

MUBEA

TELLER- FEDERN

HANDBUCH

Mubea
Tellerfedern GmbH

IMPRESSUM

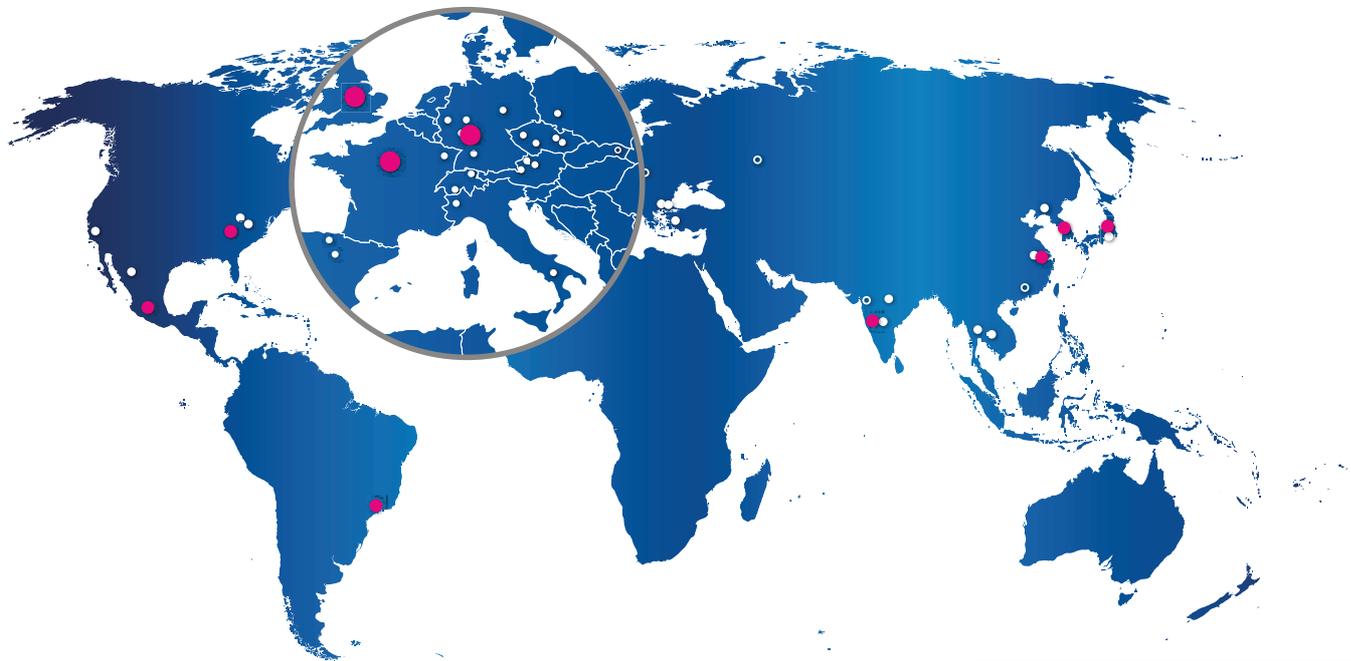
Herausgeber

Mubea Tellerfedern GmbH, Im Kirdorf 34, 57567 Daaden

Haftungsausschluss

Bei der vorliegenden Broschüre handelt es sich um unverbindliches Informationsmaterial der Fa. Mubea Tellerfedern GmbH, nicht um eine verbindliche Produktbeschreibung oder um zugesicherte Eigenschaften. Das vorliegende Informationsmaterial wurde sorgfältig zusammengestellt. Angesichts der Vielzahl der verarbeiteten Informationen, der zahlreichen Tabellen und des umfangreichen Grafik- und Bildteils können Fehler dennoch nicht ausgeschlossen werden. Mubea Tellerfedern GmbH weist ausdrücklich darauf hin, dass alle Informationen in dieser Broschüre unverbindlich sind, die Benutzung der in dieser Broschüre enthaltenen Informationen auf eigene Gefahr erfolgt und seitens der Mubea Tellerfedern GmbH keinerlei Haftung übernommen wird.

STANDORTE



Mubea Tellerfedern Standorte weltweit

- Mubea-Gruppe
- Mubea Tellerfedern



HAUPTSITZ

Postanschrift

Mubea Tellerfedern GmbH
Postfach 120
57564 Daaden

Besucherschrift

Mubea Tellerfedern GmbH
Im Kirdorf 34
57567 Daaden
Germany

Tel.: 0049 (0) 2743 806 0
Mail: tellerfedern@mubea.com
www.mubea.com

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	
1.1	Mubea Tellerfedern GmbH.....	7
1.2	Produktbeschreibung Tellerfeder	8
2	STAND DER TECHNIK	
2.1	Tellerfedern der Generation II	11
3	THEORIE UND AUSLEGUNG	
3.1	Theorie der Tellerfeder	12
3.2	Eigenschaften und Ausführungen	13
3.3	Einteilung nach DIN EN 16983 (alt DIN 2093)	14
3.4	Berechnung von Einzeltellerfedern	14-15
3.5	Tellerfedern ohne Auflageflächen mit Krafteinleitung nach DIN	16
3.6	Lastspannungen	16-17
3.7	Tellerfedern ohne Auflageflächen mit Krafteinleitung über verkürzte Hebelarme	18
3.8	Tellerfedern mit Auflageflächen	18
3.9	Sonderfälle	19
3.10	Tellerfederkombinationen	20-23
3.11	Ermittlung der zulässigen Beanspruchung	24-27
3.12	Relaxation und Kriechen	28
3.13	Reibung.....	29-31
3.14	Allgemeine Toleranzen.....	32
3.15	Werkstoffübersicht.....	34
3.16	Werkstoffe und Korrosionsschutz	36
3.16.1	Standardwerkstoffe	36
3.16.2	Korrosionsbeständige Werkstoffe	36
3.16.3	Warmfeste Werkstoffe	37
3.16.4	Antimagnetische und korrosionsbeständige Werkstoffe	38
3.16.5	Hochwarmfeste Werkstoffe	38
3.17	Korrosionsschutz	40-42
3.17.1	Phosphatschichten	42
3.17.2	Galvanische Schutzschichten	43
3.17.3	Mechanisches Verzinken	43
3.17.4	Delta-Tone-/Delta-Seal-Beschichtung	43
3.17.5	Geomet 321/500	44
3.17.6	Chemisches Vernickeln	44
4	ANWENDUNG VON TELLERFEDERN	
4.1	Produktübersicht	45
4.2	Vormontierte Tellerfedersäulen mit Führungskäfigen	46
4.3	Ventile	46
4.4	Energiespeicher für Sicherheitssysteme	46
4.5	Überlastkupplungen	47
4.6	Rutschkupplungen	47
4.7	Kolbenrückstellfeder	48

4.8	Federbeaufschlagte Bremsen	48
4.9	Werkzeugspanner	48
4.10	Spielausgleich	48
4.11	Seilbahnklemmen	48
5	FERTIGUNG / PROZESSE	
5.1	Prozessschritte Serienproduktion	49
5.1.1	Stanzen/Feinschneiden	49
5.1.2	Plasmaschneiden	49
5.1.3	Entgraten	50
5.1.4	Hochdrücken	50
5.1.5	Drehen	50
5.1.6	Vergüten	50
5.1.7	Kugelstrahlen	51
5.1.8	Festwalzen	51
5.1.9	Vorsetzen	51
5.1.10	Phosphatieren	52
5.1.11	Säulenbau	52
5.2	Musterbau	52
6	QUALITÄTSSICHERUNG	
6.1	Serienbegleitende Prüfungen	53
6.2	Lebensdauerprüfungen	54
6.3	Sonstige Prüfung	54
6.4	Materialprüfungen und Untersuchungen	54
7	AUSBLICK / TRENDS	55
8	LITERATURVERZEICHNIS	
8.1	Literaturquellen	56
8.2	Gesetze, Normen und Richtlinien	56
I	NOMENKLATUR	
I.I	Lateinische Symbole	57
I.II	Griechische Symbole	57
II	ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS	
II.I	Abbildungen	58
II.II	Tabellen	59
III	STANDARD-ABMESSUNGEN nach DIN EN 16983 (alt DIN 2093) und Mubea Werksnorm sowie Sonderabmessungen 60-79	
III.I	Mubea Tellerfedern aus korrosionsbeständigen Werkstoffen	80-83
IV	DOWNLOADS Berechnungsprogramm / Datenblätter / Prospekte	84

1 EINLEITUNG

1.1 MUBEA TELLERFEDERN GMBH

Seit mehr als 50 Jahren hat sich Mubea auf die Produktion von Qualitätstellerfedern spezialisiert. Mubea fertigt Federabmessungen mit einem Außendurchmesser von 8 mm bis über 600 mm. Ab Lager sind über 400 Tellerfedern Abmessungen nach DIN EN 16983 (alt DIN 2093) oder der eigenen Mubea-Werknorm lieferbar. Darüber hinaus fertigt Mubea auch Tellerfedern mit bis zu 800 mm Außendurchmesser und bis zu 40 mm Materialstärke. Innen- und außenge-schlitzte Tellerfedern sowie Wellfedern.

Allesamt sind Produkte einer kompletten Inhouse-Fertigung, beginnend mit der Herstellung des Vormaterials im eigenen Kaltwalzwerk und die Konzipierung, Fertigung und Wartung der erforderlichen Werkzeuge. Neben dem Standardmaterial 51CrV4 verarbeitet Mubea verschiedenste Materialsorten, um besondere Produkthanforderungen (wie Antimagnetismus,- Korrosions- und Hitzebeständigkeit) erfüllen zu können und um eine hohe Flexibilität zu gewährleisten.

Der Schwerpunkt der Mubea Tellerfedern GmbH liegt in der Kundenberatung und Umsetzung der Kundenanforderungen. Mubea verfügt dafür über spezialisierte Auslegungsprogramme um die beste Federlösung für den kundenspezifischen Anwendungsfall sicher zu berechnen.

EM-Berechnungen, Materialanalysen, Eigenspannungsmessungen, Korrosionsprüfungen etc., wie sie im Rahmen der Prototypen- oder Serienphase anfallen, können in den eigenen Labors durchgeführt werden.

1.2 KURZBESCHREIBUNG TELLERFEDER

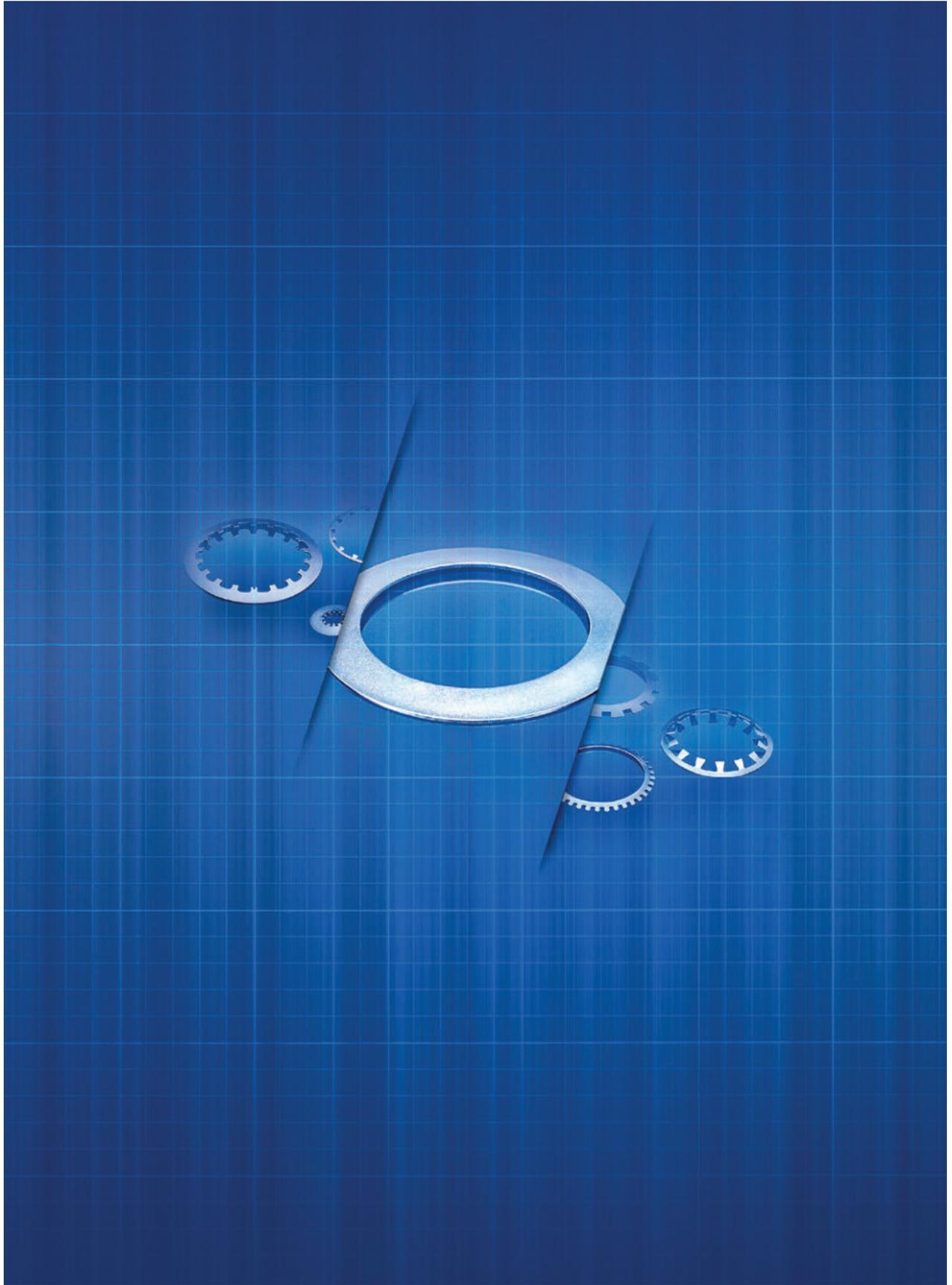
Tellerfedern sind flache, kegelförmige Ringschalen, die in der Axialrichtung belastet werden. Sie zeichnen sich durch eine große Federkraft bei kleinem Federweg und eine sehr gute Raumausnutzung aus.

Aufgrund dieser Eigenschaften eignet sich die Tellerfeder als Baukastenelement, mit der eine Vielzahl verschiedener Kennlinienverläufe realisiert werden können.

Tellerfedern erbringen im Vergleich zu Schraubenedern eine hohe Federkraft bei kleinem Einbauraum. In Abhängigkeit des Verhältnisses von Bauhöhe zu Tellerdicke kann die Degression des Federkraftverlaufes in einem weiten Bereich variiert werden. Auch lassen sich durch unter-

schiedliche Schichtung (gleichsinnig, wechselsinnig) der Tellerfedern zu einer Federsäule die Federkräfte und -wege den Anforderungen entsprechend steigern. Aufgrund dieser bauteilspezifischen Vorteile findet man Tellerfedern in vielen unterschiedlichen Anwendungsbereichen, von Sicherheitsventilen für Ölplattformen in großen Meerestiefen über viele Anwendungen im Industrie- und Anlagenbau bis hin zu spezifischen Aufgaben bei Satelliten.

Tellerfedern werden überwiegend für kundenspezifische Anforderungen optimiert ausgelegt und weichen somit als sogenannte Sonderabmessungen von den Standardgeometrien der DIN EN 16983 (alt DIN 2093) ab.



2 STAND DER TECHNIK

Mubea setzt Maßstäbe für ein hohes Qualitäts- und Wirtschaftlichkeitsniveau durch Produktionsinnovation und eine hohe Fertigungstiefe, die wie bereits angeführt mit der Herstellung des Tellerfedermaterials beginnt. Die Tellerfedern werden nach Vorgaben der DIN EN 16983 (alt DIN 2093) und darauf aufbauend nach der Mubea-Werksnorm gefertigt, die insgesamt die Anforderungen der DIN-Norm übertrifft. Als Beispiel dient der Fertigungsschritt Kugelstrahlen, der die Lebensdauer der Tellerfedern signifikant anhebt. Dieser Fertigungsschritt ist auch ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal gegenüber den Mitbewerbern. (Bild 2.1)

Für Standardanwendungen genügen die Werkstoffe der DIN EN 16983 (alt DIN 2093). Aufgrund der eigenen hohen Qualitätsanforderungen setzt Mubea jedoch als Standardmaterial den Werkstoff 51CrV4 ein.

Als Standardkorrosionsschutz kommen eine Zinkphosphatierung und eine Ölung zum Einsatz. Weitere Oberflächenüberzüge sind auf Kundenwunsch realisierbar. Besondere Anforderungen an Korrosionsbeständigkeit, Warmfestigkeit und Antimagnetismus können unter Verwendung von Sonderwerkstoffen erfüllt werden.

Tellerfedern werden üblicherweise für den jeweiligen Bedarfsfall ausgelegt. Neben den Tellerfedern der DIN EN 16983 (alt DIN 2093) kann auf die zusätzlichen Abmessungen der Mubea-Werksnorm sowie auf weitere sogenannte Sonderabmessungen zurückgegriffen werden. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, Sondertellerfedern nach kundenspezifischen Anforderungen auszulegen. Für die Auslegung dieser individuellen Tellerfedern stellt Mubea seinen Kunden ein Berechnungsprogramm zur Verfügung.

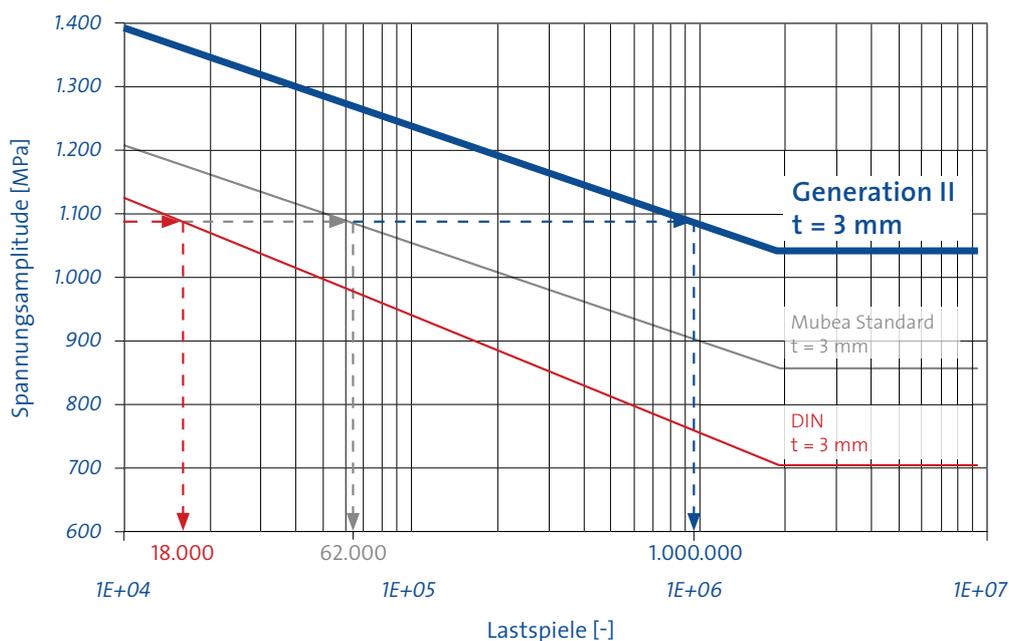


Bild 2.1: Lebensdauervergleich

2.1 TELLERFEDERN DER GENERATION II

Eine Weiterentwicklung stellen die Tellerfedern der Generation II dar. (Bild 2.3)

Hierbei werden durch einen zusätzlichen Arbeitsschritt, dem Festwalzen, Druckeigenspannungen an den kritischen Stellen der Tellerfeder signifikant erhöht. Somit können die ertragbaren

Zugspannungen deutlich erhöht und die Rissentstehung und -ausbreitung verringert werden.

Das Festwalzen kann partiell oder je nach Anforderung auch auf der gesamten Federunterseite erfolgen.

Durch den Einbau von Tellerfedersäulen der Generation II kann...



*... der Außendurchmesser um bis zu 25 % verringert werden.
... die Einbaulänge um bis zu 33 % reduziert werden.
... die Lebensdauer bis um den Faktor 10 gesteigert werden.*

Bild 2.3: Tellerfedern der Generation II

3 THEORIE UND AUSLEGUNG

3.1 THEORIE DER TELLERFEDER

Tellerfedern sind flache, kegelförmige Ringschalen, die in Achsrichtung belastet werden. In der Regel ist ihre Tellerdicke konstant. Die Lasteinleitung erfolgt gleichmäßig verteilt über den oberen Innen- und den unteren Außenrand. Sie werden im Allgemeinen aus Federstahl hergestellt und können sowohl statisch, moderat schwingend als auch dynamisch belastet werden. Bei korrekter Auslegung erfüllen Tellerfedern höchste Setz- und Schwingfestigkeitsansprüche. (Bild 3.1)

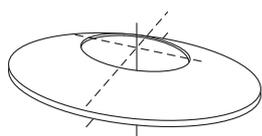


Bild 3.1: Einzeltellerfeder

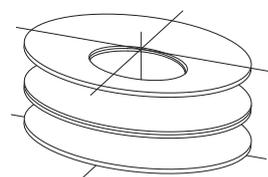


Bild 3.3: Tellerfedersäule

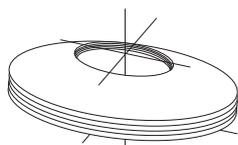
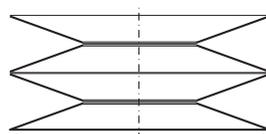


Bild 3.4: Tellerfederpaket



Grundsätzlich zeichnen sich Tellerfedern durch folgende Eigenschaften aus:

- Große Federkraft bei kleinem Federweg
- Wesentlich bessere Raumausnutzung
- Bei richtiger Dimensionierung hohe Lebensdauer und geringe Kriech- bzw. Relaxationsneigung
- Kostengünstig, da standardisiert
- Vielseitige Kombinationsmöglichkeiten zur Erzielung beliebiger Kennlinienverläufe
- Durch korrekte Wahl von Werkstoff und Beschichtung für Hoch- und Tieftemperaturanwendungen sowie korrosive Umgebung geeignet

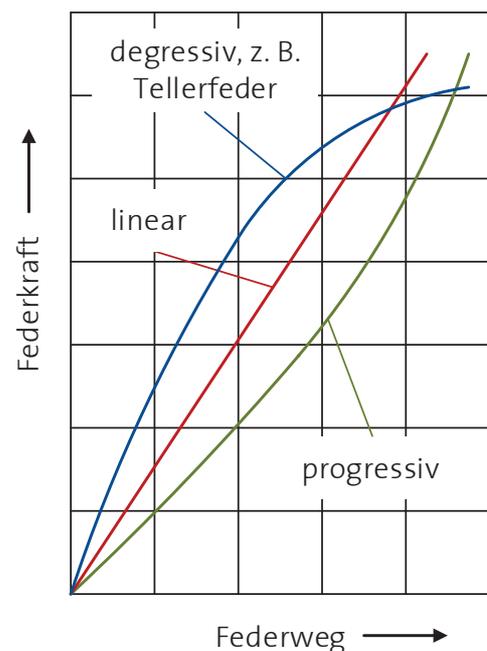


Bild 3.2: Typischer Kennlinienverlauf

3.2 EIGENSCHAFTEN UND AUSFÜHRUNGEN

Die Federkennlinie ist die Darstellung des Kraft-Weg-Verhaltens einer Feder. In Abhängigkeit von den Abmessungsverhältnissen ist die Kennlinie einer Tellerfeder im Einfederungsbereich bis zur Planlage mehr oder weniger stark degressiv. In Sonderfällen können Tellerfedern so gestaltet werden, dass eine Einfederung über die Planlage hinaus möglich ist. (Bild 3.2)

Tellerfedern werden in der Regel als Baukastenelement verwendet. Gleichsinnig geschichtete Tellerfedern heißen Federpaket, wechselsinnig geschichtete Einzelfedern oder Pakete werden als Federsäule bezeichnet. Bei gleichsinniger Schichtung ist der Federweg des Pakets gleich dem Federweg der Einzelfeder. Die Federkraft ist dabei proportional der Anzahl der in dem Paket verwendeten Einzelfedern. Bei wechselsinniger Schichtung addieren sich die Federwege der Einzelfedern. Die Federkraft der Säule ist gleich der Federkraft der Einzelfeder.

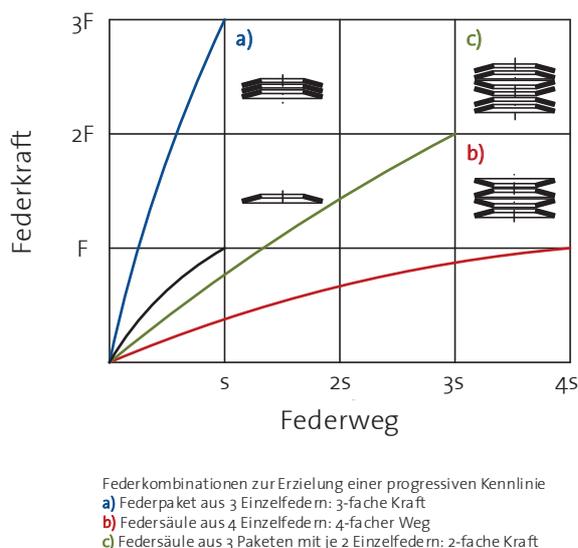
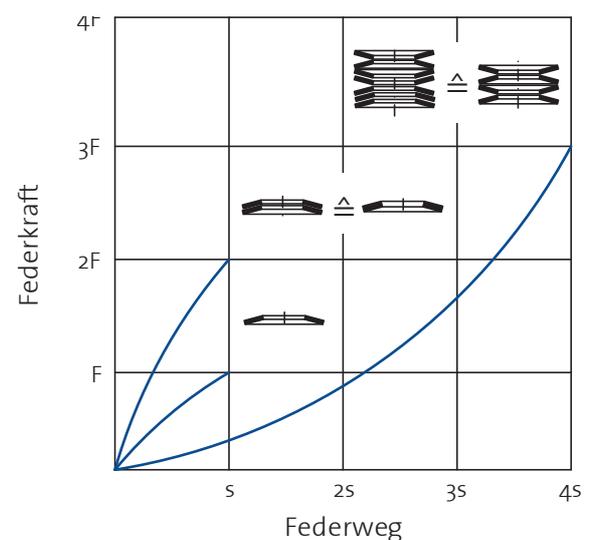


Bild 3.5: Tellerfederkombinationen (links), progressive Kennlinie (rechts)

Bei der Berechnung von Federweg und Federkraft einer aus Einzelfedern oder Paketen zusammengesetzten Federsäule ist entsprechend zu verfahren. (Bild 3.3/Bild 3.4)

Darüber hinaus lassen sich durch das Zusammenfügen von Federpaketen unterschiedlicher Tellerfederanzahl oder von Einzelfedern verschiedener Tellerdicke zu einer Federsäule auch progressive Kennlinien erzeugen. Bei solchen Säulen tragen die Pakete oder Einzelfedern mit der jeweils kleineren Federkraft nach Erreichen ihrer Planlage oder ihrer Hubbegrenzungen nichts mehr zur Einfederung bei, so dass die Gesamtfederhärte der Säule ansteigt.



3.3 EINTEILUNG NACH DIN EN 16983 (ALT DIN 2093)

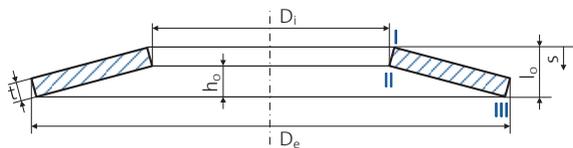
Tellerfedern sind genormt nach DIN EN 16984 (alt DIN 2092) (Tellerfedern, Berechnung) und DIN EN 16983 (alt DIN 2093) (Tellerfedern, Maße, Qualitätsanforderungen).

Sie werden nach DIN EN 16984 (alt DIN 2092) in 3 Gruppen eingeteilt:

- Gruppe 1: Tellerdicke t kleiner als 1,25 mm
- Gruppe 2: Tellerdicke t von 1,25 mm bis 6 mm
- Gruppe 3: Tellerdicke t größer als 6 mm bis 14 mm

Federn der Gruppen 1 und 2 werden ohne Auflageflächen und Federn der Gruppe 3 mit Auflageflächen hergestellt. (Bild 3.6)

Die nach DIN EN 16983 (alt DIN 2093) vorgeschriebenen Ausführungen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt. (Tabelle 3.1)



3.4 BERECHNUNG VON EINZELTELLERFEDERN

Zur Berechnung von normähnlichen Tellerfedern sind die Gleichungen der DIN EN 16984 (alt DIN 2092) für die Praxis hinreichend genau. Die Berechnungsgleichungen gehen im Wesentlichen auf Untersuchungen von ALMEN und LÁSZLÓ zurück, nach denen das Verformungsverhalten der Tellerfeder als eine eindimensionale Stülpung eines Kreisringes mit Rechteckquerschnitt um einen Stülpmittelpunkt S_0 behandelt wird. Dem sich daraus ergebenden Stülpspannungszustand wird ein Biegespannungszustand überlagert, der durch die einfederungsbedingte Veränderung des Kegelwinkels verursacht wird.

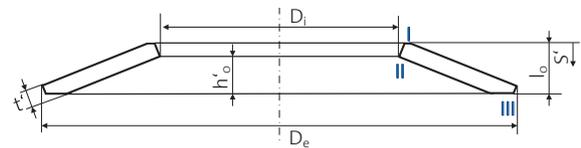


Bild 3.6: Gruppen 1 + 2 links ohne Auflageflächen, rechts mit Auflageflächen

Gruppe	Bearbeitungsverfahren	Oberflächen**)	
		Ober- und Unterseite [μm]	Innen- und Außenrand [μm]
1	gestanzt, kaltgeformt, Kanten gerundet	$R_a < 3,2$	$R_a < 12,5$
2 ¹⁾	gestanzt, kaltgeformt, D_e und D_i gedreht, Kanten gerundet	$R_a < 6,3$	$R_a < 6,3$
	feingeschnitten, kaltgeformt, Kanten gerundet	$R_a < 6,3$	$R_a < 3,2$
3	kalt- oder warmgeformt, allseits gedreht, Kanten gerundet	$R_a < 12,5$	$R_a < 12,5$

*) Wenn nicht anders vereinbart, bleibt das jeweilige Bearbeitungsverfahren dem Hersteller überlassen (siehe Abschnitt 5 in DIN EN 16983 (alt DIN 2093)).

***) Diese Angaben gelten nicht für kugelgestrahlte Tellerfedern.

Tabelle 3.1: Bearbeitungsverfahren und zulässige Oberflächenrauheit

Der Tellerfederquerschnitt bleibt dabei rechteckig und in sich eben, sodass die Krafteinleitung stets über die scharfkantigen Eckpunkte I und III erfolgt. Das Werkstoffverhalten wird als unbegrenzt linearelastisch angesehen. Eigenspannungen werden nicht berücksichtigt. Die errechneten Spannungen sind Nominalspannungen. Bei Mubea stehen zur Berechnung von Tellerfedern computergestützte Berechnungsprogramme zur Verfügung.

Bezogener rechnerischer Kennlinienverlauf: (Bild 3.7)

- Federweg: bezogen auf den Federweg bis zur Planlage $s = s_c = h_0$
- Federkraft: bezogen auf die Federkraft in der Planlage $F_c = F(h_0)$

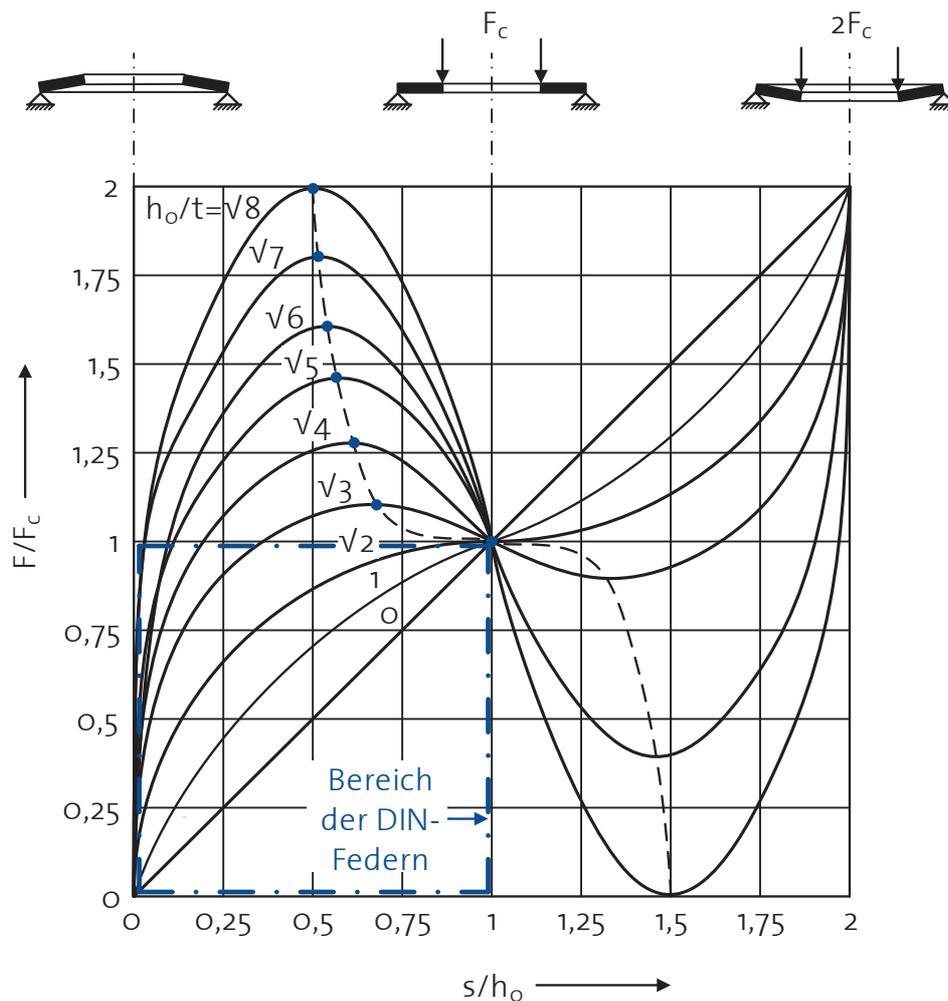


Bild 3.7: Mögliche Kennlinienverläufe

3.5 TELLERFEDERN OHNE AUFLAGEFLÄCHEN MIT KRAFTEINLEITUNG NACH DIN

Die typischen Kennlinienmerkmale einer Tellerfeder liegen mit dem h_0/t -Verhältnis fest. Unter der Voraussetzung einer unbehinderten Verformung der Feder und Einhaltung zulässiger Beanspruchungen erhält man die in Bild 3.7 angegebenen Kennlinien. Speziell für die nach DIN EN 16983 (alt DIN 2093) genormten Reihen A, B und C ergeben sich Kennlinienverläufe gemäß Bild 3.8.

- Federweg: bezogen auf den Federweg bis zur Planlage $s = s_c = h_0$
- Federkraft: bezogen auf die Federkraft in der Planlage $F_c = F(h_0)$

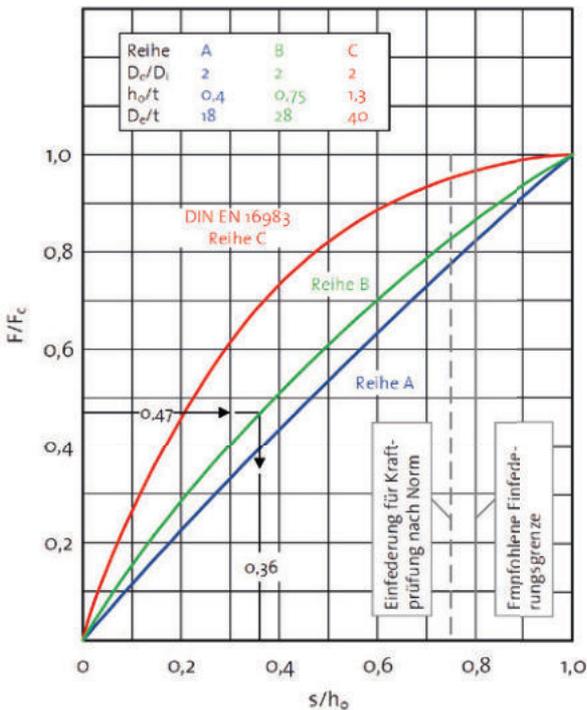


Bild 3.8: Bezogener rechnerischer Kennlinienverlauf

3.6 LASTSPANNUNGEN

Die für die Lebensdauer der Tellerfeder relevanten Spannungen sind diejenigen in tangentialer Richtung, während die Spannungen in radialer Richtung vernachlässigbar klein sind. Grundsätzlich wirken auf der Telleroberseite Drucklastspannungen und auf der Tellerunterseite Zuglastspannungen. Tatsächlich stimmen die berechneten Spannungen mit den realen Spannungen in der Feder nicht überein. Diese ist die Folge von Eigenspannungen, die durch Kugelstrahlen und Vorsetzen der Tellerfedern in der Fertigung entstehen. Die tatsächlich wirkenden Spannungen ergeben sich aus Überlagerung der bereits vorhandenen Eigenspannungen und der Belastungsspannungen. Für die Berechnung der Schwingfestigkeit der Tellerfedern sind die Zugspannungen der Tellerunterseite maßgeblich. Fertigungsbedingt liegen hier Druckeigenspannungen vor, daher sind die berechneten Spannungen höher als die tatsächlichen Spannungen.

3.7 TELLERFEDERN OHNE AUFLAGEFLÄCHEN MIT KRAFTEINLEITUNG ÜBER VERKÜRZTE HEBELARME

Das zur Einfederung erforderliche Moment ist bei dem generell zugrunde gelegten Verformungsmodell genauso groß wie bei der Belastung über die Querschnittsachsen I und III. Aufgrund des verkürzten Hebelarms ist jedoch eine größere Federkraft $F' > F$ erforderlich. Die Folge ist eine steilere Kennlinie als bei normaler Belastung. Darüber hinaus verringert sich der Einfederungsweg bis zur Planlage. Die rechnerische Lastspannung wird von der Art der Lasteinleitung nicht beeinflusst. Sie hängt nur von der Änderung des Kegelwinkels ab.

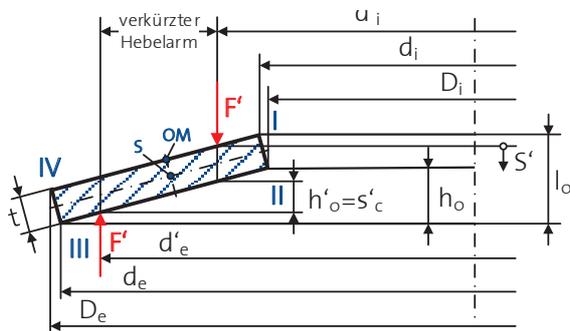


Bild 3.10: Abmessungsverhältnisse bei Kräfteinleitung über verkürzte Hebelarme

3.8 TELLERFEDERN MIT AUFLAGEFLÄCHEN

Auflageflächen werden bei Tellerfedern mit einer Tellerdicke größer als 6 mm verwendet (Gruppe 3 der DIN EN 16983 (alt DIN 2093)), um eine eindeutige Kräfteinleitung zu erzielen und dadurch die Reibung an den Führungselementen zu reduzieren. Durch die Auflagefläche wird die Kräfteinleitung außen von d_e auf d'_e und innen von d_i auf d'_i verschoben. Dies bedeutet eine Verkürzung des Hebelarms und eine Erhöhung der Federkraft. Tellerfedern mit Auflageflächen müssen die gleiche Auslegungskraft F (bei Einfederung $s = 0,75 \cdot h_o$) aufweisen wie Tellerfedern ohne Auflageflächen mit den gleichen Abmessungen D_e, D_i und l_o . Der daraus resultierenden Kräfteerhöhung wird durch eine Reduzierung der Tellerdicke entgegengewirkt. Wegen der Forderung nach gleicher Bauhöhe l_o muss dann die Tellerfeder mit Auflageflächen einen höheren Aufstellwinkel $\varphi'_o > \varphi_o$ aufweisen. Dies hat einen Kennlinienverlauf zur Folge, der von dem der Normaltellerfeder bis auf den gemeinsamen Auslegungspunkt $F' (s = 0,75 \cdot h_o) = F (s = 0,75 \cdot h_o)$ geringfügig abweicht.

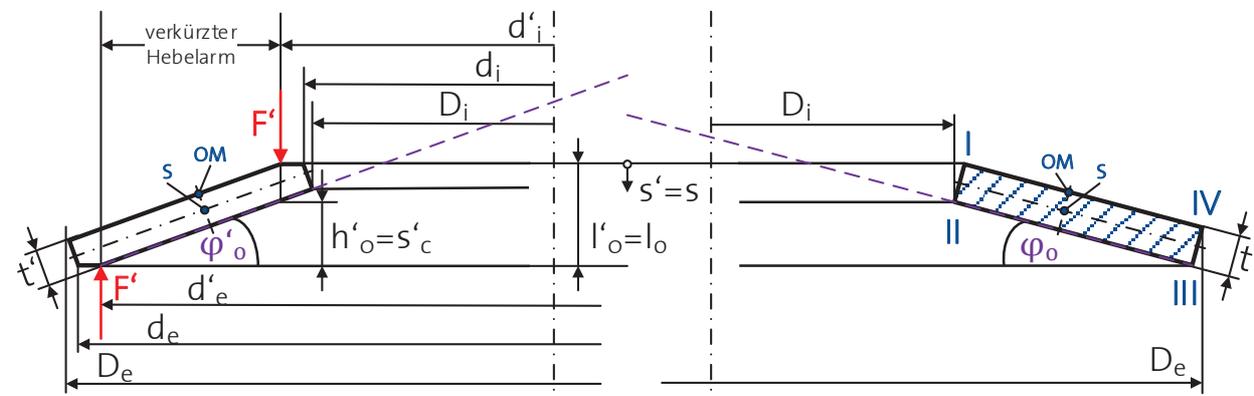


Bild 3.11: Gegenüberstellung einer Tellerfeder mit Auflagefläche (links) und einer Tellerfeder ohne Auflageflächen (rechts)

3.9 SONDERFÄLLE

Umrechnungen bei der Verwendung von Sonderwerkstoffen

Die für einen scharfkantigen Rechteckquerschnitt geltenden Kennliniengleichungen liefern gegenüber Messungen für Federstahl mit $E = 206.000 \text{ N/mm}^2$ und $\mu = 0,3$ etwa 8 % bis 9 % zu hohe Kräfte. Dies wird jedoch durch die mit den Radien an den Stellen I und III verbundene Hebelarmverkürzung in etwa wieder ausgeglichen, sodass die Übereinstimmung der gerechneten mit der gemessenen Kennlinie bei Stahl recht gut ist. Dies gilt jedoch bei der Verwendung von Sonderwerkstoffen mit insbesondere größeren POISSON-Zahlen μ nicht mehr.

Extrem dünne Tellerfedern

Bei Tellerfedern mit $D_e/t \gg 40$ liefert die Kennliniengleichung zu große Kräfte. In diesem Fall muss die Verwölbung der Kegelmantellinie berücksichtigt werden (bspw. unter Verwendung der Finite-Elemente-Methode).

Extrem kleines Durchmesserverhältnis

Bei Tellerfedern mit $D_e/D_i < 1,8$ muss bei der Berechnung der Kennlinie die radienbedingte Hebelarmverkürzung berücksichtigt werden, da sonst zu niedrige Federkräfte errechnet werden.

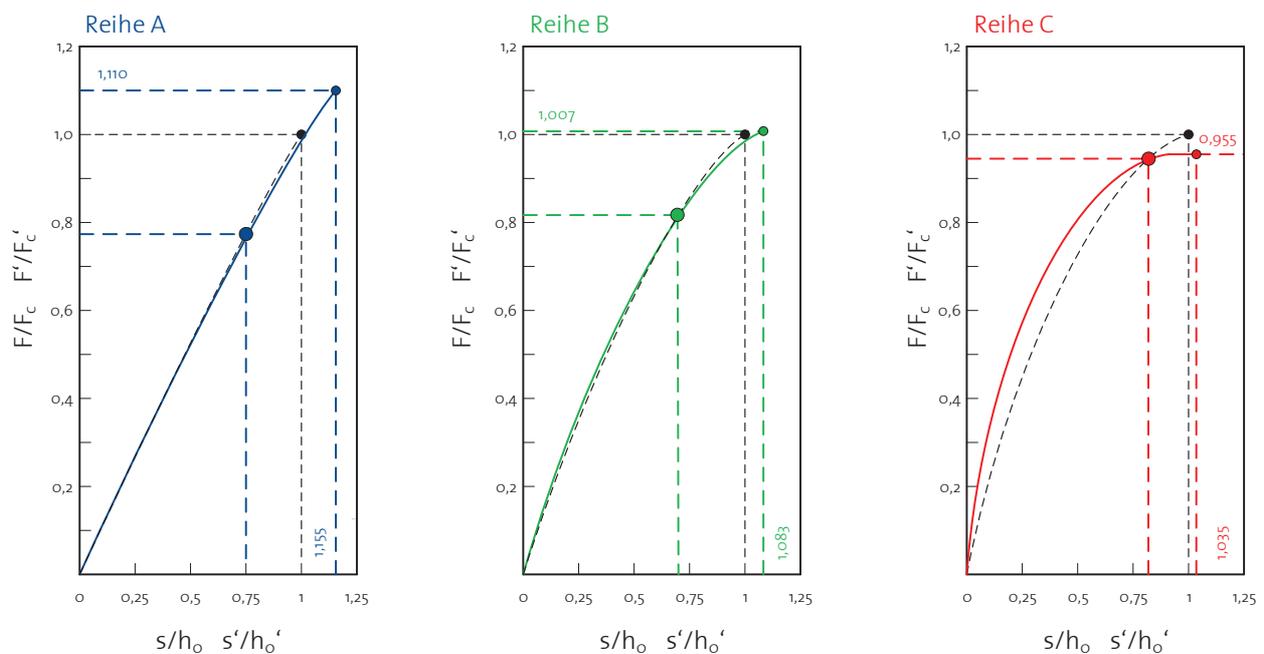


Bild 3.12: Gegenüberstellung der rechnerischen Kennlinienverläufe von Tellerfedern mit und ohne Auflageflächen

3.10 TELLERFEDERKOMBINATIONEN

Wie bereits zu Beginn dieses Kapitels erwähnt, lassen sich Tellerfedern in vielfältiger Weise zu Paketen aus gleichsinnig geschichteten Einzeltellern oder zu Federsäulen aus wechselsinnig geschichteten Einzeltellern bzw. Paketen zusammensetzen. Nachfolgende Betrachtungen werden an Tellerfedern ohne Auflageflächen durchgeführt. Sie gelten für Tellerfedern mit Auflageflächen analog. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Reduzierung der Tellerdicke von t auf t' eine Verkürzung des Federpaketes bzw. der aus Federpaketen bestehenden Federsäule zur Folge hat.

KENNLINIENGESTALTUNG

Tellerfederpaket (Bild 3.13)

Federpakete aus n -gleichen Tellern ver- n -fachen die rechnerische Einzelkraft bei gleichbleibender Einfederung (die Einfederung ist wegen der besseren Lesbarkeit vergrößert eingezeichnet). Die Länge L_0 des unbelasteten Federpakets berechnet sich aus: $L_0 = l_0 + (n-1) \cdot t$
Bei Vernachlässigung der Reibung erhält man für die:

- Einfederung: $s_{ges} = s$
- Federkraft: $F_{ges} = n \cdot F$

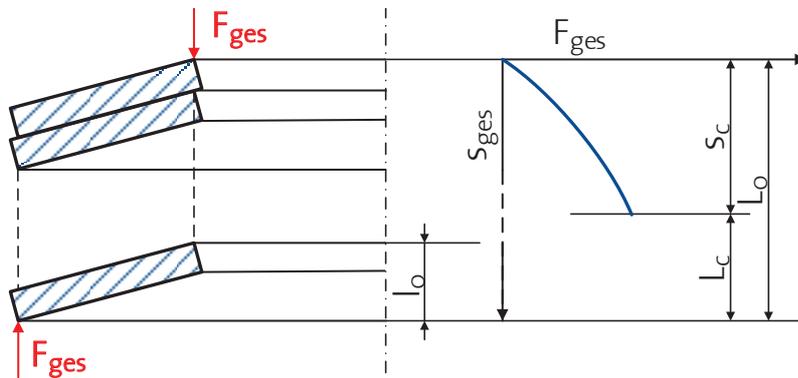


Bild 3.13: Federpaket aus n Einzelteilen

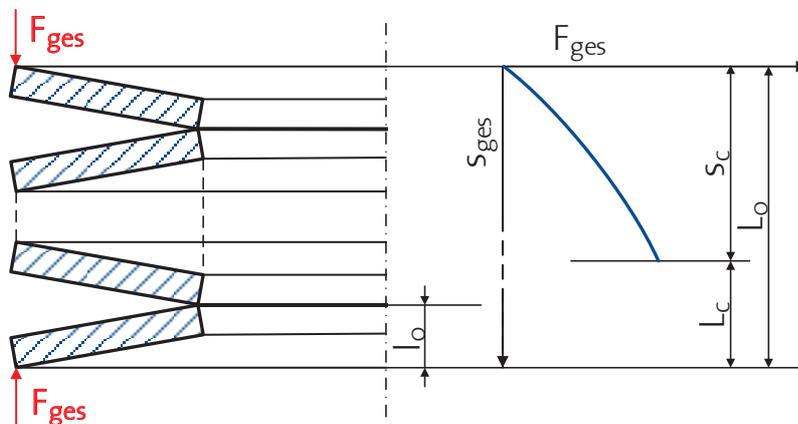


Bild 3.14: Federpaket aus i Einzelteilen

Tellerfedersäule (Bild 3.14)

Federsäulen aus i -wechselsinnig geschichteten Einzeltellern ver- i -fachen die Einfederung bei gleichbleibender Federkraft.

Die Länge der unbelasteten Federsäule berechnet sich bei Schichtung von Einzelfedern zu: $L_0 = i \cdot l_0$

Bei Vernachlässigung der Reibung erhält man für die:

- Einfederung: $s_{ges} = i \cdot s$
- Federkraft: $F_{ges} = F$

Progressive Kennlinie (Bild 3.15)

Zur Erzielung progressiver Kennlinien bieten sich Säulen aus Federpaketen unterschiedlicher Tellerzahl (große Reibung) oder Säulen aus Einzelfedern unterschiedlicher Tellerdicke und Bauhöhe (kleine Reibung) an.

Die Progression wird in beiden Fällen dadurch erreicht, dass das jeweils schwächere Paket – bzw. die jeweils schwächere Feder – nach Erreichen der Planlage oder evtl. vorhandener Hubbegrenzungen keinen Einfederungsbeitrag mehr leistet.

Bild 3.15 zeigt zwei exemplarische Federsäulen mit Hubbegrenzungen (a. Glocke, b. Anschlag) zur Vermeidung von Überbeanspruchungen.

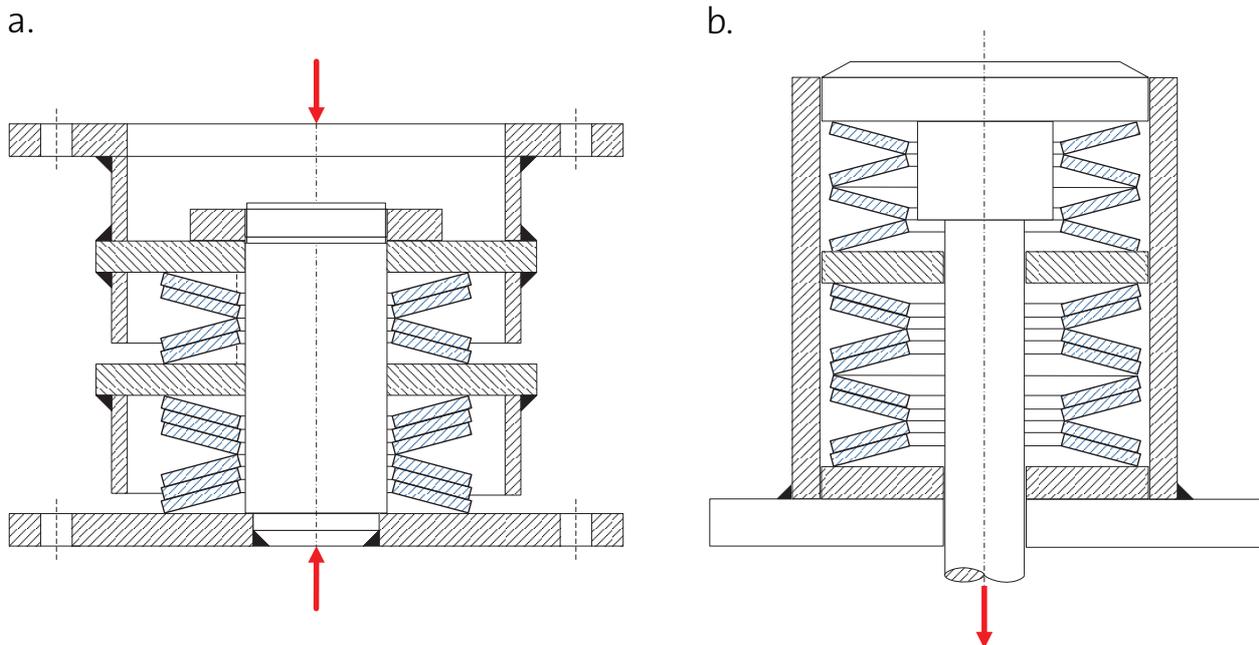


Bild 3.15: Federsäulen mit progressiver Kennlinie und Hubbegrenzung a) Glocke b) Anschlag

HINWEISE ZUR AUSLEGUNG

Für die Auslegung einer Tellerfedersäule sollten folgende Randbedingungen beachtet werden:

- Wechselsinnig geschichtete Einzelfedern werden eingesetzt, wenn der Federweg der Einzelfeder nicht ausreichend ist.
- Gleichsinnig geschichtete Einzelfedern werden dann verwendet, wenn bei begrenztem Einbauraum hohe Federkräfte erreicht werden sollen.
- Ein großer Federdurchmesser ermöglicht es, geringe Einbauhöhen zu erzielen.
- Üblicherweise sollten nicht mehr als 2 bis 4 Federn zu einem Paket geschichtet werden, da mit zunehmender Tellerzahl die Abweichungen zwischen der rechnerischen und der gemessenen Kennlinie aufgrund von Reibung beträchtlich zunehmen. Da der Reibwert von vielen Einflussfaktoren, wie der Geometrie, dem Reibwert, der Rauheit und der Schmierung abhängig ist und durch die Umgebungs- und Einsatzbedingungen stark beeinträchtigt werden kann, ist eine Prognose der Reibung nur eingeschränkt möglich.

Möglichkeiten der Führung (Bild 3.16)

Federpakete und Federsäulen müssen geführt werden. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass selbstzentrierende Federsäulen aufgrund der Zusatzelemente eine geringfügig größere Bauhöhe aufweisen. Dies geschieht durch Führungselemente, wie:

- einem Führungsdorn (Innenführung a.)
- einer Führungshülse (Außenführung b.)
oder durch
- selbstzentrierende Maßnahmen (Führung durch Kugeln oder federharte Drahtsegmente c.)

Für Federsäulen mit besonderen Anforderungen an eine geringe Hysterese wird die Verwendung der selbstzentrierenden Variante empfohlen. Die Zwischenelemente bewirken sehr definierte Kontakteigenschaften und verhindern bei der Parallelschaltung die Berührung der Kegelmantelflächen, was sich in einer deutlichen Verringerung der Hysterese niederschlägt.

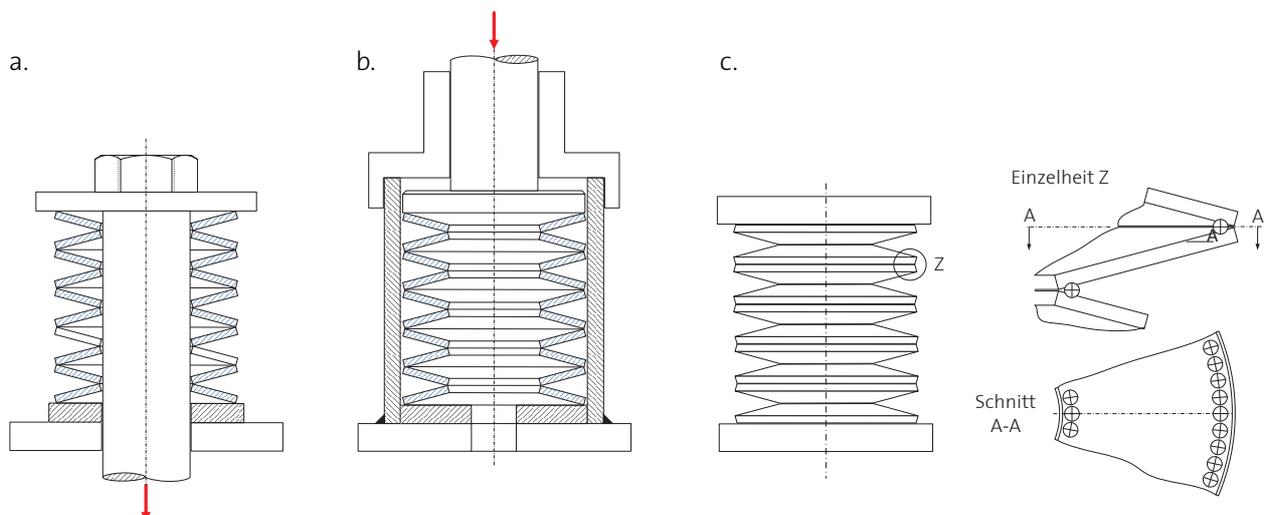


Bild 3.16: Unterschiedliche Varianten der Säulenführung

Sowohl bei der Innen- als auch bei der Außenführung muss das Führungselement auf der gesamten Führungslänge eine glatte Oberfläche aufweisen. Die Oberflächenhärte sollte mindestens 55 HRC betragen.

Bei rein statischer oder selten wechselnder Beanspruchung obliegt es dem Anwender, Führungselemente mit geringeren Festigkeiten zu verwenden.

Die Kräfteinleitung kann bei der Tellerfedersäule sowohl über den Außen- als auch über den Innendurchmesser erfolgen. Es ist zu berücksichtigen, dass bei Kräfteinleitung über den Innendurchmesser höhere Flächenpressungen auftreten.

Bei beiden Führungsarten a. innen und b. außen ist ein Spiel T zwischen Federsäule und Führungselement erforderlich, um eine angemessene Schmierung zu gewährleisten und eine einwandfreie Führung zu sichern. Die nachfolgende Tabelle gibt für beide Führungsarten die Spiele T , abhängig vom Tellerinnendurchmesser D_i (bei Innenführung) bzw. vom Tellerfederaußendurchmesser D_e (bei Außenführung) wieder.

D_i oder D_e [mm]	Gesamtspiel T [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
über 250	2,0

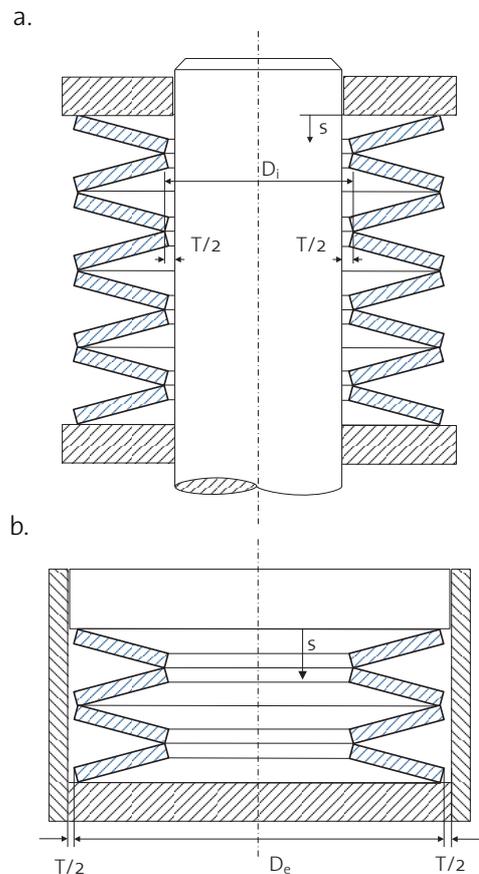


Bild 3.17: Führungstoleranzen (links), Federführung (rechts)

3.11 ERMITTLUNG DER ZULÄSSIGEN BEANSPRUCHUNG

Die Lebensdauer von Tellerfedern hängt entscheidend von Art und Dauer ihrer Beanspruchung ab.

Man unterscheidet 3 Beanspruchungsfälle:

1. Statische bzw. selten wechselnde Beanspruchungen mit weniger als 10^4 Lastwechsel während der vorgesehenen Lebensdauer
2. Wechselnde Beanspruchung im Zeitfestigkeitsbereich $10^4 < N < 2 \cdot 10^6$ bis zum Bruch
3. Schwingende Beanspruchung mit praktisch unbegrenzter Lebensdauer $N > 2 \cdot 10^6$ Lastwechsel

Zu 1.

Zur Abschätzung der Beanspruchung ist die größte auftretende rechnerische Spannung am oberen Innenrand der Einzelfeder (Querschnittsstelle I) maßgebend. Die Spannung an der Querschnittsstelle I ist die im Betrag größte Spannung und damit für das Setzverhalten entscheidend. Bei Federn aus Stählen nach DIN EN 10089 und DIN EN 10132-4 sollte die für die Stelle I errechnete Druckspannung in der Planlage $s_c = h_o$ die in der folgenden Tabelle aufgeführten Werte nicht überschreiten. (Tabelle 3.2)

D_e/D_i	olc [N/mm ²]
1,5	-2.600
2,0	-3.400
2,5	-3.600

Tabelle 3.2: Maximal zulässige Blockspannungen

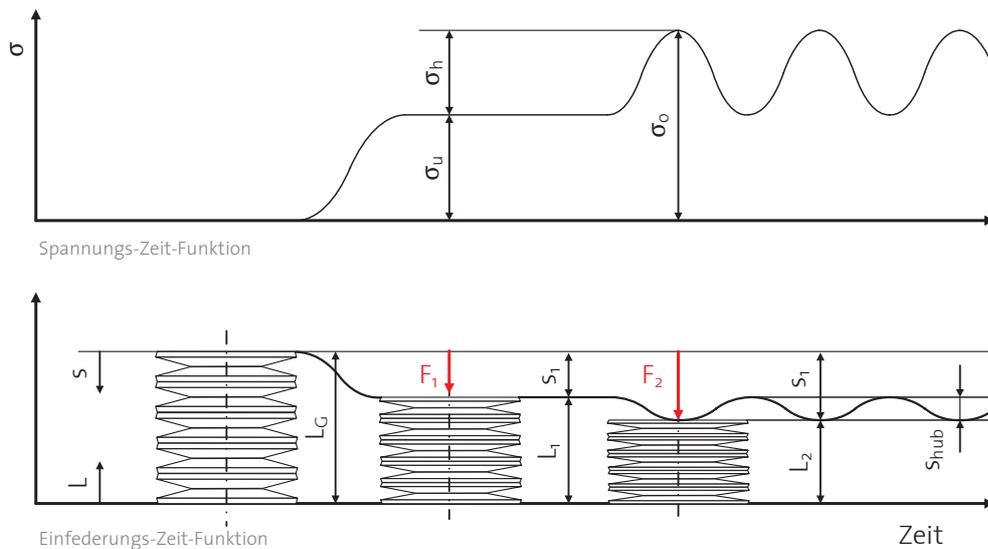


Bild 3.18: Zeitlicher Bewegungsablauf bei schwingender Beanspruchung

Bei höheren rechnerischen Blockspannungen kann bei Belastung ein nicht zu vernachlässigendes Nachsetzen der Feder eintreten. Wenn bei Sondergrößen die maximal zulässigen rechnerischen Druckspannungen überschritten werden, können solche Federn unter Umständen nicht mehr blockfest sein.

Zu 2. und 3.

Für Tellerfedern mit schwingender Beanspruchung sind die rechnerischen Zugspannungen an der Unterseite der Tellerfeder maßgebend, da Schwingungsbrüche stets von hier ihren Anfang nehmen. Entscheidend für den Schwingungsbruch ist dabei diejenige Querschnittsstelle II oder III, an der die jeweils größere rechnerische Schwellspannung auftritt.

Mindestvorspannung

Bei schwingender Belastung ist es erforderlich, die Tellerfeder mit einer genügend hohen Vorspannung für den oberen Innenrand (Querschnittsstelle I) einzubauen. Damit wird das Auftreten von radialen Anrissen verhindert, die durch beim Vorsetzen entstehende Zugeigenspannungen ausgelöst werden können. Die anzustrebende rechnerische Mindestdruckspannung beträgt bei Beanspruchungsverhältnissen, wie sie bei DIN-Federn vorliegen, erfahrungsgemäß etwa $\sigma_{\lambda} = -600 \text{ N/mm}^2$. Dies entspricht einem Vorspannweg von $s_u \approx 0,15 \cdot h_0 \dots 0,20 \cdot h_0$. Während Federn niedrigerer Blockspannungen mit einem geringeren Vorspannfederweg auskommen, ist bei Federn mit sehr hohen Blockspannungen ein größerer Vorspannfederweg zu berücksichtigen.

Schwingfestigkeitswerte

Das Ergebnis langjähriger Erfahrungen mit Mubea-Tellerfedern ist das nachfolgend dargestellte Schwingfestigkeitsdiagramm für $N = 2 \times 10^6$ Lastspiele. Es gibt die zulässige rechnerische Spannung der für den Schwingungsbruch maßgebenden Tellerunterseite an. Das Schwingfestigkeitsdiagramm ist für unterschiedliche Tellerfederdicken und Lastwechselzahlen ermittelt worden.

Die Diagramme gelten für Tellerfedern der Gruppen 2 und 3 aus 51CrV4 und der Gruppe 1 aus C67S für eine 99%ige Überlebenswahrscheinlichkeit unter folgenden Bedingungen:

1. Federsäulen mit maximal 10 Einzeltellern, wechselsinnig geschichtet
2. Sinusförmige Einfederungs-Zeit-Funktion bei konstantem Hub und konstanter Frequenz unterhalb der zulässigen Erwärmungsgrenze
3. Einwandfreie Führung auf vorschriftsmäßigen Führungselementen (Dorn oder Hülse) sowie gehärteten und geschliffenen Lasteinleitungsflächen an den Säulenenden
4. Einwandfreie Schmierung
5. Raumtemperatur, normale Atmosphäre, d.h. keine hohe Luftfeuchtigkeit, keine aggressiven chemischen Substanzen etc.

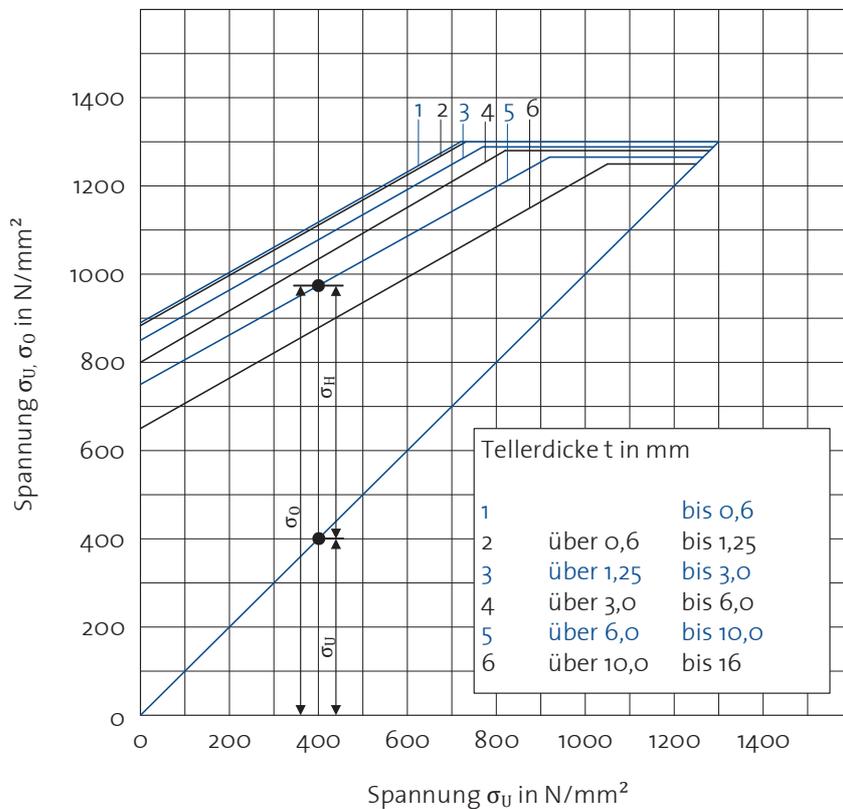


Bild 3.19: Schwingfestigkeitsschaubild für $N = 2 \times 10^6$ Lastspiele

Abweichungen von diesen Versuchsparametern können die ertragbare Lastspielzahl negativ beeinträchtigen.

Dies gilt insbesondere für schlagartige Belastungen, wie sie im praktischen Betrieb auftreten können, bei mangelnder Schmierung sowie bei Korrosion und Oberflächenbeschädigungen.

Mit zunehmender Anzahl von Tellerfedern in der Tellerfedersäule reduziert sich die ertragbare Lastwechselzahl gegenüber der Einzelfeder. Dieses ist auf das unterschiedliche Einfedern der Einzelfedern bzw. Pakete in der Säule zurückzuführen.

Hierfür sind maßgeblich:

- die Reibung der Federn am Führungselement
- bei Paketschichtung die Reibung zwischen den Federn

Mubea-Tellerfedern ertragen beträchtlich höhere dynamische Beanspruchungen bzw. Lastspielzahlen als nach der DIN EN 16983 (alt DIN 2093) gefordert. Dies macht der Vergleich der den Schwingfestigkeitsschabildern zugrundeliegenden Schwellspannungen σ_{sch} und maximal zulässigen Spannungen σ_{max} mit den entsprechenden Werten der Norm deutlich. (Bild 3.20)

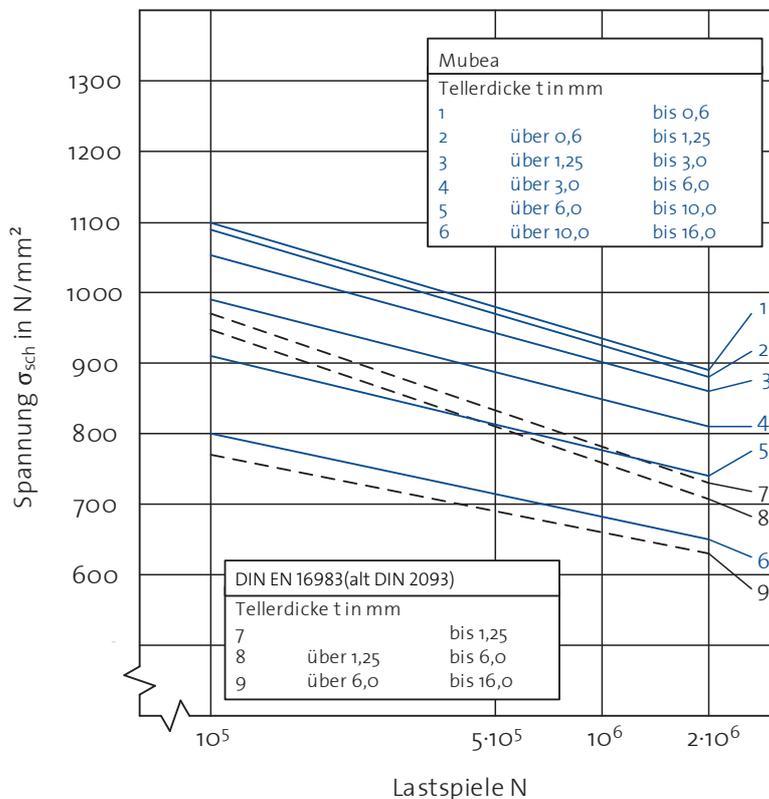


Bild 3.20: Wöhler-Kurven nach Mubea und DIN EN 16983 (alt DIN 2093) im Vergleich

3.12 RELAXATION UND KRIECHEN

Jede Feder erleidet im Lauf der Zeit eine Einbuße an Spannkraft, die sich je nach Belastungsart der Feder als Relaxation oder als Kriechen bemerkbar machen kann.

Von Relaxation spricht man, wenn die Feder auf eine konstante Länge zusammengedrückt ist und sich im Laufe der Zeit ein Kraftabfall ΔF bemerkbar macht.

Von Kriechen spricht man, wenn die mit einer konstanten Kraft belastete Feder im Laufe der Zeit einen zusätzlichen Längenverlust Δl erleidet, sodass sich ihre Bauhöhe l_0 verringert.

Die Relaxation oder das Kriechen der Feder im Betriebsfall wird maßgeblich durch folgende Parameter beeinflusst:

- Betrag der Lastspannung, die zweckmäßig durch σ_l ausgedrückt wird
- Eigenspannungszustand resultierend durch den Vorsetzprozess in der Fertigung
- Betriebstemperatur
- Werkstofffestigkeit, insbesondere auch bei höheren Temperaturen (Warmfestigkeit)
- Belastungsdauer

Zulässige Relaxation für kalt vorgesetzte Tellerfedern aus chrom- sowie chrom-vanadiumlegierten Stählen nach DIN EN 10089 und DIN EN 10132-4.

Warmvorgesetzte Federn weisen etwa gleiche Oberflächeneigenspannungen auf, wie kaltvorgesetzte Federn. Sie haben jedoch eine tiefer ins Material reichende Plastifizierungszone und damit einen weniger steilen Eigenspannungsabfall. Die Folge ist eine geringere Nachsetzneigung als bei kaltvorgesetzten Federn.

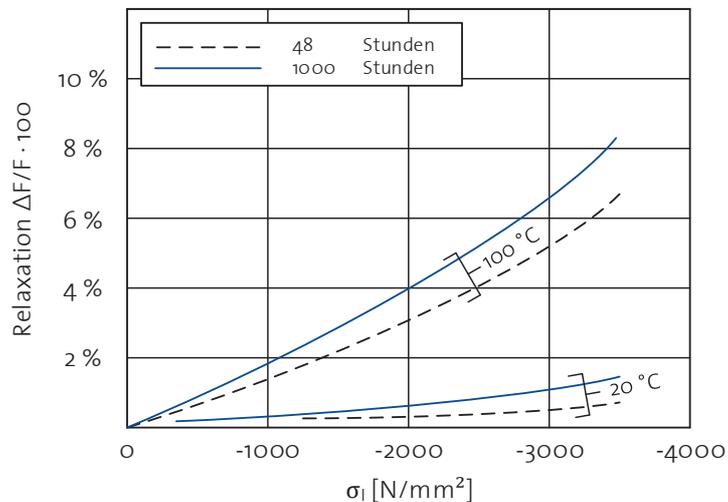


Bild 3.21: Relaxationsverhalten von Tellerfedern

3.13 REIBUNG

Je nach Federkombination ist die Ein- und Ausfederung von Tellerfedern stets mit mehr oder weniger großen Reibungskräften an allen Kontaktstellen zwischen Federn untereinander, zwischen Federn und Führungsdorn sowie auch an den endseitigen Lasteinleitungsrändern verbunden. Dies hat eine mehr oder weniger große Abweichung der Be- und Entlastungskennlinie von der rechnerischen Kennlinie zur Folge.

Reibung an der Einzeltellerfeder

Gemäß Abb. 3.22 bilden die Reibungskräfte $\mu_R \cdot F(\mu_R)$ bei der Einfederung ein dem Belastungsmoment entgegenwirkendes Moment und erhöhen damit die erforderliche Einfederungskraft $F(\mu_R)$. Bei der Ausfederung bilden sie ein mit dem Lastmoment gleichgerichtetes Moment und verringern daher die erforderliche Haltekraft.

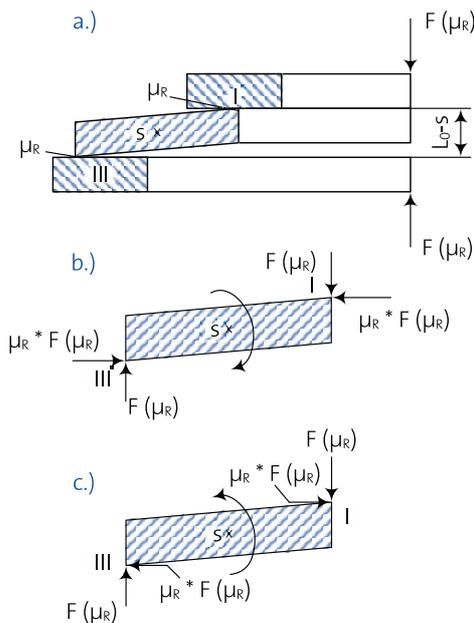


Bild 3.22: Einzeltellerfeder mit Eckenreibung:
a) Gesamtansicht b) Einfederung c) Ausfederung

Die Reibungskoeffizienten sind sowohl von der Oberflächenbeschaffenheit der Lasteinleitungselemente als auch von den Rundungsradien an den Tellerrändern I und III sowie vom Schmiermittel abhängig.

Reibung in Tellerfederpaketen

Bei der Einfederung eines Federpakets aus n Tellern treten neben der paketenseitigen Eckenreibung an den Mantelflächen sich berührender Tellerfedern radiale Reibungskräfte $\mu_M \cdot F(n, \mu_M)$ auf, die an der Telleroberseite und Tellerunterseite entgegengesetzt gerichtet sind (Bild 3.23). Sie bilden somit n Reibungsmomente, die dem Belastungsmoment entgegengesetzt gerichtet sind und dadurch die erforderliche Einfederungskraft erhöhen. Bei der Entlastung führen die dann entgegengesetzten Reibungskräfte zu einer Herabsetzung der Federkraft.

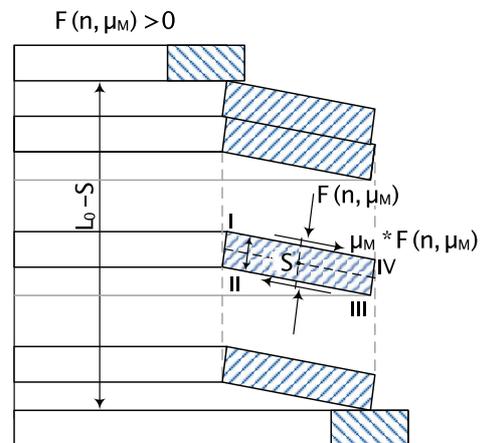


Bild 3.23: Reibungskräfte am Tellerfederpaket

Die prozentuale Kraftabweichung ist von der Einfederung unabhängig. Mit dickeren Tellerfedern (Reihe A) lassen sich größere Dämpfungswirkungen erreichen. Erfahrungsgemäß ist mit zunehmender Tellerzahl n im Paket eine wachsende Abweichung der Form und des Ausgangspunktes der unteren Kennlinie von den rechnerischen Werten zu verzeichnen (Bild 3.24). Dies ist die Folge der sich summierenden Abweichungen der Einzelteller von der Idealform, vor allem von Unrundheiten der Kegelmantelfläche und Abweichungen der Bauhöhe l_0 .

Diese Formabweichungen bewirken auch, dass man sowohl nach Vertauschen der Federpositionen innerhalb des Pakets als auch durch Verdrehen einzelner Federn im Paket zu leicht unterschiedlichen Kennlinienverläufen kommen kann. Im Allgemeinen stellt sich jedoch im Lauf der Zeit ein stationärer Be- und Entlastungskennlinienverlauf ein. Schon aus Sicherheitsgründen werden auch einzelne Tellerfederpakete innen- oder außengeführt. Bei Verwendung reibungsarmer Tellerfedern sind die möglicherweise hieraus entstehenden Reibungskräfte gegenüber den vorerwähnten Reibungskräften meistens vernachlässigbar klein.

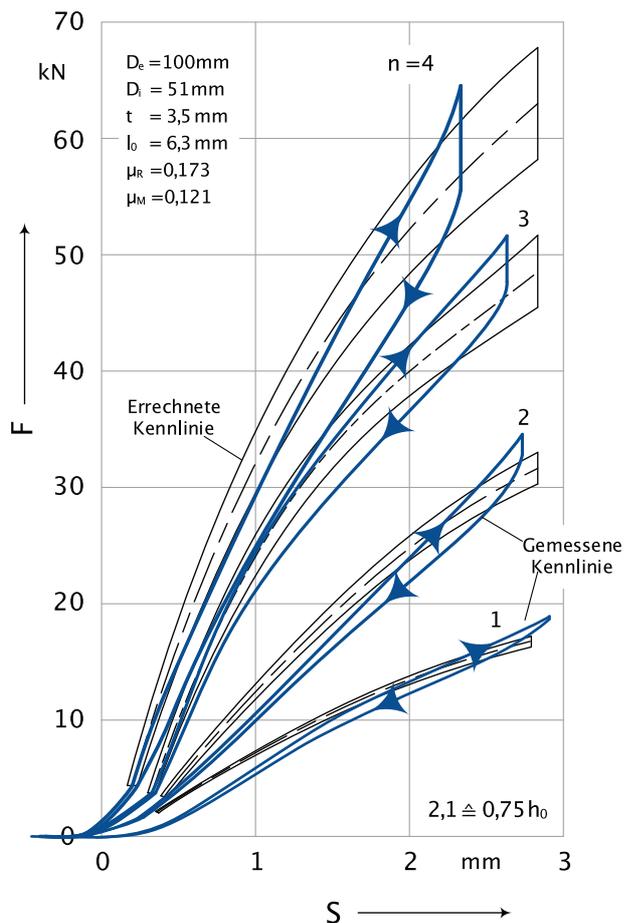


Bild 3.24: Gegenüberstellung gemessener und gerechneter Kennlinien für die Einzelfeder und Federpakete mit n 2 bis 4 Tellern

Reibung in Tellerfedersäulen

Bei der hier stets vorausgesetzten Verwendung reibungsarmer, d.h. mit einer speziellen Innenrandkontur ausgeführter Tellerfedern, ist die zwischen Führungsdorn und Tellerfedersäule auftretende Reibung im Allgemeinen sehr klein. Damit ist bei Säulen aus wechselsinnig geschichteten Einzelfedern eine ungleichmäßige Einfederung der einzelnen Teller in der Säule – und somit ein vorzeitiger Federbruch infolge Überbeanspruchung der Federn am bewegten Säulenende – deutlich reduziert worden.

Abb. 3.25 zeigt die Verbesserung der Einfederungsverteilung auf die Säule bei Benutzung reibungsarmer Tellerfedern. Die gemessenen Be- und Entlastungskennlinien derartiger Federsäulen unterscheiden sich voneinander und von der errechneten Kennlinie nur unwesentlich (Bild 3.26). Bei der Verwendung von Federpaketen in der Säule gelten diese fast idealen Verhältnisse

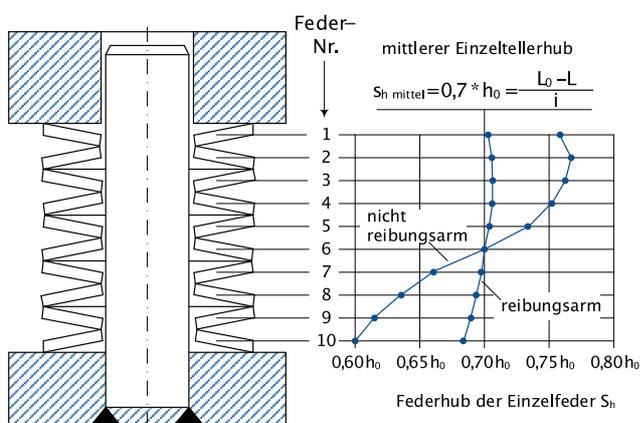


Bild 3.25: Federhübe der Einzelfeder in der Säule in Abhängigkeit vom Bohrungsprofil

nicht mehr. Die Abweichung der Einzelteller von der geometrischen Idealform führt zu einer ungleichförmigen Lastüberleitung von einer Feder des Pakets zur anderen. Die Folge sind Querverschiebungen der Federn, die sich dann mit hohen Kräften am Führungselement abstützen. Befinden sich derartig quer verschobene Federn vornehmlich am bewegten Säulenende, so erzeugen die Abstützkräfte wegen der langen Federwege eine große Reibungsarbeit. Es muss deshalb betont werden, dass die Benutzung von Federpaketen in Tellerfedersäulen zu ungleichmäßigen Einfederungen und bei hohen Frequenzen zu erhöhten Arbeitstemperaturen führen kann. Die Folge ist eine verminderte Gesamtlebensdauer der Federsäule.

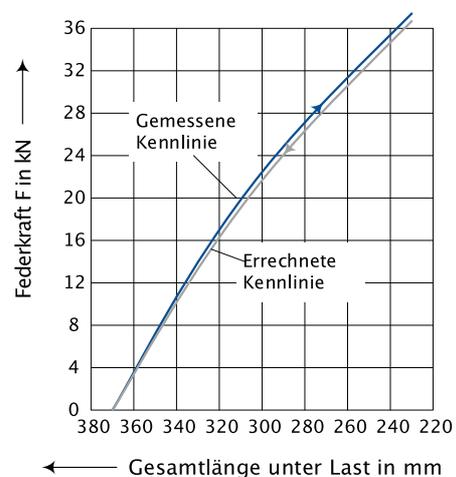


Bild 3.26: Vergleich der gemessenen Kennlinie mit der errechneten Kennlinie für eine Federsäule aus 10 Federn.

3.14 ALLGEMEINE TOLERANZEN

Die in den Tabellen 3.3 und 3.4 angegebenen zulässigen Maßabweichungen für Federgeometrie, Kraft und Härte gelten für das gesamte Fertigungsprogramm. Bei Normalausführung entspricht die Durchmessertoleranz für den Außen- bzw. Innendurchmesser h_{12} bzw. H_{12} . Falls in Sonderfällen kleinere Toleranzen erforderlich sind, ist eine Rücksprache mit Mubea erforderlich.

	Tellerdicke t oder t' [mm]	zulässige Abweichung der Tellerdicke t [mm]	zulässige Abweichung der Bauhöhe l_0 [mm]	zulässige Abweichung der Federkraft F bei l_0 -s mit $s = 0.75 h_0$ [%]	Härte [HCR]
Gruppe 1 ohne Auflageflächen	0,2 bis 0,6	+ 0,02 - 0,06	+ 0,1 - 0,05	+ 25 - 7,5	42-52
	über 0,6 bis kleiner 1,25	+ 0,03 - 0,09			
Gruppe 2 ohne Auflageflächen	1,25 bis 2,0	+ 0,04 - 0,12	+ 0,15 - 0,08	+ 15 - 7,5	
	über 2,0 bis 3,0		+ 0,20 - 0,10		
	über 3,0 bis 3,8		+ 0,3 - 0,15	+ 10 - 5	
	über 3,8 bis 6,0				
Gruppe 3 mit Auflageflächen	über 6,0 bis 15	± 0,10	± 0,30	± 5	
	über 15 bis 25	± 0,12	± 0,50*		
	über 25 bis 40	± 0,15	± 1,0*		

* gilt nur für Tellerfedern mit D_e/t -Verhältnis ≤ 20

Tabelle 3.3: Zulässige Abweichungen für Tellerdicke, Bauhöhe, Federkraft und Federhärte

Bei einem D_e/t -Verhältnis > 20 muss mit größeren Bauhöhenabweichungen gerechnet werden. Diese sind von Fall zu Fall mit Mubea zu vereinbaren.

Außendurchmesser D_e , Innendurchmesser D_i			
D_e oder D_i [mm]	$D_e h_{12}$ [mm]	$D_i H_{12}$ [mm]	Koaxialitätstoleranz bei D_e [mm]
3 bis 6	0 bis -0,12	0 bis +0,12	0,15
> 6 bis 10	0 bis -0,15	0 bis +0,15	0,18
> 10 bis 18	0 bis -0,18	0 bis +0,18	0,22
> 18 bis 30	0 bis -0,21	0 bis +0,21	0,26
> 30 bis 50	0 bis -0,25	0 bis +0,25	0,32
> 50 bis 80	0 bis -0,30	0 bis +0,30	0,6
> 80 bis 120	0 bis -0,35	0 bis +0,35	0,7
> 120 bis 180	0 bis -0,40	0 bis +0,40	0,8
> 180 bis 250	0 bis -0,46	0 bis +0,46	0,92
> 250 bis 315	0 bis -0,52	0 bis +0,52	1,04
> 315 bis 400	0 bis -0,57	0 bis +0,57	1,14
> 400 bis 500	0 bis -0,63	0 bis +0,63	1,26
> 500 bis 600	0 bis -0,68	0 bis +0,68	1,36

Tabelle 3.4: Zulässige Abweichungen für Federdurchmesser und Koaxialität

3.15 WERKSTOFFÜBERSICHT

Anwendungsprofil	Werkstoffbezeichnung	Werkstoffnummer	E-Modul bei 20°C [N/mm ²]
Standardanforderungen	C67 S	1.1231	206.000
	51 CrV 4	1.8159	206.000
Für große Materialstärken	51 CrMoV 4	1.7701	206.000
Korrosionsbeständig	X 10 CrNi 18-8	1.4310	190.000
	X 7 CrNiAl 17-7	1.4568	200.000
	X 5 CrNiMo 17-12-2	1.4401	190.000
Warmfest	X 39 CrMo 17-1	1.4122	209.000
	X 22 CrMoV 12-1	1.4923	209.000
Antimagnetisch und korrosionsbeständig	Cu Be 2	2.1247	135.000
Hochwarmfest	Inconel 718	2.4668	200.000
	Inconel X 750	2.4669	214.000
Hochfeste Titanlegierung	TiAl 6 V 4	3.7165	114.000

¹⁾ Erfahrungsbereich, größere Materialstärken auf Anfrage ²⁾ Bei Warmvorsetzen bis ca. 200°C

* gängige Abmessungen und Materialien ab Lager, Sonderabmessungen und -materialien auf Anfrage

Tabelle 3.5: Werkstoffübersicht

Materialdicke max. ¹⁾ [mm]	Temperaturbereich [°C]	Anwendungsbeispiel
1.25	-10 bis 100	Anlagen-, Maschinenbau, Automobilindustrie
28	-40 bis 150 ²⁾	
40	-20 bis 150	Anlagenbau
3.5	-150 bis 200	Lebensmittelindustrie, chem. Industrie
16	-200 bis 200	
3	-200 bis 200	
8	-60 bis 300	Kesselbau, Kraftwerksbau, Ofenbau, chem. Industrie
14	-60 bis 350	
6	-250 bis 150	Elektroindustrie, Tieftemperatur, Supraleitung, Satellitentechnik
16	-200 bis 500	Kessel-, Ofenbau, chem. Industrie, Ölindustrie
8	-200 bis 500	
10	-70 bis 350	Ölindustrie

3.16 WERKSTOFFE UND KORROSIONSSCHUTZ

3.16.1 STANDARDWERKSTOFFE

C675 (1.1231)

Als kostengünstiger Werkstoff für niedrigere Beanspruchungen wird dieser Federstahl ausschließlich für Federn der Gruppe 1 (Tellerdicke < 1,25 mm) gemäß DIN-EN 16983 eingesetzt. In Sonderfällen ist auf Kundenwunsch auch ein Einsatz bis zu einer Tellerdicke von 4 mm möglich. Da sich 51 CrV 4 jedoch für die meisten Federn als Standardwerkstoff durchgesetzt hat, lohnt es sich aufgrund besserer Materialverfügbarkeit und vernachlässigbaren Materialkostenunterschieden häufig, 51 CrV 4 zu verwenden.

51 CrV 4 (1.8159)

Der Werkstoff 51 CrV 4 stellt bei Mubea den klassischen Standardwerkstoff für Tellerfedern dar. Aufgrund seiner Legierungsbestandteile erfüllt er im Temperaturbereich von -15 °C bis +150 °C beste Federeigenschaften. Unter Einbuße der Haltbarkeit kann 51 CrV 4 bis -40 °C und durch Warmvorsetzen der Tellerfeder bis +200 °C verwendet werden. Sein Relaxationsverhalten ist aufgrund der zusätzlichen Legierungselemente besser als das unlegierter Stähle.

51 CrMoV 4 (1.7701)

51 CrMoV 4 hat ähnliche Eigenschaften wie 51 CrV 4. Aufgrund des Molybdänzusatzes ist 51 CrMoV 4 bis 40 mm Materialdicke problemlos durchhärtbar. Durch die höhere Zähigkeit hat dieser Werkstoff im Bereich 0 °C bis -40 °C bessere Eigenschaften als 51 CrV 4.

3.16.2 KORROSIONSBESTÄNDIGE WERKSTOFFE

Korrosionsbeständige Werkstoffe besitzen aufgrund ihres hohen Legierungsanteils an Ni im Ausgangszustand ein austenitisches Kristallgitter, d.h. sie können nicht martensitisch oder bainitisch vergütet werden. Im Gegensatz zu den vergütbaren Standardwerkstoffen erhalten korrosionsbeständige Federstähle ihre Festigkeit durch Mischkristallbildung, Kaltverfestigung beim Walzen (siehe DIN 17 224) und durch Ausscheidungshärtung (X 7 CrNiAl 17 7). Eine für Federn ausreichende Festigkeit wird erst nach einem bestimmten Abwalzgrad erreicht. Den maximalen Materialdicken sind aufgrund der Kaltverfestigung beim Walzen enge Grenzen gesetzt. Federn aus korrosionsbeständigen Werkstoffen können auch bei extrem niedrigen Temperaturen eingesetzt werden. Dagegen geht die bei Temperaturen oberhalb von +200 °C durch Kaltwalzen gewonnene Festigkeit durch Erholungsvorgänge wieder verloren.

X 10 CrNi 18-8 (1.4310)

Der chrom-nickel-legierte X 10 CrNi 18-8 nach DIN 17 224 wird häufig für korrosionsbeständige Tellerfedern eingesetzt. Die Festigkeit wird beim X 10 CrNi 18-8 durch Kaltwalzen erzielt. Die maximale Materialstärke für Tellerfedern ist daher auf 3,5 mm begrenzt. Die Kaltverfestigung führt zu einer mehr oder weniger ausgeprägten Magnetisierbarkeit.

X 7 CrNiAl 17-7 (1.4568)

Nach DIN 17224 handelt es sich beim X 7 CrNiAl 17-7 um einen ausscheidungshärtbaren, korrosionsbeständigen Federstahl. Die notwendige Festigkeit kann sowohl durch Kaltverformung als auch durch Ausscheidungshärtung erreicht werden. Bereits in weichem Zustand ist der Stahl X 7 CrNiAl 17-7 deutlich magnetisierbar; die Magnetisierbarkeit wird durch die Kaltumformung weiter erhöht.

X 5 Cr Ni Mo 1810 (1.4401)

Dieser Stahl zeichnet sich durch gute Korrosionsbeständigkeit und geringste Magnetisierbarkeit aus. Die Festigkeit wird wie bei X 10 CrNi 18-8 durch Kaltverfestigung erzielt, sodass die Materialstärke auf ca. 1,6 mm begrenzt ist.

3.16.3 WARMFESTE WERKSTOFFE

Bei den warmfesten Werkstoffen handelt es sich um martensitisch vergütbare Stähle. Sie weisen aufgrund ihrer hohen Legierungsanteile in höheren Temperaturbereichen eine deutlich bessere Kriechstabilität als die Standardwerkstoffe auf. Die in Tabelle 3.3 angegebenen oberen Einsatztemperaturen gelten für den Fall einer dauernden Temperaturbelastung. Kurzzeitig (bis etwa 1 Stunde) dürfen die Federn auch etwa 100 °C höheren Temperaturen ausgesetzt werden, ohne dass eine Veränderung der Eigenschaften eintritt. Bei der Auslegung der

Tellerfedern muss berücksichtigt werden, dass der E-Modul zu hohen Temperaturen hin fällt, zu niedrigen Temperaturen hin steigt.

Daher hat eine Tellerfeder bei hohen Temperaturen eine niedrigere und bei tiefen Temperaturen eine höhere Kraft als für Raumtemperatur berechnet. Für Federn, die aus den nachfolgend genannten warmfesten Stählen hergestellt werden, muss darauf hingewiesen werden, dass ein vorzeitiger Ausfall durch verzögerten Sprödbbruch nicht ausgeschlossen werden kann.

X39 CrMo 17-1 (1.4122)

Durch Molybdänzusatz ist beim X 39 CrMo 17-1 eine höhere Warmfestigkeit gegeben. In verschiedenen Normen wird dieser Werkstoff auch als korrosionsbeständig bezeichnet. Bei den für Federn benötigten Festigkeiten besteht allerdings nur eine bedingte Korrosionsbeständigkeit. Insbesondere bei dem Einsatz in Seewasserumgebung oder in seewasserähnlichen Medien ist keine ausreichende Korrosionsbeständigkeit vorhanden.

X 22 CrMoV 12-1 (1.4923)

Dieser Werkstoff ist ein vergütbarer molybdän- und vanadiumhaltiger warmfester Chromstahl für den Anwendungsbereich von -60 °C bis +350 °C. Auch der Edelstahl X 22 CrMoV 12-1 kann durch verzögerten Sprödbbruch vorzeitig ausfallen.

3.16.4 ANTIMAGNETISCHE UND KORROSIONSBESTÄNDIGE WERKSTOFFE

Diese Werkstoffe erhalten durch Aushärtung ihre Festigkeit. Sie sind gleichzeitig antimagnetisch und korrosionsbeständig.

Cu Be 2 (2.1247)

Die aushärtbare Legierung Kupfer-Beryllium eignet sich auch hervorragend für den Einsatz bei extrem niedrigen Temperaturen. Der im Vergleich zu den anderen Werkstoffen niedrige E-Modul erlaubt jedoch nur deutlich geringere Kräfte als üblich. Cu Be 2 weist zudem eine gute elektrische Leitfähigkeit auf.

3.16.5 HOCHWARMFESTE WERKSTOFFE

Aus der Gruppe der Nickel-Basis-Legierungen haben sich einige aushärtbare Werkstoffe für den Einsatz als Tellerfedern insbesondere bei höheren Temperaturen etabliert. Sie weisen hohe Zähigkeiten und ein sehr gutes Dauerfestigkeitsverhalten auf. Bei der Federauslegung muss die im Vergleich zu anderen Federwerkstoffen niedrigere Zugfestigkeit und das ungünstigere Streckgrenzen-Verhältnis berücksichtigt werden. Andernfalls ist mit hohen Setzverlusten zu rechnen.

Eine bestimmte Temperatur als obere Einsatzgrenze kann nicht angegeben werden. Durch das Kriechen des Werkstoffes unter Belastung verliert die Feder an Bauhöhe. Dieses Kriechen ist eine Funktion von Temperatur, Zeit und Spannung.

Eine Feder kann z.B. bei höheren Temperaturen eingesetzt werden, wenn entweder die Beanspruchung niedriger gewählt wird oder die Haltezeit entsprechend kurz ist. Die in Tabelle 3.6 angegebenen Werte können nur Richtwerte dafür sein, bis zu welchen Temperaturen die Federn etwa gleiches Verhalten wie bei Raumtemperatur zeigen.

Natürlich muss beachtet werden, dass der E-Modul im oberen Temperaturbereich des Werkstoffes einiges unter dem Raumtemperaturwert liegt. Unter dieser Berücksichtigung können Tellerfedern aus den hochwarmfesten Werkstoffen bei bis zu ca. 150 °C höheren Temperaturen eingesetzt werden, als in Tabelle 3.6 angegeben.

Die Beschaffung hochwarmfester Werkstoffe bedingt im Auftrag eine einmalige Vorlaufzeit bis zur ersten Lieferung. Für Serienlieferungen ergeben sich keine längeren Lieferzeiten als bei Federn aus Stahl. Es muss darauf hingewiesen werden, dass die Werkstoffkosten hochwarmfester Werkstoffe recht hoch sind.

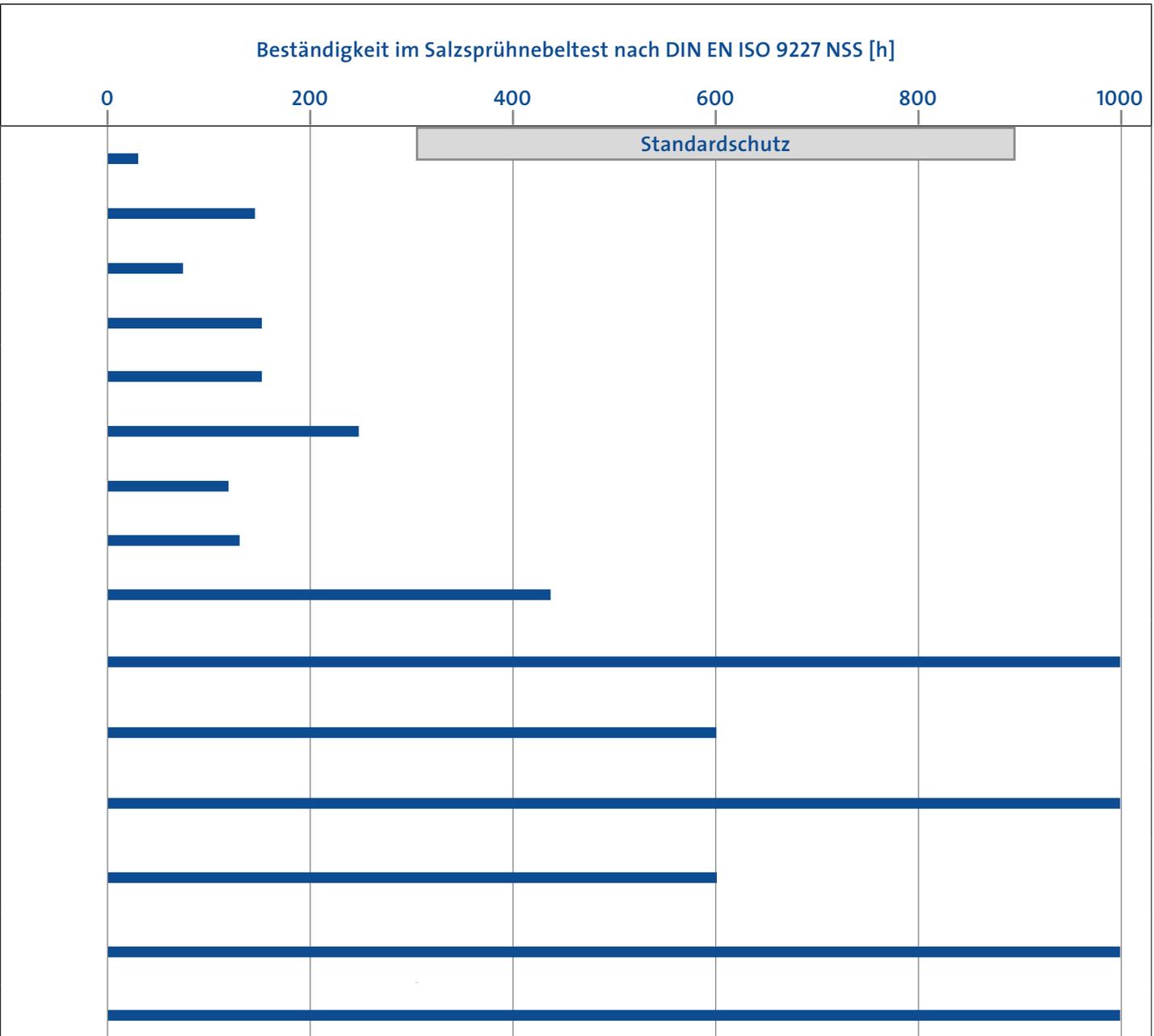
3.17 KORROSIONSSCHUTZ

Gegenüberstellung verschiedener Korrosionsschutzverfahren (die angegebenen Werte sind Richtwerte):

Verfahren	Schichtaufbau	Schichtdicke [µm]
Phosphatieren	Zinkphosphat + Öl	≥ 5
Phosphatieren	Zinkphosphat + Wachs	10 - 40
Galv. Verzinken	Zink	≥ 8
Galv. Verzinken	Zink	≥ 12
Galv. Verzinken + Passivierung	Zink + Passivierung	≥ 8
Galv. Verzinken + Passivierung	Zink + Passivierung	≥ 12
Mech. Verzinken	Zink	≥ 12
Mech. Verzinken + Passivierung	Zink + Passivierung	≥ 12
Delta-Tone	Zinkph. + Zinklamellen-Beschichtung	≥ 8
Delta-Tone / Seal	Zinkph. + Zinklamellen-Beschichtung + organ. Topcoat	≥ 12
Geomet 321 A	anorganische Zink-Aluminium-Lamellen-Beschichtung	≥ 6
Geomet 321 B	anorganische Zink-Aluminium-Lamellen-Beschichtung	≥ 8
Geomet 500 A mit PTFE	anorganische Zink-Aluminium-Lamellen-Beschichtung	≥ 5
Geomet 500 B mit PTFE	anorganische Zink-Aluminium-Lamellen-Beschichtung	≥ 8
Chem. Vernickeln	Nickel	ca. 25

Abweichende Beschichtungsarten und -dicken können nach Kundenwunsch angeboten und gefertigt werden.

Tabelle 3.6: Übersicht Korrosionsschutz



3.17 KORROSIONSSCHUTZ

Mubea Tellerfedern sind hochbeanspruchbare Bauteile. Es muss deshalb durch geeignete Maßnahmen eine Beschädigung der Oberfläche durch chemischen oder elektrochemischen Angriff vermieden werden. Hierfür bieten sich die verschiedensten Korrosionsschutzverfahren an. In Tabelle 3.4 sind zur relativen Einschätzung des erzeugbaren Korrosionsschutzes und seiner Beständigkeit im Salzsprühnebeltest nach DIN EN ISO 9227 einige Verfahren aufgeführt. Die für Verzinken sowie für Vernickeln aufgeführten Schichtdicken gelten als Beispiel für die damit erzielbaren Schutzwerte. Es können auch größere Schichtdicken aufgebracht werden. Bei mechanischem Verzinken und chemischem Vernickeln sind Schichtdicken bis zu 50 µm realisierbar. Bei gleichsinnig geschichteten Tellerfedern entstehen in Folge der Relativbewegung an den Kegelmantelflächen besondere Probleme für die aufgebrachte Korrosionsschutzschicht. In diesem Falle wird Rücksprache mit Mubea empfohlen. Im Folgenden sind die bei Mubea gängigen Beschichtungen näher erläutert. Sollte sich die von Ihnen gewünschte Beschichtung nicht darunter befinden, so sprechen Sie uns an. Viele weitere Beschichtungen sind möglich sofern die Aufbringverfahren kein erhöhtes Risiko für Wasserstoffversprödung mit sich bringen und zur Beschichtung keine für die Federn kritische Temperaturen erforderlich sind.

3.17.1 PHOSPHATSCHICHTEN

Zink-Phosphat + Ölen/Wachsen

Das Zinkphosphatieren und anschließende Beölen ist der Standardkorrosionsschutz der Tellerfedern gemäß DIN EN 16983 (alt DIN 2093) und Mubea-Werksnorm. Durch das Phosphatieren werden feinkristalline Schichten aus Metallphosphaten auf dem Grundmetall erzeugt. In Verbindung mit Deckschichten wie Ölen oder Wachsen wird ein dauerhafter Korrosionsschutz der Tellerfedern erzielt. Das Wachsen kann fertigungsbedingt nur bei Federn ab einem Außendurchmesser von 100 mm aufgebracht werden. Zumeist ist dieser Korrosionsschutz für Anwendungen im Innenbereich oder für witterungsgeschützte Federn im Außenbereich ausreichend.

Mangan-Phosphat

Auf Kundenwunsch bietet Mubea auch die Möglichkeit, auf Tellerfedern eine Manganphosphatierung aufzubringen. Manganphosphatschichten sind keine Korrosionsschutzschichten. Sie dienen ausschließlich als Schmierschichten. Durch Ölen manganphosphatierter Tellerfedern kann ein gewisser Korrosionsschutz für Transport und Lagerung erzielt werden.

3.17.2 GALVANISCHE SCHUTZSCHICHTEN

Beim Abscheiden der Metallüberzüge aus wässrigen Lösungen ist ein Eindiffundieren von Wasserstoff in die Federoberfläche nicht auszuschließen. Dieses trifft insbesondere für die bei Tellerfedern eingesetzten hochfesten Federstähle zu. Ein wasserstoffinduzierter, verzögerter Sprödbruch („Wasserstoffversprödung“) ist daher nicht mit Sicherheit auszuschließen. Er kann durch eine geeignete Wärmebehandlung nach dem Galvanisieren („Effusionsglühe“) vermindert, aber nicht restlos beseitigt werden. Sofern möglich, sollte auf galvanische Überzüge aufgrund der Gefahr der Wasserstoffversprödung verzichtet werden.

Galvanisches Verzinken

Zink ist unedler als Eisen. Seine Korrosionsschutzwirkung basiert zum einen darauf, dass Zink selbst bei Reaktion mit der Atmosphäre durch Bildung von Passivschichten abgedeckt wird und zum anderen schützt Zink bei Verletzung der Zinkschicht das Eisen eine Zeit lang kathodisch. Der Korrosionsschutz ist dabei etwa proportional der Zinkschichtdicke. Durch nachfolgendes Passivieren kann der Korrosionsschutz der Zinkschicht weiter verbessert werden. Passivierungen sind in verschiedenen Farben möglich. Zum Austreiben des Wasserstoffs ist eine nachfolgende thermische Behandlung erforderlich. Galvanische Überzüge werden zumeist wegen des besseren dekorativen Aussehens aufgebracht und im Innen- und Außenbereich angewendet.

3.17.3 MECHANISCHES VERZINKEN

Das mechanische Verzinken („mechanical zinc plating“) bietet die gleichen Korrosionsschutzeigenschaften wie das galvanische Verzinken, jedoch ohne die Gefahr einer Wasserstoffversprödung. Beim mechanischen Verzinken wird ein Zinkpulver im Trommelverfahren auf die Tellerfeder aufgebracht. Ein anschließendes Passivieren ist zu empfehlen. Der Anwendungsbereich mechanisch verzinkter Federn entspricht dem galvanisch verzinkter Teile.

3.17.4 DELTA-TONE-/DELTA-SEAL-BESCHICHTUNG

Delta-Tone ist eine anorganische, mikroschichtbildende Grundbeschichtung, hochgefüllt mit Zink- und Aluminiumlamellen. Nach dem Einbrennprozess werden silbermetallisch glänzende Überzüge mit hohen Korrosionsschutzeigenschaften erzielt. Über die gesamte Schichtdicke ist die elektrische Leitfähigkeit gewährleistet, sodass der gewünschte kathodische Schutz des Eisens vorhanden ist. Die Gefahr einer Wasserstoffversprödung besteht nicht.

Delta-Seal ist eine organisch hochvernetzte, mikroschichtbildende Deckbeschichtung. Nach einem entsprechenden Beschichtungs- und Einbrennprozess entsteht eine haftfeste, chemikalienresistente Beschichtung. Delta-Seal kann auch mit „innerem Gleitmittel“ als dauerhafte Trockenschmierung appliziert werden. Delta-Tone und Delta-Seal sind schwermetallfrei. Dieser hochwertige Korrosionsschutz wird zumeist bei Anwendungen im Außenbereich als Korrosionsschutz für Tellerfedern eingesetzt.

3.17.5 GEOMET 321/500

Geomet ist eine chromfreie wasserbasierte, dünn-schichtige Beschichtung aus passivierten Zink- und Aluminiumlamellen in metallisch-silberner Farbe. Auch bei dieser Beschichtung gewährleisten die Zinklamellen eine kathodische Schutzwirkung des Federmaterials bei geringfügigen Beschädigungen in der Beschichtung. Je nach Federgröße und -Gewicht wird die Beschichtung im Tauch-, Schleuder- oder Spritzverfahren auf Trommel- oder Gestellware aufgebracht. Eine Gefahr der Wasserstoffversprödung besteht nicht.

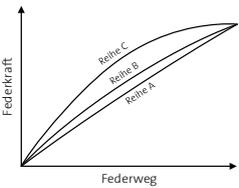
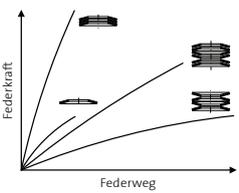
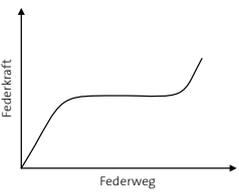
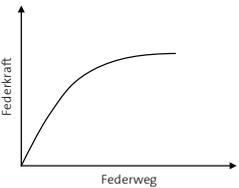
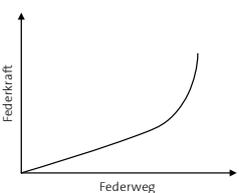
Bei ausreichender Schichtdicke können vergleichbare Beständigkeiten wie bei Delta-Tone/Seal erreicht werden. In der Variante 500 ist in der Beschichtung der Schmierstoff PTFE enthalten. Aufgrund der hohen mechanischen Beanspruchungen der Beschichtung wirkt PTFE jedoch nur bedingt reibungsreduzierend.

3.17.6 CHEMISCHES VERNICKELN

Die aufgebrauchte Schicht bietet einen qualitativ hochwertigen, verschleißfesten und dekorativen Korrosionsschutz. Verfahrensbedingt kann eine Wasserstoffversprödung beim chemischen Vernickeln nicht ausgeschlossen werden. Anlagen zum chemischen Vernickeln von Tellerfedern sind Tauchanlagen. Vernickelte Oberflächen werden vornehmlich bei mechanisch und chemisch hoch beanspruchten Tellerfedern eingesetzt.

4 ANWENDUNG

4.1 PRODUKTÜBERSICHT

Federtyp	Aussehen	Federcharakteristik	Anwendungsgebiete
Tellerfedern konventioneller Bauart			<ul style="list-style-type: none"> ■ Kesselaufhängungen in Kraftwerken ■ Sicherheits- und Stellventile ■ Federspeicher für Umspannwerke ■ Kupplungen ■ Seilbahnen ■ Werkzeugspanner ■ Fangbremsen für Aufzüge ■ Bremsen für Bau- und Schienenfahrzeuge ■ Spielausgleich für Kugellager, Schwingungsdämpfer
			
Geschlitzte Tellerfedern*			<ul style="list-style-type: none"> ■ Automatikleitungen ■ Überlastkupplungen ■ Kupplungen, etc.
Spezialfedern*			<ul style="list-style-type: none"> ■ Anpassung an spezielle Einbausituationen in <ul style="list-style-type: none"> – Kupplungen – Getrieben, etc.
Wellfedern			<ul style="list-style-type: none"> ■ Automatikleitungen ■ Spielausgleich

* Ausschließlich Zeichnungsteile

Tabelle 4.1: Produktübersicht

4.2 VORMONTIERTE TELLERFEDERSÄULEN MIT FÜHRUNGSKÄFIGEN

Anlagenbau, Kraftwerksbau, Maschinenbau (Bild 4.1)
Tellerfedersäulen dienen als federnde Aufhängung von Kesseln und Behältern. Dabei gleichen die Tellerfedern die ortsabhängige Durchbiegung der Trägerdecke aus und gewährleisten so ein gleichmäßiges Absenken des Kessels bei Lastschwankungen und Wärmeausdehnungen.



Bild 4.1: Schematische Darstellung einer TF-Säule in einem Führungskäfig

4.3 VENTILE

Anlagenbau, Maschinenbau, Ölindustrie, chemische Industrie (Bild 4.2)

In Schnellschlussventilen ist die Tellerfedersäule bei geöffneter Stellung hydraulisch vorgespannt. Bei einem auftretenden Störfall bricht der Hydraulikdruck zusammen, die Tellerfedersäule entspannt sich und schließt das Ventil. Der Durchfluss ist damit unterbrochen. Oftmals werden hierfür kugelzentrierte Tellerfedersäulen eingesetzt.



Bild 4.2: Schematische Darstellung eines Sicherheitsventils

4.4 ENERGIESPEICHER FÜR SICHERHEITSSYSTEME

Stromleitungsbau, Maschinenbau (Bild 4.3)

In hydraulischen Federspeicherantrieben wird die Energiespeicherung durch eine Tellerfedersäule realisiert.



Bild 4.3: Schematische Darstellung eines Federspeicherantriebs

4.5 ÜBERLASTKUPPLUNGEN

Anlagenbau, Maschinenbau, Fahrzeugbau (Bild 4.4)

In Überlastkupplungen sorgen Tellerfedern für den zur Drehmomentübertragung erforderlichen Reibschluss. Die Federkraft lässt sich durch Einstellmuttern so fein regulieren, dass bei Überlast die Drehmomentübertragung unterbrochen wird.

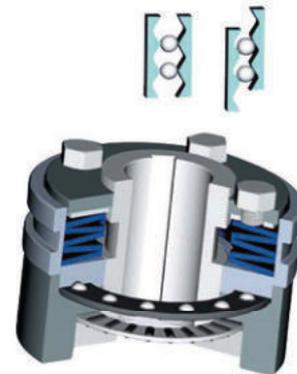


Bild 4.4: Schematische Darstellung einer Überlastkupplung

4.6 RUTSCHKUPPLUNG

Anlagenbau, Maschinenbau, Fahrzeugbau (Bild 4.5)

Bei Rutschkupplungen gewährleistet die Tellerfeder einen definierten axialen Druck auf die Reibbeläge. Der während der Lebensdauer der Kupplung auftretende Verschleiß an den Reibbelägen wird durch die Tellerfeder kompensiert, das Drehmoment bleibt dadurch konstant. Hierfür eignen sich insbesondere geschlitzte Federn mit im Arbeitsbereich horizontalen Federkennlinien.

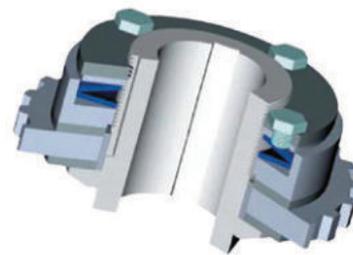


Bild 4.5: Schematische Darstellung einer Rutschkupplung

4.7 KOLBENRÜCKSTELLFEDER

Maschinenbau, Fahrzeugbau (Bild 4.6)

Die Tellerfeder stellt sicher, dass der hydraulisch beaufschlagte Kolben nach Entlastung in seine Ausgangsposition zurückgestellt wird.



Bild 4.6: Schematische Darstellung einer Kolbenrückstellfeder

4.8 FEDERBEAUFSCHLAGTE BREMSEN

Anlagenbau, Maschinenbau, Fahrzeugbau (Bild 4.7)
 Beim Absinken des Betriebsdrucks wird durch die Tellerfeder die erforderliche Bremskraft aufgebracht.

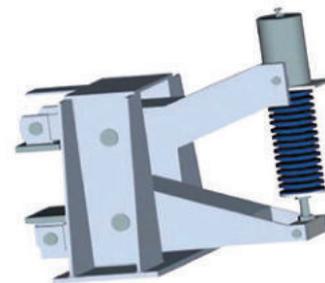


Bild 4.7: Schematische Darstellung einer Sicherheitsbremse

4.9 WERKZEUGSPANNER

Maschinenbau, Werkzeugbau (Bild 4.8)
 Bei einem Werkzeugspanner übernimmt die Tellerfedersäule die Funktion, das Werkzeug im Aufnahmekegel sicher zu halten.



Bild 4.8: Schematische Darstellung eines Werkzeugspanners

4.10 SPIELAUSGLEICH

Maschinenbau, Anlagenbau, Fahrzeugbau (Bild 4.9)
 Tellerfedern werden oftmals zum Ausgleich geometrischer Toleranzen von Bauteilen eingesetzt.

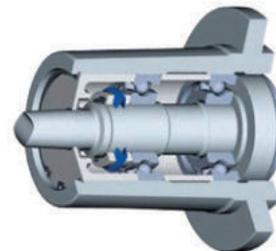


Bild 4.9: Schematische Darstellung eines Spielausgleichs

4.11 SEILBAHNKLEMMEN

Anlagenbau (Bild 4.10)
 Bei Seilbahnen erzeugt eine Tellerfedersäule eine kraftschlüssige Verbindung zwischen Seilklemme und Drahtseil. Je nach Ausführung der Klemme kann die Beanspruchung statisch oder dynamisch sein.



4.10: Schematische Darstellung einer Seilbahnklemme

5 FERTIGUNG / PROZESSE

5.1 PROZESSSCHRITTE SERIENPRODUKTION

5.1.1 STANZEN / FEINSCHNEIDEN (GRUPPE 1, 2)

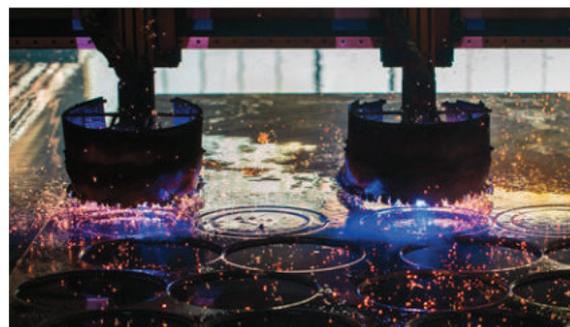
Mubea verfügt auf allen Kontinenten über eigene Kaltwalzwerke, welche mit modernen Quarto-Gerüsten für die Herstellung von kaltgewalztem Band höchster Präzision ausgestattet sind. In Hochkonvektionswasserstoffglühen wird Material zur Erzielung von sehr homogenen Materialeigenschaften geglüht. Dieses schafft die geeigneten Voraussetzungen für den ersten Fertigungsschritt zur Herstellung von Tellerfedern, das Schneiden von Platinen.

Für Materialstärken unter 1,25 mm (Gruppe 1 gemäß DIN EN 16983 (alt DIN 2093)) kommt das konventionelle Normalstanzen zum Einsatz. Dieser Prozess liefert bei geringen Materialstärken zusammen mit der Kantenverrundung durch das nachgeschaltete Gleitschleifen eine für die meisten Anforderungen geeignete Schnittflächenqualität bei gleichzeitig sehr guter Wirtschaftlichkeit. Für die Herstellung von Tellerfedern mit besonders hohen Anforderungen an Form- und Lagetoleranzen sowie für Tellerfedern die aufgrund ihrer Geometrie besonders empfindlich gegenüber Härteverzug sind ermöglicht der Mubea Maschinenpark mit moderne Stanzautomaten sowie jahrelanger Erfahrung des Mubea Werkzeugbaus die Verwendung von vorvergütetem Bandmaterial ohne Einbußen in der Lebensdauer.

Für die Herstellung mittelgroßer Tellerfedern (Gruppe 2 gemäß DIN EN 16983 (alt DIN 2093)) setzt Mubea auf das Feinschneiden, welches neben engen geometrischen Toleranzen der Platine eine sehr gute Schnittflächenqualität bei gleichzeitig sehr guter Wirtschaftlichkeit ermöglicht.

Mubea verfügt über einen breit aufgestellten Maschinenpark mit Anlagen, die bis zu 1.000 Tonnen Presskraft aufbringen können.

Im Mubea-eigenen Werkzeugbau werden sämtliche für das Feinschneiden benötigte Werkzeuge konstruiert und gebaut. Neben dem großen Know-how im Feinschneidesektor überzeugt Mubea hier durch hohe Flexibilität, auch für sehr komplexe Schnittgeometrien, sowie durch eine kosteneffiziente Herstellung der Werkzeuge.



5.1.2 PLASMASCHNEIDEN (GRUPPE 3)

Bei Tellerfedern der Gruppe 3 (nach DIN EN 16983 (alt DIN 2093)), greift Mubea auf ein Plasmaschneiden zurück, das die flexible Herstellung unterschiedlicher Federdurchmesser aus flachgewalztem Warmbreitband oder Grobblech ermöglicht. Durch ein anschließendes Weichglühen der Federplatinen werden die benötigten homogenen Materialcharakteristika für die folgenden Prozesse eingestellt.

5.1.3 ENTGRATEN (GRUPPE 1, 2)

Der beim Stanzen, Feinschneiden entstehende Grat muss durch ein anschließendes Entgraten entfernt werden. Dies geschieht entweder auf modernen Fliehkraftschleifanlagen für kleinere und mittlere Federdurchmesser oder in Rundvibratoren für größere Federabmessungen. Filigrane Federgeometrien können auf spezifischen Bürst- anlagen verzugsfrei entgratet werden. So ist Mubea für sämtliche Federgeometrien bestens ausgerüstet, um eine vollständige Gratentfernung für die jeweilige Federgeometrie sicherzustellen.

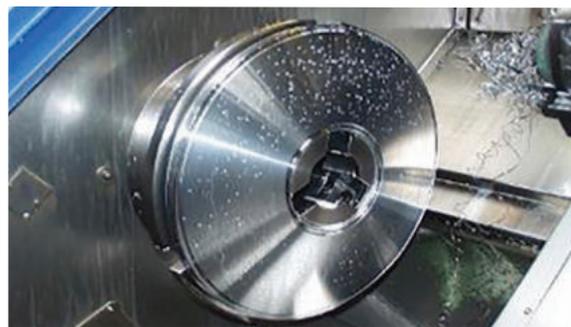


5.1.4 HOCHDRÜCKEN (GRUPPE 1, 2, 3)

Bevor die Federrohlinge der spanenden Bearbeitung bzw. dem Vergüten zugeführt werden können, müssen sie zuerst in eine konische Tellerform gebracht werden. Für das Formen der flachen Platinen verfügt Mubea über ein breites Spektrum verschiedener Pressen. Insbesondere für Teile mit großen Stückzahlen kommen dabei vollautomatisierte Anlagen mit Kamerasensorik zum Einsatz.

5.1.5 DREHEN (GRUPPE 3)

Die geglühten Federrohlinge der Gruppe 3 nach DIN EN 16983 (alt DIN 2093) werden allseitig spanend bearbeitet, um eine hohe Oberflächenqualität für den späteren Gebrauchsfall sicherzustellen. Hierzu werden automatisierte Zerspanungsautomaten verwendet, mit denen engste geometrische Toleranzen eingestellt werden. Der Maschinenpark garantiert die Herstellung unterschiedlichster Federdesigns mit gleichzeitig kurzen Durchlaufzeiten.



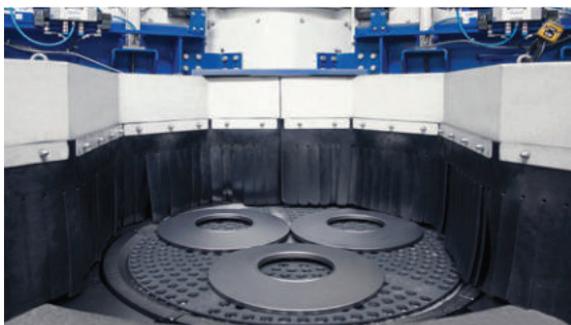
5.1.6 VERGÜTEN (GRUPPE 1,2,3)

Der Kernprozess für die Einstellung der optimalen Materialeigenschaften der Tellerfeder ist das Vergüten. Kleine und mittelgroße Federn werden in modernen Durchlauföfen bainitisch oder martensitisch vergütet, um die besten Werkstoffeigenschaften sicherzustellen. Für das Vergüten von großen Tellerfedern werden Kammeröfen mit spezifischen Ofenatmosphären verwendet, die eine sichere Durchhärtung des Federwerkstoffes zur Erzielung gleichmäßiger Federeigenschaften gewährleisten. So kann das Potenzial der verwendeten Werkstoffe optimal für die Einstellung der Federeigenschaften genutzt werden. Die serienbegleitende Rückgewinnung des Salzes bei der bainitischen Vergütung ist bei Mubea ein Beitrag zum Umweltschutz.



5.1.7 KUGELSTRAHLEN (GRUPPE 1,2,3)

Das Kugelstrahlen ist ein etabliertes und zudem wirtschaftliches Verfahren zum Aufbringen von Druckeigenspannungen und dient zur signifikanten Verbesserung der Lebensdauer von Federn. Bei der Herstellung von Tellerfedern ist Kugelstrahlen ein Standardprozess im Hause Mubea. Abhängig von ihrer Federgeometrie werden die Tellerfedern entweder als Schüttgut in Trommelstrahlanlagen oder als Einzelfedern auf adäquaten Einzelstrahlanlagen behandelt. Die prozessbegleitende Überwachung der Strahlparameter sichert optimale Strahleigenschaften zur sicheren Einhaltung hoher Lebensdauern der Federn.



5.1.8 FESTWALZEN

Das durch Mubea patentrechtlich geschützte Festwalzen von Tellerfedern zur Erzielung höchster Lebensdauern geschieht auf hochmodernen, präzise gesteuerten Fertigungsanlagen. Diese sind in der Lage, Federgeometrien bis 500 mm Außendurchmesser sehr spezifisch fest zu walzen, um das enorme Potenzial dieser Technologie auszuschöpfen.

5.1.9 VORSETZEN

In der Anwendung soll die Tellerfederausschließlich elastisch arbeiten, so wie es auch in der DIN EN 16983 (alt DIN 2093) verlangt wird. Dazu wird die Einzelfeder am Ende ihrer Fertigung mindestens bis zur Planlage eingefedert. Bei Mubea geschieht dies auf teilespezifischen Vorsetzanlagen, oftmals ist nach dem automatisierten Vorsetzen der Federn noch eine 100 %ige Prüfung zur Einstellung enger Krafttoleranzen nachgeschaltet. Auch besteht die Möglichkeit, ein individuelles Vorsetzen der einzelnen Feder mit 100 %iger Kraftprüfung darzustellen. So werden engste Federkrafttoleranzen, beispielsweise für die Anwendung in Kupplungen und Bremsen, realisiert.



5.2 PHOSPHATIEREN

Als Standardkorrosionsschutz wird bei Mubea das Zinkphosphatieren und Ölen eingesetzt. Hierzu verfügt Mubea über eine computergesteuerte Durchlaufanlage, in der neben dem teilegerechten Phosphatieren der Oberfläche auch ein Ölen für unterschiedliche Korrosionsanforderungen nachgeschaltet ist.



5.1.10 SÄULENBAU

Kunden, insbesondere im Maschinen- und Anlagenbau, benötigen oftmals vormontierte und kraftgeprüfte Federsäulen. Mubea produziert zu diesem Zweck individuell auf die Kundenanforderungen abgestimmte Federsäulen. Diese werden vor Auslieferung zu 100 % einer Federkraftprüfung unterzogen. Die maximale Federkraft beträgt 1.600 kN.



5.2 MUSTERBAU

Für die Anfertigung von Prototypen verfügt Mubea über einen eigenen Musterbau mit einem umfangreichen Know-how, damit auch die Herstellung komplexer, eng tolerierter Federn möglich ist. Während der Herstellung der Prototypen werden oftmals Anlagen aus dem Serienprozess verwendet, um so bereits im Frühstadium der Teileherstellung Erkenntnisse für den späteren Serienprozess gewinnen zu können. Die Lebensdauerprüfung von Muster- oder Serienteilen kann auf Hydropulsern mit bis zu 500 kN Prüfkraft realisiert werden.



6 QUALITÄTSSICHERUNG

Zur Sicherstellung der Qualität verfügt Mubea über ein umfassendes Repertoire an kalibrierten Prüfmaschinen und geschulten Messtechnikern. Hierzu zählen unter anderem die serienbegleitend eingesetzten, mit dem digitalen CAQ gekoppelten Systeme zur Dimensionsprüfung, Härteprüfung, und Federkraftprüfung. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, Lebensdauer- versuche an Einzelfedern und Tellerfedersäulen auf den 20 hauseigenen Schwingprüfständen durchzuführen.

Für Spezialanwendung besteht die Möglichkeit, Federn zerstörungsfrei auf Risse zu untersuchen, Konturmessungen durchzuführen sowie den Restmagnetismus der Federn zu bestimmen. Für weiterführende Untersuchungen und Bemusterungen steht am benachbarten Standort ein internes Messlabor mit modernen 3D-Koordinatenmessmaschinen sowie in der Firmenzentrale in Attendorn ein Zentrallabor zur Verfügung.

6.1 SERIENBEGLEITENDE PRÜFUNGEN

- Dimensionsprüfung D_e , D_i , t , l_0
- Härteprüfung Rockwell, Vickers, Brinell
- Federkraftprüfung bis 1600 kN
- Kundenspezifische Prüfungen
- Anwendungsspezifische Prüfungen



Bild 6.1: Härteprüfung HRC



Bild 6.2: Dimensionsprüfung

6.2 LEBENSDAUERPRÜFUNGEN

- Prüfmöglichkeiten für Tellerfedern und Tellerfedersäulen
- Maximallast bis 500 kN (1600 kN)
- Testfrequenzen bis 10 Hz
- Prüftemperaturen bis 90°C (150°C), in Öl
- Kundenspezifische Prüfungen
- Anwendungsspezifische Prüfungen



Bild 6.3: Schwingprüfung von Federsäulen

6.3 SONSTIGE PRÜFUNG

- Rissprüfung
 - MPI (Magnetic Particle Inspection)
 - Farbeindringprüfung
- Magnetische Feldstärkenmessung (Restmagnetismus)
- Konturmessungen
- Restschmutzuntersuchungen
- Härteverlaufsmessung, Kleinlasthärteprüfung

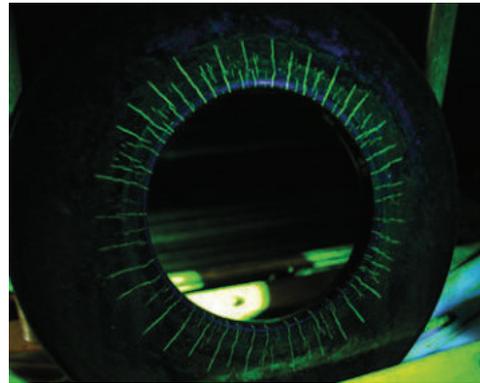


Bild 6.4: Rissprüfung MPI (Magnetic Particle Inspection)

6.4 MATERIALPRÜFUNGEN UND UNTERSUCHUNGEN

Zu den Untersuchungen, die im Messraum oder im Zentrallabor durchgeführt werden können zählen u. a.:

- 3D-Koordinatenmessung
- Eigenspannungsmessung
- Gefügeuntersuchungen, REM, Bruchanalysen, etc.
- Korrosionsschutzprüfungen (Klimawechseltest gem. DIN EN ISO 6270-2 und Salzsprühnebeltest gem. DIN EN ISO 9227 NSS)

Darüber hinaus arbeitet Mubea mit führenden externen Laboren und Universitäten zusammen.



Bild 6.5: 1600 kN Federkraftprüfmaschine

7 AUSBLICK / TRENDS

Tellerfedern werden in nahezu allen Bereichen der Technik eingesetzt und erfüllen dementsprechend auch völlig unterschiedliche Aufgaben. Mit steigenden Ansprüchen der Kunden steigen ebenso die Anforderungen an die Tellerfeder.

Im Automobilbereich dominieren Maßnahmen zur Reduzierung von Gewicht und Bauraum, um die Erzeugung von klimaschädlichem CO₂ zu reduzieren. In der Ölindustrie hat sich nicht zuletzt seit der Katastrophe der Plattform Deepwater Horizon in 2010 im Golf von Mexiko die Sensibilität für Sicherheitsstandards deutlich verschärft. Mechanisch beaufschlagte, kompakte Federsysteme sind hier ein wesentlicher Faktor, um im Ernstfall Schäden zu vermeiden oder zumindest zu reduzieren.

Im Energiesektor werden weltweit Kapazitäten erweitert, zudem nimmt der Anteil erneuerbarer Energien wie bspw. der Windenergie stetig zu. Ähnliche Trends in puncto Bauraum und Qualität lassen sich im allgemeinen Maschinen- und Anlagenbau wiederfinden.

Für den Federhersteller leiten sich hieraus drei wesentliche Zielgrößen für das Produkt Tellerfedern ab:

Hohe Zuverlässigkeit, eine zunehmend kompakte Bauweise und ein weiterhin wirtschaftliches Kostenniveau. Für die Tellerfedern resultieren diese Trends in einer Steigerung der Beanspruchbarkeit bei gleichzeitig erhöhter Zuverlässigkeit. Seit 2008 hat Mubea daher schon die Generation II Federn erfolgreich im Serieneinsatz, die durch eine signifikante Anhebung der Belastbarkeit erheblich dazu beitragen können, bei gleichen oder höheren Federkräften kompakte Bauweisen der Einzelfedern oder Federsäulen zu realisieren und so eine Reduzierung der Systemkosten voranzutreiben. Diese Technologie steht mittlerweile für nahezu alle Federabmessungen zur Verfügung und ist in ständigem Ausbau begriffen. Parallel dazu tragen effiziente Produktionsprozesse zu eng tolerierten Material- und Produkteigenschaften mit verbesserten Qualitäts- und Kostenattributen bei.

Dem innovativen Produkt Tellerfeder steht daher aufgrund seiner Vielseitigkeit und stetigen Verbesserung einer prosperierenden Zukunft nichts im Wege.

8 LITERATURVERZEICHNIS

8.1 LITERATURQUELLEN

8.2 GESETZE, NORMEN UND RICHTLINIEN

[DIN EN 16984 (alt DIN 2092)]

Tellerfedern Berechnung

[DIN EN 16983 (alt DIN 2093)]

Tellerfedern Qualitätsanforderungen – Maße

[DIN EN 10083]

Vergütungsstähle - Teil 1:

Allgemeine technische Lieferbedingungen

[DIN EN 10132-4]

Kaltband aus Stahl für eine Wärmebehandlung;

Technische Lieferbedingungen Teil 4:

Federstähle und andere Anwendungen

[DIN EN 10089]

Warmgewalzte Stähle für vergütbare Federn

– Technische Lieferbedingungen

[DIN EN 10088-2]

Nichtrostende Stähle – Teil 2,

Technische Lieferbedingungen für Blech und

Band aus korrosionsbeständigen Stählen für

allgemeine Verwendung

I NOMENKLATUR

I.I LATEINISCHE SYMBOLE

D_e	Außendurchmesser der Feder.....	[mm]
D_i	Innendurchmesser der Feder.....	[mm]
E	Elastizitätsmodul.....	[N/mm ²]
F	Federkraft.....	[N]
F_1, F_2, F_3, \dots	Federkräfte, zugeordnet den Federwegen s_1, s_2, s_3	[N]
F_c	Federkraft bez. auf Planlage.....	[N]
F_{ges}	gesamte Federkraft.....	[N]
h_0	Federweg von freier Höhe bis zur Planlage.....	[mm]
i	Anzahl Tellerfedern Federsäule.....	[]
l_0	Tellerfederhöhe (unbelasteter Zustand).....	[mm]
Δl	Längenverlust infolge Kriechens.....	[mm]
L_0	Länge Federsäule / -paket.....	[mm]
L_1, L_2, L_3, \dots	Federhöhen, zugeordnet den Federkräften F_1, F_2, F_3, \dots	[mm]
L_c	Kontaktlänge.....	[mm]
N	Anzahl der Lastspiele.....	[]
n	Anzahl Tellerfedern Federpaket.....	[]
M	Tellerfedermasse.....	[g]
R_a	Mittenrauhwert (arithmetischer Mittelwert des Profils).....	[μ m]
s	Federweg.....	[mm]
S, S_0	Stülpmittelpunkt.....	[]
s_c	Federweg bez. auf Planlage.....	[mm]
s_{ges}	gesamter Federweg.....	[mm]
s_u	Vorspannweg.....	[mm]
t	Materialstärke.....	[mm]
T	Gesamtspiel.....	[mm]
()'	Alle mit Strich versehenen Größen $F', s', h_0', t', d_e', d_i'$ etc. beziehen sich auf Tellerfedern mit Auflageflächen	

I.II GRIECHISCHE SYMBOLE

μ	Poisson-Zahl.....	[]
μ_M, μ_R	COULOMBSche Reibungskoeffizienten.....	[]
σ_a	Spannungsamplitude.....	[N/mm ²]
$\sigma_I, \sigma_{II}, \sigma_{III}, \sigma_{IV}$	Rechnerische Spannungen an Kante I, II, III, IV.....	[N/mm ²]
σ_{Ic}	auftr. rechn. Spannung an Kante I.....	[N/mm ²]
σ_H	Hubspannung.....	[N/mm ²]
σ_{max}	max. zulässige Spannung.....	[N/mm ²]
σ_o	Rechnerische Oberspannung bei Schwingbeanspruchung.....	[N/mm ²]
σ_t	Torsionsspannung.....	[N/mm ²]
σ_u	Rechnerische Unterspannung bei Schwingbeanspruchung.....	[N/mm ²]
φ_o	Aufstellwinkel.....	[°]
1,2,3,...	Nummerierung	

II ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS

II.1 ABBILDUNGEN

Bild 2.1:	Lebensdauervergleich.....	10
Bild 2.2:	Tellerfedern der Generation II.....	11
Bild 3.1:	Einzeltellerfeder.....	12
Bild 3.2:	Typischer Kennlinienverlauf.....	12
Bild 3.3:	Tellerfedersäule.....	12
Bild 3.4:	Tellerfederpaket.....	12
Bild 3.5:	Tellerfederkombinationen (links), progressive Kennlinie (rechts).....	13
Bild 3.6:	Gruppe 1 + 2 links ohne Auflageflächen, rechts mit Auflageflächen.....	14
Bild 3.7:	Mögliche Kennlinienverläufe.....	15
Bild 3.8:	Bezogener rechnerischer Kennlinienverlauf.....	16
Bild 3.9:	Überlagerung von Last- und Eigenspannungen.....	17
Bild 3.10:	Abmessungsverhältnisse bei Krafteinleitung über verkürzte Hebelarme.....	18
Bild 3.11:	Gegenüberstellung einer Tellerfeder mit Auflageflächen (links) und einer Tellerfeder ohne Auflageflächen (rechts).....	18
Bild 3.12:	Gegenüberstellung der rechnerischen Kennlinienverläufe von Tellerfedern mit und ohne Auflageflächen.....	19
Bild 3.13:	Federpaket aus n Einzelteilen.....	20
Bild 3.14:	Federpaket aus i Einzelteilen.....	20
Bild 3.15:	Federsäulen mit progressiver Kennlinie und Hubbegrenzung a) Glocke b) Anschlag.....	21
Bild 3.16:	Unterschiedliche Varianten der Säulenführung.....	22
Bild 3.17:	Führungstoleranzen (links), Federführung (rechts).....	23
Bild 3.18:	Zeitlicher Bewegungsablauf bei schwingender Beanspruchung.....	24
Bild 3.19:	Schwingfestigkeitsschaubild für $N = 2 \cdot 10^6$ Lastspiele.....	26
Bild 3.20:	Wöhler-Kurven nach Mubea und DIN EN 16983 (alt DIN 2093) im Vergleich.....	27
Bild 3.21:	Relaxationsverhalten von Tellerfedern.....	28
Bild 3.22:	Zeichn. 1: Einzelfeder mit Eckenreibung: a) Gesamtansicht b) Einfederung c) Ausfederung.....	29
Bild 3.22:	Zeichn. 2: Reibungskräfte am Tellerfederpaket.....	29
Bild 3.22:	Zeichn. 3: Gegenüberstellung gemessener und gerechneter Kennlinien für die Einzelfeder und Federpakete mit n 2 bis 4 Tellern.....	30
Bild 3.22:	Zeichn. 4: Federhübe der Einzelfeder in der Säule in Abhängigkeit vom Bohrungsprofil.....	31
Bild 3.22:	Zeichn. 5: Vergleich der gemessenen Kennlinie mit der errechneten Kennlinie für eine Federsäule aus 10 Federn.....	31

Bild 4.1:	Schematische Darstellung einer TF-Säule in einem Führungskäfig.....	46
Bild 4.2:	Schematische Darstellung eines Sicherheitsventils	46
Bild 4.3:	Schematische Darstellung eines Federspeicherantriebs.....	46
Bild 4.4:	Schematische Darstellung einer Überlastkupplung	47
Bild 4.5:	Schematische Darstellung einer Rutschkupplung.....	47
Bild 4.6:	Schematische Darstellung einer Kolbenrückstellfeder	47
Bild 4.7:	Schematische Darstellung einer Sicherheitsbremse.....	48
Bild 4.8:	Schematische Darstellung eines Werkzeugspanners	48
Bild 4.9:	Schematische Darstellung eines Spielausgleichs.....	48
Bild 4.10:	Schematische Darstellung einer Seilbahnklemme	48
Bild 6.1:	Härteprüfung HRC	53
Bild 6.2:	Dimensionsprüfung	53
Bild 6.3:	Schwingprüfung von Federsäulen	54
Bild 6.4:	Rissprüfung MPI (Magnetic Particle Inspection).....	54
Bild 6.5:	1600 kN Federkraftprüfmaschine	54

II.II TABELLEN

Tabelle 3.1:	Bearbeitungsverfahren und zulässige Oberflächenrauheit	14
Tabelle 3.2:	Maximal zulässige Blockspannungen	24
Tabelle 3.3:	Zulässige Abweichungen für Tellerdicke, Bauhöhe, Federkraft und Federhärte	32
Tabelle 3.4:	Zulässige Abweichungen für Federdurchmesser und Koaxialität	33
Tabelle 3.5:	Werkstoffübersicht	34-35
Tabelle 3.6:	Übersicht Korrosionsschutz	40-41
Tabelle 4.1:	Produktübersicht	45
Tabelle III:	Tellerfedern nach DIN und Mubea-Werksnorm.....	60-79
Tabelle III.I:	Mubea Tellerfedern aus korrosionsbeständigen Werkstoffen	80-83

III STANDARD- ABMESSUNGEN

STANDARD-ABMESSUNGEN NACH DIN EN 16983 (ALT DIN 2093) UND MUBEA WERKSNORM SOWIE SONDERABMESSUNGEN

Bestell-Nr.	DIN Reihe	keine Lagerhaltung	Abmessung in mm							Federweg s in mm					Federkraft F in N	
										s = 0,25 h ₀					s = 0,5 h ₀	
			D _e	D _i	t	t'	l ₀	h ₀	h ₀ /t	s	F	σ _I	σ _{II}	σ _{III}	s	F
17 0001			8,0	3,20	0,30		0,55	0,25	0,833	0,062	45,6	883	207	401	0,125	79,1
17 0002			8,0	3,20	0,40		0,60	0,20	0,500	0,050	69,2	797	365	350	0,100	130,1
17 0003			8,0	3,20	0,50		0,70	0,20	0,400	0,050	128,4	943	511	408	0,100	246,4
17 0004	C		8,0	4,20	0,20		0,45	0,25	1,250	0,062	21,2	696	8	409	0,125	33,3
17 0005	B		8,0	4,20	0,30		0,55	0,25	0,833	0,062	51,6	872	184	501	0,125	89,3
17 0006	A		8,0	4,20	0,40		0,60	0,20	0,500	0,050	78,2	784	343	439	0,100	147,0
17 0007			10,0	3,20	0,30		0,65	0,35	1,166	0,087	51,1	979	90	378	0,175	81,6
17 0008			10,0	3,20	0,40		0,70	0,30	0,750	0,075	75,1	938	285	348	0,150	132,9
17 0009			10,0	3,20	0,50		0,85	0,35	0,700	0,087	165,3	1336	447	492	0,175	296,1
17 0010			10,0	4,20	0,40		0,70	0,30	0,750	0,075	79,3	860	241	405	0,150	140,3
17 0011			10,0	4,20	0,50		0,75	0,25	0,500	0,062	109,8	789	359	361	0,125	206,3
17 0012			10,0	4,20	0,60		0,85	0,25	0,416	0,062	181,5	904	473	410	0,125	347,2
17 0013	C		10,0	5,20	0,25		0,55	0,30	1,200	0,075	30,4	654	21	380	0,150	48,2
17 0014	B		10,0	5,20	0,40		0,70	0,30	0,750	0,075	87,8	857	224	485	0,150	155,3
17 0015	A		10,0	5,20	0,50		0,75	0,25	0,500	0,062	121,5	782	343	435	0,125	228,3
17 0016			12,0	4,20	0,40		0,80	0,40	1,000	0,100	85,1	936	149	385	0,200	141,4
17 0017			12,0	4,20	0,50		0,90	0,40	0,800	0,100	142,6	1072	285	432	0,200	249,0
17 0018			12,0	4,20	0,60		1,00	0,40	0,666	0,100	224,1	1208	421	480	0,200	404,9
17 0019			12,0	5,20	0,50		0,90	0,40	0,800	0,100	150,4	1015	251	493	0,200	262,7
17 0020			12,0	5,20	0,60		0,95	0,35	0,583	0,087	195,9	957	372	455	0,175	361,2
17 0021			12,0	6,20	0,50		0,85	0,35	0,700	0,087	133,5	845	249	475	0,175	239,2
17 0022			12,0	6,20	0,60		0,95	0,35	0,583	0,087	213,6	955	358	531	0,175	393,8
17 0023	C		12,5	6,20	0,35		0,80	0,45	1,285	0,112	83,5	903	2	506	0,225	129,8
17 0024	B		12,5	6,20	0,50		0,85	0,35	0,700	0,087	120,0	775	231	420	0,175	215,1
17 0025	A		12,5	6,20	0,70		1,00	0,30	0,428	0,075	239,4	804	403	425	0,150	456,8
17 0026			14,0	7,20	0,35		0,80	0,45	1,285	0,112	68,0	723	-11	418	0,225	105,7
17 0027			14,0	7,20	0,50		0,90	0,40	0,800	0,100	120,1	745	173	419	0,200	209,8
17 0028			14,0	7,20	0,80		1,10	0,30	0,375	0,075	283,8	712	390	386	0,150	547,2
17 0029			15,0	5,20	0,40		0,95	0,55	1,375	0,137	101,2	957	3	401	0,275	154,4
17 0030			15,0	5,20	0,50		1,00	0,50	1,000	0,125	132,8	939	151	383	0,250	220,6
17 0031			15,0	5,20	0,60		1,05	0,45	0,750	0,112	170,8	908	269	361	0,225	302,1
17 0032			15,0	5,20	0,70		1,25	0,55	0,785	0,137	340,2	1317	362	526	0,275	596,4

**) $sc = h_0 = l_0 - t$ bei Tellerfedern ohne Auflageflächen
 $sc = h_0 = l_0 - t'$ bei Tellerfedern mit Auflageflächen

Federkraft F in N			Spannung σ in N/mm ²					s_c^{**}					Masse
$s = 0,5 h_0$			$s = 0,75 h_0$										1.000 Stck.
σ_I	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	in kg
1669	511	750	0,187	104,3	2359	912	1046	0,250	125,5	2952	1409	1290	0,099
1533	792	666	0,150	185,5	2207	1281	949	0,200	238	2820	1832	1198	0,133
1824	1083	782	0,150	357,4	2643	1717	1123	0,200	464,9	3401	2413	1430	0,166
1294	114	753	0,187	39,2	1794	319	1034	0,250	42	2195	622	1251	0,057
1646	467	938	0,187	117,9	2322	847	1312	0,250	141,8	2900	1326	1620	0,086
1504	749	837	0,150	209,5	2162	1218	1194	0,200	268,9	2757	1750	1511	0,114
1831	308	697	0,262	98,3	2556	652	957	0,350	108	3154	1123	1158	0,166
1782	663	652	0,225	179,1	2533	1134	913	0,300	219,6	3191	1698	1130	0,221
2544	1021	925	0,262	404,0	3626	1721	1299	0,350	500,4	4580	2549	1614	0,277
1632	570	760	0,225	189,1	2316	988	1066	0,300	231,8	2911	1495	1322	0,203
1516	778	688	0,187	294,0	2182	1260	981	0,250	377,3	2786	1803	1239	0,254
1746	1008	785	0,187	502,3	2526	1604	1125	0,250	652	3245	2262	1432	0,304
1217	133	702	0,225	57,5	1691	336	965	0,300	62,6	2074	628	1169	0,112
1623	539	912	0,225	209,3	2299	943	1281	0,300	256,5	2884	1439	1591	0,180
1502	749	829	0,187	325,3	2159	1218	1182	0,250	417,5	2753	1749	1495	0,225
1760	411	714	0,300	178,3	2472	786	988	0,400	205,6	3071	1272	1205	0,311
2032	683	809	0,300	331,4	2879	1193	1130	0,400	401,7	3614	1815	1395	0,389
2303	954	904	0,300	556,8	3286	1600	1273	0,400	694,1	4157	2358	1585	0,467
1921	611	923	0,300	349,6	2717	1080	1291	0,400	423,8	3404	1658	1596	0,360
1830	828	863	0,262	506,1	2620	1367	1222	0,350	640,7	3326	1990	1534	0,432
1605	582	894	0,262	326,4	2280	1001	1259	0,350	404,2	2869	1506	1569	0,325
1824	801	1007	0,262	551,7	2608	1329	1429	0,350	698,5	3307	1943	1795	0,390
1677	134	932	0,337	151,2	2323	393	1278	0,450	160,2	2840	782	1542	0,254
1473	539	791	0,262	293,4	2093	925	1114	0,350	363,4	2635	1389	1388	0,363
1550	864	814	0,225	659,5	2240	1382	1167	0,300	854,9	2872	1957	1484	0,508
1343	103	770	0,337	123,2	1860	309	1055	0,450	130,5	2273	619	1274	0,311
1408	428	787	0,300	279,2	1990	764	1101	0,400	338,4	2490	1182	1363	0,444
1377	826	743	0,225	796,8	1997	1308	1071	0,300	1040	2571	1836	1369	0,711
1777	142	735	0,412	175,5	2462	417	1002	0,550	180,7	3010	828	1202	0,488
1766	414	711	0,375	278,2	2480	790	983	0,500	320,9	3082	1279	1199	0,610
1725	630	678	0,337	407,2	2451	1082	949	0,450	499	3085	1625	1176	0,732
2497	861	985	0,412	796,5	3541	1496	1376	0,550	968,6	4449	2268	1701	0,854

Tabelle III: Standard-Abmessungen nach DIN und Mubea-Werksnorm

**STANDARD-ABMESSUNGEN NACH DIN EN 16983 (ALT DIN 2093)
UND MUBEA WERKSNORM SOWIE SONDERABMESSUNGEN**

Bestell-Nr.	DIN Reihe	keine Lagerhaltung	Abmessung in mm							Federweg s in mm					Federkraft F in N	
			D _e	D _i	t	t'	l ₀	h ₀	h ₀ /t	s = 0,25 h ₀					s = 0,5 h ₀	
										s	F	σ _I	σ _{II}	σ _{III}	s	F
17 0033			15,0	6,20	0,50		1,00	0,50	1,000	0,125	138,1	895	129	424	0,250	229,4
17 0034			15,0	6,20	0,60		1,05	0,45	0,750	0,112	177,6	863	243	400	0,225	314,2
17 0035			15,0	6,20	0,70		1,10	0,40	0,571	0,100	222,4	818	328	373	0,200	411,1
17 0036			15,0	8,20	0,70		1,10	0,40	0,571	0,100	256,3	819	311	479	0,200	473,9
17 0037			15,0	8,20	0,80		1,20	0,40	0,500	0,100	366,8	900	391	523	0,200	689,3
17 0038	C		16,0	8,20	0,40		0,90	0,50	1,250	0,125	83,7	693	10	399	0,250	131,2
17 0039	B		16,0	8,20	0,60		1,05	0,45	0,750	0,112	172,0	751	197	420	0,225	304,3
17 0040	A		16,0	8,20	0,90		1,25	0,35	0,388	0,087	362,5	721	386	391	0,175	697,0
17 0041			18,0	6,20	0,40		1,00	0,60	1,500	0,150	84,6	759	-30	319	0,300	126,1
17 0042			18,0	6,20	0,50		1,10	0,60	1,200	0,150	129,9	851	61	350	0,300	205,7
17 0043			18,0	6,20	0,60		1,20	0,60	1,000	0,150	191,1	942	152	382	0,300	317,3
17 0044			18,0	6,20	0,70		1,40	0,70	1,000	0,175	354,1	1282	207	520	0,350	588,0
17 0045			18,0	6,20	0,80		1,50	0,70	0,875	0,175	479,5	1388	313	556	0,350	821,6
17 0046			18,0	8,20	0,70		1,25	0,55	0,785	0,137	254,6	858	216	434	0,275	446,2
17 0047			18,0	8,20	0,80		1,30	0,50	0,625	0,125	308,9	823	292	411	0,250	563,8
17 0048			18,0	8,20	1,00		1,50	0,50	0,500	0,125	559,0	963	432	475	0,250	1051,0
17 0049	C		18,0	9,20	0,45		1,05	0,60	1,333	0,150	120,7	763	-14	440	0,300	185,8
17 0050	B		18,0	9,20	0,70		1,20	0,50	0,714	0,125	233,4	756	216	421	0,250	416,6
17 0051	A		18,0	9,20	1,00		1,40	0,40	0,400	0,100	450,6	728	382	394	0,200	865,0
17 0052			20,0	8,20	0,50		1,15	0,65	1,300	0,162	128,3	739	11	355	0,325	198,8
17 0053			20,0	8,20	0,60		1,30	0,70	1,166	0,175	214,4	907	63	432	0,350	342,1
17 0054			20,0	8,20	0,70		1,35	0,65	0,928	0,162	261,5	890	161	416	0,325	442,0
17 0055			20,0	8,20	0,80		1,40	0,60	0,750	0,150	315,0	865	244	398	0,300	557,3
17 0056			20,0	8,20	0,90		1,50	0,60	0,666	0,150	423,2	934	313	427	0,300	764,5
17 0057			20,0	8,20	1,00		1,60	0,60	0,600	0,150	555,6	1003	382	455	0,300	1020,0
17 0058			20,0	10,20	0,40		0,90	0,50	1,250	0,125	53,4	443	6	254	0,250	83,7
17 0059	C		20,0	10,20	0,50		1,15	0,65	1,300	0,162	141,3	734	-4	422	0,325	218,9
17 0060	B		20,0	10,20	0,80		1,35	0,55	0,687	0,137	304,3	759	230	421	0,275	546,8
17 0061			20,0	10,20	0,90		1,45	0,55	0,611	0,137	411,7	821	292	452	0,275	754,0
17 0062			20,0	10,20	1,00		1,55	0,55	0,550	0,137	543,6	882	354	484	0,275	1010,0
17 0063	A		20,0	10,20	1,10		1,55	0,45	0,409	0,112	548,2	733	379	397	0,225	1050,0
17 0064			22,5	11,20	0,60		1,40	0,80	1,330	0,200	240,4	865	-14	488	0,400	369,9
17 0065			22,5	11,20	0,80		1,45	0,65	0,812	0,162	306,3	751	171	412	0,325	533,4
18 0001			22,5	11,20	1,25		1,75	0,50	0,400	0,125	693,1	726	383	384	0,250	1330,0
17 0066			23,0	8,20	0,70		1,50	0,80	1,142	0,200	279,4	940	87	397	0,400	448,4
17 0067			23,0	8,20	0,80		1,55	0,75	0,937	0,187	332,0	925	175	384	0,375	560,0
17 0068			23,0	8,20	0,90		1,70	0,80	0,888	0,200	485,7	1086	233	449	0,400	829,2
17 0069			23,0	10,20	0,90		1,65	0,75	0,833	0,187	463,1	944	213	469	0,375	801,9
17 0070			23,0	10,20	1,00		1,70	0,70	0,700	0,175	538,2	919	282	451	0,350	964,2
17 0071			23,0	12,20	1,00		1,60	0,60	0,600	0,150	474,7	753	271	429	0,300	871,7
18 0002			23,0	12,20	1,25		1,85	0,60	0,480	0,150	863,4	881	399	497	0,300	1630,0
18 0003			23,0	12,20	1,50		2,10	0,60	0,400	0,150	1432,0	1009	527	565	0,300	2748,0

**) $sc = h_0 = l_0 - t$ bei Tellerfedern ohne Auflageflächen
 $sc = h_0 = l_0 - t'$ bei Tellerfedern mit Auflageflächen

Federkraft F in N			Spannung σ in N/mm ²					s_c^{**}					Masse
$s = 0,5 h_0$			$s = 0,75 h_0$										1.000 Stck.
σ_I	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	in kg
1680	368	787	0,375	289,4	2356	716	1089	0,500	333,7	2923	1173	1331	0,575
1638	574	752	0,337	423,5	2323	994	1054	0,450	519	2921	1503	1307	0,690
1567	727	707	0,300	577,5	2245	1195	1002	0,400	732,6	2854	1734	1258	0,805
1566	694	909	0,300	665,6	2240	1150	1291	0,400	844,4	2841	1679	1624	0,681
1727	856	997	0,300	982,3	2482	1392	1423	0,400	1261	3164	2002	1800	0,778
1289	117	735	0,375	154,3	1786	322	1009	0,500	165,4	2186	624	1220	0,465
1423	474	790	0,337	410,0	2016	830	1109	0,450	502,5	2530	1264	1377	0,698
1394	820	751	0,262	1013,0	2019	1301	1080	0,350	1319	2596	1831	1379	1,047
1406	52	583	0,450	138,6	1940	247	791	0,600	136,7	2361	555	944	0,704
1588	234	646	0,450	245,4	2213	520	885	0,600	267	2725	920	1070	0,880
1770	416	708	0,450	400,3	2486	794	980	0,600	461,6	3090	1284	1195	1,056
2410	567	964	0,525	741,7	3384	1080	1333	0,700	855,2	4205	1748	1627	1,232
2622	779	1037	0,525	1072,0	3703	1399	1443	0,700	1277	4630	2173	1774	1,408
1624	523	815	0,412	596,0	2298	922	1141	0,550	724,7	2881	1413	1412	1,108
1570	660	777	0,375	782,6	2242	1104	1098	0,500	983,5	2837	1624	1375	1,266
1849	939	904	0,375	1497,0	2660	1523	1289	0,500	1921	3395	2182	1629	1,582
1415	83	809	0,450	213,7	1957	291	1106	0,600	222,9	2387	610	1333	0,664
1434	509	792	0,375	566,4	2035	879	1114	0,500	699,4	2560	1326	1387	1,033
1406	814	757	0,300	1254,0	2035	1295	1088	0,400	1631	2615	1826	1387	1,476
1375	126	652	0,487	230,8	1906	345	892	0,650	243,4	2333	668	1074	1,026
1694	246	797	0,525	412,0	2360	550	1095	0,700	453	2905	974	1327	1,231
1675	426	775	0,487	568,5	2356	795	1076	0,650	668	2934	1269	1320	1,436
1640	576	748	0,450	751,0	2328	998	1048	0,600	920,5	2926	1507	1300	1,641
1779	715	804	0,450	1051,0	2535	1205	1133	0,600	1311	3203	1784	1413	1,846
1917	853	861	0,450	1424,0	2743	1413	1218	0,600	1798	3480	2062	1527	2,051
824	75	468	0,375	98,5	1142	206	642	0,500	105,5	1398	400	777	0,730
1363	98	776	0,487	254,1	1887	305	1063	0,650	268	2305	617	1283	0,912
1442	536	793	0,412	748,2	2050	917	1118	0,550	929	2582	1374	1394	1,460
1566	659	856	0,412	1050,0	2235	1102	1212	0,550	1323	2829	1621	1520	1,642
1689	783	920	0,412	1425,0	2421	1288	1307	0,550	1815	3077	1868	1646	1,824
1416	809	761	0,337	1521,0	2048	1290	1093	0,450	1976	2630	1821	1393	2,007
1605	98	897	0,600	425,4	2219	336	1227	0,800	443,9	2708	699	1478	1,409
1420	425	771	0,487	707,4	2006	762	1079	0,650	855,1	2508	1182	1335	1,878
1403	815	737	0,375	1929,0	2031	1296	1059	0,500	2509	2610	1825	1350	2,935
1758	295	733	0,600	543,6	2454	626	1007	0,800	601,9	3028	1078	1221	1,993
1743	457	714	0,562	718,5	2453	846	991	0,750	842,4	3057	1343	1214	2,277
2051	589	837	0,600	1078,0	2894	1066	1164	0,800	1279	3615	1665	1430	2,561
1784	531	877	0,562	1058,0	2520	953	1225	0,750	1273	3151	1480	1512	2,357
1746	655	849	0,525	1315,0	2483	1119	1195	0,700	1629	3129	1673	1487	2,619
1436	612	813	0,450	1217,0	2052	1020	1152	0,600	1536	2598	1498	1446	2,343
1692	868	949	0,450	2331,0	2436	1404	1356	0,600	3000	3110	2010	1718	2,929
1948	1124	1085	0,450	3986,0	2820	1788	1560	0,600	5184	3622	2522	1990	3,514

Tabelle III: Standard-Abmessungen nach DIN und Mubea-Werksnorm

**STANDARD-ABMESSUNGEN NACH DIN EN 16983 (ALT DIN 2093)
UND MUBEA WERKSNORM SOWIE SONDERABMESSUNGEN**

Bestell-Nr.	DIN Reihe	keine Lagerhaltung	Abmessung in mm							Federweg s in mm					Federkraft F in N	
			D _e	D _i	t	t'	l ₀	h ₀	h ₀ /t	s = 0,25 h ₀					s = 0,5 h ₀	
										s	F	σ _I	σ _{II}	σ _{III}	s	F
17 0072	C		25,0	12,20	0,70		1,60	0,90	1,285	0,255	331,2	902	4	499	0,450	514,6
17 0073	B		25,0	12,20	0,90		1,60	0,70	0,777	0,175	366,8	724	181	389	0,350	644,3
18 0004	A		25,0	12,20	1,50		2,05	0,55	0,366	0,137	1040,0	761	425	393	0,275	2007,0
17 0074			28,0	10,20	0,80		1,75	0,95	1,187	0,237	347,9	870	62	375	0,475	552,5
17 0075			28,0	10,20	1,00		2,00	1,00	1,000	0,250	615,2	1061	165	451	0,500	1022,0
18 0005			28,0	10,20	1,25		2,25	1,00	0,800	0,250	1030,0	1214	319	507	0,500	1799,0
18 0006			28,0	10,20	1,50		2,20	0,70	0,466	0,175	1003,0	863	424	346	0,350	1899,0
17 0076			28,0	12,20	1,00		1,95	0,95	0,950	0,237	589,9	947	156	467	0,475	991,7
18 0007			28,0	12,20	1,25		2,10	0,85	0,680	0,212	843,8	934	300	451	0,425	1519,0
18 0008			28,0	12,20	1,50		2,25	0,75	0,500	0,187	1149,0	900	406	426	0,375	2159,0
17 0077	C		28,0	14,20	0,80		1,80	1,00	1,250	0,250	434,8	904	13	515	0,500	681,0
17 0078	B		28,0	14,20	1,00		1,80	0,80	0,800	0,200	476,4	744	174	414	0,400	832,0
18 0009			28,0	14,20	1,25		2,10	0,85	0,680	0,212	907,4	931	287	513	0,425	1634,0
18 0010	A		28,0	14,20	1,50		2,15	0,65	0,433	0,162	1033,0	747	371	403	0,325	1970,0
17 0079	C		31,5	16,30	0,80		1,85	1,05	1,312	0,262	384,3	771	-9	448	0,525	593,8
18 0011	B		31,5	16,30	1,25		2,15	0,90	0,720	0,225	790,5	797	224	449	0,450	1409,0
18 0012			31,5	16,30	1,50		2,40	0,90	0,600	0,225	1260,0	899	326	501	0,450	2314,0
18 0013			31,5	16,30	1,75		2,45	0,70	0,400	0,175	1391,0	729	382	399	0,350	2669,0
18 0014			31,5	16,30	2,00		2,75	0,75	0,375	0,187	2199,0	879	481	480	0,375	4239,0
17 0080			34,0	12,30	1,00		2,20	1,20	1,200	0,300	587,2	938	63	403	0,600	930,0
18 0015			34,0	12,30	1,25		2,45	1,20	0,960	0,300	946,4	1063	188	448	0,600	1587,0
18 0016			34,0	12,30	1,50		2,70	1,20	0,800	0,300	1447,0	1188	313	493	0,600	2527,0
18 0017			34,0	14,30	1,25		2,40	1,15	0,920	0,287	912,8	964	177	461	0,575	1546,0
18 0018			34,0	14,30	1,50		2,55	1,05	0,700	0,262	1224,0	953	297	447	0,525	2192,0
18 0019			34,0	16,30	1,50		2,55	1,05	0,700	0,262	1291,0	942	283	495	0,525	2313,0
18 0020			34,0	16,30	2,00		2,85	0,85	0,425	0,212	2097,0	877	445	449	0,425	4003,0
17 0081	C		35,5	18,30	0,90		2,05	1,15	1,277	0,287	457,7	737	2	427	0,575	712,4
18 0021	B		35,5	18,30	1,25		2,25	1,00	0,800	0,250	730,9	724	168	409	0,500	1277,0
18 0022	A		35,5	18,30	2,00		2,80	0,80	0,400	0,200	1864,0	749	393	409	0,400	3576,0
18 0023			40,0	14,30	1,25		2,65	1,40	1,120	0,350	904,4	961	98	406	0,700	1459,0
18 0024			40,0	14,30	1,50		2,80	1,30	0,866	0,325	1188,0	962	218	398	0,650	2040,0
18 0025			40,0	14,30	1,75		3,05	1,30	0,742	0,325	1722,0	1061	316	433	0,650	3051,0
18 0026			40,0	14,30	2,00		3,05	1,05	0,525	0,262	1800,0	878	393	349	0,525	3363,0
18 0027			40,0	16,30	1,50		2,80	1,30	0,866	0,325	1224,0	928	199	430	0,650	2102,0
18 0028			40,0	16,30	1,75		3,10	1,35	0,771	0,337	1881,0	1076	290	494	0,675	3309,0
18 0029			40,0	16,30	2,00		3,10	1,10	0,550	0,275	1972,0	897	375	402	0,550	3663,0
18 0030			40,0	18,30	2,00		3,15	1,15	0,575	0,287	2182,0	933	365	466	0,575	4030,0
17 0082	C		40,0	20,40	1,00		2,30	1,30	1,300	0,325	565,3	734	-4	422	0,650	875,8
18 0031	B		40,0	20,40	1,50		2,65	1,15	0,766	0,287	1109,0	774	196	431	0,575	1953,0
18 0032			40,0	20,40	2,00		3,10	1,10	0,550	0,275	2175,0	882	354	484	0,550	4041,0
18 0033	A		40,0	20,40	2,25		3,15	0,90	0,400	0,225	2336,0	746	392	403	0,450	4481,0
18 0034			40,0	20,40	2,50		3,45	0,95	0,380	0,237	3351,0	864	470	466	0,475	6453,0

**₁) $s_c = h_0 = l_0 - t$ bei Tellerfedern ohne Auflageflächen
**₂) $s_c = h_0 = l_0 - t'$ bei Tellerfedern mit Auflageflächen

Federkraft F in N			Spannung σ in N/mm ²					s_c^{**}					Masse
$s = 0,5 h_0$			$s = 0,75 h_0$										1.000 Stck.
σ_I	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	in kg
1675	136	919	0,675	599,6	2320	396	1259	0,900	635,4	2837	785	1519	2,055
1371	440	730	0,525	862,3	1940	776	1023	0,700	1050	2432	1190	1268	2,642
1473	898	757	0,412	2926,0	2138	1419	1091	0,550	3821	2755	1988	1395	4,403
1624	239	692	0,712	661,5	2264	532	950	0,950	722,7	2787	940	1149	3,354
1994	459	837	0,750	1289,0	2798	880	1158	1,000	1486	3475	1429	1414	4,191
2300	765	949	0,750	2394,0	3258	1340	1326	1,000	2902	4089	2042	1637	5,238
1663	911	660	0,525	2723,0	2401	1461	943	0,700	3511	3076	2074	1193	6,286
1781	425	870	0,712	1268,0	2502	807	1208	0,950	1482	3111	1302	1480	3,914
1777	691	849	0,637	2083,0	2529	1172	1196	0,850	2590	3191	1743	1491	4,893
1729	883	812	0,562	3077,0	2488	1431	1157	0,750	3949	3176	2049	1462	5,872
1680	154	950	0,750	801,4	2330	422	1304	1,000	858,8	2852	817	1577	2,872
1406	429	776	0,600	1107,0	1986	765	1086	0,800	1342	2486	1183	1344	3,590
1770	667	968	0,637	2240,0	2516	1138	1365	0,850	2785	3171	1701	1703	4,486
1440	795	772	0,487	2841,0	2080	1274	1106	0,650	3680	2665	1806	1407	5,386
1430	94	825	0,787	686,8	1978	308	1130	1,050	721,6	2415	633	1363	3,583
1512	530	844	0,675	1913,0	2145	917	1187	0,900	2359	2696	1386	1478	5,599
1716	734	950	0,675	3230,0	2451	1223	1346	0,900	4077	3104	1795	1689	6,717
1408	814	766	0,525	3871,0	2038	1296	1102	0,700	5036	2619	1826	1405	7,839
1702	1020	924	0,562	6173,0	2467	1615	1331	0,750	8054	3176	2267	1701	8,956
1751	250	742	0,900	1110,0	2439	563	1018	1,200	1208	3002	1001	1231	6,194
2001	500	833	0,900	2024,0	2814	938	1154	1,200	2359	3502	1501	1412	7,743
2251	750	923	0,900	3363,0	3190	1313	1290	1,200	4076	4003	2001	1593	9,280
1816	466	858	0,862	1993,0	2555	868	1193	1,150	2347	3182	1382	1464	7,330
1813	687	841	0,787	2990,0	2579	1172	1183	1,050	3704	3250	1750	1472	8,799
1790	660	933	0,787	3155,0	2543	1131	1313	1,050	3908	3203	1696	1635	8,233
1692	952	860	0,637	5783,0	2446	1520	1234	0,850	7498	3138	2150	1570	10,978
1370	108	786	0,862	831,9	1897	320	1078	1,150	883,8	2319	637	1302	5,134
1369	416	766	0,750	1699,0	1935	743	1073	1,000	2059	2421	1149	1329	7,131
1448	837	785	0,600	5187,0	2095	1332	1128	0,800	6747	2692	1878	1439	11,410
1799	319	750	1,050	1780,0	2514	664	1033	1,400	1984	3105	1132	1253	10,755
1818	542	743	0,975	2668,0	2568	973	1034	1,300	3184	3212	1510	1271	12,905
2015	739	813	0,975	4119,0	2863	1268	1139	1,300	5056	3605	1904	1412	15,056
1688	855	664	0,787	4769,0	2427	1387	943	1,050	6096	3098	1988	1188	17,207
1752	503	802	0,975	2749,0	2472	911	1118	1,300	3281	3088	1422	1376	12,339
2040	692	926	1,012	4435,0	2891	1207	1297	1,350	5410	3631	1834	1606	14,396
1719	825	764	0,825	5169,0	2467	1349	1084	1,100	6580	3141	1948	1364	16,499
1785	810	883	0,862	5656,0	2556	1338	1252	1,150	7171	3246	1946	1573	15,599
1363	98	776	0,975	1017,0	1887	305	1063	1,300	1072	2305	617	1283	7,299
1465	474	810	0,862	2621,0	2073	835	1136	1,150	3201	2599	1278	1410	10,948
1689	783	920	0,825	5701,0	2421	1288	1307	1,100	7258	3077	1868	1646	14,590
1441	835	774	0,675	6500,0	2086	1328	1112	0,900	8456	2680	1871	1419	16,422
1673	997	896	0,712	9390,0	2424	1579	1290	0,950	12243	3120	2219	1649	18,246

Tabelle III: Standard-Abmessungen nach DIN und Mubea-Werksnorm

**STANDARD-ABMESSUNGEN NACH DIN EN 16983 (ALT DIN 2093)
UND MUBEA WERKSNORM SOWIE SONDERABMESSUNGEN**

Bestell-Nr.	DIN Reihe	keine Lagerhaltung	Abmessung in mm							Federweg s in mm					Federkraft F in N	
			D _e	D _i	t	t'	l ₀	h ₀	h ₀ /t	s = 0,25 h ₀					s = 0,5 h ₀	
										s	F	σ _I	σ _{II}	σ _{III}	s	F
18 0035	C		45,0	22,40	1,25		2,85	1,60	1,280	0,400	1041,0	883	4	497	0,800	1620,0
18 0036	B		45,0	22,40	1,75		3,05	1,30	0,742	0,325	1524,0	795	214	433	0,650	2701,0
18 0037	A		45,0	22,40	2,50		3,50	1,00	0,400	0,250	2773,0	726	383	384	0,500	5320,0
18 0038			48,0	16,30	1,50		3,00	1,50	1,000	0,375	1048,0	832	135	333	0,750	1740,0
18 0039			50,0	18,40	1,25		2,85	1,60	1,280	0,400	756,9	742	24	325	0,800	1178,0
18 0040			50,0	18,40	1,50		3,15	1,65	1,100	0,412	1166,0	855	93	370	0,825	1890,0
18 0041			50,0	18,40	2,00		3,65	1,65	0,825	0,412	2229,0	1013	251	428	0,825	3868,0
18 0042			50,0	18,40	2,50		4,15	1,65	0,660	0,412	3870,0	1171	409	486	0,825	7002,0
18 0043			50,0	18,40	3,00		4,20	1,20	0,400	0,300	4179,0	891	488	357	0,600	8018,0
18 0044			50,0	20,40	2,00		3,50	1,50	0,750	0,375	1966,0	865	244	397	0,750	3478,0
18 0045			50,0	20,40	2,50		3,85	1,35	0,540	0,337	3008,0	876	373	393	0,675	5601,0
18 0046			50,0	22,40	2,00		3,60	1,60	0,800	0,400	2247,0	932	228	466	0,800	3924,0
18 0047			50,0	22,40	2,50		3,90	1,40	0,560	0,350	3261,0	904	364	442	0,700	6044,0
18 0048	C		50,0	25,40	1,25		2,85	1,60	1,280	0,400	853,7	717	2	410	0,800	1328,0
18 0049			50,0	25,40	1,50		3,10	1,60	1,066	0,400	1242,0	789	74	447	0,800	2028,0
18 0050	B		50,0	25,40	2,00		3,40	1,40	0,700	0,350	1949,0	777	230	430	0,700	3491,0
18 0051			50,0	25,40	2,25		3,75	1,50	0,666	0,375	2905,0	921	292	508	0,750	5249,0
18 0052			50,0	25,40	2,50		3,90	1,40	0,560	0,350	3473,0	903	355	494	0,700	6437,0
18 0053	A		50,0	25,40	3,00		4,10	1,10	0,366	0,275	4255,0	762	424	409	0,550	8214,0
18 0054	C		56,0	28,50	1,50		3,45	1,95	1,300	0,487	1458,0	843	-4	483	0,975	2259,0
18 0055	B		56,0	28,50	2,00		3,60	1,60	0,800	0,400	1910,0	744	173	415	0,800	3335,0
18 0056			56,0	28,50	2,50		4,20	1,70	0,680	0,425	3638,0	931	287	515	0,850	6550,0
18 0057	A		56,0	28,50	3,00		4,30	1,30	0,433	0,325	4142,0	747	371	404	0,650	7895,0
18 0058			60,0	20,50	2,00		4,20	2,20	1,100	0,550	2528,0	1082	125	440	1,100	4097,0
18 0059			60,0	20,50	2,50		4,70	2,20	0,880	0,550	4151,0	1233	276	491	1,100	7102,0
18 0060			60,0	20,50	3,00		5,20	2,20	0,733	0,550	6434,0	1384	426	543	1,100	11429,0
18 0061			60,0	25,50	2,50		4,40	1,90	0,760	0,475	3447,0	949	259	451	0,950	6081,0
18 0062			60,0	25,50	3,00		4,65	1,65	0,550	0,412	4495,0	889	369	414	0,825	8352,0
18 0063			60,0	30,50	2,50		4,50	2,00	0,800	0,500	4059,0	1012	236	564	1,000	7088,0
18 0064			60,0	30,50	2,75		4,75	2,00	0,727	0,500	5125,0	1075	299	596	1,000	9117,0
18 0065			60,0	30,50	3,00		4,70	1,70	0,566	0,425	5083,0	917	356	502	0,850	9407,0
18 0066			60,0	30,50	3,50		5,00	1,50	0,428	0,375	6591,0	874	437	472	0,750	12574,0
18 0067	C		63,0	31,00	1,80		4,15	2,35	1,305	0,587	2364,0	961	-4	536	1,175	3658,0
18 0068	B		63,0	31,00	2,50		4,25	1,75	0,700	0,437	2942,0	763	227	410	0,875	5270,0
18 0069			63,0	31,00	3,00		4,70	1,70	0,566	0,425	4524,0	830	324	441	0,850	8373,0
18 0070	A		63,0	31,00	3,50		4,90	1,40	0,400	0,350	5399,0	726	383	380	0,700	10359,0
18 0071			70,0	24,50	3,00		5,30	2,30	0,766	0,575	5080,0	1070	306	430	1,150	8948,0
18 0072			70,0	24,50	3,50		6,00	2,50	0,714	0,625	8446,0	1324	421	529	1,250	15076,0
18 0073			70,0	25,50	2,00		4,50	2,50	1,250	0,625	2408,0	938	43	406	1,250	3771,0
18 0074			70,0	30,50	2,50		4,90	2,40	0,960	0,600	3755,0	961	153	475	1,200	6297,0
18 0075			70,0	30,50	3,00		5,10	2,10	0,700	0,525	4676,0	895	276	433	1,050	8376,0
18 0076			70,0	35,50	3,00		5,10	2,10	0,700	0,525	5028,0	891	264	493	1,050	9007,0

**) $s_c = h_0 = l_0 - t$ bei Tellerfedern ohne Auflageflächen
 $s_c = h_0 = l_0 - t'$ bei Tellerfedern mit Auflageflächen

Federkraft F in N			Spannung σ in N/mm ²					s_c^{**}					Masse
$s = 0,5 h_0$			$s = 0,75 h_0$										1.000 Stck.
σ_I	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	in kg
1641	134	914	1,200	1891,0	2273	389	1253	1,600	2007	2779	770	1514	11,739
1507	512	814	0,975	3646,0	2135	892	1144	1,300	4475	2681	1355	1421	16,434
1403	815	737	0,750	7716,0	2031	1296	1059	1,000	10037	2610	1825	1350	23,478
1564	370	618	1,125	2195,0	2197	704	855	1,500	2531	2730	1138	1043	18,850
1381	151	597	1,200	1375,0	1918	380	817	1,600	1459	2352	712	984	16,657
1602	294	684	1,237	2319,0	2239	605	942	1,650	2600	2768	1024	1144	19,988
1918	610	800	1,237	5114,0	2713	1079	1116	1,650	6163	3400	1656	1377	26,651
2234	926	916	1,237	9643,0	3187	1552	1291	1,650	12038	4032	2288	1609	33,314
1725	1033	685	0,900	11630,0	2500	1636	983	1,200	15128	3219	2296	1251	39,977
1642	578	745	1,125	4687,0	2330	1000	1045	1,500	5745	2929	1510	1295	25,695
1680	817	746	1,012	7919,0	2412	1334	1060	1,350	10098	3072	1922	1335	32,118
1763	556	872	1,200	5222,0	2493	985	1220	1,600	6329	3123	1514	1509	24,639
1730	806	838	1,050	8510,0	2480	1324	1190	1,400	10817	3152	1920	1496	30,799
1332	106	755	1,200	1550,0	1845	312	1035	1,600	1646	2256	621	1251	14,294
1476	250	828	1,200	2512,0	2061	528	1145	1,600	2844	2543	909	1397	17,153
1476	537	810	1,050	4762,0	2097	923	1140	1,400	5898	2639	1388	1421	22,871
1752	675	959	1,125	7217,0	2494	1147	1353	1,500	8997	3145	1709	1690	25,730
1728	789	938	1,050	9063,0	2474	1301	1332	1,400	11519	3143	1891	1677	28,589
1476	897	787	0,825	11976,0	2142	1418	1135	1,100	15640	2759	1987	1451	34,306
1565	112	889	1,462	2622,0	2165	350	1218	1,950	2766	2645	709	1470	21,489
1406	428	778	1,200	4438,0	1987	765	1090	1,600	5379	2486	1183	1349	28,653
1770	666	972	1,275	8978,0	2517	1138	1369	1,700	11164	3173	1701	1709	35,816
1441	795	775	0,975	11388,0	2080	1274	1110	1,300	14752	2666	1806	1412	42,979
2028	386	812	1,650	5026,0	2837	784	1119	2,200	5636	3509	1320	1358	39,208
2330	688	916	1,650	9255,0	3289	1237	1273	2,200	11008	4112	1923	1564	49,009
2631	990	1019	1,650	15465,0	3742	1690	1428	2,200	19022	4716	2527	1771	58,811
1799	616	847	1,425	8175,0	2551	1072	1187	1,900	9997	3204	1627	1471	45,465
1704	812	787	1,237	11784,0	2445	1330	1117	1,650	15002	3111	1922	1405	54,557
1914	583	1058	1,500	9432,0	2704	1041	1481	2,000	11433	3384	1610	1834	41,149
2039	708	1122	1,500	12356,0	2892	1228	1576	2,000	15217	3634	1860	1961	45,264
1754	793	953	1,275	13226,0	2511	1309	1353	1,700	16792	3188	1906	1703	57,608
1685	937	905	1,125	18153,0	2434	1499	1297	1,500	23528	3121	2123	1650	57,608
1785	130	986	1,762	4238,0	2470	402	1351	2,350	4463	3018	811	1629	33,381
1449	531	773	1,312	7189,0	2059	912	1088	1,750	8904	2592	1368	1355	46,362
1587	721	838	1,275	11772,0	2273	1190	1189	1,700	14946	2886	1731	1495	56,635
1403	815	729	1,050	15025,0	2030	1296	1047	1,400	19545	2609	1826	1335	64,907
2031	721	806	1,725	12007,0	2883	1245	1128	2,300	14663	3626	1878	1396	79,526
2519	971	994	1,875	20495,0	3585	1650	1395	2,500	25309	4522	2458	1733	92,781
1748	214	748	1,875	4437,0	2431	512	1024	2,500	4755	2985	939	1235	52,401
1807	422	883	1,800	8031,0	2538	806	1225	2,400	9360	3153	1306	1501	61,186
1701	640	814	1,575	11426,0	2418	1093	1145	2,100	14152	3048	1634	1426	73,423
1694	617	928	1,575	12287,0	2407	1060	1307	2,100	15218	3029	1593	1628	67,319

Tabelle III: Standard-Abmessungen nach DIN und Mubea-Werksnorm

**STANDARD-ABMESSUNGEN NACH DIN EN 16983 (ALT DIN 2093)
UND MUBEA WERKSNORM SOWIE SONDERABMESSUNGEN**

Bestell-Nr.	DIN Reihe	keine Lagerhaltung	Abmessung in mm							Federweg s in mm					Federkraft F in N	
			D _e	D _i	t	t'	l ₀	h ₀	h ₀ /t	s = 0,25 h ₀					s = 0,5 h ₀	
										s	F	σ _I	σ _{II}	σ _{III}	s	F
18 0077			70,0	35,50	3,50		5,30	1,80	0,514	0,450	6077,0	809	347	440	0,900	11384,0
18 0078			70,0	35,50	4,00		5,80	1,80	0,450	0,450	8757,0	891	430	482	0,900	16634,0
18 0079			70,0	35,50	4,00	3,75	5,80	1,80	0,450	0,450	9167,0	977	357	535	0,900	17018,0
18 0080			70,0	40,50	4,00		5,70	1,70	0,425	0,425	9025,0	858	424	521	0,850	17230,0
18 0081			70,0	40,50	4,00	3,75	5,70	1,70	0,425	0,425	9423,0	942	354	579	0,850	17604,0
18 0082			70,0	40,50	5,00		6,40	1,40	0,280	0,350	13646,0	807	513	484	0,700	26719,0
18 0083			70,0	40,50	5,00	4,7	6,40	1,40	0,280	0,350	14004,0	886	457	537	0,700	27059,0
18 0084	C		71,0	36,00	2,00		4,60	2,60	1,300	0,650	2861,0	932	-5	532	1,300	4432,0
18 0085	B		71,0	36,00	2,50		4,50	2,00	0,800	0,500	2894,0	723	169	402	1,000	5054,0
18 0086	A		71,0	36,00	4,00		5,60	1,60	0,400	0,400	7379,0	748	393	402	0,800	14157,0
18 0087			71,0	36,00	4,00	3,75	5,60	1,60	0,400	0,400	7685,0	821	334	447	0,800	14445,0
18 0088			80,0	30,50	2,50		5,30	2,80	1,120	0,700	3664,0	943	91	421	1,400	5911,0
18 0089			80,0	31,00	3,00		5,50	2,50	0,833	0,625	4531,0	890	212	393	1,250	7847,0
18 0090			80,0	31,00	4,00		6,10	2,10	0,525	0,525	7319,0	856	378	366	1,050	13677,0
18 0091			80,0	31,00	4,00	3,75	6,10	2,10	0,525	0,525	7717,0	933	308	406	1,050	14049,0
18 0092			80,0	35,50	4,00		6,20	2,20	0,550	0,550	8118,0	884	364	428	1,100	15083,0
18 0093			80,0	35,50	4,00	3,75	6,20	2,20	0,550	0,550	8577,0	964	289	474	1,100	15512,0
18 0094			80,0	36,00	3,00		5,70	2,70	0,900	0,675	5401,0	964	181	487	1,350	9196,0
18 0095	C		80,0	41,00	2,25		5,20	2,95	1,311	0,737	3698,0	942	-9	544	1,475	5715,0
18 0096	B		80,0	41,00	3,00		5,30	2,30	0,766	0,575	4450,0	774	196	434	1,150	7838,0
18 0097			80,0	41,00	4,00		6,20	2,20	0,550	0,550	8726,0	883	354	486	1,100	16213,0
18 0098			80,0	41,00	4,00	3,75	6,20	2,20	0,550	0,550	9220,0	965	278	538	1,100	16674,0
18 0099	A		80,0	41,00	5,00		6,70	1,70	0,340	0,425	11821,0	755	439	407	0,850	22928,0
18 0100			80,0	41,00	5,00	4,7	6,70	1,70	0,340	0,425	12211,0	827	385	452	0,850	23296,0
18 0101	C		90,0	46,00	2,50		5,70	3,20	1,280	0,800	4232,0	886	2	509	1,600	6585,0
18 0102	B		90,0	46,00	3,50		6,00	2,50	0,714	0,625	5836,0	756	216	421	1,250	10416,0
18 0103	A		90,0	46,00	5,00		7,00	2,00	0,400	0,500	11267,0	728	382	394	1,000	21617,0
18 0104			90,0	46,00	5,00	4,7	7,00	2,00	0,400	0,500	11713,0	796	327	437	1,000	22035,0
18 0105			100,0	41,00	4,00		7,20	3,20	0,800	0,800	8715,0	944	238	437	1,600	15219,0
18 0106			100,0	41,00	4,00	3,8	7,20	3,20	0,800	0,800	9215,0	1004	173	470	1,600	15683,0
18 0107			100,0	41,00	5,00		7,75	2,75	0,550	0,687	12345,0	896	374	404	1,375	22937,0
18 0108			100,0	41,00	5,00	4,7	7,75	2,75	0,550	0,687	13013,0	973	303	446	1,375	23561,0
18 0109	C		100,0	51,00	2,70		6,20	3,50	1,296	0,875	4779,0	853	-3	490	1,750	7410,0
18 0110	B		100,0	51,00	3,50		6,30	2,80	0,800	0,700	5624,0	715	167	399	1,400	9823,0
18 0111			100,0	51,00	4,00		7,00	3,00	0,750	0,750	8673,0	854	225	476	1,500	15341,0
18 0112			100,0	51,00	4,00	3,8	7,00	3,00	0,750	0,750	9156,0	912	165	513	1,500	15789,0
18 0113			100,0	51,00	5,00		7,80	2,80	0,560	0,700	13924,0	903	355	496	1,400	25810,0
18 0114			100,0	51,00	5,00	4,7	7,80	2,80	0,560	0,700	14689,0	983	281	546	1,400	26525,0
18 0115	A		100,0	51,00	6,00		8,20	2,20	0,366	0,550	17061,0	763	424	411	1,100	32937,0
18 0116			100,0	51,00	6,00	5,6	8,20	2,20	0,366	0,550	17753,0	843	361	461	1,100	33589,0
19 0001			100,0	51,00	7,00	6,55	9,20	2,20	0,314	0,550	27374,0	950	457	516	1,100	52454,0
18 0117	C		112,0	57,00	3,00		6,90	3,90	1,300	0,975	5834,0	843	-4	483	1,950	9038,0

***) $sc = h_0 = l_0 - t$ bei Tellerfedern ohne Auflageflächen
 $sc = h_0 = l_0 - t'$ bei Tellerfedern mit Auflageflächen

Federkraft F in N			Spannung σ in N/mm ²					s_c^{**}					Masse
$s = 0,5 h_0$			$s = 0,75 h_0$										1.000 Stck.
σ_I	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	in kg
1551	760	837	1,350	16177,0	2228	1239	1193	1,800	20714	2839	1784	1507	78,539
1716	925	921	1,350	23923,0	2476	1486	1319	1,800	30919	3169	2114	1675	89,759
1877	790	1022	1,350	23923,0	2701	1299	1460	2,050	33656	3831	2244	2045	84,149
1654	910	1000	1,275	24889,0	2388	1459	1435	1,700	32274	3059	2069	1827	80,388
1813	779	1108	1,275	24889,0	2611	1277	1588	1,950	35467	3731	2215	2246	75,364
1572	1068	938	1,050	39410,0	2295	1665	1364	1,400	51911	2975	2303	1760	100,485
1722	963	1040	1,050	39410,0	2509	1518	1509	1,700	61324	3841	2680	2289	94,456
1730	125	980	1,950	5144,0	2394	388	1342	2,600	5426	2924	784	1620	46,177
1366	417	754	1,500	6725,0	1931	744	1055	2,000	8152	2416	1150	1306	57,722
1445	837	772	1,200	20535,0	2091	1332	1109	1,600	26712	2687	1877	1415	92,355
1583	727	857	1,200	20535,0	2286	1179	1230	1,850	29661	3302	2039	1755	86,582
1765	303	778	2,100	7211,0	2464	637	1070	2,800	8039	3042	1093	1299	84,305
1682	520	735	1,875	10352,0	2378	926	1025	2,500	12451	2978	1428	1265	100,598
1644	823	695	1,575	19394,0	2363	1338	989	2,100	24791	3014	1920	1246	134,130
1788	694	771	1,575	19394,0	2564	1159	1094	2,350	26327	3566	1989	1495	125,747
1693	802	812	1,650	21280,0	2428	1314	1154	2,200	27093	3089	1901	1452	126,750
1843	664	899	1,650	21280,0	2637	1124	1274	2,450	28564	3638	1945	1731	118,828
1817	474	909	2,025	11919,0	2557	879	1265	2,700	14106	3186	1396	1556	94,401
1749	117	1000	2,212	6613,0	2419	379	1370	2,950	6950	2953	778	1652	65,460
1466	474	814	1,725	10518,0	2074	835	1142	2,300	12844	2600	1278	1417	87,281
1690	783	924	1,650	22874,0	2422	1288	1314	2,200	29122	3078	1868	1655	116,374
1843	642	1021	1,650	22874,0	2634	1094	1448	2,450	30703	3630	1906	1970	109,100
1465	924	786	1,275	33559,0	2130	1453	1135	1,700	43952	2750	2028	1456	145,468
1602	822	871	1,275	33559,0	2324	1312	1255	2,000	50035	3434	2269	1834	136,740
1646	130	938	2,400	7684,0	2280	385	1286	3,200	8157	2787	766	1553	92,231
1434	509	792	1,875	14161,0	2035	879	1114	2,500	17487	2560	1326	1387	129,124
1406	814	757	1,500	31354,0	2035	1295	1088	2,000	40786	2615	1826	1387	184,463
1535	712	837	1,500	31354,0	2217	1153	1201	2,300	45141	3188	1979	1707	173,395
1788	577	818	2,400	20251,0	2530	1017	1144	3,200	24547	3172	1557	1414	205,153
1898	457	880	2,400	20251,0	2681	851	1228	3,400	24574	3503	1501	1577	194,896
1717	823	767	2,062	32361,0	2464	1346	1089	2,750	41201	3136	1944	1370	256,441
1862	691	846	2,062	32361,0	2665	1164	1198	3,050	43381	3669	1933	1622	241,055
1584	116	902	2,625	8609,0	2192	357	1235	3,500	9091	2678	721	1491	123,164
1351	411	749	2,100	13070,0	1909	734	1049	2,800	15843	2389	1136	1298	159,657
1618	540	894	2,250	20674,0	2292	944	1255	3,000	25338	2877	1439	1559	182,465
1724	429	962	2,250	20674,0	2437	792	1348	3,200	25555	3198	1394	1747	173,342
1728	789	942	2,100	36339,0	2475	1301	1337	2,800	46189	3144	1891	1683	228,081
1877	651	1036	2,100	36339,0	2682	1111	1468	3,100	48503	3676	1923	1987	214,397
1477	897	790	1,650	48022,0	2143	1418	1139	2,200	62711	2760	1987	1457	273,698
1629	778	885	1,650	48022,0	2358	1253	1273	2,600	71153	3483	2207	1858	255,451
1843	972	996	1,650	75840,0	2679	1543	1439	2,650	115982	4053	2729	2152	298,787
1565	112	889	2,925	10489,0	2165	350	1218	3,900	11064	2645	709	1470	171,917

Tabelle III: Standard-Abmessungen nach DIN und Mubea-Werksnorm

**STANDARD-ABMESSUNGEN NACH DIN EN 16983 (ALT DIN 2093)
UND MUBEA WERKSNORM SOWIE SONDERABMESSUNGEN**

Bestell-Nr.	DIN Reihe	keine Lagerhaltung	Abmessung in mm							Federweg s in mm					Federkraft F in N	
			D _e	D _i	t	t'	l ₀	h ₀	h ₀ /t	s = 0,25 h ₀				s = 0,5 h ₀		
										s	F	σ _I	σ _{II}	σ _{III}	s	F
18 0118	B		112,0	57,00	4,00		7,20	3,20	0,800	0,800	7639,0	744	173	415	1,600	13341,0
18 0119			112,0	57,00	4,00	3,75	7,20	3,20	0,800	0,800	8192,0	805	107	454	1,600	13855,0
18 0120	A		112,0	57,00	6,00		8,50	2,50	0,416	0,625	15800,0	712	363	384	1,250	30215,0
18 0121			112,0	57,00	6,00	5,6	8,50	2,50	0,416	0,625	16536,0	786	302	431	1,250	30906,0
18 0122			125,0	51,00	4,00		8,50	4,50	1,125	1,125	10096,0	980	86	463	2,250	16265,0
18 0123			125,0	51,00	4,00	3,8	8,50	4,50	1,125	1,125	10705,0	1031	19	492	2,250	16830,0
18 0124			125,0	51,00	5,00		8,90	3,90	0,780	0,975	13063,0	913	241	420	1,950	22931,0
18 0125			125,0	51,00	5,00	4,75	8,90	3,90	0,780	0,975	13804,0	972	179	452	1,950	23619,0
18 0126			125,0	51,00	6,00		9,40	3,40	0,566	0,850	17027,0	859	349	386	1,700	31514,0
18 0127			125,0	51,00	6,00	5,65	9,40	3,40	0,566	0,850	17944,0	931	282	426	1,700	32369,0
18 0128			125,0	61,00	5,00		9,00	4,00	0,800	1,000	14615,0	930	220	500	2,000	25526,0
18 0129			125,0	61,00	5,00	4,75	9,00	4,00	0,800	1,000	15455,0	990	155	538	2,000	26305,0
18 0130			125,0	61,00	6,00		9,60	3,60	0,600	0,900	19789,0	908	334	481	1,800	36336,0
18 0131			125,0	61,00	6,00	5,6	9,60	3,60	0,600	0,900	21079,0	996	249	535	1,800	37539,0
19 0002			125,0	61,00	8,00	7,5	10,90	2,90	0,362	0,725	34434,0	937	415	492	1,450	65305,0
18 0132	C		125,0	64,00	3,50		8,00	4,50	1,285	1,125	8514,0	907	0	522	2,250	13231,0
18 0133	B		125,0	64,00	5,00		8,50	3,50	0,700	0,875	12238,0	778	229	433	1,750	21924,0
18 0134			125,0	64,00	5,00	4,7	8,50	3,50	0,700	0,875	13031,0	842	163	475	1,750	22661,0
18 0135			125,0	64,00	6,00		9,60	3,60	0,600	0,900	20348,0	912	331	504	1,800	37362,0
18 0136			125,0	64,00	6,00	5,6	9,60	3,60	0,600	0,900	21674,0	1000	246	560	1,800	38599,0
19 0003			125,0	64,00	7,00	6,55	10,00	3,00	0,428	0,750	25528,0	886	335	489	1,500	47615,0
19 0004	A		125,0	64,00	8,00	7,5	10,60	2,60	0,325	0,650	31118,0	825	391	450	1,300	59520,0
18 0137			125,0	71,00	6,00		9,30	3,30	0,550	0,825	19538,0	835	328	504	1,650	36302,0
18 0138			125,0	71,00	6,00	5,6	9,30	3,30	0,550	0,825	20725,0	919	250	561	1,650	37411,0
19 0005			125,0	71,00	8,00	7,45	10,90	2,90	0,362	0,725	38416,0	974	408	587	1,450	72705,0
19 0006			125,0	71,00	10,00	9,3	11,80	1,80	0,180	0,450	42821,0	674	409	398	0,900	84082,0
18 0139	C		140,0	72,00	3,80		8,70	4,90	1,289	1,225	9514,0	856	-2	495	2,450	14773,0
18 0140	B		140,0	72,00	5,00		9,00	4,00	0,800	1,000	12014,0	745	173	419	2,000	20982,0
18 0141			140,0	72,00	5,00	4,7	9,00	4,00	0,800	1,000	12847,0	803	109	457	2,000	21756,0
19 0007	A		140,0	72,00	8,00	7,5	11,20	3,20	0,400	0,800	31903,0	846	343	467	1,600	59967,0
18 0142			150,0	61,00	5,00		10,30	5,30	1,060	1,325	15292,0	976	114	458	2,650	25021,0
18 0143			150,0	61,00	5,00	4,75	10,30	5,30	1,060	1,325	16221,0	1029	48	488	2,650	25883,0
18 0144			150,0	61,00	6,00		10,80	4,80	0,800	1,200	19560,0	946	239	435	2,400	34161,0
18 0145			150,0	61,00	6,00	5,7	10,80	4,80	0,800	1,200	20684,0	1006	174	463	2,400	35204,0
19 0008			150,0	61,00	7,00	6,55	11,80	4,80	0,685	1,200	30593,0	1135	245	525	2,400	53294,0
18 0146			150,0	71,00	6,00		10,85	4,85	0,808	1,212	21067,0	943	221	494	2,425	36714,0
18 0147			150,0	71,00	6,00	5,6	10,85	4,85	0,808	1,212	22703,0	1023	131	544	2,425	38235,0
19 0009			150,0	71,00	8,00	7,5	12,05	4,05	0,506	1,012	35885,0	983	321	510	2,025	65655,0
19 0010			150,0	81,00	8,00	7,5	12,00	4,00	0,500	1,000	38230,0	982	315	572	2,000	70060,0
19 0011			150,0	81,00	10,00	9,4	13,40	3,40	0,340	0,850	57601,0	950	438	544	1,700	109889,0
18 0148	C		160,0	82,00	4,30		9,90	5,60	1,302	1,400	12162,0	852	-6	491	2,800	18832,0
18 0149			160,0	82,00	4,30	4,15	9,90	5,60	1,302	1,400	12653,0	880	-45	510	2,800	19288,0

**₁) $s_c = h_0 = l_0 - t$ bei Tellerfedern ohne Auflageflächen
**₂) $s_c = h_0 = l_0 - t'$ bei Tellerfedern mit Auflageflächen

Federkraft F in N			Spannung σ in N/mm ²					s_c^{**}					Masse
$s = 0,5 h_0$			$s = 0,75 h_0$										1.000 Stck.
σ_I	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	in kg
1406	428	778	2,400	17752,0	1987	765	1090	3,200	21518	2486	1183	1349	229,222
1518	305	850	2,400	17752,0	2139	595	1188	3,450	21468	2816	1114	1542	214,896
1373	777	737	1,875	43707,0	1985	1239	1058	2,500	56737	2548	1752	1348	343,833
1513	662	824	1,875	43707,0	2182	1081	1181	2,900	62863	3152	1894	1685	320,911
1832	299	856	3,375	19817,0	2556	640	1178	4,500	22060	3153	1109	1431	321,182
1924	176	908	3,375	19817,0	2680	471	1249	4,700	21268	3394	994	1554	305,123
1730	579	787	2,925	30669,0	2451	1012	1102	3,900	37342	3076	1541	1363	401,478
1838	463	847	2,925	30669,0	2599	852	1183	4,150	37492	3405	1492	1524	381,404
1645	770	733	2,550	44307,0	2358	1264	1039	3,400	56254	2999	1832	1306	481,773
1779	647	806	2,550	44307,0	2544	1095	1140	3,750	58923	3482	1868	1535	453,700
1758	542	938	3,000	33965,0	2485	965	1312	4,000	41170	3111	1489	1624	366,953
1869	421	1007	3,000	33965,0	2637	799	1407	4,250	41217	3439	1428	1811	348,605
1734	749	911	2,700	50722,0	2479	1247	1290	3,600	64028	3141	1827	1619	440,343
1897	592	1011	2,700	50722,0	2703	1031	1429	4,000	66696	3701	1831	1929	410,987
1812	893	945	2,175	93577,0	2625	1432	1359	3,400	138144	3856	2486	1972	550,429
1684	129	961	3,375	15416,0	2331	388	1318	4,500	16335	2849	777	1591	248,775
1477	537	816	2,625	29908,0	2099	923	1149	3,500	37041	2641	1387	1432	355,393
1596	415	893	2,625	29908,0	2262	754	1254	3,800	37673	3017	1350	1651	334,069
1741	746	955	2,700	52155,0	2487	1243	1352	3,600	65836	3150	1823	1697	426,471
1905	587	1059	2,700	52155,0	2714	1024	1497	4,000	68579	3713	1825	2022	398,040
1706	738	935	2,250	67216,0	2458	1208	1338	3,450	95795	3521	2099	1893	465,564
1599	833	867	1,950	85926,0	2322	1326	1252	3,100	129972	3477	2322	1854	533,039
1598	728	959	2,475	51217,0	2288	1201	1363	3,300	65207	2905	1746	1718	391,515
1754	583	1065	2,475	51217,0	2504	1001	1511	3,700	68887	3464	1776	2067	365,414
1882	883	1128	2,175	103964,0	2723	1424	1623	3,450	154927	4042	2537	2384	486,131
1322	845	779	1,350	124124,0	1943	1306	1141	2,500	223282	3413	2605	1986	606,848
1590	119	911	3,675	17195,0	2201	362	1249	4,900	18199	2690	728	1508	337,734
1408	428	787	3,000	27920,0	1990	764	1101	4,000	33843	2490	1182	1363	444,388
1518	310	856	3,000	27920,0	2136	601	1196	4,300	33792	2807	1117	1551	417,724
1631	747	895	2,400	85251,0	2355	1213	1284	3,700	123137	3402	2098	1832	666,581
1829	352	848	3,975	31041,0	2559	712	1171	5,300	35207	3165	1196	1426	578,881
1925	228	903	3,975	31041,0	2688	542	1245	5,550	34160	3422	1088	1557	549,937
1791	579	814	3,600	45456,0	2535	1020	1138	4,800	55098	3178	1562	1406	694,658
1901	459	875	3,600	45456,0	2686	855	1221	5,100	55161	3510	1506	1569	659,925
2156	604	986	3,600	70442,0	3062	1079	1385	5,250	89248	4119	1919	1830	758,335
1782	545	926	3,637	48749,0	2518	973	1295	4,850	58978	3152	1503	1602	645,829
1930	379	1017	3,637	48749,0	2721	743	1420	5,250	58662	3591	1408	1846	602,774
1884	725	969	3,037	91060,0	2702	1212	1378	4,550	124679	3769	2094	1895	807,287
1881	713	1088	3,000	97319,0	2697	1195	1549	4,500	133637	3764	2074	2136	737,000
1839	938	1049	2,550	158300,0	2668	1498	1512	4,000	236018	3941	2593	2211	923,710
1581	111	904	4,200	21843,0	2188	350	1238	5,600	23022	2672	712	1494	500,409
1632	38	938	4,200	21843,0	2256	250	1284	5,750	22250	2797	634	1572	482,953

Tabelle III: Standard-Abmessungen nach DIN und Mubea-Werksnorm

**STANDARD-ABMESSUNGEN NACH DIN EN 16983 (ALT DIN 2093)
UND MUBEA WERKSNORM SOWIE SONDERABMESSUNGEN**

Bestell-Nr.	DIN Reihe	keine Lagerhaltung	Abmessung in mm							Federweg s in mm					Federkraft F in N	
			D _e	D _i	t	t'	l ₀	h ₀	h ₀ /t	s = 0,25 h ₀					s = 0,5 h ₀	
										s	F	σ _I	σ _{II}	σ _{III}	s	F
18 0150	B		160,0	82,00	6,00		10,50	4,50	0,750	1,125	17203,0	751	197	420	2,250	30431,0
18 0151			160,0	82,00	6,00	5,6	10,50	4,50	0,750	1,125	18496,0	818	125	464	2,250	31633,0
19 0012	A		160,0	82,00	10,00	9,4	13,50	3,50	0,350	0,875	50547,0	857	390	469	1,750	96216,0
19 0013			160,0	82,00	11,00	10,2	14,50	3,50	0,318	0,875	66678,0	943	434	515	1,750	127338,0
18 0152	C		180,0	92,00	4,80		11,00	6,20	1,291	1,550	14646,0	828	-2	476	3,100	22731,0
18 0153			180,0	92,00	4,80	4,6	11,00	6,20	1,291	1,550	15352,0	861	-48	498	3,100	23387,0
18 0154	B		180,0	92,00	6,00		11,10	5,10	0,850	1,275	16558,0	705	144	396	2,550	28552,0
18 0155			180,0	92,00	6,00	5,6	11,10	5,10	0,850	1,275	17866,0	765	76	435	2,550	29767,0
19 0014	A		180,0	92,00	10,00	9,4	14,00	4,00	0,400	1,000	46850,0	796	327	437	2,000	88141,0
19 0015			180,0	92,00	13,00	12,1	16,50	3,50	0,269	0,875	84574,0	849	438	460	1,750	163392,0
18 0173			200,0	82,00	5,00	4,8	10,50	5,50	1,100	1,375	9700,0	600	26	290	2,750	15400,0
18 0174			200,0	82,00	6,00	5,8	13,00	7,00	1,177	1,750	22300,0	940	22	450	3,500	35000,0
19 0016			200,0	82,00	8,00	7,5	14,20	6,20	0,775	1,550	35519,0	977	162	458	3,100	60470,0
19 0041		*	200,0	82,00	8,50	8,1	14,50	6,00	0,706	1,500	38500,0	960	220	440	3,000	67200,0
19 0017			200,0	82,00	10,00	9,4	15,50	5,50	0,550	1,375	52053,0	973	303	446	2,750	94245,0
19 0018			200,0	82,00	12,00	11,25	16,60	4,60	0,383	1,150	67868,0	898	393	404	2,300	128082,0
19 0042			200,0	82,00	13,00	12,1	16,50	3,50	0,269	0,875	62100,0	700	370	310	1,750	120000,0
19 0019			200,0	92,00	10,00	9,4	15,60	5,60	0,560	1,400	55657,0	980	289	498	2,800	100501,0
19 0020			200,0	92,00	12,00	11,25	16,80	4,80	0,400	1,200	74572,0	930	385	465	2,400	140170,0
19 0021			200,0	92,00	14,00	13,05	18,10	4,10	0,292	1,025	95817,0	877	441	433	2,050	184267,0
18 0156	C		200,0	102,00	5,50		12,50	7,00	1,272	1,750	19817,0	861	5	494	3,500	30882,0
18 0157			200,0	102,00	5,50	5,3	12,50	7,00	1,272	1,750	20659,0	892	-37	514	3,500	31663,0
19 0022	B		200,0	102,00	8,00	7,5	13,60	5,60	0,700	1,400	33367,0	845	160	475	2,800	57955,0
19 0043		*	200,0	102,00	8,30	7,8	14,30	6,00	0,723	1,500	40500,0	950	170	530	3,000	70000,0
19 0044		*	200,0	102,00	9,00	8,6	14,60	5,60	0,622	1,400	44100,0	890	240	500	2,800	78800,0
19 0023			200,0	102,00	10,00	9,4	15,60	5,60	0,560	1,400	58756,0	983	281	546	2,800	106099,0
19 0045		*	200,0	102,00	11,00	10,3	15,00	4,00	0,364	1,000	49500,0	700	300	380	2,000	93900,0
19 0024	A		200,0	102,00	12,00	11,25	16,20	4,20	0,350	1,050	66983,0	792	357	432	2,100	127401,0
19 0025			200,0	102,00	14,00	13,05	18,20	4,20	0,300	1,050	103986,0	904	441	491	2,100	199671,0
18 0175		*	200,0	112,00	6,00	5,8	12,00	6,00	1,000	1,500	19700,0	770	50	470	3,000	32200,0
19 0026			200,0	112,00	12,00	11,25	16,20	4,20	0,350	1,050	71671,0	809	359	480	2,100	136317,0
19 0027			200,0	112,00	14,00	13,05	17,50	3,50	0,250	0,875	90576,0	745	397	438	1,750	175719,0
19 0046		*	200,0	112,00	15,00	14	18,00	3,00	0,200	0,750	93500,0	660	390	390	1,500	183100,0
19 0028			200,0	112,00	16,00	14,8	19,80	3,80	0,237	0,950	146464,0	927	493	545	1,900	284370,0
19 0029	C		225,0	112,00	6,50	6,2	13,60	7,10	1,092	1,775	23582,0	794	15	446	3,550	37417,0
19 0030	B		225,0	112,00	8,00	7,5	14,50	6,50	0,812	1,625	32870,0	812	104	450	3,250	55412,0
19 0047		*	225,0	112,00	9,00	8,45	15,50	6,50	0,722	1,625	43600,0	880	160	480	3,250	75300,0
19 0048		*	225,0	112,00	10,00	9,4	16,20	6,20	0,620	1,550	52800,0	880	220	480	3,100	93900,0
19 0049		*	225,0	112,00	10,80	10	16,50	5,70	0,528	1,425	58100,0	850	240	470	2,850	105200,0
19 0031	A		225,0	112,00	12,00	11,25	17,00	5,00	0,416	1,250	64497,0	772	304	415	2,500	120738,0
19 0032			225,0	112,00	16,00	14,9	20,50	4,50	0,281	1,125	128407,0	864	438	458	2,250	247489,0
19 0033			250,0	102,00	10,00	9,4	18,00	8,00	0,800	2,000	58157,0	1017	160	476	4,000	98485,0

**₁) $sc = h_0 = l_0 - t$ bei Tellerfedern ohne Auflageflächen
**₂) $sc = h_0 = l_0 - t'$ bei Tellerfedern mit Auflageflächen

Federkraft F in N			Spannung σ in N/mm ²					s_c^{**}					Masse
$s = 0,5 h_0$			$s = 0,75 h_0$										1.000 Stck.
σ_I	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	in kg
1423	474	790	3,375	41008,0	2016	830	1109	4,500	50260	2530	1264	1377	698,246
1547	341	870	3,375	41008,0	2186	646	1218	4,900	50562	2908	1203	1599	651,696
1658	836	902	2,625	138331,0	2403	1338	1299	4,100	204958	3533	2310	1889	1094,000
1827	925	994	2,625	183518,0	2655	1474	1436	4,300	284160	4078	2686	2179	1187,000
1537	115	877	4,650	26442,0	2128	350	1201	6,200	27966	2600	703	1450	708,337
1597	30	916	4,650	26442,0	2208	233	1255	6,400	26839	2747	612	1540	678,822
1331	368	742	3,825	37502,0	1875	672	1035	5,100	44930	2340	1057	1278	885,421
1440	243	812	3,825	37502,0	2024	499	1132	5,500	44355	2654	974	1464	826,393
1535	712	837	3,000	125417,0	2217	1153	1201	4,600	180562	3188	1979	1707	1387,000
1653	922	892	2,625	237883,0	2412	1452	1294	4,400	381593	3811	2664	2021	1786,000
1130	130	530	4,125	18400,0	1570	310	730	5,700	20100	1980	620	910	980,000
1750	170	830	5,250	41200,0	2440	450	1140	7,200	44200	3050	900	1400	1190,000
1847	431	857	4,650	78034,0	2611	806	1198	6,700	95329	3458	1466	1558	1539,000
1810	540	830	4,500	89300,0	2580	960	1170	6,400	112100	3400	1620	1520	1660,000
1862	691	846	4,125	129445,0	2665	1164	1198	6,100	173523	3669	1993	1622	1928,000
1735	847	774	3,450	182737,0	2512	1361	1111	5,350	266449	3662	2345	1594	2308,000
1360	780	600	2,625	174800,0	1990	1220	870	4,400	280300	3150	2240	1360	2480,000
1873	665	943	4,200	137688,0	2677	1130	1336	6,200	183777	3673	1946	1806	1828,000
1794	836	890	3,600	199269,0	2591	1354	1276	5,550	287825	3747	2335	1819	2187,000
1706	931	837	3,075	267227,0	2485	1471	1211	5,050	418519	3846	2649	1850	2537,000
1599	131	910	5,250	36111,0	2216	381	1247	7,000	38423	2709	752	1507	1004,000
1655	54	946	5,250	36111,0	2289	274	1296	7,200	37138	2845	671	1590	967,970
1601	409	892	4,200	76378,0	2268	747	1254	6,100	96202	3031	1347	1654	1368,000
1790	440	1000	4,500	91800,0	2530	810	1400	6,500	114600	3370	1470	1840	1420,000
1700	570	940	4,200	107100,0	2420	980	1330	6,000	138600	3220	1640	1750	1570,000
1877	651	1036	4,200	145357,0	2682	1111	1468	6,200	194014	3676	1923	1987	1716,000
1350	660	730	3,000	134500,0	1950	1050	1050	4,700	198700	2870	1840	1530	1880,000
1532	766	831	3,150	183020,0	2221	1227	1196	4,950	272297	3282	2136	1747	2053,000
1755	935	948	3,150	289181,0	2554	1481	1371	5,150	450249	3931	2667	2085	2381,000
1430	200	880	4,500	39700,0	2000	450	1210	6,200	45100	2530	850	1520	980,000
1564	772	923	3,150	195830,0	2266	1238	1330	4,950	291355	3345	2160	1944	1904,000
1452	832	850	2,625	256758,0	2121	1306	1236	4,450	418407	3394	2414	1959	2209,000
1290	810	750	2,250	269700,0	1900	1260	1100	4,000	465200	3200	2400	1840	2370,000
1808	1032	1059	2,850	415725,0	2644	1616	1542	5,000	699348	4368	3106	2521	2505,000
1482	136	825	5,325	44580,0	2063	364	1137	7,400	48614	2608	764	1418	1455,000
1531	301	842	4,875	70749,0	2158	591	1176	7,000	85127	2836	1110	1524	1761,000
1660	410	910	4,875	98800,0	2350	760	1270	7,050	123300	3130	1370	1670	1980,000
1680	520	910	4,650	126700,0	2400	910	1290	6,800	164800	3240	1590	1720	2200,000
1630	560	880	4,275	144400,0	2340	960	1250	6,500	197000	3290	1720	1740	2350,000
1488	666	794	3,750	171016,0	2146	1084	1137	5,750	244783	3080	1872	1612	2641,000
1680	923	886	3,375	359590,0	2449	1456	1283	5,600	569897	3829	2651	1983	3498,000
1922	432	889	6,000	126387,0	2713	817	1241	8,600	152967	3574	1487	1605	3019,000

Tabelle III: Standard-Abmessungen nach DIN und Mubea-Werksnorm

**STANDARD-ABMESSUNGEN NACH DIN EN 16983 (ALT DIN 2093)
UND MUBEA WERKSNORM SOWIE SONDERABMESSUNGEN**

Bestell-Nr.	DIN Reihe	keine Lagerhaltung	Abmessung in mm							Federweg s in mm					Federkraft F in N	
			D _e	D _i	t	t'	l ₀	h ₀	h ₀ /t	s = 0,25 h ₀					s = 0,5 h ₀	
										s	F	σ _I	σ _{II}	σ _{III}	s	F
19 0034			250,0	102,00	12,00	11,25	19,00	7,00	0,583	1,750	75052,0	971	276	445	3,500	134524,0
19 0035	C		250,0	127,00	7,00	6,7	14,80	7,80	1,114	1,950	26895,0	767	10	438	3,900	42527,0
19 0050		*	250,0	127,00	7,50	7	16,50	9,00	1,200	2,250	41900,0	1000	53	580	4,500	64400,0
19 0036			250,0	127,00	8,00	7,5	16,00	8,00	1,000	2,000	38439,0	877	30	500	4,000	61836,0
19 0051		*	250,0	127,00	9,00	8,45	16,60	7,60	0,844	1,900	45900,0	880	98	500	3,800	76800,0
19 0052		*	250,0	127,00	9,20	8,6	17,40	8,20	0,891	2,050	55200,0	990	80	560	4,100	91000,0
19 0037	B		250,0	127,00	10,00	9,4	17,00	7,00	0,700	1,750	51871,0	842	163	471	3,500	90206,0
19 0053		*	250,0	127,00	10,50	9,9	18,00	7,50	0,714	1,875	64800,0	950	180	530	3,750	112500,0
19 0054		*	250,0	127,00	11,00	10,4	18,80	7,80	0,709	1,950	77000,0	1030	200	580	3,900	133900,0
19 0038			250,0	127,00	12,00	11,25	19,30	7,30	0,608	1,825	87633,0	1011	251	563	3,650	156021,0
19 0055		*	250,0	127,00	13,00	12,2	19,60	6,60	0,508	1,650	93900,0	940	300	520	3,300	171800,0
19 0056		*	250,0	127,00	13,50	12,6	19,60	6,10	0,452	1,525	94200,0	880	310	480	3,050	174400,0
19 0039	A		250,0	127,00	14,00	13,1	19,60	5,60	0,400	1,400	93239,0	813	328	444	2,800	175145,0
19 0057		*	250,0	127,00	14,50	13,6	20,00	5,50	0,379	1,375	100400,0	820	350	440	2,750	189700,0
19 0058		*	250,0	127,00	15,00	14,1	21,00	6,00	0,400	1,500	122500,0	930	380	510	3,000	230500,0
19 0040			250,0	127,00	16,00	14,9	21,80	5,80	0,362	1,450	141529,0	949	406	517	2,900	267853,0
19 0059		*	250,0	127,00	16,80	15,65	22,00	5,20	0,310	1,300	142800,0	870	410	470	2,600	273500,0
19 0060		*	250,0	127,00	17,50	16,35	22,00	4,50	0,257	1,125	136000,0	750	400	400	2,250	263600,0
19 0061		*	250,0	127,00	18,50	17,3	23,00	4,50	0,243	1,125	159700,0	790	440	420	2,250	310400,0
19 0062		*	270,0	127,00	10,65	10	18,00	7,35	0,690	1,838	53800,0	800	160	420	3,675	93700,0
19 0063		*	270,0	142,00	22,00		26,90	4,90	0,223	1,225	248700,0	780	550	430	2,450	490700,0
19 0064		*	280,0	127,00	12,00	11,4	21,40	9,40	0,783	2,350	95400,0	1110	190	560	4,700	163100,0
19 0065		*	280,0	127,00	19,00	18	25,00	6,00	0,316	1,500	178200,0	880	450	430	3,000	342600,0
19 0066		*	280,0	142,00	12,00	11,3	21,00	9,00	0,750	2,250	95100,0	1060	180	590	4,500	163400,0
19 0067		*	280,0	142,00	15,00	14,1	21,40	6,40	0,427	1,600	105700,0	800	310	440	3,200	197600,0
19 0068		*	280,0	142,00	16,60	15,6	23,25	6,65	0,401	1,663	146600,0	910	370	490	3,325	275800,0
19 0069		*	280,0	142,00	17,45	16,4	23,90	6,45	0,370	1,613	162300,0	910	400	490	3,225	307600,0
19 0070		*	280,0	142,00	18,00	16,9	24,00	6,00	0,333	1,500	162600,0	860	400	460	3,000	310600,0
19 0071		*	280,0	142,00	18,90	17,8	24,60	5,70	0,302	1,425	175800,0	830	420	450	2,850	338300,0
19 0072		*	280,0	142,00	20,30	19,1	25,40	5,10	0,251	1,275	190600,0	780	430	420	2,550	370300,0
19 0073		*	280,0	142,00	22,00	20,65	26,35	4,35	0,198	1,088	202800,0	700	430	370	2,175	397600,0
19 0074		*	280,0	152,00	12,80	11,9	19,80	7,00	0,547	1,750	82100,0	820	220	480	3,500	148000,0
19 0075		*	280,0	152,00	15,00	14	21,40	6,40	0,427	1,600	111300,0	820	300	480	3,200	207500,0
19 0076		*	280,0	152,00	18,50	17,4	23,60	5,10	0,276	1,275	152700,0	730	380	420	2,550	295400,0
19 0077		*	300,0	127,00	12,00	11,3	21,00	9,00	0,750	2,250	76300,0	930	170	440	4,500	131000,0
19 0078		*	300,0	127,00	13,00	12,3	20,50	7,50	0,577	1,875	70900,0	770	230	360	3,750	127800,0
19 0079		*	300,0	127,00	14,00	13,3	21,00	7,00	0,500	1,750	78300,0	740	270	340	3,500	144200,0
19 0080		*	300,0	127,00	15,30		22,80	7,50	0,490	1,875	104600,0	800	370	370	3,750	197000,0
19 0081		*	300,0	127,00	16,00	15,2	24,30	8,30	0,519	2,075	140200,0	1010	350	470	4,150	257000,0
19 0082		*	300,0	127,00	17,00	16,1	23,80	6,80	0,400	1,700	128400,0	830	360	380	3,400	242200,0
19 0083		*	300,0	127,00	17,40	16,45	22,65	5,25	0,302	1,313	101100,0	620	320	280	2,625	194800,0
19 0084		*	300,0	152,00	8,50	8,25	16,80	8,30	0,976	2,075	31300,0	640	60	360	4,150	51500,0

**) $sc = h_0 = l_0 - t$ bei Tellerfedern ohne Auflageflächen
 $sc = h_0 = l_0 - t'$ bei Tellerfedern mit Auflageflächen

Federkraft F in N			Spannung σ in N/mm ²					s_c^{**}					Masse
$s = 0,5 h_0$			$s = 0,75 h_0$										1.000 Stck.
σ_I	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	in kg
1854	640	842	5,250	182962,0	2648	1093	1190	7,750	242024	3630	1894	1603	3613,000
1430	123	810	5,850	50466,0	1989	340	1116	8,100	54733	2506	718	1388	1915,000
1860	40	1060	6,750	73500,0	2580	270	1460	9,500	75100	3260	740	1820	2000,000
1641	173	928	6,000	74819,0	2292	429	1284	8,500	83455	2947	908	1628	2144,000
1650	300	930	5,700	97300,0	2330	600	1290	8,150	115600	3040	1150	1670	2420,000
1860	280	1050	6,150	113400,0	2620	600	1460	8,800	132000	3410	1200	1870	2460,000
1595	415	886	5,250	119053,0	2260	755	1244	7,600	149964	3014	1350	1638	2687,000
1800	460	1000	5,625	148100,0	2550	840	1400	8,100	185500	3380	1500	1840	2830,000
1950	520	1080	5,850	176900,0	2760	940	1520	8,400	222000	3660	1650	1990	2970,000
1926	599	1063	5,475	210806,0	2743	1045	1502	8,050	275879	3730	1839	2016	3216,000
1800	680	990	4,950	238300,0	2580	1150	1400	7,400	325800	3590	1980	1930	3490,000
1700	700	930	4,575	244700,0	2440	1150	1320	7,000	345300	3480	2010	1860	3600,000
1568	715	851	4,200	248828,0	2264	1160	1221	6,500	360229	3281	2018	1748	3745,000
1570	750	850	4,125	270800,0	2280	1210	1220	6,400	395600	3310	2090	1760	3890,000
1790	830	970	4,500	327900,0	2580	1350	1390	6,900	472100	3720	2310	1980	4030,000
1833	875	993	4,350	383017,0	2655	1408	1428	6,900	570770	3944	2500	2096	4260,000
1680	880	900	3,900	395400,0	2440	1390	1310	6,350	611600	3740	2510	1980	4470,000
1460	850	780	3,375	384900,0	2140	1330	1140	5,650	619500	3390	2410	1780	4670,000
1530	910	820	3,375	454300,0	2240	1420	1190	5,700	739800	3590	2600	1890	4950,000
1520	410	790	5,513	123900,0	2150	740	1110	8,000	156700	2880	1320	1460	3500,000
1530	1130	830	3,675	728300,0	2250	1750	1210	4,900	963500	2930	2400	1580	7150,000
2090	500	1060	7,050	211600,0	2950	940	1480	10,000	258300	3860	1650	1900	4380,000
1710	950	830	4,500	496800,0	2490	1510	1200	7,000	741600	3670	2550	1740	6910,000
2000	470	1110	6,750	212900,0	2820	880	1560	9,700	262900	3730	1590	2030	4060,000
1540	680	840	4,800	279500,0	2220	1120	1200	7,300	396800	3160	1910	1690	5060,000
1750	810	950	4,988	392300,0	2530	1310	1360	7,650	564800	3640	2260	1930	5600,000
1760	860	950	4,838	440400,0	2540	1380	1360	7,500	645100	3700	2380	1960	5890,000
1660	860	890	4,500	447900,0	2400	1370	1290	7,100	672000	3570	2370	1890	6070,000
1620	890	870	4,275	491000,0	2350	1410	1250	6,800	748700	3540	2450	1870	6390,000
1510	903	810	3,825	542100,0	2210	1410	1170	6,300	862700	3460	2510	1820	6860,000
1360	880	720	3,263	586300,0	2000	1360	1060	5,700	996900	3330	2550	1740	7410,000
1560	520	910	5,250	202500,0	2230	890	1290	7,900	273200	3110	1590	1780	4060,000
1580	670	910	4,800	292700,0	2270	1100	1300	7,400	418700	3260	1930	1850	4770,000
1420	800	810	3,825	430600,0	2060	1270	1170	6,200	671500	3170	2230	1780	5930,000
1750	440	830	6,750	170700,0	2480	810	1170	9,700	210800	3280	1440	1520	5150,000
1460	530	680	5,625	174900,0	2090	900	970	8,200	231100	2840	1520	1290	5600,000
1410	600	660	5,250	201400,0	2030	980	930	7,700	273700	2790	1630	1260	6060,000
1540	800	700	5,625	281200,0	2210	1290	1000	7,500	361400	2830	1840	1270	6970,000
1930	790	900	6,225	357400,0	2770	1310	1270	9,100	482200	3790	2170	1720	6920,000
1600	780	730	5,100	345500,0	2310	1260	1050	7,700	492600	3280	2100	1470	7330,000
1200	690	550	3,938	283000,0	1750	1080	790	6,200	428200	2620	1840	1160	7490,000
1200	200	670	6,225	64100,0	1680	420	930	8,550	73700	2130	760	1160	3400,000

Tabelle III: Standard-Abmessungen nach DIN und Mubea-Werksnorm

**STANDARD-ABMESSUNGEN NACH DIN EN 16983 (ALT DIN 2093)
UND MUBEA WERKSNORM SOWIE SONDERABMESSUNGEN**

Bestell-Nr.	DIN Reihe	keine Lagerhaltung	Abmessung in mm							Federweg s in mm					Federkraft F in N	
			D _e	D _i	t	t'	l ₀	h ₀	h ₀ /t	s = 0,25 h ₀				s = 0,5 h ₀		
										s	F	σ _I	σ _{II}	σ _{III}	s	F
19 0085		*	300,0	152,00	10,00	9,4	20,00	10,00	1,000	2,500	64900,0	950	40	540	5,000	104500,0
19 0086		*	300,0	152,00	12,00	11,3	21,00	9,00	0,750	2,250	82800,0	920	150	520	4,500	142200,0
19 0087		*	300,0	152,00	13,00	12,2	22,00	9,00	0,692	2,250	101200,0	970	190	540	4,500	176200,0
19 0088		*	300,0	152,00	14,00	13,2	22,00	8,00	0,571	2,000	102500,0	880	250	480	4,000	184700,0
19 0089		*	300,0	152,00	14,50	13,6	22,00	7,50	0,517	1,875	103400,0	830	260	460	3,750	188600,0
19 0090		*	300,0	152,00	15,00	14,1	23,00	8,00	0,533	2,000	123100,0	920	280	510	4,000	223900,0
19 0091		*	300,0	152,00	15,50	14,6	23,50	8,00	0,516	2,000	134100,0	940	300	520	4,000	245200,0
19 0092		*	300,0	152,00	16,10	15,1	23,70	7,60	0,472	1,900	139200,0	910	320	500	3,800	257000,0
19 0093		*	300,0	152,00	16,50		23,00	6,50	0,394	1,625	117500,0	700	370	380	3,250	225600,0
19 0094		*	300,0	152,00	17,00	16	24,40	7,40	0,435	1,850	155600,0	920	350	500	3,700	290300,0
19 0095		*	300,0	152,00	18,00	16,8	25,00	7,00	0,389	1,750	170900,0	910	370	490	3,500	321700,0
19 0096		*	300,0	152,00	18,50	17,4	25,00	6,50	0,351	1,625	167900,0	840	380	450	3,250	319600,0
19 0097		*	300,0	152,00	19,50	18,3	26,20	6,70	0,344	1,675	202200,0	910	420	490	3,350	385200,0
19 0098		*	300,0	152,00	20,00	18,8	25,50	5,50	0,275	1,375	173000,0	730	390	390	2,750	334500,0
19 0099		*	300,0	152,00	20,50	19,3	26,50	6,00	0,293	1,500	204700,0	820	420	440	3,000	394700,0
19 0100		*	300,0	182,00	12,00	11,1	18,00	6,00	0,500	1,500	54400,0	590	170	380	3,000	99100,0
19 0101		*	320,0	172,00	8,10	7,6	16,30	8,20	1,012	2,050	26200,0	560	10	340	4,100	42000,0
19 0102		*	320,0	172,00	9,00	8,5	19,00	10,00	1,111	2,500	47000,0	790	10	470	5,000	73900,0
19 0103		*	320,0	172,00	13,00	12,2	20,00	7,00	0,538	1,750	64400,0	620	180	360	3,500	117000,0
19 0104		*	320,0	172,00	15,00	14,1	21,00	6,00	0,400	1,500	77600,0	570	230	330	3,000	146100,0
19 0105		*	340,0	172,00	9,20	8,65	19,40	10,20	1,109	2,550	43700,0	720	10	410	5,100	68600,0
19 0106		*	340,0	172,00	9,50	8,9	20,80	11,30	1,189	2,825	57000,0	850	40	490	5,650	87900,0
19 0107		*	340,0	172,00	10,50	9,9	22,50	12,00	1,143	3,000	78300,0	980	20	560	6,000	122200,0
19 0108		*	340,0	172,00	11,00	10,4	22,40	11,40	1,036	2,850	78300,0	930	30	530	5,700	125400,0
19 0109		*	340,0	172,00	11,50	10,8	22,90	11,40	0,991	2,850	87000,0	970	40	550	5,700	140300,0
19 0110		*	340,0	172,00	12,50	11,8	23,00	10,50	0,840	2,625	90800,0	900	110	510	5,250	152500,0
19 0111		*	340,0	172,00	13,50	12,7	23,50	10,00	0,741	2,500	101300,0	890	150	500	5,000	174300,0
19 0112		*	340,0	172,00	13,70	12,9	24,30	10,60	0,774	2,650	115000,0	970	150	550	5,300	196200,0
19 0113		*	340,0	172,00	14,20	13,3	24,40	10,20	0,718	2,550	118800,0	950	170	530	5,100	205200,0
19 0114		*	340,0	172,00	14,60	13,7	25,10	10,50	0,719	2,625	132700,0	1010	180	560	5,250	229400,0
19 0115		*	340,0	172,00	15,30	14,4	24,70	9,40	0,614	2,350	126200,0	900	220	500	4,700	224700,0
19 0116		*	340,0	172,00	15,80	14,8	25,50	9,70	0,614	2,425	144000,0	960	230	530	4,850	255900,0
19 0117		*	340,0	172,00	16,20	15,2	25,60	9,40	0,580	2,350	146700,0	940	250	520	4,700	263200,0
19 0118		*	340,0	172,00	17,00	16	25,30	8,30	0,488	2,075	140300,0	820	280	450	4,150	258300,0
19 0119		*	340,0	172,00	17,30	16,3	26,10	8,80	0,509	2,200	158700,0	900	290	490	4,400	290800,0
19 0120		*	340,0	172,00	18,00	16,9	26,00	8,00	0,444	2,000	156400,0	820	310	450	4,000	291000,0
19 0121		*	340,0	172,00	20,00	18,7	28,00	8,00	0,400	2,000	209500,0	900	360	490	4,000	393500,0
19 0122		*	340,0	172,00	22,00	20,6	28,00	6,00	0,273	1,500	195500,0	690	360	370	3,000	377900,0
19 0123		*	360,0	182,00	15,50	14,6	23,50	8,00	0,516	2,000	93000,0	650	210	360	4,000	170000,0
19 0124		*	360,0	182,00	20,00	18,8	28,30	8,30	0,415	2,075	194800,0	830	330	450	4,150	365200,0
19 0125		*	360,0	182,00	21,00	19,7	28,00	7,00	0,333	1,750	182000,0	700	330	380	3,500	347500,0
19 0126		*	360,0	182,00	21,50	20,2	29,50	8,00	0,372	2,000	227700,0	840	370	460	4,000	431200,0

**) $sc = h_0 = l_0 - t$ bei Tellerfedern ohne Auflageflächen
 $sc = h_0 = l_0 - t'$ bei Tellerfedern mit Auflageflächen

Federkraft F in N			Spannung σ in N/mm ²					s_c^{**}					Masse
$s = 0,5 h_0$			$s = 0,75 h_0$										1.000 Stck.
σ_I	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	in kg
1780	190	1000	7,500	126600,0	2480	470	1390	10,600	141500	3180	990	1750	3880,000
1740	410	970	6,750	185300,0	2460	760	1350	9,700	228900	3250	1380	1770	4660,000
1850	480	1020	6,750	232800,0	2620	880	1440	9,800	294200	3500	1580	1900	5030,000
1670	580	920	6,000	252700,0	2380	980	1300	8,800	335200	3250	1690	1750	5440,000
1590	590	870	5,625	260900,0	2280	1000	1240	8,400	355300	3170	1730	1700	5610,000
1770	650	970	6,000	308900,0	2530	1090	1370	8,900	417100	3490	1880	1870	5820,000
1800	690	990	6,000	339900,0	2590	1150	1400	8,900	461800	3570	1970	1910	6020,000
1750	710	960	5,700	359500,0	2520	1180	1360	8,600	500100	3550	2030	1890	6230,000
1350	790	720	4,875	327600,0	1960	1260	1040	6,500	426400	2520	1770	1320	6810,000
1760	770	960	5,550	410000,0	2540	1270	1370	8,400	578800	3600	2160	1920	6600,000
1750	800	950	5,250	457700,0	2520	1300	1360	8,200	669000	3690	2280	1960	6930,000
1620	820	870	4,875	459500,0	2350	1300	1250	7,600	679600	3440	2250	1820	7180,000
1760	890	950	5,025	554200,0	2550	1420	1360	7,900	826600	3770	2480	1990	7550,000
1420	810	760	4,125	487600,0	2070	1280	1100	6,700	761900	3190	2260	1680	7750,000
1600	900	860	4,500	573800,0	2330	1410	1240	7,200	881200	3530	2460	1860	7960,000
1130	390	730	4,500	136900,0	1620	660	1030	6,900	189600	2290	1210	1450	3890,000
1050	100	630	6,150	50600,0	1470	260	870	8,700	56200	1890	570	1100	3410,000
1470	90	880	7,500	87100,0	2050	302	1210	10,500	93500	2590	690	1510	3820,000
1190	420	690	5,250	161000,0	1710	720	980	7,800	217100	2360	1250	1330	5480,000
1100	510	630	4,500	207900,0	1590	820	900	6,900	299300	2290	1410	1280	6330,000
1350	90	760	7,650	80700,0	1870	280	1050	10,750	86300	2380	640	1320	4590,000
1590	50	900	8,475	100800,0	2200	250	1240	11,900	104000	2790	650	1550	4720,000
1830	100	1030	9,000	142500,0	2540	350	1420	12,600	150800	3210	830	1780	5250,000
1750	180	980	8,550	151000,0	2440	450	1360	12,000	167000	3110	940	1710	5520,000
1810	200	1020	8,550	170400,0	2530	490	1410	12,100	191000	3250	1020	1790	5730,000
1700	330	950	7,875	194000,0	2390	650	1320	11,200	231400	3120	1200	1700	6260,000
1690	400	940	7,500	227600,0	2390	750	1310	10,800	282100	3160	1360	1720	6740,000
1840	410	1020	7,950	253900,0	2600	780	1430	11,400	310700	3420	1420	1860	6840,000
1800	440	1000	7,650	268900,0	2550	810	1400	11,100	336100	3410	1480	1850	7050,000
1910	470	1060	7,875	300900,0	2700	870	1480	11,400	376100	3590	1570	1950	7270,000
1700	540	940	7,050	303700,0	2430	930	1320	10,300	396100	3290	1630	1770	7640,000
1830	560	1010	7,275	345200,0	2600	980	1420	10,700	450700	3540	1730	1910	7850,000
1790	590	980	7,050	358400,0	2550	1020	1390	10,400	474600	3480	1780	1870	8060,000
1580	630	860	6,225	360400,0	2270	1050	1230	9,300	496100	3160	1790	1690	8490,000
1720	660	940	6,600	403900,0	2460	1110	1330	9,800	550500	3410	1900	1820	8640,000
1580	680	860	6,000	409800,0	2280	1110	1230	9,100	577300	3230	1910	1720	8960,000
1730	790	940	6,000	558900,0	2500	1280	1340	9,300	809800	3630	2230	1920	9920,000
1330	760	710	4,500	550600,0	1950	1190	1030	7,400	869300	3020	2130	1590	10900,000
1250	480	680	6,000	235700,0	1800	800	970	8,900	320300	2480	1370	1330	8680,000
1600	730	870	6,225	518000,0	2310	1180	1240	9,400	739800	3310	2020	1750	11200,000
1370	700	730	5,250	501000,0	1980	1120	1060	8,300	752700	2950	1960	1560	11700,000
1630	790	880	6,000	617000,0	2350	1270	1260	9,300	902900	3430	2190	1810	12000,000

Tabelle III: Standard-Abmessungen nach DIN und Mubea-Werksnorm

**STANDARD-ABMESSUNGEN NACH DIN EN 16983 (ALT DIN 2093)
UND MUBEA WERKSNORM SOWIE SONDERABMESSUNGEN**

Bestell-Nr.	DIN Reihe	keine Lagerhaltung	Abmessung in mm							Federweg s in mm					Federkraft F in N	
			D _e	D _i	t	t'	l ₀	h ₀	h ₀ /t	s = 0,25 h ₀					s = 0,5 h ₀	
										s	F	σ _I	σ _{II}	σ _{III}	s	F
19 0127		*	360,0	182,00	23,00	21,6	30,20	7,20	0,313	1,800	243300,0	780	380	420	3,600	466700,0
19 0128		*	370,0	202,00	25,00	23,2	31,40	6,40	0,256	1,600	271200,0	710	370	410	3,200	525000,0
19 0129		*	370,0	202,00	26,00	24,2	32,80	6,80	0,262	1,700	324500,0	790	410	450	3,400	628000,0
19 0130		*	380,0	152,00	19,00	18	29,00	10,00	0,526	2,500	174600,0	920	310	410	5,000	319100,0
19 0131		*	380,0	192,00	13,50	12,7	26,20	12,70	0,941	3,175	120300,0	990	70	560	6,350	196600,0
19 0132		*	380,0	192,00	25,00	23,4	33,00	8,00	0,320	2,000	313100,0	860	410	460	4,000	599300,0
19 0133		*	380,0	202,00	12,00	11,5	25,00	13,00	1,083	3,250	98100,0	940	20	560	6,500	156300,0
19 0134		*	380,0	202,00	15,00	14,1	27,00	12,00	0,800	3,000	144400,0	990	130	580	6,000	244600,0
19 0135		*	380,0	212,00	18,00	16,7	27,00	9,00	0,500	2,250	158000,0	790	240	480	4,500	288300,0
19 0136		*	400,0	202,00	10,00	9,6	22,00	12,00	1,200	3,000	50100,0	680	10	390	6,000	77900,0
19 0137		*	400,0	202,00	12,00	11,3	26,50	14,50	1,208	3,625	107500,0	1000	40	570	7,250	165400,0
19 0138		*	400,0	202,00	14,00	13,2	27,00	13,00	0,929	3,250	122400,0	940	70	530	6,500	200800,0
19 0139		*	400,0	202,00	16,00	15,1	28,00	12,00	0,750	3,000	146600,0	920	160	510	6,000	252100,0
19 0140		*	400,0	202,00	19,00	17,9	30,00	11,00	0,579	2,750	198900,0	920	260	510	5,500	357700,0
19 0141		*	400,0	202,00	20,30	19,1	31,10	10,80	0,532	2,700	230900,0	950	290	520	5,400	420300,0
19 0142		*	400,0	202,00	21,20	19,9	31,40	10,20	0,481	2,550	240700,0	910	310	500	5,100	443500,0
19 0143		*	400,0	202,00	22,50	21,2	32,50	10,00	0,444	2,500	274900,0	930	350	500	5,000	512000,0
19 0144		*	400,0	202,00	30,00	28,2	37,20	7,20	0,240	1,800	422500,0	790	450	420	3,600	822700,0
19 0145		*	440,0	212,00	18,50		32,00	13,50	0,730	3,375	190400,0	910	250	480	6,750	338500,0
19 0146		*	440,0	252,00	25,00	23,2	33,00	8,00	0,320	2,000	257500,0	670	300	400	4,000	491700,0
19 0147		*	450,0	202,00	25,50	24	34,10	8,60	0,337	2,150	241500,0	670	320	330	4,300	461200,0
19 0148		*	450,0	252,00	21,00	19,5	33,00	12,00	0,571	3,000	251200,0	910	230	550	6,000	449800,0
19 0149		*	450,0	252,00	25,00	23,3	33,80	8,80	0,352	2,200	269500,0	700	300	420	4,400	511400,0
19 0150		*	470,0	237,00	33,00	31	42,00	9,00	0,273	2,250	516100,0	800	430	430	4,500	999000,0
19 0151		*	480,0	252,00	20,30	19	33,00	12,70	0,626	3,175	207400,0	820	190	470	6,350	367200,0
19 0152		*	480,0	252,00	20,70		36,60	15,90	0,768	3,975	285500,0	1030	260	590	7,950	502600,0
19 0153		*	500,0	202,00	37,00	35	44,40	7,40	0,200	1,850	466200,0	630	400	270	3,700	914900,0
19 0154		*	500,0	242,00	32,00	30	41,00	9,00	0,281	2,250	408400,0	690	360	360	4,500	788400,0
19 0155		*	500,0	252,00	19,00		34,50	15,50	0,816	3,875	200100,0	860	190	480	7,750	348100,0
19 0156		*	600,0	282,00	22,00		44,00	22,00	1,000	5,500	340100,0	1070	140	560	11,000	564800,0
19 0157		*	600,0	282,00	24,00		46,00	22,00	0,917	5,500	413600,0	1120	200	590	11,000	701300,0

**₁) $s_c = h_0 = l_0 - t$ bei Tellerfedern ohne Auflageflächen
₂) $s_c = h_0 = l_0 - t'$ bei Tellerfedern mit Auflageflächen

Abweichende Abmessungen können nach Kundenwunsch ausgelegt und gefertigt werden.

Federkraft F in N			Spannung σ in N/mm ²					s_c^{**}					Masse
$s = 0,5 h_0$			$s = 0,75 h_0$										1.000 Stck.
σ_I	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	in kg
1520	810	810	5,400	675700,0	2210	1290	1180	8,600	1027000	3320	2250	1750	12800,000
1390	780	790	4,800	765700,0	2030	1220	1160	8,200	1252000	3260	2290	1840	13700,000
1530	860	880	5,100	915500,0	2240	1350	1270	8,600	1480000	3550	2490	2010	14300,000
1760	710	780	7,500	442400,0	2520	1180	1100	11,000	596100	3460	1960	1490	13500,000
1850	260	1040	9,525	242400,0	2600	570	1440	13,500	277600	3350	1130	1840	8420,000
1660	870	890	6,000	865600,0	2410	1380	1290	9,600	1318000	3640	2440	1910	15500,000
1760	170	1040	9,750	187300,0	2450	440	1430	13,500	205700	3100	920	1780	7350,000
1860	380	1080	9,000	313900,0	2630	730	1510	12,900	379900	3450	1360	1960	9000,000
1520	540	910	6,750	398700,0	2180	920	1290	10,300	551200	3070	1650	1800	10200,000
1260	70	710	9,000	90400,0	1750	250	980	12,400	95200	2190	560	1210	7050,000
1860	50	1060	10,875	189200,0	2580	290	1450	15,200	194700	3250	760	1800	8300,000
1760	260	990	9,750	248900,0	2470	560	1370	13,800	286700	3190	1100	1750	9700,000
1735	410	960	9,000	328800,0	2450	770	1350	12,900	406200	3240	1390	1750	11100,000
1760	600	960	8,250	488200,0	2510	1020	1360	12,100	645800	3420	1760	1830	13200,000
1810	670	990	8,100	580100,0	2590	1120	1400	12,000	783300	3570	1930	1910	14000,000
1750	700	950	7,650	619200,0	2510	1160	1360	11,500	857100	3520	2000	1880	14600,000
1780	770	960	7,500	722000,0	2560	1270	1380	11,300	1014000	3610	2150	1920	15600,000
1540	930	820	5,400	1206000,0	2250	1460	1190	9,000	1945000	3570	2620	1860	20700,000
1720	600	900	10,125	458400,0	2440	1040	1270	13,500	564300	3060	1570	1570	17000,000
1290	640	780	6,000	708500,0	1870	1030	1120	9,800	1094000	2870	1870	1700	18600,000
1300	690	630	6,450	665000,0	1890	1090	900	10,100	991000	2800	1880	1320	23900,000
1740	540	1050	9,000	610900,0	2480	940	1480	13,500	814900	3430	1700	2030	16700,000
1360	650	800	6,600	733000,0	1970	1050	1160	10,500	1099000	2940	1870	1710	20000,000
1560	900	830	6,750	1456000,0	2280	1410	1210	11,000	2282000	3520	2490	1840	31500,000
1560	460	890	9,525	493500,0	2220	810	1250	14,000	641300	3010	1440	1680	19600,000
1950	630	1110	11,925	674300,0	2760	1100	1550	15,900	823100	3460	1690	1930	21300,000
1240	830	530	5,550	1350000,0	1820	1280	770	9,400	2233000	2950	2310	1240	45100,000
1350	760	690	6,750	1147000,0	1960	1200	1000	11,000	1794000	3030	2120	1520	35400,000
1630	480	900	11,625	461300,0	2310	870	1250	15,500	557200	2880	1350	1550	21900,000
2000	420	1050	16,500	712400,0	2810	8201	1450	22,000	821500	3480	1360	1780	38000,000
2110	530	1100	16,500	905000,0	2970	990	1530	22,000	1066000	3700	1580	1880	41500,000

Tabelle III: Standard-Abmessungen nach DIN und Mubea-Werksnorm

III.I MUBEA TELLERFEDERN AUS KORROSIONSBESTÄNDIGEN WERKSTOFFEN

Werkstoff X 12 CrNi 17 7, Werkstoff-Nr. 1.4310, E-Modul=190.000 N/mm² bei +20 °C

Bestell-Nr.	Abmessung in mm							Federweg s in mm						Federkraft F in N				
								s = 0,25 h ₀						s = 0,5 h ₀				
	D _e	D _i	t	t'	l ₀	h ₀	h ₀ /t	s	F	σ _I	σ _{II}	σ _{III}	s	F	σ _I	σ _{II}	σ _{III}	
17 1005	8,0	4,20	0,30		0,50	0,20	0,666	0,050	33,8	593	187	337	0,100	61,0	1128	431	636	
17 1006	8,0	4,20	0,40		0,60	0,20	0,500	0,050	72,2	723	317	405	0,100	136,0	1388	691	722	
17 1014	10,0	5,20	0,40		0,65	0,25	0,625	0,063	61,9	618	213	347	0,125	113,0	1178	483	656	
17 1015	10,0	5,20	0,50		0,70	0,20	0,400	0,050	85,1	545	286	300	0,100	163,3	1053	608	576	
17 1016	12,0	4,20	0,40		0,80	0,40	1,000	0,100	78,6	864	138	355	0,200	130,4	1624	379	659	
17 1017	12,0	4,20	0,50		0,80	0,30	0,600	0,075	85,9	674	265	265	0,150	157,7	1289	589	502	
17 1024	12,5	6,20	0,50		0,85	0,35	0,700	0,088	110,8	715	213	387	0,175	198,4	1359	497	730	
17 1025	12,5	6,20	0,70		0,95	0,25	0,357	0,063	178,0	592	336	310	0,125	344,3	1148	708	598	
17 1027	14,0	7,20	0,50		0,90	0,40	0,800	0,100	110,8	687	160	387	0,200	193,5	1299	395	725	
17 1028	14,0	7,20	0,80		1,10	0,30	0,375	0,075	261,8	656	360	356	0,150	504,7	1270	762	686	
17 1037	15,0	8,20	0,80		1,20	0,40	0,500	0,100	338,3	830	361	482	0,200	635,8	1593	789	920	
17 1039	16,0	8,20	0,60		1,05	0,45	0,750	0,113	158,7	693	182	388	0,225	280,7	1313	437	729	
17 1220	16,0	8,20	0,80		1,20	0,40	0,500	0,100	284,2	720	317	395	0,200	534,1	1383	691	753	
17 1040	16,0	8,20	0,90		1,25	0,35	0,388	0,088	334,4	665	356	360	0,175	642,9	1286	756	693	
17 1050	18,0	9,20	0,70		1,20	0,50	0,714	0,125	215,3	697	199	388	0,250	384,3	1323	469	731	
17 1051	18,0	9,20	1,00		1,40	0,40	0,400	0,100	415,7	671	353	363	0,200	797,5	1297	751	698	
17 1052	20,0	8,20	0,50		1,15	0,65	1,300	0,163	118,4	682	10,2	327	0,325	183,4	1268	116	601	
17 1056	20,0	8,20	0,90		1,50	0,60	0,667	0,150	390,4	861	289	394	0,300	705,2	1641	659	742	
17 0159	20,0	10,20	0,60		1,20	0,60	1,000	0,150	163,3	663	83	375	0,300	271,1	1244	249	698	
17 1060	20,0	10,20	0,80		1,35	0,55	0,687	0,138	280,7	700	212	388	0,275	504,4	1330	494	732	
17 0158	20,0	10,20	0,90		1,40	0,50	0,555	0,125	333,5	668	265	366	0,250	618,8	1278	588	696	
17 1062	20,0	10,20	1,00		1,55	0,55	0,550	0,138	501,5	814	326	446	0,275	931,7	1558	722	848	
17 1063	20,0	10,20	1,10		1,55	0,45	0,409	0,113	506,0	676	350	366	0,225	969,0	1306	746	702	
17 1065	22,5	11,20	0,80		1,45	0,65	0,812	0,163	282,6	693	158	380	0,325	492,0	1310	392	712	
18 1001	22,5	11,20	1,25		1,75	0,50	0,400	0,125	639,3	670	353	354	0,250	1227,0	1294	751	680	
17 1072	25,0	12,20	0,70		1,60	0,90	1,285	0,225	305,5	832	3,5	460	0,450	474,7	1545	125	847	
17 1073	25,0	12,20	0,90		1,60	0,70	0,777	0,175	338,4	668	167	359	0,350	594,3	1265	406	674	
18 1004	25,0	12,20	1,50		2,00	0,50	0,333	0,125	859,4	625	369	322	0,250	1669,0	1213	775	621	
17 1074	28,0	10,20	0,80		1,75	0,95	1,187	0,238	320,9	802	57	346	0,475	509,6	1498	221	638	
18 1005	28,0	10,20	1,25		2,05	0,80	0,640	0,200	679,3	830	301	340	0,400	1235,0	1584	678	642	
17 1078	28,0	14,20	1,00		1,80	0,80	0,800	0,200	439,4	685	160	382	0,400	767,4	1296	395	715	
18 1010	28,0	14,20	1,50		2,15	0,65	0,433	0,163	953,1	689	342	372	0,325	1817,0	1328	734	712	
18 1011	31,5	16,30	1,25		2,15	0,90	0,720	0,225	729,1	735	207	414	0,450	1300,0	1394	488	779	
18 1013	31,5	16,30	1,75		2,45	0,70	0,400	0,175	1283,0	672	353	368	0,350	2462,0	1299	751	707	
18 1021	35,5	18,30	1,25		2,25	1,00	0,800	0,250	674,2	668	155	377	0,500	1178,0	1263	383	707	
18 1031	40,0	20,40	1,50		2,65	1,15	0,768	0,288	1023,0	714	181	398	0,575	1802,0	1351	437	747	
18 1036	45,0	22,40	1,75		3,05	1,30	0,742	0,325	1406,0	733	198	400	0,650	2491,0	1390	472	751	

*) $s_c = h_0 = l_0 - t$ bei Tellerfedern ohne Auflageflächen
 $s_c = h_0 = l_0 - t'$ bei Tellerfedern mit Auflageflächen

Abweichende Abmessungen können nach Kundenwunsch ausgelegt und gefertigt werden.

Spannung σ in N/mm ²					s_c^*					Masse
$s = 0,75 h_0$										1.000 Stck.
s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	in kg
0,150	83,9	1605	734	897	0,200	105,0	2023	1095	1121	0,087
0,150	193,0	1994	1124	1102	0,200	248,0	2543	1615	1393	0,115
0,188	156,9	1680	812	928	0,250	197,2	2124	1198	1163	0,181
0,150	237,0	1524	968	827	0,200	308,1	1957	1365	1055	0,226
0,300	164,5	2280	725	911	0,400	189,7	2832	1174	1112	0,313
0,225	220,1	1846	971	710	0,300	277,9	2344	1411	888	0,390
0,263	270,7	1930	854	1027	0,350	335,2	2430	1282	1280	0,365
0,188	502,6	1667	1117	862	0,250	657,1	2149	1563	1104	0,511
0,300	257,5	1835	705	1016	0,400	312,1	2296	1091	1258	0,445
0,225	735,0	1842	1206	988	0,300	958,9	2371	1693	1263	0,715
0,300	906,0	2289	1284	1312	0,400	1162,6	2918	1846	1660	0,783
0,338	378,2	1859	765	1023	0,450	463,6	2333	1166	1270	0,702
0,300	761,2	1988	1123	1074	0,400	976,7	2535	1613	1358	0,940
0,263	934,2	1862	1200	997	0,350	1217,0	2395	1688	1272	1,060
0,375	522,4	1877	811	1028	0,500	645,2	2361	1223	1279	1,040
0,300	1157,0	1877	1195	1003	0,400	1505,0	2412	1684	1279	1,485
0,488	212,9	1758	318	822	0,650	224,6	2152	617	991	1,030
0,450	969,6	2339	1112	1045	0,600	1209,0	2954	1646	1304	1,858
0,450	342,0	1741	498	968	0,600	394,4	2156	830	1184	1,101
0,413	690,1	1891	846	1031	0,550	856,9	2382	1267	1286	1,470
0,375	872,0	1831	968	989	0,500	1109,0	2326	1405	1245	1,650
0,413	1315,0	2233	1188	1206	0,550	1674,0	2838	1723	1519	1,840
0,338	1403,0	1889	1190	1008	0,450	1823,0	2426	1679	1285	2,020
0,488	653,0	1850	703	995	0,650	789,0	2314	1090	1231	1,890
0,375	1779,0	1874	1195	977	0,500	2314,0	2408	1684	1245	2,950
0,675	553,1	2140	365	1161	0,900	586,1	2617	724	1401	2,070
0,525	795,3	1790	716	944	0,700	968,9	2243	1098	1170	2,660
0,375	2445,0	1765	1218	897	0,500	3204,0	2281	1696	1151	4,430
0,713	610,2	2088	491	876	0,950	666,7	2571	867	1060	3,480
0,600	1709,0	2263	1130	906	0,800	2142,0	2866	1658	1131	5,270
0,600	1021,0	1832	706	1001	0,800	1238,0	2293	1091	1240	3,610
0,488	2620,0	1918	1175	1021	0,650	3394,0	2459	1665	1298	5,420
0,675	1764,0	1978	846	1095	0,900	2176,0	2486	1279	1363	5,630
0,525	3571,0	1880	1195	1016	0,700	4645,0	2415	1685	1296	7,890
0,750	1567,0	1784	685	990	1,000	1899,0	2233	1060	1225	7,180
0,863	2418,0	1912	770	1048	1,150	2953,0	2397	1179	1300	11,020
0,975	3363,0	1970	823	1055	1,300	4128,0	2473	1250	1311	16,540

Tabelle III.I: Mubea Tellerfedern aus korrosionsbeständigen Werkstoffen

III.I MUBEA TELLERFEDERN AUS KORROSIONSBESTÄNDIGEN WERKSTOFFEN

Werkstoff-Nr. X 7 CrNiAl 17 7, Werkstoff-Nr. 1.4568 / PH 17-7, E-Modul=200.000 N/mm² bei +20 °C

Bestell-Nr.	Abmessung in mm							Federweg s in mm						Federkraft F in N				
								s = 0,25 h ₀						s = 0,5 h ₀				
	D _e	D _i	t	t'	l ₀	h ₀	h ₀ /t	s	F	σ _I	σ _{II}	σ _{III}	s	F	σ _I	σ _{II}	σ _{III}	
18 4626	31,5	16,30	1,25		2,00	0,75	0,600	0,188	590,0	606	220	338	0,375	1083,0	1157	495	641	
18 4627	31,5	16,30	1,75		2,30	0,55	0,314	0,138	1023,0	528	320	286	0,275	1992,0	1026	670	553	
18 4628	35,5	18,30	2,00		2,65	0,65	0,325	0,163	1423,0	565	337	306	0,325	2767,0	1097	706	590	
18 4629	40,0	20,40	1,50		2,45	0,95	0,633	0,238	810,8	580	197	320	0,475	1477,0	1106	449	606	
18 4630	40,0	20,40	2,00		2,80	0,80	0,400	0,200	1416,0	572	301	309	0,400	2716,0	1106	640	594	
18 4631	40,0	20,40	2,25		2,95	0,70	0,311	0,175	1698,0	534	326	285	0,350	3308,0	1037	681	552	
18 4632	45,0	22,40	1,75		2,80	1,05	0,600	0,263	1085,0	579	212	312	0,525	1992,0	1106	476	592	
18 4633	45,0	22,40	2,50		3,30	0,80	0,320	0,200	2080,0	537	324	281	0,400	4048,0	1044	678	544	
18 4634	50,0	25,40	1,50		3,10	1,60	1,066	0,400	1206,0	766	72	434	0,800	1969,0	1433	243	804	
18 4635	50,0	25,40	2,00		3,15	1,15	0,575	0,288	1431,0	581	222	318	0,575	2643,0	1110	495	604	
18 4636	50,0	25,40	2,50		3,50	1,00	0,400	0,250	2207,0	572	301	308	0,500	4234,0	1105	640	591	
18 4637	50,0	25,40	3,00		3,85	0,85	0,283	0,213	3088,0	543	347	288	0,425	6043,0	1058	722	559	
18 4638	56,0	28,50	2,00		3,40	1,40	0,700	0,350	1510,0	602	178	333	0,700	2705,0	1143	416	628	
18 4639	56,0	28,50	3,00		4,05	1,05	0,350	0,263	3124,0	558	319	299	0,525	6050,0	1081	672	576	
18 4640	63,0	31,00	2,50		3,95	1,45	0,580	0,363	2186,0	577	220	307	0,725	4033,0	1102	491	582	
18 4641	71,0	36,00	2,50		4,25	1,75	0,700	0,438	2288,0	585	173	323	0,875	4099,0	1110	404	608	
18 4642	80,0	41,00	3,00		4,90	1,90	0,633	0,475	3253,0	581	197	322	0,950	5925,0	1106	449	609	

*) $s_c = h_0 = l_0 - t$ bei Tellerfedern ohne Auflageflächen
 $s_c = h_0 = l_0 - t'$ bei Tellerfedern mit Auflageflächen

Abweichende Abmessungen können nach Kundenwunsch ausgelegt und gefertigt werden.

Spannung σ in N/mm ²					s_c^*					Masse
$s = 0,75 h_0$										1.000 Stck.
s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	in kg
0,563	1512,0	1652	825	907	0,75	1909,0	2093	1210	1139	5,630
0,413	2926,0	1494	1049	801	0,55	3841,0	1933	1458	1030	7,890
0,488	4058,0	1596	1107	854	0,65	5322,0	2063	1542	1097	11,480
0,713	2046,0	1576	756	856	0,95	2568,0	1992	1117	1072	11,020
0,600	3940,0	1600	1019	853	0,80	5125,0	2056	1436	1088	14,680
0,525	4861,0	1512	1066	799	0,70	6385,0	1956	1481	1028	16,530
0,788	2780,0	1581	793	838	1,05	3510,0	2003	1163	1051	16,540
0,600	5940,0	1521	1063	787	0,80	7796,0	1967	1479	1011	23,630
1,200	2439,0	2001	513	1112	1,60	2761,0	2469	882	1356	17,260
0,863	3710,0	1589	820	856	1,15	4704,0	2016	1196	1077	23,020
0,750	6141,0	1600	1018	850	1,00	7989,0	2055	1435	1084	28,770
0,638	8910,0	1545	1125	812	0,85	11734,0	2004	1556	1047	34,520
1,050	3690,0	1623	715	884	1,40	4570,0	2043	1074	1102	28,840
0,788	8842,0	1571	1060	832	1,05	11568,0	2026	1481	1066	43,250
1,088	5654,0	1577	812	826	1,45	7162,0	2001	1185	1038	46,660
1,313	5592,0	1577	695	856	1,75	6925,0	1985	1044	1067	58,090
1,425	8210,0	1577	756	861	1,90	10301,0	1993	1117	1078	87,840

Tabelle III.I: Mubea Tellerfedern aus korrosionsbeständigen Werkstoffen

IV DOWNLOADS

auf www.mubea.com im Bereich Tellerfedern

- Berechnungsprogramm
- Berechnungsblätter Normfedern
- Prospekte

