

**DIN 7190-2**

ICS 21.120.10

Einsprüche bis 2009-02-13  
Vorgesehen als  
teilweiser Ersatz für  
DIN 7190:2001-02

**Entwurf****Pressverbände –****Teil 2: Berechnungsgrundlagen und Gestaltungsregeln für kegelige, selbsthemmende Pressverbände**

Interference fits –

Part 2: Calculation and design rules for conical self-locking pressfits

Assemblages frettés –

Partie 2: Bases de calculs et règles de construction pour assemblages frettés autoadhérent

**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2008-09-29 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an [nam@din.de](mailto:nam@din.de) in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter [www.din.de/stellungnahme](http://www.din.de/stellungnahme) abgerufen werden;
- oder in Papierform an den Normenausschuss Maschinenbau (NAM) im DIN, 60498 Frankfurt am Main, Postfach 71 08 64 (Hausanschrift: Lyoner Str. 18, 60528 Frankfurt am Main).

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

Gesamtumfang 31 Seiten

Normenausschuss Maschinenbau (NAM) im DIN  
Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG) im DIN

## Inhalt

|                                                                                                                                                                                                                   | Seite |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Vorwort .....                                                                                                                                                                                                     | 4     |
| 1 Anwendungsbereich .....                                                                                                                                                                                         | 5     |
| 2 Normative Verweisungen .....                                                                                                                                                                                    | 5     |
| 3 Zeichen , Benennungen und Einheiten .....                                                                                                                                                                       | 5     |
| 4 Berechnung von kegeligen, selbsthemmenden Pressverbänden .....                                                                                                                                                  | 7     |
| 4.1 Grundlagen .....                                                                                                                                                                                              | 7     |
| 4.2 Berechnung rein elastisch beanspruchter kegeliger Pressverbände .....                                                                                                                                         | 10    |
| 4.3 Spannungen im Querschnitt .....                                                                                                                                                                               | 11    |
| 4.4 Berechnung von gestuften Pressverbänden .....                                                                                                                                                                 | 12    |
| 4.5 Berechnung von geschwächten Pressverbänden .....                                                                                                                                                              | 13    |
| 4.6 Berechnung der Grenzbelastungen von selbsthemmenden Kegelpressverbänden .....                                                                                                                                 | 16    |
| 4.7 Nachweis der Gestaltfestigkeit .....                                                                                                                                                                          | 18    |
| 5 Reibungszahlen von kegeligen Pressverbänden .....                                                                                                                                                               | 20    |
| 6 Gestaltung von Pressverbänden .....                                                                                                                                                                             | 20    |
| 7 Angaben in technischen Unterlagen .....                                                                                                                                                                         | 20    |
| 8 Hinweise für die Herstellung von kegeligen Pressverbänden .....                                                                                                                                                 | 22    |
| 8.1 Allgemeingültige Hinweise .....                                                                                                                                                                               | 22    |
| 8.2 Herstellen von kegeligen Pressverbänden durch Einpressen .....                                                                                                                                                | 22    |
| 8.2.1 Beispiele für weggesteuertes Fügen .....                                                                                                                                                                    | 23    |
| 8.2.2 Hydraulisches Fügen und Lösen .....                                                                                                                                                                         | 24    |
| Anhang A (informativ) Berechnungsbeispiel .....                                                                                                                                                                   | 26    |
| Literaturhinweise .....                                                                                                                                                                                           | 31    |
| <br><b>Bilder</b>                                                                                                                                                                                                 |       |
| Bild 1 — Berechnungsmodell .....                                                                                                                                                                                  | 7     |
| Bild 2 — Reale kegelige Pressverbände .....                                                                                                                                                                       | 7     |
| Bild 3 — Obere und untere Anlage einer Kegelpressverbindung .....                                                                                                                                                 | 8     |
| Bild 4 — Aufschubweg $a$ (schematisch) .....                                                                                                                                                                      | 9     |
| Bild 5 — Verlauf der auf die Fügekraft $F_f$ bezogenen zentrischen Lösekraft $F_{ax,l}$ in Abhängigkeit vom Einstellwinkel $\beta$ bzw. Kegelverhältnis $C$ und der Reibungszahl $\nu = \nu_f = \nu_{rl}/3$ ..... | 11    |
| Bild 6 — Verlauf der Tangentialspannung $\sigma_t$ und der Radialspannung $\sigma_r$ bei einer elastisch beanspruchten Kegelpressverbindung nach Bild 1 (links: Hohlwelle, rechts: Vollwelle) .....               | 12    |
| Bild 7 — Kegelpressverbände mit gestufter Nabe und Innenbohrung; Einteilung in 7 Scheiben .....                                                                                                                   | 13    |
| Bild 8 — Geometrische Bezeichnungen an einem durch Axialbohrungen geschwächten Pressverband .....                                                                                                                 | 14    |
| Bild 9 — Minderung der Drehmoment-Übertragungsfähigkeit bei PV mit $z$ Axialbohrungen in der Welle .....                                                                                                          | 14    |

|                                                                                                                                                                                                                                                                             |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Bild 10 — Minderung der Drehmoment-Übertragungsfähigkeit bei PV mit <math>z</math> Axialbohrungen in der Nabe.....</b>                                                                                                                                                   | <b>15</b> |
| <b>Bild 11 — Geometriekenngößen für Nabe mit Radialbohrung.....</b>                                                                                                                                                                                                         | <b>15</b> |
| <b>Bild 12 — Minderung der Drehmoment – Übertragungsfähigkeit bei PV mit <i>einer</i> Radialbohrung in der Nabe.....</b>                                                                                                                                                    | <b>16</b> |
| <b>Bild 13 — Modell eines Zahnrades mit Kegelpressverbindung.....</b>                                                                                                                                                                                                       | <b>16</b> |
| <b>Bild 1 — Zusammenhang zwischen der bezogenen asymmetrischen Lösekraft <math>F_{\text{bax,l}}</math> und der dimensionslosen Exzentrizität <math>Q_e</math>: <math>\xi_m = 1,56 \text{ ‰}</math>; <math>Q_{A,m} = 0,5</math>; <math>\nu = 0,15 \text{ /3}</math>.....</b> | <b>18</b> |
| <b>Bild 15 — Maße am (Außen-) Kegel und Bemaßungsmöglichkeiten (rechts).....</b>                                                                                                                                                                                            | <b>20</b> |
| <b>Bild 16 — Beispiel für Kegelmäßung .....</b>                                                                                                                                                                                                                             | <b>21</b> |
| <b>Bild 17 — Verschiedene Möglichkeiten zum weggesteuerten Fügen .....</b>                                                                                                                                                                                                  | <b>24</b> |
| <b>Bild 18 — Ölbohrungen in einem Kegelpressverband mit gestufter Nabe .....</b>                                                                                                                                                                                            | <b>25</b> |
| <b>Bild A.1 — Kegelpressverbindung mit wellenseitiger Ölzuführung.....</b>                                                                                                                                                                                                  | <b>26</b> |

## Tabellen

|                                                                                    |           |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Tabelle 1 — Kerbwirkungszahlen für Pressverbände (Auszug aus DIN 743) .....</b> | <b>19</b> |
| <b>Tabelle 2 — Kerbwirkungszahlen für Pressverbände (Auszug aus DIN 743) .....</b> | <b>19</b> |
| <b>Tabelle 3 — Kegelverhältnis, Neigungswinkel bzw. Einstellwinkel .....</b>       | <b>21</b> |

## Vorwort

Diese Norm wurde erarbeitet von Fachleuten aus dem Normenausschuss Maschinenbau (NAM) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. Antriebstechnik (NA 060-34-32 AA).

Kegelpressverbindungen besitzen gegenüber den Zylinderpressverbindungen kegelige Wirkflächen. Daraus ergeben sich wegen der kleinen Aufschubwege eine einfache Montage und Demontage, die auch hydraulisch erfolgen kann. Weiterhin ist durch den Aufschubweg eine feinfühlige Einstellung der Fugenpressung möglich.

Die Mechanismen der Drehmoment- und Biegemomentübertragung sind vergleichbar mit denen bei Zylinderpressverbindungen. Zusätzlich zu den bereits in DIN 7190 genannten Versagenskriterien tritt jedoch ein weiteres, nämlich das Abspringen der Nabe von der Welle bei vorzugsweise asymmetrischer Belastung der Nabe auf. Bei der Dimensionierung von Kegelpressverbindungen müssen die dafür geltenden Grenzbelastungen ebenso berücksichtigt werden, wie die Biegung bei der Haftmaßberechnung und die Schwingungsverschleißschädigung der Welle.

Der Festigkeitsnachweis der Welle wird analog DIN 743 durchgeführt.

## Änderungen

Gegenüber DIN 7190:2001-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Die Berechnungs- und Gestaltungsregeln wurden auf kegelige, selbsthemmende Pressverbindungen erweitert.
- b) Die allgemein für Pressverbindungen geltenden Grundgleichungen sind in DIN 7190:2001-02 enthalten. Nur die für Kegelpressverbände spezifischen Gleichungen sind hier explizit genannt.

## 1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt Gestaltungs- und Berechnungsgrundlagen für selbsthemmende, elastisch beanspruchte Kegelpressverbände mit einem Kegelverhältnis  $C \leq 1:20$  (d. h. 1:20; 1:40...) fest, deren Teile aus metallischen Werkstoffen bestehen. Sie gilt überwiegend für im Maschinenbau angewandte Pressverbände im Temperaturbereich von  $-40^{\circ}\text{C}$  bis  $+150^{\circ}\text{C}$ . Sie kann sinngemäß auch in anderen Fachgebieten (z. B. Feinwerktechnik) angewendet werden.

Zweck dieser Norm ist die Erhöhung der Zuverlässigkeit von kegeligen Pressverbänden, die Gestaltung der Welle und der Nabe sowie die Verringerung der Herstellkosten. Weiterhin werden Verfahrenshinweise für das Fügen gegeben

## 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 254, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Reihen von Kegeln und Kegelwinkeln — Werte für Einstellwinkel und Einstellhöhen*

DIN 743-1, *Tragfähigkeitsberechnung von Wellen und Achsen — Teil 1: Einführung, Grundlagen*

DIN 743-2, *Tragfähigkeitsberechnung von Wellen und Achsen — Teil 2: Formzahlen und Kerbwirkungszahlen*

DIN 743-3, *Tragfähigkeitsberechnung von Wellen und Achsen — Teil 3: Werkstoff-Festigkeitswerte*

DIN ISO 3040, *Technische Zeichnungen — Eintragung der Maße und Toleranzen für Kegel*

DIN 7178-3, *Kegeltoleranz- und Kegelpasssystem für Kegel von Verjüngung  $C = 1:3$  bis  $C = 1:500$  und Längen von 6 bis 630 mm*

DIN 7190, *Pressverbände — Berechnungsgrundlagen und Gestaltungsregeln*

DIN ISO 286, *ISO-System für Grenzmaße und Passungen — Grundlagen für Toleranzen, Abmaße und Passungen*

## 3 Zeichen , Benennungen und Einheiten

|             |                                             |    |
|-------------|---------------------------------------------|----|
| $a$         | Aufschubweg                                 | mm |
| $a_w$       | wirksamer Aufschubweg                       | mm |
| $A$         | Außenteil                                   | -  |
| $AT_\alpha$ | Winkeltoleranz                              | -  |
| $C$         | Kegelverhältnis                             | -  |
| $d$         | kleinster wirksamer Kegeldurchmesser        | mm |
| $D$         | größter wirksamer Kegeldurchmesser          | mm |
| $D_{Fm}$    | mittlerer Fugendurchmesser                  | mm |
| $D_{il}$    | Innendurchmesser des Innenteils             | mm |
| $D_{aA}$    | Außendurchmesser des Außenteils             | mm |
| $D_{bA}$    | Durchmesser der Axialbohrung im Außenteil   | mm |
| $D_{bl}$    | Durchmesser der Axialbohrung im Innenteil   | mm |
| $e_A$       | Exzentrizität der Axialbohrung im Außenteil | mm |

|                  |                                                                        |                   |
|------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| $e_I$            | Exzentrizität der Axialbohrung im Innenteil                            | mm                |
| $E$              | Elastizitätsmodul                                                      | N/mm <sup>2</sup> |
| $E_A$            | Elastizitätsmodul des Außenteils                                       | N/mm <sup>2</sup> |
| $E_I$            | Elastizitätsmodul des Innenteils                                       | N/mm <sup>2</sup> |
| $F_{ax}$         | Axialkraft                                                             | N                 |
| $F_{ax,I}$       | Lösekraft                                                              | N                 |
| $F_{bax}$        | asymmetrische Axialkraft                                               | N                 |
| $F_f$            | Fügekraft                                                              | N                 |
| $F_r$            | Radialkraft                                                            | N                 |
| $F_R$            | Rutschkraft (axial)                                                    | N                 |
| $F_u$            | Umfangskraft                                                           | N                 |
| $g_F$            | Glättungsfaktor $g_F$                                                  | -                 |
| $G$              | Glättung                                                               | µm                |
| $h$              | Hebelarm                                                               | mm                |
| $I$              | Innenteil                                                              | -                 |
| $K$              | Berechnungskonstante                                                   | -                 |
| $K_3$            | Geometrischer Größeneinflussfaktor                                     | -                 |
| $l_F$            | Länge der Fuge                                                         | mm                |
| $M_b$            | Biegemoment                                                            | Nmm               |
| $p$              | theoretischer Fugendruck                                               | N/mm <sup>2</sup> |
| $p_m$            | mittlerer theoretischer Fugendruck                                     | N/mm <sup>2</sup> |
| $Q_A$            | Durchmesser Verhältnis des Außenteils                                  | -                 |
| $Q_e$            | relative Exzentrizität                                                 | -                 |
| $Q_I$            | Durchmesser Verhältnis des Innenteils                                  | -                 |
| $R_{eLA}$        | untere Streckgrenze des Außenteils                                     | N/mm <sup>2</sup> |
| $R_{eLI}$        | untere Streckgrenze des Innenteils                                     | N/mm <sup>2</sup> |
| $R_{ZA}, R_{ZI}$ | gemittelte Rauhtiefe der Fügefläche des Außenteils bzw. des Innenteils | µm                |
| $S_p$            | Sicherheit gegen plastische Dehnung                                    | -                 |
| $S_R$            | Rutschsicherheit                                                       | -                 |
| $T$              | Drehmoment                                                             | Nmm               |
| $T_{max}$        | maximal wirkendes Drehmoment                                           | Nmm               |
| $T_{red}$        | reduziertes Rutschmoment                                               | Nmm               |
| $T_R$            | Rutschmoment                                                           | Nmm               |
| $U_n$            | nominelles Übermaß                                                     | µm                |
| $U_S$            | Durchmesserspiel                                                       | µm                |
| $U_w$            | wirksames Übermaß                                                      | µm                |
| $v_f$            | Einpressgeschwindigkeit                                                | mm/s              |
| $z$              | Längskoordinate                                                        | mm                |
| $\alpha$         | Kegelwinkel                                                            | -                 |
| $\beta$          | halber Kegelwinkel, Einstellwinkel                                     | -                 |
| $\beta_A$        | Einstellwinkel des Außenteils                                          | -                 |
| $\beta_I$        | Einstellwinkel des Innenteils                                          | -                 |
| $\gamma$         | Winkelfehler                                                           | °(Grad)           |
| $\delta$         | Schrägungswinkel der Verzahnung                                        | °(Grad)           |
| $\mu_A$          | Querdehnzahl des Außenteils                                            | -                 |

|            |                                              |                   |
|------------|----------------------------------------------|-------------------|
| $\mu_i$    | Querdehnzahl des Innenteils                  |                   |
| $\nu$      | Reibungszahl (allgemein)                     | -                 |
| $\nu_f$    | Reibungszahl beim Fügen                      |                   |
| $\nu_{rl}$ | Reibungszahl bei Rutschen in Längsrichtung   | -                 |
| $\nu_{ll}$ | Haftreibungszahl in Längsrichtung            |                   |
| $\nu_{ru}$ | Reibungszahl bei Rutschen in Umfangsrichtung | $\omega$          |
|            | Umfangsgeschwindigkeit                       | 1/s               |
| $\xi$      | bezogenes Übermaß                            | -                 |
| $\xi_m$    | mittleres bezogenes Übermaß                  | -                 |
| $\sigma_v$ | Vergleichsspannung                           | N/mm <sup>2</sup> |
| $\sigma_r$ | Radialspannung                               | N/mm <sup>2</sup> |
| $\sigma_t$ | Tangentialspannung                           | N/mm <sup>2</sup> |

## 4 Berechnung von kegeligen, selbsthemmenden Pressverbänden

### 4.1 Grundlagen

Die Berechnungsverfahren dieser Norm gelten für selbsthemmende kegelige Pressverbände mit gleicher axialer Länge von Innen- und Außenteil (siehe Bild 1).

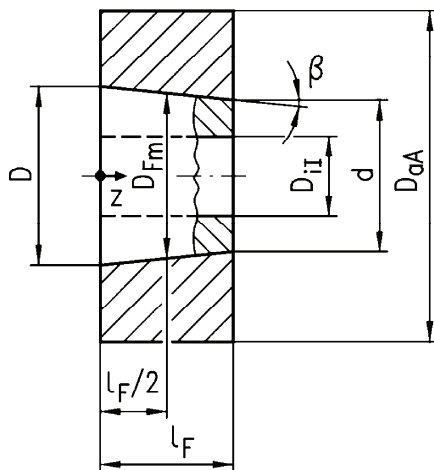


Bild 1 — Berechnungsmodell

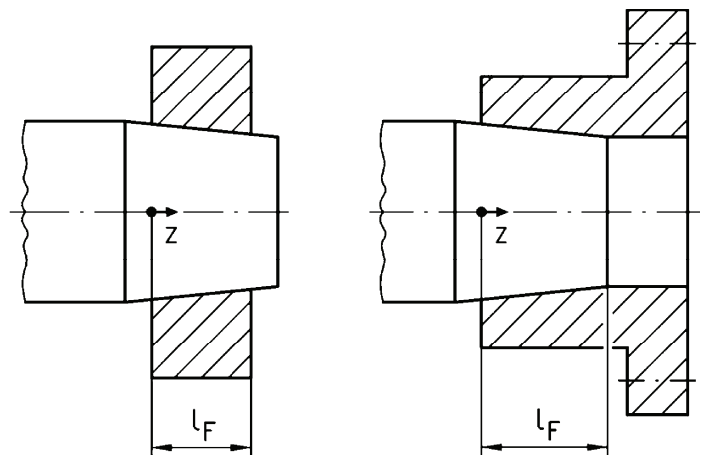


Bild 2 — Reale kegelige Pressverbände

Näherungsweise können die Berechnungsverfahren auch auf Pressverbände nach Bild 2 angewendet werden, wobei allerdings Spannungsüberhöhungen im Bereich der Nabenkante [1] nicht erfasst werden. Die Berechnungsverfahren für Kegelpressverbände weisen eine enge Verwandtschaft zu denen für Zylinderpressverbindungen auf. Die für Zylinderpressverbindungen geltenden Gleichungen können mit geringen Modifikationen näherungsweise auf Kegelpressverbindungen übertragen werden. Kegelpressverbände werden im Allgemeinen durch axiales Aufpressen gefügt. Die axialen Relativverschiebungen von Außen- und Innenteil führen zu Querdehnungen und damit zum Aufbau des Fugendrucks in der Wirkfläche. Ein Vorteil der Kegelpressverbände besteht darin, dass sich allein durch axiales Verschieben der Welle gegenüber der Nabe jede beliebige Fugenpressung erzielen lässt.

Nach DIN 254 wird die Neigung des Kegels durch das Kegelverhältnis (Verjüngung)  $C$  (z. B.  $C = 1:50$ ) angegeben.

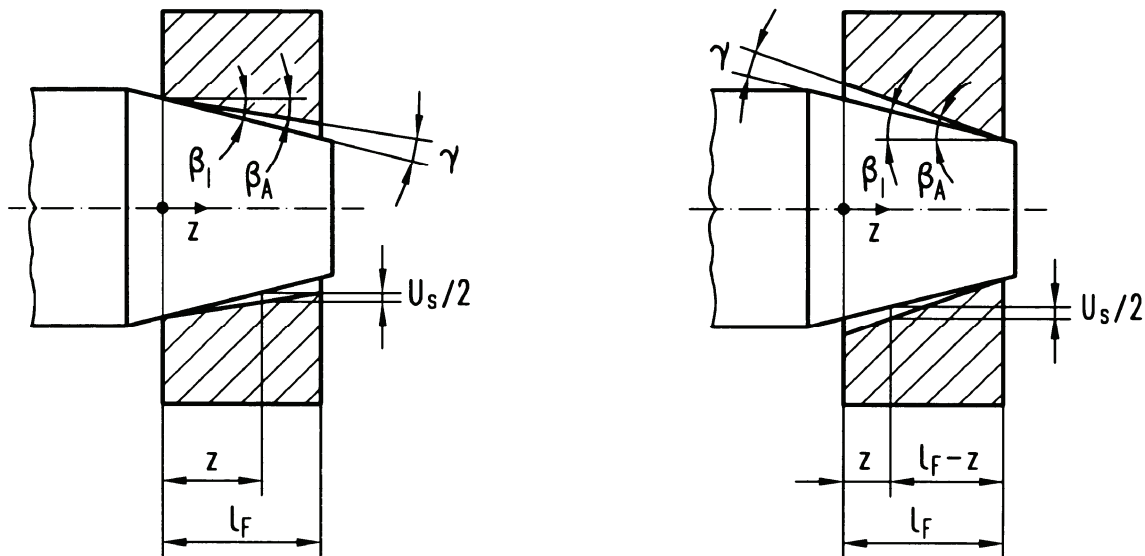
$$C = 1 : \frac{l_F}{D - d} = 1 : \frac{1}{2 \cdot \tan \beta} \quad (1)$$

Der halbe Kegelwinkel heißt Einstellwinkel  $\beta$ .

Wegen der immer auftretenden Fertigungsabweichungen müssen die Geometriefehler bei der Berechnung berücksichtigt werden. Ein für die Kraftübertragung bedeutender makrogeometrischer Fehler ist der Winkelfehler  $\gamma$  (siehe Bild 3) zwischen der Nabe und der Welle [2]

$$\gamma = |\beta_I - \beta_A| \quad (2)$$

Resultierend daraus ist nach Bild 3 zwischen oberer und unterer Anlage zu unterscheiden. Der Einfluss des Winkelfehlers auf das Übermaß lässt sich durch ein Durchmesserspiel  $U_s$  in die Berechnungen einbeziehen.



a) obere Anlage

b) untere Anlage

**Bild 3 — Obere und untere Anlage einer Kegelpressverbindung**

Bei kleinen Winkelfehlern und oberer Anlage gilt für das Durchmesserspiel an der Stelle  $z$

$$U_s(z) = 2 \cdot z \cdot \tan \gamma \quad (3)$$

und bei unterer Anlage entsprechend

$$U_s(z) = 2 \cdot (l_F - z) \cdot \tan \gamma \quad (4)$$

Da wegen der häufig vorkommenden dynamischen Belastungen die obere Anlage zu bevorzugen ist, wird im Weiteren nur diese behandelt. Mit dem aus der Kegelgeometrie und dem Aufschubweg  $a$  (Bild 4) resultierenden nominellen Übermaß

$$U_n = 2 \cdot a \cdot \tan \beta \quad (5)$$

und der Glättung  $G$

$$G = g_F \cdot (R_{ZA} + R_{ZI}) \quad (6)$$

(Sofern keine experimentellen Werte vorliegen, gilt  $g_F = 0,4$ ).

ergibt sich das wirksame Übermaß zu

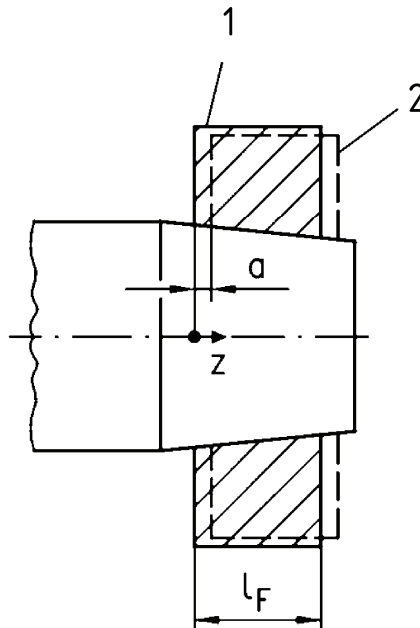
$$U_w(z) = U_n - U_s(z) - G \quad (7)$$

bzw.

$$U_w(z) = 2 \cdot [a_w \cdot \tan \beta - z \cdot \tan \gamma] \quad (8)$$

wobei  $a_w$  der wirksame Aufschubweg ist.

$$a_w = a - \frac{G}{2 \cdot \tan \beta} \quad (9)$$



#### Legende

- 1 nach dem Fügen
- 2 vor dem Fügen (Nabe aufgesteckt)

**Bild 4 — Aufschubweg  $a$  (schematisch)**

Für die Auslegung von Kegelpressverbänden werden die Durchmesserhältnisse  $Q_A(z)$  und  $Q_I(z)$  benötigt. Bei den hier betrachteten selbsthemmenden Kegelpressverbänden kann jedoch wegen des kleinen Kegelwinkels die Änderung des Fugendruckes entlang der Fugenlänge vernachlässigt und der Fugendruck durch den mittleren Wert ersetzt werden. Die Durchmesserhältnisse dafür lauten

$$Q_{A,m} = \frac{D_{Fm}}{D_{aA}} \quad (10)$$

$$Q_{l,m} = \frac{D_{ll}}{D_{Fm}} \quad (11)$$

mit dem mittleren Durchmesser (vergleiche Bild 1)

$$D_{Fm} = D - l_F \cdot \tan \beta \quad (12)$$

## 4.2 Berechnung rein elastisch beanspruchter kegeliger Pressverbände

In diesem Abschnitt werden die oben getroffenen Vereinfachungen beibehalten. Dabei ist zu beachten, dass bei Erreichen des Grenzwertes, d. h. *max. Vergleichsspannung im Querschnitt bei  $D_{Fm}$  = zutreffende Fließgrenze* bereits plastische Verformungen am Durchmesser  $D$  auftreten können. Diese sind aber praktisch zu vernachlässigen.

Für den mittleren Fugendruck  $p_m$  gelten unter Einbeziehung der Soll-Sicherheit gegen plastische Dehnung  $S_p$  die Ungleichungen nach Abschnitt 4.2.1 in DIN 7190. Das zur Ausbildung des Fugendruckes  $p_m$  erforderliche bezogene (wirksame) Übermaß  $\xi_m$  beträgt demnach

$$\xi_m = K \cdot \frac{p_m}{E_A} = \left[ \frac{E_A}{E_l} \cdot \left( \frac{1 + Q_{l,m}^2}{1 - Q_{l,m}^2} - \mu_l \right) + \frac{1 + Q_{A,m}^2}{1 - Q_{A,m}^2} + \mu_A \right] \cdot \frac{p_m}{E_A} \quad (13)$$

Bei gegebenem Fugendruck und mit  $\xi_m$  aus Gleichung 13 resultiert der wirksame Aufschubweg schließlich aus.

$$\xi_m = \frac{2}{D_{Fm}} \cdot \left( a_w \cdot \tan \beta - \frac{l_F}{2} \cdot \tan \gamma \right) \quad (14)$$

Damit das Außenteil eine Soll-Sicherheit  $S_{pA}$  gegen plastische Dehnungen aufweist, muss gelten

$$\xi_m \leq K \cdot \frac{1 - Q_{A,m}^2}{\sqrt{3} \cdot S_{pA}} \cdot \frac{R_{eLA}}{E_A} \quad (15)$$

und entsprechend für ein hohles Innenteil

$$\xi_m \leq K \cdot \frac{1 - Q_{l,m}^2}{\sqrt{3} \cdot S_{pl}} \cdot \frac{R_{eLI}}{E_A} \quad (16)$$

Mit Gleichungen (14) und (9) ist daraus der maximal zulässige Aufschubweg  $a$  zu berechnen.

Dabei sollten die Sollsicherheiten  $S_{pA}$  oder  $S_{pl}$  mindestens 1,3 betragen, damit bei der hydraulischen Demontage ( $p_{oi}$  muss größer  $p$  sein) kein plastisches Fließen auftritt (siehe auch Abschnitt 8.2.2)

Unter Einbeziehung der kegeligen Wirkflächen berechnet sich das Rutschmoment ( $S_R = 1$ ) zu

$$T_R = \frac{\pi}{2 \cdot \cos \beta} \cdot l_F \cdot D_{Fm}^2 \cdot p_m \cdot \nu_{ru} \cdot \sqrt{1 - \left( \frac{\tan \beta}{\nu_{rl}} \right)^2} \quad (17)$$

Im Allgemeinen kann vereinfachend angenommen werden, dass die Reibungszahlen in Längs- und Umfangsrichtung gleich groß sind. Für die maximal übertragbare zentrische Axialkraft ( $S_R = 1$ ), die zugleich auch als Lösekraft ( $l$ ) bezeichnet werden kann, gilt