

DIN 7190-1

ICS 17.040.10; 21.120.10

Mit DIN 7190-2:2017-02
Ersatz für
DIN 7190:2001-02

**Pressverbände –
Teil 1: Berechnungsgrundlagen und Gestaltungsregeln für zylindrische
Pressverbände**

Interference fits –

Part 1: Calculation and design rules for cylindrical self-locking pressfits

Assemblages frettés –

Partie 1: Bases de calculs et règles de construction pour assemblages frettés cylindrique
autoadhérent

Gesamtumfang 47 Seiten

DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM)

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Symbole und Abkürzungen	5
3.1 Symbole	5
3.2 Indizes	7
4 Berechnung von Pressverbänden	7
4.1 Grundlagen	7
4.2 Berechnung rein elastisch beanspruchter Pressverbände	10
4.3 Berechnung elastisch-plastisch beanspruchter Pressverbände	11
5 Haftbeiwerte von Pressverbänden	15
5.1 Allgemeines	15
5.2 Haftbeiwerte für Längspressverbände	16
5.3 Haftbeiwerte für Querpressverbände	16
6 Gestaltung von Pressverbänden	16
6.1 Allgemeines	16
6.2 Allgemeine Gestaltungsregeln	16
6.3 Gestaltungsregeln für schwingend beanspruchte Pressverbände	17
7 Angaben in technischen Unterlagen	19
8 Fügen von Pressverbänden	21
8.1 Fügen von Längspressverbänden	21
8.2 Thermisches Fügen von Querpressverbänden	22
9 Hinweise für die Herstellung von Pressverbänden	23
9.1 Allgemeingültige Hinweise	23
9.2 Herstellen von Pressverbänden durch Einpressen	23
9.3 Herstellen von Pressverbänden durch Schrumpfen und/oder Dehnen	25
10 Besondere Hinweise	27
10.1 Nachweis der Gestaltfestigkeit	27
10.2 Beanspruchung durch Fliehkraft	27
10.3 Prüfbescheinigung	28
10.4 Kennzeichnung	28
Anhang A (informativ) Berechnungsbeispiele	30
A.1 Rein elastische Auslegung eines Pressverbandes bei gegebenem Fugendruck p	30
A.2 Rein elastische Auslegung eines Pressverbandes bei gegebenem Übermaß U	30
A.3 Rein elastische Auslegung eines Pressverbandes bei gegebenem Fugendruck p	31
A.4 Rein elastische Auslegung eines Pressverbandes bei gegebenem Übermaß U	31
A.5 Elastisch-plastische Auslegung eines Pressverbandes bei gegebenem Fugendruck p	32
A.6 Nachrechnung eines elastisch-plastischen Pressverbandes bei vorgegebenem Übermaß U	33
A.7 Geometrie- und Werkstoffdaten wie im Beispiel A.1	34
Anhang B (informativ) Verfahren zur iterativen Berechnung des dimensionslosen Plastizitätsdurchmessers ζ	35
Anhang C (informativ) Beispiel Abnahmeprüfzeugnis	36
Anhang D (informativ) Erläuterungen	38
Literaturhinweise	46

Vorwort

Diese Norm wurde vom Arbeitsausschuss NA 060-34-32 AA „Wellen und Welle-Nabe-Verbindungen“ im Fachbereich „Antriebstechnik“ des DIN-Normenausschusses Maschinenbau (NAM) erarbeitet.

Dieses Dokument beinhaltet die überarbeitete Fassung der DIN 7190:2001-02. Die neue DIN 7190-2 erweitert den Anwendungsbereich dieser Reihe auf kegelige, selbsthemmende Pressverbindungen. Sie bietet damit eine Berechnungsgrundlage für diese Pressverbindungen, die insbesondere aus Montagegründen bei größeren Wellendurchmessern an Bedeutung gewinnen.

Die in der bisherigen Ausgabe DIN 7190:2001-02 enthaltenen Berechnungsgleichungen zur elastisch plastischen Auslegung von Pressverbänden wurden beibehalten. Lediglich der Glättungsfaktor wurde halbiert, da die praktischen Erfahrungen wie auch neuere Forschungsergebnisse zeigen, dass die bisherige Vorgehensweise zu konservativ war.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. DIN [und/oder die DKE] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Änderungen

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

- a) die Norm wurde in zwei Teile untergliedert. DIN 7190-1 ersetzt inhaltlich DIN 7190:2001-02. DIN 7190-2 erweitert den Anwendungsbereich auf kegelige, selbsthemmende Pressverbindungen;
- b) das Dokument wurde redaktionell überarbeitet;
- c) die Normativen Verweisungen wurden aktualisiert;
- d) der Glättungsfaktor wurde aufgrund von Erfahrungswerten von 0,8 auf 0,4 reduziert.

Frühere Ausgaben

DIN 7182-3: 1942-06, 1977-08

DIN 7190: 1943-08, 1977-08, 1981-03, 1988-07, 2001-02

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt Berechnungsgrundlagen für Pressverbände mit zylindrischen Wirkflächen fest, deren Teile aus metallischen Werkstoffen bestehen. Diese Norm gilt überwiegend für den Maschinenbau. Sie kann sinngemäß auch in anderen Fachgebieten (z. B. Feinwerktechnik) angewendet werden.

Zweck dieser Norm ist die Erhöhung der Zuverlässigkeit von Pressverbänden und die Verringerung der Herstellkosten.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, 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 743-1, *Tragfähigkeitsberechnung von Wellen und Achsen — Teil 1: 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 EN 10052, *Begriffe der Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen*

DIN EN ISO 286-1, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — ISO-Toleranzsystem für Längenmaße — Teil 1: Grundlagen für Toleranzen, Abmaße und Passungen*

DIN EN ISO 1101, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Geometrische Tolerierung — Tolerierung von Form, Richtung, Ort und Lauf*

DIN EN ISO 1302, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Angabe der Oberflächenbeschaffenheit in der technischen Produktdokumentation*

DIN EN ISO 4287, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Oberflächenbeschaffenheit: Tastschnittverfahren — Benennungen, Definitionen und Kenngrößen der Oberflächenbeschaffenheit*

DIN EN ISO 6892-1, *Metallische Werkstoffe — Zugversuch — Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur*

3 Symbole und Abkürzungen

3.1 Symbole

Symbol	Benennung	Einheit
A	Bruchdehnung	%
a	axialer Überstand	mm
b	Bohrungsabsatz	mm
A_o	oberes Abmaß des Fugendurchmessers D_F	mm
A_u	unteres Abmaß des Fugendurchmessers D_F	mm
D_a	Außendurchmesser	mm
D_i	Innendurchmesser	mm
D_F	Durchmesser der Fuge (Nennmaß)	mm
D_P	Plastizitätsdurchmesser	mm
D_w	Durchmesser bei Wellenabsatz	mm
E	Elastizitätsmodul	N/mm ²
e	Basis der natürlichen Logarithmen (Eulersche Zahl)	—
F_{ax}	übertragbare Axialkraft	N
F_e	Einpresskraft	N
g_F	Glättungsfaktor	—
K	Hilfsgröße für Auslegung elastischer Pressverbände	—
l_F	Länge der Fuge	mm
l_e	Länge der Einpressfase	mm
n	Drehzahl	1/s
p	Fugendruck im Stillstand	N/mm ²
p_n	Fugendruck bei Drehzahl n	N/mm ²
p_{PA}	Grenzfugendruck für vollplastisches Außenteil	N/mm ²
p_{PI}	Grenzfugendruck für vollplastisches Innenteil	N/mm ²
Q	Durchmesserverhältnis	—
q_A	Ringfläche des Außenteils	mm ²
q_{PA}	plastisch beanspruchte Ringfläche des Außenteils	mm ²
R_a	Arithmetischer Mittenrauwert	µm
R_{eL}	untere Streckgrenze	N/mm ²
$R_{p,0,2}$	0,2-%-Dehngrenze	N/mm ²
R_z	gemittelte Rautiefe der Fügefläche	µm
r	Übergangsradius	mm

Symbol	Benennung	Einheit
S_p	Sicherheit gegen plastische Dehnung (Sollwert)	—
S_r	Sicherheit gegen Rutschen (Sollwert)	—
T	Übertragbares Drehmoment	Nmm
u	Umfangsgeschwindigkeit der Außenkontur des Außenteils	mm/s
u_{ab}	Umfangsgeschwindigkeit der Außenkontur des Außenteils, bei der Außenteil abhebt	mm/s
U	Übermaß	mm
U_i	Istübermaß	mm
U_{max}	größtes fügbares Übermaß	mm
U_g	Höchstübermaß	mm
$U_{s\vartheta}$	Fügespiel	mm
U_k	Mindestübermaß	mm
U_F	Übermaß beim Fügen	mm
U_w	wirksames Übermaß	mm
Z	Brucheinschnürung	%
α	Längenausdehnungskoeffizient	1/°C
ζ	bezogener Plastizitätsdurchmesser	—
ζ_{zul}	zulässiger bezogener Plastizitätsdurchmesser des Außenteils	—
ϑ_A	Temperatur des Außenteils beim Fügen	°C
ϑ_{Aerf}	erforderliche Temperatur des Außenteils beim Fügen	°C
ϑ_{Azul}	zulässige Temperatur des Außenteils beim Fügen	°C
ϑ_I	Temperatur des Innenteils beim Fügen	°C
ϑ_R	Raumtemperatur	°C
μ	Querdehnzahl	—
ν	Haftbeiwert (allgemein)	—
ν_l	Haftbeiwert bei Lösen	—
ν_r	Haftbeiwert bei Rutschen	—
ξ_w	bezogenes wirksames Übermaß	—
ρ	Dichte	kg/dm ³
φ	Fasenwinkel	grad

3.2 Indizes

Index	Benennung
A	Außenteil
I	Innenteil
l	in Längsrichtung
u	in Umfangsrichtung

4 Berechnung von Pressverbänden

4.1 Grundlagen

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

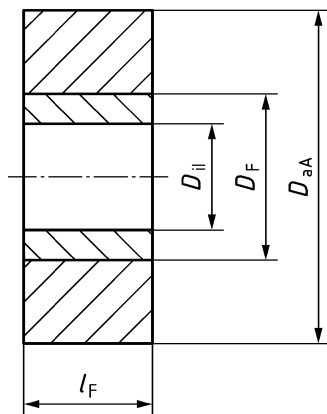


Bild 1 — Berechnungsmodell

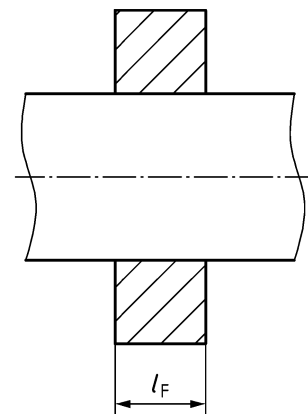


Bild 2 — Realer Pressverband

Näherungsweise können die Berechnungsverfahren auch auf Pressverbände nach Bild 2 angewendet werden, wobei allerdings Spannungsüberhöhungen im Bereich der Nabenkante [1], [15] nicht erfasst werden.

Beim Fugendruck p im Stillstand, der Soll-Sicherheit S_r gegen Rutschen und dem Haftbeiwert ν_{ru} (vgl. hierzu Abschnitt 5) beträgt das übertragbare Drehmoment

$$T = \frac{\pi}{2} D_F^2 l_F \nu_{ru} \frac{p}{S_r} \quad (1)$$

Für die übertragbare Axialkraft gilt

$$F_{ax} = \pi D_F l_F \nu_{rl} \frac{p}{S_r} \quad (2)$$

Der Durchmesser D_F der Fügefläche ist das Nennmaß der zu fügenden Teile des Pressverbandes. Aus den Istmaßen D_{iA} und D_{aI} ergibt sich das Istübermaß

$$U_i = |D_{iA} - D_{aI}| \quad (3)$$

Für Innen- und Außenteil werden im allgemeinen Passungen mit den oberen Abmaßen A_{oA} , A_{oI} und den unteren Abmaßen A_{uA} , A_{uI} festgelegt. Dann gilt bei gleichem Nennmaß für Welle und Nabe für das Höchstübermaß

$$U_g = A_{oI} - A_{uA} > 0 \quad (4)$$

und für das Mindestübermaß

$$U_k = A_{uI} - A_{oA} > 0 \quad (5)$$

Das Istübermaß liegt im Bereich

$$U_k \leq U_i \leq U_g \quad (6)$$

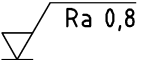
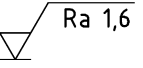
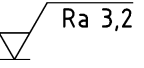
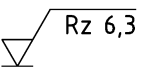
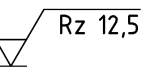
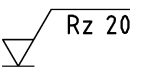
Infolge der Glättung von Rauheitsspitzen beim Fügen steht im gefügten Zustand nur noch das wirksame Übermaß U_w zur Verfügung. Sofern keine experimentellen Werte vorliegen, gilt für Längs- und Querpressverbände mit dem Glättungsfaktor $g_F = 0,4$

$$U_w = U - 0,4(Rz_A + Rz_I) \quad (7)$$

Je nach Anwendung ist für U das Mindest-, Höchst- oder Istübermaß einzusetzen.

Sind Zahlenwerte für den arithmetischen Mittelwert der Profilordinaten Ra (früher arithmetischer Mittenrauwert Ra) nach DIN EN ISO 4287 vorgegeben, so können hierfür die nach Tabelle 1 ermittelten Mittelwerte der größten Höhendifferenz des Profils Rz (gemittelte Rautiefe Rz) eingesetzt werden.

Tabelle 1 — Vergleich der arithmetischen Mittenrauwerte Ra mit der gemittelten Rautiefe Rz ; Zeichnungseintragung nach DIN EN ISO 1302

Ra in μm			
Rz in μm von	3,15	6,3	12,5
bis	10	20	31,5
Gemittelte Rautiefe Rz in μm			

Hinweise für die Berechnung der fügbaren Passung von Querpressverbänden werden in Abschnitt 8 gegeben.

Je nach Höhe der Beanspruchungen von Außen- und Innenteil infolge des Fügens wird zwischen rein elastischen, elastisch-plastischen und vollplastischen Pressverbänden unterschieden. Bei rein elastischen Pressverbänden sind im Innen- und Außenteil keine plastischen Dehnungen möglich. Bei elastisch-plastischen Pressverbänden treten im Innen- und/oder Außenteil elastisch sowie plastisch beanspruchte Bereiche auf. Bei vollplastischen Pressverbänden können im Innen- und/oder Außenteil unbegrenzte plastische Dehnungen auftreten, weswegen vollplastisch beanspruchte Pressverbände nicht zulässig sind.

Für die in dieser Norm aufgeführten Berechnungen wird als Grenzfestigkeit des Werkstoffes die untere Streckgrenze R_{eL} verwendet. Bei verfestigenden Werkstoffen ist R_{eL} durch $R_{p0,2}$ zu ersetzen, sofern ausreichende Verformbarkeit des Werkstoffes vorliegt. Zur Beurteilung der Verformbarkeit können die nach DIN EN ISO 6892-1 ermittelten Kennwerte Bruchdehnung A und Brucheinschnürung Z herangezogen werden.

Als Richtwerte für ausreichende Verformbarkeit gelten

$$A \geq 10 \% \quad (8)$$

$$Z \geq 30 \% \quad (9)$$

Werden diese Richtwerte unterschritten, so muss mit sprödem Werkstoffverhalten gerechnet werden, bei dem nur eine rein elastische Auslegung zulässig ist.

Für die Auslegung von Pressverbänden werden die Durchmesserhältnisse

$$Q_A = \frac{D_F}{D_{aA}} \quad (10)$$

$$Q_I = \frac{D_{il}}{D_F} \quad (11)$$

und das bezogene wirksame Übermaß

$$\xi_w = \frac{U_w}{D_F} \quad (12)$$

benötigt.

Bei der Auslegung von Pressverbänden treten zwei Rechengänge auf:

Rechengang 1:

Fugendruck p gegeben, wirksames Übermaß U_w bzw. Übermaß U gesucht.

Rechengang 2:

Übermaß U bzw. wirksames Übermaß U_w gegeben, Fugendruck p gesucht.

In beiden Rechengängen wird zunächst geprüft, ob die vorgegebenen Rechengrößen (Rechengang 1: Fugendruck p ; Rechengang 2: Übermaß U bzw. wirksames Übermaß U_w) auf zulässige Beanspruchungen im Innen- und Außenteil führen. Anschließend werden die gesuchten Bestimmungsgrößen berechnet.

4.2 Berechnung rein elastisch beanspruchter Pressverbände

4.2.1 Allgemeines

Für die Berechnung wird die Hilfsgröße

$$K = \frac{E_A}{E_I} \left(\frac{1 + Q_I^2}{1 - Q_I^2} - \mu_I \right) + \frac{1 + Q_A^2}{1 - Q_A^2} + \mu_A \quad (13)$$

eingeführt. Bei vollem Innenteil ($Q_I = 0$) gilt

$$K = \frac{E_A}{E_I} (1 - \mu_I) + \frac{1 + Q_A^2}{1 - Q_A^2} + \mu_A \quad (14)$$

Für den Fall, dass $Q_I = 0$, $E_A = E_I$ und $\mu_A = \mu_I$ sind, braucht K nicht berechnet zu werden (vgl. Gleichungen (19) und (25)).

4.2.2 Rechengang 1 für vorgegebenen Fugendruck p

Damit eine Soll-Sicherheit S_p gegen plastische Dehnung sicherzustellen ist, muss gelten:

für das Außenteil

$$p \leq \frac{1 - Q_A^2}{\sqrt{3} S_{pA}} R_{eLA} \quad (15)$$

für ein hohles Innenteil ($Q_I > 0$)

$$p \leq \frac{1 - Q_I^2}{\sqrt{3} S_{pI}} R_{eLI} \quad (16)$$

für ein volles Innenteil ($Q_I = 0$)

$$p \leq \frac{2 R_{eLI}}{\sqrt{3} S_{pI}} \quad (17)$$

Das für die Ausbildung des Fugendruckes p erforderliche bezogene wirksame Übermaß ξ_w beträgt

$$\xi_w = K \frac{p}{E_A} \quad (18)$$

Daraus folgt mit den Gleichungen (7) und (12) das zulässige Übermaß U .

Für den Sonderfall, dass bei einem vollen Innenteil die Elastizitätskonstanten mit denen des Außenteils übereinstimmen ($E_I = E_A = E; \mu_A = \mu_I = \mu$), entfällt die Berechnung der Hilfsgröße K nach Gleichung (13), und Gleichung (18) wird ersetzt durch

$$\xi_w = \frac{2}{1 - Q_A^2} \frac{p}{E} \quad (19)$$

4.2.3 Rechengang 2 für vorgegebenes Übermaß U

Aus dem vorgegebenen Übermaß U werden nach Gleichung (7) das wirksame Übermaß U_w und aus diesem nach Gleichung (12) das bezogene wirksame Übermaß ξ_w berechnet.

Damit das Außenteil eine Soll-Sicherheit S_p gegen plastische Dehnung aufweist, muss gelten

$$\xi_w \leq K \frac{1 - Q_A^2}{\sqrt{3} S_{pA}} \frac{R_{eLA}}{E_A} \quad (20)$$

und entsprechend für ein hohles Innenteil

$$\xi_w \leq K \frac{1 - Q_I^2}{\sqrt{3} S_{pI}} \frac{R_{eLI}}{E_A} \quad (21)$$

Falls ein volles Innenteil die gleichen Elastizitätskonstanten aufweist wie das Außenteil ($E_A = E_I = E$; $\mu_A = \mu_I = \mu$), treten an die Stelle von Gleichung (20)

$$\xi_w \leq \frac{2 R_{eLA}}{\sqrt{3} S_{pA} \cdot E} \quad (22)$$

und von Gleichung (21) unter Berücksichtigung der Gleichungen (17) und (19)

$$\xi_w \leq \frac{4 R_{eLI}}{\sqrt{3} (1 - Q_A^2) S_{pI} \cdot E} \quad (23)$$

Damit eine elastische Beanspruchung von Außen- und Innenteil vorliegt, müssen die beiden Bedingungen (20) und (21) bzw. (22) und (23) erfüllt sein.

Der zum bezogenen wirksamen Übermaß ξ_w gehörende Fugendruck p wird berechnet aus

$$p = \frac{\xi_w E_A}{K} \quad (24)$$

Bei einem vollen Innenteil und gleichen Elastizitätskonstanten ($E_I = E_A = E$; $\mu_A = \mu_I = \mu$) wird hieraus

$$p = \frac{1 - Q_A^2}{2} E \xi_w \quad (25)$$

4.3 Berechnung elastisch-plastisch beanspruchter Pressverbände

4.3.1 Allgemeines

In der vorliegenden Norm wird für elastisch-plastisch beanspruchte Pressverbände ein einfaches, in seinem Anwendungsbereich eingeschränktes Berechnungsverfahren angegeben, für dessen Anwendung die folgenden Voraussetzungen erfüllt sein müssen:

- das Innenteil muss voll sein ($Q_I = 0$);
- Innen- und Außenteil müssen gleiche Elastizitätskonstanten aufweisen ($E_I = E_A = E$; $\mu_A = \mu_I = \mu$).

Für Pressverbände, bei denen die Voraussetzungen a) und/oder b) nicht zutreffen, sind Auslegungsverfahren in [2], [3] angegeben.

Bei einem vollen Innenteil kann im Gegensatz zum Außenteil eine elastisch-plastische Beanspruchung nicht entstehen. Ein volles Innenteil ist entweder rein elastisch oder vollplastisch beansprucht.

4.3.2 Rechengang 1 für vorgegebenen Fugendruck p

Damit das Außenteil elastisch-plastisch beansprucht wird und die Soll-Sicherheit S_{PA} gegen vollplastische Beanspruchung eingehalten wird, muss der Fugendruck im Bereich liegen

$$\frac{1}{\sqrt{3}}(1 - Q_A^2) R_{eLA} < p \leq \frac{p_{PA}}{S_{PA}} \quad (26)$$

Der Grenzfugendruck p_{PA} bei vollplastischer Beanspruchung des Außenteils folgt aus den Gleichungen

$$p_{PA} = 2 R_{eLA} / \sqrt{3} \text{ für } Q_A < 1/e \approx 0,368 \quad (27)$$

$$p_{PA} = -2 R_{eLA} \ln Q_A / \sqrt{3} \text{ für } Q_A \geq 0,368 \quad (28)$$

Damit das Innenteil nicht vollplastisch beansprucht wird, muss gelten

$$p \leq \frac{p_{PI}}{S_{PI}} \quad (29)$$

mit dem Grenzfugendruck p_{PI} der vollplastischen Beanspruchung des Innenteils

$$p_{PI} = \frac{2}{\sqrt{3}} R_{eLI} \quad (30)$$

Häufig ist durch die Anschlussteile eine ausreichende Verformungsbehinderung des Innenteils gegeben, so dass mit einer geringeren Soll-Sicherheit S_{PI} gegen uneingeschränkte plastische Verformung als beim Außenteil gerechnet werden kann ($S_{PI} < S_{PA}$) [4].

Bei elastisch-plastischer Beanspruchung bildet sich im Außenteil eine innenliegende plastische Zone, die von der außenliegenden elastischen Restzone durch eine Zylinderfläche vom Plastizitätsdurchmesser D_{PA} getrennt wird (siehe Bild 3).

Der bezogene Plastizitätsdurchmesser

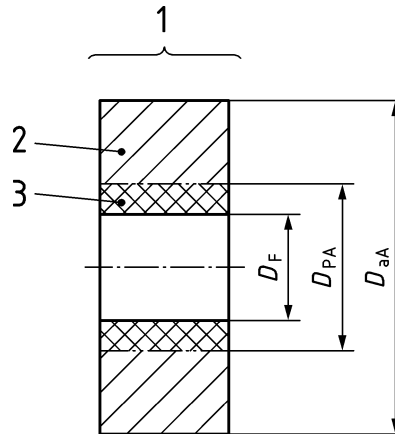
$$\zeta = \frac{D_{PA}}{D_F} \quad (31)$$

wird durch Auflösen der transzendenten Gleichung

$$2 \ln \zeta - (Q_A \zeta)^2 + 1 - \sqrt{3} \frac{p}{R_{eLA}} = 0 \quad (32)$$

bestimmt. Der bezogene Plastizitätsdurchmesser ζ muss der Bedingung genügen

$$1 \leq \zeta \leq \frac{1}{Q_A} \quad (33)$$



Legende

- 1 Außenteil
- 2 Elastischer Bereich
- 3 Plastischer Bereich

Bild 3 — Elastisch-plastisch beanspruchte Nabe

Ein Näherungsverfahren für die Berechnung von ζ wird im Anhang B angegeben.

Das für den vorgegebenen Fugendruck p erforderliche bezogene wirksame Übermaß ξ_w (vgl. Gleichung (12)) ergibt sich zu

$$\xi_w = \frac{2}{\sqrt{3}} \zeta^2 \frac{R_{eLA}}{E} \quad (34)$$

Schließlich ist noch der Anteil der plastisch beanspruchten Ringfläche q_{PA} am gesamten Querschnitt q_A des Außenteils zu überprüfen

$$\frac{q_{PA}}{q_A} = \frac{(\zeta^2 - 1) Q_A^2}{1 - Q_A^2} \quad (35)$$

Bei hochbeanspruchten Pressverbänden im Maschinenbau sollte der Erfahrungswert

$$\frac{q_{PA}}{q_A} = 0,30 \text{ nicht überschritten werden.}$$

4.3.3 Rechengang 2 für vorgegebenes Übermaß U

Aus dem vorgegebenen Übermaß U werden nach Gleichung (7) das wirksame Übermaß U_w und aus diesem nach Gleichung (12) das bezogene wirksame Übermaß ξ_w berechnet. Sofern

$$(1 - Q_A^2) \frac{R_{eLA}}{2} \geq R_{eLI} \quad (36)$$

gilt, ist eine elastisch-plastische Auslegung des Pressverbandes nicht möglich, weil das Innenteil bei einem Übermaß vollplastisch wird, bei dem das Außenteil noch rein elastisch beansprucht wird.

Für die weitere Rechnung sind zwei Fälle zu unterscheiden:

Fall 1:

Es gilt

$$\frac{p_{PI}}{S_{PI}} \leq \frac{p_{PA}}{S_{PA}} \quad (37)$$

mit dem Grenzfugendruck p_{PI} der vollplastischen Beanspruchung des Innenteils nach Gleichung (30) und dem Grenzfugendruck p_{PA} der vollplastischen Beanspruchung des Außenteils nach Gleichung (28). Dann wird der zulässige bezogene Plastizitätsdurchmesser ζ_{zul} des Außenteils durch Auflösen der transzendenten Gleichung (32) mit

$$p = \frac{p_{PI}}{S_{PI}} \quad (38)$$

bestimmt.

Fall 2:

Es gilt

$$\frac{p_{PA}}{S_{PA}} < \frac{p_{PI}}{S_{PI}} \quad (39)$$

Dann wird der zulässige bezogene Plastizitätsdurchmesser ζ_{zul} des Außenteils durch Auflösen der transzendenten Gleichung (32) mit

$$p = \frac{p_{PA}}{S_{PA}} \quad (40)$$

bestimmt.

Die weitere Rechnung wird für die Fälle 1 und 2 gemeinsam durchgeführt. Damit das Außenteil elastisch-plastisch beansprucht wird und die Ist-Sicherheit gegen vollplastische Beanspruchung mindestens gleich der Soll-Sicherheit für das Innenteil im Fall 1 bzw. für das Außenteil im Fall 2 ist, muss das bezogene wirksame Übermaß ξ_w im Bereich nach Gleichung (41) liegen.

$$\frac{2}{\sqrt{3}} \frac{R_{eLA}}{E} < \xi_w < \frac{2}{\sqrt{3}} \zeta_{zul}^2 \frac{R_{eLA}}{E} \quad (41)$$

Der linke Term der Ungleichung (41) stellt die Bedingung für elastisch-plastische Beanspruchung des Außenteils dar. Sofern $\xi_w < 2 R_{eLA}/(\sqrt{3} E)$ ist, liegt ein rein elastisch beanspruchtes Außenteil vor, und es ist 4.2.3 anzuwenden.

Der sich bei dem bezogenen wirksamen Übermaß ξ_w einstellende bezogene Plastizitätsdurchmesser ζ des Außenteils beträgt

$$\zeta = \sqrt{\frac{\sqrt{3} \xi_w E}{2 R_{eLA}}} = 0,931 \sqrt{\frac{\xi_w E}{R_{eLA}}} \quad (42)$$

Der zugehörige Fugendruck ergibt sich aus

$$p = \frac{R_{eLA}}{\sqrt{3}} [1 + 2 \ln \zeta - (Q_A \zeta)^2] \quad (43)$$

Abschließend ist nachzuweisen, dass die Bedingung

$$\frac{q_{PA}}{q_A} \leq 0,3$$

(vgl. Gleichung (35)) eingehalten und der zugehörige Erfahrungswert beachtet wird (siehe auch [21]).

Es können auch eine rein elastische (z. B. bei einer Höchstpassung) mit einer elastisch-plastischen Auslegung (z. B. bei einer Mindestpassung) kombiniert werden. Die Auslegung bei elastischer Beanspruchung erfolgt nach 4.2 und bei elastisch-plastischer nach 4.3 dieser Norm.

5 Haftbeiwerte von Pressverbänden

5.1 Allgemeines

Der Haftbeiwert ν_l ist das Verhältnis der gemessenen Lösekraft zu der errechneten Normalkraft in der Fuge. Der Haftbeiwert ν_r ist das Verhältnis der gemessenen Rutschkraft zu der errechneten Normalkraft in der Fuge. Die Haftbeiwerte ν sind von den Reibungszahlen (haftende oder gleitende Reibung) zu unterscheiden, bei denen an die Stelle der errechneten die gemessene Normalkraft tritt. Die Haftbeiwerte sind verschieden beim Wirken der Löse- bzw. Rutschkraft in Längs- oder Umfangsrichtung (vgl. auch [22]). Die Kennzeichnung der Haftbeiwerte erfolgt nach Tabelle 2 durch zwei Indizes.

Tabelle 2 — Kennzeichnung von Haftbeiwerten

	Lösen	Rutschen
Umfangsrichtung	ν_{lu}	ν_{ru}
Längsrichtung	ν_{ll}	ν_{rl}

Es ist zu unterscheiden, ob Haftbeiwerte an Längs- oder Querpressverbänden ermittelt werden. Haftbeiwerte hängen von folgenden Einflussgrößen ab:

- Werkstoffpaarung von Innen- und Außenteil,
- Rauheiten der Fügeflächen,
- Zustand der Fügeflächen vor dem Fügen (geschmiert, ungeschmiert),
- Beanspruchung von Innen- und Außenteil (rein elastisch oder elastisch-plastisch).

Infolge der Reibvorgänge in der Fuge unterliegen die Haftbeiwerte statistischen Schwankungen. Die in den folgenden Tabellen angegebenen Haftbeiwerte stellen deshalb Richtwerte dar. Sie liegen auf der sicheren Seite. Sie können durch experimentell bestimmte Werte ersetzt werden.

Bei den Haftbeiwerten ist ferner zu unterscheiden, ob sie bei zügiger oder schwingender Beanspruchung ermittelt werden. Haftbeiwerte für schwingende Beanspruchung siehe [5] und [16].