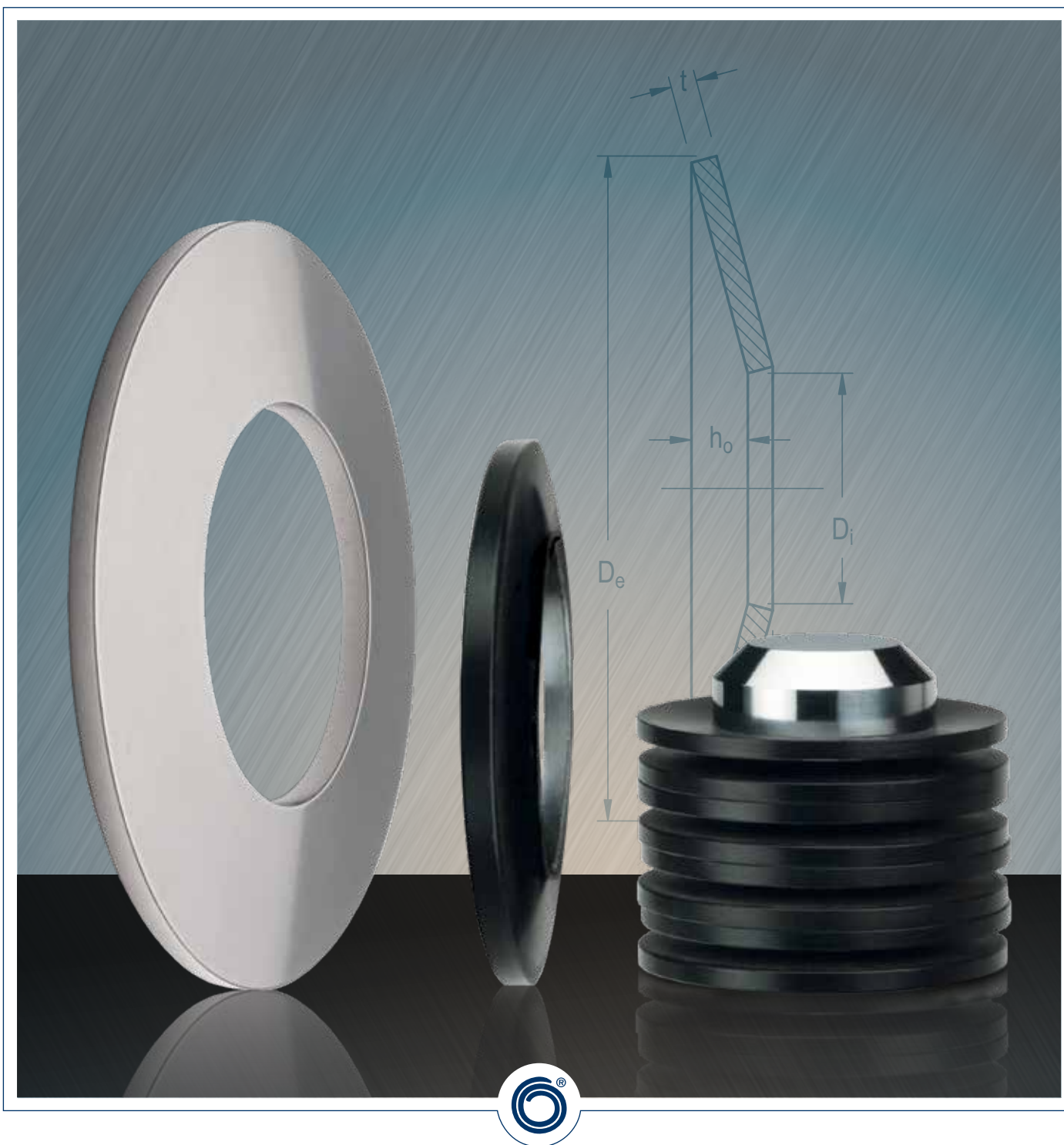


SPIROL[®]

TELLERFEDERN





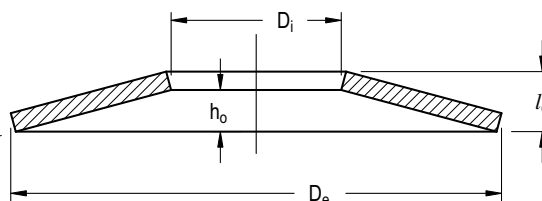
Tellerfedern sind flache, kegelförmige Ringscheiben, die unter Belastung in axialer Richtung ihre Form ändern. Was Tellerfedern einzigartig macht ist, dass basierend auf den standardisierten Berechnungen nach DIN EN 16984 (früher DIN 2092) der Federweg für eine vorgegebene Federkraft vorhersehbar ist und die Mindestlebensdauer bestimmt werden kann. Tellerfedern können entweder kontinuierlich oder periodisch statisch belastet oder dynamisch einem kontinuierlichen Lastwechsel ausgesetzt werden. Sie können einzeln oder mehrfach, parallel im Paket geschichtet, in Reihe oder in einer Kombination davon eingesetzt werden.

Die Vorteile von Tellerfedern im Vergleich zu anderen Typen von Federn sind folgende:

- Eine grosse Auswahl an Kennlinien für Federkraft und Federweg
- Große Federkraft bei kleinem Federweg
- Platzsparend – Große Federkraft im Verhältnis zur Größe
- Gleichbleibende Performance unter der zulässigen Belastung
- Längere Ermüdungslebensdauer
- Eigendämpfung besonders bei parallelen Schichtungen
- Flexibilität bei geschichteten Anordnungen um die Anwendungsanforderungen zu erfüllen

ABMESSUNGSBEZEICHNUNGEN

D_e = Aussendurchmesser der Tellerfeder
 D_i = Innendurchmesser der Tellerfeder
 l_o = Bauhöhe der Tellerfeder
 t = Materialdicke der Tellerfeder
 h_o = Lichte Kegelhöhe der Tellerfeder



SYMBOLS UND EINHEITEN, DIE BEIM EINSATZ VON TELLERFEDERN VERWENDET WERDEN.

F	= Aufgebrachte Kraft oder Last	N
s	= Federweg der Tellerfeder als Ergebnis einer aufgebrachten Kraft	mm
σ	= Spannung	MPa
E	= E-Modul	MPa
μ	= Poissonzahl (Querdehnungszahl)	—

STANDARD LIEFERPROGRAMM

DIN EN 16983
(früher DIN 2093)

SPIROL bietet alle Abmessungen der Tellerfedern an, die spezifiziert sind nach DIN EN 16983 (früher DIN 2093), Gruppe 1 und 2, Serien A, B und C.

SPIROL STANDARDSORTIMENT

Zusätzlich zu den DIN spezifizierten Abmessungen hat SPIROL ein eigenes Lieferprogramm an Standardabmessungen an Lager mit Aussendurchmessern von 8mm bis 200mm, um den unterschiedlichen Bedarf der Kunden abzudecken. Die Standard Tellerfedern von SPIROL werden allen Kriterien hinsichtlich Werkstoffen, Durchmessertoleranzen und Qualität, wie in DIN EN 16983 (früher DIN 2093) spezifiziert, gerecht, wie auch in Durchmesser und Wandstärken Kombinationen, die nicht im DIN Standard enthalten sind.

STANDARD PRODUKT DEFINITIONEN

EIGENSCHAFTEN	GRUPPE 1	GRUPPE 2
MATERIALDICKE	<1,25mm	1,25mm up to 6mm
WERKSTOFF	Code B – Federstahl C67S (1.1231) / UNS G10700	Code W – Legierungsstahl 51CrV4 (1.8159) / UNS G61500
HÄRTE	HV 425-510 (HRC 43-50)	HRC 42-52 (HV 412-544)
OBERFLÄCHE	Code R – Zinkphosphatiert und geölt	

Innerhalb jeder Gruppe gibt es drei Serien – A, B und C. Diese Serien unterscheiden sich durch die Materialdicke und den entsprechenden Kennlinien für Federkraft und Federweg welche sie generieren (*siehe Seite 2*). DIN EN 16983 (früher DIN 2093) kategorisiert diese Serien durch die folgenden Maßverhältnisse:

SERIE A	$D_e/t \approx 18$	$h_o/t \approx 0,4$
SERIE B	$D_e/t \approx 28$	$h_o/t \approx 0,75$
SERIE C	$D_e/t \approx 40$	$h_o/t \approx 1,3$

Siehe Seiten 10-14 für SPIROL's Lieferprogramm.

Zusätzlich zu dem Standardlieferprogramm bietet SPIROL eine Reihe an **Austenitischen Edelstahl Tellerfedern** an.

WERKSTOFF	Code D – SAE 301 durchgehärteter Edelstahl (X10CrNi18-8 No 1.4310 / UNS 30100)
OBERFLÄCHE	Code K – Oberfläche unbehandelt, ungeölt

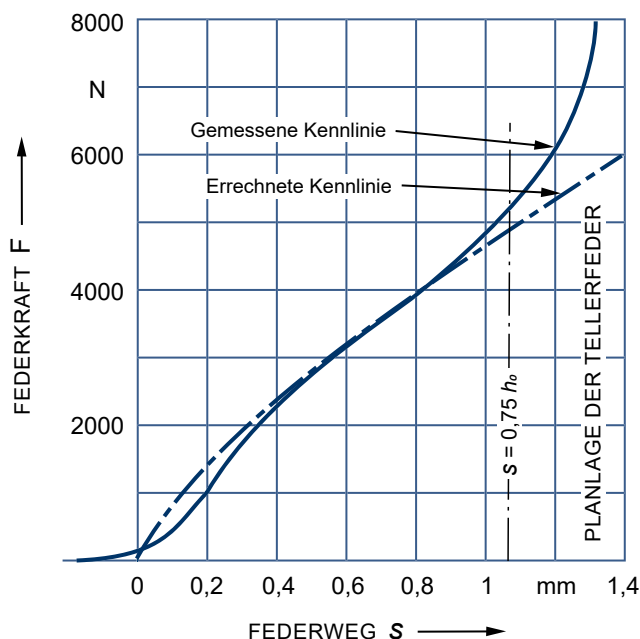
Siehe Seite 15 für SPIROL's Lieferprogramm.

SONDERTEILE

SPIROL arbeitet mit den Kunden zusammen um spezielle Tellerfedern zu entwickeln, die den Anforderungen der Anwendung gerecht werden. Faktoren, die Berücksichtigung finden sind Federkräfte, Arbeitsparameter, Umfeld, Betriebszyklus und die erforderliche Lebensdauer. SPIROL kann spezielle Durchmesser, Werkstoffe, Oberflächen und Verpackungen anbieten, um der Anwendung gerecht zu werden.

BESTELLBEISPIEL: DSC 25 x 12,2 x 0,7 BR
Produkt ID, $D_e \times D_i \times t$, Werkstoff, Oberfläche

VERGLEICH ERRECHNETEM ZU GEMESSENEM FEDERWEG



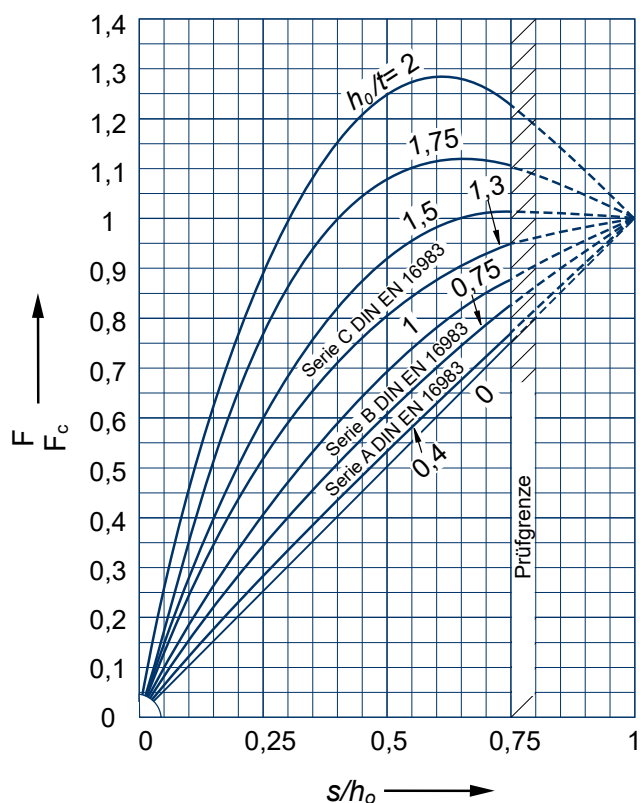
Im unteren Bereich weicht der gemessene Verlauf der Kurve aufgrund von Eigenspannungen leicht von der theoretischen ab.

Im mittleren Bereich – der normale Arbeitsbereich – stimmt der gemessene Federweg mit dem errechneten Federweg fast überein.

Mit zunehmender Einfederung verkürzt sich der Kraftmomentarm und die benötigte Kraft steigt stark an. Wenn das s/h_0 Verhältnis 0,75 übersteigt erhöht sich die Abweichung von der errechneten Kennlinie beträchtlich. Dementsprechend ist die Vorhersehbarkeit von Federkraft/Federweg begrenzt auf 75% des gesamten Federwegs (h_0).

Das Diagramm zeigt die Merkmale einer DIN EN 16983 (früher DIN 2093) Tellerfeder, Gruppe 2, Serie B 50 x 20,4 x 2.

VERHÄLTNIS FEDERKRAFT/FEDERWEG



F_c ist die errechnete Kraft der Einzeltellerfeder in Planlage.

Die Kennlinie Federkraft/Federweg einer einzelnen Tellerfeder ist nicht linear. Ihre Form hängt ab vom Verhältnis der lichten Kegelhöhe der Einzelfeder (h_0) zur Materialdicke des Einzeltellers (t) (h_0/t). Wenn das Verhältnis 0,4 ist (DIN Serien A), ist die Kennlinie annähernd linear. Die Federkennlinie wird zunehmend gekrümmter, wenn das Verhältnis h_0/t zunimmt.

Bis zu einem Verhältnis von 1,5 können Tellerfedern sicher bis zur Planlage verwendet werden.

Bei einem Verhältnis von 1,5 ist die Kurve flach und ermöglicht einen großen Federweg. Dies ist eine hilfreiche Betrachtung für die Verschleißkompensation.

Oberhalb von 1,5 weist die Tellerfeder ein zunehmend rückläufiges Verhalten auf. Sie kann durchgedrückt werden und muss daher voll abgestützt werden.

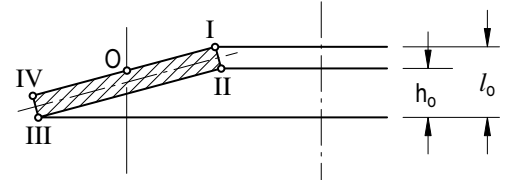
Bei Verhältnissen über 2 können die Tellerfedern die Richtung umkehren, wenn sie zur Planlage gebracht werden.

KRITISCHER PUNKT DER DRUCKSPANNUNG

Bei Belastung einer Tellerfeder werden an den Punkten I und IV Druckspannungen erzeugt. Druckspannungen wirken üblicherweise auf die Oberseite der Tellerfeder.

An dem theoretischen Punkt (0) zwischen den Punkten I und IV darf die Spannung die Streckgrenze des Materials der Tellerfeder (1.400 - 1.600 MPa für die vorgegebenen Materialien) nicht überschreiten, um sicherzustellen, dass es nicht zu einer bleibenden Verformung (setzen) kommt.

Die Zugspannungen an den Punkten II und III sind die Grundlage für die Berechnung der Lebensdauer. Zugspannungen wirken üblicherweise auf die Unterseite der Scheibe.



STATISCHE BELASTUNG

Statische Belastung ist definiert als das Aufbringen einer konstanten Last oder einer gelegentlich wechselnden Last in relativ langen Zeitabständen, die zehntausend Zyklen pro Lebensdauer nicht überschreiten. In diesen Fällen ist die höchste berechnete Spannung an Punkt 0 am kritischsten und sollte 1400 - 1600 MPa nicht überschreiten. Das Standardprogramm der Tellerfedern kann unter statischen Belastungen eingesetzt werden, ohne dass theoretische Spannungsberechnungen durchgeführt werden müssen. Unter diesen Bedingungen spielt das Setzen bei Spannungen bis $S = 0,75 h_0$ keine Rolle.

DYNAMISCHE BELASTUNG

Einer der Hauptvorteile bei der Verwendung von DIN-Tellerfedern ist die Tatsache, dass sie in zyklischen Hochfrequenzanwendungen eingesetzt werden können, bei denen die Ermüdungslebensdauer ein Hauptkriterium ist. Um den maximalen Nutzen von Tellerfedern in diesen Anwendungen zu realisieren, gibt es einige Überlegungen, die berücksichtigt werden müssen. Vereinfacht ausgedrückt werden die folgenden Techniken dazu beitragen, sicherzustellen, dass die richtige Tellerfeder ausgewählt wird, um den Anforderungen an die Anwendung gerecht zu werden.

Das Verstehen der Anwendung:

Es ist entscheidend zu wissen, wie die Belastung der Tellerfeder ist und es sind spezifische Angaben erforderlich über Vorspannung, Arbeitskräfte, Verschiebung, Bewegungsprofil und Frequenz. Andere Faktoren wie die geforderte Lebensdauer, die Betriebstemperatur und die Umgebungsbedingungen, die möglicherweise einen Korrosionsschutz oder Sauberkeitsanforderungen erforderlich machen, tragen alle zur tatsächlichen Ermüdungslebensdauer bei und müssen berücksichtigt werden.

Konstruktive Gestaltung zur Minimierung von Spannungen:

Die Ermüdungslebensdauer einer Tellerfeder steht in direktem Zusammenhang mit der Größe der Spannungen, die im Bauteil während des Zyklus auftreten. Dies gilt sowohl für die maximale Spannung, die während des höchsten belastenden Teils des Zyklus entsteht, als auch für die Differenzspannung zwischen der Volllast und dem unbelasteten oder vorbelasteten Zustand.

Auswahl der richtigen Konfiguration:

Um die Spannungen im Bauteil zu minimieren, wird oft empfohlen, die Fähigkeit der Tellerfedern zu nutzen, in vormontierten Paketen aus Tellerfedern in Reihe oder parallel geschichtet zu werden. Parallel geschichtete Tellerfedern ermöglichen höhere Kräfte für eine gegebene Größe, während in Reihe geschichtete Tellerfedern größere Verfahrwege für die jeweilige Anwendung ermöglichen. Beide ermöglichen es einem Design, die in jeder einzelnen Tellerfeder erzeugten Spannungen zu minimieren und so ihre Lebensdauer zu verlängern.

Das Verfahren zur Abschätzung der Ermüdungslbensdauer einer Tellerfeder ist naturgemäß wiederholbar. Es ist nicht möglich, eine Ermüdungslbensdauer zu wählen und dann rückwärts zu arbeiten, um zu einer Konfiguration der Tellerfeder zu gelangen. Die grundlegenden Schritte zur Abschätzung der Ermüdungslbensdauer sind wie folgt:



1. Bestimmen Sie die Anwendungsanforderungen im am geringsten belasteten Zustand. Diese sollte die Kraft angeben, die erforderlich ist, damit die Tellerfedern im minimal komprimierten Zustand wirken.
2. Bestimmen Sie den vollständig belasteten Zustand der Tellerfeder. Dies kann durch eine Verfahrweglänge oder eine zusätzliche Kraft, die auf die Tellerfeder ausgeübt wird, spezifiziert werden.
3. Wählen Sie anhand der obigen Informationen die Konfiguration der Tellerfedern aus, die wahrscheinlich in einer statischen Anwendung funktioniert. Diese sollte basieren auf:
 - Größe und Serie der Tellerfeder, so dass eine minimale Vorspannung von ca. 15% - 20% der maximalen Belastung der Tellerfeder zu jeder Zeit eingehalten wird. Wenn diese Vorspannung nicht eingehalten wird, ist es wahrscheinlich, dass die Tellerfeder an der oberen Kante des Innendurchmessers aufgrund von umkehrbaren Druckspannungen versagen wird.
 - Die Anzahl der Tellerfedern, die den erforderlichen Verfahrweg ermöglichen. Der maximale Federweg darf die empfohlene Druckbelastung der Tellerfeder nicht überschreiten.
 - Anordnung und Anzahl der Tellerfedern, so dass die maximale Belastbarkeit der Tellerfedern beim höchsten belasteten Bereich der Anwendung nicht überschritten wird.
 - In der Regel ist es besser, größere und leichtere Tellerfedern (Serie B oder C) in einer Anwendung zu verwenden als kleinere und schwerere Tellerfedern (Serie A).
4. Bestimmen Sie unter Verwendung der gewählten Größe der Tellerfeder die Kompression, die unter den beiden extremen Bedingungen auftreten wird. Wenn nur Kräfte bekannt sind, dann müssen die Berechnungen durchgeführt werden, um festzustellen, wie die Kompression aussehen wird. Diese können entweder aus den Katalogwerten interpoliert oder nach den Formeln der DIN EN 16984 separat ermittelt werden. Bei Verwendung der Formeln werden sowohl die Spannung als auch die daraus resultierende Federkraft durch die Kompression der Tellerfeder bestimmt.
5. Bestimmen Sie für die ausgewählte Tellerfeder, welcher der kritische Punkt der Tellerfeder sein wird. Abhängig von der verwendeten Tellerfeder können sich kritische Punkte an den folgenden Kanten befinden:
 - Unterer ID Punkt II
 - Unterer AD Punkt III

In der Praxis ist es am besten, die Spannungen an beiden Stellen zu bewerten. Die höchstbeanspruchte Kante ist der entscheidende Faktor für die Bestimmung der Lebensdauer der Tellerfeder.
6. Berechnen Sie die Spannungen für die Punkte II und III bei beiden Kompressionsstufen. Dies kann durch Interpolation von Werten aus den Katalogtabellen erreicht werden, am besten ist es jedoch, die in der DIN EN 16984 bekannten Formeln zu verwenden.
7. Bestimmen Sie anhand der Diagramme in *Abbildung 1* und *Abbildung 2* den Schnittpunkt aus der minimalen Spannung auf der Abszisse und der maximalen Spannung auf der Ordinate.
8. In der Regel ist es am besten, die Vorspannung der Tellerfeder von 15% - 20% im am wenigsten beanspruchten Zustand zu halten und dann den erforderlichen Hub pro Tellerfeder zu minimieren.

Die untenstehenden Diagramme zeigen typische zu erwartende Lebensdauern von Tellerfedern getestet unter Laborbedingungen. Um diese Diagramme richtig zu verwenden, ist es notwendig, die Spannungen sowohl am minimalen als auch am maximalen Punkt des Federwegs der Tellerfeder zu bestimmen. Zugbelastungen sind immer der entscheidende Faktor für das Versagen durch Ermüdung, so dass zumindest eine Bewertung der Spannungen an den Punkten II und III erforderlich ist. Es wird empfohlen, beides zu bewerten und den Worst-Case anzuwenden.

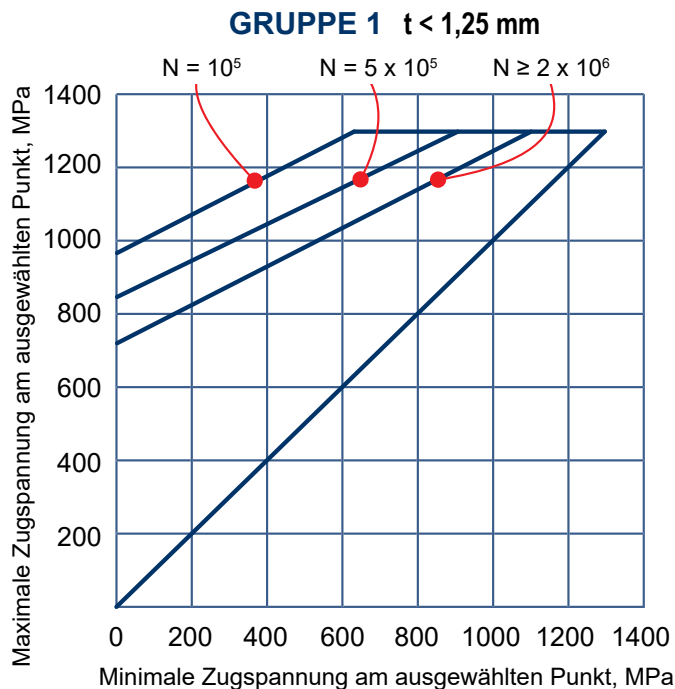


Abbildung 1

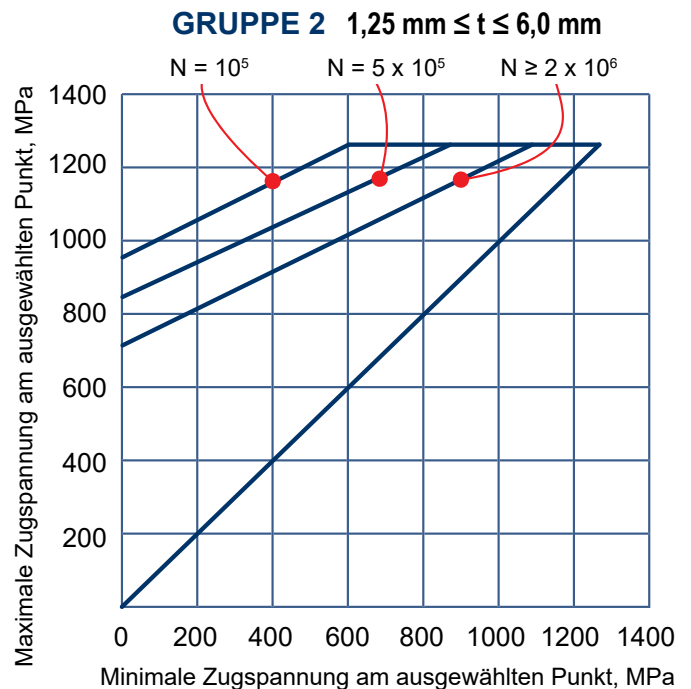


Abbildung 2

Diese Werte wurden bei Laborversuchen auf Prüfmaschinen ermittelt, die gleichmäßige sinusförmige Lastwechsel erzeugen, wobei eine 99%-ige Wahrscheinlichkeit der Lebensdauer bei Ermüdung angenommen wurde. Diese Zahlenwerte sind gültig für einzelne Tellerfedern und Federsäulen mit max. 10 wechelsinnig geschichteten Einzeltellerfedern unter Verwendung einer Vorspannung von 15%-20%. Die Lastwechsel wurden bei Raumtemperatur durchgeführt mit einer Geschwindigkeit, die keine wesentliche Erwärmung verursachte, unter der Verwendung von gehärteten und hochpolierten Oberflächen und Führungen.

Das parallele Schichten von Tellerfedern reduziert die Ermüdungslebensdauer erheblich, da die Einfederung einzelner Tellerfedern durch Wechselwirkungen mit der Gegenscheibe abgeschwächt werden kann, was zu lokal höheren Spannungen führt. Hochfrequenzanwendungen ohne eine ausreichende Schmierung können auch die Ermüdungslebensdauer aufgrund von Wärme, die durch Reibung entsteht, verkürzen. Der Versatz der Gegenscheiben muss gleichmäßig sein, um Kontaktpunkte zu vermeiden, die zu Spannungskonzentrationen und vorzeitigem Versagen führen.

Diese Werte sind nur anwendbar bei DIN Standardwerkstoffen, welche nicht kugelgestrahlt sind. Kugelgestrahlte Tellerfedern können die Ermüdungsbeständigkeit von bestimmten Tellerfedern erhöhen. Es sind jedoch Versuche erforderlich, um den genauen Wert zu ermitteln.

ABMESSUNG UND AUSWAHL

- Wählen Sie die Tellerfeder mit dem grössten Aussendurchmesser (D_e), Dadurch reduzieren sich die Spannungen bei einem vorgegebenen Verhältnis Kraft (F)/Federweg (s) und die Ermüdungslebensdauer wird erhöht. Ein Aussen- (D_e) zu Innendurchmesser (D_i) von 1,7 bis 2,2 erhöht auch die Performance und Lebensdauer.
- Wählen Sie eine Tellerfeder, welche bei weniger als 75% ihres Federweges die maximale Kraft erzielt. Ein Federweg von 75% der lichten Höhe (h_0) sollte das Maximum der Konstruktion sein. Die Reduzierung des Federweges erhöht die Lebensdauer.
- Kraft-Weg-Diagramme können geändert werden durch die Variation des Verhältnisses der lichten Kegelhöhe (h_0) zur Materialdicke (t). Kurven für Tellerfedern können gezeichnet werden mit den Kraft-Weg-Daten, welche auf den Seiten **10-15** bei 25%, 50%, 75% und 100% Federweg zur Verfügung gestellt werden.
- Tellerfedern mit einer grösseren Materialdicke haben grössere Dämpfungseigenschaften (Hysterese).

ERMÜDUNGSLEBENSDAUER

- Die Ermüdungslebensdauer kann verbessert werden durch erhöhte Vorspannung und reduzierten maximalen Federweg. Dieses wird wahrscheinlich zusätzliche Tellerfedern wechelsinnig geschichtet erforderlich machen aber auch die Lebensdauer verlängern.
- Kugelstrahlen führt zu positiven Druckspannungen auf der Oberfläche der Tellerfeder. Dieses reduziert die Wahrscheinlichkeit von Ermüdungsbruch infolge von Zugspannungen, welche gewöhnlich an der Oberfläche beginnen.
- Die induzierten Belastungen führen zu einer plastischen Verformung, wodurch die Tellerfeder an Höhe verliert. Bei späterer Belastung wird sich die Tellerfeder nicht mehr plastisch verformen. Die verbleibende freie konische Höhe (h_0) ergibt sich aus dem Gleichgewicht der Eigenspannungen von Kräften und Momenten. Dies ermöglicht höhere Spannungen bei Belastung und eine längere Ermüdungslebensdauer.

WERKSTOFFE UND OBERFLÄCHEN

- Tellerfedern aus Federstahl und legierten Stahl sorgen für ausgezeichnete Festigkeit und Dauerhaltbarkeit in den meisten Anwendungen. Standardbeschichtungen wie zinkphosphatiert und geölt sorgen für einen adäquaten Schutz gegen Luftfeuchtigkeit und gelegentliche Feuchtigkeit. Effektiverer Oberflächenschutz ist verfügbar, dieser tendiert jedoch dazu, sich in dynamischen Anwendungen abzunutzen.
- Galvanisierte Oberflächen sollten immer vermieden werden. Wasserstoffversprödung stellt immer ein zu grosses Risiko bei hochbeanspruchten Tellerfedern dar, welche eine Härte über 40 HRC haben.
- Austenitischer Edelstahl ist eine sehr gute Wahl für statische Anwendungen mit niedrigen Lastwechseln. Er sorgt für hohe Belastungen und ausgezeichnete Korossionsbeständigkeit. Dieses Material wird sich bei der weiteren Nutzung kaltverfestigen, wodurch die Lebensdauer begrenzt, aber die Kriechfestigkeit gut ist.
- Für dynamische Anwendungen wo ein Korossionsschutz erforderlich ist, werden aushärtbare Edelstähle empfohlen. Diese Stähle sind annähernd so hart wie die Standard DIN Werkstoffe und sehr korossionsresistent.
- Bei Temperaturen über ca. 100°C (200°F) können Standard DIN Werkstoffe beginnen zu kriechen oder sich zu verformen. Zwischen 150°C und 200°C (300°F bis 400°F) verlieren die Werkstoffe ihre Härte und können nicht mehr länger als brauchbar betrachtet werden. Edelstähle sind etwas mehr temperaturbeständig, aber nur bis zu 300° (575°F).

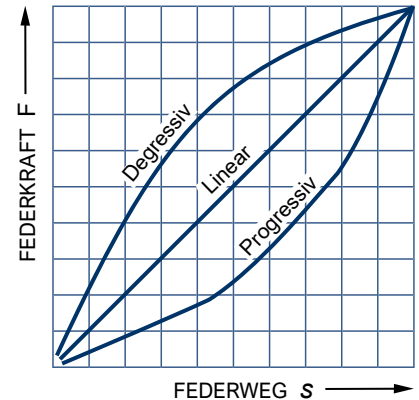
AUSRICHTUNG

- Kürzere Federpakete sind effizienter, was bei dynamischer Belastung besonders wichtig ist. Die Tellerfedern am beweglichen Ende des Stapels werden zu stark abgelenkt, während die Tellerfedern am gegenüberliegenden Ende zu gering abgelenkt werden. Dieses resultiert aus der Reibung zwischen den einzelnen Tellerfedern als auch von dem Führungsdorn oder der Führungshülse. Der Einsatz einer Tellerfeder mit dem größtmöglichen Außendurchmesser verringert die Anzahl der Einzelscheiben und somit die Gesamthöhe der Federsäule. Es wird empfohlen, dass die Gesamthöhe der Federsäule nicht mehr als dreimal so hoch ist wie der Aussendurchmesser (D_e).
- Wenn Tellerfedern gleichsinnig geschichtet verwendet werden, sollten folgende Faktoren berücksichtigt werden:
 1. die Wärmeentwicklung bei dynamischen Anwendungen
 2. das Verhältnis zwischen Be- und Entlastungskräften infolge von Reibung
 3. die erhöhte Dämpfung resultierend aus Reibung zwischen den Tellerfedern (Hysterese)
 4. die Schmierung, ein Muss bei gleichsinnig geschichteten Tellerfeder-Anwendungen.
- Für die effiziente Verwendung und erhöhte Lebensdauer der Tellerfedern ist eine Schmierung erforderlich. In moderaten Anwendungen ist ein Festschmierstoff wie Molybdändisulfid üblicherweise ausreichend. In industriellen und korrosiven Anwendungen könnte eine in einer Kammer untergebrachte Öl- oder Fettschmierung erforderlich sein.
- Gehärtete Anlaufscheiben mindern die Beschädigung von Oberflächen, wenn Tellerfedern in Verbindung mit weichen Materialien verwendet werden.

SCHICHTEN

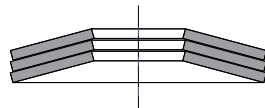
Das einzelne Schichten der Tellerfedern bietet dem Konstrukteur:

- Eine grosse Reihe möglicher Kraft/Weg-Kombinationen;
- Die Möglichkeit anwendungsspezifische Belastungskurven zu konstruieren – sowohl progressiv als auch degressiv; und
- Die Gelegenheit, eine Reihe an schwingungsdämpfenden Eigenschaften in das Design einfließen zu lassen.



METHODEN DER SCHICHTUNG

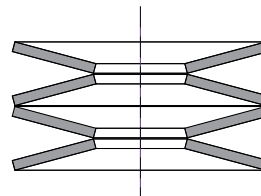
GLEICHSINNIG GESCHICHTET



Federweg: Wie bei einer Einzeltellerfeder

Federkraft: Einzeltellerfeder multipliziert mit der Anzahl der Tellerfedern

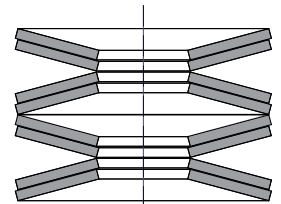
WECHSELSINNIG GESCHICHTET



Federweg: Einzeltellerfeder multipliziert mit der Anzahl der Tellerfedern

Federkraft: Wie bei einer Einzeltellerfeder

IN KOMBINATION



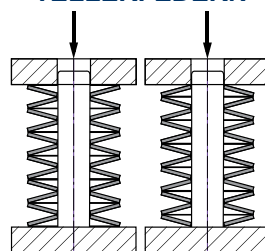
Federweg: Einzeltellerfeder multipliziert mit der Anzahl der Tellerfedern wechelsinnig geschichtet

Federkraft: Einzeltellerfeder multipliziert mit der Anzahl der gleichsinnig geschichteten Tellerfedern in einem Paket

Beachtet werden muss die Reibung zwischen den gleichsinnig geschichteten Oberflächen der Tellerfedern. Eine angemessene Zugabe sind 2-3% der Kraft für jede Gleitfläche – eine grössere Kraft für das Belasten und eine geringere Kraft für das Entlasten. Gleichsinnig geschichtete Tellerfedern sollten gut geschmiert sein und es wird vorgeschlagen, dass die Anzahl der Tellerfedern in einem Paket auf 4 begrenzt wird, um die Abweichung von den errechneten Messwerten zu reduzieren. Gleichsinnig geschichtete Tellerfedern haben erhöhte selbstdämpfende Eigenschaften (Hysterese).

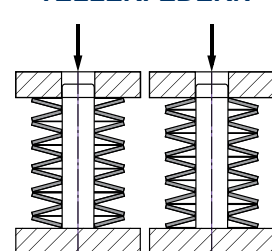
AUFBAU FEDERSÄULEN

GERADE ANZAHL AN TELLERFEDERN



RICHTIG FALSCH

UNGERADE ANZAHL AN TELLERFEDERN



RICHTIG FALSCH

Es ist im allgemeinen wünschenswert, dass beide Enden mit dem grösseren Aussendurchmesser der Tellerfedern auf den Platten aufliegen. Mit einer ungeraden Anzahl an Tellerfedern in einem Paket ist dieses nicht möglich. In diesem Falle sollte die Tellerfeder am bewegten Ende der Säule mit dem Aussendurchmesser gegen die Druckplatte orientiert sein.

VORMONTIERT

SPIROL bietet vormontierte Tellerfedersäulen (gefettet oder ungefettet) in kundenspezifischen Konfigurationen an, die in Schrumpffolie mit perforierter Lasche verpackt sind, um das Einsetzen in die Baugruppe zu erleichtern. Das spart Zeit und hilft, den Montageprozess fehlerfrei zu gestalten.

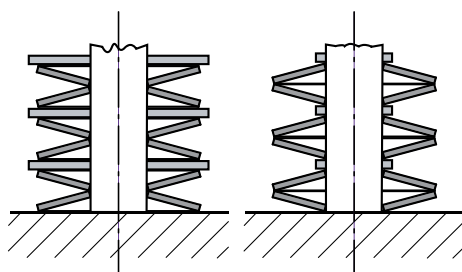


RICHTLINIEN FÜR DAS SCHICHTEN

Die Federsäulen müssen geführt werden um die Tellerfedern in Position zu halten. Die bevorzugte Methode ist das Führen mit einem Dorn durch den Innendurchmesser. Im Falle einer Führung über den Aussendurchmesser wird eine Hülse empfohlen. In jedem Falle sollte die Führungskomponente einsatzgehärtet sein auf eine Tiefe $\geq 0,6\text{mm}$ und einer Härte von 58 HRC. Ein Oberflächenschutz von $\leq 4\text{ m}\mu$ wird ebenso empfohlen.

Da sich die Durchmesser der Tellerfedern während der Einfederung verändern, werden folgende Abweichungswerte empfohlen:

D_e oder D_i (mm)	ABWEICHUNG (mm)
bis 16	0,2
über 16 bis 20	0,3
über 20 bis 26	0,4
über 26 bis 31,5	0,5
über 31,5 bis 50	0,6
über 50 bis 80	0,8
über 80 bis 140	1,0
über 140 bis 250	1,6



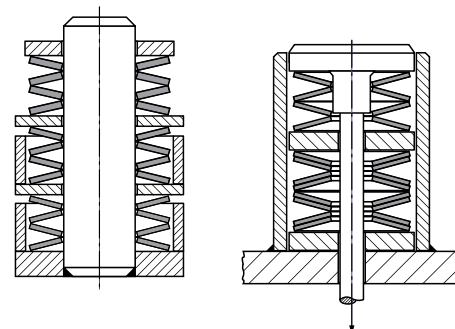
RICHTIG

FALSCH

Die Stabilität von Tellerfedern mit einer Wandstärke von 1 mm oder weniger kann ein Problem auf der Tragfläche hervorrufen. In solchen Fällen wird die Verwendung von ebenen Scheiben mit Aussendurchmesserkontakt empfohlen.

PROGRESSIVE LASTKURVEN

Die progressive Belastung kann durch die Anordnung von Federsäulen erreicht werden, in denen die Tellerfedern unter Belastung nacheinander einfedern. Im Allgemeinen geschieht dies durch 1) das Schichten von einzelnen, doppelten und dreifachen parallelen Sätzen in Reihe oder 2) das Schichten von Tellerfedern unterschiedlicher Dicke in Reihe. Es ist jedoch notwendig Hilfsmittel zur Verfügung zu stellen, um die Einfederung der schwächeren Tellerfeder zu begrenzen und um Überlastung zu verhindern, während die stärkere Tellerfeder sich noch im Prozess der Einfederung befindet.



FEDERSÄULEN MIT PROGRESSIVEN CHARAKTERISTISCHEN LASTKURVEN UND HUBBEGRENZERN ZUR VERMEIDUNG VON ÜBERLASTUNG

ZWISCHENSCHIEBE ODER RINGE

HÜLSE UND ANSCHLAGSTÜCK

DURCHMESSERTOLERANZ

Aussendurchmesser: D_e h 12
Innendurchmesser: D_i H 12

Konzentrität: $D_e \leq 50 \text{ mm}$ 2 • IT 11
 $D_e > 50 \text{ mm}$ 2 • IT 12

BEREICH D_e oder D_i mm	D_e TOLERANZ MINUS mm	D_i TOLERANZ PLUS mm	KONZENTRIZITÄT TOLERANZ ¹
3 bis 6	0,12	0,12	0,15
über 6 bis 10	0,15	0,15	0,18
über 10 bis 18	0,18	0,18	0,22
über 18 bis 30	0,21	0,21	0,26
über 30 bis 50	0,25	0,25	0,32
über 50 bis 80	0,30	0,30	0,60
über 80 bis 120	0,35	0,35	0,70
über 120 bis 180	0,40	0,40	0,80
über 180 bis 250	0,46	0,46	0,92

¹⁾ In Bezug auf Aussendurchmesser D_e .

DICKENTOLERANZ (t)

DICKENBEREICH mm				TOLERANZ mm	
				PLUS	MINUS
von	0,2	bis	0,6	0,02	0,06
über	0,6	bis unter	1,25	0,03	0,09
von	1,25	bis	3,8	0,04	0,12
über	3,8	bis	6	0,05	0,15

TOLERANZ DER BAUHÖHE (l_0)*

MATERIALDICKE (t) mm				TOLERANZ mm	
				PLUS	MINUS
weniger als	1,25			0,10	0,05
von	1,25	bis	2	0,15	0,08
über	2	bis	3	0,20	0,10
über	3	bis	6	0,30	0,15

* Nach DIN EN 16983 (früher DIN 2093) ist es zulässig, die Standardtoleranz für l_0 zu überschreiten, um die Anforderungen an die Federkraft zu erfüllen.

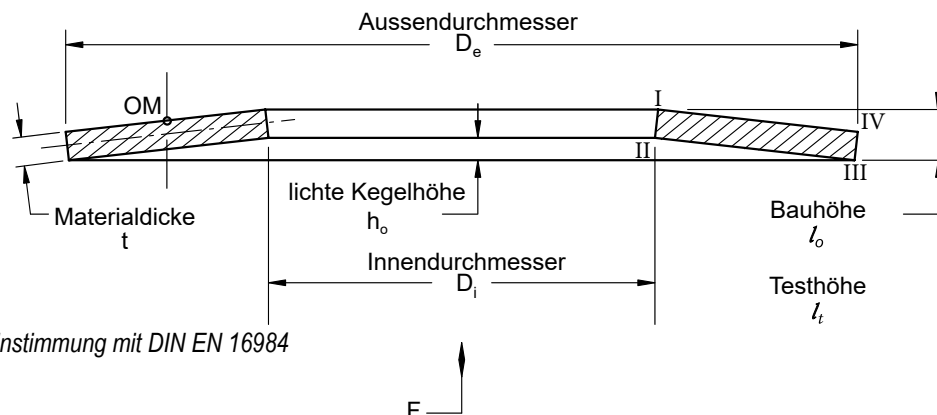
FEDERKRAFT TOLERANZ

Die statische Belastung (F) einer einzelnen Scheibe ist im belasteten Zustand mit einem geeigneten Schmiermittel zu bestimmen. Die Druckplatten, zwischen denen die Tellerfeder komprimiert wird, müssen gehärtet, geschliffen und poliert sein.

Die folgenden Abweichungen gelten für normale Anwendungen:

MATERIALDICKE (t) mm	ZULÄSSIGE ABWEICHUNG für F bei $s = 0,75$ ho als prozentualer Anteil
weniger als 1,25	+ 25 % - 7,5 %
von 1,25 bis 3	+ 15 % - 7,5 %
über 3 bis 6	+ 10 % - 5 %

TELLERFEDERN NACH DIN EN 16983 (früher DIN 2093)



Federweg s in mm

Kraft F in N

Druck σ in MPa

Werte kalkuliert in Übereinstimmung mit DIN EN 16984 (früher DIN 2092)

BESTELLBEISPIEL:

DSC 25 x 12,2 x 0,7 BR

Produkt / $D_e \times D_i \times t$ / Werkstoff / Oberfläche

STANDARD WERKSTOFFE

B	"t" < 1,25mm Federstahl	HV 425 - 510 HRC 43 - 50
W	"t" ≥ 1,25mm Legierter Stahl	HV 412 - 544 HRC 42 - 52

STANDARD OBERFLÄCHE

R	Phosphatiert, geölt
----------	---------------------

Auf Seite 15 finden Sie SPIROL
Edelstahl Tellerfedern.

DIN Serien	ABMESSUNGEN						AUSLEGUNG FEDERKRAFT, FEDERWEG UND SPANNUNGEN BASIEREND AUF E = 206 kMPa UND μ = 0,3																										
							Vorbelastung, s = 0,15 h _o					s = 0,25 h _o					s = 0,5 h _o					s = 0,75 h _o					s = h _o						
	D _e	D _i	t	l _o	h _o	h _o /t	s	l _t	F	σ _{II}	σ _{III}	s	l _t	F	σ _{II}	σ _{III}	s	l _t	F	σ _{II}	σ _{III}	s	l _t	F	σ _{II}	σ _{III}	s	F	σ _{OM}				
	8,0	3,2	0,20	0,40	0,20	1,00	0,03	0,37	8	37	144	0,05	0,35	12	97	276	0,10	0,30	20	211	433	0,15	0,25	26	409	600	0,20	30	-710				
	8,0	3,2	0,30	0,55	0,25	0,83	0,04	0,51	29	113	247	0,06	0,49	46	207	401	0,13	0,43	79	511	750	0,19	0,36	104	912	1.046	0,25	126	-1.332				
	8,0	3,2	0,40	0,60	0,20	0,50	0,03	0,57	43	212	214	0,05	0,55	69	365	350	0,10	0,50	130	792	666	0,15	0,45	186	1.281	949	0,20	238	-1.421				
	8,0	3,2	0,50	0,70	0,20	0,40	0,03	0,67	79	299	249	0,05	0,65	128	511	408	0,10	0,60	246	1.083	782	0,15	0,55	357	1.717	1.123	0,20	465	-1.776				
C	8,0	4,2	0,20	0,45	0,25	1,25	0,04	0,41	14	-7	253	0,06	0,39	21	8	409	0,13	0,33	33	114	753	0,19	0,26	39	319	1.034	0,25	42	-1.003				
B	8,0	4,2	0,30	0,55	0,25	0,83	0,04	0,51	33	99	308	0,06	0,49	52	184	501	0,13	0,43	89	467	938	0,19	0,36	118	847	1.312	0,25	142	-1.505				
A	8,0	4,2	0,40	0,60	0,20	0,50	0,03	0,57	48	198	268	0,05	0,55	78	343	439	0,10	0,50	147	749	837	0,15	0,45	210	1.218	1.194	0,20	269	-1.605				
	10,0	3,2	0,30	0,65	0,35	1,17	0,05	0,60	34	39	234	0,09	0,56	51	90	378	0,18	0,48	82	308	697	0,26	0,39	98	652	957	0,35	108	-1.147				
	10,0	3,2	0,50	0,85	0,35	0,70	0,05	0,80	104	253	302	0,09	0,76	165	447	492	0,18	0,68	296	1.021	925	0,26	0,59	404	1.721	1.299	0,35	500	-1.911				
	10,0	4,2	0,40	0,70	0,30	0,75	0,05	0,66	50	134	249	0,08	0,63	79	241	405	0,15	0,55	140	570	760	0,23	0,48	189	988	1.066	0,30	232	-1.384				
	10,0	4,2	0,50	0,75	0,25	0,50	0,04	0,71	68	208	221	0,06	0,69	110	359	361	0,13	0,63	206	778	688	0,19	0,56	294	1.260	981	0,25	377	-1.441				
	10,0	4,2	0,60	0,85	0,25	0,42	0,04	0,81	111	277	250	0,06	0,79	182	473	410	0,13	0,73	347	1.008	785	0,19	0,66	502	1.604	1.125	0,25	652	-1.730				
C	10,0	5,2	0,25	0,55	0,30	1,20	0,05	0,51	20	2	235	0,08	0,48	30	21	380	0,15	0,40	48	133	702	0,23	0,32	58	336	965	0,30	63	-957				
B	10,0	5,2	0,40	0,70	0,30	0,75	0,05	0,66	56	124	298	0,08	0,63	88	224	485	0,15	0,55	155	539	912	0,23	0,47	209	943	1.281	0,30	257	-1.531				
A	10,0	5,2	0,50	0,75	0,25	0,50	0,04	0,71	75	198	266	0,06	0,69	122	343	435	0,13	0,63	228	749	829	0,19	0,56	325	1.218	1.182	0,25	418	-1.595				
	12,0	4,2	0,40	0,80	0,40	1,00	0,06	0,74	55	76	238	0,10	0,70	85	149	385	0,20	0,60	141	411	714	0,30	0,50	178	786	988	0,40	206	-1.228				
	12,0	4,2	0,50	0,90	0,40	0,80	0,06	0,84	91	158	266	0,10	0,80	143	285	432	0,20	0,70	249	683	809	0,30	0,60	331	1.193	1.130	0,40	402	-1.535				
	12,0	5,2	0,40	0,80	0,40	1,00	0,06	0,74	58	62	270	0,10	0,70	90	124	438	0,20	0,60	149	358	813	0,30	0,50	188	700	1.126	0,40	217	-1.295				
	12,0	5,2	0,50	0,90	0,40	0,80	0,06	0,84	96	137	303	0,10	0,80	150	251	493	0,20	0,70	263	611	923	0,30	0,60	350	1.080	1.291	0,40	424	-1.619				
	12,0	5,2	0,60	0,95	0,35	0,58	0,05	0,90	122	213	279	0,09	0,86	196	372	455	0,18	0,78	361	828	863	0,26	0,69	506	1.367	1.222	0,35	641	-1.700				
	12,0	5,2	0,80	1,10	0,30	0,38	0,05	1,06	217	319	275	0,08	1,03	356	545	452	0,15	0,95	685	1.151	869	0,23	0,88	998	1.818	1.251	0,30	1.302	-1.943				
	12,0	6,2	0,50	0,85	0,35	0,70	0,05	0,80	84	139	291	0,09	0,76	134	249	475	0,18	0,68	239	582	894	0,26	0,59	326	1.001	1.259	0,35	404	-1.544				
	12,0	6,2	0,60	0,95	0,35	0,58	0,05	0,90	133	204	325	0,09	0,86	214	358	531	0,18	0,78	394	801	1.007	0,26	0,69	552	1.329	1.429	0,35	699	-1.853				
	12,0	6,2	0,80	1,10	0,30	0,38	0,05	1,06	236	311	322	0,08	1,03	388	531	529	0,15	0,95	747	1124	1.017	0,23	0,88	1.090	1.780	1.465	0,30	1.419	-2.118				

TELLERFEDERN NACH DIN EN 16983 (früher DIN 2093)

DIN Serien	ABMESSUNGEN						AUSLEGUNG FEDERKRAFT, FEDERWEG UND SPANNUNGEN BASIEREND AUF E = 206 kMPa UND μ = 0,3																											
							Vorbelastung, s = 0,15 h ₀					s = 0,25 h ₀					s = 0,5 h ₀					s = 0,75 h ₀					s = h ₀							
	D _e	D _i	t	l ₀	h ₀	h ₀ /t	s	l _t	F	σ _{II}	σ _{III}	s	l _t	F	σ _{II}	σ _{III}	s	l _t	F	σ _{II}	σ _{III}	s	l _t	F	σ _{II}	σ _{III}	s	F	σ _{OM}					
C	12,5	6,2	0,35	0,80	0,45	1,29	0,07	0,73	55	-14	314	0,11	0,69	84	2	506	0,23	0,58	130	134	932	0,34	0,46	151	393	1.278	0,45	160	-1.250					
B	12,5	6,2	0,50	0,85	0,35	0,70	0,05	0,80	76	129	258	0,09	0,76	120	231	420	0,18	0,68	215	539	791	0,26	0,59	294	925	1.114	0,35	363	-1.388					
A	12,5	6,2	0,70	1,00	0,30	0,43	0,05	0,96	147	235	259	0,08	0,93	239	403	425	0,15	0,85	457	864	814	0,23	0,77	660	1.382	1.167	0,30	855	-1.666					
	14,0	6,2	0,90	1,25	0,35	0,39	0,05	1,20	269	301	273	0,09	1,16	440	514	448	0,18	1,08	846	1.090	860	0,26	0,99	1.230	1.727	1.236	0,35	1.602	-1.889					
C	14,0	7,2	0,35	0,80	0,45	1,29	0,07	0,73	45	-13	259	0,11	0,69	68	0	418	0,23	0,58	106	103	770	0,34	0,46	123	309	1.055	0,45	131	-1.018					
B	14,0	7,2	0,50	0,90	0,40	0,80	0,06	0,84	76	94	258	0,10	0,80	120	173	419	0,20	0,70	210	428	787	0,30	0,60	279	764	1.101	0,40	338	-1.293					
A	14,0	7,2	0,80	1,10	0,30	0,38	0,05	1,06	173	228	235	0,08	1,03	284	390	386	0,15	0,95	547	826	743	0,23	0,87	797	1.308	1.071	0,30	1.040	-1.551					
	15,0	5,2	0,40	0,95	0,55	1,38	0,08	0,87	67	-15	249	0,14	0,81	101	3	401	0,28	0,68	154	142	735	0,41	0,54	176	417	1.002	0,55	181	-1.079					
	15,0	5,2	0,70	1,25	0,55	0,79	0,08	1,17	216	201	324	0,14	1,11	340	362	526	0,28	0,98	596	861	985	0,41	0,84	797	1.496	1.376	0,55	969	-1.888					
	15,0	6,2	0,50	1,00	0,50	1,00	0,08	0,93	89	64	262	0,13	0,88	138	129	424	0,25	0,75	229	368	787	0,38	0,63	289	716	1.089	0,50	334	-1.275					
	15,0	6,2	0,60	1,05	0,45	0,75	0,07	0,98	112	135	246	0,11	0,94	178	243	400	0,23	0,83	314	574	752	0,34	0,71	424	994	1.054	0,45	519	-1.377					
	15,0	6,2	0,70	1,10	0,40	0,57	0,06	1,04	138	189	228	0,10	1,00	222	328	373	0,20	0,90	411	727	707	0,30	0,80	578	1.195	1.002	0,40	733	-1.428					
	15,0	8,2	0,70	1,10	0,40	0,57	0,06	1,04	159	178	293	0,10	1,00	256	311	479	0,20	0,90	474	694	909	0,30	0,80	666	1.150	1.291	0,40	844	-1.646					
	15,0	8,2	0,80	1,20	0,40	0,50	0,06	1,14	226	226	320	0,10	1,10	367	391	523	0,20	1,00	689	856	997	0,30	0,90	982	1.392	1.423	0,40	1.261	-1.881					
C	16,0	8,2	0,40	0,90	0,50	1,25	0,08	0,83	55	-6	247	0,13	0,78	84	10	399	0,25	0,65	131	117	735	0,38	0,52	154	322	1.009	0,50	165	-988					
B	16,0	8,2	0,60	1,05	0,45	0,75	0,07	0,98	109	109	258	0,11	0,94	172	197	420	0,23	0,83	304	474	790	0,34	0,71	410	830	1.109	0,45	503	-1.333					
A	16,0	8,2	0,90	1,25	0,35	0,39	0,05	1,20	221	226	238	0,09	1,16	363	386	391	0,18	1,08	697	820	751	0,26	0,99	1.013	1.301	1.080	0,35	1.319	-1.555					
	18,0	6,2	0,40	1,00	0,60	1,50	0,09	0,91	57	-32	198	0,15	0,85	85	-30	319	0,30	0,70	126	52	583	0,45	0,55	139	247	791	0,60	137	-816					
	18,0	6,2	0,50	1,10	0,60	1,20	0,09	1,01	85	23	217	0,15	0,95	130	61	350	0,30	0,80	206	234	646	0,45	0,65	245	520	885	0,60	267	-1.021					
	18,0	6,2	0,60	1,20	0,60	1,00	0,09	1,11	124	78	236	0,15	1,05	191	152	382	0,30	0,90	317	416	708	0,45	0,75	400	794	980	0,60	462	-1.225					
	18,0	6,2	0,70	1,40	0,70	1,00	0,11	1,30	229	105	321	0,18	1,23	354	207	520	0,35	1,05	588	567	964	0,53	0,88	742	1.080	1.333	0,70	855	-1.667					
	18,0	6,2	0,80	1,50	0,70	0,88	0,11	1,40	307	169	343	0,18	1,33	480	313	556	0,35	1,15	822	779	1.037	0,53	0,98	1.072	1.399	1.443	0,70	1.277	-1.905					
	18,0	8,2	0,70	1,25	0,55	0,79	0,08	1,17	161	118	267	0,14	1,11	255	216	434	0,28	0,98	446	523	815	0,41	0,84	596	922	1.141	0,55	725	-1.412					
	18,0	8,2	0,80	1,30	0,50	0,63	0,08	1,23	193	166	252	0,13	1,18	309	292	411	0,25	1,05	564	660	777	0,38	0,93	783	1.104	1.098	0,50	984	-1.468					
	18,0	8,2	1,00	1,50	0,50	0,50	0,08	1,43	345	250	290	0,13	1,38	559	432	475	0,25	1,25	1.051	939	904	0,38	1,13	1.497	1.523	1.289	0,50	1.921	-1.834					
C	18,0	9,2	0,45	1,05	0,60	1,33	0,09	0,96	80	-22	272	0,15	0,90	121	-14	440	0,30	0,75	186	83	809	0,45	0,60	214	291	1.106	0,60	223	-1.052					
B	18,0	9,2	0,70	1,20	0,50	0,71	0,08	1,13	147	120	258	0,13	1,08	233	216	421	0,25	0,95	417	509	792	0,38	0,82	566	879	1.114	0,50	699	-1.363					
A	18,0	9,2	1,00	1,40	0,40	0,40	0,06	1,34	276	223	240	0,10	1,30	451	382	394	0,20	1,20	865	814	757	0,30	1,10	1.254	1.295	1.088	0,40	1.631	-1.558					
	20,0	8,2	0,60	1,30	0,70	1,17	0,11	1,20	141	23	267	0,18	1,13	214	63	432	0,35	0,95	342	246	797	0,53	0,78	412	550	1.095	0,70	453	-1.202					
	20,0	8,2	0,70	1,35	0,65	0,93	0,10	1,25	168	84	257	0,16	1,19	262	161	416	0,33	1,03	442	426	775	0,49	0,86	569	795	1.076	0,65	668	-1.302					
	20,0	8,2	0,80	1,40	0,60	0,75	0,09	1,31	199	136	245	0,15	1,25	315	244	398	0,30	1,10	557	576	748	0,45	0,95	751	998	1.048	0,60	921	-1.373					
	20,0	8,2	0,90	1,50	0,60	0,67	0,09	1,41	265	177	262	0,15	1,35	423	313	427	0,30	1,20	765	715	804	0,45	1,05	1.051	1.205	1.133	0,60	1.311	-1.545					
C	20,0	10,2	0,50	1,15	0,65	1,30	0,10	1,05	94	-15	261	0,16	0,99	141	-4	422	0,33	0,83	219	98	776	0,49	0,66	254	305	1.063	0,65	268	-1.024					
B	20,0	10,2	0,80	1,35	0,55	0,69	0,08	1,27	191	129	258	0,14	1,21	304	230	421	0,28	1,08	547	536	793	0,41	0,94	748	917	1.118	0,55	929	-1.386					
	20,0	10,2	0,90	1,45	0,55	0,61	0,08	1,37	257	166	277	0,14	1,31	412	292	452	0,28	1,18	754	659	856	0,41	1,04	1.050	1.102	1.212	0,55	1.323	-1.560					
	20,0	10,2	1,00	1,55	0,55	0,55	0,08	1,47	337	203	296	0,14	1,41	544	354	484	0,28	1,28	1.010	783	920	0,41	1,14	1.425	1.288	1.307	0,55	1.815	-1.733					
A	20,0	10,2	1,10	1,55	0,45	0,41	0,07	1,48	335	222	242	0,11	1,44	548	379	397	0,23	1,33	1.050	809	761	0,34	1,21	1.521	1.290	1.093	0,45	1.976	-1.560					
A	20,0	10,2	1,25	1,75	0,50	0,40	0,08	1,68	544	283	303	0,13	1,63	890	484	498	0,25	1,50	1.708	1.030	955	0,38	1,38	2.477	1.639	1.373	0,50	3.222	-1.969					

TELLERFEDERN NACH DIN EN 16983 (früher DIN 2093)

DIN Serien	ABMESSUNGEN						AUSLEGUNG FEDERKRAFT, FEDERWEG UND SPANNUNGEN BASIEREND AUF E = 206 kMPa UND $\mu = 0,3$																						
							Vorbelastung, $s = 0,15 h_0$					$s = 0,25 h_0$					$s = 0,5 h_0$					$s = 0,75 h_0$					$s = h_0$		
	D_e	D_i	t	l_0	h_0	h_0/t	s	l_t	F	σ_{II}	σ_{III}	s	l_t	F	σ_{II}	σ_{III}	s	l_t	F	σ_{II}	σ_{III}	s	l_t	F	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_{OM}
C	22,5	11,2	0,60	1,40	0,80	1,33	0,12	1,28	160	-23	302	0,20	1,20	240	-14	488	0,40	1,00	370	98	897	0,60	0,80	426	336	1.227	0,80	444	-1.178
B	22,5	11,2	0,80	1,45	0,65	0,81	0,10	1,35	195	93	253	0,16	1,29	306	171	412	0,33	1,13	533	425	771	0,49	0,96	707	762	1.079	0,65	855	-1.276
A	22,5	11,2	1,25	1,75	0,50	0,40	0,08	1,68	424	224	234	0,13	1,63	693	383	384	0,25	1,50	1.330	815	737	0,38	1,37	1.929	1.296	1.059	0,50	2.509	-1.534
	23,0	8,2	0,70	1,50	0,80	1,14	0,12	1,38	183	37	245	0,20	1,30	279	87	397	0,40	1,10	448	295	733	0,60	0,90	544	626	1.007	0,80	602	-1.173
	23,0	8,2	0,80	1,55	0,75	0,94	0,11	1,44	214	92	237	0,19	1,36	332	175	384	0,38	1,18	560	457	714	0,56	0,99	719	846	991	0,75	842	-1.257
	23,0	8,2	0,90	1,70	0,80	0,89	0,12	1,58	311	125	277	0,20	1,50	486	233	449	0,40	1,30	829	589	837	0,60	1,10	1.078	1.066	1.164	0,80	1.279	-1.508
	23,0	8,2	1,00	1,70	0,70	0,70	0,11	1,60	319	178	241	0,18	1,53	507	315	393	0,35	1,35	909	723	738	0,53	1,18	1.240	1.225	1.037	0,70	1.536	-1.466
	23,0	10,2	0,90	1,65	0,75	0,83	0,11	1,54	295	115	289	0,19	1,46	463	213	469	0,38	1,28	802	531	877	0,56	1,09	1.058	953	1.225	0,75	1.273	-1.500
	23,0	10,2	1,00	1,70	0,70	0,70	0,11	1,60	339	158	277	0,18	1,53	538	282	451	0,35	1,35	964	655	849	0,53	1,18	1.315	1.119	1.195	0,70	1.629	-1.556
	23,0	12,2	1,25	1,85	0,60	0,48	0,09	1,76	532	231	304	0,15	1,70	863	399	497	0,30	1,55	1.630	868	949	0,45	1,40	2.331	1.404	1.356	0,60	3.000	-1.834
	23,0	12,2	1,50	2,10	0,60	0,40	0,09	2,01	875	308	344	0,15	1,95	1.432	527	565	0,30	1,80	2.748	1.124	1.085	0,45	1,65	3.986	1.788	1.560	0,60	5.184	-2.200
C	25,0	12,2	0,70	1,60	0,90	1,29	0,14	1,47	219	-13	309	0,23	1,38	331	4	499	0,45	1,15	515	136	919	0,68	0,92	600	396	1.259	0,90	635	-1.238
B	25,0	12,2	0,90	1,60	0,70	0,78	0,11	1,50	233	99	239	0,18	1,43	367	181	389	0,35	1,25	644	440	730	0,53	1,07	862	776	1.023	0,70	1.050	-1.238
	25,0	12,2	1,00	1,80	0,80	0,80	0,12	1,68	371	120	308	0,20	1,60	585	220	500	0,40	1,40	1.021	542	938	0,60	1,20	1.359	965	1.313	0,80	1.647	-1.573
	25,0	12,2	1,25	1,95	0,70	0,56	0,11	1,85	526	205	291	0,18	1,78	848	357	475	0,35	1,60	1.573	792	902	0,53	1,43	2.214	1.305	1.281	0,70	2.814	-1.720
A	25,0	12,2	1,50	2,05	0,55	0,37	0,08	1,97	634	249	239	0,14	1,91	1.040	425	393	0,28	1,78	2.007	898	757	0,41	1,64	2.926	1.419	1.091	0,55	3.821	-1.622
	28,0	10,2	0,80	1,75	0,95	1,19	0,14	1,61	229	23	232	0,24	1,51	348	62	375	0,48	1,28	553	239	692	0,71	1,04	662	532	950	0,95	723	-1.078
	28,0	10,2	1,00	2,00	1,00	1,00	0,15	1,85	398	84	278	0,25	1,75	615	165	451	0,50	1,50	1.022	459	837	0,75	1,25	1.289	880	1.158	1,00	1.486	-1.019
	28,0	10,2	1,25	2,25	1,00	0,80	0,15	2,10	654	176	312	0,25	2,00	1.030	319	507	0,50	1,75	1.799	765	949	0,75	1,50	2.394	1.340	1.326	1,00	2.902	-1.774
	28,0	10,2	1,50	2,20	0,70	0,47	0,11	2,10	617	247	211	0,18	2,03	1.003	424	346	0,35	1,85	1.899	911	660	0,53	1,68	2.723	1.461	943	0,70	3.511	-1.490
	28,0	12,2	1,00	1,95	0,95	0,95	0,14	1,81	380	80	288	0,24	1,71	590	156	467	0,48	1,48	992	425	870	0,71	1,24	1.268	807	1.208	0,95	1.482	-1.415
	28,0	12,2	1,25	2,10	0,85	0,68	0,13	1,97	530	169	277	0,21	1,89	844	300	451	0,43	1,68	1.519	691	849	0,64	1,46	2.083	1.172	1.196	0,85	2.590	-1.583
	28,0	12,2	1,50	2,25	0,75	0,50	0,11	2,14	709	235	261	0,19	2,06	1.149	406	426	0,38	1,88	2.159	883	812	0,56	1,69	3.077	1.431	1.157	0,75	3.949	-1.676
C	28,0	14,2	0,80	1,80	1,00	1,25	0,15	1,65	287	-7	319	0,25	1,55	435	13	515	0,50	1,30	681	154	950	0,75	1,05	801	422	1.304	1,00	859	-1.282
B	28,0	14,2	1,00	1,80	0,80	0,80	0,12	1,68	303	94	254	0,20	1,60	476	174	414	0,40	1,40	832	429	776	0,60	1,20	1.107	765	1.086	0,80	1.342	-1.282
	28,0	14,2	1,25	2,10	0,85	0,68	0,13	1,97	570	161	315	0,21	1,89	907	287	513	0,43	1,68	1.634	667	968	0,64	1,46	2.240	1.138	1.365	0,85	2.785	-1.702
A	28,0	14,2	1,50	2,15	0,65	0,43	0,10	2,05	633	216	246	0,16	1,99	1.033	371	403	0,33	1,83	1.970	795	772	0,49	1,66	2.841	1.274	1.106	0,65	3.680	-1.562
	31,5	12,2	1,00	2,10	1,10	1,10	0,17	1,94	383	44	264	0,28	1,83	587	98	426	0,55	1,55	951	316	788	0,83	1,28	1.167	656	1.086	1,10	1.309	-1.249
C	31,5	16,3	0,80	1,85	1,05	1,31	0,16	1,69	255	-19	278	0,26	1,59	384	-9	448	0,53	1,33	594	94	825	0,79	1,06	687	308	1.130	1,05	722	-1.077
B	31,5	16,3	1,25	2,15	0,90	0,72	0,14	2,02	498	124	275	0,23	1,93	791	224	449	0,45	1,70	1.409	530	844	0,68	1,47	1.913	917	1.187	0,90	2.359	-1.442
	31,5	16,3	1,50	2,40	0,90	0,60	0,14	2,27	785	186	307	0,23	2,18	1.260	326	501	0,45	1,95	2.314	734	950	0,68	1,73	3.230	1.223	1.346	0,90	4.077	-1.730
A	31,5	16,3	1,75	2,45	0,70	0,40	0,11	2,35	850	223	243	0,18	2,28	1.391	382	399	0,35	2,10	2.669	814	766	0,53	1,92	3.871	1.296	1.102	0,70	5.036	-1.570
	31,5	16,3	2,00	2,75	0,75	0,38	0,11	2,64	1.342	282	292	0,19	2,56	2.199	481	480	0,38	2,38	4.239	1.020	924	0,56	2,19	6.173	1.615	1.331	0,75	8.054	-1.923
	34,0	12,3	1,00	2,20	1,20	1,20	0,18	2,02	386	22	249	0,30	1,90	587	63	403	0,60	1,60	930	250	742	0,90	1,30	1.110	563	1.018	1,20	1.208	-1.153
	34,0	12,3	1,25	2,45	1,20	0,96	0,18	2,27	610	98	276	0,30	2,15	946	188	448	0,60	1,85	1.587	500	833	0,90	1,55	2.024	938	1.154	1,20	2.359	-1.442
	34,0	12,3	1,50	2,70	1,20	0,80	0,18	2,52	919	173	304	0,30	2,40	1.447	313	493	0,60	2,10	2.527	750	923	0,90	1,80	3.363	1.313	1.290	1,20	4.076	-1.730
	34,0	14,3	1,25	2,40	1,15	0,92	0,17	2,23	586	93	284	0,29	2,11	913	177	461	0,58	1,83	1.546	466	858	0,86	1,54	1.993	868	1.193	1,15	2.347	-1.435
	34,0	14,3	1,50	2,55	1,05	0,70	0,16	2,39	770	167	274	0,26	2,29	1.224	297	447	0,53	2,03	2.192	687	841	0,79	1,76	2.990	1.172	1.183	1,05	3.704	-1.572
	34,0	16,3	1,50	2,55	1,05	0,70	0,16	2,39	812	158	304	0,26	2,29	1.291	283	495	0,53	2,03	2.313	660	933	0,79	1,76	3.155	1.131	1.313	1,05	3.908	-1.658
	34,0	16,3	2,00	2,85	0,85	0,43	0,13	2,72	1.284	260	274	0,21	2,64	2.097	445	449	0,43	2,43	4.003	952	860	0,64	2,21	5.783	1.520	1.234	0,85	7.498	-1.790

TELLERFEDERN NACH DIN EN 16983 (früher DIN 2093)

DIN Serien	ABMESSUNGEN						AUSLEGUNG FEDERKRAFT, FEDERWEG UND SPANNUNGEN BASIEREND AUF E = 206 kMPa UND $\mu = 0,3$																						
							Vorbelastung, $s = 0,15 h_o$					$s = 0,25 h_o$					$s = 0,5 h_o$					$s = 0,75 h_o$					$s = h_o$		
	D_e	D_i	t	l_o	h_o	h_o/t	s	l_t	F	σ_{II}	σ_{III}	s	l_t	F	σ_{II}	σ_{III}	s	l_t	F	σ_{II}	σ_{III}	s	l_t	F	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_{OM}
C	35,5	18,3	0,90	2,05	1,15	1,28	0,17	1,88	303	-12	264	0,29	1,76	458	2	427	0,58	1,48	712	108	786	0,86	1,19	832	320	1.078	1,15	884	-1.042
B	35,5	18,3	1,25	2,25	1,00	0,80	0,15	2,10	464	91	251	0,25	2,00	731	168	409	0,50	1,75	1.277	416	766	0,75	1,50	1.699	743	1.073	1,00	2.059	-1.258
A	35,5	18,3	2,00	2,80	0,80	0,40	0,12	2,68	1.139	230	249	0,20	2,60	1.864	393	409	0,40	2,40	3.576	837	785	0,60	2,20	5.187	1.332	1.128	0,80	6.747	-1.611
	40,0	14,3	1,25	2,65	1,40	1,12	0,21	2,44	591	44	251	0,35	2,30	904	98	406	0,70	1,95	1.459	319	750	1,05	1,60	1.780	664	1.033	1,40	1.984	-1.213
	40,0	14,3	1,50	2,80	1,30	0,87	0,20	2,61	760	118	245	0,33	2,48	1.188	218	398	0,65	2,15	2.040	542	743	0,98	1,83	2.668	973	1.034	1,30	3.184	-1.351
	40,0	14,3	2,00	3,05	1,05	0,53	0,16	2,89	1.112	227	214	0,26	2,79	1.800	393	349	0,53	2,53	3.363	855	664	0,79	2,26	4.769	1.387	943	1,05	6.096	-1.455
	40,0	16,3	1,50	2,80	1,30	0,87	0,20	2,61	783	107	265	0,33	2,48	1.224	199	430	0,65	2,15	2.102	503	802	0,98	1,83	2.749	911	1.118	1,30	3.281	-1.392
	40,0	16,3	2,00	3,10	1,10	0,55	0,17	2,94	1.222	216	246	0,28	2,83	1.972	375	402	0,55	2,55	3.663	825	764	0,83	2,28	5.169	1.349	1.084	1,10	6.580	-1.571
	40,0	18,3	2,00	3,15	1,15	0,58	0,17	2,98	1.355	209	285	0,29	2,86	2.182	365	466	0,58	2,58	4.030	810	883	0,86	2,29	5.656	1.338	1.252	1,15	7.171	-1.712
C	40,0	20,4	1,00	2,30	1,30	1,30	0,20	2,11	375	-15	261	0,33	1,98	565	-4	422	0,65	1,65	876	98	776	0,98	1,32	1.017	305	1.063	1,30	1.072	-1.024
B	40,0	20,4	1,50	2,65	1,15	0,77	0,17	2,48	702	108	265	0,29	2,36	1.109	196	431	0,58	2,08	1.953	474	810	0,86	1,79	2.621	835	1.136	1,15	3.201	-1.359
	40,0	20,4	2,00	3,10	1,10	0,55	0,17	2,94	1.348	203	296	0,28	2,83	2.175	354	484	0,55	2,55	4.041	783	920	0,83	2,28	5.701	1.288	1.307	1,10	7.258	-1.733
A	40,0	20,4	2,25	3,15	0,90	0,40	0,14	3,02	1.428	229	246	0,23	2,93	2.336	392	403	0,45	2,70	4.481	835	774	0,68	2,47	6.500	1.328	1.112	0,90	8.456	-1.595
	40,0	20,4	2,50	3,45	0,95	0,38	0,14	3,31	2.045	275	284	0,24	3,21	3.351	470	466	0,48	2,98	6.453	997	896	0,71	2,74	9.390	1.579	1.290	0,95	12.243	-1.871
C	45,0	22,4	1,25	2,85	1,60	1,28	0,24	2,61	689	-13	307	0,40	2,45	1.041	4	497	0,80	2,05	1.620	134	914	1,20	1,65	1.891	389	1.253	1,60	2.007	-1.227
B	45,0	22,4	1,75	3,05	1,30	0,74	0,20	2,86	963	119	266	0,33	2,73	1.524	214	433	0,65	2,40	2.701	512	814	0,98	2,07	3.646	892	1.144	1,30	4.475	-1.396
A	45,0	22,4	2,50	3,50	1,00	0,40	0,15	3,35	1.695	224	234	0,25	3,25	2.773	383	384	0,50	3,00	5.320	815	737	0,75	2,75	7.716	1.296	1.059	1,00	10.037	-1.534
	45,0	24,4	2,25	3,40	1,15	0,51	0,17	3,23	1.610	200	287	0,29	3,11	2.607	346	469	0,58	2,83	4.887	759	893	0,86	2,54	6.949	1.239	1.273	1,15	8.902	-1.679
	50,0	18,4	1,50	3,15	1,65	1,10	0,25	2,90	761	42	229	0,41	2,74	1.166	93	370	0,83	2,33	1.890	294	684	1,24	1,91	2.319	605	942	1,65	2.600	-1.104
	50,0	18,4	2,00	3,65	1,65	0,83	0,25	3,40	1.419	137	263	0,41	3,24	2.229	251	428	0,83	2,83	3.868	610	800	1,24	2,41	5.114	1.079	1.116	1,65	6.163	-1.471
	50,0	18,4	2,50	4,15	1,65	0,66	0,25	3,90	2.424	232	298	0,41	3,74	3.870	409	486	0,83	3,33	7.002	926	916	1,24	2,91	9.643	1.552	1.291	1,65	12.038	-1.839
	50,0	20,4	2,00	3,50	1,50	0,75	0,23	3,28	1.243	136	244	0,38	3,13	1.966	244	397	0,75	2,75	3.478	578	745	1,13	2,38	4.687	1.000	1.045	1,50	5.745	-1.371
	50,0	20,4	2,50	3,85	1,35	0,54	0,20	3,65	1.862	215	240	0,34	3,51	3.008	373	393	0,68	3,18	5.601	817	746	1,01	2,84	7.919	1.334	1.060	1,35	10.098	-1.543
	50,0	22,4	2,00	3,60	1,60	0,80	0,24	3,36	1.427	125	286	0,40	3,20	2.247	228	466	0,80	2,80	3.924	556	872	1,20	2,40	5.222	985	1.220	1,60	6.329	-1.511
	50,0	22,4	2,50	3,90	1,40	0,56	0,21	3,69	2.023	209	270	0,35	3,55	3.261	364	442	0,70	3,20	6.044	806	838	1,05	2,85	8.510	1.324	1.190	1,40	10.817	-1.653
C	50,0	25,4	1,25	2,85	1,60	1,28	0,24	2,61	565	-11	254	0,40	2,45	854	2	410	0,80	2,05	1.328	106	755	1,20	1,65	1.550	312	1.035	1,60	1.646	-1.006
	50,0	25,4	1,50	3,10	1,60	1,07	0,24	2,86	808	32	276	0,40	2,70	1.242	74	447	0,80	2,30	2.028	250	828	1,20	1,90	2.512	528	1.145	1,60	2.844	-1.207
B	50,0	25,4	2,00	3,40	1,40	0,70	0,21	3,19	1.226	128	264	0,35	3,05	1.949	230	430	0,70	2,70	3.491	537	810	1,05	2,35	4.762	923	1.140	1,40	5.898	-1.408
	50,0	25,4	2,25	3,75	1,50	0,67	0,23	3,53	1.821	165	312	0,38	3,38	2.905	292	508	0,75	3,00	5.249	675	959	1,13	2,63	7.217	1.147	1.353	1,50	8.997	-1.697
	50,0	25,4	2,50	3,90	1,40	0,56	0,21	3,69	2.154	204	302	0,35	3,55	3.473	355	494	0,70	3,20	6.437	789	938	1,05	2,85	9.063	1.301	1.332	1,40	11.519	-1.760
A	50,0	25,4	3,00	4,10	1,10	0,37	0,17	3,94	2.594	249	249	0,28	3,83	4.255	424	409	0,55	3,55	8.214	897	787	0,83	3,27	11.976	1.418	1.135	1,10	15.640	-1.659
C	56,0	28,5	1,50	3,45	1,95	1,30	0,29	3,16	966	-17	299	0,49	2,96	1.458	-4	483	0,98	2,48	2.259	112	889	1,46	1,99	2.622	350	1.218	1,95	2.766	-1.174
B	56,0	28,5	2,00	3,60	1,60	0,80	0,24	3,36	1.213	94	255	0,40	3,20	1.910	173	415	0,80	2,80	3.335	428	778	1,20	2,40	4.438	765	1.090	1,60	5.379	-1.284
A	56,0	28,5	3,00	4,30	1,30	0,43	0,20	4,11	2.539	216	247	0,33	3,98	4.142	371	404	0,65	3,65	7.895	795	775	0,98	3,32	11.388	1.274	1.110	1,30	14.752	-1.565
	60,0	20,5	2,00	4,20	2,20	1,10	0,33	3,87	1.650	58	272	0,55	3,65	2.528	125	440	1,10	3,10	4.097	386	812	1,65	2,55	5.026	784	1.119	2,20	5.636	-1.346
	60,0	20,5	2,50	4,70	2,20	0,88	0,33	4,37	2.657	149	303	0,55	4,15	4.151	276	491	1,10	3,60	7.102	688	916	1,65	3,05	9.255	1.237	1.273	2,20	11.008	-1.682
	60,0	25,5	2,50	4,40	1,90	0,76	0,29	4,12	2.181	143	277	0,48	3,93	3.447	259	451	0,95	3,45	6.081	616	847	1,43	2,98	8.175	1.072	1.187	1,90	9.997	-1.527
	60,0	25,5	3,00	4,65	1,65	0,55	0,25	4,40	2.786	213	254	0,41	4,24	4.495	369	414	0,83	3,83	8.352	812	787	1,24	3,41	11.784	1.330	1.117	1,65	15.002	-1.592
	60,0	30,5	2,50	4,50	2,00	0,80	0,30	4,20	2.578	128	347	0,50	4,00	4.059	236	564	1,00	3,50	7.088	583	1.058	1,50	3,00	9.432	1.041	1.481	2,00	11.433	-1.747
	60,0	30,5	3,00	4,70	1,70	0,57	0,26	4,45	3.155	204	307	0,43	4,28	5.083	356	502	0,85	3,85	9.407	793	953	1,28	3,43	13.226	1.309	1.353	1,70	16.792	-1.782
	60,0	30,5	3,50	5,00	1,50	0,43	0,23	4,78	4.039	255	288	0,38	4,63	6.591	437	472	0,75	4,25	12.574	937	905	1,13	3,88	18.153	1.499	1.297	1,50	23.528	-1.834

TELLERFEDERN NACH DIN EN 16983 (früher DIN 2093)

DIN Serien	ABMESSUNGEN						AUSLEGUNG FEDERKRAFT, FEDERWEG UND SPANNUNGEN BASIEREND AUF E = 206 kMPa UND μ = 0,3																						
							Vorbelastung, s = 0,15 h _o					s = 0,25 h _o					s = 0,5 h _o					s = 0,75 h _o					s = h _o		
	D _e	D _i	t	l _o	h _o	h _o /t	s	l _t	F	σ _{II}	σ _{III}	s	l _t	F	σ _{II}	σ _{III}	s	l _t	F	σ _{II}	σ _{III}	s	l _t	F	σ _{II}	σ _{III}	s	F	σ _{OM}
C	63,0	31,0	1,80	4,15	2,35	1,31	0,35	3,80	1.566	-19	332	0,59	3,56	2.364	-4	536	1,18	2,98	3.658	130	986	1,76	2,39	4.238	402	1.351	2,35	4.463	-1.315
B	63,0	31,0	2,50	4,25	1,75	0,70	0,26	3,99	1.850	127	252	0,44	3,81	2.942	227	410	0,88	3,38	5.270	531	773	1,31	2,94	7.189	912	1.088	1,75	8.904	-1.360
	63,0	31,0	3,00	4,70	1,70	0,57	0,26	4,45	2.808	186	270	0,43	4,28	4.524	324	441	0,85	3,85	8.373	721	838	1,28	3,43	11.772	1.190	1.189	1,70	14.946	-1.586
A	63,0	31,0	3,50	4,90	1,40	0,40	0,21	4,69	3.301	224	231	0,35	4,55	5.399	383	380	0,70	4,20	10.359	815	729	1,05	3,85	15.025	1.296	1.047	1,40	19.545	-1.524
	70,0	30,5	2,50	4,90	2,40	0,96	0,36	4,54	2.421	78	293	0,60	4,30	3.755	153	475	1,20	3,70	6.297	422	883	1,80	3,10	8.031	806	1.225	2,40	9.360	-1.430
	70,0	30,5	3,00	5,10	2,10	0,70	0,32	4,79	2.941	155	266	0,53	4,58	4.676	276	433	1,05	4,05	8.376	640	814	1,58	3,53	11.426	1.093	1.145	2,10	14.152	-1.502
	70,0	35,5	3,00	5,10	2,10	0,70	0,32	4,79	3.162	147	302	0,53	4,58	5.028	264	493	1,05	4,05	9.007	617	928	1,58	3,53	12.287	1.060	1.307	2,10	15.218	-1.615
	70,0	35,5	4,00	5,80	1,80	0,45	0,27	5,53	5.376	250	294	0,45	5,35	8.757	430	482	0,90	4,90	16.634	925	921	1,35	4,45	23.923	1.486	1.319	1,80	30.919	-1.845
C	71,0	36,0	2,00	4,60	2,60	1,30	0,39	4,21	1.895	-19	330	0,65	3,95	2.861	-5	532	1,30	3,30	4.432	125	980	1,95	2,65	5.144	388	1.342	2,60	5.426	-1.295
B	71,0	36,0	2,50	4,50	2,00	0,80	0,30	4,20	1.838	92	247	0,50	4,00	2.894	169	402	1,00	3,50	5.054	417	754	1,50	3,00	6.725	744	1.055	2,00	8.152	-1.246
A	71,0	36,0	4,00	5,60	1,60	0,40	0,24	5,36	4.511	230	245	0,40	5,20	7.379	393	402	0,80	4,80	14.157	837	772	1,20	4,40	20.535	1.332	1.109	1,60	26.712	-1.594
C	80,0	41,0	2,25	5,20	2,95	1,31	0,44	4,76	2.452	-22	337	0,74	4,46	3.698	-9	544	1,48	3,73	5.715	117	1.000	2,21	2,99	6.613	379	1.370	2,95	6.950	-1.311
B	80,0	41,0	3,00	5,30	2,30	0,77	0,35	4,96	2.817	107	267	0,58	4,73	4.450	196	434	1,15	4,15	7.838	474	814	1,73	3,57	10.518	835	1.142	2,30	12.844	-1.363
	80,0	41,0	4,00	6,20	2,20	0,55	0,33	5,87	5.407	203	298	0,55	5,65	8.726	354	486	1,10	5,10	16.213	783	924	1,65	4,55	22.874	1.288	1.314	2,20	29.122	-1.738
A	80,0	41,0	5,00	6,70	1,70	0,34	0,26	6,45	7.192	258	248	0,43	6,28	11.821	439	407	0,85	5,85	22.928	924	786	1,28	5,42	33.559	1.453	1.135	1,70	43.952	-1.679
C	90,0	46,0	2,50	5,70	3,20	1,28	0,48	5,22	2.800	-14	315	0,80	4,90	4.232	2	509	1,60	4,10	6.585	130	938	2,40	3,30	7.684	385	1.286	3,20	8.157	-1.246
B	90,0	46,0	3,50	6,00	2,50	0,71	0,38	5,63	3.675	120	258	0,63	5,38	5.836	216	421	1,25	4,75	10.416	509	792	1,88	4,12	14.161	879	1.114	2,50	17.487	-1.363
A	90,0	46,0	5,00	7,00	2,00	0,40	0,30	6,70	6.888	223	240	0,50	6,50	11.267	382	394	1,00	6,00	21.617	814	757	1,50	5,50	31.354	1.295	1.088	2,00	40.786	-1.558
	100,0	41,0	4,00	7,20	3,20	0,80	0,48	6,72	5.535	131	269	0,80	6,40	8.714	238	437	1,60	5,60	15.219	577	818	2,40	4,80	20.251	1.017	1.144	3,20	24.547	-1.465
	100,0	41,0	5,00	7,75	2,75	0,55	0,41	7,34	7.650	216	247	0,69	7,06	12.345	374	404	1,38	6,38	22.937	823	767	2,06	5,69	32.361	1.346	1.089	2,75	41.201	-1.574
C	100,0	51,0	2,70	6,20	3,50	1,30	0,53	5,68	3.165	-17	303	0,88	5,33	4.779	-3	490	1,75	4,45	7.410	116	902	2,63	3,57	8.609	357	1.235	3,50	9.091	-1.191
B	100,0	51,0	3,50	6,30	2,80	0,80	0,42	5,88	3.572	91	246	0,70	5,60	5.624	167	399	1,40	4,90	9.823	411	749	2,10	4,20	13.070	734	1.049	2,80	15.843	-1.235
	100,0	51,0	4,00	7,00	3,00	0,75	0,45	6,55	5.482	124	292	0,75	6,25	8.673	225	476	1,50	5,50	15.341	540	894	2,25	4,75	20.674	944	1.255	3,00	25.338	-1.512
	100,0	51,0	5,00	7,80	2,80	0,56	0,42	7,38	8.637	204	303	0,70	7,10	13.924	355	496	1,40	6,40	25.810	789	942	2,10	5,70	36.339	1.301	1.337	2,80	46.189	-1.764
A	100,0	51,0	6,00	8,20	2,20	0,37	0,33	7,87	10.401	249	250	0,55	7,65	17.061	424	411	1,10	7,10	32.937	897	790	1,65	6,55	48.022	1.418	1.139	2,20	62.711	-1.663
C	112,0	57,0	3,00	6,90	3,90	1,30	0,59	6,32	3.865	-17	299	0,98	5,93	5.834	-4	483	1,95	4,95	9.038	112	889	2,93	3,97	10.489	350	1.218	3,90	11.064	-1.174
B	112,0	57,0	4,00	7,20	3,20	0,80	0,48	6,72	4.852	94	255	0,80	6,40	7.639	173	415	1,60	5,60	13.341	428	778	2,40	4,80	17.752	765	1.090	3,20	21.518	-1.284
A	112,0	57,0	6,00	8,50	2,50	0,42	0,38	8,13	9.672	212	234	0,63	7,88	15.800	363	384	1,25	7,25	30.215	777	737	1,88	6,62	43.707	1.239	1.058	2,50	56.737	-1.505
C	125,0	64,0	3,50	8,00	4,50	1,29	0,68	7,33	5.635	-16	323	1,13	6,88	8.514	0	522	2,25	5,75	13.231	129	961	3,38	4,62	15.416	388	1.318	4,50	16.335	-1.273
B	125,0	64,0	5,00	8,50	3,50	0,70	0,53	7,98	7.697	128	266	0,88	7,63	12.238	229	433	1,75	6,75	21.924	537	816	2,63	5,87	29.908	923	1.149	3,50	37.041	-1.415
C	140,0	72,0	3,80	8,70	4,90	1,29	0,74	7,97	6.299	-16	306	1,23	7,48	9.514	-2	495	2,45	6,25	14.773	119	911	3,68	5,02	17.195	362	1.249	4,90	18.199	-1.203
B	140,0	72,0	5,00	9,00	4,00	0,80	0,60	8,40	7.631	94	258	1,00	8,00	12.014	173	419	2,00	7,00	20.982	428	787	3,00	6,00	27.920	764	1.101	4,00	33.843	-1.293
C	160,0	82,0	4,30	9,90	5,60	1,30	0,84	9,06	8.058	-18	304	1,40	8,50	12.162	-6	491	2,80	7,10	18.832	111	904	4,20	5,70	21.843	350	1.238	5,60	23.022	-1.189
B	160,0	82,0	6,00	10,50	4,50	0,75	0,68	9,83	10.873	109	258	1,13	9,38	17.203	197	420	2,25	8,25	30.431	474	790	3,38	7,12	41.008	830	1.109	4,50	50.260	-1.333
C	180,0	92,0	4,80	11,00	6,20	1,29	0,93	10,07	9.698	-15	295	1,55	9,45	14.646	-2	476	3,10	7,90	22.731	115	877	4,65	6,35	26.442	350	1.201	6,20	27.966	-1.159
B	180,0	92,0	6,00	11,10	5,10	0,85	0,77	10,34	10.568	77	244	1,28	9,83	16.558	144	396	2,55	8,55	28.552	368	742	3,83	7,27	37.502	672	1.035	5,10	44.930	-1.192
C	200,0	102,0	5,50	12,50	7,00	1,27	1,05	11,45	13.104	-12	306	1,75	10,75	19.817	5	494	3,50	9,00	30.882	131	910	5,25	7,25	36.111	381	1.247	7,00	38.423	-1.213

EDELSTAHL TELLERFEDERN

BESTELLBEISPIEL:

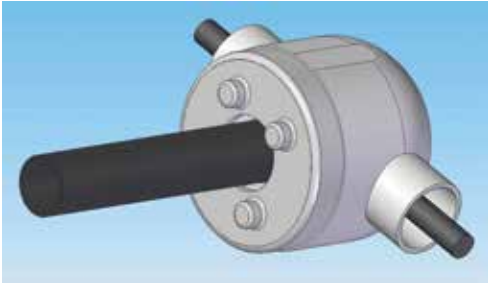
DSC 25 x 12,2 x 0,9 DK

Produkt / De x Di x t / Werkstoff/ Oberfläche

STANDARD WERKSTOFF	
D	Austenitischer Nickel-Edelstahl
STANDARD OBERFLÄCHE	
K	unbehandelt

ABMESSUNGEN						AUSLEGUNG FEDERKRAFT, FEDERWEG UND SPANNUNGEN BASIEREND AUF E = 206 kMPa UND $\mu = 0,3$																							
						Vorbelastung, $s = 0,15 h_0$					$s = 0,25 h_0$					$s = 0,5 h_0$					$s = 0,75 h_0$					$s = h_0$			
D _e	D _i	t	l ₀	h ₀	h ₀ /t	s	l _t	F	σ _{II}	σ _{III}	s	l _t	F	σ _{II}	σ _{III}	s	l _t	F	σ _{II}	σ _{III}	s	l _t	F	σ _{II}	σ _{III}	s	F	σ _{OM}	
8,0	4,2	0,40	0,60	0,20	0,50	0,03	0,57	45	183	247	0,05	0,55	72	317	405	0,10	0,50	136	691	772	0,15	0,45	193	1,124	1,102	0,20	248	-1.480	
10,0	5,2	0,40	0,70	0,30	0,75	0,05	0,66	51	114	275	0,08	0,63	81	207	448	0,15	0,55	143	497	841	0,23	0,48	193	870	1,181	0,30	237	-1.412	
10,0	5,2	0,50	0,75	0,25	0,50	0,04	0,71	69	183	245	0,06	0,69	112	317	401	0,13	0,63	211	691	764	0,19	0,56	300	1,123	1,090	0,25	385	-1.471	
12,5	6,2	0,50	0,85	0,35	0,70	0,05	0,80	70	119	238	0,09	0,76	111	213	387	0,18	0,68	198	497	730	0,26	0,59	271	853	1,027	0,35	335	-1.281	
12,5	6,2	0,70	1,00	0,30	0,43	0,05	0,96	135	217	239	0,08	0,93	221	372	392	0,15	0,85	421	797	750	0,23	0,78	608	1,275	1,076	0,30	789	-1.537	
14,0	7,2	0,50	0,90	0,40	0,80	0,06	0,84	70	87	238	0,10	0,80	111	160	387	0,20	0,70	194	395	725	0,30	0,60	258	705	1,016	0,40	312	-1.192	
14,0	7,2	0,80	1,10	0,30	0,38	0,05	1,06	160	211	217	0,08	1,03	262	360	356	0,15	0,95	505	762	686	0,23	0,88	735	1,206	988	0,30	959	-1.431	
16,0	8,2	0,40	0,90	0,50	1,25	0,08	0,83	51	-6	228	0,13	0,78	77	9	368	0,25	0,65	121	108	678	0,38	0,53	142	297	930	0,50	153	-911	
16,0	8,2	0,60	1,05	0,45	0,75	0,07	0,98	100	101	238	0,11	0,94	159	182	388	0,23	0,83	281	437	728	0,34	0,71	378	765	1,023	0,45	464	-1.230	
16,0	8,2	0,90	1,25	0,35	0,39	0,05	1,20	204	208	220	0,09	1,16	334	356	360	0,18	1,08	643	756	693	0,26	0,99	934	1,200	996	0,35	1.217	-1.435	
18,0	9,2	0,45	1,05	0,60	1,33	0,09	0,96	74	-20	251	0,15	0,90	111	-13	406	0,30	0,75	171	77	746	0,45	0,60	197	269	1,020	0,60	206	-970	
18,0	9,2	0,70	1,20	0,50	0,71	0,08	1,13	136	111	238	0,13	1,08	215	199	388	0,25	0,95	384	469	730	0,38	0,32	522	811	1,028	0,50	645	-1.257	
18,0	9,2	1,00	1,40	0,40	0,40	0,06	1,34	254	206	222	0,10	1,30	416	353	363	0,20	1,20	798	751	698	0,30	0,47	1.157	1,195	1,003	0,40	1.505	-1.437	
20,0	10,2	0,50	1,15	0,65	1,30	0,10	1,05	86	-14	241	0,16	0,99	130	-4	389	0,33	0,83	202	90	716	0,49	0,66	234	281	981	0,65	247	-944	
20,0	10,2	0,80	1,35	0,55	0,69	0,08	1,27	176	119	238	0,14	1,21	281	212	388	0,28	1,08	504	494	732	0,41	0,94	690	846	1,031	0,55	857	-1.279	
20,0	10,2	1,10	1,55	0,45	0,41	0,07	1,48	309	204	223	0,11	1,44	506	350	366	0,23	1,33	968	746	702	0,34	1,21	1.403	1,190	1,008	0,45	1.823	-1.438	
22,5	11,2	0,60	1,40	0,80	1,33	0,12	1,28	147	-21	279	0,20	1,20	222	-13	450	0,40	1,00	341	91	827	0,60	0,80	392	310	1,132	0,80	410	-1.086	
22,5	11,2	0,80	1,45	0,65	0,81	0,10	1,35	180	86	234	0,16	1,29	283	158	380	0,33	1,13	492	392	712	0,49	0,96	653	703	995	0,65	789	-1.177	
22,5	11,2	1,25	1,75	0,50	0,40	0,08	1,68	391	206	216	0,13	1,63	639	353	354	0,25	1,50	1.227	751	679	0,38	1,38	1.779	1,195	977	0,50	2.314	-1.414	
25,0	12,2	0,70	1,60	0,90	1,29	0,14	1,47	202	-12	285	0,23	1,38	305	3	460	0,45	1,15	475	125	847	0,68	0,93	553	365	1,161	0,90	586	-1.142	
25,0	12,2	0,90	1,60	0,70	0,78	0,11	1,50	214	92	221	0,18	1,43	338	167	359	0,35	1,25	594	406	674	0,53	1,08	795	716	944	0,70	969	-1.142	
25,0	12,2	1,50	2,05	0,55	0,37	0,08	1,97	585	230	221	0,14	1,91	959	392	363	0,28	1,78	1.851	829	698	0,41	1,64	2.699	1,309	1,006	0,55	3.524	-1.496	
28,0	14,2	0,80	1,80	1,00	1,25	0,15	1,65	265	-7	294	0,25	1,55	401	12	475	0,50	1,30	628	142	876	0,75	0,77	739	389	1,203	1,00	792	-1.182	
28,0	14,2	1,00	1,80	0,80	0,80	0,12	1,68	279	87	235	0,20	1,60	439	160	382	0,40	1,40	767	395	715	0,60	1,20	1.021	706	1,001	0,80	1.238	-1.182	
28,0	14,2	1,50	2,15	0,65	0,43	0,10	2,05	584	199	227	0,16	1,99	953	342	372	0,33	1,83	1.817	734	712	0,49	1,66	2.620	1,175	1,021	0,65	3.394	-1.441	
31,5	16,3	0,80	1,85	1,05	1,31	0,16	1,69	235	-17	256	0,26	1,59	354	-8	413	0,53	1,33	548	86	761	0,79	0,87	634	284	1,042	1,05	666	-993	
31,5	16,3	1,25	2,15	0,90	0,72	0,14	2,02	459	115	254	0,23	1,93	729	206	414	0,45	1,70	1.300	488	779	0,68	1,48	1.764	846	1,095	0,90	2.176	-1.330	
35,5	18,3	0,90	2,05	1,15	1,28	0,17	1,88	279	-11	244	0,29	1,76	422	2	394	0,58	1,48	657	100	725	0,86	1,19	767	295	994	1,15	815	-961	
35,5	18,3	1,25	2,25	1,00	0,80	0,15	2,10	428	84	232	0,25	2,00	674	155	377	0,50	1,75	1.177	383	707	0,75	1,50	1.567	685	990	1,00	1.899	-1.161	
40,0	20,4	1,00	2,30	1,30	1,30	0,20	2,11	345	-14	241	0,33	1,98	521	-4	389	0,65	1,65	808	90	716	0,98	1,33	938	281	981	1,30	989	-944	
40,0	20,4	1,50	2,65	1,15	0,77	0,17	2,48	648	99	245	0,29	2,36	1.023	181	398	0,58	2,08	1.802	437	747	0,86	1,79	2.418	770	1,048	1,15	2.953	-1.253	
45,0	22,4	1,25	2,85	1,60	1,28	0,24	2,61	635	-12	284	0,40	2,45	961	4	458	0,80	2,05	1.495	123	843	1,20	1,65	1.744	359	1,156	1,60	1.851	-1.132	
50,0	25,4	1,25	2,85	1,60	1,28	0,24	2,61	521	-10	234	0,40	2,45	787	2	378	0,80	2,05	1.225	98	697	1,20	1,65	1.430	288	955	1,60	1.518	-928	
71,0	36,0	2,00	4,60	2,60	1,30	0,39	4,21	1.748	-17	304	0,65	3,95	2.639	-4	491	1,30	3,30	4.088	115	904	1,95	2,65	4.744	358	1,238	2,60	5.004	-1.195	

Mechanisches Bremssystem

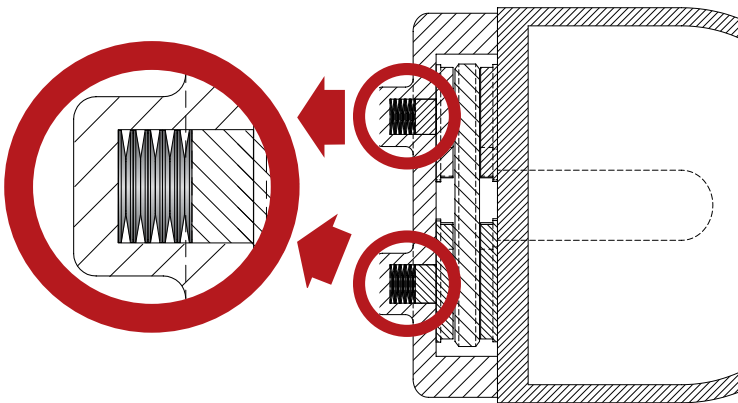


Anwendung:

Bremssysteme für geländegängiges Equipment sind gewöhnlich konstruiert, um hydraulisch angetrieben zu werden. In den meisten Fällen findet das Bremsen statt, wenn unter Druck gesetzte Flüssigkeit stationäre Reibscheiben gegen Platten drückt, die sich mit der Antriebswelle drehen. Wegen der hohen Reibung zwischen jedem Satz der Platten wird das Abbremsen des Fahrzeugs geregelt. Ohne ein zusätzliches Sicherheitssystem gegen Versagen hat diese Konstruktion alleine eine begrenzte Zuverlässigkeit. Wenn eine hydraulische Dichtung ausfällt oder der Hydraulikzylinder, aus welchem Grund auch immer Druck verliert, versagen die Bremsen.

Lösung:

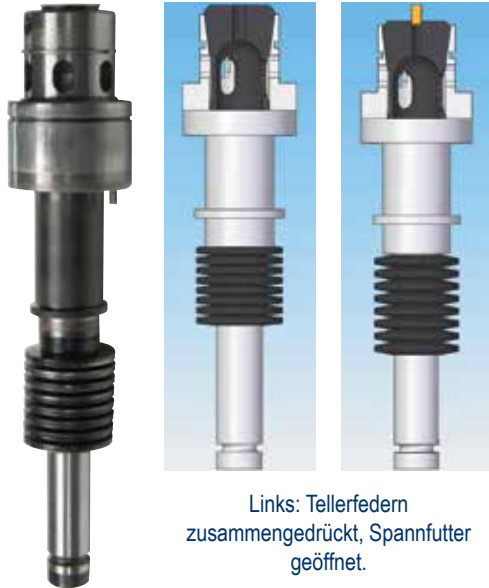
Das mechanische Bremssystem verwendet **SPIROL** Tellerfedern. Unter normalen Umständen hält das Hydrauliksystem einen konstanten Druck auf die Tellerfedern, welche wechselsinnig geschichtet sind. Falls der Druck nicht aufrecht erhalten werden kann, wird das Paket an Tellerfedern dekomprimiert, um das Bremssystem auszulösen. Eine Druckfeder oder eine Wellenfeder ist nicht in der Lage, die erforderliche Kraft zur Verfügung zu stellen (im verfügbaren Raum), um die Bremsen auszulösen. Die Verlässlichkeit dieses Sicherheitssystems ist abhängig von der konstanten Performance der Tellerfedern. In dieser kritischen Anwendung verbessert die Performance der Tellerfedern und der Grad der Vorhersehbarkeit die Produktqualität und sorgt für allgemeine Sicherheit.



SPIROL Tellerfedern haben eine konstant hohe Kapazität, um potenzielle mechanische Energie zu speichern. Das konische Design der SPIROL Tellerfedern macht ihre Federcharakteristik und Leistungsfähigkeit besser vorhersehbar als bei herkömmlichen Druckfedern. Tellerfedern sind auch in der Lage, auf kleinstem Raum mehr Kraft bereitzustellen als eine Druckfeder oder Wellenfeder. Sie werden üblicherweise mehrfach geschichtet, um anwendungsspezifische Federraten zu erreichen: Ein Stapel in Serie geschichtet erzeugt weniger Kraft bei mehr Hub; ein Stapel parallel geschichtet erzeugt mehr Kraft bei weniger Hub. Die genauen Toleranzen jeder einzelnen Tellerfeder bietet eine beispiellose Vorhersagbarkeit der Leistungsfähigkeit wenn sie geschichtet werden (entweder in Reihe oder parallel).

SPIROL Tellerfedern ermöglichen auch die Vorhersage der Ermüdungslebensdauer. Die Spannungsanalyse ermöglicht es, die minimale Lebensdauer von Tellerfedern (einzeln oder geschichtet) als Teil der Konstruktion der Anwendung zu berechnen.

Aufnahmespindel für CNC Maschinen



Links: Tellerfedern
zusammengedrückt, Spannfutter
geöffnet.

Rechts: Tellerfedern dekomprimiert,
Spannfutter geschlossen, Werkstück
umklammert.

Anwendung:

Aufnahmespindeln in CNC Maschinen sind konstruiert um ein Teil zu halten, während es auf Länge geschnitten und dann fertiggestellt wird. Die Spindel verwendet ein Spannfutter um das Teil freizugeben wenn es fertig ist und danach ein neues Teil aufzunehmen.

Wenn die Maschine eingestellt ist muss die erforderliche Einspannkraft, um jedes Teil im Spannfutter zu halten, präzise kalibriert sein um zu verhindern, dass das fertige Teil abrutscht (wenn die Kraft zu gering ist) oder gequetscht wird (wenn die Kraft zu gross ist). Diese Kalibrierung ist abhängig von der Geometrie und dem Material des Endproduktes. Nach der Kalibrierung hängt die Qualität des fertigen Produktes von einer konstanten Einspannkraft für tausende von Zyklen ab.

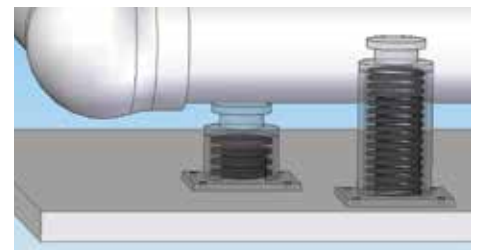
Lösung:

Dieser hohe Grad an Verlässlichkeit wird durch **SPIROL** Tellerfedern sichergestellt. Wenn das Spannfutter geöffnet ist werden 16 wechelsinnig geschichtete SPIROL Tellerfedern durch einen Hydraulikzylinder zusammengedrückt. Jedesmal wenn die Kraft vom Zylinder freigesetzt wird sorgen die SPIROL Tellerfedern für eine konstante Kraft, um das Spannfutter auf dem Teil zu schliessen.

Rohrunterstützung für Industrielle Rohrsysteme

Anwendung:

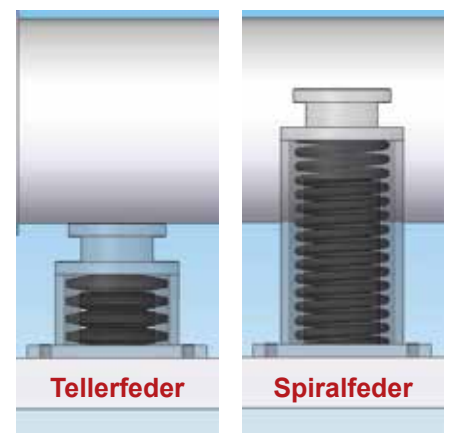
Wie in der ASME Norm für Druckleitungen vorgeschrieben, ist eine angemessene Konstruktion und Installation kritisch für die Performance und Sicherheit in Leitungssystemen. Industrielle Rohrsysteme werden überwiegend durch Rohrschellen oder Fußkrümmer unterstützt. Während diese statischen Systeme verwendet werden um Lasten zu tragen sind dynamische Systeme notwendig um Belastungen im Rohrsystem zu kontrollieren.



Lösung:

In Wärmetauschern zum Beispiel werden Tellerfedern von SPIROL verwendet um thermische Ausdehnung auszugleichen. Da sich die Flüssigkeitstemperatur innerhalb des Rohres ändert, dehnt sich das Rohr entsprechend aus (bei Hitze) und zieht sich zusammen (bei Kälte). Die Tellerfedern von SPIROL unterstützen dieses System durch das Aufrechterhalten eines konstanten Druckes bei jeder Temperatur. Diese Beständigkeit wird auf die Rohrverbindung übertragen und ist notwendig für eine ordnungsgemäße Abdichtung. Eine passende Dichtung verhindert, dass Flüssigkeit entweicht und reduziert kostenintensive Wartungsarbeiten.

Die Tellerfedern von SPIROL haben den Vorteil gegenüber Spiralfedern durch das Zurverfügungstellen eines adäquaten Ersatzes bei einem Bruchteil des Platzes. In vielen Fällen, wie unter dem Fußflansch bei einem Wärmetauscher, sind diese Platzeinsparungen erforderlich. Die Tellerfedern von SPIROL stellen eine widerstandsfähige und wartungsfreie Lösung für Industrielle Rohrsysteme dar.



Tellerfeder

Spiralfeder

Eine Spiralfeder kann in diesem Fall aufgrund des begrenzten Platzes nicht die notwendige Unterstützung bieten. Nur eine Tellerfedersäule ist in der Lage, die erforderliche Last aufzunehmen und sich im begrenzten Raum zu bewegen.

Europa SPIROL Deutschland
München
+49 (0) 89 4 111 905 71
info-de@spirol.com

SPIROL Vereinigtes Königreich
Corby, Northants, England
+44 (0) 1536 444800
info-uk@spirol.com

SPIROL Ford
South Shields, Tyne & Wear, England
+44 (0) 1914 540141
contactus@ford-engineering.com

SPIROL Frankreich
Saint-Léonard
+33 (0) 3 26 36 31 42
info-fr@spirol.com

SPIROL Spanien
Barcelona
+34 932 71 64 28
info-es@spirol.com

SPIROL Tschechische Republik
Tuchoměřice
+420 226 218 935
info-cz@spirol.com

SPIROL Polen
Warschau
+48 510 039 345
info-pl@spirol.com

Amerika SPIROL International Corporation
Connecticut, USA
+1 860 774 8571
info@spirol.com

SPIROL Shim-Abteilung
Ohio, USA
+1 330 920 3655
info@spirol.com

SPIROL Kanada
Windsor, Ontario
+1 519 974 3334
info-ca@spirol.com

SPIROL Mexiko
Apodaca, Nuevo León
+52 81 8385 4390
info-mx@spirol.com

SPIROL Brasilien
Indaiatuba, São Paulo
+55 19 3936 2701
info-br@spirol.com

Asien Pazifik SPIROL China
Shanghai
+86 (0) 21 5046-1451
info-cn@spirol.com

SPIROL Malaysia
Iskandar Puteri, Johor
+60 77 063 960
info-my@spirol.com

SPIROL Korea
Seoul, Südkorea
+82 (0) 10 9429 1451
info-kr@spirol.com



Spiral Spannstifte



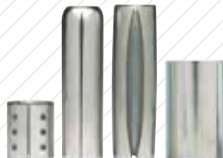
Geschlitzte Spannhülsen



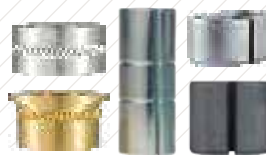
Zylinderstifte



Pass-Spannbuchsen & Spannbuchsen



Distanzhülsen & Gerollte rohrförmige Produkte



Compression Limiters



Gewindeeinsätze für Kunststoffe



Tellerfedern



Mechanisch bearbeitete Komponenten für die Luft- und Raumfahrt



Präzisions-Metallscheiben, Unterlegscheiben und Metalledichtungen



Laminierte Metallscheiben



Vibrationszuführsysteme



Installationstechnologie für Stifte



Installationstechnologie für Gewindeeinsätze



Compression Limiter Installationstechnologie

Bitte sehen Sie aktuelle Spezifikationen und das Standard-Produktangebot auf **SPIROL.de** ein.

SPIROL bietet kostenlose anwendungstechnische Unterstützung. Wir helfen Ihnen bei neuen Konstruktionen sowie bei der Lösung von Problemen und empfehlen Kosteneinsparungen bei bestehenden Konstruktionen. Lassen Sie uns Ihnen helfen, indem Sie den **Technischen Service** auf **SPIROL.de** besuchen.