

**DIN 5480-15**

ICS 21.120.10

Ersatz für  
DIN 5480-15:1974-09**Passverzahnungen mit Evolventenflanken und Bezugsdurchmesser –  
Teil 15: Qualitätsprüfung**Involute splines based on reference diameters –  
Part 15: InspectionCannelures à flancs en développante basées sur les diamètres de référence –  
Partie 15: Vérification

Gesamtumfang 38 Seiten

Normenausschuss Maschinenbau (NAM) im DIN

# Inhalt

Seite

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| Vorwort .....                                                                   | 4  |
| 1 Anwendungsbereich .....                                                       | 5  |
| 2 Normative Verweisungen .....                                                  | 5  |
| 3 Begriffe, Symbole und Einheiten .....                                         | 5  |
| 3.1 Begriffe .....                                                              | 5  |
| 3.1.1 Zahnücke/Zahndicke .....                                                  | 5  |
| 3.1.2 Begriffe der Prüfung von Zahnücke/Zahndicke <i>actual</i> .....           | 6  |
| 3.1.3 Begriffe der Mittelpunktslage der Zahnflanken .....                       | 7  |
| 3.1.4 Einzelabweichungen .....                                                  | 7  |
| 3.2 Symbole, Benennungen und Einheiten .....                                    | 8  |
| 4 Prüfmerkmale .....                                                            | 9  |
| 4.1 Allgemeines .....                                                           | 9  |
| 4.2 Maße .....                                                                  | 10 |
| 4.2.1 Durchmesser .....                                                         | 10 |
| 4.2.2 Zahnücke/Zahndicke .....                                                  | 10 |
| 4.3 Einzelabweichungen .....                                                    | 14 |
| 4.4 Lageabweichungen .....                                                      | 14 |
| 5 Durchführung der Prüfung .....                                                | 15 |
| 5.1 Allgemeines .....                                                           | 15 |
| 5.1.1 Prüfung der Zahnücke/Zahndicke <i>actual</i> .....                        | 15 |
| 5.1.2 Prüfung der Zahnücke/Zahndicke <i>effective</i> .....                     | 15 |
| 5.1.3 Prüfung der Einzelabweichungen .....                                      | 16 |
| 5.1.4 Lageabweichungen .....                                                    | 16 |
| 5.2 Lehren .....                                                                | 16 |
| 5.2.1 Lehrenarten und ihre Anwendung .....                                      | 16 |
| 5.2.2 Außenmaße .....                                                           | 17 |
| 5.2.3 Werkstoff, Oberfläche, Ausführung .....                                   | 19 |
| 5.2.4 Prüfmaße, Toleranzen, Grenzabmaße .....                                   | 20 |
| 5.2.5 Prüfung der Lehren .....                                                  | 25 |
| 5.3 Prüfung der Zahnücke/Zahndicke mit anzeigenden Prüfgeräten .....            | 30 |
| 5.3.1 Allgemeines .....                                                         | 30 |
| 5.3.2 Maß zwischen/über Messkreise .....                                        | 30 |
| 5.3.3 Zahnweite .....                                                           | 32 |
| 5.3.4 Messunsicherheiten .....                                                  | 32 |
| 5.3.5 Priorität .....                                                           | 33 |
| 5.3.6 Statistische Toleranzgrenze <i>actual</i> (STA) .....                     | 33 |
| 5.4 Messung der Zahnücke/Zahndicke <i>effective</i> .....                       | 34 |
| 5.4.1 Prüfung mit Hilfe der Einzelabweichungen .....                            | 34 |
| 5.4.2 Prüfung des Drehflankenspieles .....                                      | 34 |
| 5.5 Prüfung der Einzelabweichungen .....                                        | 34 |
| 5.5.1 Vergleichbarkeit mit Laufverzahnungen .....                               | 34 |
| 5.5.2 Beeinflussung der Messergebnisse durch Lageabweichungen .....             | 35 |
| 5.6 Prüfung der Lageabweichung .....                                            | 35 |
| 5.6.1 Darstellung in Werkstückzeichnungen .....                                 | 35 |
| 5.6.2 Beeinflussung der Mess- und Prüfergebnisse durch Einzelabweichungen ..... | 35 |
| 5.6.3 Lageabweichung <i>actual</i> .....                                        | 35 |
| 5.6.4 Lageabweichung <i>effective</i> .....                                     | 36 |
| Anhang A (informativ) Gegenüberstellung der alten und neuen Formelzeichen ..... | 37 |
| Literaturhinweise .....                                                         | 38 |

**Bilder**

|                                                                            |           |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Bild 1 — Prüfmerkmale .....</b>                                         | <b>9</b>  |
| <b>Bild 2 — Durchmesser .....</b>                                          | <b>10</b> |
| <b>Bild 3 — Zahnücken und Zahndicken .....</b>                             | <b>11</b> |
| <b>Bild 4 — Hüllverzahnung .....</b>                                       | <b>12</b> |
| <b>Bild 5 — Referenzmarke <i>actual</i> und Istmaß <i>actual</i> .....</b> | <b>14</b> |
| <b>Bild 6 — Lageabweichung <i>actual</i> und <i>effective</i> .....</b>    | <b>15</b> |
| <b>Bild 7 — Lehrdorne Größe 1–6 .....</b>                                  | <b>17</b> |
| <b>Bild 8 — Lehrdorne Größe 7–9 .....</b>                                  | <b>18</b> |
| <b>Bild 9 — Lehrringe .....</b>                                            | <b>19</b> |
| <b>Bild 10 — Toleranzschaubild mit Lehrentoleranzen .....</b>              | <b>21</b> |
| <b>Bild 11 — Flankenrücknahme-Ausschusslehren .....</b>                    | <b>23</b> |
| <b>Bild 12 — Maße über und zwischen Messkreisen .....</b>                  | <b>23</b> |
| <b>Bild 13 — Rundlaufabweichung für Lehren .....</b>                       | <b>25</b> |
| <b>Bild 14 — Einseitig konischer Gegenlehrdorn .....</b>                   | <b>27</b> |
| <b>Bild 15 — Ausschusslehren .....</b>                                     | <b>28</b> |
| <b>Bild 16 — Verzahnte Einstellmeister .....</b>                           | <b>32</b> |
| <b>Bild 17 — Statistische Toleranzgrenze <i>actual</i> .....</b>           | <b>33</b> |

**Tabellen**

|                                                                         |           |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Tabelle 1 — Zähnezahlen für Ausschusslehren .....</b>                | <b>16</b> |
| <b>Tabelle 2 — Maße für Lehdornbreiten .....</b>                        | <b>17</b> |
| <b>Tabelle 3 — Außenmaße Lehdorne Größe 7–9 .....</b>                   | <b>18</b> |
| <b>Tabelle 4 — Außenmaße Lehringe .....</b>                             | <b>19</b> |
| <b>Tabelle 5 — Durchmesser Lehren .....</b>                             | <b>20</b> |
| <b>Tabelle 6 — Zahndicke/Zahnücke für Lehren .....</b>                  | <b>21</b> |
| <b>Tabelle 7 — Herstelltoleranzen Lehren .....</b>                      | <b>22</b> |
| <b>Tabelle 8 — Flankenlinien-Gesamtabweichung der Lehren .....</b>      | <b>22</b> |
| <b>Tabelle 9 — Berechnung des Maßes über/zwischen Messkreisen .....</b> | <b>24</b> |
| <b>Tabelle 10 — Prüfmerkmale Verzahnungslehren .....</b>                | <b>26</b> |
| <b>Tabelle 11 — Datenfeld Prüfling .....</b>                            | <b>29</b> |
| <b>Tabelle 12 — Datenfeld Verzahnungslehren .....</b>                   | <b>29</b> |
| <b>Tabelle 13 — Toleranz für Messkreisdurchmesser .....</b>             | <b>30</b> |

## Beginn der Gültigkeit

Diese Norm gilt ab 2006-03-01.

## Vorwort

In dieser Normenreihe werden Passverzahnungen und Passverzahnungs-Verbindungen in den Bereichen von Modul 0,5 bis 10, Zähnezahlen 6 bis 82 und mit einem Eingriffswinkel von 30° behandelt. Die Normenreihe DIN 5480 ist auf Eingriffswinkel von 30° beschränkt, da 37,5°- und 45°-Eingriffswinkel in ISO 4156 enthalten sind.

Passverzahnung mit Evolventenflanken nach ISO 4156 basieren auf Modulreihen. Diese sind nicht mit den Passverzahnungen nach der Normenreihe DIN 5480 austauschbar.

Die Normenreihe DIN 5480 basiert auf gestuften Bezugsdurchmessern, die unabhängig vom Modul sind. Hierdurch ist eine optimale Anpassung an die genormten Wälzlagerdurchmesser und eine Reduzierung der Werkzeugvielfalt möglich. Diese Normenreihe wurde vom Arbeitsausschuss 2.1 „Passverzahnungen“ (NAM) überarbeitet. Die Überarbeitung wurde notwendig, weil eine Überprüfung der Normenreihe DIN 5480 nach DIN 820-4 strukturelle und redaktionelle Schwächen offenbarte. Ziel der Überarbeitung war es, eine möglichst praktikable und sinnvolle Zusammenstellung der einzelnen Teile dieser Norm durchzuführen.

Dazu wurde die gesamte Normenreihe zu nur noch 4 Teilen, statt deren 16 zusammengefasst.

DIN 5480 *Passverzahnungen mit Evolventenflanken und Bezugsdurchmesser* besteht aus:

- Teil 1: Grundlagen.
- Teil 2: Nennmaße und Prüfmaße.
- Teil 15: Qualitätsprüfung.
- Teil 16: Werkzeuge.

E DIN 5480-1 behandelt wie zuvor die Grundlagen, allerdings mit Passungen und Toleranzen aus DIN 5480-14:1986-03. Die darin angegebenen Berechnungen, Toleranzen und Abmaße gelten auch für die anderen Teile dieser Normenreihe. E DIN 5480-2 enthält die Nenn- und Prüfmaße in den oben angegebenen Bereichen. Dieser Teil fasst die ehemaligen Teile DIN 5480-2 bis DIN 5480-13 zusammen.

E DIN 5480-15 behandelt die Qualitätsprüfung von Passverzahnungen

E DIN 5480-16 legt die Konstruktionsmerkmale der Werkzeuge für Passverzahnungen fest.

## Änderungen

Gegenüber DIN 5480-15:1974-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Titel geändert in Passverzahnungen mit Evolventenflanken und Bezugsdurchmesser;
- b) der Inhalt wurde redaktionell komplett überarbeitet und neu geordnet;
- c) die Lehrenqualitätsbezeichnungen LQ3 und LQ4 wurden gestrichen.

## Frühere Ausgaben

DIN 5480-15: 1974-09

## 1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für Passverzahnungen mit Evolventenflanken nach E DIN 5480-1 und E DIN 5480-2. Sie legt die Abnahmeprüfungen der Passverzahnungen fest und beschreibt die zur Anwendung kommenden Lehren und deren Prüfung.

## 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).

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

DIN 3961, *Toleranzen für Stirnradverzahnungen — Grundlagen*

DIN 3967, *Getriebe-Passsystem — Flankenspiel, Zahndickenabmaße, Zahndickentoleranzen, Grundlagen*

E DIN 5480-1, *Passverzahnungen mit Evolventenflanken und Bezugsdurchmesser — Teil 1: Grundlagen*

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

DIN ISO 1101, *Technische Zeichnungen — Form- und Lagetolerierung; Form-, Richtungs-, Orts- und Lauftoleranzen — Allgemeines, Definitionen, Symbole, Zeichnungseintragungen*

ISO 4156, *Gerade zylindrische Evolventenverzahnung — Metrischer Modul, Flankenpassung — Allgemeines, Abmessungen und Kontrollen*

ISO 5459:1981-11, *Technische Zeichnungen — Form- und Lagetolerierung — Bezüge und Bezugssysteme für geometrische Toleranzen*

## 3 Begriffe, Symbole und Einheiten

### 3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieser Norm gelten die folgenden Begriffe:

#### 3.1.1 Zahnücke/Zahndicke

##### 3.1.1.1

##### **Zahnücke/Zahndicke *actual***

die Zahndicke/Zahnücke am Teilkreis im Bogen unter Ausschluss aller Einzelabweichungen

##### 3.1.1.2

##### **Zahnücke/Zahndicke *effective***

die Zahndicke/Zahnücke als Maximum-Materialbedingung inklusive aller überlagerten Einzelabweichungen

##### 3.1.1.3

##### **Mittelpunktslage *actual***

die Mitte aller Zahnflanken unter Ausschluss aller Einzelabweichungen

#### 3.1.1.4

##### **Hüllverzahnung**

dargestellt durch die Zahnücke oder Zahndicke des gerade noch fügbaren Gegenstückes ohne Einzelabweichungen

#### 3.1.1.5

##### **Mittelpunktslage *effective***

die Mitte der Hüllverzahnung unter der Maximum-Materialbedingung inklusive aller überlagerten Einzelabweichungen

#### 3.1.1.6

##### **Achslage *actual***

die Lage des Ausgleichszylinders aller Zahnflanken unter Ausschluss aller Einzelabweichungen über die Länge der Zahnflanken

#### 3.1.1.7

##### **Achslage *effective***

die Lage der Achse der Hüllverzahnung unter der Maximum-Materialbedingung inklusive aller überlagerten Einzelabweichungen über die Länge der Zahnflanken

### **3.1.2 Begriffe der Prüfung von Zahnücke/Zahndicke *actual***

#### 3.1.2.1

##### **Maß zwischen/über Kugeln**

ein Hilfsmaß zur Ermittlung der Zahnücke/Zahndicke *actual* in derjenigen Messebene und Winkellage der Verzahnung, in der die Messkugeln die Zahnflanken berühren

#### 3.1.2.2

##### **Maß zwischen/über Rollen**

ein Hilfsmaß zur Ermittlung der Zahnücke/Zahndicke *actual* in dem Messebenenbereich, in dem die Messrollen eine Linienberührung aufweisen, und in der Winkellage, in der die Messrollen die Zahnflanken berühren

#### 3.1.2.3

##### **Zahnweitenmaß**

ein Hilfsmaß zur Ermittlung der Zahndicke *actual* in einer dem Grundzylinder tangentialen Schnittebene von linker zu rechter Zahnflanke über eine bestimmte Anzahl von  $k$  Zähnen und in einer bestimmten Messebene

#### 3.1.2.4

##### **sektorverzahnte Ausschusslehre**

Lehre zur Prüfung auf Einhaltung der Toleranzgrenze der Zahnücke *max. actual* und der Zahndicke *min. actual* am stirnseitigen Verzahnungsbeginn und in der gewählten Winkellage.

#### 3.1.2.5

##### **vollverzahnte Gutlehre**

Lehre zur Prüfung auf Einhaltung der Toleranzgrenze der Zahnücke *min. effective* und der Zahndicke *max. effective* über die Länge der Gutlehre und auf Einhaltung des zulässigen Formkreisdurchmessers

#### 3.1.2.6

##### **vollverzahntes Drehflankenspielmessgerät**

Gerät zur Messung des Istmaßes der Zahnücke und Zahndicke *effective* mit Hilfe des möglichen Drehweges der Drehscheiben des Messgerätes bis zur Klemmung zwischen linken und rechten Zahnflanken in bestimmten Winkellagen und Messebenenabschnitten in Bezug zu einem Einstellmeister

#### 3.1.2.7

##### **Prüfung der Einzelabweichungen**

Prüfung, die bestimmte Formabweichungen anzeigt und Rückschlüsse auf das Istmaß *effective* innerhalb der Wahrscheinlichkeit derer unbekannter Überlagerung zulässt

### 3.1.3 Begriffe der Mittelpunktslage der Zahnflanken

#### 3.1.3.1

##### **Mittelpunktslage *actual***

Mitte der Lage von Messkugeln oder Messrollen in bestimmten Messebenen und Winkellagen beim Zweiflankenkontakt an linken und rechten Zahnflanken

#### 3.1.3.2

##### **Mittelpunktslage *effective***

Mittelpunkt der Hüllverzahnung

#### 3.1.3.3

##### **Achslage *actual***

die Lage der Achse des Ausgleichszylinders über die Mitte der Lage von Messkugeln oder Messrollen über alle Messebenen und Winkellagen beim Zweiflankenkontakt an linken und rechten Zahnflanken

#### 3.1.3.4

##### **Achslage *effective***

die Achslage der Hüllverzahnung, ermittelt mit Hilfe eines gerade noch fügbaren Gegenstückes ohne Formabweichungen, oder mit einem mathematischen Modell über die gesamte Länge der Zahnflanken

### 3.1.4 Einzelabweichungen

#### 3.1.4.1

##### **Profilabweichung**

die Abweichung von der Sollevolvente, gemessen mit Einflankenkontakt zur Bezugsbasis der Verzahnung selbst oder zu anderen Bezugsbasen

#### 3.1.4.2

##### **Flankenlinienabweichung**

die Abweichung von der Sollflankenlinie, gemessen mit Einflanken- oder mit Zweiflankenkontakt zur Bezugsbasis der Verzahnung selbst oder zu anderen Bezugsbasen

#### 3.1.4.3

##### **Teilungsabweichung**

die Abweichung aller Zahnflanken von der Sollteilung, gemessen mit Einflanken- oder Zweiflankenkontakt zur Bezugsbasis der Verzahnung selbst oder zu anderen Bezugsbasen

### 3.2 Symbole, Benennungen und Einheiten

| Symbol               | Benennung                            | Einheit       |
|----------------------|--------------------------------------|---------------|
| $b_1$ bis $b_7$      | Lehrenbreiten                        | mm            |
| $d_1$ bis $d_{10}$   | Lehrendurchmesser                    | mm            |
| $e$                  | Nennzahn­lücke Innenverzahnung       | mm            |
| $e_{\max}$           | Zahn­lücke <i>max. actual</i>        | mm            |
| $e_{\min}$           | Zahn­lücke <i>min. actual</i>        | mm            |
| $e_v \min$           | Zahn­lücke <i>min. effective</i>     | mm            |
| $f_p$                | Teilungs-Einzelabweichung            | $\mu\text{m}$ |
| $s$                  | Nennzahndicke Außenverzahnung        | mm            |
| $s_v \max$           | Zahndicke <i>max. effective</i>      | mm            |
| $s_{\max}$           | Zahndicke <i>max. actual</i>         | mm            |
| $s_{\min}$           | Zahndicke <i>min. actual</i>         | mm            |
| $k$                  | Mess­zähnezahl Zahnweite             |               |
| $A_e$                | Abmaß Zahn­lücke                     | $\mu\text{m}$ |
| $A_s$                | Abmaß Zahndicke                      | $\mu\text{m}$ |
| AF1                  | Messrollen-Abmaßfaktor               |               |
| $D_M$                | Messkreisdurchmesser                 | mm            |
| $F_\beta$            | Flankenlinien-Gesamtabweichung       | $\mu\text{m}$ |
| $F_\alpha$           | Profil-Gesamtabweichung              | $\mu\text{m}$ |
| $F_p$                | Teilungs-Gesamtabweichung            | $\mu\text{m}$ |
| $F_r$                | Rundlaufabweichung                   | $\mu\text{m}$ |
| GD                   | Gutlehrdorn                          |               |
| GR                   | Gutlehr­ring                         |               |
| HD                   | Ausschusslehrdorn                    |               |
| HR                   | Ausschusslehr­ring                   |               |
| $LT_n$               | Lehrentoleranz neu                   | $\mu\text{m}$ |
| $LT_a$               | Lehrentoleranz Abnutzungsgrenze      | $\mu\text{m}$ |
| $M_1$                | Maß über Messkreise                  | mm            |
| $M_2$                | Maß zwischen Messkreisen             | mm            |
| $T_G$                | Gesamttoleranz Zahndicke/Zahn­lücke  | mm            |
| $T_{s \text{ act.}}$ | Toleranz Zahndicke <i>actual</i>     | mm            |
| $T_{s \text{ eff.}}$ | Toleranz Zahndicke <i>effective</i>  | mm            |
| $T_{e \text{ act.}}$ | Toleranz Zahn­lücke <i>actual</i>    | mm            |
| $T_{e \text{ eff.}}$ | Toleranz Zahn­lücke <i>effective</i> | mm            |
| $W_k$                | Zahnweite über $k$ Mess­zähne        | mm            |

## 4 Prüfmerkmale

### 4.1 Allgemeines

Die Sicherung der Qualität von Passverzahnungen untergliedert sich in die drei Hauptbereiche: Maß, Einzelabweichungen und Lage. Diese beinhalten mehrere einzelne Prüfmerkmale, wie in Bild 1 dargestellt:

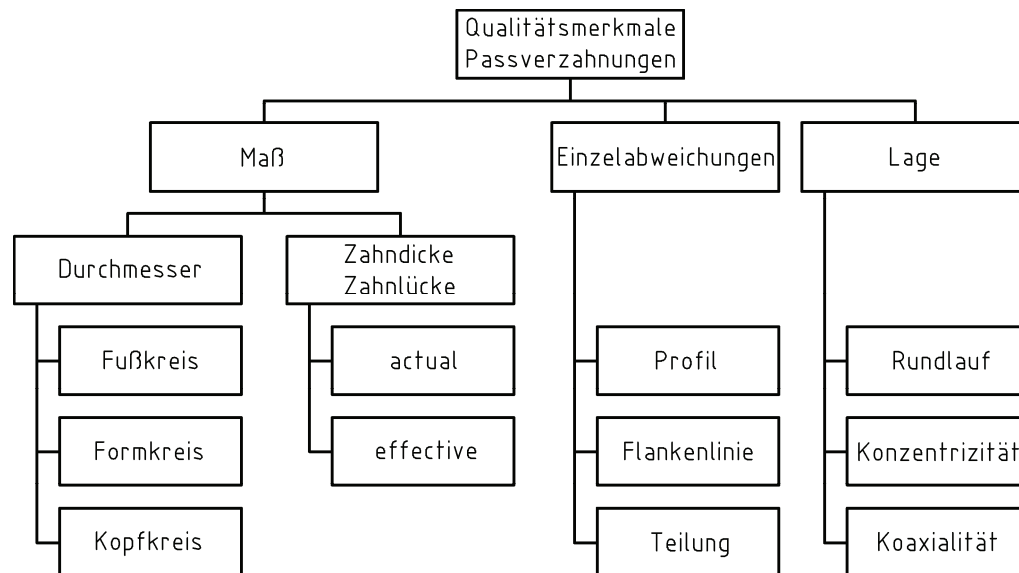


**Bild 1 — Prüfmerkmale**

Im Bereich der Fertigung besitzen die Werte der gemessenen Abweichungen meist eine größere Bedeutung als nur die Sicherstellung der Einhaltung der Toleranzgrenzen. Dies wird durch die notwendige Steuerung des Fertigungsprozesses bewirkt. Auch der Nachweis der Prozessfähigkeit steigt in seiner Bedeutung und benötigt Aussagen über die gefertigten Istwerte.

Bei einer Ausgangs- oder Eingangskontrolle genügen immer dann attributive Prüfmethode, wenn keine Qualitätsstatistik benötigt wird. Vollverzahnte Gutlehren und sektorverzahnte Ausschusslehren sind in diesen Fällen für die Sicherstellung der Qualität ausreichend. Sie stellen die Einhaltung der Toleranzgrenzen der Durchmesser und der Zahnlücke/Zahndicke *actual* und *effective* sicher.

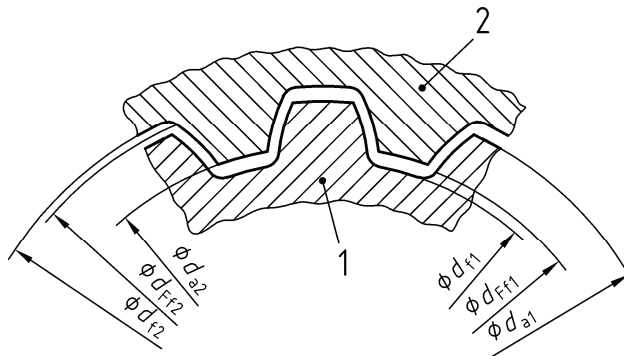
Die Einzelabweichungen werden meist nur dann geprüft, wenn die vollverzahnte Gutlehre nicht ffügbar ist und gleichzeitig das Istmaß der Zahnlücke/Zahndicke *actual* innerhalb der Toleranzen liegt. Durch die Prüfung der Einzelabweichungen wird ermittelt, welche Abweichung die Ursache darstellt. Bei der Fertigung von Einzelteilen und Kleinserien mag der Einsatz von Gutlehren nicht wirtschaftlich sein. In diesen Fällen können die Gutlehren durch die Prüfung der Einzelabweichungen ersetzt werden. Die höhere Priorität liegt jedoch bei der Gutlehre, die das Prüfergebnis der Einzelabweichungen bezüglich der Toleranzgrenze *effective* verwerfen kann.

Toleranzen für Lageabweichungen sind in dieser Norm nicht vorgegeben, da diese stark von der Funktion der Bauteile abhängig sind. Die Darstellung und Wirkung von Lagetoleranzen sind in 4.4 näher erläutert.

## 4.2 Maße

### 4.2.1 Durchmesser

Passverzahnungen besitzen drei Durchmesser, deren Einhaltung der Grenzwerte oder Abmaße zu überwachen sind. Diese Durchmesser sind in Bild 2 dargestellt:



#### Legende

- 1 Welle
- 2 Nabe

**Bild 2 — Durchmesser**

#### a) Fußkreisdurchmesser

Die Fußkreisdurchmesser von Passverzahnungen mit Flankenzentrierung sind maßlich untergeordnet. Durch die Festlegung der Fußformkreisdurchmesser ist die Funktion sichergestellt. Für die Festigkeit muss jedoch Wert auf die Einhaltung der Grenzwerte oder Abmaße gelegt werden. Speziell bei ungeraden Zähnezahlen ist die Prüfung des Fußkreisdurchmessers an der Fertigungsmaschine schwierig. Im Messraum hingegen lässt er sich mit Messmaschinen ermitteln.

#### b) Fußformkreisdurchmesser

Der Fußformkreisdurchmesser wird durch den Kopfkreisdurchmesser der Gutlehren geprüft. Stehen keine Gutlehren zur Verfügung, so wird bei der Prüfung der Einzelabweichung „Profilform“ über die Wälzlänge der Fußformkreisdurchmesser mitgeprüft. Die Gutlehre besitzt jedoch Priorität. Solange die Gutlehre ffügbar ist, ist der Fußformkreisdurchmesser zu akzeptieren.

#### c) Kopfkreisdurchmesser

Der Kopfkreisdurchmesser bei geraden Zähnezahlen wird mit bei Durchmessern üblichen Messgeräten geprüft. Bei ungeraden Zähnezahlen ist dies nicht möglich. Bei Zähnezahlen, teilbar durch drei, sind Dreipunktmessgeräte verwendbar, wenn nicht, so stellen im Fertigungsbereich Rundpassungslehren eine einfache Prüfmöglichkeit dar. In Messräumen sind die Kopfkreisdurchmesser von ungeraden Zähnezahlen mit Hilfe von Messmaschinen prüfbar.

### 4.2.2 Zahnücke/Zahndicke

Das Maß der Zahnücke und der Zahndicke wird als Länge des Bogens von der linken zur rechten Zahnflanke am Teilkreis angegeben. Zahnücken und Zahndicken besitzen jeweils zwei Toleranzbereiche: Toleranz *actual* und Toleranz *effective*. Diese zwei Toleranzbereiche sind bei Passverzahnungen notwendig, da die relativ engen Passungen über die Zahnflanken erreicht werden. Diese sind am Umfang des Teilkreises gleichmäßig verteilt. Für die Herstellung der Zähne selbst ist der Toleranzbereich *actual* maßgebend. Der Toleranzbereich

*effective* schafft Spielraum für alle Einzelabweichungen, die bei der Herstellung solcher Verzahnungen in der Praxis auftreten.

Die Zahnücke und Zahndicke als Bogen am Teilkreis sind mathematisch berechenbar, aber als direktes Maß schwer messbar. Für die Prüfung von Istmaßen werden deshalb die Hilfsmaße zwischen und über Messkreisen oder als untergeordnete Prüfung die Zahnweite über eine bestimmte Anzahl von Zähnen errechnet (siehe 5.3).

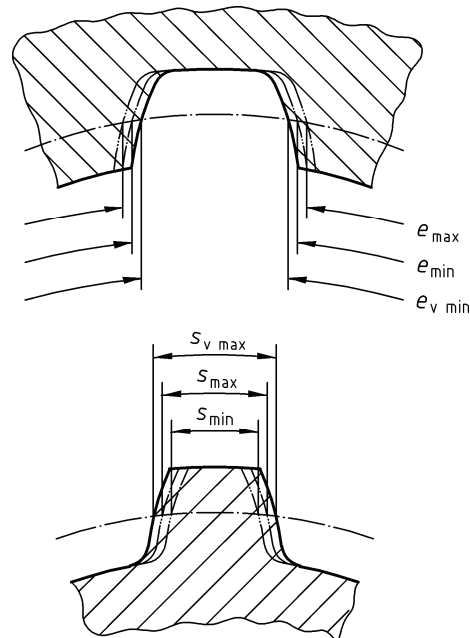


**Bild 3 — Zahnücken und Zahndicken**

Auch die Zahnücke und Zahndicke *effective* werden als das Maß des Bogens am Teilkreis angegeben. Dies gilt bei der effektiven Verzahnung über alle Zahnücken und Zähne einschließlich aller Formabweichungen. Dies sind die Zahnücke und Zahndicke, die durch diejenigen linken und rechten Zahnflanken gebildet werden, die mit der jeweils größten Formabweichung in Materialplusrichtung behaftet sind. Meist sitzen diese beiden Zahnflanken an unterschiedlichen Zähnen. Bild 3 zeigt die Zahnücke und die Zahndicke *effectiv* und *actual*.

#### a) Zahnücke und Zahndicke *actual*

Für die Zahnücke von Innenverzahnungen an Naben und die Zahndicke von Außenverzahnungen an Wellen wird eine Herstelltoleranz benötigt. Dies ist die Herstelltoleranz *actual*. Durch sie werden Maßtoleranzen und der Verschleiß von Werkzeugen, die Zustellgenauigkeit der Werkzeugmaschinen, Wärmeeinflüsse während des Bearbeitungsvorganges und Maßschwankungen bei der Wärmebehandlung berücksichtigt.

Die Zahnücken oder Zahndicken aller Zähne werden bei einer hergestellten Passverzahnung ein Istmaß mit einer Streuung besitzen. Die Zähne sind maßlich unterschiedlich. Über den Umfang in einer Messebene und über die Länge der Verzahnung entsteht eine Bandbreite von Istmaßen. Die Feststellung des Istmaßes unterliegt deshalb einer Unsicherheit, die von der Anzahl der Messstellen abhängig ist (siehe 5.3.3 bis 5.3.5).

#### b) Zahnücke und Zahndicke *effective*

Die Toleranz *effective* wird bei Passverzahnungen gesondert ausgewiesen. Dies ist notwendig, da die Passung über alle linken und rechten Zahnflanken aller Zähne erzeugt wird. Die Zahnflanken sind mit Abweichungen des Profils, der Flankenlinie und der Teilung behaftet. Diese Abweichungen verkleinern das Passungsspiel in einer Passverzahnungsverbindung so stark, dass für diese verkleinernde Wirkung Vorsorge getragen werden muss. Die Formabweichungen erzeugen bei einer Außenverzahnung eine Hüllverzahnung (siehe Bild 4), die größer ist als das gemessene Maß *actual*. Die Hüllverzahnung einer Innenverzahnung ist

kleiner als das gemessene Maß *actual*. Die Formabweichungen innerhalb einer Passverzahnung überlagern sich gegenseitig über alle rechten und linken Zahnflanken aller Zähne und über die gesamte Verzahnungslänge. Die Wirkung auf die Passung tritt als diese Überlagerung auf. In ISO 4156 wird die Überlagerung der Einzelabweichungen nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz abgeschätzt. Diese Schätzung ergibt recht gute Näherungswerte (siehe Gleichung (1)):

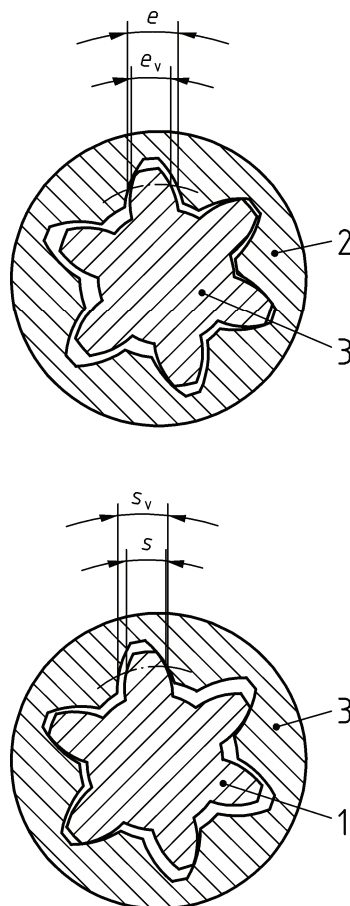
$$\text{Betrag } effective = \sqrt{F_{\alpha}^2 + F_{\beta}^2 + F_p^2} \quad (1)$$

Dabei ist

$F_{\alpha}$  die Profilgesamtabweichung;

$F_{\beta}$  die Flankenliniengesamtabweichung;

$F_p$  die Teilungsgesamtabweichung.



#### Legende

- 1 Welle
- 2 Nabe
- 3 gerade noch fügbares Gegenstück ohne Formabweichungen

**Bild 4 — Hüllverzahnung**