderne Verzahnungsprüfmaschinen besitzen die Möglichkeit, entweder die Verzahnung selbst als Bezugsbasis zu wählen, oder die Lageabweichung auszufiltern. Dies ist zulässig, wenn der Prüfbericht einen entsprechenden Vermerk trägt.

Die Position der Verzahnung einer Lehre zu ihrer Bezugsbasis wird als Rundlauftoleranz  $F_r$  angegeben (siehe Bild 13).

Die maximal zulässige Rundlaufabweichung der Verzahnung zu den Zentrierbohrungen, der Bohrung oder dem Ausrichtbund ist in Tabelle 16 und 17 angegeben. Die Toleranz der Lageabweichung begrenzt die Verfälschung der Messergebnisse von Einzelabweichungen durch Lagefehler. Wenn die eingesetzte Verzahnungsprüfmaschine diese Verfälschung durch Ausrichtsoftware oder Ausfilterung der Exzentrizität

vermeidet, ist es zulässig, die Toleranz der Rundlaufabweichung zu überschreiten. In diesem Fall muss der Prüfbericht einen entsprechenden Vermerk enthalten.



**Bild 13 — Rundlaufabweichung Lehren**

Um eine einwandfreie Lehrenüberwachung zu ermöglichen, wurde auch für die Ausschusslehre eine Abnutzungsgrenze eingeführt. In dieser Norm gilt, dass die abgenutzte Gutlehre das theoretische Profil (halbe Teilung) erreichen darf.

Die Werte der Einzelabweichungen im Neuzustand sind Tabelle 16 und 17 zu entnehmen. Im Gebrauchszustand dürfen die Einzelabweichungen auf den 1,5fachen Wert des Neuzustandes ansteigen.

**Tabelle 16 — Einzelabweichungen Lehrdorne**

Teilkreis- durchmesser D mm	Einzelabweichungen Lehrdorne $\mu\text{m}$							
	Neuzustand				Abnutzungsgrenze			
	$F_r$	$F_p$	$F_\beta$	$F_\alpha$	$F_r$	$F_p$	$F_\beta$	$F_\alpha$
bis 11	4	4	3	4	5,5	6	4	6
bis 18,5	4,5	4,5	3	4	6	6,5	4	6
bis 38	5	5	3,5	4,5	7	7	4,5	6,5
bis 57,5	5,5	6	3,5	5	8	9	4,5	7

**Tabelle 17 — Einzelabweichungen Lehrringe „fein“ und „grob“**

Teilkreis- durchmesser D mm	Einzelabweichungen Lehrringe $\mu\text{m}$							
	Neuzustand				Abnutzungsgrenze			
	$F_r$	$F_p$	$F_\beta$	$F_\alpha$	$F_r$	$F_p$	$F_\beta$	$F_\alpha$
bis 11	4	4	3	4	5,5	6	4	6
bis 18,5	4,5	4,5	3	4	6	6,5	4	6
bis 38	5	5	3,5	4,5	7	7	4,5	6,5
bis 57,5	5,5	6	3,5	5	8	9	4,5	7

## 11.4 Lehren für Naben

### 11.4.1 Gutlehrdorne

Durchmesser der Gutlehrdorne gibt Tabelle 18 an.

**Tabelle 18 — Durchmesser der Gutlehrdorne**

Nenn- durch- messer mm	Zähnezahl Z —	Lücken- winkel $\gamma_e$ °	Teilkreis- durchmesser D mm	Kopfkreis- durch- messer mm	Grenzabmaß Kopfkreis $\mu\text{m}$	Fuß- formkreis- durch- messer mm	Fußradius max. mm
7 × 8	28	60	7,5	7,82	± 5	7,13	0,11
8 × 10	28	60	9	9,81	± 5	8,35	0,07
10 × 12	30	60	11	11,71	± 5	10,34	0,11
12 × 14	31	60	13	13,91	± 5	12,24	0,12
15 × 17	32	60	16	16,91	± 5	15,14	0,16
17 × 20	33	60	18,5	19,70	± 5	17,54	0,19
21 × 24	34	60	22	23,60	± 6	21,00	0,23
26 × 30	35	60	28	29,70	± 6	26,70	0,26
30 × 34	36	60	32	33,69	± 6	30,71	0,37
36 × 40	37	60	38	39,59	± 9	36,21	0,33
40 × 44	38	60	42	43,68	± 9	40,21	0,40
45 × 50	39	60	47,5	49,68	± 9	45,22	0,35
50 × 55	40	60	52,5	54,56	± 10	50,22	0,43
55 × 60	42	60	57,5	59,66	± 10	55,24	0,49

Zahndicken der Gutlehrdorne sind in Tabelle 19 angegeben.

**Tabelle 19 — Zahndicke der Gutlehrdorne**

Nenn- durch- messer mm	Zähne- zahl Z —	Lücken- winkel $\gamma_e$ °	Teil- kreis- durch- messer D mm	Zahn- dicke neu mm	Grenzabmaß Zahndicke $\mu\text{m}$	Zahndicke Abnutzung bis mm	Maß über Roll- en neu mm	Grenzabmaß Maß über Roll- en neu $\mu\text{m}$	Maß über Roll- en Abnutzung bis mm	Durch- messer Messrolle mm
7 × 8	28	60	7,5	0,4257	± 2,8	0,4207	8,1337	± 5	8,1247	0,455
8 × 10	28	60	9	0,5098	± 2,8	0,5050	9,9805	± 5	9,9720	0,620
10 × 12	30	60	11	0,5808	± 2,8	0,5760	12,1714	± 5	12,1629	0,725
12 × 14	31	60	13	0,6643	± 2,8	0,6587	14,0857	± 5	14,0757	0,750
15 × 17	32	60	16	0,7913	± 2,8	0,7854	17,3164	± 5	17,3061	0,895
17 × 20	33	60	18,5	0,8863	± 2,8	0,8806	19,9430	± 5	19,9329	1,000
21 × 24	34	60	22	1,0239	± 3,4	1,0164	23,9800	± 6	23,9667	1,250
26 × 30	35	60	28	1,2639	± 3,4	1,2566	30,2799	± 6	30,2669	1,500
30 × 34	36	60	32	1,4034	± 3,4	1,3963	34,0646	± 6	34,0520	1,500
36 × 40	37	60	38	1,6233	± 5,1	1,6132	40,4053	± 9	40,3874	1,750
40 × 44	38	60	42	1,7462	± 5,1	1,7361	44,9757	± 9	44,9576	2,000
45 × 50	39	60	47,5	1,9232	± 5,1	1,9131	50,8770	± 9	50,8592	2,250
50 × 55	40	60	52,5	2,0734	± 5,7	2,0617	56,4103	± 10	56,3896	2,500
55 × 60	42	60	57,5	2,1622	± 5,7	2,1505	62,0066	± 10	61,9859	2,750

### 11.4.2 Ausschusslehrdorne

Durchmesser der Ausschusslehrdorne gibt Tabelle 20 an.

**Tabelle 20 — Durchmesser der Ausschusslehrdorne**

Nenn- durch- messer mm	Zähnezahl Z —	Lücken- winkel $\gamma_e$ °	Kopfkreis- durch- messer mm	Grenzabmaß Kopfkreisdurch- messer $\mu\text{m}$	Teilkreis- durch- messer D mm	Fuß- formkreis- durch- messer mm	Fußradius max. mm
7 × 8	(28)2+2	60	7,8	± 10	7,5	7,13	0,10
8 × 10	(28)2+2	60	9,5	± 10	9	8,35	0,05
10 × 12	(30)2+2	60	11,5	± 10	11	10,34	0,09
12 × 14	(31)2+2	60	13,6	± 10	13	12,24	0,10
15 × 17	(32)3+3	60	16,6	± 10	16	15,14	0,14
17 × 20	(33)3+3	60	19,2	± 10	18,5	17,54	0,22
21 × 24	(34)3+3	60	23,0	± 12	22	21,00	0,25
26 × 30	(35)3+3	60	29,0	± 12	28	26,70	0,29
30 × 34	(36)3+3	60	32,9	± 12	32	30,71	0,35
36 × 40	(37)3+3	60	38,8	± 18	38	36,21	0,30
40 × 44	(38)3+3	60	42,8	± 18	42	40,21	0,37
45 × 50	(39)3+3	60	48,7	± 18	47,5	45,22	0,31
50 × 55	(40)3+3	60	53,6	± 20	52,5	50,22	0,39
55 × 60	(42)3+3	60	58,6	± 20	57,5	55,24	0,45

Zahndicken der Ausschusslehrdorne sind in Tabelle 21 angegeben.

**Tabelle 21 — Zahndicken der Ausschusslehrdorne**

Nenn- durch- messer mm	Zähne- zahl Z —	Lücken- winkel $\gamma_e$ °	Teil- kreis- durch- messer D mm	Zahn- dicke neu mm	Grenz- abmaß Zahndicke $\mu\text{m}$	Zahndicke Abnutzung bis mm	Maß über Rollen neu mm	Grenzabmaß Maß über Rollen neu $\mu\text{m}$	Maß über Rollen Abnutzung bis mm	Durch- messer Messrolle mm
7 × 8	(28)2+2	60	7,5	0,4554	± 2,8	0,4516	8,1866	± 5	8,1799	0,455
8 × 10	(28)2+2	60	9	0,5405	± 2,8	0,5358	10,0353	± 5	10,0269	0,620
10 × 12	(30)2+2	60	11	0,6126	± 2,8	0,6091	12,2280	± 5	12,2215	0,725
12 × 14	(31)2+2	60	13	0,6977	± 2,8	0,6931	14,1450	± 5	14,1368	0,750
15 × 17	(32)3+3	60	16	0,8267	± 2,8	0,8224	17,3794	± 5	17,3717	0,895
17 × 20	(33)3+3	60	18,5	0,9247	± 2,8	0,9204	20,0112	± 5	20,0035	1,000
21 × 24	(34)3+3	60	22	1,0638	± 3,4	1,0584	24,0509	± 6	24,0413	1,250
26 × 30	(35)3+3	60	28	1,3094	± 3,4	1,3028	30,3605	± 6	30,3488	1,500
30 × 34	(36)3+3	60	32	1,4517	± 3,4	1,4465	34,1502	± 6	34,1410	1,500
36 × 40	(37)3+3	60	38	1,6758	± 5,1	1,6682	40,4983	± 9	40,4848	1,750
40 × 44	(38)3+3	60	42	1,8015	± 5,1	1,7935	45,0736	± 9	45,0595	2,000
45 × 50	(39)3+3	60	47,5	1,9842	± 5,1	1,9761	50,9849	± 9	50,9706	2,250
50 × 55	(40)3+3	60	52,5	2,1385	± 5,7	2,1300	56,5255	± 10	56,5104	2,500
55 × 60	(42)3+3	60	57,5	2,2302	± 5,7	2,2192	62,1268	± 10	62,1073	2,750

## 11.5 Lehren für die Wellen

### 11.5.1 Gutlehrringe

Durchmesser der Gutlehrringe gibt Tabelle 22 an.

**Tabelle 22 — Durchmesser der Gutlehrringe**

Nenn- durch- messer mm	Zähne- zahl Z —	Lücken- winkel $\gamma_i$ °	Teilkreis- durch- messer D mm	Kopfkreis- durchmesser mm	Grenzabmaß Kopfkreisdurch- messer $\mu\text{m}$	Fuß- formkreis- durch-messer mm	Fußradius max. mm
7 × 8	28	47,143	7,5	7,18	± 5	7,85	0,14
8 × 10	28	47,143	9	8,38	± 5	9,86	0,06
10 × 12	30	48,000	11	10,39	± 5	11,76	0,12
12 × 14	31	48,387	13	12,29	± 5	13,96	0,11
15 × 17	32	48,75	16	15,19	± 5	16,96	0,18
17 × 20	33	49,091	18,5	17,59	± 5	19,75	0,16
21 × 24	34	49,412	22	21,10	± 6	23,65	0,13
26 × 30	35	49,714	28	26,80	± 6	29,80	0,22
30 × 34	36	50,000	32	30,81	± 6	33,79	0,30
36 × 40	37	50,270	38	36,31	± 9	39,69	0,44
40 × 44	38	50,526	42	40,31	± 9	43,80	0,47
45 × 50	39	50,769	47,5	45,32	± 9	49,80	0,44
50 × 55	40	51,000	52,5	50,32	± 10	54,80	0,51
55 × 60	42	51,429	57,5	55,34	± 10	59,80	0,56

Zahnlücken der Gutlehrringe sind in Tabelle 23 angegeben.

**Tabelle 23 — Zahnlücken der Gutlehrringe**

Nenn- durch- messer mm	Zähne- zahl Z —	Lücken- winkel $\gamma_i$ °	Teilkreis- durch- messer D mm	Zahn- lücke neu mm	Grenz- abmaß Zahnlücke neu $\mu\text{m}$	Zahnlücke Abnutzung bis mm	Maß zwischen Roll- en neu mm	Grenzabmaß Maß zwischen Roll- en neu $\mu\text{m}$	Maß zwischen Roll- en Abnutzung bis mm	Durch- messer Mess- rolle mm
7 × 8	28	47,143	7,5	0,4157	– 4,5	0,4207	6,8480	– 10	6,8592	0,455
8 × 10	28	47,143	9	0,5000	– 4,5	0,5050	7,9611	– 10	7,9723	0,620
10 × 12	30	48,000	11	0,5710	– 4,5	0,5760	9,7596	– 10	9,7706	0,725
12 × 14	31	48,387	13	0,6537	– 4,5	0,6587	11,8417	– 10	11,8525	0,750
15 × 17	32	48,750	16	0,7805	– 4,6	0,7854	14,6393	– 10	14,6500	0,895
17 × 20	33	49,091	18,5	0,8755	– 4,7	0,8806	16,9680	– 10	16,9787	1,000
21 × 24	34	49,412	22	1,0105	– 5,7	1,0164	19,9317	– 12	19,9449	1,250
26 × 30	35	49,714	28	1,2506	– 5,7	1,2566	25,5750	– 12	25,5876	1,500
30 × 34	36	50,000	32	1,3903	– 5,7	1,3963	29,9011	– 12	29,9137	1,500
36 × 40	37	50,270	38	1,6052	– 8,6	1,6132	35,4828	– 18	35,4994	1,750
40 × 44	38	50,526	42	1,7281	– 8,7	1,7361	38,9390	– 18	38,9557	2,000
45 × 50	39	50,769	47,5	1,9058	– 9,2	1,9131	43,9411	– 18	43,9561	2,250
50 × 55	40	51,000	52,5	2,0497	– 9,7	2,0617	48,4491	– 20	48,4738	2,500
55 × 60	42	51,429	57,5	2,1382	– 9,8	2,1505	52,8111	– 20	52,8362	2,750



### 11.5.2 Ausschusslehrringe „fein“

Durchmesser der Ausschusslehrringe gibt Tabelle 24 an.

**Tabelle 24 — Durchmesser der Ausschusslehrringe „fein“**

Nenn- durch- messer mm	Zähne- zahl Z —	Lücken- winkel $\gamma_i$ °	Teilkreis- durch- messer D mm	Kopfkreis- durch- messer mm	Grenzabmaß Kopfkreisdurch- messer $\mu\text{m}$	Fuß- form- kreis- durch- messer mm	Fußradius max. mm
7 × 8	28(2+2)	47,143	7,5	7,29	± 10	7,85	0,12
8 × 10	28(2+2)	47,143	9	8,59	± 10	9,86	0,04
10 × 12	30(2+2)	48,000	11	10,59	± 10	11,76	0,10
12 × 14	31(2+2)	48,387	13	12,53	± 10	13,96	0,10
15 × 17	32(2+2)	48,750	16	15,46	± 10	16,96	0,16
17 × 20	33(2+2)	49,091	18,5	17,89	± 10	19,75	0,14
21 × 24	34(2+2)	49,412	22	21,40	± 12	23,65	0,11
26 × 30	35(3+3)	49,714	28	27,20	± 12	29,80	0,20
30 × 34	36(3+3)	50,000	32	31,21	± 12	33,79	0,27
36 × 40	37(3+3)	50,270	38	36,87	± 18	39,69	0,41
40 × 44	38(3+3)	50,526	42	40,87	± 18	43,80	0,45
45 × 50	39(3+3)	50,769	47,5	46,04	± 18	49,80	0,41
50 × 55	40(3+3)	51,000	52,5	51,05	± 20	54,80	0,48
55 × 60	42(3+3)	51,429	57,5	56,06	± 20	59,80	0,53

Zahnlücken der Ausschusslehrringe sind in Tabelle 25 angegeben.

**Tabelle 25 — Zahnlücken der Ausschusslehrringe „fein“**

Nenn- durch- messer mm	Zähne- zahl Z —	Lücken- winkel $\gamma_i$ °	Teil- kreis- durch- messer D mm	Zahn- lücke neu mm	Grenzab- maß Zahnlücke neu $\mu\text{m}$	Zahnlücke Abnutzung bis mm	Maß zwischen Roll- en neu mm	Grenzabmaß Maß zwischen Roll- en neu $\mu\text{m}$	Maß zwischen Roll- en Abnutzung bis mm	Durch- messer Mess- rolle mm
7 × 8	28(2+2)	47,143	7,5	0,3890	– 4,4	0,3865	6,7816	– 10	6,7827	0,455
8 × 10	28(2+2)	47,143	9	0,4721	– 4,5	0,4746	7,8988	– 10	7,9044	0,620
10 × 12	30(2+2)	48,000	11	0,5419	– 4,6	0,5444	9,6958	– 10	9,7013	0,725
12 × 14	31(2+2)	48,387	13	0,6230	– 4,6	0,6255	11,7750	– 10	11,7805	0,750
15 × 17	32(2+2)	48,750	16	0,7469	– 4,6	0,7494	14,5668	– 10	14,5722	0,895
17 × 20	33(2+2)	49,091	18,5	0,8394	– 4,7	0,8419	16,8908	– 10	16,8962	1,000
21 × 24	34(2+2)	49,412	22	0,9725	– 5,6	0,9755	19,8509	– 12	19,8573	1,250
26 × 30	35(3+3)	49,714	28	1,2074	– 5,7	1,2104	25,4838	– 12	25,4901	1,500
30 × 34	36(3+3)	50,000	32	1,3442	– 5,7	1,3472	29,8043	– 12	29,8106	1,500
36 × 40	37(3+3)	50,270	38	1,5559	– 8,6	1,5599	35,3799	– 18	35,3883	1,750
40 × 44	38(3+3)	50,526	42	1,6759	– 8,9	1,6799	38,8306	– 18	38,8389	2,000
45 × 50	39(3+3)	50,769	47,5	1,8475	– 8,7	1,8515	43,8207	– 18	43,8290	2,250
50 × 55	40(3+3)	51,000	52,5	1,9908	– 9,7	1,9968	48,3280	– 20	48,3403	2,500
55 × 60	42(3+3)	51,429	57,5	2,0766	– 9,8	2,0826	52,6856	– 20	52,6978	2,750

## 11.5.3 Ausschusslehrringe „grob“

Durchmesser der Ausschusslehrringe gibt Tabelle 26 an.

Tabelle 26 — Durchmesser der Ausschusslehrringe „grob“

Nenndurch- messer mm	Zähnezahl Z —	Lücken- winkel $\gamma_i$ °	Teilkreis- durchmesser D mm	Kopfkreis- durchmesser mm	Grenzabmaß Kopfkreis- durchmesser $\mu\text{m}$	Fuß- formkreis- durchmesser mm	Fußradius max. mm
7 × 8	(28)2+2	47,143	7,5	7,29	± 10	7,85	0,11
8 × 10	(28)2+2	47,143	9	8,59	± 10	9,86	0,04
10 × 12	(30)2+2	48,000	11	10,59	± 10	11,76	0,08
12 × 14	(31)2+2	48,387	13	12,53	± 10	13,96	0,08
15 × 17	(32)2+2	48,750	16	15,46	± 10	16,96	0,14
17 × 20	(33)2+2	49,091	18,5	17,89	± 10	19,75	0,12
21 × 24	(34)2+2	49,412	22	21,40	± 12	23,65	0,08
26 × 30	(35)3+3	49,714	28	27,20	± 12	29,80	0,17
30 × 34	(36)3+3	50,000	32	31,21	± 12	33,79	0,24
36 × 40	(37)3+3	50,270	38	36,87	± 18	39,69	0,38
40 × 44	(38)3+3	50,526	42	40,87	± 18	43,80	0,41
45 × 50	(39)3+3	50,769	47,5	46,04	± 18	49,80	0,37
50 × 55	(40)3+3	51,000	52,5	51,05	± 20	54,80	0,44
55 × 60	(42)3+3	51,429	57,5	56,06	± 20	59,80	0,48

Zahnlücken der Ausschusslehrringe sind in Tabelle 27 angegeben.

Tabelle 27 — Zahnlücken der Ausschusslehrringe „grob“

Nenn- durch- messer mm	Zähne- zahl Z —	Lücken- winkel $\gamma_i$ °	Teilkreis- durch- messer D mm	Zahn- lücke neu mm	Grenzab- maß Zahnlücke $\mu\text{m}$	Zahnlücke Abnutzung bis mm	Maß zwischen Rollen neu mm	Grenz- abmaß Maß zwischen Rollen neu $\mu\text{m}$	Maß zwischen Rollen Abnutzung bis mm	Durch- messer Messrolle mm
7 × 8	(28)2+2	47,143	7,5	0,3573	– 4,5	0,3589	6,7173	– 10	6,7209	0,455
8 × 10	(28)2+2	47,143	9	0,4394	– 4,5	0,4419	7,8256	– 10	7,8312	0,620
10 × 12	(30)2+2	48,000	11	0,5067	– 4,6	0,5092	9,6185	– 10	9,6240	0,725
12 × 14	(31)2+2	48,387	13	0,5872	– 4,6	0,5897	11,6972	– 10	11,7026	0,750
15 × 17	(32)2+2	48,75	16	0,7084	– 4,6	0,7109	14,4837	– 10	14,4891	0,895
17 × 20	(33)2+2	49,091	18,5	0,7982	– 4,7	0,8007	16,8026	– 10	16,8080	1,000
21 × 24	(34)2+2	49,412	22	0,9285	– 5,6	0,9315	19,7573	– 12	19,7636	1,250
26 × 30	(35)3+3	49,714	28	1,1581	– 5,7	1,1611	25,3797	– 12	25,3860	1,500
30 × 34	(36)3+3	50,000	32	1,2922	– 5,7	1,2952	29,6950	– 12	29,7013	1,500
36 × 40	(37)3+3	50,270	38	1,4985	– 8,6	1,5025	35,2601	– 18	35,2684	1,750
40 × 44	(38)3+3	50,526	42	1,6158	– 8,7	1,6198	38,7057	– 18	38,7140	2,000
45 × 50	(39)3+3	50,769	47,5	1,7821	– 8,7	1,7861	43,6856	– 18	43,6939	2,250
50 × 55	(40)3+3	51,000	52,5	1,9198	– 9,7	1,9258	48,1819	– 20	48,1942	2,500
55 × 60	(42)3+3	51,429	57,5	2,0025	– 9,8	2,0085	52,5344	– 20	52,5467	2,750

## 11.6 Prüfung der Lehren

### 11.6.1 Prüfung der Lehren im Neuzustand

Verzahnungslehren sind in ihrer Geometrie komplizierter als Rundpassungslehren und entsprechend sorgfältig zu überprüfen. Es ist nicht ausreichend, nur eine Prüfung des Istmaßes durchzuführen, sondern alle Herstelltoleranzen der Einzelabweichungen sind vor dem Einsatz auf ihre Einhaltung zu überprüfen. Prüfsertifikate sind nur gültig, wenn sie Schriebe der Einzelabweichungen beinhalten (siehe Tabelle 28).

**Tabelle 28 — Prüfung der Verzahnungslehren**

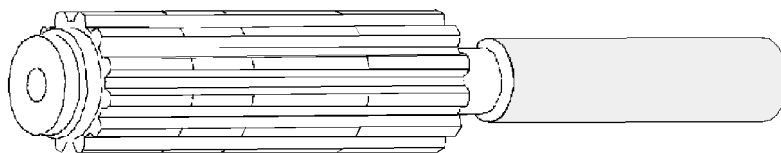
Merkmal	Prüfverfahren	Hinweise
<b>Beschädigung</b>	Sichtprüfung der Verzahnung	Beschädigungen oder Rost sind nicht zulässig
<b>Identität</b>	Sichtprüfung der Beschriftung	Die Beschriftung muss dauerhaft ausgeführt sein und den Vorschriften entsprechen
<b>Kopfkreis-durchmesser</b>	Abbe-Messverfahren oder 3D-Prüfmaschinen	Bei ungeraden Zähnezahlen sind keine Abbe-Messverfahren möglich.
<b>Formkreis-durchmesser</b>	Über Wälzlänge, Wälzwinkel oder Wälzdurchmesser auf Zahnradprüfmaschinen oder 3D-Prüfmaschinen	
<b>Zahndicke Lehrdorne</b>	Prüfmaß über zwei Rollen. Ersatzweise kann auch über zwei Kugeln gemessen werden, wenn die Rundheitsabweichung der Kugeln an den Berührungspunkten mit den Zahnflanken nicht überschritten und der Ist-Durchmesser der Kugel ermittelt wird. Das Istmaß ist über jeweils 90° vorn, in der Mitte und am Ende zu prüfen. Messrollen müssen an den Flanken eingerieben werden, um eine staubfreie Anlage an den Flanken sicherzustellen. Erfahrungsgemäß ist es schwierig, die engen Toleranzen der Lehren auf 3D-Prüfmaschinen mit genügender Genauigkeit zu ermitteln	Messkraft: 1,0 N bis 1,5 N  Die maximal zulässige Rundheitsabweichung von Messrollen oder Messkugeln beträgt 0,5 µm. Die Grenzabweichung der Messrollen oder Messkugeln vom Nennmaß beträgt 0,001 mm. Innerhalb dieser Abweichung sind Maße über Messkreise auf das Istmaß der Messrollen oder Messkugeln umzurechnen.
<b>Zahnlücke Lehrringe</b>	Für Lehrringe gelten die Angaben entsprechend der Zahndicke Lehrdorne	Meist werden Lehrringe mit Messrollen und Endmaßen abgesteckt. Das Istmaß eines Lehrringes stellt das Endmaß dar, das sich zwischen den Rollen gerade noch axial ohne Klemmen verschieben lässt und kein seitliches Kippspiel aufweist
<b>Einzel-Abweichungen</b>	Zahnradprüfmaschinen oder hochgenaue 3D-Prüfmaschinen mit integriertem Rundtisch. Die Profilform und die Flankenlinie wird an jeweils vier um etwa 90° versetzten Rechts- und Linksflanken geprüft. Bei Gutlehren ist zusätzlich die Einzel- und Gesamtteilungsabweichung zu prüfen	Wird die Exzentrizität der Verzahnung zur Bezugsbasis nicht rechnerisch eliminiert, so ist die zulässige Toleranz des Rundlaufes zu überprüfen und einzuhalten. Dies ist notwendig, da sich die Exzentrizität und die Teilungsabweichung gegenseitig überlagern können und bei Phasengegensätzlichkeit falsche Messwerte entstehen

### 11.6.2 Verschleißprüfung von Lehren

Die Verschleißprüfung von Verzahnungslehren ist entsprechend der Prüfung im Neuzustand durchzuführen. Das Intervall der Prüfmittelüberwachung ist so zu wählen, dass keine abgenutzten Lehren benutzt werden können. Eine Lehre ist dann abgenutzt, wenn das auf der Zeichnung angegebene abgenutzte Maß über/zwischen Rollen, oder eine Einzelabweichung außerhalb der auf der Lehrenzeichnung angegebenen abgenutzten Werte liegen.

### 11.6.3 Gegenlehren für Verzahnungslehrringe

Gegenlehren für Verzahnungslehrringe sind in den meisten Fällen nicht notwendig. Gegenlehren besitzen selbst Einzelabweichungen, die die Istmaße der Lehren so verändern können, dass Lehren gefertigt mit und ohne Gegenlehren unterschiedliche Maße aufweisen. Gegenlehren sind nur bei sehr kleinen Lehrringen sinnvoll, die direkt nur schlecht überprüfbar sind. Gegenlehrdorne für Gut- und Ausschusslehrringe werden in der Weise konisch ausgeführt, dass die linken Zahnflanken aller Zähne geradverzahnt und die rechten Zahnflanken aller Zähne schrägverzahnt sind. Dadurch entstehen konische Zähne, deren Zahndicke von vorne nach hinten zunimmt (siehe Bild 14). Für die Auslegung von Gegenlehrdornen für Gut- und Ausschusslehrringe wird auf ISO/DIS 4156-3 verwiesen. Gegenlehrdorne ersetzen nicht die Prüfung der Einzelabweichungen von Lehrringen. Diese ist unabhängig von den Gegenlehren im Neuzustand und bei der Lehrenüberwachung von Lehren durchzuführen. Zusätzlich ist es notwendig, die Gegenlehren selbst sowohl im Neuzustand, als auch während des Gebrauches zu überprüfen.



**Bild 14 — Einseitig konischer Gegenlehrdorn**

### 11.7 Kennzeichnung

Verzahnungslehren sind mit den Verzahnungsdaten des Prüflings zu kennzeichnen. Vor die Verzahnungsdaten wird die Lehrenart wie nebenstehend beschriftet. Zusätzlich werden Verzahnungslehren mit dem Herstellerzeichen, der Zeichnungsnummer des Herstellers und dem Herstelldatum gekennzeichnet. Die Beschriftung ist dauerhaft auszuführen. Entsprechen Prüflinge oder Lehren nicht genau den Normvorgaben, so ist die Beschriftung mit „ähnlich DIN 5481“ oder weiteren Hinweisen (z. B. vor dem Härten) durchzuführen.

Gutlehrdorn:	GD
Ausschusslehrdorn:	HD
Gutlehrhrring:	GR
Ausschusslehrhrring:	HR

BEISPIEL      DIN 5481 — GR 12 × 14  
                   DIN 5481 — HD 12 × 14g

### 11.8 Zeichnungsangaben

Früher wurde die Bemaßung und Bezeichnung der einzelnen Verzahnungsdaten fast ausschließlich an der Konstruktionszeichnung durchgeführt. Aber aufgrund der Vielzahl von Parametern, die eine moderne Korbverzahnung besitzt, ist es sinnvoller, ein Verzahnungsdatenfeld aufzustellen. So ein Datenfeld kann gut und übersichtlich gegliedert werden. Dieses Verzahnungsdatenfeld kann dann sowohl für den Prüfling (siehe Tabelle 29) als auch für die Lehre (siehe Tabelle 30) benutzt werden.

**Tabelle 29 — Datenfeld Prüfling**

Nabe DIN 5481 — 12 × 14		
Zähnezahl	z	31
Modul	m	(0,4193)
Lückenwinkel innen	$\gamma_i$	48,387°
Teilkreis	D	13
Fußradius max.	$R_{i \max}$	0,10
Fuß-Formkreisdurchmesser	$D_{Fi}$	14,04 min.
Kopfkreisdurchmesser	$D_{ji}$	12,0 A11
Zahnlücke max. actual	$E_{\max}$	0,6949
Zahnlücke min. actual Ref.	$E_{\min}$	0,6722
Zahnlücke min. effective	$E_v$	0,6587
Messkreisdurchmesser	$D_{Ri}$	0,750
Maß zwischen Messkreisen max.	$M_{Ri \max}$	11,9310
Maß zwischen Messkreisen min Ref.	$M_{Ri \min}$	11,8786

**Tabelle 30 — Datenfeld Verzahnungslehren**

DIN 5481 — 12 × 14					
Verzahnungslehrdorne	Einheit	Gutlehrdorn		Ausschusslehrdorn	
Zähnezahl	—	31		(31) 2+ 2	
Modul	mm	(0,4193)			
Lückenwinkel außen	°	60°			
Teilkreisdurchmesser	mm	13			
Fußradius max.	mm	0,13			
Fuß-Formkreisdurchmesser	mm	12,24			
Kopfkreisdurchmesser	mm	13,910 ± 0,005		13,600 ± 0,010	
Messrollendurchmesser	mm	0,750 (AF1 = 2.4)			
Zahndicke	mm	0,6643 ± 0,0028		0,6977 ± 0,0028	
Maß über 2 Rollen neu	mm	14,0857 ± 0,005		14,1450 ± 0,005	
Zahndicke Abnutzung bis	mm	0,6587		0,6931	
Maß über Rollen Abnutzung bis	mm	14,0757		14,1368	
Einzelabweichungen	mm	neu	Abnutzung bis	neu	Abnutzung bis
Profilgesamtabweichung	mm	0,004	0,006	0,004	0,006
Flankenliniengesamtabweichung	mm	0,003	0,004	0,003	0,004
Teilungsgesamtabweichung	mm	0,0045	0,0065	0,0045	0,0065
Rundlaufabweichung	mm	0,0045	0,006	0,0045	0,006

## Literaturhinweise

DIN 3960, *Begriffe und Bestimmungsgrößen für Stirnräder (Zylinderräder) und Stirnradpaare (Zylinderradpaare) mit Evolventenverzahnung.*

DIN 3961, *Toleranzen für Stirnradverzahnungen; Grundlagen.*

ISO 4156:1981-05, *Gerade zylindrische Evolventenverzahnung — metrischer Modul, Flankenpassung — Allgemeines, Abmessungen und Kontrollen.*

ISO 4156/AMD 1:1992-11, *Zahnwellen-Verbindungen mit Evolventenflanken — Passverzahnung; Metrische Module, Flankenzentrierung — Allgemeinen, Abmessungen und Inspektion; Ergänzung 1: Abschnitt 3: Inspektion*