

# Grundlagen - Berechnung

Die Berechnung der im Katalog angegebenen Werte basiert auf folgenden Annahmen und Vereinfachungen:

## Übertragbares Moment

Eine Schrumpfscheibenverbindung ist in der Lage Drehmoment, Biegemoment und Axialkraft aufzunehmen. Ersatzweise wird das übertragbare Moment  $M_{max}$  in den Produktdaten angegeben. Treten derartige Lasten gleichzeitig auf, müssen diese zu einem resultierenden Moment  $M_{res}$  vektoriell addiert werden.

Für das resultierende Moment gilt:

$$M_{res} \leq M_{max}$$

Bei unterschiedlichen Lastfällen sind diese einzeln gegen  $M_{max}$  zu überprüfen!

$M_{res}$  wird für kombinierte Lasten wie folgt ermittelt:

$$M_{res} = \sqrt{M_T^2 + M_B^2 + (F_{AX} \frac{d_W}{2})^2}$$

mit  $M_B \leq 0,3 M_T$  als Grenze\* für das Biegemoment

\*Prinzipiell entspricht das maximale Biegemoment dem maximal übertragbaren Moment. Die Begrenzung auf  $0,3 M_T$  ist durch die Änderung der Flächenpressung an den Rändern der Verbindung begründet. (Siehe auch unter „Biegemoment“)

Daraus ergeben sich folgende Zusammenhänge:

Nur Drehmoment:

Das maximale Drehmoment ist mit  $M_{max}$  gleichzusetzen.

Nur Biegemoment:

Das maximale Biegemoment entspricht  $0,3 M_T$ .

Nur Axialkraft:

Die maximale Axialkraft beträgt  $M_{max} \frac{2}{d_W}$ .

Für sehr schmale Schrumpfscheiben (3073) gilt abweichend:

$$M_B \leq 0,2 M_T$$

Je nach Anwendung sind zusätzliche Sicherheitsfaktoren für die Einzellasten zu berücksichtigen!

## Berechnung der übertragbaren Momente und Kräfte

Die Katalogdaten beziehen sich jeweils auf einen vorgegebenen Wellendurchmesser, der angestrebt werden sollten. Liegt der Wellendurchmesser zwischen zwei Größen, sollte die größere Schrumpfscheibe gewählt werden. Davon kann innerhalb gewisser Grenzen natürlich abgewichen werden, dabei müssen aber die vorgegebenen Toleranzen und Oberflächen-Rauheiten berücksichtigt werden.

Wellendurchmesser und übertragbares Moment verhalten sich annähernd proportional. Das übertragbare Moment wird also mit zunehmendem Wellendurchmesser größer und umgekehrt. Im Gegensatz dazu ändert sich die übertragbare Axialkraft nur geringfügig. Dies liegt aber nicht am Wellendurchmesser sondern an der Änderung der Steifigkeit der Nabe, wenn sich deren Innendurchmesser ändert.

Innerhalb gewisser Grenzen können die Änderungen linear angenähert werden. Die Angaben zu den Grenzen der jeweiligen Wellendurchmesser finden Sie bei den Produktdaten. Die Ermittlung der abweichenden Werte wird im Folgenden erläutert. Falls der Wellendurchmesser außerhalb dieser Grenzen liegen muss, sprechen Sie uns bitte an. Für die Umrechnung des Momentes auf einen anderen Wellendurchmesser gilt:

$$M = M_{max(Katalog)} \left( \frac{d_{W(soll)}}{d_{W(Katalog)}} \right)^2$$

Die entsprechende Axialkraft, welche anstelle des Moments übertragbar ist, ergibt sich dann wie folgt:

$$F_{ax} = M \frac{2}{d_{W(Tabelle)}}$$

## Radialkraft

Radialkräfte bewirken eine Veränderung der Pressung an der Kontaktfläche. In Krafrichtung erhöht sich die Pressung auf der einen Seite und wird auf der anderen Seite entsprechend reduziert. Dies ist abhängig vom Betrag der Radialkraft sowie der Steifigkeit der Teile. Näherungsweise kann folgende Gleichung verwendet werden um die Druckänderung zu berechnen:

$$\Delta p_W = 0,75 \frac{F_{AX}}{d_W l_K}$$

Die geänderten Pressungen  $p_{Wmin,max}$  ergeben sich daher aus folgender Gleichung:

$$p_{Wmin,max} = p_W \pm \Delta p_W$$

Die minimale Pressung  $p_{Wmin}$  sollte mindestens  $50 \text{ N/mm}^2$  betragen um Spaltkorrosion zu vermeiden. Zudem muss das Material für eine maximale Pressung  $p_{Wmax}$  ausgelegt sein.

# Grundlagen - Berechnung

## Biegemoment

Hier verhält es sich ähnlich wie bei Radialkräften. Wobei die veränderte Pressung an den Enden der Verbindung am größten ist. Auch hier sind Betrag und Steifigkeiten von Bedeutung. Dies führt zu folgender Näherung:

$$\Delta p_w = 4,5 \frac{M_B}{d_w l_K^2}$$

Die geänderten Pressungen ergeben sich wie zuvor aus:

$$p_{wmin, max} = p_w \pm \Delta p_w$$

Für minimale und maximale Pressung gelten die gleichen Bedingungen wie zuvor. Es ist zu beachten, dass gegebenenfalls eine Änderung der Pressung durch Radialkraft dazu kommt!

## Wellen- und Nabenberechnung

Im Katalog finden Sie Angaben zur erzeugten Flächenpressung der einzelnen Schrumpfscheiben. Durch die aufgebrachte radiale Pressung wird die Nabe verformt. Neben dem zu überbrückendem Spiel zwischen Welle und Nabe kommen die Nachgiebigkeit der Welle sowie Flächenglättung noch hinzu. Bei Vollwellen ist die Nachgiebigkeit meist zu vernachlässigen, jedoch kommt es bei Hohlwellen (siehe Bohrung in der Welle) zu größerer Verformung und damit auch zu größeren Spannungen in den Bauteilen. Dies ist neben den sonstigen Lasten zu berücksichtigen.

Die Vergleichsspannungen in der Nabe können nach verschiedenen Hypothesen wie z.B. GEH ermittelt werden. Auf die ausführliche Darstellung und Beurteilung von Ergebnissen müssen wir an dieser Stelle verzichten, da wir damit nur einen sehr beschränkten Bereich von statischen Anwendungen abdecken könnten. Diverse Berechnungsmethoden für verschiedenste Fälle sind in der Ingenieur-Fachliteratur zu finden. Spezialisierte Software ermöglicht dies ebenfalls. Bei komplexer Geometrie lassen sich aber vielfach nur durch verifizierte FEM belastbare Ergebnisse ermitteln.

Die Angaben zu den Mindeststreckgrenzen von Wellen und Naben sind unverbindliche Empfehlungen die auf typischen Werten derartiger Anwendungen basieren. Sie dienen der Orientierung, können Berechnungen zur jeweiligen Anwendung nicht ersetzen und entbinden auch nicht davon!

## Kerbwirkung

Generell entsteht durch die radiale Pressung der Schrumpfscheibe Kerbwirkung an den Bauteilen. Diese hängt im Wesentlichen von dem aufgetragenen Druck ab. An der Nabe ist die Kerbwirkung generell höher als an der Welle, da hier direkt der Innenring der Schrumpfscheibe auf die Nabe gepresst wird, während sich die Spannungen durch die Nabe verteilen, bis die Welle erreicht wird. Die Faktoren liegen im Bereich von 2,5 bis 3,5 für die Nabe und für die Welle zwischen 1,5 und 2. Dies kann durch geeignete konstruktive Maßnahmen, beispielsweise Entlastungskerven, gemindert werden.

Einige Normen bieten die Möglichkeit einen Kerbfaktor über eine Passungs paarung für eine Schrumpfung zu ermitteln. Dies lässt sich näherungsweise auch für eine Schrumpfscheibenverbindung nutzen. Zu diesem Zweck kann aus den aufgebrachten Flächenpressungen zunächst ein Übermaß errechnet werden. In der Folge lässt sich damit eine vergleichbare Passungs paarung ermitteln und damit auch ein Kerbfaktor.

## Bohrung in der Welle (Hohlwelle)

Eine große Bohrung  $d_b$  in der Welle oder die Verwendung einer Hohlwelle, reduziert die Steifigkeit dieses Bauteils gegen radiale Pressung. Dies führt zu einer Abnahme der Pressung  $p_w$ , zu einem reduzierten übertragbarem Moment  $M$ , einer Einschnürung  $\Delta d_b$  innerhalb der Welle, sowie zu einer Erhöhung der Spannungen in diesen Bauteilen. Grundsätzlich sollte eine Bohrung nicht größer als  $0,3 d_w$  sein.

