

Mubea Tellerfedern

Handbuch



Mubea
engineering for mobility

Inhaltsangabe

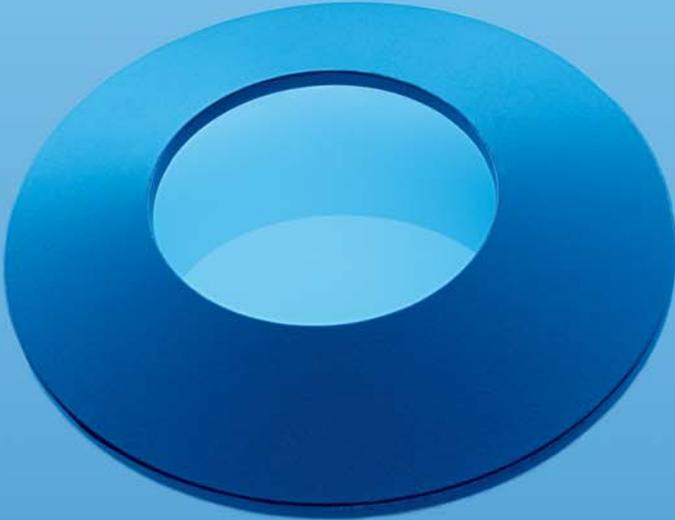
Mubea Unternehmensgruppe	Mubea worldwide ... 9 Mubea Tellerfedern und Spannelemente GmbH ... 13	Kapitel 1
Mubea Tellerfedern	2.1 Produktübersicht ... 22 2.2 Anwendungsbeispiele ... 26 2.3 Fertigung ... 30	Kapitel 2
Auslegung und Theorie	3.1 Auslegung ... 38 3.1.1 Leitfaden zur schnellen Problemlösung ... 38 3.1.2 Mubea Berechnungsprogramm ... 40 3.2 Theorie der Tellerfeder ... 40 3.2.1 Eigenschaften und Ausführung ... 40 3.2.2 Einteilung nach DIN 2093 ... 42 3.2.3 Berechnung von Einzeltellerfedern ... 43 Tellerfedern ohne Auflageflächen mit Kraftereinleitung nach DIN ... 44 Tellerfedern ohne Auflageflächen mit Kraftereinleitung über verkürzte Hebelarme ... 45 Tellerfedern mit Auflageflächen ... 46 Sonderfälle ... 47 3.2.4 Tellerfederkombinationen ... 48 Kennliniengestaltung ... 48 Hinweise zur Auslegung ... 49 Führungen ... 49 3.2.5 Ermittlung der zulässigen Beanspruchung ... 52 3.2.6 Relaxation und Kriechen ... 56 3.2.7 Reibung ... 57 Reibung an der Einzeltellerfeder ... 57 Reibung in Tellerfederpaketen ... 58 Reibung in Tellerfedersäulen ... 59 3.3 Formelzeichen, Maßbuchstaben, Benennungen und Einheiten ... 60	Kapitel 3
Toleranzen	4.1 Allgemeine Toleranzen ... 66 4.2 Kraftprüfung von Tellerfedern ... 67 Einzeltellerfeder ... 67 Federsäule ... 67	Kapitel 4
Werkstoffe und Korrosionsschutz	5.1 Werkstoffe ... 72 5.1.1 Standardwerkstoffe ... 76 5.1.2 Korrosionsbeständige Werkstoffe ... 77 5.1.3 Warmfeste Werkstoffe ... 77 5.1.4 Antimagnetische und korrosionsbeständige Werkstoffe ... 77 5.1.5 Hochwarmfeste Werkstoffe ... 78 5.2 Korrosionsschutz ... 78 5.2.1 Phosphatschichten ... 78 5.2.2 Galvanische Schutzschichten ... 79 5.2.3 Mechanisches Verzinken ... 79 5.2.4 Delta-Tone-/Delta-Seal-Beschichtung ... 79 5.2.5 Dacromet-Beschichtung ... 80 5.2.6 Chemisches Vernickeln ... 80	Kapitel 5
Lieferprogramm und Kennliniendiagramme	6.1 Lieferprogramm von Mubea Tellerfedern ... 83 6.2 Tabellen der Tellerfederabmessungen... 84 6.3 Diagrammteil ... 106	Kapitel 6

Mubea Unternehmensgruppe





Engineering for mobility: Als weltweiter Partner der Automobilindustrie entwickelt und fertigt Mubea qualitativ hochwertige Tellerfedern, Achsfedern, Stabilisatoren, Ventilefedern, Federbandschellen, Riemenspannsysteme und andere hochbeanspruchte Komponenten.







Mubea worldwide

- Muhr und Bender KG, Attendorn (Deutschland)
- Muhr und Bender KG, Weitefeld (Deutschland)
- Mubea Fahrwerksfedern GmbH, Attendorn (Deutschland)
- Mubea Fahrwerksfedern GmbH, Weißensee (Deutschland)
- Mubea Motorkomponenten GmbH, Attendorn (Deutschland)
- Mubea Motorkomponenten GmbH, Hildburghausen (Deutschland)
- Mubea Motorkomponenten GmbH, Thale (Deutschland)
- Mubea Tellerfedern und Spannelemente GmbH, Daaden (Deutschland)
- Muhr und Bender Maschinenbau GmbH, Attendorn (Deutschland)
- Mubea spol. s.r.o., Zbrák (Tschechien)
- Mubea-HZP s.r.o, Prostejov (Tschechien)
- Mubea Engineering AG, Heiden (Schweiz)
- Mubea Fabbrica Molle SA, Bedano (Schweiz)
- Mubea Chuo SA, Heiden (Schweiz)
- Mubea UK Ltd., Northampton (Großbritannien)
- Mubea France S.A.S.U., Paris (Frankreich)
- Mubea France S.A.S.U., Etablissement de Menchhoffen, Menchhoffen (Frankreich)
- MCS Mubea Chuo SA, Brüssel (Belgien)
- Mubea Italia s.r.l., Stabilimento di Melfi, Melfi (Italien)
- Mubea Iberia S.A., Agreda (Spanien)
- Mubea Inc., Florence, Kentucky (USA)
- Mubea Inc., Elsmere, Kentucky (USA)
- IT Spring Wire LLC, Florence, Kentucky (USA)
- CMSC Chuo Mubea Suspension Components Company Inc., Florence, Kentucky (USA)
- Mubea de Mexico S. de R.L. de C.V., Saltillo (Mexiko)
- Mubea do Brasil Ltda., Taubaté (Brasilien)
- IT Spring Wire do Brasil Ltda., Taubaté (Brasilien)
- Mubea Korea Co., Ltd., Seoul (Südkorea)
- Mubea Automotive Components Co., Ltd., Taicang (China)
- Mubea Japan Co., Ltd., Kobe (Japan)
- Mubea Japan Co., Ltd., Tokyo (Japan)
- Technische Zusammenarbeit (Südafrika)

Mubea Tellerfedern und Spannelemente GmbH

Der Name Mubea ist heute international ein Synonym für Federtechnologie auf höchstem Niveau. So können unsere Tellerfedern und Spannelemente im weltweiten Vergleich bestehen: Hergestellt werden sie im Werk Daaden – mit Know-how, moderner Qualitätskontrolle und der Erfahrung von Jahrzehnten.

Daaden



14

Mubea

Mubea Tellerfedern und Spannelemente GmbH



Seit mehr als 40 Jahren hat sich Mubea auf die Produktion von Qualitätstellerfedern spezialisiert. Dank ihrer Anwendungsvielfalt werden Tellerfedern weltweit in den unterschiedlichsten Industriebereichen eingesetzt, von Förderanlagen 3000 Meter unter dem Meer bis hin zu Satelliten im All. Ergänzend dazu beherrscht Mubea die Fertigung von komplexen Feinschneidteilen und hochwertigen Spannelementen.

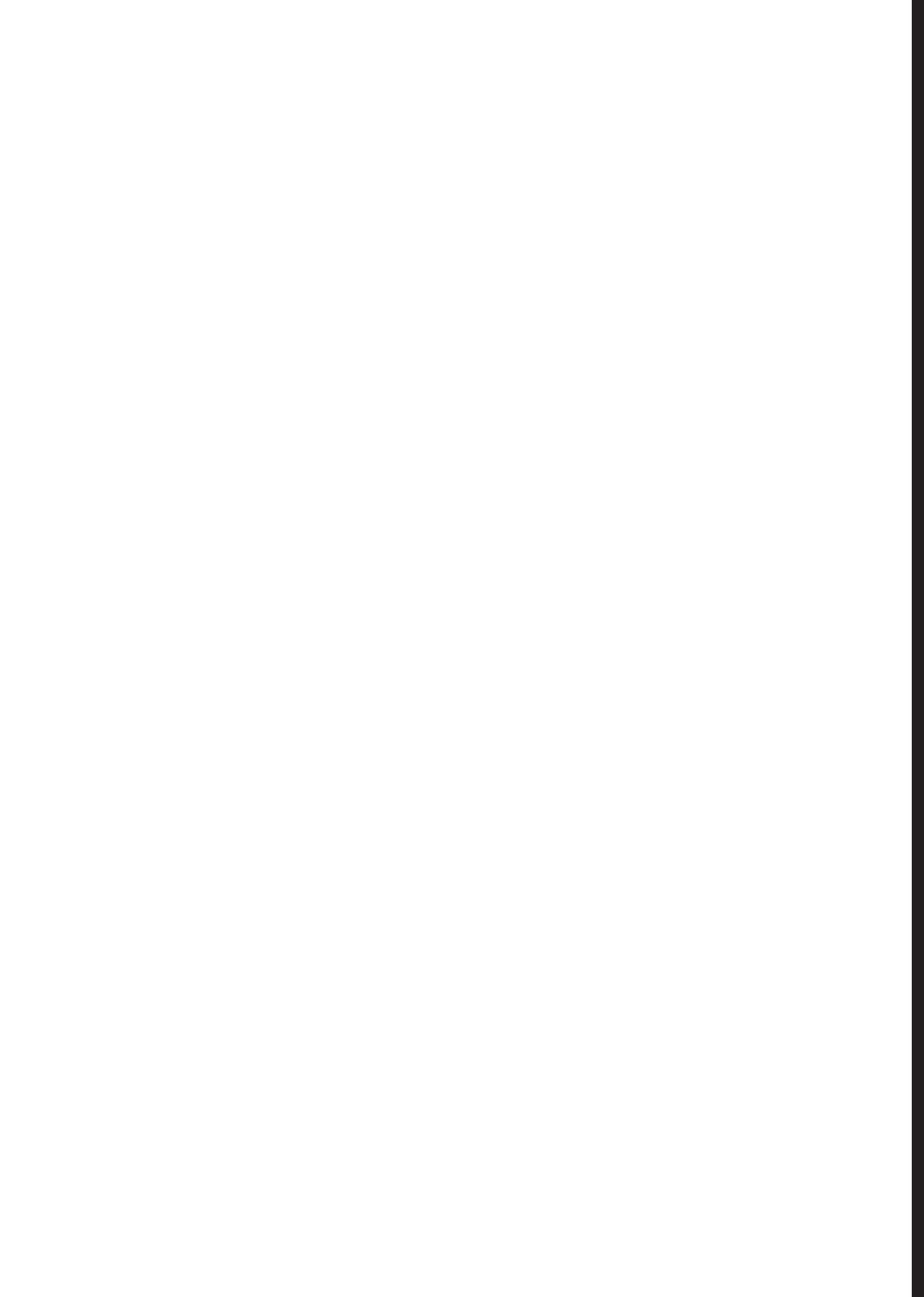
Tellerfedern nach DIN 2093 und der eigenen Mubea Werksnorm sind ab Lager lieferbar. Darüber hinaus fertigt Mubea auch Tellerfedern mit bis zu 800 mm Außendurchmesser, innen und außen geschlitzte Tellerfedern sowie Wellfedern – allesamt Produkte einer kompletten Inhouse-Fertigung, beginnend bereits mit der Herstellung des Vormaterials im eigenen Kaltwalzwerk. Ebenso werden alle benötigten Werkzeuge im Haus konzipiert, gefertigt und gewartet. Neben dem Standardmaterial 50 CrV 4 lagert Mubea verschiedenste Materialsorten, um besondere Produktanforderungen – antimagnetisch, korrosions- und hitzebeständig – erfüllen zu können und um eine hohe Flexibilität in der Produktion zu gewährleisten.

Kugelstrahlen als Standardprozess ist besonders von großem Vorteil bei dynamischer Federbeanspruchung und garantiert eine lange Lebensdauer aller Produkte. Zudem stehen hervorragend ausgestattete Labors für alle Testanfragen unserer Kunden zur Verfügung. Mit der permanenten Weiterentwicklung von Technologien, mit Innovationsgeist und Kreativität findet ein hochqualifiziertes Team von Ingenieuren eine individuelle Lösung für jedes Federproblem – auch für Ihres. Wir freuen uns auf die Zusammenarbeit mit Ihnen.



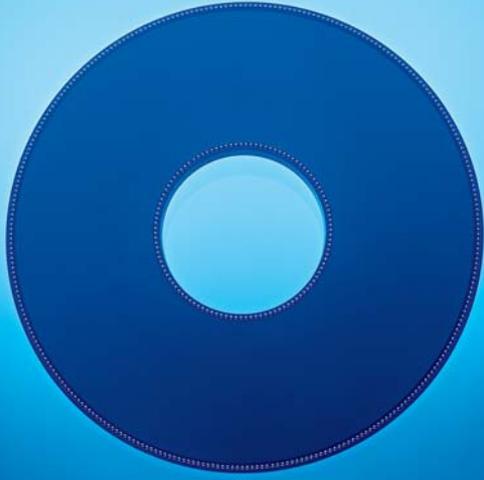
Tel: +49/27 43 806 0
Fax: +49/27 43 806 188
www.mubea-tellerfedern.de
E-Mail: tellerfedern@mubea.com

Mubea Tellerfedern

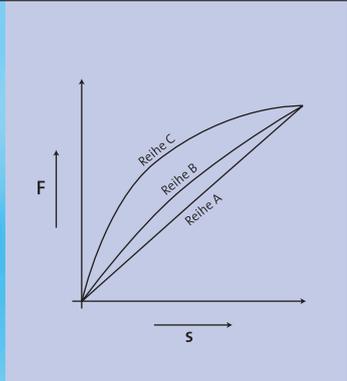
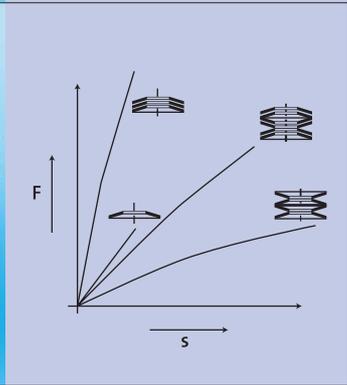
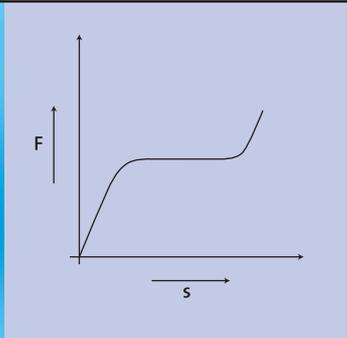
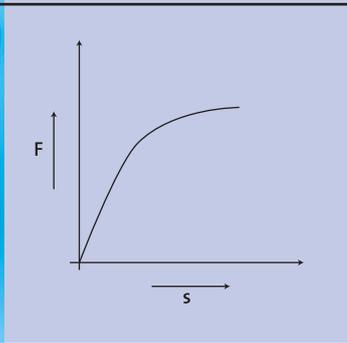
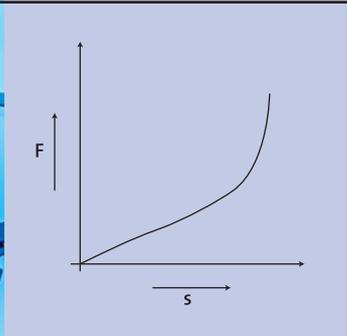


- 2.1 Produktübersicht
- 2.2 Anwendungsbeispiele
- 2.3 Fertigung

Produktübersicht Tellerfedern



2.1 Produktübersicht

Federtyp	Aussehen	Federcharakteristik
<p>TELLERFEDERN KONVENTIONELLER BAUART</p>		
		
<p>GESCHLITZTE TELLERFEDERN ¹⁾</p>		
<p>SPEZIALFEDERN ¹⁾</p>		
<p>WELLFEDERN ¹⁾</p>		

Anwendungsgebiete

- | Kesselaufhängungen in Kraftwerken
- | Sicherheitsventile
- | Federspeicher für Umspannwerke
- | Kupplungen
- | Seilbahnen
- | Werkzeugspanner
- | Fangbremsen für Aufzüge
- | Bremsen für Bau- und Schienenfahrzeuge
- | Spielausgleich für Kugellager
- | Schwingungsdämpfer etc.

- | Automatikgetriebe
- | Überlastkupplungen
- | Kupplungen etc.

- | Anpassung an spezielle Einbausituationen in
 - | Kupplungen
 - | Getrieben etc.

- | Automatikgetriebe
- | Spielausgleich etc.

¹⁾ausschließlich Zeichnungsteile



Tellerfedern konventioneller Bauart

- | Tellerfedern nach DIN 2093 (Gruppe 1, Gruppe 2, Gruppe 3)
- | Tellerfedern nach Mubea Werksnorm oder als Sonderabmessung auf Kundenwunsch
- | Abmessungsbereich: Außendurchmesser 8,0 mm bis 800 mm
- | Werkstoffe nach DIN 2093 (DIN 17 221, DIN 17 222) und Sonderwerkstoffe (*Kapitel 5.1*)
- | Zur Verbesserung der Lebensdauer sind Mubea Federn ab einer Tellerdicke von 0,5 mm kugelgestrahlt
- | Standardoberflächenschutz phosphatiert und geölt, weitere Beschichtungen gemäß Kapitel 5.2



Tellerfedersäulen

Tellerfedern werden vorzugsweise in Form von Säulen verbaut. Auf Kundenwunsch liefert Mubea gebündelte Säulen oder in der Einbauvorrichtung montierte Säulen.

Vorteile:

- | Montageerleichterung durch vormontierte Säulen
- | Säulenspezifisches Kraft-Weg-Diagramm (moderne Federkraft-Prüfmaschinen bis 1000 kN Prüfkraft)
- | Eingengegte Krafttoleranzen möglich
- | Fehlschichtung bei 100 % Kraftprüfung ausgeschlossen



Innen oder außen geschlitzte Tellerfedern

- | Abmessungsbereich: Außendurchmesser 20 bis 300 mm
- | Geschlitzte Tellerfedern werden in Kooperation mit den Kunden entwickelt und sind daher ausschließlich Zeichnungsteile
- | Aufgrund spezieller Fertigungsverfahren werden höchste Anforderungen an Federkrafttoleranz und Lebensdauer erfüllt



Spezialfedern

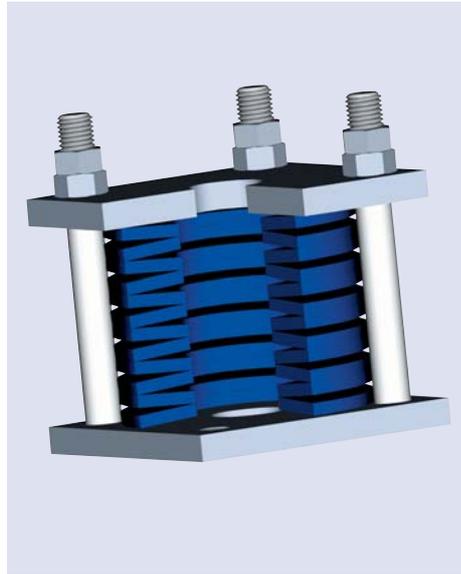
Für besondere Anwendungsfälle entwickelt Mubea gemeinsam mit den Kunden spezielle Tellerfedern.



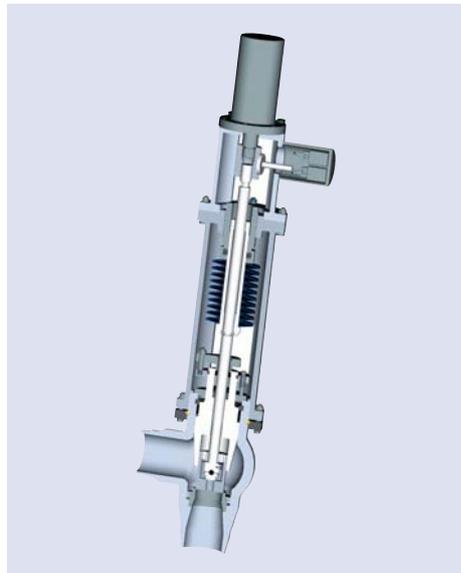
Wellfedern

Mubea produziert Wellfedern in einem Abmessungsbereich von Außendurchmesser 20 mm bis zurzeit 300 mm. Wellfedern werden oft zur Verbesserung des Schaltkomforts in Automatikgetrieben verwendet. Gewellte Federn sind Zeichnungsteile.

2.2 Anwendungsbeispiele

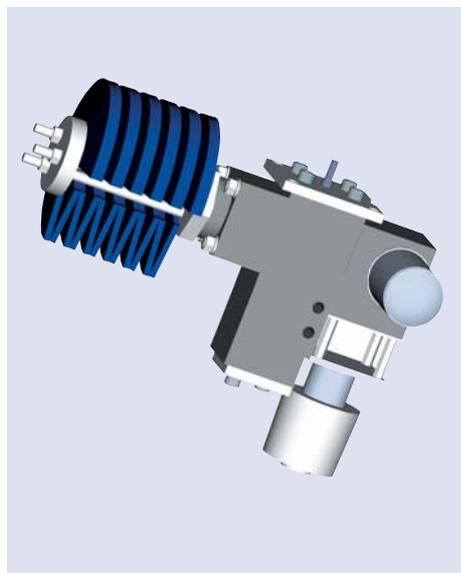
**Vormontierte Federsäulen**

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

**Ventile**

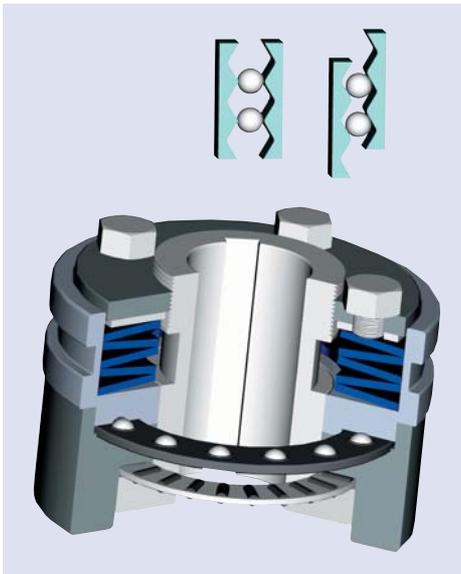
Anlagenbau, Maschinenbau, Chemische Industrie

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.

**Energiespeicher für Sicherheitssysteme**

Stromleitungsbau, Maschinenbau

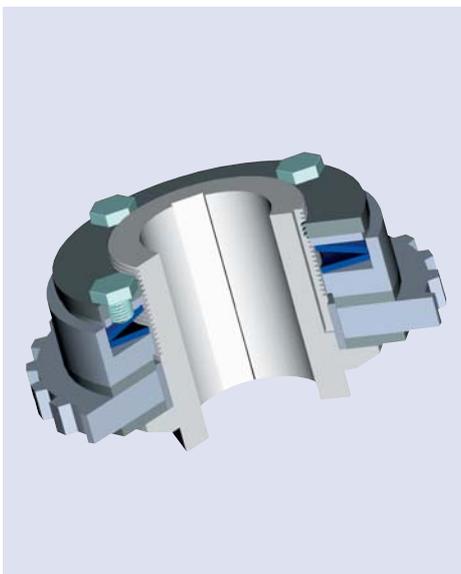
In hydraulischen Federspeicherantrieben wird die Energiespeicherung durch eine Tellerfedersäule realisiert.



Überlastkupplungen

Anlagenbau, Maschinenbau, Fahrzeugbau

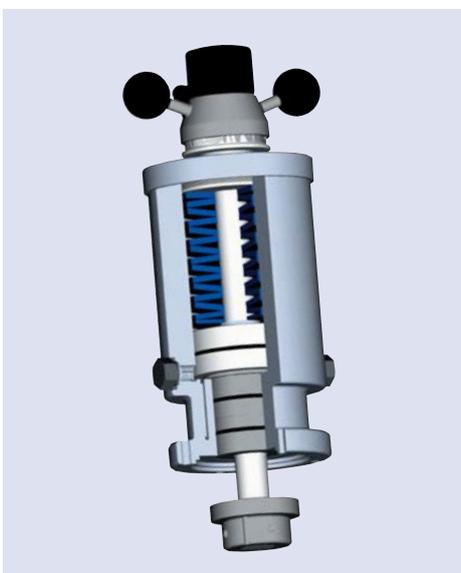
In Überlastkupplungen sorgen Tellerfedern für den zur Drehmomentenübertragung erforderlichen Reibschluss. Die Federkraft lässt sich durch Einstellmuttern so fein regulieren, dass bei Überlast die Drehmomentübertragung unterbrochen wird.



Rutschkupplungen

Anlagenbau, Maschinenbau, Fahrzeugbau

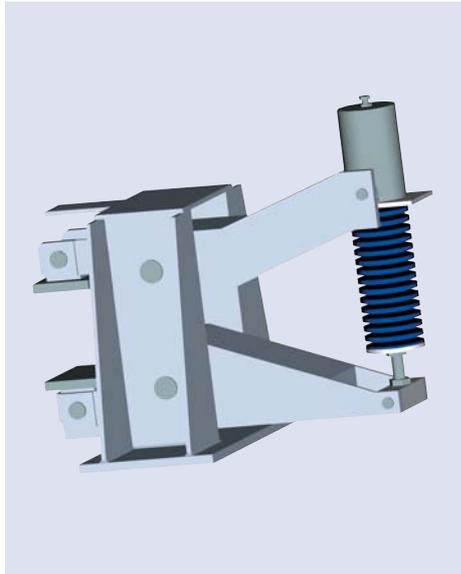
Bei Rutschkupplungen gewährleistet die Tellerfeder einen definierten axialen Druck auf die Reibbeläge. Der während der Lebensdauer der Kupplung auftretende Verschleiß an den Reibbelägen wird durch die Tellerfeder kompensiert, das Drehmoment bleibt dadurch konstant. Hierfür eignen sich insbesondere geschlitzte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



Kolbenrückstellfedern

Maschinenbau, Fahrzeugbau

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



Federbeaufschlagte Bremsen

Anlagenbau, Maschinenbau, Fahrzeugbau

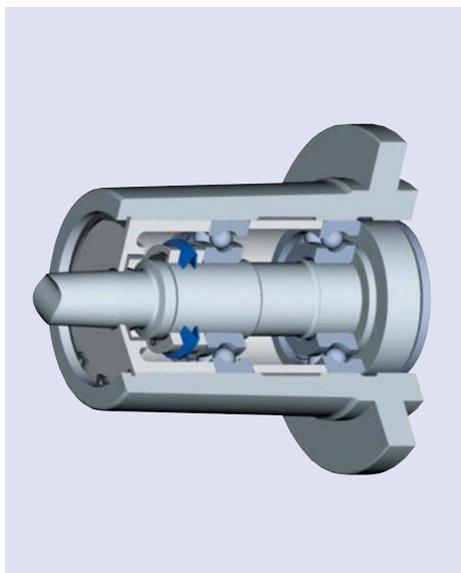
Beim Absinken des Betriebsdrucks wird durch die Tellerfeder die erforderliche Bremskraft aufgebracht.



Werkzeugspanner

Maschinenbau, Werkzeugbau

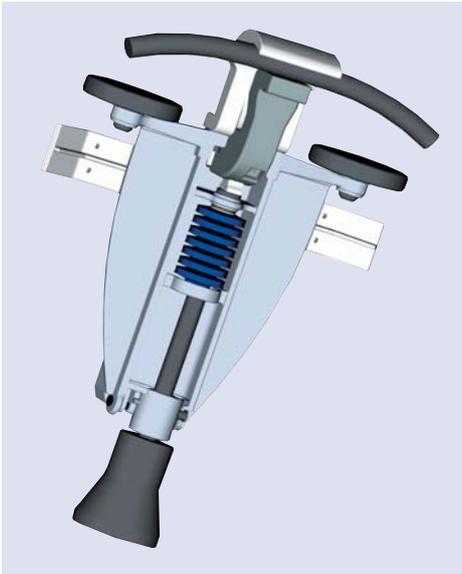
Bei einem Werkzeugspanner übernimmt die Tellerfedersäule die Funktion, das Werkzeug im Aufnahmekegel sicher zu halten.



Spielausgleich

Anlagenbau, Maschinenbau

Tellerfedern werden oftmals zum Ausgleich geometrischer Toleranzen von Bauteilen eingesetzt.



Seilbahnklemmen

Anlagenbau

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

2.3 Fertigung

Mubea setzt Maßstäbe für ein hohes Qualitäts- und Wirtschaftlichkeitsniveau durch Produktionsinnovationen und eine hohe Fertigungstiefe, die schon mit der Herstellung des Tellerfedermaterials beginnt. Im eigenen Kaltwalzwerk wird ein Großteil des eingesetzten Bandmaterials mit engsten Toleranzen gefertigt. Je nach der Tellerdicke wird die Herstellung der Tellerplatten mit Stanzen (Gruppe 1), Feinschneiden (Gruppe 2) oder Plasma-/Brennschneiden (Gruppe 3) realisiert. Tellerfedern höherer Materialstärken können allseitig spanend bearbeitet werden, um Oberflächeneinflüsse des Vormaterials auszuschließen. Je nach Anforderung werden Tellerfedern martensitisch oder bainitisch auf engste Härtetoleranzen vergütet. Anschließendes Kugelstrahlen hebt die ertragbaren Lastwechsel der Tellerfedern signifikant an. Phosphatieren und Ölen als Standardkorrosionsschutz für Tellerfedern wird ebenfalls im eigenen Haus durchgeführt. Die permanente Überwachung der Fertigungsschritte garantiert das bekannte hohe Qualitätsniveau der Mubea Tellerfedern. Mubea ist zertifiziert nach DIN EN ISO 9001, VDA 6.1 und QS 9000 und ab 2002 auch nach der Umweltrichtlinie DIN EN ISO 14000.



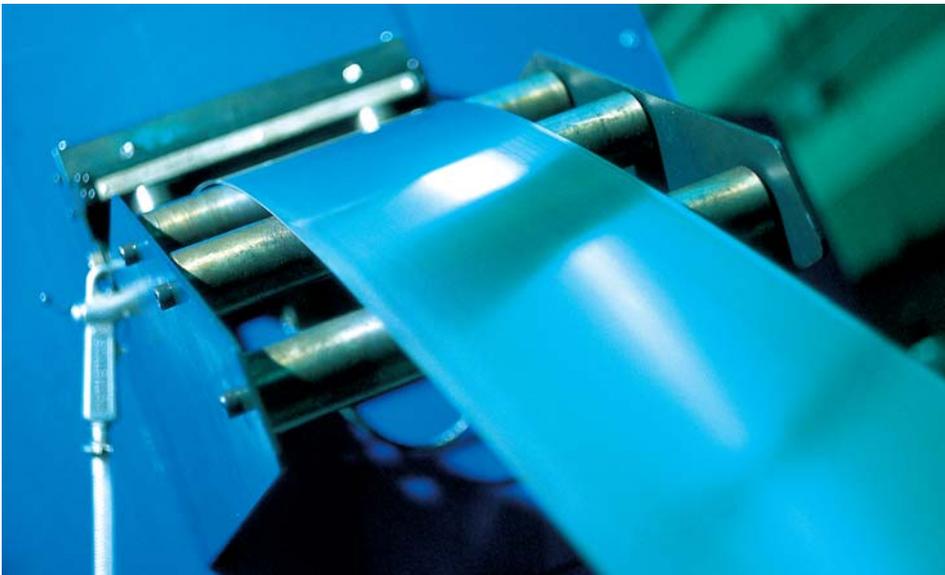
Entwicklung



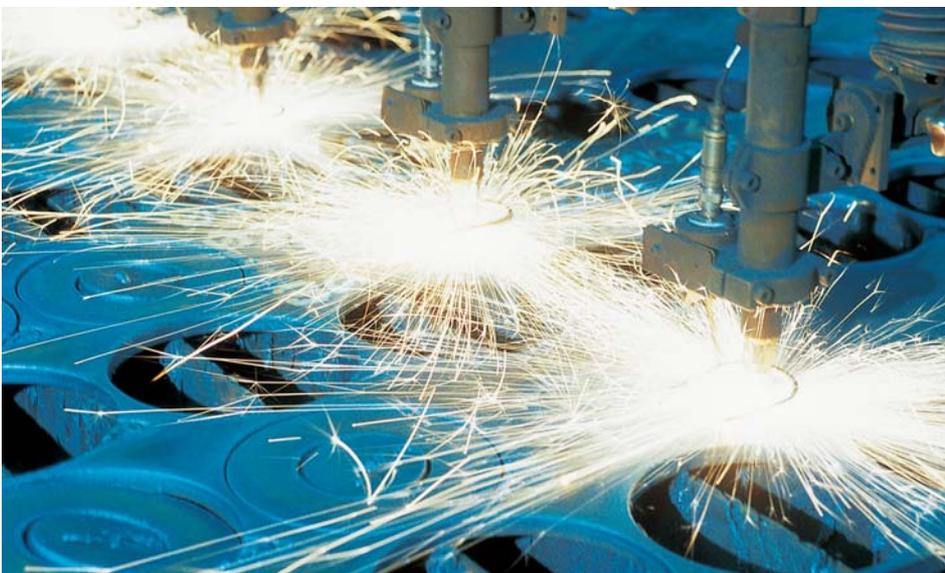
Werkzeugbau



Material



Feinschneiden



Brennschneiden

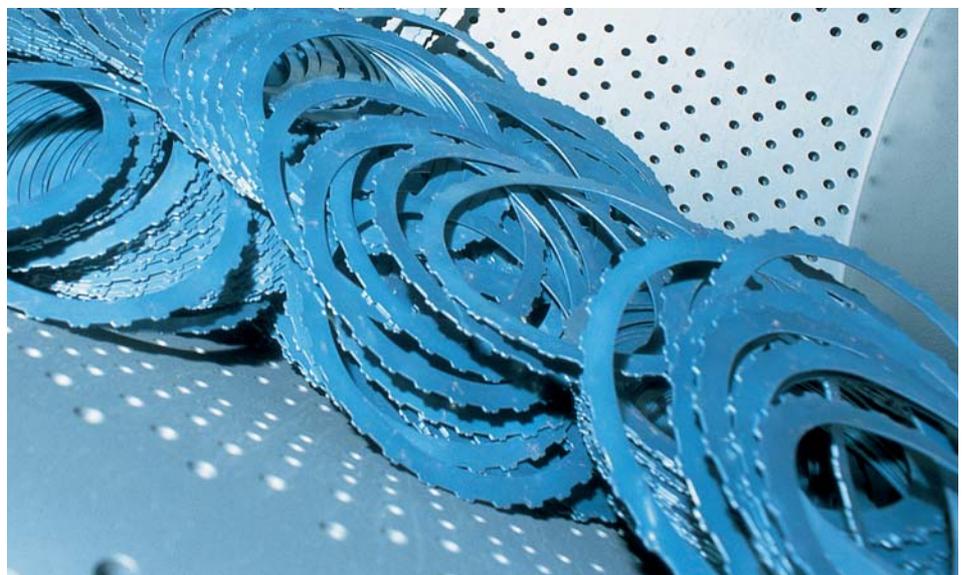
Gleitschleifen



Vergüten



Kugelstrahlen





Korrosionsschutz

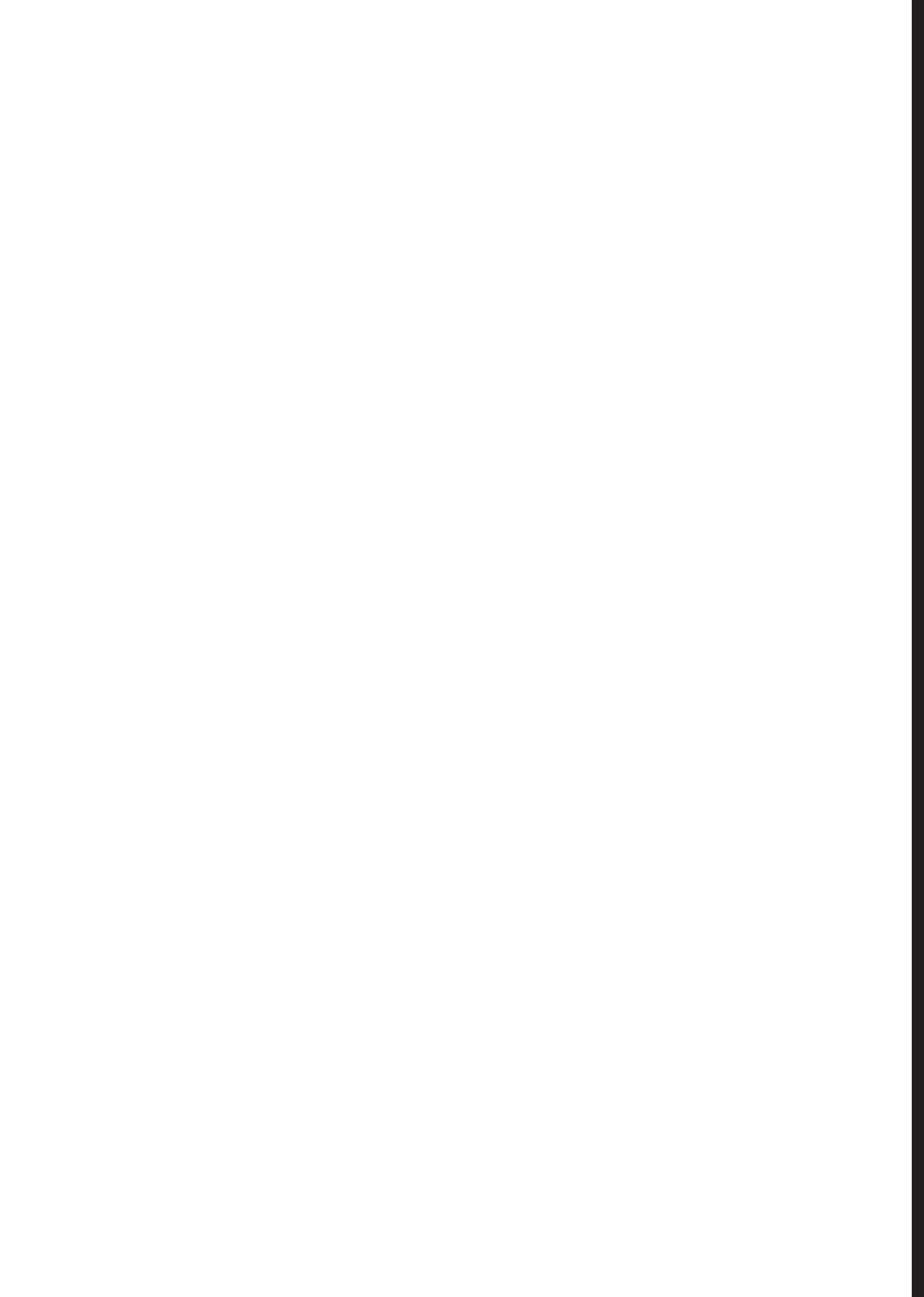


Qualitätssicherung



Produkt

Auslegung und Theorie



- 3.1 Auslegung**
- 3.1.1 Leitfaden zur schnellen Problemlösung
 - | Datenblatt
- 3.1.2 Mubea Berechnungsprogramm

- 3.2 Theorie der Tellerfeder**
- 3.2.1 Eigenschaften und Ausführung
- 3.2.2 Einteilung nach DIN 2093
- 3.2.3 Berechnung von Einzeltellerfedern
 - | Tellerfedern ohne Auflageflächen mit Krafteinleitung nach DIN
 - | Tellerfedern ohne Auflageflächen mit Krafteinleitung über verkürzte Hebelarme
 - | Tellerfedern mit Auflageflächen
 - | Sonderfälle
- 3.2.4 Tellerfederkombinationen
 - | Kennliniengestaltung
 - | Hinweise zur Auslegung
 - | Führungen
- 3.2.5 Ermittlung der zulässigen Beanspruchung
- 3.2.6 Relaxation und Kriechen
- 3.2.7 Reibung
 - | Reibung an der Einzeltellerfeder
 - | Reibung in Tellerfederpaketen
 - | Reibung in Tellerfedersäulen

- 3.3 Formelzeichen, Maßbuchstaben, Benennungen und Einheiten**

3.1. Auslegung

3.1.1 Leitfaden zur schnellen Problemlösung

Tellerfedern werden üblicherweise für den jeweiligen Bedarfsfall ausgelegt. Dabei kann auf das breite Spektrum von Mubea Tellerfedern der DIN 2093, die zusätzlichen Abmessungen der Mubea Werksnorm sowie auf weitere sogenannte Sonderabmessungen zurückgegriffen werden. Diese Tellerfedern sind ab Lager verfügbar und stehen somit kurzfristig zur Verfügung.

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, Tellerfedern mit Abmessungen abseits der Norm auszuliegen. Hieraus ergeben sich in den meisten Fällen längere Lieferzeiten aufgrund von Materialbestellung und Werkzeuganfertigung. In diesem Fall sollte geprüft werden, ob die Kosten wirtschaftlich vertretbar sind. Im folgenden ist ein Leitfaden skizziert, der eine zügige, zielorientierte Tellerfederauslegung unterstützen soll.

Zunächst werden die für eine Auslegung relevanten Informationen benötigt wie:

- | verfügbarer Einbauraum
- | erforderliche Federcharakteristik
- | Belastungsart (statisch, dynamisch)
- | geforderte Lastwechselzahl
- | Umgebungsbedingungen (Betriebstemperatur, umgebendes Medium, Korrosionsschutz)

Im übrigen liefert das in Abb. 3.1 dargestellte Mubea Datenblatt zur Auslegung von Tellerfedern eine gute Anleitung und Grundlage für ein Gespräch mit uns.

**Datenblatt kopieren,
ausfüllen und faxen.
Oder gleich zu
www.mubea-tellerfedern.de**

Für Standardanwendungen genügen die Werkstoffe der DIN 2093 bzw. der Mubea Werksnorm (Ck 67, 50 CrV 4), Standardkorrosionsschutz ist zinkphosphatiert und geölt. Weitere Oberflächenüberzüge sind in Kapitel 5.2 aufgeführt. Besondere Anforderungen an Korrosionsbeständigkeit, Warmfestigkeit, Antimagnetismus etc. erfüllen Sonderwerkstoffe, die in Kapitel 5.1 näher erläutert werden. Hinsichtlich der Auslegung von Tellerfedern aus Sonderwerkstoffen empfehlen wir den direkten Kontakt mit Mubea.

Liegt der gewünschte Einbauraum fest, sollte im ersten Ansatz geprüft werden, ob sich Tellerfedern der DIN 2093, Mubea Werksnorm oder die Sonderabmessungen einbauen lassen. Die Abmessungen zu diesen Tellerfedern finden Sie in Kapitel 6.2. Zusätzlich geben die Tabellen die Federkräfte der jeweiligen Abmessung bei unterschiedlichen Einfederungen an. Für die Abmessungen der DIN 2093 sind im Diagrammteil (*Kapitel 6.3*) darüber hinaus die detaillierten Federkennlinien aufgeführt. Die dargestellten Diagramme erlauben auch, eine Lebensdauerabschätzung durchzuführen. Zur Erläuterung der Diagramme wird auf Kapitel 6.2 verwiesen. Können die Standardabmessungen aufgrund des Bauraums nicht verwendet werden, besteht die Möglichkeit, mit dem in Kapitel 3.1.2 beschriebenen Mubea Berechnungsprogramm Tellerfedern individuell auszuliegen. Ansonsten empfehlen wir Ihnen, Mubea direkt zu kontaktieren. Die Berechnung einer Tellerfedersäule sollte vorzugsweise mit dem Mubea Berechnungsprogramm durchgeführt werden.

DATENBLATT ZUR AUSLEGUNG VON TELLERFEDERN (Bitte ausfüllen bzw. Zutreffendes ankreuzen)
DATA SHEET FOR THE DESIGN OF DISC SPRINGS (please fill in/check off where applicable)
DONNÉES TECHNIQUES (S.v.p. remplir ou mettre une croix)

Mubea Tellerfedern und Spannelemente GmbH
 Im Kirdorf • 57567 Daaden • Tel. +49/27 43 806 0
Fax +49/27 43 806 188

1| **Art der Maschine bzw. Anlage:** _____
 Kind of machine/plant:
 Type de machine/application:

2| **Zweck der Federn:** _____
 Purpose of the springs:
 Usage des rondelles:

3| **Einbauraum:** Durchmesser $D_{max} =$ _____ $D_{min} =$ _____ mm
 Mounting space: Diameter
 Dimensions: Diamètre
 Länge/length/longueur $L_{max} =$ _____ $L_{min} =$ _____ mm

4| **Schichtungsart/Method of stacking/Mode d'empilage:** _____

5| **Kräfte und Federwege/Forces and deflections/Forces et courses:**

$L_1 =$ _____ mm $s_1 =$ _____ mm $F_1 =$ _____ N Tol: + _____ % Tol: - _____ %
 $L_2 =$ _____ mm $s_2 =$ _____ mm $F_2 =$ _____ N Tol: + _____ % Tol: - _____ %
 $L_3 =$ _____ mm $s_3 =$ _____ mm $F_3 =$ _____ N Tol: + _____ % Tol: - _____ %

6| **Art der Belastung/Type of load/Mode de fonctionnement:**
 statisch/static/statique dynamisch/dynamic/dynamique

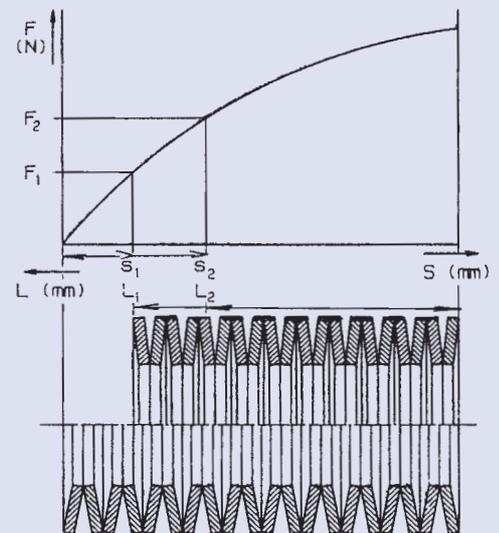
7| **Belastungsverlauf/Application of load/Allure de courbes:**
 stoßartig/shock/amortissement sinusförmig/sinusoidal/sinusoïdale

8| **Erwünschte Lebensdauer:** _____
 Requested fatigue life:
 Durée de vie souhaitée:

9| **Betriebstemperatur (an der Feder):** _____
 Working temperature (at spring):
 Température de fonctionnement (au ressort):

10| **Führung:** innen außen
 Guide method: inside outside
 Guide: intérieur extérieur

11| **Lage der Feder bzw. Säule:** vertikal horizontal
 Location of spring/stack: horizontal vertical
 Position de la rondelle ressort/d'empilage: horizontal vertical



12| **Ist ein besonderer Korrosionsschutz erforderlich?** _____
 Is a special protection against corrosion required?
 A-t-on besoin d'une protection particulière contre la corrosion?

13| **Angreifendes Medium/Aggressive medium/A quoi est dû la corrosion:** _____

14| **Bemerkungen/Remarks/Remarques:** _____

Sachbearbeiter/Responsible/Responsable Produit: _____

Telefon/Phone/Téléphone: _____ **Telefax/Fax/Téléfax:** _____

Datum/Date/Date: _____ **Unterschrift/Signature/Signature:** _____

3.1.2 Mubea Berechnungsprogramm

Umfangreichere Auslegungen können mit dem von Mubea zur Verfügung gestellten Berechnungsprogramm für Tellerfedern durchgeführt werden. Es ermöglicht, Einzelfedern sowie unterschiedlich geschichtete Federsäulen hinsichtlich der Anforderungen von Bauraum und Lebensdauer optimal zu gestalten. Diese Flexibilität wird ergänzt durch die Möglichkeit, Tellerfedern aus adäquaten Federwerkstoffen für beliebige Einsatzzwecke berechnen zu können.

Das Berechnungsprogramm befindet sich auf der beigelegten CD oder man kann es im Internet unter der Adresse www.mubea-tellerfedern.de herunterladen. Eine Erläuterung zur Bedienung des Rechnerprogramms finden Sie auf der CD sowie in der Internetversion. Das Mubea Berechnungsprogramm ermöglicht die Lastspielzahl Ermittlung für folgende Fälle:

- | Für bis zu 60 wechselsinnig geschichtete Einzelfederfedern
- | Für bis zu 15 Federpakete je 2-fach geschichtet
- | Für Tellerdicken bis 16 mm
- | Für Spannungswerte bis zur maximal zulässigen Oberspannung.

Alle darüber hinausgehenden Anforderungen können jederzeit mit den Mubea Technikern diskutiert werden.

3.2 Theorie der Tellerfeder

Tellerfedern sind flache, kegelförmige Ringschalen, die in Achsrichtung belastet werden (Abb. 3.2). 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 ruhend, selten wechselnd als auch durch eine dynamische Dauerbelastung beansprucht werden. Tellerfedern erfüllen höchste Setz- und Schwingfestigkeitsansprüche.

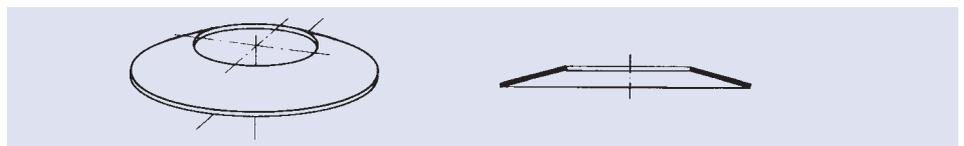


Abb. 3.2: Einzelfederfeder

Grundsätzlich zeichnen sich Tellerfedern durch folgende Eigenschaften aus:

- | Große Federkraft bei kleinem Federweg
- | Wesentlich bessere Raumausnutzung als bei anderen Federtypen
- | Bei richtiger Dimensionierung hohe Lebensdauer und geringe Kriech- bzw. Relaxationsneigung
- | Vielseitige Kombinationsmöglichkeiten zur Erzielung beliebiger Kennlinienverläufe
- | Sonderwerkstoffe und verschiedene Oberflächenbeschichtungen einsetzbar
- | Kostengünstig, da standardisiert.

3.2.1 Eigenschaften und Ausführung

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 degressiv (Abb. 3.3). In Sonderfällen können

Tellerfedern so gestaltet werden, dass eine Einfederung über die Planlage hinaus möglich ist. Tellerfedern werden in der Regel als Baukastenelement verwendet. Gleichsinnig geschichtete Tellerfedern heißen Federpaket, wechselsinnig geschichtete Einzelfedern oder Pakete werden als Federsäule bezeichnet (Abb. 3.4/3.5). 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. Bei der Berechnung von Federweg und Federkraft einer aus Einzelfedern oder Paketen zusammengesetzten Federsäule ist entsprechend zu verfahren (Abb. 3.6).

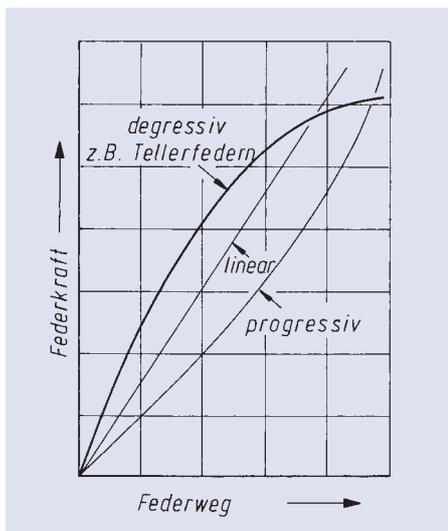


Abb. 3.3: Typische Kennlinienverläufe



Abb. 3.4: Tellerfederpaket aus vier Einzeltellern

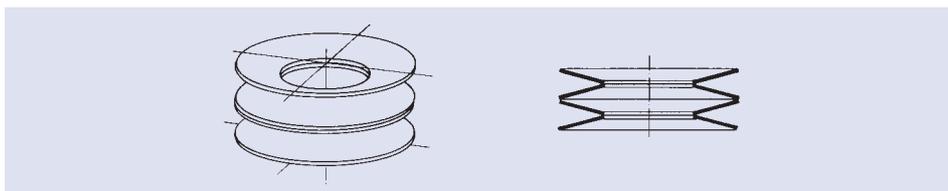


Abb. 3.5: Tellerfedersäule aus vier Einzeltellern

Darüber hinaus lassen sich durch das Zusammenfügen von Federpaketen unterschiedlicher Tellerzahl 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, sodass die Gesamtfederhärte der Säule ansteigt (Abb. 3.7).

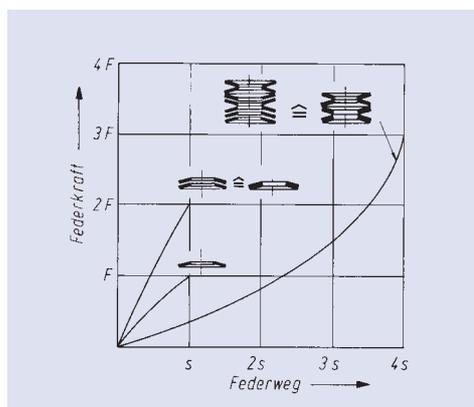
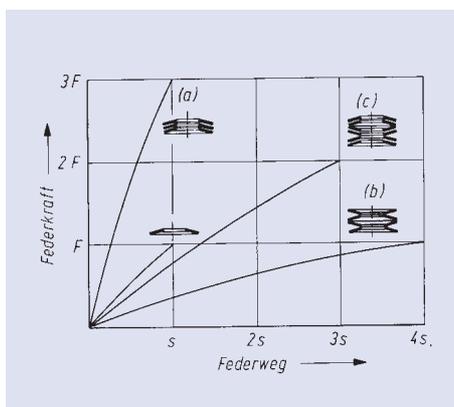


Abb. 3.6, links:
Verschiedene Tellerfederkombinationen
a) Federpaket aus 3 Einzelfedern: 3fache Kraft.
b) Federsäule aus 4 Einzelfedern: 4facher Weg.
c) Federsäule aus 3 Paketen mit je 2 Einzelfedern: 3facher Weg, 2fache Kraft

Abb. 3.7, rechts:
Federkombinationen zur Erzielung einer progressiven Kennlinie

3.2.2 Einteilung nach DIN 2093

Tellerfedern sind genormt nach DIN 2092 (Tellerfedern, Berechnung) und DIN 2093 (Tellerfedern, Maße, Qualitätsanforderungen). Sie werden nach DIN 2093 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 (*Bild 3.8*) und Federn der Gruppe 3 mit Auflageflächen (*Bild 3.9*) hergestellt.

Abb. 3.8, links: Federn der Gruppen 1 und 2 ohne Auflageflächen

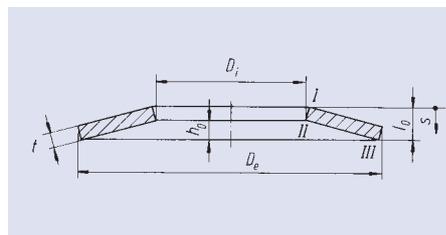
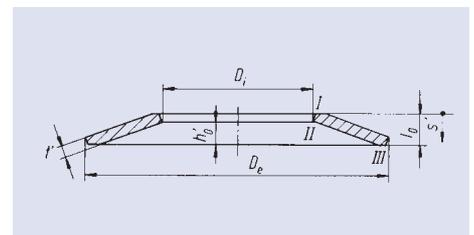


Abb. 3.9, rechts: Federn der Gruppe 3 mit Auflageflächen



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

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	$R_a < 12,5$	$R_a < 12,5$

Tabelle 3.1: Bearbeitungsverfahren und zulässige Oberflächenrauheiten

¹⁾ Wenn nicht anders vereinbart, bleibt das jeweilige Bearbeitungsverfahren dem Hersteller überlassen (siehe Abschnitt 5 in DIN 2093).

²⁾ Diese Angaben gelten nicht für kugelgestrahlte Tellerfedern.

Bei Sondertellerfedern können auch andere Bearbeitungsverfahren, wie Laserstrahlschneiden oder Wasserstrahlschneiden etc., angewendet werden. Neben den bisher besprochenen Tellerfedern mit rechteckigem Mantelquerschnitt und kreisförmigen Rändern sollen der Vollständigkeit halber noch erwähnt werden:

- | Tellerfedern mit trapezförmigem Mantelquerschnitt und
- | Tellerfedern mit Schlitzen.

Während erstere praktisch keine Bedeutung erlangen konnten, werden Tellerfedern mit Schlitzen in großem Umfang in Kupplungen und Getrieben verwendet. Auf beide Federarten wird hier nicht weiter eingegangen. Für die Beantwortung von Fragen zu geschlitzten Federn stehen die Mubea Techniker gern zur Verfügung.

3.2.3 Berechnung von Einzeltellerfedern

Zur Berechnung von Tellerfedern sind die Gleichungen der DIN 2092 für die Praxis hinreichend genau und zudem bindend vorgeschrieben. Die Berechnungsgleichungen der DIN 2092 gehen im wesentlichen auf Berechnungen zurück, die von ALMEN und LÁSZLÓ entwickelt worden sind.

Danach wird das Verformungsverhalten der Tellerfeder als eine eindimensionale Stülpung eines Kreisringes mit Rechteckquerschnitt um einen Stülpmittelpunkt S behandelt. Dem sich daraus ergebenden Stülpspannungszustand wird ein Biegespannungszustand überlagert, der durch die einfederungsbedingte Veränderung des Kegelwinkels verursacht wird. Der Tellerfederquerschnitt bleibt dabei rechteckig und in sich eben, sodass die Kraffteinleitung 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 (siehe auch Kapitel 3.1.2).

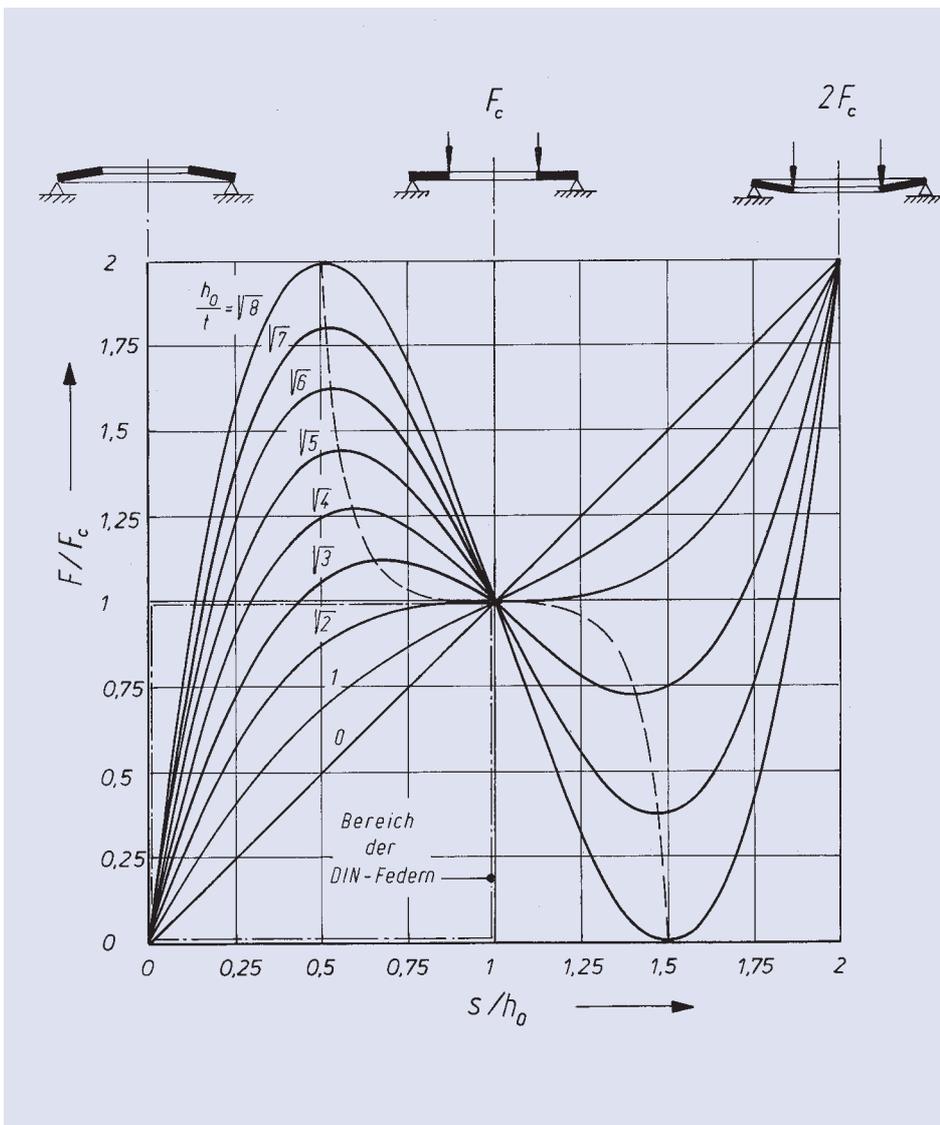


Abb. 3.10:
 Bezogener rechnerischer
 Kennlinienverlauf:
 | Federweg: bezogen auf
 den Federweg bis zur
 Planlage $s = s_c = h_0$
 | Federkraft: bezogen auf
 die Federkraft in der
 Planlage $F_c = F(h_0)$

Tellerfedern ohne Auflageflächen mit Kräfteinleitung nach DIN

Kennlinie

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 *Abb. 3.10* angegebenen Kennlinien. Speziell für die nach DIN 2093 genormten Reihen A, B und C ergeben sich die Kennlinienverläufe gemäß *Abb. 3.11*.

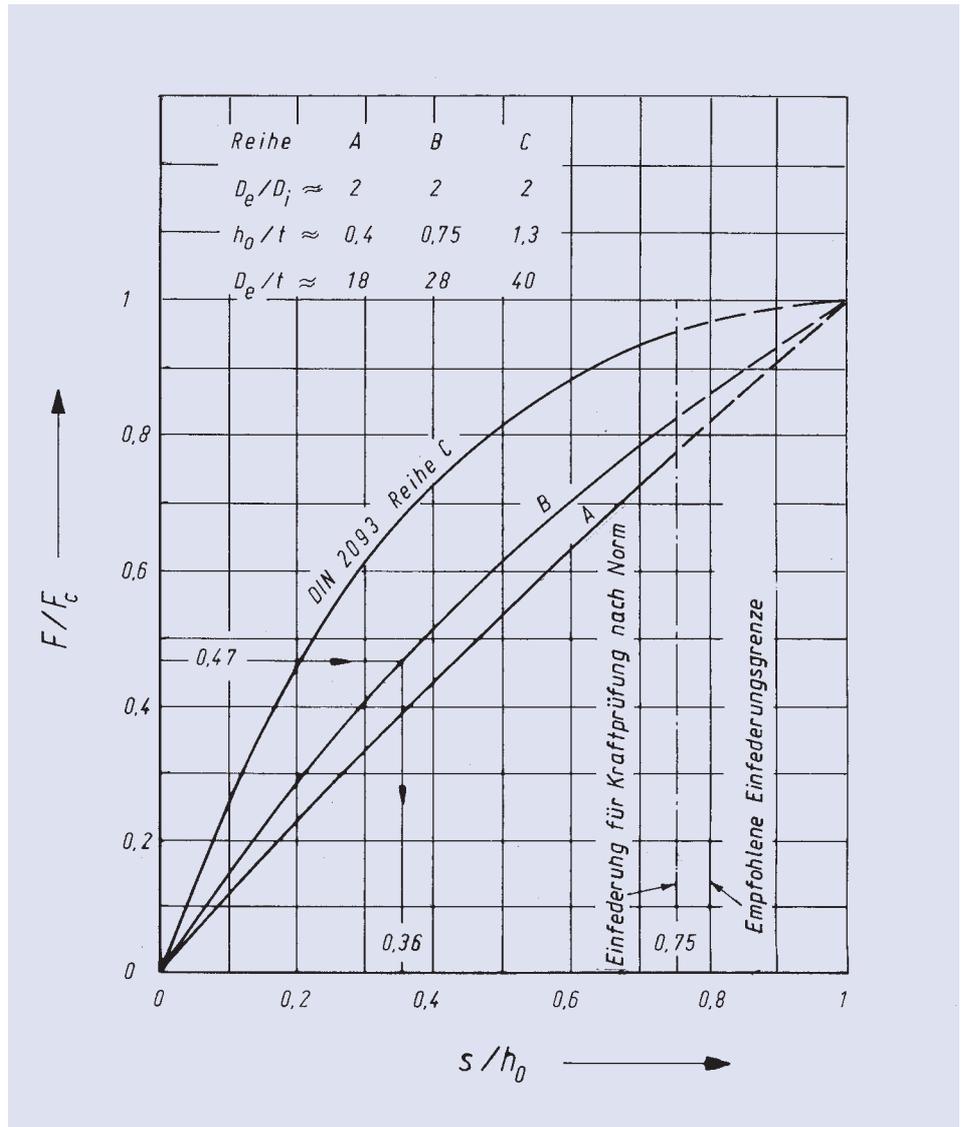


Abb. 3.11: Bezogener rechnerischer Kennlinienverlauf der Tellerfedern nach DIN 2093 Reihe A, B und C sowie die empfohlene Einfederungsgrenze. Aus dem oberen Bereich des Diagramms sind die mittleren Federparameter der Normfeder-Reihen ersichtlich.

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. Dieses 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 (Abb. 3.12). 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.

In Abhängigkeit des h_0/t -Verhältnisses liegt das Spannungsmaximum der Tellerunterseite an Querschnittsstelle II (Innendurchmesser unten) oder III (Außendurchmesser unten).

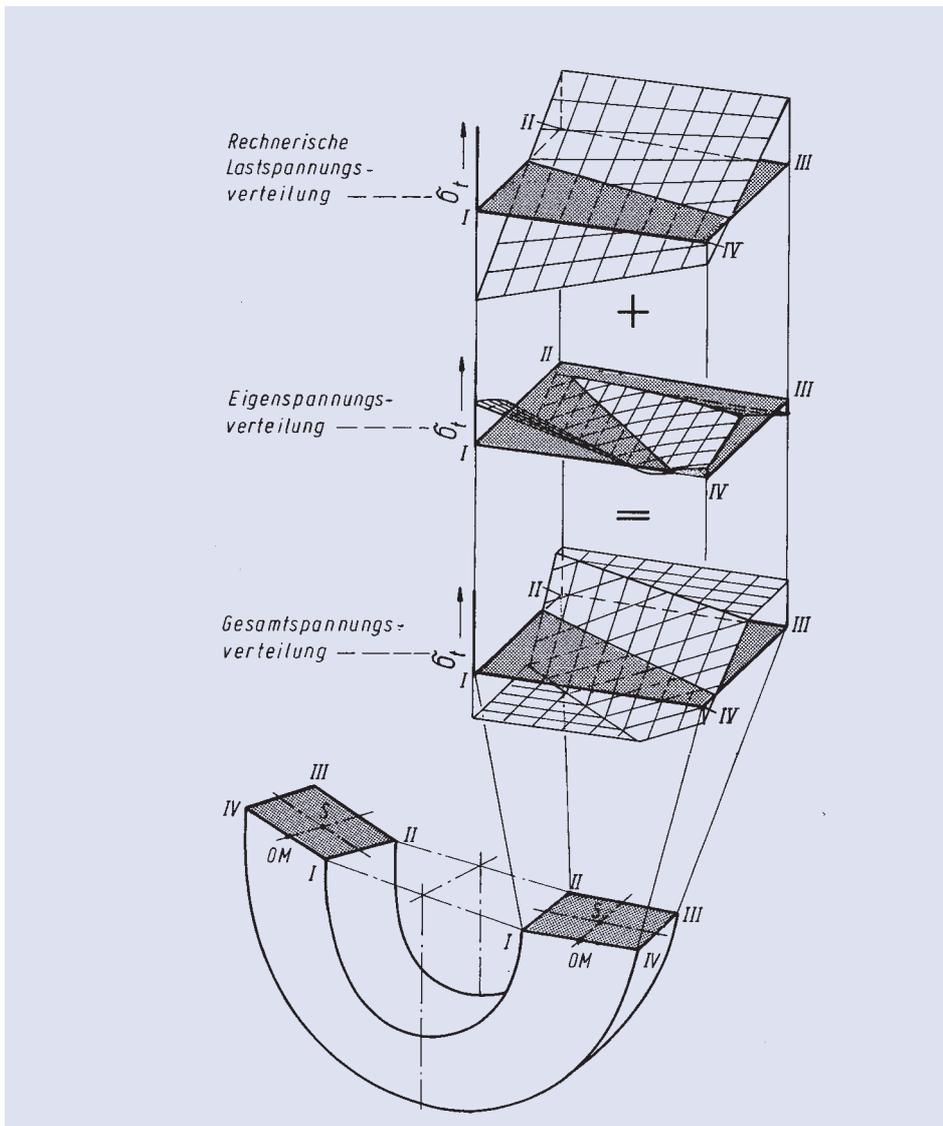


Abb. 3.12:
Überlagerung von
Lastspannungen und
Eigenspannungen zur
Gesamtspannung

An der Querschnittsstelle I der Federoberseite tritt bei Belastung die höchste Spannung innerhalb der Feder auf. Diese Spannung ist eine Druckspannung und maßgebend für das Setzverhalten der Feder. Unter Setzverhalten versteht man eine teilplastische Verformung der Tellerfeder durch Überschreiten der Streckgrenze bei entsprechend hoher Einfederung und den damit verbundenen Bauhöhenverlust.

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 Querschnittssecken 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 (Abb. 3.13).

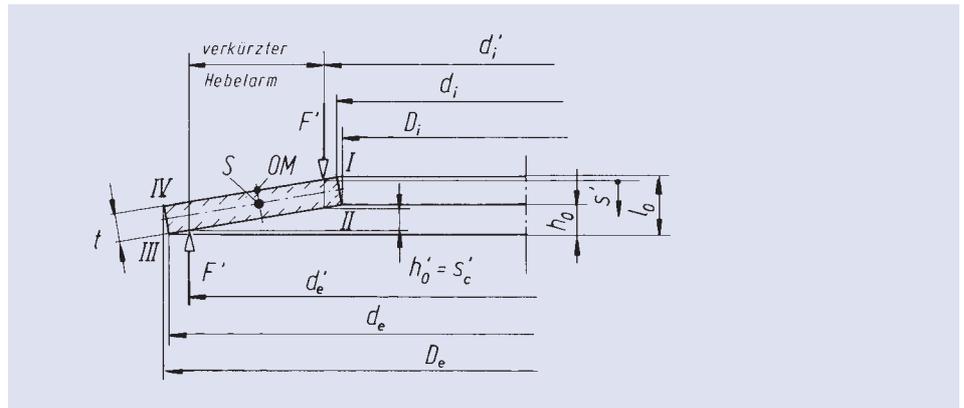


Abb. 3.13:
Abmessungsverhältnisse
bei Kräfteinleitung über
verkürzte Hebelarme

Tellerfedern mit Auflageflächen

Auflageflächen werden bei Tellerfedern mit einer Tellerdicke größer als 6 mm verwendet (Gruppe 3 der 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 (Abb. 3.14).

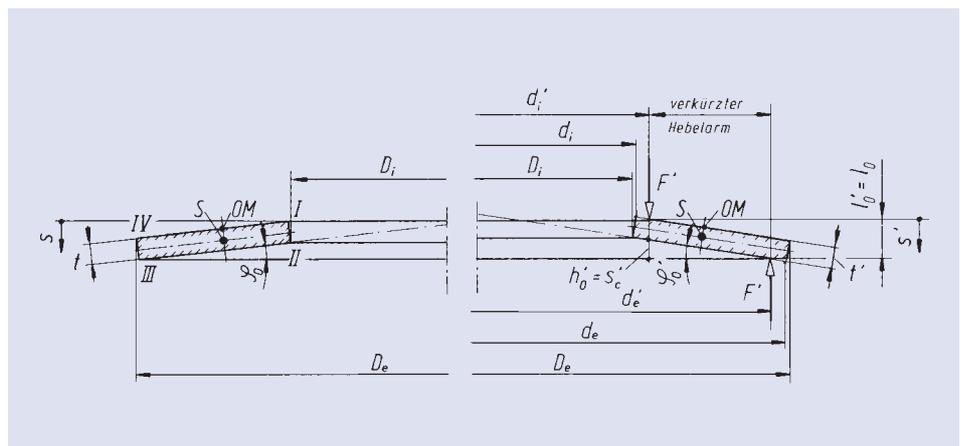


Abb. 3.14:
Gegenüberstellung einer
Tellerfeder ohne
Auflageflächen (links)
und einer Tellerfeder mit
Auflageflächen (rechts)

Tellerfedern mit Auflageflächen müssen die gleiche Auslegungskraft F (bei Einfederung $s = 0,75 \cdot h_0$) aufweisen wie Tellerfedern ohne Auflageflächen mit den gleichen Abmessungen D_e, D_i und l_0 .

Der daraus resultierenden Krafterhöhung wird durch eine Reduzierung der Tellerdicke entgegengewirkt. Wegen der Forderung nach gleicher Bauhöhe l_0 muss dann die Tellerfeder mit Auflageflächen einen höheren Aufstellwinkel $\varphi_0' > \varphi_0$ aufweisen. Dies hat einen Kennlinienverlauf zur Folge, der von dem der Normaltellerfeder bis auf den gemeinsamen Auslegungspunkt $F' (s=0,75 h_0) = F (s=0,75 h_0)$ geringfügig abweicht (Abb. 3.15).

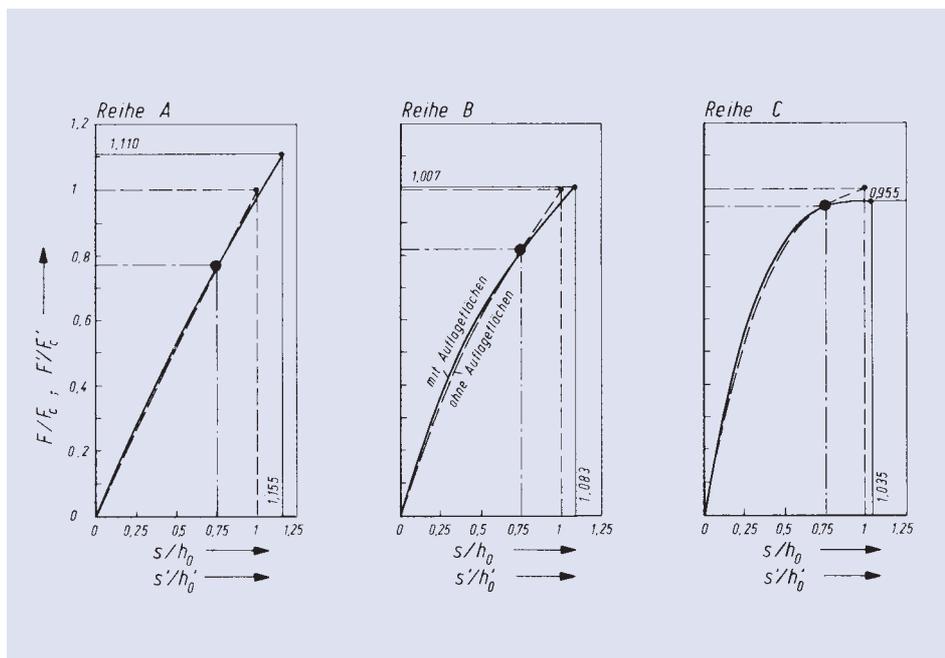


Abb. 3.15:
Gegenüberstellung der rechnerischen Kennlinienverläufe von Tellerfedern mit und ohne Auflageflächen

Die Reduzierung der Tellerdicke von t auf t' liegt bei den Tellerfedern nach DIN 2093 fest. Das Verhältnis der Tellerdicken t' und t beträgt bei Federn der Reihen A und B im Mittel $t'/t = 0,938$ und bei Federn der Reihe C im Mittel $t'/t = 0,955$. Die rechnerischen Lastspannungen werden für die Eckpunkte I bis IV des Querschnitts, die wegen der Kantenverrundungen gar nicht mehr vorhanden sind, errechnet. Sie sind daher etwas höher, als sich für die noch vorhandenen Eckbereiche bei genauer Rechnung ergeben würde. Da sie ohnehin nur Nominalwerte darstellen, ist der Fehler unerheblich.

Sonderfälle

Umrechnungen bei der Verwendung von Sonderwerkstoffen

Die für einen scharfkantigen Rechteckquerschnitt geltenden Kennliniengleichungen liefern gegenüber genauen Theorien bei der Rechnung für Federstahl mit $E = 206000 \text{ N/mm}^2$ 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 Finiten-Element-Methode).

Extrem kleines Durchmesser Verhältnis

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

3.2.4 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

Federpakete aus n -gleichen Tellern ver- n -fachen die rechnerische Einzelkraft bei gleichbleibender Einfederung (Abb. 3.16).

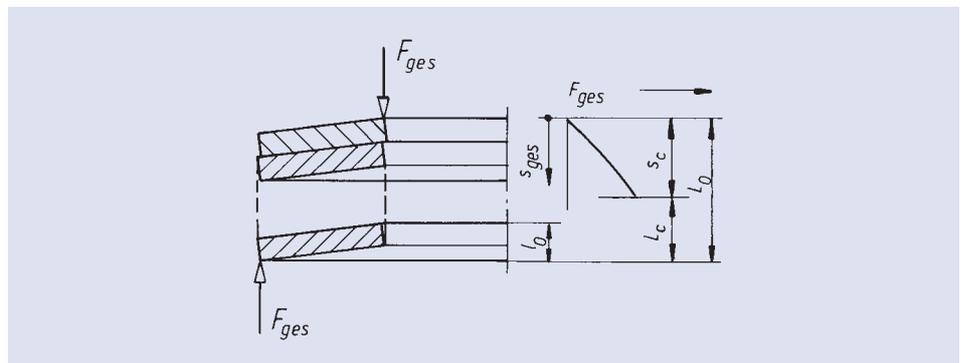


Abb. 3.16:
Federpaket aus n Einzeltellern (Die Einfederung ist wegen der besseren Lesbarkeit vergrößert eingezeichnet)

Die Länge L_0 des unbelasteten Federpaketes berechnet sich aus: $L_0 = l_0 + (n-1) \cdot t$

Bei Vernachlässigung der Reibung erhält man für die Einfederung:

| Einfederung : $s_{ges} = s$

| Federkraft: $F_{ges} = n \cdot F$

Tellerfedersäule

Federsäulen aus i -wechselsinnig geschichteten Einzeltellern ver- i -fachen die Einfederung bei gleichbleibender Federkraft (Abb. 3.17).

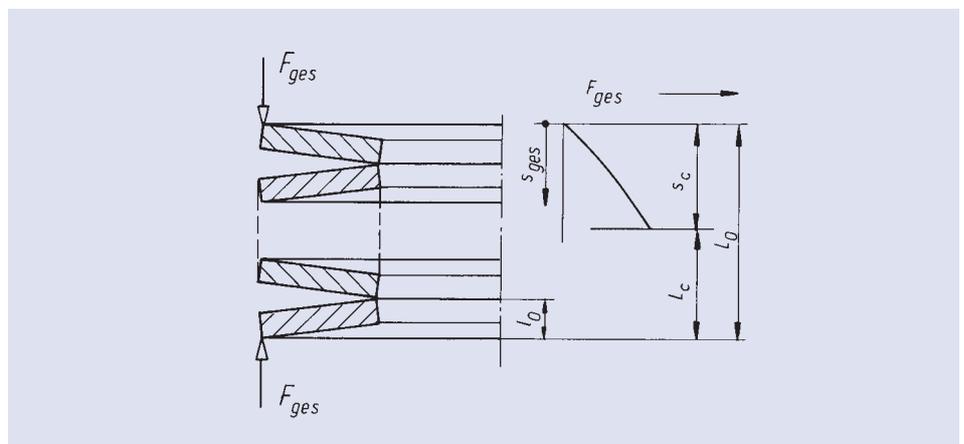


Abb. 3.17:
Federpaket aus i Einzeltellern

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

Zur Erzielung progressiver Kennlinien bieten sich gemäß Abb. 3.7 Säulen aus Federpaketen unterschiedlicher Tellerzahl (große Reibung) oder Säulen aus Einzelfedern unterschiedlicher Tellerdicke und Bauhöhe (kleine Reibung) an.

Die Progression erreicht man in beiden Fällen dadurch, dass das jeweils schwächere Paket – bzw. die jeweils schwächere Feder – nach Erreichen der Planlage oder evtl. vorhandener Hubbegrenzungen ausgeschaltet ist und damit keinen Einfederungsbeitrag mehr leistet (Abb. 3.18).

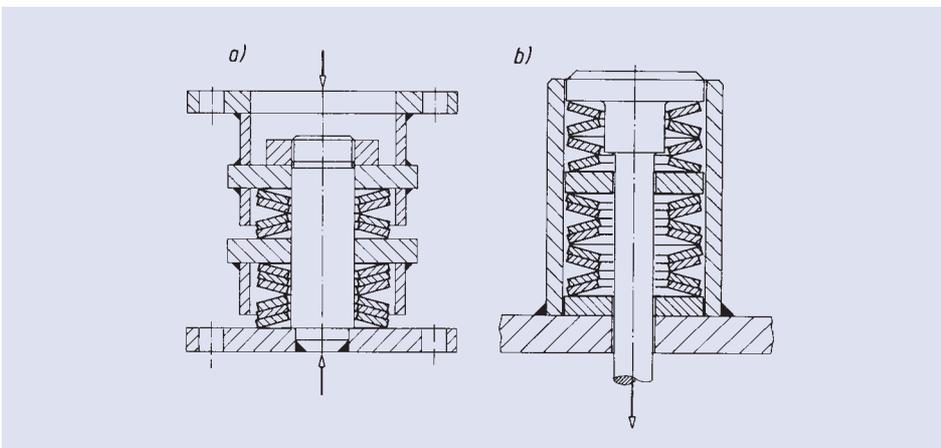


Abb. 3.18: Federsäulen mit progressiver Kennlinie und Hubbegrenzungen zur Vermeidung von Überbeanspruchungen:
a) Glocke b) Anschlag

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 (im Berechnungsprogramm kann der Einfluss der Reibung nicht berücksichtigt werden).

Führungen

Federpakete und Federsäulen müssen geführt werden. Dies geschieht durch Führungselemente wie

- | einem Führungsdorn (*Innenführung*, Abb. 3.19 a)
- | einer Führungshülse (*Außenführung*, Abb. 3.19 b) oder durch

| selbstzentrierende Maßnahmen (Führung durch Kugeln (Abb. 3.19 c) oder durch federharte Drahtsegmente)

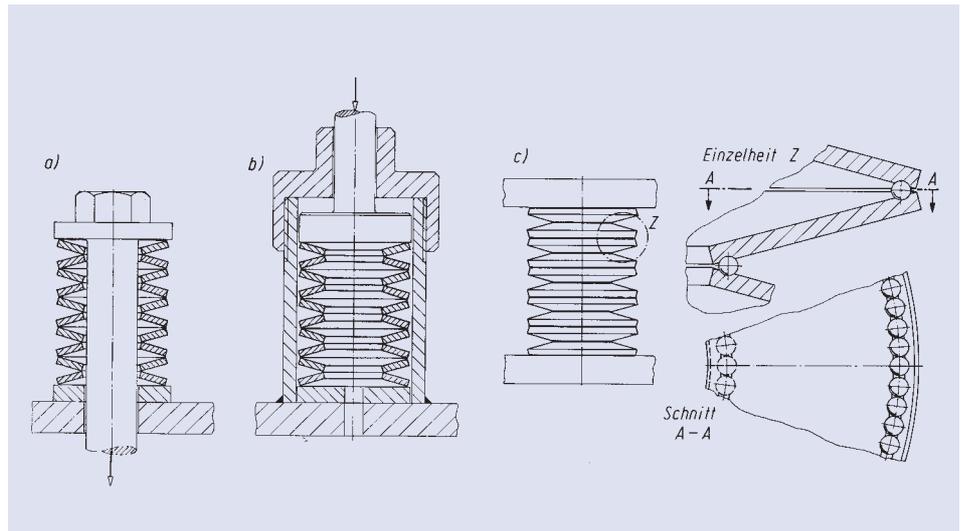


Abb. 3.19: Unterschiedliche Säulenführungen

Sowohl bei Innen- als auch bei 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 ist ein Spiel T zwischen Federsäule und Führungselement erforderlich (Abb. 3.20), um die Schmiermittelverdrängung nicht zu behindern und eine einwandfreie Führung zu sichern. Tabelle 3.2 gibt für beide Führungsarten die Spiele T , abhängig vom Tellerinnendurchmesser D_i (bei Innenführung) bzw. vom Telleraußendurchmesser D_e (bei Außenführung) wieder.

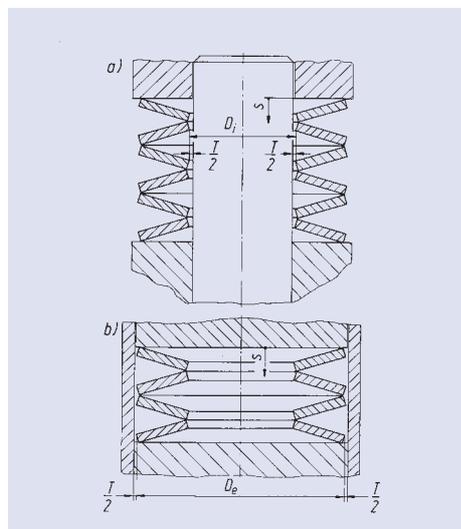


Abb. 3.20: Federführung (a) innen, (b) außen, Spiel T zwischen Federn und Führungselement

Tabelle 3.2: Gesamtspiel zwischen Tellerfeder und Führungselementen

Di oder De (mm)		Gesamtspiel T (mm)
-	bis 16,0	0,2
über 16	bis 20,0	0,3
über 20	bis 26,0	0,4
über 26	bis 31,5	0,5
über 31,5	bis 50,0	0,6
über 50	bis 80,0	0,8
über 80	bis 140,0	1,0
über 140	bis 250,0	1,6
über 250	-	2,0

Selbstzentrierte Tellerfedersäulen

Bei selbstzentrierten Säulen kann auf eine Innen- und Außenführung verzichtet werden. In der Praxis kommen zurzeit 3 Ausführungen selbstzentrierter Tellerfedersäulen zur Anwendung.

a) Kugelzentrierte Tellerfedersäule

Die Tellerfedern haben am Innen- und Außendurchmesser flache Ringnuten, in welche gehärtete Stahlkugeln eingelegt werden. Die Führung der Tellerfeder ist nahezu reibungsfrei. Kugelzentrierte Säulen werden vorwiegend bei größeren Tellerfederabmessungen angewendet.



Abb. 3.21:
Kugelzentrierte Säule

b) Drahtzentrierte Tellerfedersäule

Eine drahtzentrierte Tellerfedersäule ist eine kostengünstigere Alternative zur kugelzentrierten Säule. Hierbei werden die Kugeln durch Drahtsegmente substituiert, allerdings ist die Reibung geringfügig größer als bei Kugelzentrierung.



Abb. 3.22:
Drahtzentrierte Säule

c) Alternative Säulenführung

Alternativen zur Zentrierung von Tellerfedersäulen sind möglich (Haltering, T-Ring etc.).



Abb. 3.23:
Haltering

3.2.5 Ermittlung der zulässigen Beanspruchung

Die Lebensdauer von Tellerfedern hängt entscheidend von Art und Dauer ihrer Beanspruchung ab (Abb. 3.24).

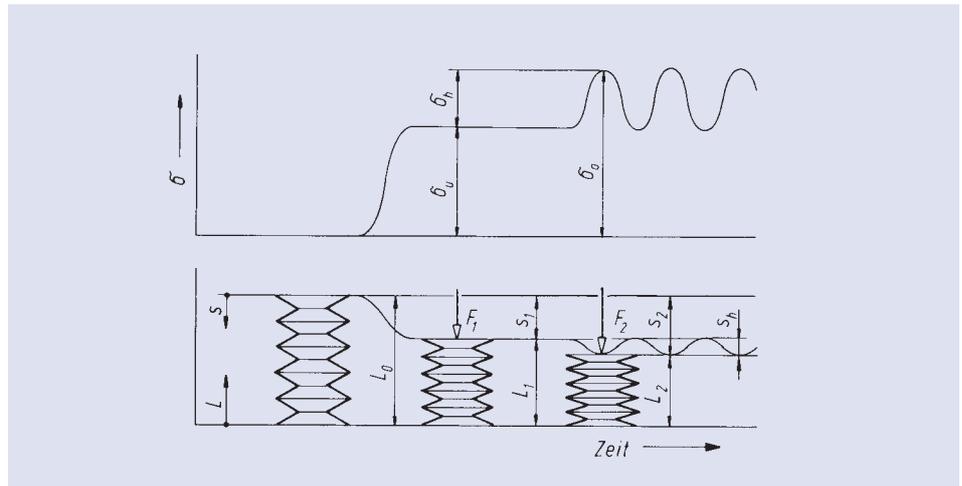


Abb. 3.24: Zeitlicher Bewegungsablauf bei schwingender Beanspruchung. Oben: Spannungs-Zeit-Funktion
Unten: Einfederungs-Zeit-Funktion

Man unterscheidet 3 Beanspruchungsfälle:

- a) Statische bzw. selten wechselnde Beanspruchung mit weniger als 10^4 Lastwechseln während der vorgesehenen Lebensdauer
- b) Wechselnde Beanspruchung im Zeitfestigkeitsbereich $10^4 < N < 2 \cdot 10^6$ bis zum Bruch
- c) Schwingende Beanspruchung mit praktisch unbegrenzter Lebensdauer $N > 2 \cdot 10^6$ Lastwechsel

Zu a) 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 Edelstahl nach DIN 17221 und DIN 17222 sollte die für die Stelle I errechnete Druckspannung in der Planlage $s_c = h_0$ die in Tabelle 3.3 aufgeführten Werte nicht überschreiten.

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.

D_e/D_i	σ_{lc} (N/mm ²)
1,5	-2600
2,0	-3400
2,5	-3600

Tabelle 3.3: Maximal zulässige Blockspannungen

Zu b) und c) Für Tellerfedern mit schwingender Beanspruchung sind die rechnerischen Zugspannungen an der Unterseite der Tellerfeder maßgebend, da Dauerbrüche stets von hier ihren Anfang nehmen. Entscheidend für den Schwingungsbruch ist dabei diejenige Querschnittsstelle II oder III, an der die jeweils größere rechnerische Hubspannung 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 $\sigma_l = -600 \text{ N/mm}^2$. 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 Untersuchungserfahrungen mit Mubea Tellerfedern sind die nachfolgend dargestellten Schwingfestigkeitsdiagramme (Abb. 3.25, 3.26, 3.27). Sie geben jeweils die zulässige rechnerische Spannung an der für den Schwingungsbruch maßgebenden Tellerunterseite an. Die Schwingfestigkeitsdiagramme sind für unterschiedliche Tellerdicken und Lastwechselzahlen ermittelt worden.

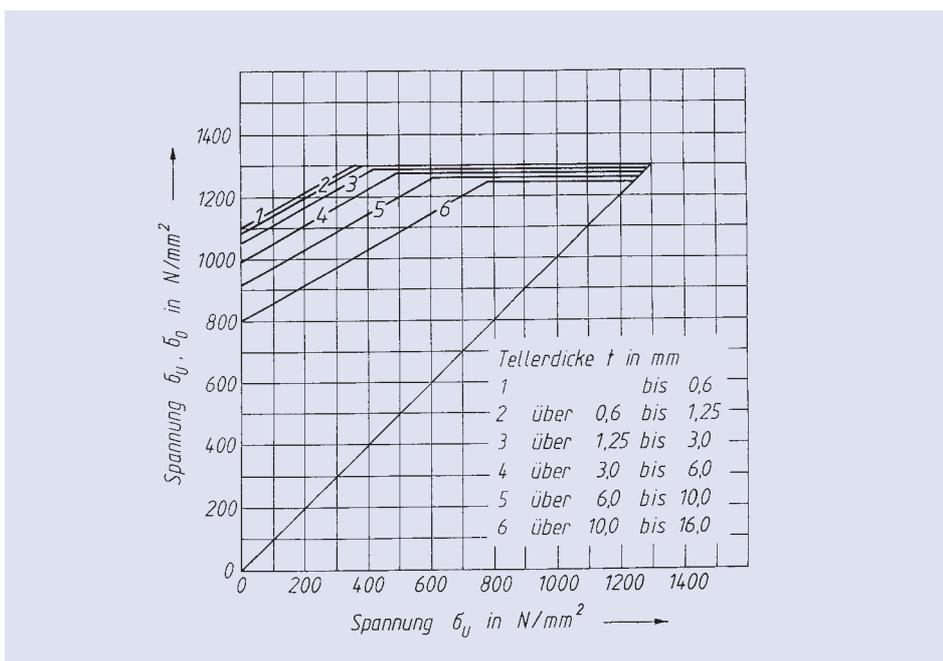


Abb. 3.25: Schwingfestigkeitschaubild für $N = 10^5$ Lastspiele

Die Diagramme gelten für Tellerfedern der Gruppen 2 und 3 aus 50 CrV 4 und der Gruppe 1 aus Ck 67 für eine 99 %ige Überlebenswahrscheinlichkeit unter folgenden Bedingungen:

- Federsäulen mit maximal 10 Einzeltellern, wechselsinnig geschichtet
- sinusförmige Einfederungs-Zeit-Funktion bei konstantem Hub und konstanter Frequenz unterhalb der zulässigen Erwärmungsgrenze gemäß Bild 3.24
- einwandfreie Führung auf vorschriftsmäßigen Führungselementen (Dorn oder Hülse) sowie gehärteten und geschliffenen Lasteinleitungsflächen an den Säulenenden

- d) einwandfreie Schmierung
- e) Raumtemperatur, normale Atmosphäre, d.h. keine hohe Luftfeuchtigkeit, keine aggressiven chemischen Substanzen etc.

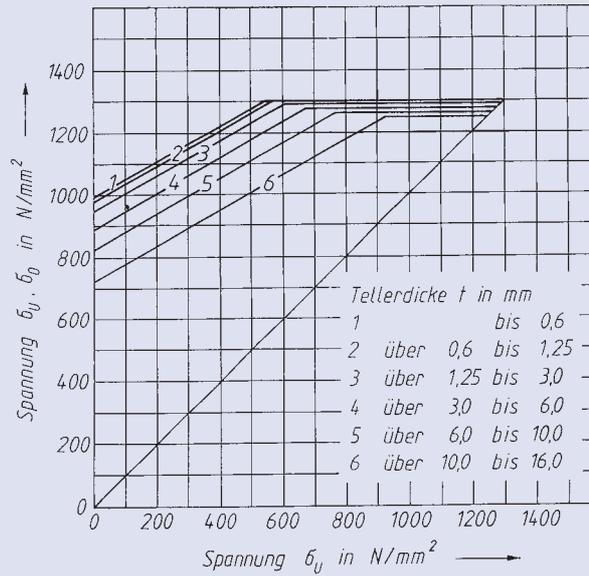


Abb. 3.26 rechts:
Schwingfestigkeits-
schaubild für $N = 5 \cdot 10^5$
Lastspiele

54

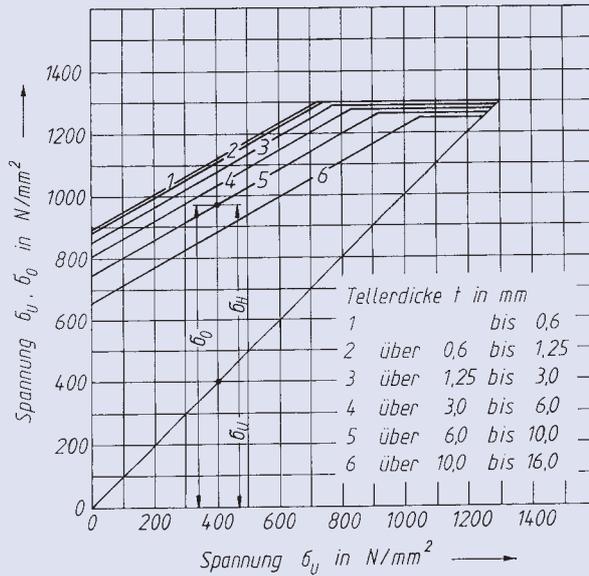


Abb. 3.27:
Schwingfestigkeits-
schaubild für $N = 2 \cdot 10^6$
Lastspiele

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 Ein-

federn der Einzelfedern bzw. Pakete in der Säule zurückzuführen. Hierfür sind maßgeblich:

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

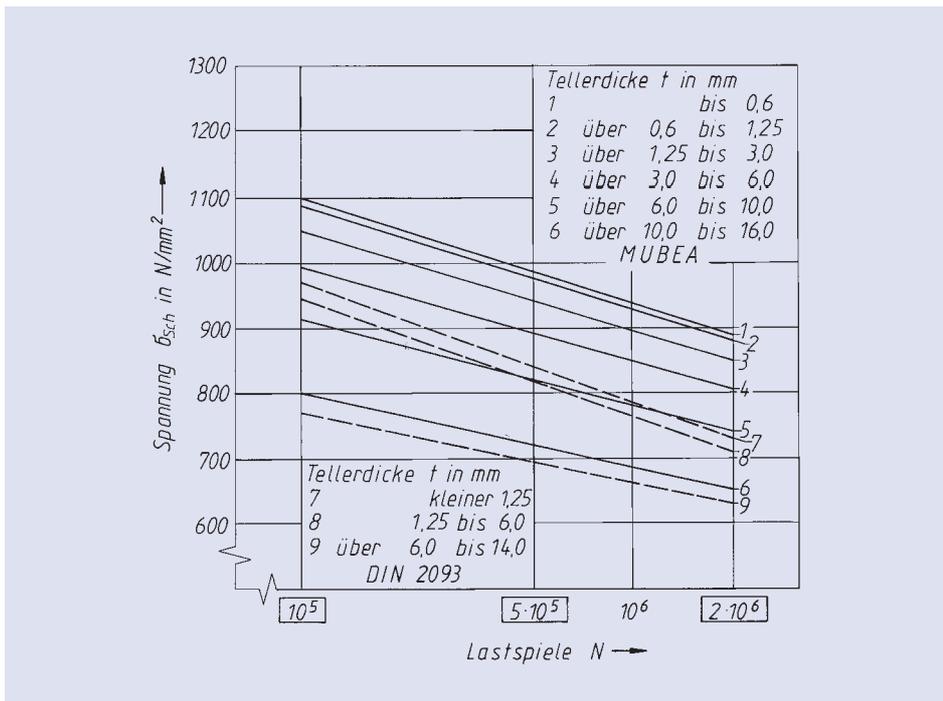


Abb. 3.28: Wöhler-Kurven nach Mubea und DIN 2093 im Vergleich

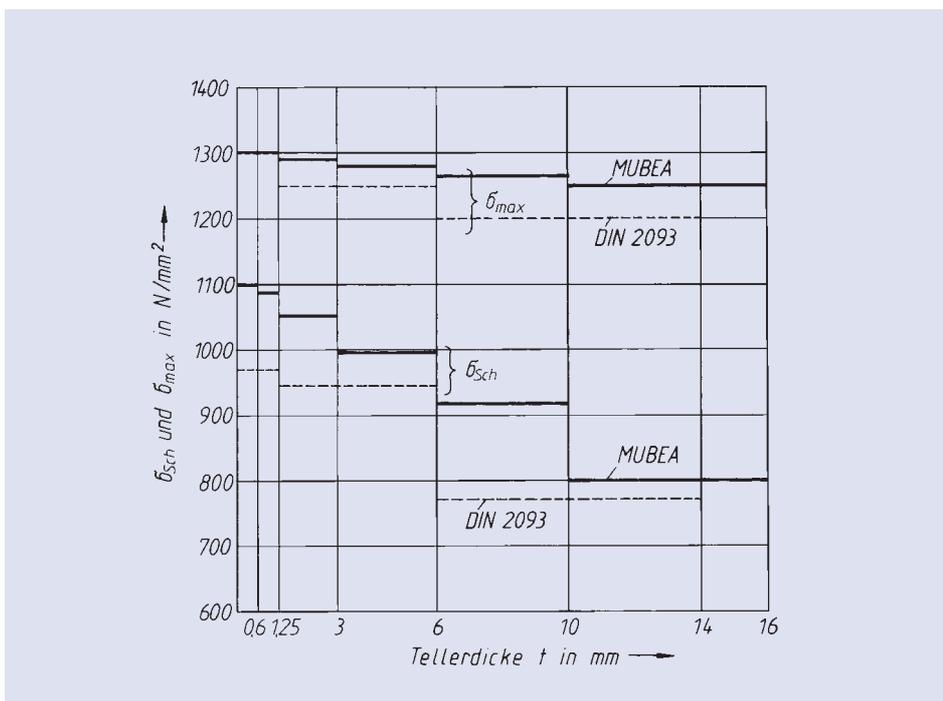


Abb. 3.29: Vergleich der Schwellspannung σ_{Sch} und maximalen Spannungen σ_{max} nach Mubea mit denen der DIN 2093 für $N = 10^5$

Mubea Tellerfedern ertragen beträchtlich höhere dynamische Beanspruchungen bzw. Lastspielzahlen als nach der DIN 2093 gefordert. Dies macht der Vergleich der den Schwingfestigkeitsschaubildern zugrundeliegenden Schwellspannungen σ_{Sch} und maximal zulässigen Spannungen σ_{max} mit den entsprechenden Werten der Norm deutlich (Abb. 3.28/3.29).

3.2.6 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:

- 1) Betrag der Lastspannung, die zweckmäßig durch σ_1 ausgedrückt wird
- 2) Eigenspannungszustand resultierend durch den Vorsetzprozess in der Fertigung
- 3) Betriebstemperatur
- 4) Werkstofffestigkeit, insbesondere auch bei höheren Temperaturen (Warmfestigkeit)
- 5) Belastungsdauer

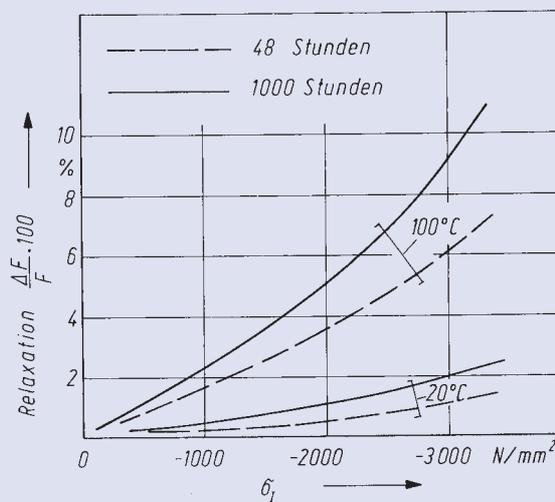


Abb. 3.30: Zulässige Relaxation für Tellerfedern aus Ck-Stählen nach EN 10132-4

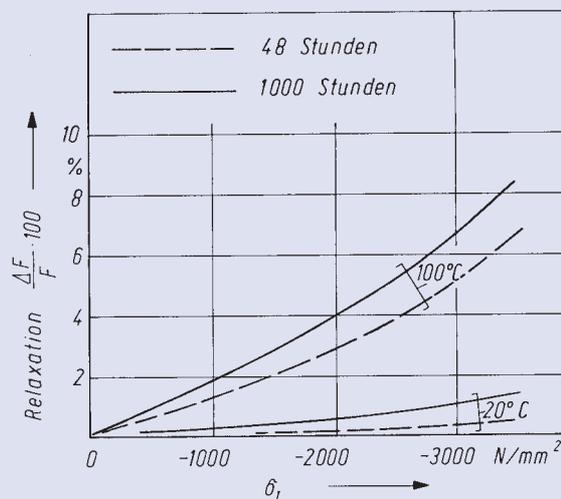


Abb. 3.31: Zulässige Relaxation für Tellerfedern aus chrom- sowie chromvanadium-legierten Edelmetallen nach DIN 17221 und EN 10132-4

Warmvorgesetzte Federn weisen etwa gleiche Oberflächeneigenspannungen auf wie kalt vorgesetzte Federn. Sie haben jedoch eine tiefer ins Material reichende Plastifizierungszone und damit einen weniger steilen Eigenspannungsabfall. Die Folge ist eine geringere Nachsetzneigung als bei kalt vorgesetzten Federn. Zulässige Relaxationswerte für kalt vorgesetzte Federn sind in den Abb. 3.30 und 3.31 zusammengestellt. Bei höheren Arbeitstemperaturen als 100 °C wende man sich an Mubea.

3.2.7 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. 3.32 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.

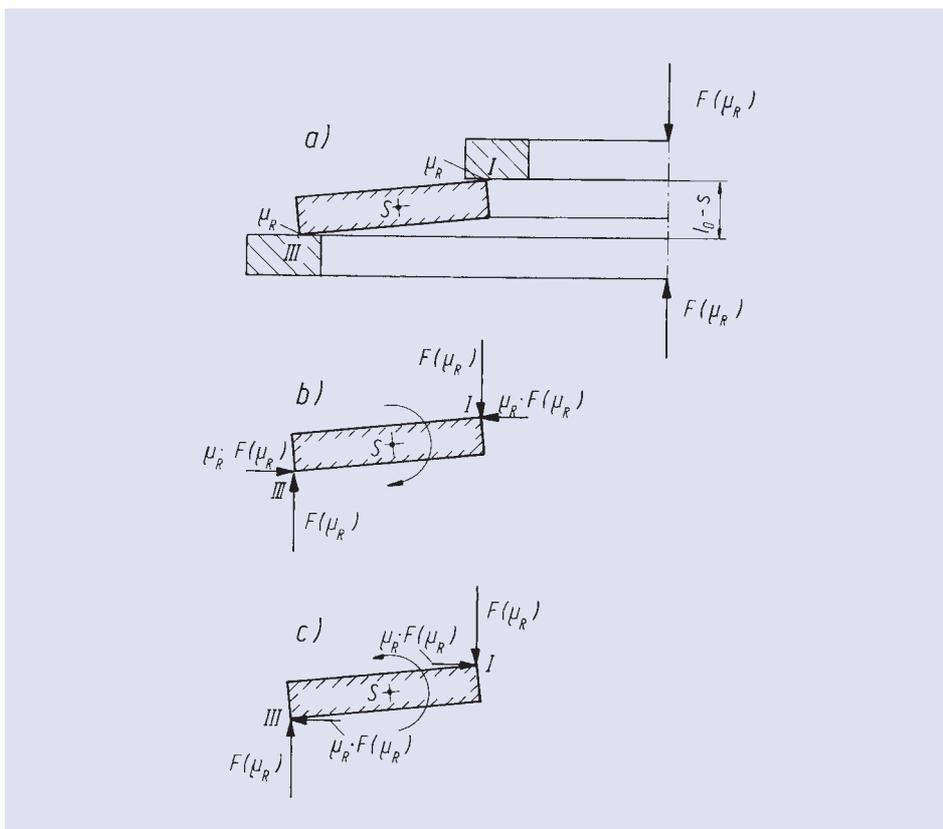
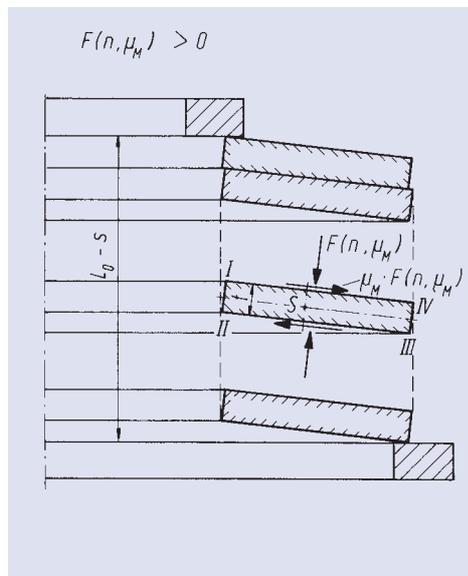


Abb. 3.32
Einzeltellerfeder
mit Eckenreibung
a) Gesamtansicht
b) Einfederung
c) Ausfederung

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 paketendseitigen 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 (Abb. 3.33). 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.



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 (Abb. 3.34). 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 .

Abb. 3.33: Reibungskräfte am Tellerfederpaket

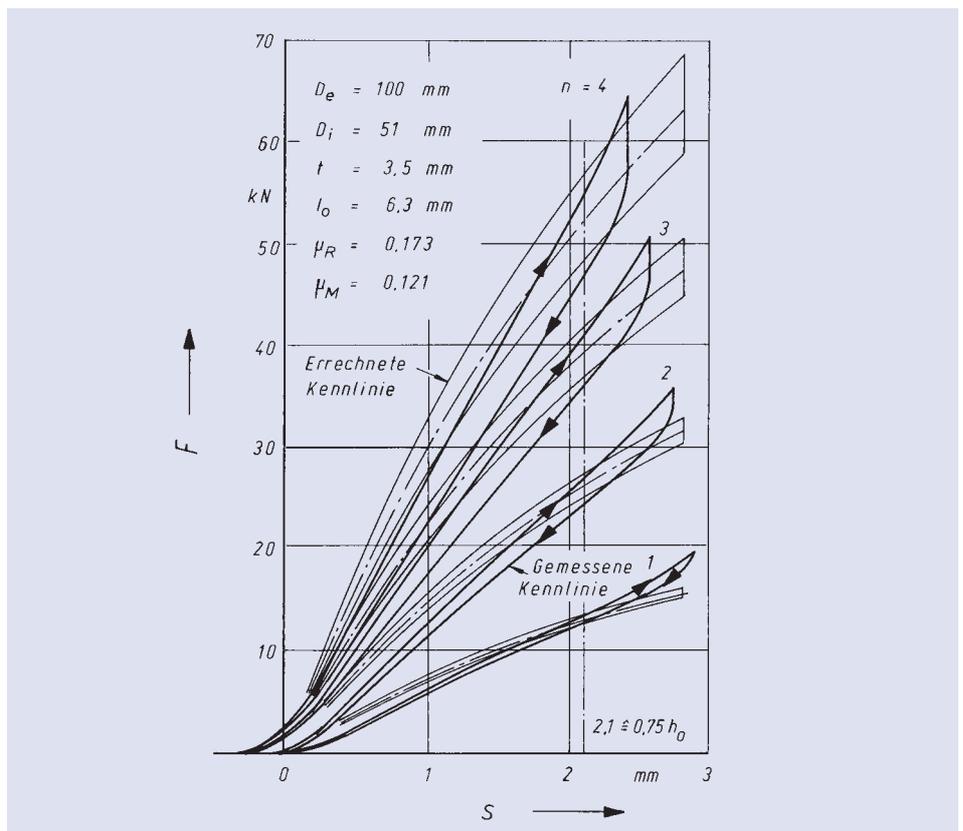


Abb. 3.34: Gegenüberstellung gemessener und gerechneter Kennlinien für die Einzelfeder und Federpakete mit $n = 2$ bis 4 Tellern

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 außen geführt. Bei Verwendung reibungsarmer Tellerfedern sind die möglicherweise hieraus entstehenden Reibungskräfte gegenüber den vorerwähnten Reibungskräften meistens vernachlässigbar klein.

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.

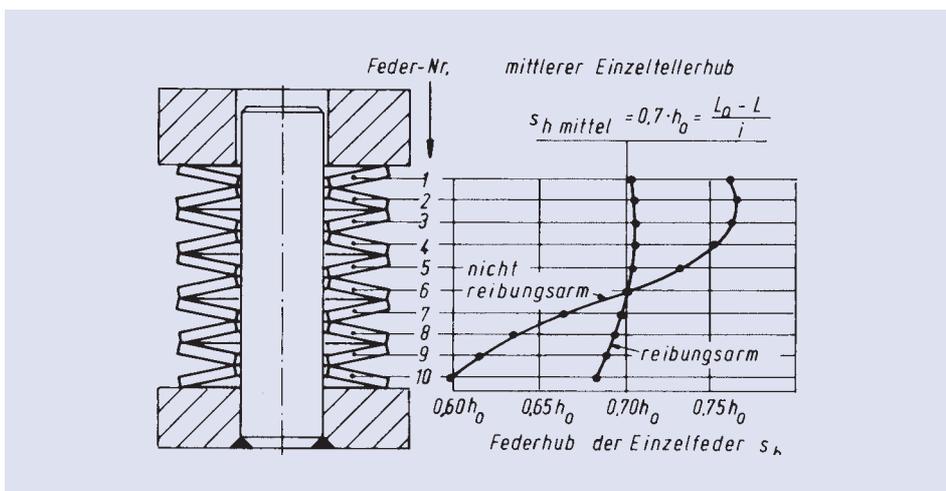


Abb. 3.35 Federhöhe der Einzelfedern in der Säule in Abhängigkeit vom Bohrungsprofil

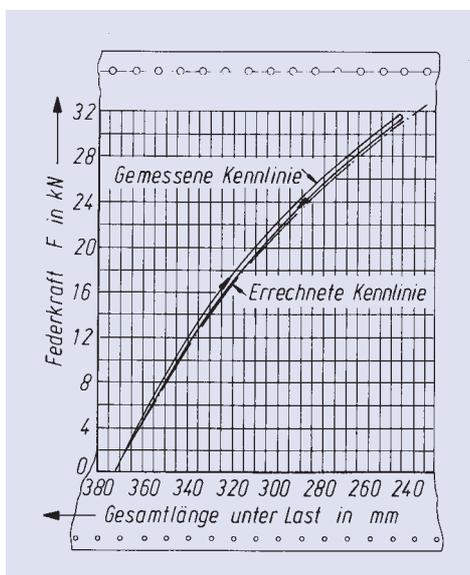


Abb. 3.35 zeigt die Verbesserung der Einfederungsverteilung auf die Säule bei Benutzung reibungsarmer Tellerfedern. Die gemessenen Be- und Entlastungskennlinien derartiger Federsäulen unterscheiden sich voneinander und von der errechneten Kennlinie nur unwesentlich (Bild 3.36). Bei der Verwendung von Federpaketen in der Säule gelten diese fast idealen Verhältnisse nicht mehr.

Die Abweichung der Einzelteller von der geometrischen Idealform führt zu einer ungleichförmigen Lastüberleitung von einer Feder des Pakets zur anderen. Die

Abb. 3.36: Vergleich der gemessenen Kennlinie mit der errechneten Kennlinie für eine Federsäule aus 10 Federn

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.

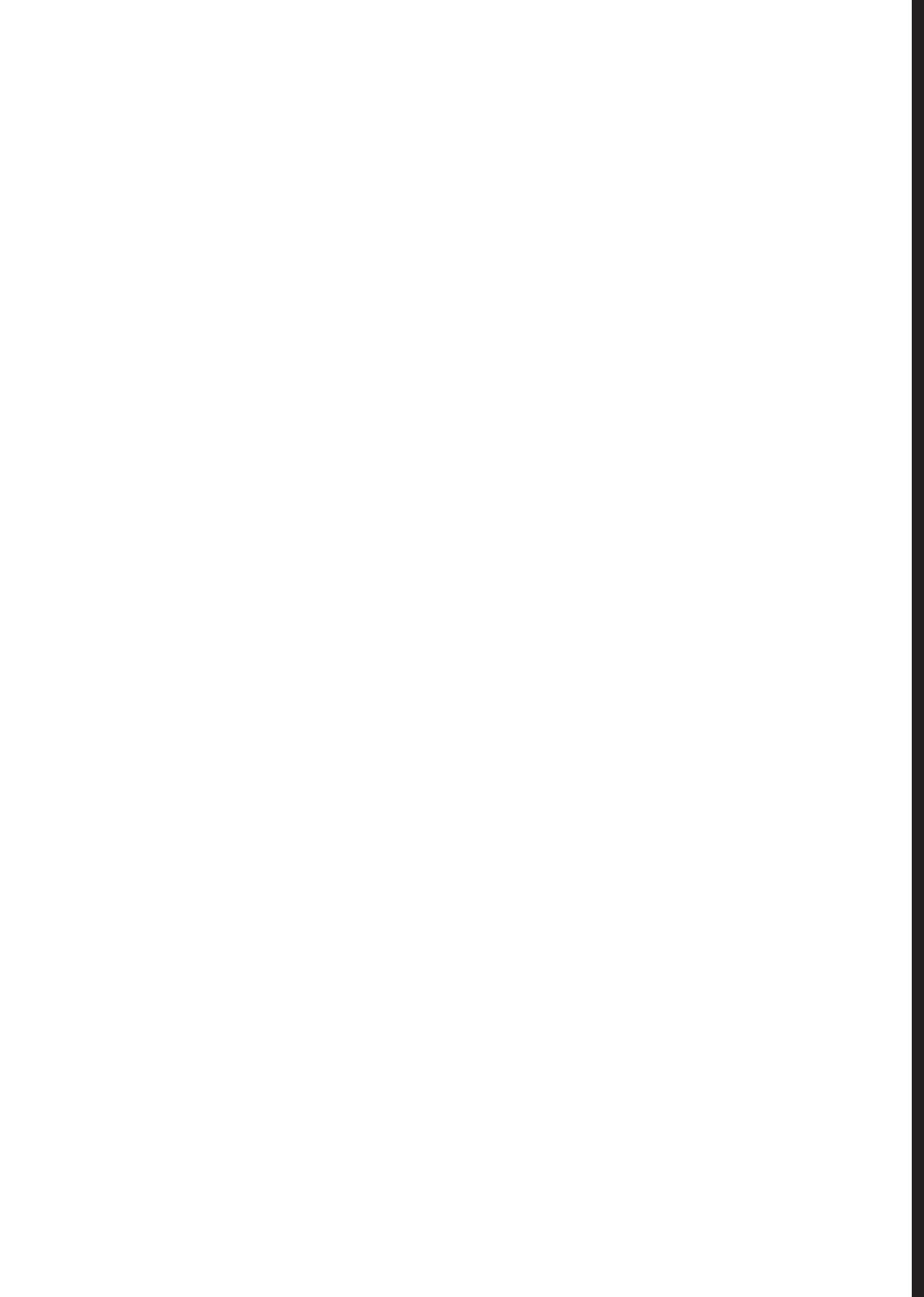
Es muss deshalb betont werden, dass die Benutzung von Federpaketen in Tellerfedersäulen zu ungleichmäßigen Einfederungen und bei hohen Frequenzen zu erhöhten Arbeitstemperaturen führen kann. Die Folge ist eine verminderte Gesamtlebensdauer der Federsäule.

3.3 Formelzeichen, Maßbuchstaben, Benennungen und Einheiten

D_e	Außendurchmesser in mm	Δl	Längenverlust infolge Kriechens in mm
D_i	Innendurchmesser in mm	N	Anzahl der Lastspiele bis zum Bruch
D_o	Durchmesser des Stülpmittelpunktkreises in mm	R	Federrate in N/mm
E	Elastizitätsmodul in N/mm ²	T	Gesamtspiel in mm
F	Federkraft des Einzeltellers ohne Auflageflächen in N	W	Federungsarbeit in Nmm
F_1, F_2, F_3	... Federkräfte, zugeordnet den Einfederungen s_1, s_2, s_3 in N	h_o	Einfederung bis zur Planlage bei Tellerfedern ohne Auflageflächen $h_o = l_o - t = s_c$ in mm
F_c	Errechnete Federkraft für den plattgedrückten Zustand der Feder in N	i	Anzahl der wechselsinnig zu einer Säule aneinandergereihten Einzelteller oder Federpakete
F_{ges}	Federkraft einer Einzelfeder mit Reibung oder eines Federpakets bzw. einer Federsäule in N	l_o	Bauhöhe des unbelasteten Einzeltellers in mm
ΔF	Kraftabfall infolge Relaxation in N	n	Anzahl der gleichsinnig zu einem Paket geschichteten Einzelteller
L_o	Länge der unbelasteten Federsäule bzw. des unbelasteten Federpakets in mm	s	Einfederung (Federweg) des Einzeltellers ohne Auflageflächen in mm
L_1, L_2, L_3	... Längen der belasteten Federsäule bzw. des belasteten Federpakets, zugeordnet den Federkräften F_1, F_2, F_3 in mm	s_1, s_2, s_3	... Einfederungen, zugeordnet den Federkräften F_1, F_2, F_3 , in mm
L_c	Errechnete Länge der Federsäule oder des Federpakets im plattgedrückten Zustand in mm	s_{ges}	Einfederung der Federsäule oder des Federpakets. Empfohlener Höchstwert: $s_{ges} = 0,8 \cdot (L_o - L_c)$ in mm
		t	Dicke des Einzeltellers bei Federn ohne Auflageflächen in mm

t'	Reduzierte Dicke des Einzeltellers bei Federn mit Auflageflächen in mm	σ_h	Rechnerische Hubspannung $\sigma_h = \sigma_o - \sigma_u$, zugeordnet dem Arbeitsweg bei Tellerfedern mit Schwingbeanspruchung in N/mm ²
φ_o	Aufstellwinkel	σ_o	Zulässige Oberspannung entsprechend den Schwingfestigkeits-schaubildern in N/mm ²
μ	POISSONzahl	σ_u	Zulässige Unterspannung entsprechend den Schwingfestigkeits-schaubildern in N/mm ²
μ_M , μ_R	COULOMBSche Reibungs-koeffizienten	σ_H	Zulässige Hubfestigkeit $\sigma_H = \sigma_o - \sigma_u$ entsprechend den Schwingfestigkeitsschaubildern in N/mm ²
$P_{\ddot{u}}$	Überlebenswahrscheinlichkeit	σ_t	Tangentiale Spannung in N/mm ²
σ	Rechnerische Spannung in N/mm ²	($'$)	Alle mit Strich versehenen Größen $F', s', h_o', t', d_e', d_i'$ etc. beziehen sich auf Tellerfedern mit Auflageflächen
σ_{max}	Maximale Lastspannung in N/mm ²	W	Federungsarbeit in Nmm
σ_{Sch}	Schwellspannung in N/mm ²		
$\sigma_I, \sigma_{II}, \sigma_{III}, \sigma_{IV}, \sigma_{OM}$	Rechnerische Spannungen für die Querschnittstellen I, II, III, IV und OM in N/mm ²		
σ_o	Rechnerische Oberspannung bei Tellerfedern mit Schwingbeanspruchung in N/mm ²		
σ_{Ic}	Rechnerische Spannung an Querschnittstelle I bei Planlage in N/mm ²		
σ_u	Rechnerische Unterspannung bei Tellerfedern mit Schwingbeanspruchung in N/mm ²		

Toleranzen



- 4.1 Allgemeine Toleranzen
- 4.2 Kraftprüfung von Tellerfedern
 - | Einzeltellerfeder
 - | Federsäule

4.1 Allgemeine Toleranzen

Die in den Tabellen 4.1 und 4.2 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'	zulässige Abweichung der Tellerdicke t	zulässige Abweichung der Bauhöhe l_0	zulässige Abweichung der Federkraft F bei l_0 -s mit $s = 0,75 h_0$ (%)	Härte (HRC)
	(mm)	(mm)	(mm)		
Gruppe 1 ohne Auflageflächen	0,2 bis 0,6	+ 0,02 - 0,06	+ 0,10 - 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		+ 0,30	+ 10	
	über 3,8 bis 6,0	+ 0,05 - 0,15	- 0,15	- 5	
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 4.1:
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)	Zulässige Abweichung $D_i H_{12}$ (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	0,60
> 80 bis 120	0 bis -0,35	0 bis +0,35	0,70
> 120 bis 180	0 bis -0,40	0 bis +0,40	0,80
> 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 4.2: Zulässige Abweichungen für Federdurchmesser und Koaxialität

4.2 Kraftprüfung von Tellerfedern

Einzelstellerfeder

Sofern nicht anders vereinbart, wird die statische Federkraft F der Einzelfeder bei der Länge

$$l = \text{theor. Bauhöhe } l_0 - 0,75 \cdot \text{theor. Federweg } h_0$$

geprüft. Es wird grundsätzlich beim Belasten der Feder gemessen. Die an beiden Tellerenden anzulegenden Druckplatten müssen gehärtet, geschliffen, poliert und leicht geölt sein. Für die üblichen Anwendungsfälle gelten die in Tabelle 4.1 angegebenen zulässigen Abweichungen von der Nennkraft F ($0,75 h_0$). Werden engere Krafttoleranzen gewünscht, so ist eine Rücksprache mit Mubea erforderlich. Bei kleineren Durchmesserhältnissen als $D_e/D_i \sim 1,8$ (Sondergröße) muss mit größeren Krafttoleranzen als in Tabelle 4.1 angegeben gerechnet werden. Für Sonderabmessungen sollten die Krafttoleranzen mit Mubea abgestimmt werden.

Federsäule

Die Prüfung der Kraftabweichung zwischen Be- und Entlastungskennlinie wird mit einer Federsäule aus 10 wechselsinnig aneinandergereihten Einzelfedern durchgeführt. Die Federn müssen auf einem Führungsdorn geführt sein (siehe Kapitel 3.2.4).

Die Einzelfedern sind bei der Schichtung abwechselnd links und rechts an den Führungsbolzen anzulegen, sodass der für die Reibung ungünstigste Fall vorliegt. Dieses gilt nicht für Sonderabmessungen, bei denen der Stülpmittelpunkt S unterhalb der durch den Eckenkreis II gebildeten Ebene liegt. Hierzu verweisen wir auf die an Mubea erteilte Patentschrift Nr. 1 273 267. In solchen Fällen müssen Sondervereinbarungen getroffen werden.

Die endseitigen Druckplatten müssen den Bedingungen im zuvor genannten Abschnitt entsprechen.

Die Federsäule ist auf mindestens $L_0 - 8 \cdot h_0$ zusammenzudrücken. Bei $L_0 - 7,5 \cdot h_0$ muss die Federkraft der Entlastungskennlinie mindestens den in Tabelle 4.3 angegebenen prozentualen Anteil der Federkraft der jeweiligen Belastungskennlinie ausmachen (Abb. 4.1).

Gruppe	Reihe		
	A	B	C
1	90,0		85,0
2	92,5		87,5
3	95,0		90,0

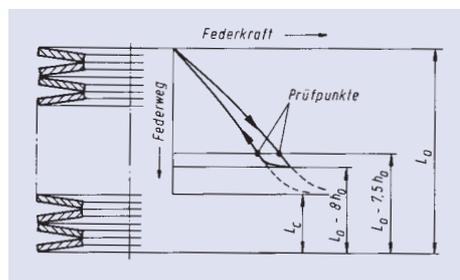
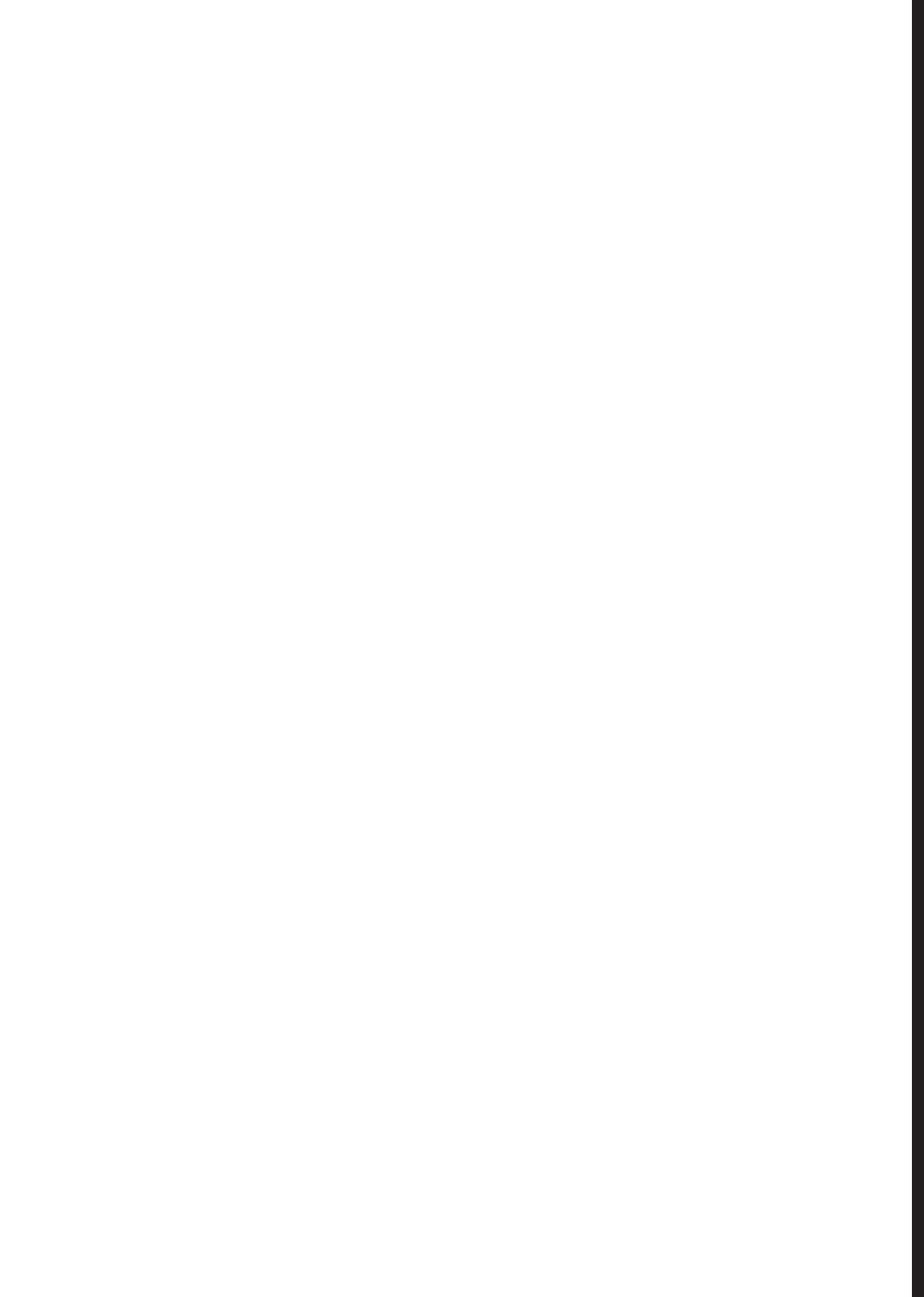


Tabelle 4.3:
Prozentualer Mindestwert
der Entlastungsfederkraft
bezogen auf die jeweilige
Belastungsfederkraft bei
 $L_0 - 7,5 \cdot h_0$

Abb. 4.1: Prüfpunkte auf
der Be- und
Entlastungskennlinie

Werkstoffe und Korrosionsschutz



- 5.1 Werkstoffe**
- 5.1.1 Standardwerkstoffe
- 5.1.2 Korrosionsbeständige Werkstoffe
- 5.1.3 Warmfeste Werkstoffe
- 5.1.4 Antimagnetische und korrosionsbeständige Werkstoffe
- 5.1.5 Hochwarmfeste Werkstoffe

- 5.2 Korrosionsschutz**
- 5.2.1 Phosphatschichten
- 5.2.2 Galvanische Schutzschichten
- 5.2.3 Mechanisches Verzinken
- 5.2.4 Delta-Tone-/Delta-Seal - Beschichtung
- 5.2.5 Dacromet - Beschichtung
- 5.2.6 Chemisches Vernickeln

5.1 Werkstoffe

Mubea Tellerfedern genügen höchsten Anforderungen hinsichtlich Dauerfestigkeit und Relaxation. Diese Eigenschaften werden maßgeblich durch die Wahl des Werkstoffs beeinflusst. Für Standardanwendungen werden die Federwerkstoffe Ck 67 und 50 CrV 4 eingesetzt. Diese Werkstoffe zeichnen sich durch hohe Wirtschaftlichkeit aus und werden daher bei Federn der Gruppe 1 (Ck 67) und Federn der Gruppen 2 und 3 (50 CrV 4) verwendet.

Darüber hinaus können für besondere Anforderungen an

- | Korrosionsbeständigkeit
- | Tief-/Hochtemperaturbeständigkeit und
- | Antimagnetismus

Sonderwerkstoffe eingesetzt werden.

Die besonderen Eigenschaften der bei Mubea verwendeten Werkstoffe können den nachfolgenden Tabellen entnommen werden.

Allgemein sei darauf hingewiesen, dass es sich bei den in den Tabellen 5.1 und 5.3 enthaltenen E-Moduln um experimentell ermittelte Werte handelt, die nur als Richtwerte dienen können. Insbesondere sollen sie einen Hinweis darauf geben, wie sich die Federcharakteristik mit steigender Einsatztemperatur gegenüber der Raumtemperatur ändert. In Tabelle 5.2 sind für die genannten Werkstoffe Richtwerte der chemischen Zusammensetzung angegeben.

Anwendungsprofil	Werkstoffbezeichnung	Werkstoffnummer	E-Modul bei 20° C (N/mm ²)	max. Materialdicke (mm)
Standardanforderungen	Ck 67 50 CrV 4	1.1231 1.8159 ¹⁾	206.000 206.000	1,25 25
Für große Materialstärken	51 CrMoV 4	1.7701	206.000	40
Korrosionsbeständig	X 12 CrNi 17 7 X 7 CrNiAl 17 7 X 5 CrNiMo 18 10	1.4310 ³⁾ 1.4568 1.4401	190.000 200.000 190.000	2 2,5 1,6
Warmfest	X 35 CrMo 17 X 30 WCrV 5 3 X 22 CrMo V 12 1	1.4122 1.2567 1.4923	209.000 206.000 209.000	8 20 8
Antimagnetisch und Korrosionsbeständig	CuBe 2 NiBe 2	2.1247 2.4132	135.000 200.000	3 3
Hochwarmfest	Inconel 718 Inconel X 750 Nimonic 90	2.4668 2.4669 2.4969	200.000 214.000 206.000	8 8 8

¹⁾ Werkstoff-Nr. 1.8159 bezeichnet auch Werkstoff 51 CrV 4 ²⁾ bei Warmvorsetzen bis ca. 200° C ³⁾ Werkstoff-Nr. 1.4310 bezeichnet auch Werkstoff X 10 CrNi 18 8
* sehr gut, ab Lager, ** 12-14 Wochen, *** 14-16 Wochen

Bezeichnung	Werkstoffnummer	Chemische Zusammensetzung in Gew.-Prozent (Richtwerte)							
		C	Si	Mn	P ≤	S ≤	Cr	Mo	Ni
Ck 67	1.1231	0,69	0,25	0,75	0,035	0,035			
50 CrV 4	1.8159	0,51	0,28	0,90	0,035	0,035	1,05		
51 CrMo 4	1.7701	0,52	0,28	0,90	0,035	0,035	1,05	0,20	
X 12 CrNi 17 7	1.4310	≤ 0,12	≤ 1,0	≤ 2,0	0,045	0,030	17,00		8,00
X 7 CrNiAl 17 7	1.4568	≤ 0,09	≤ 1,0	≤ 1,0	0,045	0,030	17,00		7,13
X 5 CrNiMo 18 10	1.4401	≤ 0,07	≤ 1,0	≤ 2,0	0,045	0,030	17,50	2,25	12,00
X 35 CrMo 17	1.4122	0,38	≤ 1,0	≤ 1,0	0,045	0,030	16,50	1,10	≤ 1,0
X 30 WCrV 5 3	1.2567	0,30	0,25	0,30	0,035	0,035	2,35		
X 22 CrMoV 12 1	1.4923	0,22	0,30	0,50	0,035	0,035	12,00	1,00	0,50
Cu Be 2	2.1247								*
Ni Be 2	2.4132								> 96
Inconel 718 (Ni Cr 19 Nb Mo)	2.4668	0,03	≤ 0,35	≤ 0,35	0,015	0,015	17,00	2,80	50,00
Inconel X 750 (Ni Cr 15 Fe 7 Ti Al)	2.4669	≤ 0,08	≤ 0,5	≤ 1,0			15,50		≤ 70
Nimonic 90 (Ni Cr 20 Co 18 Ti)	2.4969	0,09	≤ 1,0	≤ 1,0		0,015	19,50		Rest

* = Ni + Co 0,2-0,6%

DIN	Bezeichnung	Werkstoffnummer	Internationale Normen			
			Frankreich AFNOR	Großbritannien B.S.	GUS GOST	Italien UNI
	Ck 67	1.1231	XC 68	060 A 67	70	C 70
	50 CrV 4	1.8159	50 CV 4	735 A 50	50ChGFA	50 CrV 4
	51 CrMo 4	1.7701	51 CDV 4	-	-	51 CrMoV 4
	X 12 CrNi 17 7	1.4310	Z 12 CN 17.07	301 S 21	-	X 12 CrNi 1707
	X 7 CrNiAl 17 7	1.4568	Z 8 CNA 17.07	301 S 81	09Ch17N7Ju1	-
	X 5 CrNiMo 18 10	1.4401	Z 6 CND 17.11	316 S 16 316 S 31	-	X 5 CrNiMo 1712
	X 35 CrMo 17	1.4122	-	-	-	X 35 CrMo 17
	X 30 WCrV 5 3	1.2567	-	-	-	-
	X 22 CrMoV 12 1	1.4923	-	-	-	X 22 CrMoV 121
	Cu Be 2	2.1247	-	-	-	-
	Ni Be 2	2.4132	-	-	-	-
	Inconel 718 (Ni Cr 19 Nb Mo)	2.4668	-	-	-	-
	Inconel X 750 (Ni Cr 15 Fe 7 Ti Al)	2.4669	NC 15 TNbA	HR505	-	-
	Nimonic 90 (Ni Cr 20 Co 18 Ti)	2.4969	NC 20 KTA	2HR2 2HR202	-	-

Temperaturbereich (°C)	Beschaffungsmöglichkeit	Anwendungsbereich
-10 bis 100 -20 bis 150 ²⁾	* *	Anlagenbau, Maschinenbau, Automobilindustrie
-20 bis 150	*	Anlagenbau
-150 bis 200 -200 bis 200 -200 bis 200	* ** ***	Lebensmittelindustrie, chemische Industrie
-60 bis 300 -60 bis 350 -60 bis 350	*** *** ***	Kesselbau, Kraftwerksbau, Ofenbau, chemische Industrie
-250 bis 150 -200 bis 350	*** ***	Elektroindustrie, Tieftemperaturtechnik, Supraleittechnik, Satellitentechnik
-200 bis 500 -200 bis 500 -200 bis 600	** *** ***	Kessel- und Ofenbau, chemische Industrie

Tabelle 5.1:
Werkstoffrichtwerte für die Auslegung von Tellerfedern

V	W	Al	Ti	Be	Cu	Co	Fe	Nb
0,15								
0,10								
		1,13						
0,60	4,25							
0,30								
				1,95	Rest	*		
				1,75				
		0,40	0,65		≤ 0,1	≤ 1,0		4,75
		0,70	2,50		≤ 0,5		7,00	0,95
		1,40	2,35		≤ 0,2	16,50	≤ 2,0	

Tabelle 5.2: Richtwerte der chemischen Zusammensetzung verschiedener Werkstoffe

	Japan JIS	Schweden SS	Spanien UNE	USA AISI/SAE
	-	1770	-	1070
	SUP 10	2230	F.1430	6150
	-	-	-	-
	SUS 301	2331	F.3517	301
	SUS 631	2388	-	631
	SUS 316	2347	F.3543 F.3534	316
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	-
	-	-	-	AMS 5598A
	-	-	-	AMS 5829

Tab. 5.4:
Gegenüberstellung der Werkstoffbezeichnungen nach DIN und internationalen Normen

Bezeichnung	Werkstoff- Nummer	Elastizitätsmodul (kN/mm ²) bei							
		20°C	100°C	200°C	300°C	400°C	500°C	600°C	700°C
Ck 67	1.1231	206	202						
50 CrV 4	1.8159	206	202	196					
51 CrMo 4	1.7701	206	202	196					
X 12 CrNi 17 7	1.4310	190	185	178					
X 7 CrNiAl 17 7	1.4568	200	195	190					
X 5 CrNiMo 18 10	1.4401	190	185	178					
X 35 CrMo 17	1.4122	209	205	199	192				
X 30 WCrV 5 3	1.2567	206	202	196	189	178			
X 22 CrMoV 12 1	1.4923	209	205	200	193				
Cu Be 2	2.1247	135	131	126					
Ni Be 2	2.4132	200	195	189	182	176			
Inconel 718 (Ni Cr 19 Nb Mo)	2.4668	200	196	190	186	179	172		
Inconel X 750 (Ni Cr 15 Fe 7 Ti Al)	2.4669	214	207	198	190	179	170		
Nimonic 90 (Ni Cr 20 Co 18 Ti)	2.4969	206	201	195	189	181	175	167	160

Tabelle 5.3:
Temperaturabhängigkeit
des Elastizitätsmoduls
(Richtwerte für Aus-
legung)

Verfahren	Schichtaufbau	Schichtdicke (µm)	Beständigkeit im Salzsprühnebeltest nach DIN 50 021						
			0	200	400	600	800	1000	
Phosphatieren	Zinkphosphat + Öl	10–15	Standardschutz						
Phosphatieren	Zinkphosphat + Wachs	10- 40							
Galv. Verzinken	Zink	≥ 8							
Galv. Verzinken	Zink	≥ 12							
Galv. Verzinken + Gelbchromat.	Zink + Chrom	≥ 8							
Galv. Verzinken + Gelbchromat.	Zink + Chrom	≥ 12							
Mech. Verzinken	Zink	≥ 12							
Mech. Verzinken + Gelbchromat	Zink + Chrom	≥ 12							
Delta-Tone	Zinkphosphat + Zinkstaub- beschichtung	10–15							
Delta-Seal	Zinkph. + org. Schicht + Öl	10–15							
Dacromet 500-A	Chromatierte Zinklamellen	≥ 5							
Dacromet 500-B	Chromatierte Zinklamellen	≥ 8							
Chem. Vernickeln	Nickel	ca. 25							

Tab. 5.5:
Gegenüberstellung ver-
schiedener Korrosions-
schutzverfahren (die
angegebenen Werte sind
Richtwerte)

5.1.1 Standardwerkstoffe

Ck 67 (1.1231)

Als kostengünstiger Werkstoff für niedrigere Beanspruchungen wird dieser Federstahl ausschließlich für Federn der Gruppe 1 (Tellerdicke < 1,25 mm) gemäß DIN 2093 eingesetzt. In Sonderfällen ist auf Kundenwunsch auch ein Einsatz bis zu einer Tellerdicke von 4 mm möglich.

50 CrV 4 (1.8159)

Der Werkstoff 50 CrV 4 stellt den klassischen Federwerkstoff für Tellerfedern dar. Aufgrund seiner Legierungsbestandteile erfüllt er im Temperaturbereich von -15 °C bis $+150\text{ °C}$ beste Federeigenschaften. Unter Einbuße der Haltbarkeit kann der Edelstahl bis -25 °C und durch Warmvorsetzen der Tellerfeder bis $+200\text{ °C}$ verwendet werden. Seine Relaxation ist geringer als bei unlegierten Stählen.

51 CrMoV 4 (1.7701)

51 CrMoV 4 hat ähnliche Eigenschaften wie 50 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 -20 °C bessere Eigenschaften als 50 CrV 4.

5.1.2 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 $+200\text{ °C}$ durch Kaltwalzen gewonnene Festigkeit durch Erholungsvorgänge wieder verloren.

X 12 CrNi 17 7 (1.4310)

Der chrom-nickel-legierte X 12 CrNi 17 7 nach DIN 17 224 wird häufig für korrosionsbeständige Tellerfedern eingesetzt. Die Festigkeit wird beim X 12 CrNi 17 7 durch Kaltwalzen erzielt. Die maximale Materialstärke für Tellerfedern ist daher auf 2,0 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. Er erhält seine Festigkeit sowohl durch Kaltverformung als auch durch Ausscheidungsbildung. 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 18 10 (1.4401)

Dieser Stahl zeichnet sich durch gute Korrosionsbeständigkeit und geringste Magnetisierbarkeit aus.

5.1.3 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 5.1 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 Sprödbruch nicht ausgeschlossen werden kann.

X 35 CrMo 17 (1.4122)

Durch Molybdänzusatz ist beim X 35 CrMo 17 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 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 Sprödbruch vorzeitig ausfallen.

5.1.4 Antimagnetische und korrosionsbeständige Werkstoffe

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

CuBe 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. CuBe 2 weist zudem eine gute elektrische Leitfähigkeit auf.

NiBe 2 (2.4132)

NiBe 2 erfüllt neben den o.g. Eigenschaften auch die Voraussetzungen für den Einsatz bei höheren Temperaturen hervorragend. Die in Tabelle 5.1 angegebene Temperatur kann kurzfristig um etwa 100 °C überschritten werden.

5.1.5 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 5.1 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 Werkstoffs 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 5.1 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. Für extrem hohe Temperaturen eignet sich Nimonic 90 besser als Inconel X 750 bzw. Inconel 718.

Es muss darauf hingewiesen werden, dass die Werkstoffkosten hochwarmfester Werkstoffe recht hoch sind.

5.2 Korrosionsschutz

Mubea Tellerfedern sind hochbeanspruchbare Bauteile. Es muss deshalb durch geeignete Maßnahmen eine Beschädigung der Oberfläche durch chemischen oder elektrochemischen Angriff weitgehend vermieden werden. Hierfür bieten sich die verschiedensten Korrosionsschutzverfahren an. In Tabelle 5,5 sind zur relativen Einschätzung des erzeugbaren Korrosionsschutzes und seiner Beständigkeit im Salzsprühnebeltest nach DIN 50 021 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.

5.2.1 Phosphatschichten

Zink-Phosphat + Ölen/Wachsen

Das Zinkphosphatieren und anschließende Beölen ist der Standardkorrosionsschutz der Tellerfedern gemäß DIN 2093 und Mubea Werksnorm. Durch das Phosphatieren werden feinkristalline Schichten aus Metallphosphaten auf dem Grundmetall erzeugt. In Ver-

bindung 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.

5.2.2 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 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, zum anderen schützt Zink bei Verletzung der Zinkschicht das Eisen eine Zeit lang kathodisch. Der Korrosionsschutz ist dabei etwa proportional der Zinkschichtdicke. Durch nachfolgendes Chromatieren kann der Korrosionsschutz der Zinkschicht weiter verbessert werden. Chromatüberzüge 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.

5.2.3 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 Chromatieren ist zu empfehlen. Der Anwendungsbereich mechanisch verzinkter Federn entspricht dem galvanisch verzinkter Teile.

5.2.4 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.

5.2.5 Dacromet-Beschichtung

Dacromet ist eine anorganische, festhaftende Beschichtung aus Zink- und Aluminiumlamellen in einer Chromatverbindung, die hohen Korrosionsanforderungen gerecht wird. Sie zeichnet sich weiterhin durch gute Wärmebeständigkeit mit niedrigem Reibungskoeffizienten aus. Die Gefahr der Wasserstoffversprödung besteht nicht.

Die Dacrometschicht wird mittels einer wässrigen Dispersion von chromatierten Zinklamellen (mit geringem Alu-Anteil) im Tauch-Schleuder-Prozess aufgebracht, getrocknet und anschließend eingebrannt. Bei Federn mit einem Außendurchmesser < 40 mm kann es zum Verkleben einzelner Federn kommen.

Dacrometbeschichtete Federn werden vorwiegend im Außenbereich bei hohen Korrosionsansprüchen eingesetzt.

5.2.6 Chemisches Vernickeln

Die aufgebrachte 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.

Lieferprogramm und Kennliniendiagramme

6.1 Lieferprogramm von Mubea Tellerfedern

Das Mubea Tellerfedern-Programm umfasst ein

Standardprogramm (Abmessungen der DIN 2093 und der Mubea Werksnorm) mit 246 Abmessungen von 8 bis 250 mm Außendurchmesser aus den Werkstoffen Ck 67 (Gruppe 1) und 50 Cr V 4 (Gruppen 2 und 3), die ab Lager lieferbar sind (*Tabelle 6.1*; Abmessungen der DIN 2093 in der Tabelle durch die entsprechende DIN Reihe gekennzeichnet). Standardkorrosionsschutz ist phosphatiert und geölt.

Sonderprogramm mit 153 Abmessungen von 70 bis 600 mm Außendurchmesser (ebenfalls in der Tabelle 6.1 aufgeführt). Es handelt sich hierbei um Tellerfedern, die zum Teil direkt ab Lager lieferbar sind. Für die Fertigung sind die erforderlichen Werkzeuge bereits vorhanden. Standardkorrosionsschutz ist phosphatiert und geölt.

Sonderprogramm aus den rostfreien Werkstoffen X 12 Cr Ni 17 7 (Werkstoff-Nr. 1.4310) und X 7 Cr Ni Al 17 7 (Werkstoff-Nr. 1.4568), die ab Lager lieferbar sind (*Tab. 6.2*).

Sonderprogramm Tellerfedern für Kugellager mit 68 Abmessungen (*Tab. 6.3*).

Weitere Abmessungen und Werkstoffe sind auf Kundenwunsch selbstverständlich möglich.

Bestellhinweise

Bestellung nach Tabellen

Beispiel 1:

Benötigt werden 100 Tellerfedern

mit den Abmessungen

$D_e = 70 \text{ mm}$

$D_i = 30,5 \text{ mm}$

$t = 2,5 \text{ mm}$

Bestellung:

100 Stück Tellerfedern

70 x 30,5 x 2,5

Bestell-Nr. 180 074

Beispiel 2:

Benötigt werden 200 Tellerfedern

für Kugellager mit der Nummer 6020

mit Federzentrierung

am Kugellageraußenring.

Bestellung:

200 Stück Tellerfedern

149 x 106 x 1,5

Bestell-Nr. 200 044

Bestellung von Sondergrößen

Bestellungen von Tellerfedern mit Abmessungen, die nicht in den Tabellen aufgeführt sind, sollten enthalten: D_e , D_i , t , l_0 und die gewünschte Federkraft. Bestellungen von Tellerfedern der Gruppe 3 sollten außerdem den Wert für t' enthalten.

6.2 Tabellen der Tellerfederabmessungen

Bestell-Nr.	DIN Reihe	keine Lagerhaltung	Abmessungen in mm							Federweg s in mm				
			D_e	D_i	t	t'	l_0	h_0	h_0/t	$s = 0,25 h_0$				
										s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}
17 0001			8,00	3,20	0,30		0,55	0,25	0,833	0,062	45,6	883	207	401
17 0002			8,00	3,20	0,40		0,60	0,20	0,500	0,050	69,2	797	365	350
17 0003			8,00	3,20	0,50		0,70	0,20	0,400	0,050	128,4	943	511	408
17 0004	C		8,00	4,20	0,20		0,45	0,25	1,250	0,062	21,2	696	8	409
17 0005	B		8,00	4,20	0,30		0,55	0,25	0,833	0,062	51,6	872	184	501
17 0006	A		8,00	4,20	0,40		0,60	0,20	0,500	0,050	78,2	784	343	439
17 0007			10,00	3,20	0,30		0,65	0,35	1,166	0,087	51,1	979	90	378
17 0008			10,00	3,20	0,40		0,70	0,30	0,750	0,075	75,1	938	285	348
17 0009			10,00	3,20	0,50		0,85	0,35	0,700	0,087	165,3	1336	447	492
17 0010			10,00	4,20	0,40		0,70	0,30	0,750	0,075	79,3	860	241	405
17 0011			10,00	4,20	0,50		0,75	0,25	0,500	0,062	109,8	789	359	361
17 0012			10,00	4,20	0,60		0,85	0,25	0,416	0,062	181,5	904	473	410
17 0013	C		10,00	5,20	0,25		0,55	0,30	1,200	0,075	30,4	654	21	380
17 0014	B		10,00	5,20	0,40		0,70	0,30	0,750	0,075	87,8	857	224	485
17 0015	A		10,00	5,20	0,50		0,75	0,25	0,500	0,062	121,5	782	343	435
17 0016			12,00	4,20	0,40		0,80	0,40	1,000	0,100	85,1	936	149	385
17 0017			12,00	4,20	0,50		0,90	0,40	0,800	0,100	142,6	1072	285	432
17 0018			12,00	4,20	0,60		1,00	0,40	0,666	0,100	224,1	1208	421	480
17 0019			12,00	5,20	0,50		0,90	0,40	0,800	0,100	150,4	1015	251	493
17 0020			12,00	5,20	0,60		0,95	0,35	0,583	0,087	195,9	957	372	455
17 0021			12,00	6,20	0,50		0,85	0,35	0,700	0,087	133,5	845	249	475
17 0022			12,00	6,20	0,60		0,95	0,35	0,583	0,087	213,6	955	358	531
17 0023	C		12,50	6,20	0,35		0,80	0,45	1,285	0,112	83,5	903	2	506
17 0024	B		12,50	6,20	0,50		0,85	0,35	0,700	0,087	120,0	775	231	420
17 0025	A		12,50	6,20	0,70		1,00	0,30	0,428	0,075	239,4	804	403	425
17 0026			14,00	7,20	0,35		0,80	0,45	1,285	0,112	68,0	723	-11	418
17 0027			14,00	7,20	0,50		0,90	0,40	0,800	0,100	120,1	745	173	419
17 0028			14,00	7,20	0,80		1,10	0,30	0,375	0,075	283,8	712	390	386
17 0029			15,00	5,20	0,40		0,95	0,55	1,375	0,137	101,2	957	3	401
17 0030			15,00	5,20	0,50		1,00	0,50	1,000	0,125	132,8	939	151	383
17 0031			15,00	5,20	0,60		1,05	0,45	0,750	0,112	170,8	908	269	361
17 0032			15,00	5,20	0,70		1,25	0,55	0,785	0,137	340,2	1317	362	526
17 0033			15,00	6,20	0,50		1,00	0,50	1,000	0,125	138,1	895	129	424
17 0034			15,00	6,20	0,60		1,05	0,45	0,750	0,112	177,6	863	243	400
17 0035			15,00	6,20	0,70		1,10	0,40	0,571	0,100	222,4	818	328	373
17 0036			15,00	8,20	0,70		1,10	0,40	0,571	0,100	256,3	819	311	479
17 0037			15,00	8,20	0,80		1,20	0,40	0,500	0,100	366,8	900	391	523
17 0038	C		16,00	8,20	0,40		0,90	0,50	1,250	0,125	83,7	693	10	399
17 0039	B		16,00	8,20	0,60		1,05	0,45	0,750	0,112	172,0	751	197	420
17 0040	A		16,00	8,20	0,90		1,25	0,35	0,388	0,087	362,5	721	386	391
17 0041			18,00	6,20	0,40		1,00	0,60	1,500	0,150	84,6	759	-30	319
17 0042			18,00	6,20	0,50		1,10	0,60	1,200	0,150	129,9	851	61	350
17 0043			18,00	6,20	0,60		1,20	0,60	1,000	0,150	191,1	942	152	382
17 0044			18,00	6,20	0,70		1,40	0,70	1,000	0,175	354,1	1282	207	520
17 0045			18,00	6,20	0,80		1,50	0,70	0,875	0,175	479,5	1388	313	556
17 0046			18,00	8,20	0,70		1,25	0,55	0,785	0,137	254,6	858	216	434
17 0047			18,00	8,20	0,80		1,30	0,50	0,625	0,125	308,9	823	292	411
17 0048			18,00	8,20	1,00		1,50	0,50	0,500	0,125	559,0	963	432	475
17 0049	C		18,00	9,20	0,45		1,05	0,60	1,333	0,150	120,7	763	-14	440
17 0050	B		18,00	9,20	0,70		1,20	0,50	0,714	0,125	233,4	756	216	421
17 0051	A		18,00	9,20	1,00		1,40	0,40	0,400	0,100	450,6	728	382	394
17 0052			20,00	8,20	0,50		1,15	0,65	1,300	0,162	128,3	739	11	355
17 0053			20,00	8,20	0,60		1,30	0,70	1,166	0,175	214,4	907	63	432
17 0054			20,00	8,20	0,70		1,35	0,65	0,928	0,162	261,5	890	161	416
17 0055			20,00	8,20	0,80		1,40	0,60	0,750	0,150	315,0	865	244	398
17 0056			20,00	8,20	0,90		1,50	0,60	0,666	0,150	423,2	934	313	427
17 0057			20,00	8,20	1,00		1,60	0,60	0,600	0,150	555,6	1003	382	455
17 0058			20,00	10,20	0,40		0,90	0,50	1,250	0,125	53,4	443	6	254

Federkraft F in N					Spannung σ in N/mm ²					s_c^*					Masse
s = 0,50 ho					s = 0,75 ho										1000 Stck.
s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	in kg
0,125	79,1	1669	511	750	0,187	104,3	2359	912	1046	0,250	125,5	2952	1409	1290	0,099
0,100	130,1	1533	792	666	0,150	185,5	2207	1281	949	0,200	238,0	2820	1832	1198	0,133
0,100	246,4	1824	1083	782	0,150	357,4	2643	1717	1123	0,200	464,9	3401	2413	1430	0,166
0,125	33,3	1294	114	753	0,187	39,2	1794	319	1034	0,250	42,0	2195	622	1251	0,057
0,125	89,3	1646	467	938	0,187	117,9	2322	847	1312	0,250	141,8	2900	1326	1620	0,086
0,100	147,0	1504	749	837	0,150	209,5	2162	1218	1194	0,200	268,9	2757	1750	1511	0,114
0,175	81,6	1831	308	697	0,262	98,3	2556	652	957	0,350	108,0	3154	1123	1158	0,166
0,150	132,9	1782	663	652	0,225	179,1	2533	1134	913	0,300	219,6	3191	1698	1130	0,221
0,175	296,1	2544	1021	925	0,262	404,0	3626	1721	1299	0,350	500,4	4580	2549	1614	0,277
0,150	140,3	1632	570	760	0,225	189,1	2316	988	1066	0,300	231,8	2911	1495	1322	0,203
0,125	206,3	1516	778	688	0,187	294,0	2182	1260	981	0,250	377,3	2786	1803	1239	0,254
0,125	347,2	1746	1008	785	0,187	502,3	2526	1604	1125	0,250	652,0	3245	2262	1432	0,304
0,150	48,2	1217	133	702	0,225	57,5	1691	336	965	0,300	62,6	2074	628	1169	0,112
0,150	155,3	1623	539	912	0,225	209,3	2299	943	1281	0,300	256,5	2884	1439	1591	0,180
0,125	228,3	1502	749	829	0,187	325,3	2159	1218	1182	0,250	417,5	2753	1749	1495	0,225
0,200	141,4	1760	411	714	0,300	178,3	2472	786	988	0,400	205,6	3071	1272	1205	0,311
0,200	249,0	2032	683	809	0,300	331,4	2879	1193	1130	0,400	401,7	3614	1815	1395	0,389
0,200	404,9	2303	954	904	0,300	556,8	3286	1600	1273	0,400	694,1	4157	2358	1585	0,467
0,200	262,7	1921	611	923	0,300	349,6	2717	1080	1291	0,400	423,8	3404	1658	1596	0,360
0,175	361,2	1830	828	863	0,262	506,1	2620	1367	1222	0,350	640,7	3326	1990	1534	0,432
0,175	239,2	1605	582	894	0,262	326,4	2280	1001	1259	0,350	404,2	2869	1506	1569	0,325
0,175	393,8	1824	801	1007	0,262	551,7	2608	1329	1429	0,350	698,5	3307	1943	1795	0,390
0,225	129,8	1677	134	932	0,337	151,2	2323	393	1278	0,450	160,2	2840	782	1542	0,254
0,175	215,1	1473	539	791	0,262	293,4	2093	925	1114	0,350	363,4	2635	1389	1388	0,363
0,150	456,8	1550	864	814	0,225	659,5	2240	1382	1167	0,300	854,9	2872	1957	1484	0,508
0,225	105,7	1343	103	770	0,337	123,2	1860	309	1055	0,450	130,5	2273	619	1274	0,311
0,200	209,8	1408	428	787	0,300	279,2	1990	764	1101	0,400	338,4	2490	1182	1363	0,444
0,150	547,2	1377	826	743	0,225	796,8	1997	1308	1071	0,300	1040,0	2571	1836	1369	0,711
0,275	154,4	1777	142	735	0,412	175,5	2462	417	1002	0,550	180,7	3010	828	1202	0,488
0,250	220,6	1766	414	711	0,375	278,2	2480	790	983	0,500	320,9	3082	1279	1199	0,610
0,225	302,1	1725	630	678	0,337	407,2	2451	1082	949	0,450	499,0	3085	1625	1176	0,732
0,275	596,4	2497	861	985	0,412	796,5	3541	1496	1376	0,550	968,6	4449	2268	1701	0,854
0,250	229,4	1680	368	787	0,375	289,4	2356	716	1089	0,500	333,7	2923	1173	1331	0,575
0,225	314,2	1638	574	752	0,337	423,5	2323	994	1054	0,450	519,0	2921	1503	1307	0,690
0,200	411,1	1567	727	707	0,300	577,5	2245	1195	1002	0,400	732,6	2854	1734	1258	0,805
0,200	473,9	1566	694	909	0,300	665,6	2240	1150	1291	0,400	844,4	2841	1679	1624	0,681
0,200	689,3	1727	856	997	0,300	982,3	2482	1392	1423	0,400	1261,0	3164	2002	1800	0,778
0,250	131,2	1289	117	735	0,375	154,3	1786	322	1009	0,500	165,4	2186	624	1220	0,465
0,225	304,3	1423	474	790	0,337	410,0	2016	830	1109	0,450	502,5	2530	1264	1377	0,698
0,175	697,0	1394	820	751	0,262	1013,0	2019	1301	1080	0,350	1319,0	2596	1831	1379	1,047
0,300	126,1	1406	52	583	0,450	138,6	1940	247	791	0,600	136,7	2361	555	944	0,704
0,300	205,7	1588	234	646	0,450	245,4	2213	520	885	0,600	267,0	2725	920	1070	0,880
0,300	317,3	1770	416	708	0,450	400,3	2486	794	980	0,600	461,6	3090	1284	1195	1,056
0,350	588,0	2410	567	964	0,525	741,7	3384	1080	1333	0,700	855,2	4205	1748	1627	1,232
0,350	821,6	2622	779	1037	0,525	1072,0	3703	1399	1443	0,700	1277,0	4630	2173	1774	1,408
0,275	446,2	1624	523	815	0,412	596,0	2298	922	1141	0,550	724,7	2881	1413	1412	1,108
0,250	563,8	1570	660	777	0,375	782,6	2242	1104	1098	0,500	983,5	2837	1624	1375	1,266
0,250	1051,0	1849	939	904	0,375	1497,0	2660	1523	1289	0,500	1921,0	3395	2182	1629	1,582
0,300	185,8	1415	83	809	0,450	213,7	1957	291	1106	0,600	222,9	2387	610	1333	0,664
0,250	416,6	1434	509	792	0,375	566,4	2035	879	1114	0,500	699,4	2560	1326	1387	1,033
0,200	865,0	1406	814	757	0,300	1254,0	2035	1295	1088	0,400	1631,0	2615	1826	1387	1,476
0,325	198,8	1375	126	652	0,487	230,8	1906	345	892	0,650	243,4	2333	668	1074	1,026
0,350	342,1	1694	246	797	0,525	412,0	2360	550	1095	0,700	453,0	2905	974	1327	1,231
0,325	442,0	1675	426	775	0,487	568,5	2356	795	1076	0,650	668,0	2934	1269	1320	1,436
0,300	557,3	1640	576	748	0,450	751,0	2328	998	1048	0,600	920,5	2926	1507	1300	1,641
0,300	764,5	1779	715	804	0,450	1051,0	2535	1205	1133	0,600	1311,0	3203	1784	1413	1,846
0,300	1020,0	1917	853	861	0,450	1424,0	2743	1413	1218	0,600	1798,0	3480	2062	1527	2,051
0,250	83,7	824	75	468	0,375	98,5	1142	206	642	0,500	105,5	1398	400	777	0,730

Tabelle 6.1

Bestell-Nr.	DIN Reihe	keine Lagerhaltung	Abmessungen in mm							Federweg s in mm				
										$s = 0,25 h_0$				
			D_e	D_i	t	t'	l_0	h_0	h_0/t	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}
17 0059	C		20,00	10,20	0,50		1,15	0,65	1,300	0,162	141,3	734	-4	422
17 0060	B		20,00	10,20	0,80		1,35	0,55	0,687	0,137	304,3	759	230	421
17 0061			20,00	10,20	0,90		1,45	0,55	0,611	0,137	411,7	821	292	452
17 0062			20,00	10,20	1,00		1,55	0,55	0,550	0,137	543,6	882	354	484
17 0063	A		20,00	10,20	1,10		1,55	0,45	0,409	0,112	548,2	733	379	397
17 0064			22,50	11,20	0,60		1,40	0,80	1,330	0,200	240,4	865	-14	488
17 0065			22,50	11,20	0,80		1,45	0,65	0,812	0,162	306,3	751	171	412
18 0001			22,50	11,20	1,25		1,75	0,50	0,400	0,125	693,1	726	383	384
17 0066			23,00	8,20	0,70		1,50	0,80	1,142	0,200	279,4	940	87	397
17 0067			23,00	8,20	0,80		1,55	0,75	0,937	0,187	332,0	925	175	384
17 0068			23,00	8,20	0,90		1,70	0,80	0,888	0,200	485,7	1086	233	449
17 0069			23,00	10,20	0,90		1,65	0,75	0,833	0,187	463,1	944	213	469
17 0070			23,00	10,20	1,00		1,70	0,70	0,700	0,175	538,2	919	282	451
17 0071			23,00	12,20	1,00		1,60	0,60	0,600	0,150	474,7	753	271	429
18 0002			23,00	12,20	1,25		1,85	0,60	0,480	0,150	863,4	881	399	497
18 0003			23,00	12,20	1,50		2,10	0,60	0,400	0,150	1432,0	1009	527	565
17 0072	C		25,00	12,20	0,70		1,60	0,90	1,285	0,255	331,2	902	4	499
17 0073	B		25,00	12,20	0,90		1,60	0,70	0,777	0,175	366,8	724	181	389
18 0004	A		25,00	12,20	1,50		2,05	0,55	0,366	0,137	1040,0	761	425	393
17 0074			28,00	10,20	0,80		1,75	0,95	1,187	0,237	347,9	870	62	375
17 0075			28,00	10,20	1,00		2,00	1,00	1,000	0,250	615,2	1061	165	451
18 0005			28,00	10,20	1,25		2,25	1,00	0,800	0,250	1030,0	1214	319	507
18 0006			28,00	10,20	1,50		2,20	0,70	0,466	0,175	1003,0	863	424	346
17 0076			28,00	12,20	1,00		1,95	0,95	0,950	0,237	589,9	947	156	467
18 0007			28,00	12,20	1,25		2,10	0,85	0,680	0,212	843,8	934	300	451
18 0008			28,00	12,20	1,50		2,25	0,75	0,500	0,187	1149,0	900	406	426
17 0077	C		28,00	14,20	0,80		1,80	1,00	1,250	0,250	434,8	904	13	515
17 0078	B		28,00	14,20	1,00		1,80	0,80	0,800	0,200	476,4	744	174	414
18 0009			28,00	14,20	1,25		2,10	0,85	0,680	0,212	907,4	931	287	513
18 0010	A		28,00	14,20	1,50		2,15	0,65	0,433	0,162	1033,0	747	371	403
17 0079	C		31,50	16,30	0,80		1,85	1,05	1,312	0,262	384,3	771	-9	448
18 0011	B		31,50	16,30	1,25		2,15	0,90	0,720	0,225	790,5	797	224	449
18 0012			31,50	16,30	1,50		2,40	0,90	0,600	0,225	1260,0	899	326	501
18 0013	A		31,50	16,30	1,75		2,45	0,70	0,400	0,175	1391,0	729	382	399
18 0014			31,50	16,30	2,00		2,75	0,75	0,375	0,187	2199,0	879	481	480
17 0080			34,00	12,30	1,00		2,20	1,20	1,200	0,300	587,2	938	63	403
18 0015			34,00	12,30	1,25		2,45	1,20	0,960	0,300	946,4	1063	188	448
18 0016			34,00	12,30	1,50		2,70	1,20	0,800	0,300	1447,0	1188	313	493
18 0017			34,00	14,30	1,25		2,40	1,15	0,920	0,287	912,8	964	177	461
18 0018			34,00	14,30	1,50		2,55	1,05	0,700	0,262	1224,0	953	297	447
18 0019			34,00	16,30	1,50		2,55	1,05	0,700	0,262	1291,0	942	283	495
18 0020			34,00	16,30	2,00		2,85	0,85	0,425	0,212	2097,0	877	445	449
17 0081	C		35,50	18,30	0,90		2,05	1,15	1,277	0,287	457,7	737	2	427
18 0021	B		35,50	18,30	1,25		2,25	1,00	0,800	0,250	730,9	724	168	409
18 0022	A		35,50	18,30	2,00		2,80	0,80	0,400	0,200	1864,0	749	393	409
18 0023			40,00	14,30	1,25		2,65	1,40	1,120	0,350	904,4	961	98	406
18 0024			40,00	14,30	1,50		2,80	1,30	0,866	0,325	1188,0	962	218	398
18 0025			40,00	14,30	1,75		3,05	1,30	0,742	0,325	1722,0	1061	316	433
18 0026			40,00	14,30	2,00		3,05	1,05	0,525	0,262	1800,0	878	393	349
18 0027			40,00	16,30	1,50		2,80	1,30	0,866	0,325	1224,0	928	199	430
18 0028			40,00	16,30	1,75		3,10	1,35	0,771	0,337	1881,0	1076	290	494
18 0029			40,00	16,30	2,00		3,10	1,10	0,550	0,275	1972,0	897	375	402
18 0030			40,00	18,30	2,00		3,15	1,15	0,575	0,287	2182,0	933	365	466
17 0082	C		40,00	20,40	1,00		2,30	1,30	1,300	0,325	565,3	734	-4	422
18 0031	B		40,00	20,40	1,50		2,65	1,15	0,766	0,287	1109,0	774	196	431
18 0032			40,00	20,40	2,00		3,10	1,10	0,550	0,275	2175,0	882	354	484
18 0033	A		40,00	20,40	2,25		3,15	0,90	0,400	0,225	2336,0	746	392	403
18 0034			40,00	20,40	2,50		3,45	0,95	0,380	0,237	3351,0	864	470	466

Federkraft F in N										Spannung σ in N/mm ²					Masse 1000 Stck. in kg
s = 0,50 ho					s = 0,75 ho					s _c *					
s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	
0,325	218,9	1363	98	776	0,487	254,1	1887	305	1063	0,650	268,0	2305	617	1283	0,912
0,275	546,8	1442	536	793	0,412	748,2	2050	917	1118	0,550	929,0	2582	1374	1394	1,460
0,275	754,0	1566	659	856	0,412	1050,0	2235	1102	1212	0,550	1323,0	2829	1621	1520	1,642
0,275	1010,0	1689	783	920	0,412	1425,0	2421	1288	1307	0,550	1815,0	3077	1868	1646	1,824
0,225	1050,0	1416	809	761	0,337	1521,0	2048	1290	1093	0,450	1976,0	2630	1821	1393	2,007
0,400	369,9	1605	98	897	0,600	425,4	2219	336	1227	0,800	443,9	2708	699	1478	1,409
0,325	533,4	1420	425	771	0,487	707,4	2006	762	1079	0,650	855,1	2508	1182	1335	1,878
0,250	1330,0	1403	815	737	0,375	1929,0	2031	1296	1059	0,500	2509,0	2610	1825	1350	2,935
0,400	448,4	1758	295	733	0,600	543,6	2454	626	1007	0,800	601,9	3028	1078	1221	1,993
0,375	560,0	1743	457	714	0,562	718,5	2453	846	991	0,750	842,4	3057	1343	1214	2,277
0,400	829,2	2051	589	837	0,600	1078,0	2894	1066	1164	0,800	1279,0	3615	1665	1430	2,561
0,375	801,9	1784	531	877	0,562	1058,0	2520	953	1225	0,750	1273,0	3151	1480	1512	2,357
0,350	964,2	1746	655	849	0,525	1315,0	2483	1119	1195	0,700	1629,0	3129	1673	1487	2,619
0,300	871,7	1436	612	813	0,450	1217,0	2052	1020	1152	0,600	1536,0	2598	1498	1446	2,343
0,300	1630,0	1692	868	949	0,450	2331,0	2436	1404	1356	0,600	3000,0	3110	2010	1718	2,929
0,300	2748,0	1948	1124	1085	0,450	3986,0	2820	1788	1560	0,600	5184,0	3622	2522	1990	3,514
0,450	514,6	1675	136	919	0,675	599,6	2320	396	1259	0,900	635,4	2837	785	1519	2,055
0,350	644,3	1371	440	730	0,525	862,3	1940	776	1023	0,700	1050,0	2432	1190	1268	2,642
0,275	2007,0	1473	898	757	0,412	2926,0	2138	1419	1091	0,550	3821,0	2755	1988	1395	4,403
0,475	552,5	1624	239	692	0,712	661,5	2264	532	950	0,950	722,7	2787	940	1149	3,354
0,500	1022,0	1994	459	837	0,750	1289,0	2798	880	1158	1,000	1486,0	3475	1429	1414	4,191
0,500	1799,0	2300	765	949	0,750	2394,0	3258	1340	1326	1,000	2902,0	4089	2042	1637	5,238
0,350	1899,0	1663	911	660	0,525	2723,0	2401	1461	943	0,700	3511,0	3076	2074	1193	6,286
0,475	991,7	1781	425	870	0,712	1268,0	2502	807	1208	0,950	1482,0	3111	1302	1480	3,914
0,425	1519,0	1777	691	849	0,637	2083,0	2529	1172	1196	0,850	2590,0	3191	1743	1491	4,893
0,375	2159,0	1729	883	812	0,562	3077,0	2488	1431	1157	0,750	3949,0	3176	2049	1462	5,872
0,500	681,0	1680	154	950	0,750	801,4	2330	422	1304	1,000	858,8	2852	817	1577	2,872
0,400	832,0	1406	429	776	0,600	1107,0	1986	765	1086	0,800	1342,0	2486	1183	1344	3,590
0,425	1634,0	1770	667	968	0,637	2240,0	2516	1138	1365	0,850	2785,0	3171	1701	1703	4,486
0,325	1970,0	1440	795	772	0,487	2841,0	2080	1274	1106	0,650	3680,0	2665	1806	1407	5,386
0,525	593,8	1430	94	825	0,787	686,8	1978	308	1130	1,050	721,6	2415	633	1363	3,583
0,450	1409,0	1512	530	844	0,675	1913,0	2145	917	1187	0,900	2359,0	2696	1386	1478	5,599
0,450	2314,0	1716	734	950	0,675	3230,0	2451	1223	1346	0,900	4077,0	3104	1795	1689	6,717
0,350	2669,0	1408	814	766	0,525	3871,0	2038	1296	1102	0,700	5036,0	2619	1826	1405	7,839
0,375	4239,0	1702	1020	924	0,562	6173,0	2467	1615	1331	0,750	8054,0	3176	2267	1701	8,956
0,600	930,0	1751	250	742	0,900	1110,0	2439	563	1018	1,200	1208,0	3002	1001	1231	6,194
0,600	1587,0	2001	500	833	0,900	2024,0	2814	938	1154	1,200	2359,0	3502	1501	1412	7,743
0,600	2527,0	2251	750	923	0,900	3363,0	3190	1313	1290	1,200	4076,0	4003	2001	1593	9,280
0,575	1546,0	1816	466	858	0,862	1993,0	2555	868	1193	1,150	2347,0	3182	1382	1464	7,330
0,525	2192,0	1813	687	841	0,787	2990,0	2579	1172	1183	1,050	3704,0	3250	1750	1472	8,799
0,525	2313,0	1790	660	933	0,787	3155,0	2543	1131	1313	1,050	3908,0	3203	1696	1635	8,233
0,425	4003,0	1692	952	860	0,637	5783,0	2446	1520	1234	0,850	7498,0	3138	2150	1570	10,978
0,575	712,4	1370	108	786	0,862	831,9	1897	320	1078	1,150	883,8	2319	637	1302	5,134
0,500	1277,0	1369	416	766	0,750	1699,0	1935	743	1073	1,000	2059,0	2421	1149	1329	7,131
0,400	3576,0	1448	837	785	0,600	5187,0	2095	1332	1128	0,800	6747,0	2692	1878	1439	11,410
0,700	1459,0	1799	319	750	1,050	1780,0	2514	664	1033	1,400	1984,0	3105	1132	1253	10,755
0,650	2040,0	1818	542	743	0,975	2668,0	2568	973	1034	1,300	3184,0	3212	1510	1271	12,905
0,650	3051,0	2015	739	813	0,975	4119,0	2863	1268	1139	1,300	5056,0	3605	1904	1412	15,056
0,525	3363,0	1688	855	664	0,787	4769,0	2427	1387	943	1,050	6096,0	3098	1988	1188	17,207
0,650	2102,0	1752	503	802	0,975	2749,0	2472	911	1118	1,300	3281,0	3088	1422	1376	12,339
0,675	3309,0	2040	692	926	1,012	4435,0	2891	1207	1297	1,350	5410,0	3631	1834	1606	14,396
0,550	3663,0	1719	825	764	0,825	5169,0	2467	1349	1084	1,100	6580,0	3141	1948	1364	16,499
0,575	4030,0	1785	810	883	0,862	5656,0	2556	1338	1252	1,150	7171,0	3246	1946	1573	15,599
0,650	875,8	1363	98	776	0,975	1017,0	1887	305	1063	1,300	1072,0	2305	617	1283	7,299
0,575	1953,0	1465	474	810	0,862	2621,0	2073	835	1136	1,150	3201,0	2599	1278	1410	10,948
0,550	4041,0	1689	783	920	0,825	5701,0	2421	1288	1307	1,100	7258,0	3077	1868	1646	14,590
0,450	4481,0	1441	835	774	0,675	6500,0	2086	1328	1112	0,900	8456,0	2680	1871	1419	16,422
0,475	6453,0	1673	997	896	0,712	9390,0	2424	1579	1290	0,950	12243,0	3120	2219	1649	18,246

Tabelle 6.1

Bestell-Nr.	DIN Reihe	keine Lagerhaltung	Abmessungen in mm							Federweg s in mm				
										$s = 0,25 h_0$				
			D_e	D_i	t	t'	l_0	h_0	h_0/t	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}
18 0035	C		45,00	22,40	1,25		2,85	1,60	1,280	0,400	1041,0	883	4	497
18 0036	B		45,00	22,40	1,75		3,05	1,30	0,742	0,325	1524,0	795	214	433
18 0037	A		45,00	22,40	2,50		3,50	1,00	0,400	0,250	2773,0	726	383	384
18 0038			48,00	16,30	1,50		3,00	1,50	1,000	0,375	1048,0	832	135	333
18 0039			50,00	18,40	1,25		2,85	1,60	1,280	0,400	756,9	742	24	325
18 0040			50,00	18,40	1,50		3,15	1,65	1,100	0,412	1166,0	855	93	370
18 0041			50,00	18,40	2,00		3,65	1,65	0,825	0,412	2229,0	1013	251	428
18 0042			50,00	18,40	2,50		4,15	1,65	0,660	0,412	3870,0	1171	409	486
18 0043			50,00	18,40	3,00		4,20	1,20	0,400	0,300	4179,0	891	488	357
18 0044			50,00	20,40	2,00		3,50	1,50	0,750	0,375	1966,0	865	244	397
18 0045			50,00	20,40	2,50		3,85	1,35	0,540	0,337	3008,0	876	373	393
18 0046			50,00	22,40	2,00		3,60	1,60	0,800	0,400	2247,0	932	228	466
18 0047			50,00	22,40	2,50		3,90	1,40	0,560	0,350	3261,0	904	364	442
18 0048	C		50,00	25,40	1,25		2,85	1,60	1,280	0,400	853,7	717	2	410
18 0049			50,00	25,40	1,50		3,10	1,60	1,066	0,400	1242,0	789	74	447
18 0050	B		50,00	25,40	2,00		3,40	1,40	0,700	0,350	1949,0	777	230	430
18 0051			50,00	25,40	2,25		3,75	1,50	0,666	0,375	2905,0	921	292	508
18 0052			50,00	25,40	2,50		3,90	1,40	0,560	0,350	3473,0	903	355	494
18 0053	A		50,00	25,40	3,00		4,10	1,10	0,366	0,275	4255,0	762	424	409
18 0054	C		56,00	28,50	1,50		3,45	1,95	1,300	0,487	1458,0	843	-4	483
18 0055	B		56,00	28,50	2,00		3,60	1,60	0,800	0,400	1910,0	744	173	415
18 0056			56,00	28,50	2,50		4,20	1,70	0,680	0,425	3638,0	931	287	515
18 0057	A		56,00	28,50	3,00		4,30	1,30	0,433	0,325	4142,0	747	371	404
18 0058			60,00	20,50	2,00		4,20	2,20	1,100	0,550	2528,0	1082	125	440
18 0059			60,00	20,50	2,50		4,70	2,20	0,880	0,550	4151,0	1233	276	491
18 0060			60,00	20,50	3,00		5,20	2,20	0,733	0,550	6434,0	1384	426	543
18 0061			60,00	25,50	2,50		4,40	1,90	0,760	0,475	3447,0	949	259	451
18 0062			60,00	25,50	3,00		4,65	1,65	0,550	0,412	4495,0	889	369	414
18 0063			60,00	30,50	2,50		4,50	2,00	0,800	0,500	4059,0	1012	236	564
18 0064			60,00	30,50	2,75		4,75	2,00	0,727	0,500	5125,0	1075	299	596
18 0065			60,00	30,50	3,00		4,70	1,70	0,566	0,425	5083,0	917	356	502
18 0066			60,00	30,50	3,50		5,00	1,50	0,428	0,375	6591,0	874	437	472
18 0067	C		63,00	31,00	1,80		4,15	2,35	1,305	0,587	2364,0	961	-4	536
18 0068	B		63,00	31,00	2,50		4,25	1,75	0,700	0,437	2942,0	763	227	410
18 0069			63,00	31,00	3,00		4,70	1,70	0,566	0,425	4524,0	830	324	441
18 0070	A		63,00	31,00	3,50		4,90	1,40	0,400	0,350	5399,0	726	383	380
18 0071			70,00	24,50	3,00		5,30	2,30	0,766	0,575	5080,0	1070	306	430
18 0072			70,00	24,50	3,50		6,00	2,50	0,714	0,625	8446,0	1324	421	529
18 0073			70,00	25,50	2,00		4,50	2,50	1,250	0,625	2408,0	938	43	406
18 0074			70,00	30,50	2,50		4,90	2,40	0,960	0,600	3755,0	961	153	475
18 0075			70,00	30,50	3,00		5,10	2,10	0,700	0,525	4676,0	895	276	433
18 0076			70,00	35,50	3,00		5,10	2,10	0,700	0,525	5028,0	891	264	493
18 0077			70,00	35,50	3,50		5,30	1,80	0,514	0,450	6077,0	809	347	440
18 0078			70,00	35,50	4,00		5,80	1,80	0,450	0,450	8757,0	891	430	482
18 0079			70,00	35,50	4,00	3,75	5,80	1,80	0,450	0,450	9167,0	977	357	535
18 0080			70,00	40,50	4,00		5,70	1,70	0,425	0,425	9025,0	858	424	521
18 0081			70,00	40,50	4,00	3,75	5,70	1,70	0,425	0,425	9423,0	942	354	579
18 0082			70,00	40,50	5,00		6,40	1,40	0,280	0,350	13646,0	807	513	484
18 0083			70,00	40,50	5,00	4,70	6,40	1,40	0,280	0,350	14004,0	886	457	537
18 0084	C		71,00	36,00	2,00		4,60	2,60	1,300	0,650	2861,0	932	-5	532
18 0085	B		71,00	36,00	2,50		4,50	2,00	0,800	0,500	2894,0	723	169	402
18 0086	A		71,00	36,00	4,00		5,60	1,60	0,400	0,400	7379,0	748	393	402
18 0087			71,00	36,00	4,00	3,75	5,60	1,60	0,400	0,400	7685,0	821	334	447
18 0088			80,00	30,50	2,50		5,30	2,80	1,120	0,700	3664,0	943	91	421
18 0089			80,00	31,00	3,00		5,50	2,50	0,833	0,625	4531,0	890	212	393
18 0090			80,00	31,00	4,00		6,10	2,10	0,525	0,525	7319,0	856	378	366
18 0091			80,00	31,00	4,00	3,75	6,10	2,10	0,525	0,525	7717,0	933	308	406
18 0092			80,00	35,50	4,00		6,20	2,20	0,550	0,550	8118,0	884	364	428

Federkraft F in N					Spannung σ in N/mm ²					Masse 1000 Stck. in kg					
s = 0,50 ho					s = 0,75 ho						s _c *				
s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}		s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}
0,800	1620,0	1641	134	914	1,200	1891,0	2273	389	1253	1,600	2007,0	2779	770	1514	11,739
0,650	2701,0	1507	512	814	0,975	3646,0	2135	892	1144	1,300	4475,0	2681	1355	1421	16,434
0,500	5320,0	1403	815	737	0,750	7716,0	2031	1296	1059	1,000	10037,0	2610	1825	1350	23,478
0,750	1740,0	1564	370	618	1,125	2195,0	2197	704	855	1,500	2531,0	2730	1138	1043	18,850
0,800	1178,0	1381	151	597	1,200	1375,0	1918	380	817	1,600	1459,0	2352	712	984	16,657
0,825	1890,0	1602	294	684	1,237	2319,0	2239	605	942	1,650	2600,0	2768	1024	1144	19,988
0,825	3868,0	1918	610	800	1,237	5114,0	2713	1079	1116	1,650	6163,0	3400	1656	1377	26,651
0,825	7002,0	2234	926	916	1,237	9643,0	3187	1552	1291	1,650	12038,0	4032	2288	1609	33,314
0,600	8018,0	1725	1033	685	0,900	11630,0	2500	1636	983	1,200	15128,0	3219	2296	1251	39,977
0,750	3478,0	1642	578	745	1,125	4687,0	2330	1000	1045	1,500	5745,0	2929	1510	1295	25,695
0,675	5601,0	1680	817	746	1,012	7919,0	2412	1334	1060	1,350	10098,0	3072	1922	1335	32,118
0,800	3924,0	1763	556	872	1,200	5222,0	2493	985	1220	1,600	6329,0	3123	1514	1509	24,639
0,700	6044,0	1730	806	838	1,050	8510,0	2480	1324	1190	1,400	10817,0	3152	1920	1496	30,799
0,800	1328,0	1332	106	755	1,200	1550,0	1845	312	1035	1,600	1646,0	2256	621	1251	14,294
0,800	2028,0	1476	250	828	1,200	2512,0	2061	528	1145	1,600	2844,0	2543	909	1397	17,153
0,700	3491,0	1476	537	810	1,050	4762,0	2097	923	1140	1,400	5898,0	2639	1388	1421	22,871
0,750	5249,0	1752	675	959	1,125	7217,0	2494	1147	1353	1,500	8997,0	3145	1709	1690	25,730
0,700	6437,0	1728	789	938	1,050	9063,0	2474	1301	1332	1,400	11519,0	3143	1891	1677	28,589
0,550	8214,0	1476	897	787	0,825	11976,0	2142	1418	1135	1,100	15640,0	2759	1987	1451	34,306
0,975	2259,0	1565	112	889	1,462	2622,0	2165	350	1218	1,950	2766,0	2645	709	1470	21,489
0,800	3335,0	1406	428	778	1,200	4438,0	1987	765	1090	1,600	5379,0	2486	1183	1349	28,653
0,850	6550,0	1770	666	972	1,275	8978,0	2517	1138	1369	1,700	11164,0	3173	1701	1709	35,816
0,650	7895,0	1441	795	775	0,975	11388,0	2080	1274	1110	1,300	14752,0	2666	1806	1412	42,979
1,100	4097,0	2028	386	812	1,650	5026,0	2837	784	1119	2,200	5636,0	3509	1320	1358	39,208
1,100	7102,0	2330	688	916	1,650	9255,0	3289	1237	1273	2,200	11008,0	4112	1923	1564	49,009
1,100	11429,0	2631	990	1019	1,650	15465,0	3742	1690	1428	2,200	19022,0	4716	2527	1771	58,811
0,950	6081,0	1799	616	847	1,425	8175,0	2551	1072	1187	1,900	9997,0	3204	1627	1471	45,465
0,825	8352,0	1704	812	787	1,237	11784,0	2445	1330	1117	1,650	15002,0	3111	1922	1405	54,557
1,000	7088,0	1914	583	1058	1,500	9432,0	2704	1041	1481	2,000	11433,0	3384	1610	1834	41,149
1,000	9117,0	2039	708	1122	1,500	12356,0	2892	1228	1576	2,000	15217,0	3634	1860	1961	45,264
0,850	9407,0	1754	793	953	1,275	13226,0	2511	1309	1353	1,700	16792,0	3188	1906	1703	57,608
0,750	12574,0	1685	937	905	1,125	18153,0	2434	1499	1297	1,500	23528,0	3121	2123	1650	57,608
1,175	3658,0	1785	130	986	1,762	4238,0	2470	402	1351	2,350	4463,0	3018	811	1629	33,381
0,875	5270,0	1449	531	773	1,312	7189,0	2059	912	1088	1,750	8904,0	2592	1368	1355	46,362
0,850	8373,0	1587	721	838	1,275	11772,0	2273	1190	1189	1,700	14946,0	2886	1731	1495	56,635
0,700	10359,0	1403	815	729	1,050	15025,0	2030	1296	1047	1,400	19545,0	2609	1826	1335	64,907
1,150	8948,0	2031	721	806	1,725	12007,0	2883	1245	1128	2,300	14663,0	3626	1878	1396	79,526
1,250	15076,0	2519	971	994	1,875	20495,0	3585	1650	1395	2,500	25309,0	4522	2458	1733	92,781
1,250	3771,0	1748	214	748	1,875	4437,0	2431	512	1024	2,500	4755,0	2985	939	1235	52,401
1,200	6297,0	1807	422	883	1,800	8031,0	2538	806	1225	2,400	9360,0	3153	1306	1501	61,186
1,050	8376,0	1701	640	814	1,575	11426,0	2418	1093	1145	2,100	14152,0	3048	1634	1426	73,423
1,050	9007,0	1694	617	928	1,575	12287,0	2407	1060	1307	2,100	15218,0	3029	1593	1628	67,319
0,900	11384,0	1551	760	837	1,350	16177,0	2228	1239	1193	1,800	20714,0	2839	1784	1507	78,539
0,900	16634,0	1716	925	921	1,350	23923,0	2476	1486	1319	1,800	30919,0	3169	2114	1675	89,759
0,900	17018,0	1877	790	1022	1,350	23923,0	2701	1299	1460	2,050	33656,0	3831	2244	2045	84,149
0,850	17230,0	1654	910	1000	1,275	24889,0	2388	1459	1435	1,700	32274,0	3059	2069	1827	80,388
0,850	17604,0	1813	779	1108	1,275	24889,0	2611	1277	1588	1,950	35467,0	3731	2215	2246	75,364
0,700	26719,0	1572	1068	938	1,050	39410,0	2295	1665	1364	1,400	51911,0	2975	2303	1760	100,485
0,700	27059,0	1722	963	1040	1,050	39410,0	2509	1518	1509	1,700	61324,0	3841	2680	2289	94,456
1,300	4432,0	1730	125	980	1,950	5144,0	2394	388	1342	2,600	5426,0	2924	784	1620	46,177
1,000	5054,0	1366	417	754	1,500	6725,0	1931	744	1055	2,000	8152,0	2416	1150	1306	57,722
0,800	14157,0	1445	837	772	1,200	20535,0	2091	1332	1109	1,600	26712,0	2687	1877	1415	92,355
0,800	14445,0	1583	727	857	1,200	20535,0	2286	1179	1230	1,850	29661,0	3302	2039	1755	86,582
1,400	5911,0	1765	303	778	2,100	7211,0	2464	637	1070	2,800	8039,0	3042	1093	1299	84,305
1,250	7847,0	1682	520	735	1,875	10352,0	2378	926	1025	2,500	12451,0	2978	1428	1265	100,598
1,050	13677,0	1644	823	695	1,575	19394,0	2363	1338	989	2,100	24791,0	3014	1920	1246	134,130
1,050	14049,0	1788	694	771	1,575	19394,0	2564	1159	1094	2,350	26327,0	3566	1989	1495	125,747
1,100	15083,0	1693	802	812	1,650	21280,0	2428	1314	1154	2,200	27093,0	3089	1901	1452	126,750

Tabelle 6.1

Bestell-Nr.	DIN Reihe	keine Lagerhaltung	Abmessungen in mm							Federweg s in mm				
										$s = 0,25 h_0$				
			D_e	D_i	t	t'	l_0	h_0	h_0/t	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}
18 0093			80,00	35,50	4,00	3,75	6,20	2,20	0,550	0,550	8577,0	964	289	474
18 0094			80,00	36,00	3,00		5,70	2,70	0,900	0,675	5401,0	964	181	487
18 0095	C		80,00	41,00	2,25		5,20	2,95	1,311	0,737	3698,0	942	-9	544
18 0096	B		80,00	41,00	3,00		5,30	2,30	0,766	0,575	4450,0	774	196	434
18 0097			80,00	41,00	4,00		6,20	2,20	0,550	0,550	8726,0	883	354	486
18 0098			80,00	41,00	4,00	3,75	6,20	2,20	0,550	0,550	9220,0	965	278	538
18 0099	A		80,00	41,00	5,00		6,70	1,70	0,340	0,425	11821,0	755	439	407
18 0100			80,00	41,00	5,00	4,70	6,70	1,70	0,340	0,425	12211,0	827	385	452
18 0101	C		90,00	46,00	2,50		5,70	3,20	1,280	0,800	4232,0	886	2	509
18 0102	B		90,00	46,00	3,50		6,00	2,50	0,714	0,625	5836,0	756	216	421
18 0103	A		90,00	46,00	5,00		7,00	2,00	0,400	0,500	11267,0	728	382	394
18 0104			90,00	46,00	5,00	4,70	7,00	2,00	0,400	0,500	11713,0	796	327	437
18 0105			100,00	41,00	4,00		7,20	3,20	0,800	0,800	8715,0	944	238	437
18 0106			100,00	41,00	4,00	3,80	7,20	3,20	0,800	0,800	9215,0	1004	173	470
18 0107			100,00	41,00	5,00		7,75	2,75	0,550	0,687	12345,0	896	374	404
18 0108			100,00	41,00	5,00	4,70	7,75	2,75	0,550	0,687	13013,0	973	303	446
18 0109	C		100,00	51,00	2,70		6,20	3,50	1,296	0,875	4779,0	853	-3	490
18 0110	B		100,00	51,00	3,50		6,30	2,80	0,800	0,700	5624,0	715	167	399
18 0111			100,00	51,00	4,00		7,00	3,00	0,750	0,750	8673,0	854	225	476
18 0112			100,00	51,00	4,00	3,80	7,00	3,00	0,750	0,750	9156,0	912	165	513
18 0113			100,00	51,00	5,00		7,80	2,80	0,560	0,700	13924,0	903	355	496
18 0114			100,00	51,00	5,00	4,70	7,80	2,80	0,560	0,700	14689,0	983	281	546
18 0115	A		100,00	51,00	6,00		8,20	2,20	0,366	0,550	17061,0	763	424	411
18 0116			100,00	51,00	6,00	5,60	8,20	2,20	0,366	0,550	17753,0	843	361	461
19 0001			100,00	51,00	7,00	6,55	9,20	2,20	0,314	0,550	27374,0	950	457	516
18 0117	C		112,00	57,00	3,00		6,90	3,90	1,300	0,975	5834,0	843	-4	483
18 0118	B		112,00	57,00	4,00		7,20	3,20	0,800	0,800	7639,0	744	173	415
18 0119			112,00	57,00	4,00	3,75	7,20	3,20	0,800	0,800	8192,0	805	107	454
18 0120	A		112,00	57,00	6,00		8,50	2,50	0,416	0,625	15800,0	712	363	384
18 0121			112,00	57,00	6,00	5,60	8,50	2,50	0,416	0,625	16536,0	786	302	431
18 0122			125,00	51,00	4,00		8,50	4,50	1,125	1,125	10096,0	980	86	463
18 0123			125,00	51,00	4,00	3,80	8,50	4,50	1,125	1,125	10705,0	1031	19	492
18 0124			125,00	51,00	5,00		8,90	3,90	0,780	0,975	13063,0	913	241	420
18 0125			125,00	51,00	5,00	4,75	8,90	3,90	0,780	0,975	13804,0	972	179	452
18 0126			125,00	51,00	6,00		9,40	3,40	0,566	0,850	17027,0	859	349	386
18 0127			125,00	51,00	6,00	5,65	9,40	3,40	0,566	0,850	17944,0	931	282	426
18 0128			125,00	61,00	5,00		9,00	4,00	0,800	1,000	14615,0	930	220	500
18 0129			125,00	61,00	5,00	4,75	9,00	4,00	0,800	1,000	15455,0	990	155	538
18 0130			125,00	61,00	6,00		9,60	3,60	0,600	0,900	19789,0	908	334	481
18 0131			125,00	61,00	6,00	5,60	9,60	3,60	0,600	0,900	21079,0	996	249	535
19 0002			125,00	61,00	8,00	7,50	10,90	2,90	0,362	0,725	34434,0	937	415	492
18 0132	C		125,00	64,00	3,50		8,00	4,50	1,285	1,125	8514,0	907	0	522
18 0133	B		125,00	64,00	5,00		8,50	3,50	0,700	0,875	12238,0	778	229	433
18 0134			125,00	64,00	5,00	4,70	8,50	3,50	0,700	0,875	13031,0	842	163	475
18 0135			125,00	64,00	6,00		9,60	3,60	0,600	0,900	20348,0	912	331	504
18 0136			125,00	64,00	6,00	5,60	9,60	3,60	0,600	0,900	21674,0	1000	246	560
19 0003			125,00	64,00	7,00	6,55	10,00	3,00	0,428	0,750	25528,0	886	335	489
19 0004	A		125,00	64,00	8,00	7,50	10,60	2,60	0,325	0,650	31118,0	825	391	450
18 0137			125,00	71,00	6,00		9,30	3,30	0,550	0,825	19538,0	835	328	504
18 0138			125,00	71,00	6,00	5,60	9,30	3,30	0,550	0,825	20725,0	919	250	561
19 0005			125,00	71,00	8,00	7,45	10,90	2,90	0,362	0,725	38416,0	974	408	587
19 0006			125,00	71,00	10,00	9,30	11,80	1,80	0,180	0,450	42821,0	674	409	398
18 0139	C		140,00	72,00	3,80		8,70	4,90	1,289	1,225	9514,0	856	-2	495
18 0140	B		140,00	72,00	5,00		9,00	4,00	0,800	1,000	12014,0	745	173	419
18 0141			140,00	72,00	5,00	4,70	9,00	4,00	0,800	1,000	12847,0	803	109	457
19 0007	A		140,00	72,00	8,00	7,50	11,20	3,20	0,400	0,800	31903,0	846	343	467
18 0142			150,00	61,00	5,00		10,30	5,30	1,060	1,325	15292,0	976	114	458
18 0143			150,00	61,00	5,00	4,75	10,30	5,30	1,060	1,325	16221,0	1029	48	488

Federkraft F in N					Spannung σ in N/mm ²					Masse					
s = 0,50 ho					s = 0,75 ho					s _c *					1000 Stck. in kg
s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	
1,100	15512,0	1843	664	899	1,650	21280,0	2637	1124	1274	2,450	28564,0	3638	1945	1731	118,828
1,350	9196,0	1817	474	909	2,025	11919,0	2557	879	1265	2,700	14106,0	3186	1396	1556	94,401
1,475	5715,0	1749	117	1000	2,212	6613,0	2419	379	1370	2,950	6950,0	2953	778	1652	65,460
1,150	7838,0	1466	474	814	1,725	10518,0	2074	835	1142	2,300	12844,0	2600	1278	1417	87,281
1,100	16213,0	1690	783	924	1,650	22874,0	2422	1288	1314	2,200	29122,0	3078	1868	1655	116,374
1,100	16674,0	1843	642	1021	1,650	22874,0	2634	1094	1448	2,450	30703,0	3630	1906	1970	109,100
0,850	22928,0	1465	924	786	1,275	33559,0	2130	1453	1135	1,700	43952,0	2750	2028	1456	145,468
0,850	23296,0	1602	822	871	1,275	33559,0	2324	1312	1255	2,000	50035,0	3434	2269	1834	136,740
1,600	6585,0	1646	130	938	2,400	7684,0	2280	385	1286	3,200	8157,0	2787	766	1553	92,231
1,250	10416,0	1434	509	792	1,875	14161,0	2035	879	1114	2,500	17487,0	2560	1326	1387	129,124
1,000	21617,0	1406	814	757	1,500	31354,0	2035	1295	1088	2,000	40786,0	2615	1826	1387	184,463
1,000	22035,0	1535	712	837	1,500	31354,0	2217	1153	1201	2,300	45141,0	3188	1979	1707	173,395
1,600	15219,0	1788	577	818	2,400	20251,0	2530	1017	1144	3,200	24547,0	3172	1557	1414	205,153
1,600	15683,0	1898	457	880	2,400	20251,0	2681	851	1228	3,400	24574,0	3503	1501	1577	194,896
1,375	22937,0	1717	823	767	2,062	32361,0	2464	1346	1089	2,750	41201,0	3136	1944	1370	256,441
1,375	23561,0	1862	691	846	2,062	32361,0	2665	1164	1198	3,050	43381,0	3669	1933	1622	241,055
1,750	7410,0	1584	116	902	2,625	8609,0	2192	357	1235	3,500	9091,0	2678	721	1491	123,164
1,400	9823,0	1351	411	749	2,100	13070,0	1909	734	1049	2,800	15843,0	2389	1136	1298	159,657
1,500	15341,0	1618	540	894	2,250	20674,0	2292	944	1255	3,000	25338,0	2877	1439	1559	182,465
1,500	15789,0	1724	429	962	2,250	20674,0	2437	792	1348	3,200	25555,0	3198	1394	1747	173,342
1,400	25810,0	1728	789	942	2,100	36339,0	2475	1301	1337	2,800	46189,0	3144	1891	1683	228,081
1,400	26525,0	1877	651	1036	2,100	36339,0	2682	1111	1468	3,100	48503,0	3676	1923	1987	214,397
1,100	32937,0	1477	897	790	1,650	48022,0	2143	1418	1139	2,200	62711,0	2760	1987	1457	273,698
1,100	33589,0	1629	778	885	1,650	48022,0	2358	1253	1273	2,600	71153,0	3483	2207	1858	255,451
1,100	52454,0	1843	972	996	1,650	75840,0	2679	1543	1439	2,650	115982,0	4053	2729	2152	298,787
1,950	9038,0	1565	112	889	2,925	10489,0	2165	350	1218	3,900	11064,0	2645	709	1470	171,917
1,600	13341,0	1406	428	778	2,400	17752,0	1987	765	1090	3,200	21518,0	2486	1183	1349	229,222
1,600	13855,0	1518	305	850	2,400	17752,0	2139	595	1188	3,450	21468,0	2816	1114	1542	214,896
1,250	30215,0	1373	777	737	1,875	43707,0	1985	1239	1058	2,500	56737,0	2548	1752	1348	343,833
1,250	30906,0	1513	662	824	1,875	43707,0	2182	1081	1181	2,900	62863,0	3152	1894	1685	320,911
2,250	16265,0	1832	299	856	3,375	19817,0	2556	640	1178	4,500	22060,0	3153	1109	1431	321,182
2,250	16830,0	1924	176	908	3,375	19817,0	2680	471	1249	4,700	21268,0	3394	994	1554	305,123
1,950	22931,0	1730	579	787	2,925	30669,0	2451	1012	1102	3,900	37342,0	3076	1541	1363	401,478
1,950	23619,0	1838	463	847	2,925	30669,0	2599	852	1183	4,150	37492,0	3405	1492	1524	381,404
1,700	31514,0	1645	770	733	2,550	44307,0	2358	1264	1039	3,400	56254,0	2999	1832	1306	481,773
1,700	32369,0	1779	647	806	2,550	44307,0	2544	1095	1140	3,750	58923,0	3482	1868	1535	453,700
2,000	25526,0	1758	542	938	3,000	33965,0	2485	965	1312	4,000	41170,0	3111	1489	1624	366,953
2,000	26305,0	1869	421	1007	3,000	33965,0	2637	799	1407	4,250	41217,0	3439	1428	1811	348,605
1,800	36336,0	1734	749	911	2,700	50722,0	2479	1247	1290	3,600	64028,0	3141	1827	1619	440,343
1,800	37539,0	1897	592	1011	2,700	50722,0	2703	1031	1429	4,000	66696,0	3701	1831	1929	410,987
1,450	65305,0	1812	893	945	2,175	93577,0	2625	1432	1359	3,400	138144,0	3856	2486	1972	550,429
2,250	13231,0	1684	129	961	3,375	15416,0	2331	388	1318	4,500	16335,0	2849	777	1591	248,775
1,750	21924,0	1477	537	816	2,625	29908,0	2099	923	1149	3,500	37041,0	2641	1387	1432	355,393
1,750	22661,0	1596	415	893	2,625	29908,0	2262	754	1254	3,800	37673,0	3017	1350	1651	334,069
1,800	37362,0	1741	746	955	2,700	52155,0	2487	1243	1352	3,600	65836,0	3150	1823	1697	426,471
1,800	38599,0	1905	587	1059	2,700	52155,0	2714	1024	1497	4,000	68579,0	3713	1825	2022	398,040
1,500	47615,0	1706	738	935	2,250	67216,0	2458	1208	1338	3,450	95795,0	3521	2099	1893	465,564
1,300	59520,0	1599	833	867	1,950	85926,0	2322	1326	1252	3,100	129972,0	3477	2322	1854	533,039
1,650	36302,0	1598	728	959	2,475	51217,0	2288	1201	1363	3,300	65207,0	2905	1746	1718	391,515
1,650	37411,0	1754	583	1065	2,475	51217,0	2504	1001	1511	3,700	68887,0	3464	1776	2067	365,414
1,450	72705,0	1882	883	1128	2,175	103964,0	2723	1424	1623	3,450	154927,0	4042	2537	2384	486,131
0,900	84082,0	1322	845	779	1,350	124124,0	1943	1306	1141	2,500	223282,0	3413	2605	1986	606,848
2,450	14773,0	1590	119	911	3,675	17195,0	2201	362	1249	4,900	18199,0	2690	728	1508	337,734
2,000	20982,0	1408	428	787	3,000	27920,0	1990	764	1101	4,000	33843,0	2490	1182	1363	444,388
2,000	21756,0	1518	310	856	3,000	27920,0	2136	601	1196	4,300	33792,0	2807	1117	1551	417,724
1,600	59967,0	1631	747	895	2,400	85251,0	2355	1213	1284	3,700	123137,0	3402	2098	1832	666,581
2,650	25021,0	1829	352	848	3,975	31041,0	2559	712	1171	5,300	35207,0	3165	1196	1426	578,881
2,650	25883,0	1925	228	903	3,975	31041,0	2688	542	1245	5,550	34160,0	3422	1088	1557	549,937

Tabelle 6.1

Bestell-Nr.	DIN Reihe	keine Lagerhaltung	Abmessungen in mm							Federweg s in mm				
										$s = 0,25 h_0$				
			D_e	D_i	t	t'	l_0	h_0	h_0/t	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}
18 0144			150,00	61,00	6,00		10,80	4,80	0,800	1,200	19560,0	946	239	435
18 0145			150,00	61,00	6,00	5,70	10,80	4,80	0,800	1,200	20684,0	1006	174	463
19 0008			150,00	61,00	7,00	6,55	11,80	4,80	0,685	1,200	30593,0	1135	245	525
18 0146			150,00	71,00	6,00		10,85	4,85	0,808	1,212	21067,0	943	221	494
18 0147			150,00	71,00	6,00	5,60	10,85	4,85	0,808	1,212	22703,0	1023	131	544
19 0009			150,00	71,00	8,00	7,50	12,05	4,05	0,506	1,012	35885,0	983	321	510
19 0010			150,00	81,00	8,00	7,50	12,00	4,00	0,500	1,000	38230,0	982	315	572
19 0011			150,00	81,00	10,00	9,40	13,40	3,40	0,340	0,850	57601,0	950	438	544
18 0148	C		160,00	82,00	4,30		9,90	5,60	1,302	1,400	12162,0	852	-6	491
18 0149			160,00	82,00	4,30	4,15	9,90	5,60	1,302	1,400	12653,0	880	-45	510
18 0150	B		160,00	82,00	6,00		10,50	4,50	0,750	1,125	17203,0	751	197	420
18 0151			160,00	82,00	6,00	5,60	10,50	4,50	0,750	1,125	18496,0	818	125	464
19 0012	A		160,00	82,00	10,00	9,40	13,50	3,50	0,350	0,875	50547,0	857	390	469
19 0013			160,00	82,00	11,00	10,20	14,50	3,50	0,318	0,875	66678,0	943	434	515
18 0152	C		180,00	92,00	4,80		11,00	6,20	1,291	1,550	14646,0	828	-2	476
18 0153			180,00	92,00	4,80	4,60	11,00	6,20	1,291	1,550	15352,0	861	-48	498
18 0154	B		180,00	92,00	6,00		11,10	5,10	0,850	1,275	16558,0	705	144	396
18 0155			180,00	92,00	6,00	5,60	11,10	5,10	0,850	1,275	17866,0	765	76	435
19 0014	A		180,00	92,00	10,00	9,40	14,00	4,00	0,400	1,000	46850,0	796	327	437
19 0015			180,00	92,00	13,00	12,10	16,50	3,50	0,269	0,875	84574,0	849	438	460
18 0173			200,00	82,00	5,00	4,80	10,50	5,50	1,100	1,375	9700,0	600	26	290
18 0174			200,00	82,00	6,00	5,80	13,00	7,00	1,1767	1,750	22300,0	940	22	450
19 0016			200,00	82,00	8,00	7,50	14,20	6,20	0,775	1,550	35519,0	977	162	458
19 0041		*	200,00	82,00	8,50	8,10	14,50	6,00	0,706	1,500	38500,0	960	220	440
19 0017			200,00	82,00	10,00	9,40	15,50	5,50	0,550	1,375	52053,0	973	303	446
19 0018			200,00	82,00	12,00	11,25	16,60	4,60	0,383	1,150	67868,0	898	393	404
19 0042			200,00	82,00	13,00	12,10	16,50	3,50	0,269	0,875	62100,0	700	370	310
19 0019			200,00	92,00	10,00	9,40	15,60	5,60	0,560	1,400	55657,0	980	289	498
19 0020			200,00	92,00	12,00	11,25	16,80	4,80	0,400	1,200	74572,0	930	385	465
19 0021			200,00	92,00	14,00	13,05	18,10	4,10	0,292	1,025	95817,0	877	441	433
18 0156	C		200,00	102,00	5,50		12,50	7,00	1,272	1,750	19817,0	861	5	494
18 0157			200,00	102,00	5,50	5,30	12,50	7,00	1,272	1,750	20659,0	892	-37	514
19 0022	B		200,00	102,00	8,00	7,50	13,60	5,60	0,700	1,400	33367,0	845	160	475
19 0043		*	200,00	102,00	8,30	7,80	14,30	6,00	0,723	1,500	40500,0	950	170	530
19 0044		*	200,00	102,00	9,00	8,60	14,60	5,60	0,622	1,400	44100,0	890	240	500
19 0023			200,00	102,00	10,00	9,40	15,60	5,60	0,560	1,400	58756,0	983	281	546
19 0045		*	200,00	102,00	11,00	10,30	15,00	4,00	0,364	1,000	49500,0	700	300	380
19 0024	A		200,00	102,00	12,00	11,25	16,20	4,20	0,350	1,050	66983,0	792	357	432
19 0025			200,00	102,00	14,00	13,05	18,20	4,20	0,300	1,050	103986,0	904	441	491
18 0175		*	200,00	112,00	6,00	5,80	12,00	6,00	1,000	1,500	19700,0	770	50	470
19 0026			200,00	112,00	12,00	11,25	16,20	4,20	0,350	1,050	71671,0	809	359	480
19 0027			200,00	112,00	14,00	13,05	17,50	3,50	0,250	0,875	90576,0	745	397	438
19 0046		*	200,00	112,00	15,00	14,00	18,00	3,00	0,200	0,750	93500,0	660	390	390
19 0028			200,00	112,00	16,00	14,80	19,80	3,80	0,237	0,950	146464,0	927	493	545
19 0029	C		225,00	112,00	6,50	6,20	13,60	7,10	1,092	1,775	23582,0	794	15	446
19 0030	B		225,00	112,00	8,00	7,50	14,50	6,50	0,812	1,625	32870,0	812	104	450
19 0047		*	225,00	112,00	9,00	8,45	15,50	6,50	0,722	1,625	43600,0	880	160	480
19 0048		*	225,00	112,00	10,00	9,40	16,20	6,20	0,620	1,550	52800,0	880	220	480
19 0049		*	225,00	112,00	10,80	10,00	16,50	5,70	0,528	1,425	58100,0	850	240	470
19 0031	A		225,00	112,00	12,00	11,25	17,00	5,00	0,416	1,250	64497,0	772	304	415
19 0032			225,00	112,00	16,00	14,90	20,50	4,50	0,281	1,125	128407,0	864	438	458
19 0033			250,00	102,00	10,00	9,40	18,00	8,00	0,800	2,000	58157,0	1017	160	476
19 0034			250,00	102,00	12,00	11,25	19,00	7,00	0,583	1,750	75052,0	971	276	445
19 0035	C		250,00	127,00	7,00	6,70	14,80	7,80	1,114	1,950	26895,0	767	10	438
19 0050		*	250,00	127,00	7,50	7,00	16,50	9,00	1,200	2,250	41900,0	1000	53	580
19 0036			250,00	127,00	8,00	7,50	16,00	8,00	1,000	2,000	38439,0	877	30	500
19 0051		*	250,00	127,00	9,00	8,45	16,60	7,60	0,844	1,900	45900,0	880	98	500
19 0052		*	250,00	127,00	9,20	8,60	17,40	8,20	0,891	2,050	55200,0	990	80	560

Federkraft F in N					Spannung σ in N/mm ²					Masse 1000 Stck. in kg					
s = 0,50 ho					s = 0,75 ho						s _c *				
s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}		s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}
2,400	34161,0	1791	579	814	3,600	45456,0	2535	1020	1138	4,800	55098,0	3178	1562	1406	
2,400	35204,0	1901	459	875	3,600	45456,0	2686	855	1221	5,100	55161,0	3510	1506	1569	
2,400	53294,0	2156	604	986	3,600	70442,0	3062	1079	1385	5,250	89248,0	4119	1919	1830	
2,425	36714,0	1782	545	926	3,637	48749,0	2518	973	1295	4,850	58978,0	3152	1503	1602	
2,425	38235,0	1930	379	1017	3,637	48749,0	2721	743	1420	5,250	58662,0	3591	1408	1846	
2,025	65655,0	1884	725	969	3,037	91060,0	2702	1212	1378	4,550	124679,0	3769	2094	1895	
2,000	70060,0	1881	713	1088	3,000	97319,0	2697	1195	1549	4,500	133637,0	3764	2074	2136	
1,700	109889,0	1839	938	1049	2,550	158300,0	2668	1498	1512	4,000	236018,0	3941	2593	2211	
2,800	18832,0	1581	111	904	4,200	21843,0	2188	350	1238	5,600	23022,0	2672	712	1494	
2,800	19288,0	1632	38	938	4,200	21843,0	2256	250	1284	5,750	22250,0	2797	634	1572	
2,250	30431,0	1423	474	790	3,375	41008,0	2016	830	1109	4,500	50260,0	2530	1264	1377	
2,250	31633,0	1547	341	870	3,375	41008,0	2186	646	1218	4,900	50562,0	2908	1203	1599	
1,750	96216,0	1658	836	902	2,625	138331,0	2403	1338	1299	4,100	204958,0	3533	2310	1889	
1,750	127338,0	1827	925	994	2,625	183518,0	2655	1474	1436	4,300	284160,0	4078	2686	2179	
3,100	22731,0	1537	115	877	4,650	26442,0	2128	350	1201	6,200	27966,0	2600	703	1450	
3,100	23387,0	1597	30	916	4,650	26442,0	2208	233	1255	6,400	26839,0	2747	612	1540	
2,550	28552,0	1331	368	742	3,825	37502,0	1875	672	1035	5,100	44930,0	2340	1057	1278	
2,550	29767,0	1440	243	812	3,825	37502,0	2024	499	1132	5,500	44355,0	2654	974	1464	
2,000	88141,0	1535	712	837	3,000	125417,0	2217	1153	1201	4,600	180562,0	3188	1979	1707	
1,750	163392,0	1653	922	892	2,625	237883,0	2412	1452	1294	4,400	381593,0	3811	2664	2021	
2,750	15400,0	1130	130	530	4,125	18400,0	1570	310	730	5,700	20100,0	1980	620	910	
3,500	35000,0	1750	170	830	5,250	41200,0	2440	450	1140	7,200	44200,0	3050	900	1400	
3,100	60470,0	1847	431	857	4,650	78034,0	2611	806	1198	6,700	95329,0	3458	1466	1558	
3,000	67200,0	1810	540	830	4,500	89300,0	2580	960	1170	6,400	112100,0	3400	1620	1520	
2,750	94245,0	1862	691	846	4,125	129445,0	2665	1164	1198	6,100	173523,0	3669	1993	1622	
2,300	128082,0	1735	847	774	3,450	182737,0	2512	1361	1111	5,350	266449,0	3662	2345	1594	
1,750	120000,0	1360	780	600	2,625	174800,0	1990	1220	870	4,400	280300,0	3150	2240	1360	
2,800	100501,0	1873	665	943	4,200	137688,0	2677	1130	1336	6,200	183777,0	3673	1946	1806	
2,400	140170,0	1794	836	890	3,600	199269,0	2591	1354	1276	5,550	287825,0	3747	2335	1819	
2,050	184267,0	1706	931	837	3,075	267227,0	2485	1471	1211	5,050	418519,0	3846	2649	1850	
3,500	30882,0	1599	131	910	5,250	36111,0	2216	381	1247	7,000	38423,0	2709	752	1507	
3,500	31663,0	1655	54	946	5,250	36111,0	2289	274	1296	7,200	37138,0	2845	671	1590	
2,800	57955,0	1601	409	892	4,200	76378,0	2268	747	1254	6,100	96202,0	3031	1347	1654	
3,000	70000,0	1790	440	1000	4,500	91800,0	2530	810	1400	6,500	114600,0	3370	1470	1840	
2,800	78800,0	1700	570	940	4,200	107100,0	2420	980	1330	6,000	138600,0	3220	1640	1750	
2,800	106099,0	1877	651	1036	4,200	145357,0	2682	1111	1468	6,200	194014,0	3676	1923	1987	
2,000	93900,0	1350	660	730	3,000	134500,0	1950	1050	1050	4,700	198700,0	2870	1840	1530	
2,100	127401,0	1532	766	831	3,150	183020,0	2221	1227	1196	4,950	272297,0	3282	2136	1747	
2,100	199671,0	1755	935	948	3,150	289181,0	2554	1481	1371	5,150	450249,0	3931	2667	2085	
3,000	32200,0	1430	200	880	4,500	39700,0	2000	450	1210	6,200	45100,0	2530	850	1520	
2,100	136317,0	1564	772	923	3,150	195830,0	2266	1238	1330	4,950	291355,0	3345	2160	1944	
1,750	175719,0	1452	832	850	2,625	256758,0	2121	1306	1236	4,450	418407,0	3394	2414	1959	
1,500	183100,0	1290	810	750	2,250	269700,0	1900	1260	1100	4,000	465200,0	3200	2400	1840	
1,900	284370,0	1808	1032	1059	2,850	415725,0	2644	1616	1542	5,000	699348,0	4368	3106	2521	
3,550	37417,0	1482	136	825	5,325	44580,0	2063	364	1137	7,400	48614,0	2608	764	1418	
3,250	55412,0	1531	301	842	4,875	70749,0	2158	591	1176	7,000	85127,0	2836	1110	1524	
3,250	75300,0	1660	410	910	4,875	98800,0	2350	760	1270	7,050	123300,0	3130	1370	1670	
3,100	93900,0	1680	520	910	4,650	126700,0	2400	910	1290	6,800	164800,0	3240	1590	1720	
2,850	105200,0	1630	560	880	4,275	144400,0	2340	960	1250	6,500	197000,0	3290	1720	1740	
2,500	120738,0	1488	666	794	3,750	171016,0	2146	1084	1137	5,750	244783,0	3080	1872	1612	
2,250	247489,0	1680	923	886	3,375	359590,0	2449	1456	1283	5,600	569897,0	3829	2651	1983	
4,000	98485,0	1922	432	889	6,000	126387,0	2713	817	1241	8,600	152967,0	3574	1487	1605	
3,500	134524,0	1854	640	842	5,250	182962,0	2648	1093	1190	7,750	242024,0	3630	1894	1603	
3,900	42527,0	1430	123	810	5,850	50466,0	1989	340	1116	8,100	54733,0	2506	718	1388	
4,500	64400,0	1860	40	1060	6,750	73500,0	2580	270	1460	9,500	75100,0	3260	740	1820	
4,000	61836,0	1641	173	928	6,000	74819,0	2292	429	1284	8,500	83455,0	2947	908	1628	
3,800	76800,0	1650	300	930	5,700	97300,0	2330	600	1290	8,150	115600,0	3040	1150	1670	
4,100	91000,0	1860	280	1050	6,150	113400,0	2620	600	1460	8,800	132000,0	3410	1200	1870	

Tabelle 6.1

Bestell-Nr.	DIN Reihe	keine Lagerhaltung	Abmessungen in mm							Federweg s in mm				
										$s = 0,25 h_0$				
			D_e	D_i	t	t'	l_0	h_0	h_0/t	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}
19 0037	B		250,00	127,00	10,00	9,40	17,00	7,00	0,700	1,750	51871,0	842	163	471
19 0053		*	250,00	127,00	10,50	9,90	18,00	7,50	0,714	1,875	64800,0	950	180	530
19 0054		*	250,00	127,00	11,00	10,40	18,80	7,80	0,709	1,950	77000,0	1030	200	580
19 0038			250,00	127,00	12,00	11,25	19,30	7,30	0,608	1,825	87633,0	1011	251	563
19 0055		*	250,00	127,00	13,00	12,20	19,60	6,60	0,508	1,650	93900,0	940	300	520
19 0056		*	250,00	127,00	13,50	12,60	19,60	6,10	0,452	1,525	94200,0	880	310	480
19 0039	A		250,00	127,00	14,00	13,10	19,60	5,60	0,400	1,400	93239,0	813	328	444
19 0057		*	250,00	127,00	14,50	13,60	20,00	5,50	0,379	1,375	100400,0	820	350	440
19 0058		*	250,00	127,00	15,00	14,10	21,00	6,00	0,400	1,500	122500,0	930	380	510
19 0040			250,00	127,00	16,00	14,90	21,80	5,80	0,362	1,450	141529,0	949	406	517
19 0059		*	250,00	127,00	16,80	15,65	22,00	5,20	0,310	1,300	142800,0	870	410	470
19 0060		*	250,00	127,00	17,50	16,35	22,00	4,50	0,257	1,125	136000,0	750	400	400
19 0061		*	250,00	127,00	18,50	17,30	23,00	4,50	0,243	1,125	159700,0	790	440	420
19 0062		*	270,00	127,00	10,65	10,00	18,00	7,35	0,690	1,838	53800,0	800	160	420
19 0063		*	270,00	142,00	22,00		26,90	4,90	0,223	1,225	248700,0	780	550	430
19 0064		*	280,00	127,00	12,00	11,40	21,40	9,40	0,783	2,350	95400,0	1110	190	560
19 0065		*	280,00	127,00	19,00	18,00	25,00	6,00	0,316	1,500	178200,0	880	450	430
19 0066		*	280,00	142,00	12,00	11,30	21,00	9,00	0,750	2,250	95100,0	1060	180	590
19 0067		*	280,00	142,00	15,00	14,10	21,40	6,40	0,427	1,600	105700,0	800	310	440
19 0068		*	280,00	142,00	16,60	15,60	23,25	6,65	0,401	1,663	146600,0	910	370	490
19 0069		*	280,00	142,00	17,45	16,40	23,90	6,45	0,370	1,613	162300,0	910	400	490
19 0070		*	280,00	142,00	18,00	16,90	24,00	6,00	0,333	1,500	162600,0	860	400	460
19 0071		*	280,00	142,00	18,90	17,80	24,60	5,70	0,302	1,425	175800,0	830	420	450
19 0072		*	280,00	142,00	20,30	19,10	25,40	5,10	0,251	1,275	190600,0	780	430	420
19 0073		*	280,00	142,00	22,00	20,65	26,35	4,35	0,198	1,088	202800,0	700	430	370
19 0074		*	280,00	152,00	12,80	11,90	19,80	7,00	0,547	1,750	82100,0	820	220	480
19 0075		*	280,00	152,00	15,00	14,00	21,40	6,40	0,427	1,600	111300,0	820	300	480
19 0076		*	280,00	152,00	18,50	17,40	23,60	5,10	0,276	1,275	152700,0	730	380	420
19 0077		*	300,00	127,00	12,00	11,30	21,00	9,00	0,750	2,250	76300,0	930	170	440
19 0078		*	300,00	127,00	13,00	12,30	20,50	7,50	0,577	1,875	70900,0	770	230	360
19 0079		*	300,00	127,00	14,00	13,30	21,00	7,00	0,500	1,750	78300,0	740	270	340
19 0080		*	300,00	127,00	15,30		22,80	7,50	0,490	1,875	104600,0	800	370	370
19 0081		*	300,00	127,00	16,00	15,20	24,30	8,30	0,519	2,075	140200,0	1010	350	470
19 0082		*	300,00	127,00	17,00	16,10	23,80	6,80	0,400	1,700	128400,0	830	360	380
19 0083		*	300,00	127,00	17,40	16,45	22,65	5,25	0,302	1,313	101100,0	620	320	280
19 0084		*	300,00	152,00	8,50	8,25	16,80	8,30	0,976	2,075	31300,0	640	60	360
19 0085		*	300,00	152,00	10,00	9,40	20,00	10,00	1,000	2,500	64900,0	950	40	540
19 0086		*	300,00	152,00	12,00	11,30	21,00	9,00	0,750	2,250	82800,0	920	150	520
19 0087		*	300,00	152,00	13,00	12,20	22,00	9,00	0,692	2,250	101200,0	970	190	540
19 0088		*	300,00	152,00	14,00	13,20	22,00	8,00	0,571	2,000	102500,0	880	250	480
19 0089		*	300,00	152,00	14,50	13,60	22,00	7,50	0,517	1,875	103400,0	830	260	460
19 0090		*	300,00	152,00	15,00	14,10	23,00	8,00	0,533	2,000	123100,0	920	280	510
19 0091		*	300,00	152,00	15,50	14,60	23,50	8,00	0,516	2,000	134100,0	940	300	520
19 0092		*	300,00	152,00	16,10	15,10	23,70	7,60	0,472	1,900	139200,0	910	320	500
19 0093		*	300,00	152,00	16,50		23,00	6,50	0,394	1,625	117500,0	700	370	380
19 0094		*	300,00	152,00	17,00	16,00	24,40	7,40	0,435	1,850	155600,0	920	350	500
19 0095		*	300,00	152,00	18,00	16,80	25,00	7,00	0,389	1,750	170900,0	910	370	490
19 0096		*	300,00	152,00	18,50	17,40	25,00	6,50	0,351	1,625	167900,0	840	380	450
19 0097		*	300,00	152,00	19,50	18,30	26,20	6,70	0,344	1,675	202200,0	910	420	490
19 0098		*	300,00	152,00	20,00	18,80	25,50	5,50	0,275	1,375	173000,0	730	390	390
19 0099		*	300,00	152,00	20,50	19,30	26,50	6,00	0,293	1,500	204700,0	820	420	440
19 0100		*	300,00	182,00	12,00	11,10	18,00	6,00	0,500	1,500	54400,0	590	170	380
19 0101		*	320,00	172,00	8,10	7,60	16,30	8,20	1,012	2,050	26200,0	560	10	340
19 0102		*	320,00	172,00	9,00	8,50	19,00	10,00	1,111	2,500	47000,0	790	10	470
19 0103		*	320,00	172,00	13,00	12,20	20,00	7,00	0,538	1,750	64400,0	620	180	360
19 0104		*	320,00	172,00	15,00	14,10	21,00	6,00	0,400	1,500	77600,0	570	230	330
19 0105		*	340,00	172,00	9,20	8,65	19,40	10,20	1,109	2,550	43700,0	720	10	410
19 0106		*	340,00	172,00	9,50	8,90	20,80	11,30	1,189	2,825	57000,0	850	40	490

Federkraft F in N					Spannung σ in N/mm ²					s_c^*					Masse
s = 0,50 ho					s = 0,75 ho										1000 Stck.
s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	in kg
3,500	90206,0	1595	415	886	5,250	119053,0	2260	755	1244	7,600	149964,0	3014	1350	1638	2687,000
3,750	112500,0	1800	460	1000	5,625	148100,0	2550	840	1400	8,100	185500,0	3380	1500	1840	2830,000
3,900	133900,0	1950	520	1080	5,850	176900,0	2760	940	1520	8,400	222000,0	3660	1650	1990	2970,000
3,650	156021,0	1926	599	1063	5,475	210806,0	2743	1045	1502	8,050	275879,0	3730	1839	2016	3216,000
3,300	171800,0	1800	680	990	4,950	238300,0	2580	1150	1400	7,400	325800,0	3590	1980	1930	3490,000
3,050	174400,0	1700	700	930	4,575	244700,0	2440	1150	1320	7,000	345300,0	3480	2010	1860	3600,000
2,800	175145,0	1568	715	851	4,200	248828,0	2264	1160	1221	6,500	360229,0	3281	2018	1748	3745,000
2,750	189700,0	1570	750	850	4,125	270800,0	2280	1210	1220	6,400	395600,0	3310	2090	1760	3890,000
3,000	230500,0	1790	830	970	4,500	327900,0	2580	1350	1390	6,900	472100,0	3720	2310	1980	4030,000
2,900	267853,0	1833	875	993	4,350	383017,0	2655	1408	1428	6,900	570770,0	3944	2500	2096	4260,000
2,600	273500,0	1680	880	900	3,900	395400,0	2440	1390	1310	6,350	611600,0	3740	2510	1980	4470,000
2,250	263600,0	1460	850	780	3,375	384900,0	2140	1330	1140	5,650	619500,0	3390	2410	1780	4670,000
2,250	310400,0	1530	910	820	3,375	454300,0	2240	1420	1190	5,700	739800,0	3590	2600	1890	4950,000
3,675	93700,0	1520	410	790	5,513	123900,0	2150	740	1110	8,000	156700,0	2880	1320	1460	3500,000
2,450	490700,0	1530	1130	830	3,675	728300,0	2250	1750	1210	4,900	963500,0	2930	2400	1580	7150,000
4,700	163100,0	2090	500	1060	7,050	211600,0	2950	940	1480	10,000	258300,0	3860	1650	1900	4380,000
3,000	342600,0	1710	950	830	4,500	496800,0	2490	1510	1200	7,000	741600,0	3670	2550	1740	6910,000
4,500	163400,0	2000	470	1110	6,750	212900,0	2820	880	1560	9,700	262900,0	3730	1590	2030	4060,000
3,200	197600,0	1540	680	840	4,800	279500,0	2220	1120	1200	7,300	396800,0	3160	1910	1690	5060,000
3,325	275800,0	1750	810	950	4,988	392300,0	2530	1310	1360	7,650	564800,0	3640	2260	1930	5600,000
3,225	307600,0	1760	860	950	4,838	440400,0	2540	1380	1360	7,500	645100,0	3700	2380	1960	5890,000
3,000	310600,0	1660	860	890	4,500	447900,0	2400	1370	1290	7,100	672000,0	3570	2370	1890	6070,000
2,850	338300,0	1620	890	870	4,275	491000,0	2350	1410	1250	6,800	748700,0	3540	2450	1870	6390,000
2,550	370300,0	1510	903	810	3,825	542100,0	2210	1410	1170	6,300	862700,0	3460	2510	1820	6860,000
2,175	397600,0	1360	880	720	3,263	586300,0	2000	1360	1060	5,700	996900,0	3330	2550	1740	7410,000
3,500	148000,0	1560	520	910	5,250	202500,0	2230	890	1290	7,900	273200,0	3110	1590	1780	4060,000
3,200	207500,0	1580	670	910	4,800	292700,0	2270	1100	1300	7,400	418700,0	3260	1930	1850	4770,000
2,550	295400,0	1420	800	810	3,825	430600,0	2060	1270	1170	6,200	671500,0	3170	2230	1780	5930,000
4,500	131000,0	1750	440	830	6,750	170700,0	2480	810	1170	9,700	210800,0	3280	1440	1520	5150,000
3,750	127800,0	1460	530	680	5,625	174900,0	2090	900	970	8,200	231100,0	2840	1520	1290	5600,000
3,500	144200,0	1410	600	660	5,250	201400,0	2030	980	930	7,700	273700,0	2790	1630	1260	6060,000
3,750	197000,0	1540	800	700	5,625	281200,0	2210	1290	1000	7,500	361400,0	2830	1840	1270	6970,000
4,150	257000,0	1930	790	900	6,225	357400,0	2770	1310	1270	9,100	482200,0	3790	2170	1720	6920,000
3,400	242200,0	1600	780	730	5,100	345500,0	2310	1260	1050	7,700	492600,0	3280	2100	1470	7330,000
2,625	194800,0	1200	690	550	3,938	283000,0	1750	1080	790	6,200	428200,0	2620	1840	1160	7490,000
4,150	51500,0	1200	200	670	6,225	64100,0	1680	420	930	8,550	73700,0	2130	760	1160	3400,000
5,000	104500,0	1780	190	1000	7,500	126600,0	2480	470	1390	10,600	141500,0	3180	990	1750	3880,000
4,500	142200,0	1740	410	970	6,750	185300,0	2460	760	1350	9,700	228900,0	3250	1380	1770	4660,000
4,500	176200,0	1850	480	1020	6,750	232800,0	2620	880	1440	9,800	294200,0	3500	1580	1900	5030,000
4,000	184700,0	1670	580	920	6,000	252700,0	2380	980	1300	8,800	335200,0	3250	1690	1750	5440,000
3,750	188600,0	1590	590	870	5,625	260900,0	2280	1000	1240	8,400	355300,0	3170	1730	1700	5610,000
4,000	223900,0	1770	650	970	6,000	308900,0	2530	1090	1370	8,900	417100,0	3490	1880	1870	5820,000
4,000	245200,0	1800	690	990	6,000	339900,0	2590	1150	1400	8,900	461800,0	3570	1970	1910	6020,000
3,800	257000,0	1750	710	960	5,700	359500,0	2520	1180	1360	8,600	500100,0	3550	2030	1890	6230,000
3,250	225600,0	1350	790	720	4,875	327600,0	1960	1260	1040	6,500	426400,0	2520	1770	1320	6810,000
3,700	290300,0	1760	770	960	5,550	410000,0	2540	1270	1370	8,400	578800,0	3600	2160	1920	6600,000
3,500	321700,0	1750	800	950	5,250	457700,0	2520	1300	1360	8,200	669000,0	3690	2280	1960	6930,000
3,250	319600,0	1620	820	870	4,875	459500,0	2350	1300	1250	7,600	679600,0	3440	2250	1820	7180,000
3,350	385200,0	1760	890	950	5,025	554200,0	2550	1420	1360	7,900	826600,0	3770	2480	1990	7550,000
2,750	334500,0	1420	810	760	4,125	487600,0	2070	1280	1100	6,700	761900,0	3190	2260	1680	7750,000
3,000	394700,0	1600	900	860	4,500	573800,0	2330	1410	1240	7,200	881200,0	3530	2460	1860	7960,000
3,000	99100,0	1130	390	730	4,500	136900,0	1620	660	1030	6,900	189600,0	2290	1210	1450	3890,000
4,100	42000,0	1050	100	630	6,150	50600,0	1470	260	870	8,700	56200,0	1890	570	1100	3410,000
5,000	73900,0	1470	90	880	7,500	87100,0	2050	302	1210	10,500	93500,0	2590	690	1510	3820,000
3,500	117000,0	1190	420	690	5,250	161000,0	1710	720	980	7,800	217100,0	2360	1250	1330	5480,000
3,000	146100,0	1100	510	630	4,500	207900,0	1590	820	900	6,900	299300,0	2290	1410	1280	6330,000
5,100	68600,0	1350	90	760	7,650	80700,0	1870	280	1050	10,750	86300,0	2380	640	1320	4590,000
5,650	87900,0	1590	50	900	8,475	100800,0	2200	250	1240	11,900	104000,0	2790	650	1550	4720,000

Tabelle 6.1

Bestell-Nr.	DIN Reihe	keine Lagerhaltung	Abmessungen in mm							Federweg s in mm				
			D _e	D _i	t	t'	l ₀	h ₀	h ₀ /t	s = 0,25 h ₀				
										s	F	σ _I	σ _{II}	σ _{III}
19 0107		*	340,00	172,00	10,50	9,90	22,50	12,00	1,143	3,000	78300,0	980	20	560
19 0108		*	340,00	172,00	11,00	10,40	22,40	11,40	1,036	2,850	78300,0	930	30	530
19 0109		*	340,00	172,00	11,50	10,80	22,90	11,40	0,991	2,850	87000,0	970	40	550
19 0110		*	340,00	172,00	12,50	11,80	23,00	10,50	0,840	2,625	90800,0	900	110	510
19 0111		*	340,00	172,00	13,50	12,70	23,50	10,00	0,741	2,500	101300,0	890	150	500
19 0112		*	340,00	172,00	13,70	12,90	24,30	10,60	0,774	2,650	115000,0	970	150	550
19 0113		*	340,00	172,00	14,20	13,30	24,40	10,20	0,718	2,550	118800,0	950	170	530
19 0114		*	340,00	172,00	14,60	13,70	25,10	10,50	0,719	2,625	132700,0	1010	180	560
19 0115		*	340,00	172,00	15,30	14,40	24,70	9,40	0,614	2,350	126200,0	900	220	500
19 0116		*	340,00	172,00	15,80	14,80	25,50	9,70	0,614	2,425	144000,0	960	230	530
19 0117		*	340,00	172,00	16,20	15,20	25,60	9,40	0,580	2,350	146700,0	940	250	520
19 0118		*	340,00	172,00	17,00	16,00	25,30	8,30	0,488	2,075	140300,0	820	280	450
19 0119		*	340,00	172,00	17,30	16,30	26,10	8,80	0,509	2,200	158700,0	900	290	490
19 0120		*	340,00	172,00	18,00	16,90	26,00	8,00	0,444	2,000	156400,0	820	310	450
19 0121		*	340,00	172,00	20,00	18,70	28,00	8,00	0,400	2,000	209500,0	900	360	490
19 0122		*	340,00	172,00	22,00	20,60	28,00	6,00	0,273	1,500	195500,0	690	360	370
19 0123		*	360,00	182,00	15,50	14,60	23,50	8,00	0,516	2,000	93000,0	650	210	360
19 0124		*	360,00	182,00	20,00	18,80	28,30	8,30	0,415	2,075	194800,0	830	330	450
19 0125		*	360,00	182,00	21,00	19,70	28,00	7,00	0,333	1,750	182000,0	700	330	380
19 0126		*	360,00	182,00	21,50	20,20	29,50	8,00	0,372	2,000	227700,0	840	370	460
19 0127		*	360,00	182,00	23,00	21,60	30,20	7,20	0,313	1,800	243300,0	780	380	420
19 0128		*	370,00	202,00	25,00	23,20	31,40	6,40	0,256	1,600	271200,0	710	370	410
19 0129		*	370,00	202,00	26,00	24,20	32,80	6,80	0,262	1,700	324500,0	790	410	450
19 0130		*	380,00	152,00	19,00	18,00	29,00	10,00	0,526	2,500	174600,0	920	310	410
19 0131		*	380,00	192,00	13,50	12,70	26,20	12,70	0,941	3,175	120300,0	990	70	560
19 0132		*	380,00	192,00	25,00	23,40	33,00	8,00	0,320	2,000	313100,0	860	410	460
19 0133		*	380,00	202,00	12,00	11,50	25,00	13,00	1,083	3,250	98100,0	940	20	560
19 0134		*	380,00	202,00	15,00	14,10	27,00	12,00	0,800	3,000	144400,0	990	130	580
19 0135		*	380,00	212,00	18,00	16,70	27,00	9,00	0,500	2,250	158000,0	790	240	480
19 0136		*	400,00	202,00	10,00	9,60	22,00	12,00	1,200	3,000	50100,0	680	10	390
19 0137		*	400,00	202,00	12,00	11,30	26,50	14,50	1,208	3,625	107500,0	1000	40	570
19 0138		*	400,00	202,00	14,00	13,20	27,00	13,00	0,929	3,250	122400,0	940	70	530
19 0139		*	400,00	202,00	16,00	15,10	28,00	12,00	0,750	3,000	146600,0	920	160	510
19 0140		*	400,00	202,00	19,00	17,90	30,00	11,00	0,579	2,750	198900,0	920	260	510
19 0141		*	400,00	202,00	20,30	19,10	31,10	10,80	0,532	2,700	230900,0	950	290	520
19 0142		*	400,00	202,00	21,20	19,90	31,40	10,20	0,481	2,550	240700,0	910	310	500
19 0143		*	400,00	202,00	22,50	21,20	32,50	10,00	0,444	2,500	274900,0	930	350	500
19 0144		*	400,00	202,00	30,00	28,20	37,20	7,20	0,240	1,800	422500,0	790	450	420
19 0145		*	440,00	212,00	18,50		32,00	13,50	0,730	3,375	190400,0	910	250	480
19 0146		*	440,00	252,00	25,00	23,20	33,00	8,00	0,320	2,000	257500,0	670	300	400
19 0147		*	450,00	202,00	25,50	24,00	34,10	8,60	0,337	2,150	241500,0	670	320	330
19 0148		*	450,00	252,00	21,00	19,50	33,00	12,00	0,571	3,000	251200,0	910	230	550
19 0149		*	450,00	252,00	25,00	23,30	33,80	8,80	0,352	2,200	269500,0	700	300	420
19 0150		*	470,00	237,00	33,00	31,00	42,00	9,00	0,273	2,250	516100,0	800	430	430
19 0151		*	480,00	252,00	20,30	19,00	33,00	12,70	0,626	3,175	207400,0	820	190	470
19 0152		*	480,00	252,00	20,70		36,60	15,90	0,768	3,975	285500,0	1030	260	590
19 0153		*	500,00	202,00	37,00	35,00	44,40	7,40	0,200	1,850	466200,0	630	400	270
19 0154		*	500,00	242,00	32,00	30,00	41,00	9,00	0,281	2,250	408400,0	690	360	360
19 0155		*	500,00	252,00	19,00		34,50	15,50	0,816	3,875	200100,0	860	190	480
19 0156		*	600,00	282,00	22,00		44,00	22,00	1,000	5,500	340100,0	1070	140	560
19 0157		*	600,00	282,00	24,00		46,00	22,00	0,917	5,500	413600,0	1120	200	590

*) $s_c = h_0 = l_0 - t$ 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					Masse 1000 Stck. in kg					
s = 0,50 ho			s = 0,75 ho			s _c *									
s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}		s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}
6,000	122200,0	1830	100	1030	9,000	142500,0	2540	350	1420	12,600	150800,0	3210	830	1780	5250,000
5,700	125400,0	1750	180	980	8,550	151000,0	2440	450	1360	12,000	167000,0	3110	940	1710	5520,000
5,700	140300,0	1810	200	1020	8,550	170400,0	2530	490	1410	12,100	191000,0	3250	1020	1790	5730,000
5,250	152500,0	1700	330	950	7,875	194000,0	2390	650	1320	11,200	231400,0	3120	1200	1700	6260,000
5,000	174300,0	1690	400	940	7,500	227600,0	2390	750	1310	10,800	282100,0	3160	1360	1720	6740,000
5,300	196200,0	1840	410	1020	7,950	253900,0	2600	780	1430	11,400	310700,0	3420	1420	1860	6840,000
5,100	205200,0	1800	440	1000	7,650	268900,0	2550	810	1400	11,100	336100,0	3410	1480	1850	7050,000
5,250	229400,0	1910	470	1060	7,875	300900,0	2700	870	1480	11,400	376100,0	3590	1570	1950	7270,000
4,700	224700,0	1700	540	940	7,050	303700,0	2430	930	1320	10,300	396100,0	3290	1630	1770	7640,000
4,850	255900,0	1830	560	1010	7,275	345200,0	2600	980	1420	10,700	450700,0	3540	1730	1910	7850,000
4,700	263200,0	1790	590	980	7,050	358400,0	2550	1020	1390	10,400	474600,0	3480	1780	1870	8060,000
4,150	258300,0	1580	630	860	6,225	360400,0	2270	1050	1230	9,300	496100,0	3160	1790	1690	8490,000
4,400	290800,0	1720	660	940	6,600	403900,0	2460	1110	1330	9,800	550500,0	3410	1900	1820	8640,000
4,000	291000,0	1580	680	860	6,000	409800,0	2280	1110	1230	9,100	577300,0	3230	1910	1720	8960,000
4,000	393500,0	1730	790	940	6,000	558900,0	2500	1280	1340	9,300	809800,0	3630	2230	1920	9920,000
3,000	377900,0	1330	760	710	4,500	550600,0	1950	1190	1030	7,400	869300,0	3020	2130	1590	10900,000
4,000	170000,0	1250	480	680	6,000	235700,0	1800	800	970	8,900	320300,0	2480	1370	1330	8680,000
4,150	365200,0	1600	730	870	6,225	518000,0	2310	1180	1240	9,400	739800,0	3310	2020	1750	11200,000
3,500	347500,0	1370	700	730	5,250	501000,0	1980	1120	1060	8,300	752700,0	2950	1960	1560	11700,000
4,000	431200,0	1630	790	880	6,000	617000,0	2350	1270	1260	9,300	902900,0	3430	2190	1810	12000,000
3,600	466700,0	1520	810	810	5,400	675700,0	2210	1290	1180	8,600	1027000,0	3320	2250	1750	12800,000
3,200	525000,0	1390	780	790	4,800	765700,0	2030	1220	1160	8,200	1252000,0	3260	2290	1840	13700,000
3,400	628000,0	1530	860	880	5,100	915500,0	2240	1350	1270	8,600	1480000,0	3550	2490	2010	14300,000
5,000	319100,0	1760	710	780	7,500	442400,0	2520	1180	1100	11,000	596100,0	3460	1960	1490	13500,000
6,350	196600,0	1850	260	1040	9,525	242400,0	2600	570	1440	13,500	277600,0	3350	1130	1840	8420,000
4,000	599300,0	1660	870	890	6,000	865600,0	2410	1380	1290	9,600	1318000,0	3640	2440	1910	15500,000
6,500	156300,0	1760	170	1040	9,750	187300,0	2450	440	1430	13,500	205700,0	3100	920	1780	7350,000
6,000	244600,0	1860	380	1080	9,000	313900,0	2630	730	1510	12,900	379900,0	3450	1360	1960	9000,000
4,500	288300,0	1520	540	910	6,750	398700,0	2180	920	1290	10,300	551200,0	3070	1650	1800	10200,000
6,000	77900,0	1260	70	710	9,000	90400,0	1750	250	980	12,400	95200,0	2190	560	1210	7050,000
7,250	165400,0	1860	50	1060	10,875	189200,0	2580	290	1450	15,200	194700,0	3250	760	1800	8300,000
6,500	200800,0	1760	260	990	9,750	248900,0	2470	560	1370	13,800	286700,0	3190	1100	1750	9700,000
6,000	252100,0	1735	410	960	9,000	328800,0	2450	770	1350	12,900	406200,0	3240	1390	1750	11100,000
5,500	357700,0	1760	600	960	8,250	488200,0	2510	1020	1360	12,100	645800,0	3420	1760	1830	13200,000
5,400	420300,0	1810	670	990	8,100	580100,0	2590	1120	1400	12,000	783300,0	3570	1930	1910	14000,000
5,100	443500,0	1750	700	950	7,650	619200,0	2510	1160	1360	11,500	857100,0	3520	2000	1880	14600,000
5,000	512000,0	1780	770	960	7,500	722000,0	2560	1270	1380	11,300	1014000,0	3610	2150	1920	15600,000
3,600	822700,0	1540	930	820	5,400	1206000,0	2250	1460	1190	9,000	1945000,0	3570	2620	1860	20700,000
6,750	338500,0	1720	600	900	10,125	458400,0	2440	1040	1270	13,500	564300,0	3060	1570	1570	17000,000
4,000	491700,0	1290	640	780	6,000	708500,0	1870	1030	1120	9,800	1094000,0	2870	1870	1700	18600,000
4,300	461200,0	1300	690	630	6,450	665000,0	1890	1090	900	10,100	991000,0	2800	1880	1320	23900,000
6,000	449800,0	1740	540	1050	9,000	610900,0	2480	940	1480	13,500	814900,0	3430	1700	2030	16700,000
4,400	511400,0	1360	650	800	6,600	733000,0	1970	1050	1160	10,500	1099000,0	2940	1870	1710	20000,000
4,500	999000,0	1560	900	830	6,750	1456000,0	2280	1410	1210	11,000	2282000,0	3520	2490	1840	31500,000
6,350	367200,0	1560	460	890	9,525	493500,0	2220	810	1250	14,000	641300,0	3010	1440	1680	19600,000
7,950	502600,0	1950	630	1110	11,925	674300,0	2760	1100	1550	15,900	823100,0	3460	1690	1930	21300,000
3,700	914900,0	1240	830	530	5,550	1350000,0	1820	1280	770	9,400	2233000,0	2950	2310	1240	45100,000
4,500	788400,0	1350	760	690	6,750	1147000,0	1960	1200	1000	11,000	1794000,0	3030	2120	1520	35400,000
7,750	348100,0	1630	480	900	11,625	461300,0	2310	870	1250	15,500	557200,0	2880	1350	1550	21900,000
11,000	564800,0	2000	420	1050	16,500	712400,0	2810	8201	1450	22,000	821500,0	3480	1360	1780	38000,000
11,000	701300,0	2110	530	1100	16,500	905000,0	2970	990	1530	22,000	1066000,0	3700	1580	1880	41500,000

Tabelle 6.2

Bestell-Nr.	Abmessung in mm							Federweg s in mm						
	D _e	D _i	t	t'	l ₀	h ₀	h ₀ /t	s = 0,25 h ₀			s = 0,50 h ₀			
								s	F	σ _I	σ _{II}	σ _{III}	s	F
171 005	8,0	4,20	0,30		0,50	0,20	0,666	0,05	33,8	593	187	337	0,100	61,0
171 006	8,0	4,20	0,40		0,60	0,20	0,500	0,05	72,2	723	317	405	0,100	136,0
171 014	10,0	5,20	0,40		0,65	0,25	0,625	0,063	61,9	618	213	347	0,125	113,0
171 015	10,0	5,20	0,50		0,70	0,20	0,400	0,05	85,1	545	286	300	0,100	163,3
171 016	12,0	4,20	0,40		0,80	0,40	1,000	0,10	78,6	864	138	355	0,200	130,4
171 017	12,0	4,20	0,50		0,80	0,30	0,600	0,075	85,9	674	265	265	0,150	157,7
171 024	12,5	6,20	0,50		0,85	0,35	0,700	0,088	110,8	715	213	387	0,175	198,4
171 025	12,5	6,20	0,70		0,95	0,25	0,357	0,063	178,0	592	336	310	0,125	344,3
171 027	14,0	7,20	0,50		0,90	0,40	0,800	0,10	110,8	687	160	387	0,200	193,5
171 028	14,0	7,20	0,80		1,10	0,30	0,375	0,075	261,8	656	360	356	0,150	504,7
171 037	15,0	8,20	0,80		1,20	0,40	0,500	0,10	338,3	830	361	482	0,200	635,8
171 039	16,0	8,20	0,60		1,05	0,45	0,750	0,113	158,7	693	182	388	0,225	280,7
171 220	16,0	8,20	0,80		1,20	0,40	0,500	0,10	284,2	720	317	395	0,200	534,1
171 040	16,0	8,20	0,90		1,25	0,35	0,388	0,088	334,4	665	356	360	0,175	642,9
171 050	18,0	9,20	0,70		1,20	0,50	0,714	0,125	215,3	697	199	388	0,250	384,3
171 051	18,0	9,20	1,00		1,40	0,40	0,400	0,10	415,7	671	353	363	0,200	797,5
171 052	20,0	8,20	0,50		1,15	0,65	1,300	0,163	118,4	682	10,2	327	0,325	183,4
171 056	20,0	8,20	0,90		1,50	0,60	0,667	0,15	390,4	861	289	394	0,300	705,2
170 159	20,0	10,20	0,60		1,20	0,60	1,000	0,15	163,3	663	83	375	0,300	271,1
171 060	20,0	10,20	0,80		1,35	0,55	0,687	0,138	280,7	700	212	388	0,275	504,4
170 158	20,0	10,20	0,90		1,40	0,50	0,555	0,125	333,5	668	265	366	0,250	618,8
171 062	20,0	10,20	1,00		1,55	0,55	0,550	0,138	501,5	814	326	446	0,275	931,7
171 063	20,0	10,20	1,10		1,55	0,45	0,409	0,113	506,0	676	350	366	0,225	969,0
171 065	22,5	11,20	0,80		1,45	0,65	0,812	0,163	282,6	693	158	380	0,325	492,0
181 001	22,5	11,20	1,25		1,75	0,50	0,400	0,125	639,3	670	353	354	0,250	1227,0
171 072	25,0	12,20	0,70		1,60	0,90	1,285	0,225	305,5	832	3,5	460	0,450	474,7
171 073	25,0	12,20	0,90		1,60	0,70	0,777	0,175	338,4	668	167	359	0,350	594,3
181 004	25,0	12,20	1,50		2,00	0,50	0,333	0,125	859,4	625	369	322	0,250	1669,0
171 074	28,0	10,20	0,80		1,75	0,95	1,187	0,238	320,9	802	57	346	0,475	509,6
181 005	28,0	10,20	1,25		2,05	0,80	0,640	0,200	679,3	830	301	340	0,400	1235,0
171 078	28,0	14,20	1,00		1,80	0,80	0,800	0,200	439,4	685	160	382	0,400	767,4
181 010	28,0	14,20	1,50		2,15	0,65	0,433	0,163	953,1	689	342	372	0,325	1817,0
181 011	31,5	16,30	1,25		2,15	0,90	0,720	0,225	729,1	735	207	414	0,450	1300,0
181 013	31,5	16,30	1,75		2,45	0,70	0,400	0,175	1283,0	672	353	368	0,350	2462,0
181 021	35,5	18,30	1,25		2,25	1,00	0,800	0,250	674,2	668	155	377	0,500	1178,0
181 031	40,0	20,40	1,50		2,65	1,15	0,768	0,288	1023,0	714	181	398	0,575	1802,0
181 036	45,0	22,40	1,75		3,05	1,30	0,742	0,325	1406,0	733	198	400	0,650	2491,0

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

Federkraft F in N			Spannung in N/mm ²										Masse
			s = 0,75 h ₀					s _c *					1000 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
1128	431	636	0,150	83,9	1605	734	897	0,20	105,0	2023	1095	1121	0,087
1388	691	722	0,150	193,0	1994	1124	1102	0,20	248,0	2543	1615	1393	0,115
1178	483	656	0,188	156,9	1680	812	928	0,25	197,2	2124	1198	1163	0,181
1053	608	576	0,150	237,0	1524	968	827	0,20	308,1	1957	1365	1055	0,226
1624	379	659	0,300	164,5	2280	725	911	0,40	189,7	2832	1174	1112	0,313
1289	589	502	0,225	220,1	1846	971	710	0,30	277,9	2344	1411	888	0,390
1359	497	730	0,263	270,7	1930	854	1027	0,35	335,2	2430	1282	1280	0,365
1148	708	598	0,188	502,6	1667	1117	862	0,25	657,1	2149	1563	1104	0,511
1299	395	725	0,300	257,5	1835	705	1016	0,40	312,1	2296	1091	1258	0,445
1270	762	686	0,225	735,0	1842	1206	988	0,30	958,9	2371	1693	1263	0,715
1593	789	920	0,300	906,0	2289	1284	1312	0,40	1162,6	2918	1846	1660	0,783
1313	437	729	0,338	378,2	1859	765	1023	0,45	463,6	2333	1166	1270	0,702
1383	691	753	0,300	761,2	1988	1123	1074	0,40	976,7	2535	1613	1358	0,940
1286	756	693	0,263	934,2	1862	1200	997	0,35	1217,0	2395	1688	1272	1,060
1323	469	731	0,375	522,4	1877	811	1028	0,50	645,2	2361	1223	1279	1,040
1297	751	698	0,300	1157,0	1877	1195	1003	0,40	1505,0	2412	1684	1279	1,485
1268	116	601	0,488	212,9	1758	318	822	0,65	224,6	2152	617	991	1,030
1641	659	742	0,450	969,6	2339	1112	1045	0,60	1209,0	2954	1646	1304	1,858
1244	249	698	0,450	342,0	1741	498	968	0,60	394,4	2156	830	1184	1,101
1330	494	732	0,413	690,1	1891	846	1031	0,55	856,9	2382	1267	1286	1,470
1278	588	696	0,375	872,0	1831	968	989	0,50	1109,0	2326	1405	1245	1,650
1558	722	848	0,413	1315,0	2233	1188	1206	0,55	1674,0	2838	1723	1519	1,840
1306	746	702	0,338	1403,0	1889	1190	1008	0,45	1823,0	2426	1679	1285	2,020
1310	392	712	0,488	653,0	1850	703	995	0,65	789,0	2314	1090	1231	1,890
1294	751	680	0,375	1779,0	1874	1195	977	0,50	2314,0	2408	1684	1245	2,950
1545	125	847	0,675	553,1	2140	365	1161	0,90	586,1	2617	724	1401	2,070
1265	406	674	0,525	795,3	1790	716	944	0,70	968,9	2243	1098	1170	2,660
1213	775	621	0,375	2445,0	1765	1218	897	0,50	3204,0	2281	1696	1151	4,430
1498	221	638	0,713	610,2	2088	491	876	0,95	666,7	2571	867	1060	3,480
1584	678	642	0,600	1709,0	2263	1130	906	0,80	2142,0	2866	1658	1131	5,270
1296	395	715	0,600	1021,0	1832	706	1001	0,80	1238,0	2293	1091	1240	3,610
1328	734	712	0,488	2620,0	1918	1175	1021	0,65	3394,0	2459	1665	1298	5,420
1394	488	779	0,675	1764,0	1978	846	1095	0,90	2176,0	2486	1279	1363	5,630
1299	751	707	0,525	3571,0	1880	1195	1016	0,70	4645,0	2415	1685	1296	7,890
1263	383	707	0,750	1567,0	1784	685	990	1,00	1899,0	2233	1060	1225	7,180
1351	437	747	0,863	2418,0	1912	770	1048	1,15	2953,0	2397	1179	1300	11,020
1390	472	751	0,975	3363,0	1970	823	1055	1,30	4128,0	2473	1250	1311	16,540

Tabelle 6.2

Bestell-Nr.	Abmessung in mm							Federweg s in mm							
	D _e	D _i	t	t'	l ₀	h ₀	h ₀ /t	s = 0,25 h ₀					s = 0,50 h ₀		
								s	F	σ _I	σ _{II}	σ _{III}	s	F	
184 626	31,5	16,30	1,25		2,00	0,75	0,600	0,188	590,0	606	220	338	0,375	1083,0	
184 627	31,5	16,30	1,75		2,30	0,55	0,314	0,138	1023,0	528	320	286	0,275	1992,0	
184 628	35,5	18,30	2,00		2,65	0,65	0,325	0,163	1423,0	565	337	306	0,325	2767,0	
184 629	40,0	20,40	1,50		2,45	0,95	0,633	0,238	810,8	580	197	320	0,475	1477,0	
184 630	40,0	20,40	2,00		2,80	0,80	0,400	0,200	1416,0	572	301	309	0,400	2716,0	
184 631	40,0	20,40	2,25		2,95	0,70	0,311	0,175	1698,0	534	326	285	0,350	3308,0	
184 632	45,0	22,40	1,75		2,80	1,05	0,600	0,263	1085,0	579	212	312	0,525	1992,0	
184 633	45,0	22,40	2,50		3,30	0,80	0,320	0,200	2080,0	537	324	281	0,400	4048,0	
184 634	50,0	25,40	1,50		3,10	1,60	1,066	0,400	1206,0	766	72	434	0,800	1969,0	
184 635	50,0	25,40	2,00		3,15	1,15	0,575	0,288	1431,0	581	222	318	0,575	2643,0	
184 636	50,0	25,40	2,50		3,50	1,00	0,400	0,250	2207,0	572	301	308	0,500	4234,0	
184 637	50,0	25,40	3,00		3,85	0,85	0,283	0,213	3088,0	543	347	288	0,425	6043,0	
184 638	56,0	28,50	2,00		3,40	1,40	0,700	0,350	1510,0	602	178	333	0,700	2705,0	
184 639	56,0	28,50	3,00		4,05	1,05	0,350	0,263	3124,0	558	319	299	0,525	6050,0	
184 640	63,0	31,00	2,50		3,95	1,45	0,580	0,363	2186,0	577	220	307	0,725	4033,0	
184 641	71,0	36,00	2,50		4,25	1,75	0,700	0,438	2288,0	585	173	323	0,875	4099,0	
184 642	80,0	41,00	3,00		4,90	1,90	0,633	0,475	3253,0	581	197	322	0,950	5925,0	

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

Federkraft F in N			Spannung in N/mm ²									Masse	
			s = 0,75 h ₀						s _c *			1000 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
1157	495	641	0,563	1512,0	1652	825	907	0,75	1909,0	2093	1210	1139	5,630
1026	670	553	0,413	2926,0	1494	1049	801	0,55	3841,0	1933	1458	1030	7,89
1097	706	590	0,488	4058,0	1596	1107	854	0,65	5322,0	2063	1542	1097	11,480
1106	449	606	0,713	2046,0	1576	756	856	0,95	2568,0	1992	1117	1072	11,020
1106	640	594	0,600	3940,0	1600	1019	853	0,80	5125,0	2056	1436	1088	14,680
1037	681	552	0,525	4861,0	1512	1066	799	0,70	6385,0	1956	1481	1028	16,530
1106	476	592	0,788	2780,0	1581	793	838	1,05	3510,0	2003	1163	1051	16,540
1044	678	544	0,600	5940,0	1521	1063	787	0,80	7796,0	1967	1479	1011	23,630
1433	243	804	1,200	2439,0	2001	513	1112	1,60	2761,0	2469	882	1356	17,260
1110	495	604	0,863	3710,0	1589	820	856	1,15	4704,0	2016	1196	1077	23,020
1105	640	591	0,750	6141,0	1600	1018	850	1,00	7989,0	2055	1435	1084	28,770
1058	722	559	0,638	8910,0	1545	1125	812	0,85	11734,0	2004	1556	1047	34,520
1143	416	628	1,050	3690,0	1623	715	884	1,40	4570,0	2043	1074	1102	28,840
1081	672	576	0,788	8842,0	1571	1060	832	1,05	11568,0	2026	1481	1066	43,250
1102	491	582	1,088	5654,0	1577	812	826	1,45	7162,0	2001	1185	1038	46,660
1110	404	608	1,313	5592,0	1577	695	856	1,75	6925,0	1985	1044	1067	58,090
1106	449	609	1,425	8210,0	1577	756	861	1,90	10301,0	1993	1117	1078	87,840

Tabelle 6.3

Bestell-Nr.	Abmessung in mm						Federweg s in mm			Federkraft F in N		
	D _e	D _i	t	l ₀	h ₀	h ₀ /t	s = 0,25 h ₀		s = 0,50 h ₀		s = 0,75 h ₀	
							s	F	s	F	s	F
200 001	9,8	6,2	0,2	0,4	0,2	1,000	0,050	11	0,1	18,3	0,150	23,1
200 002	12,8	7,2	0,25	0,5	0,25	1,000	0,062	13,9	0,125	23,2	0,187	29,3
200 003	15,8	8,2	0,25	0,55	0,3	1,200	0,075	12,1	0,150	19,2	0,225	23
200 004	18,8	9,2	0,3	0,65	0,35	1,166	0,087	16,3	0,175	26	0,262	31,3
200 005	18,8	10,2	0,35	0,7	0,35	1,000	0,087	24,2	0,175	40,1	0,262	50,6
200 006	21,8	12,3	0,35	0,75	0,4	1,142	0,100	23,8	0,200	38,2	0,300	46,3
200 007	23,7	14,3	0,4	0,9	0,5	1,250	0,125	43,7	0,250	68,4	0,375	80,6
200 008	25,7	14,3	0,4	0,9	0,5	1,250	0,125	34,4	0,250	53,9	0,375	63,4
200 009	27,7	17,3	0,4	1,0	0,6	1,500	0,150	48,8	0,300	72,7	0,450	80
200 010	29,7	17,4	0,4	1,1	0,7	1,750	0,175	56,2	0,350	80,2	0,525	82,8
200 011	31,7	20,4	0,4	1,1	0,7	1,750	0,175	54,9	0,350	78,5	0,525	81
200 012	34,6	20,4	0,4	1,1	0,7	1,750	0,175	41,6	0,350	59,5	0,525	61,4
200 013	34,6	22,4	0,5	1,2	0,7	1,400	0,175	69	0,350	104,7	0,525	118,3
200 014	36,6	20,4	0,5	1,3	0,8	1,600	0,200	70,3	0,400	102,8	0,600	110,2
200 015	39,6	25,5	0,5	1,3	0,8	1,600	0,200	70,1	0,400	102,5	0,600	109,8
200 016	41,6	25,5	0,5	1,4	0,9	1,800	0,225	78,3	0,450	111	0,675	113,30
200 017	46,5	30,5	0,6	1,5	0,9	1,500	0,225	93,7	0,450	139,5	0,675	153,4
200 018	51,5	35,5	0,6	1,5	0,9	1,500	0,225	82,7	0,450	123,2	0,675	135,4
200 019	54,5	40,5	0,6	1,5	0,9	1,500	0,225	86,3	0,450	128,5	0,675	141,3
200 020	61,5	40,5	0,7	1,8	1,1	1,571	0,275	110,6	0,550	162,7	0,825	175,6
200 021	67,5	50,5	0,7	1,7	1,0	1,428	0,250	95,3	0,500	143,9	0,750	161,2
200 022	71,5	45,5	0,7	2,1	1,4	2,000	0,350	137,4	0,700	189,6	1,050	184,8
200 023	71,5	50,5	0,7	2,1	1,4	2,000	0,350	162,3	0,700	223,9	1,050	218,3
200 024	74,5	55,5	0,8	1,9	1,1	1,375	0,275	121,8	0,550	185,8	0,825	211,2
200 025	79,5	60,5	0,8	2,3	1,5	1,875	0,375	161,8	0,750	226,9	1,125	227,5
200 026	79,5	55,5	0,8	2,3	1,5	1,875	0,375	187,4	0,750	262,7	1,125	263,4
200 027	84,5	60,5	0,9	2,5	1,6	1,777	0,400	246	0,800	349,8	1,200	358,7
200 028	89,5	60,5	0,9	2,5	1,6	1,777	0,400	197,3	0,800	280,6	1,200	287,7
200 029	89,5	65,5	0,9	2,5	1,6	1,777	0,400	229,9	0,800	326,9	1,200	335,2
200 030	94,5	75,5	1,0	2,2	1,2	1,200	0,300	171,8	0,600	272,1	0,900	324,7
200 031	99	65,5	1,0	2,6	1,6	1,600	0,400	186,5	0,800	272,8	1,200	292,3
200 032	99	70,5	1,0	2,6	1,6	1,600	0,400	212	0,800	310,1	1,200	332,2
200 033	109	70,5	1,25	2,7	1,45	1,160	0,362	185,2	0,725	296	1,087	357,1
200 034	109	75,5	1,25	2,7	1,45	1,160	0,362	206,3	0,725	329,7	1,087	397,9
200 035	114	90,5	1,25	2,45	1,2	0,960	0,300	186,1	0,600	312,2	0,900	398,1
200 036	119	75,5	1,25	2,8	1,55	1,240	0,387	172,7	0,775	271,1	1,169	319,9
200 037	119	85,5	1,25	2,8	1,55	1,240	0,387	211,9	0,775	332,7	1,162	392,5
200 038	124	90,5	1,25	3,0	1,75	1,400	0,437	259,4	0,875	393,8	1,312	444,7
200 039	129	85,5	1,25	3,2	1,95	1,560	0,487	254,1	0,975	374,2	1,462	405,1
200 040	129	95,5	1,25	3,2	1,95	1,560	0,487	313,6	0,975	461,9	1,462	500
200 041	139	90,5	1,25	3,25	2,0	1,600	0,500	225,6	1,000	330	1,500	353,6
200 042	139	101	1,25	3,25	2,0	1,600	0,500	273,9	1,000	400,7	1,500	429,3
200 043	149	95,5	1,5	3,2	1,7	1,133	0,425	194,1	0,850	312,1	1,275	379,4
200 044	149	106	1,5	3,2	1,7	1,133	0,425	230,3	0,850	370,4	1,275	450,2
200 045	159	101	1,5	3,5	2,0	1,333	0,500	233	1,000	358,5	1,500	412,2
200 046	159	111	1,5	3,5	2,0	1,333	0,500	269,8	1,000	415	1,500	477,3
200 047	169	111	1,5	3,8	2,3	1,533	0,575	291,5	1,150	431,4	1,725	470,2
200 048	169	121	1,5	3,8	2,3	1,533	0,575	338,6	1,150	501,1	1,725	546,2
200 049	179	121	2,0	4,2	2,2	1,100	0,550	434,5	1,100	704,2	1,650	864
200 050	179	126	2,0	4,2	2,2	1,100	0,550	466,8	1,100	756,5	1,650	928,2
200 051	189	121	2,0	4,3	2,3	1,150	0,575	391,5	1,150	627,2	1,725	758,8
200 052	189	131	2,0	4,3	2,3	1,150	0,575	442,8	1,150	709,4	1,725	858,3
200 053	198	131	2,0	4,5	2,5	1,250	0,625	440,5	1,250	689,9	1,875	811,8
200 054	198	141	2,0	4,5	2,5	1,250	0,625	500,7	1,250	784,2	1,875	922,8
200 055	213	151	2,25	4,5	2,25	1,000	0,562	449,3	1,125	746,1	1,687	941,1

Spannung σ in N/mm ²					Masse 1000 Stck. in kg	Kugellager						
s = ho						Abmessungen				Kugellager-Nr.		
s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	d _e	d _i						
0,2	26,7	1182	435	787		0,071	10	3				
0,25	33,7	1014	382	608	0,173	13	4			624		
0,3	25	830	252	468	0,281	16	5	4		625	634	
0,35	34,4	808	259	432	0,497	19	6	5		626	635	
0,35	58,4	911	346	529	0,538	19	7			607		
0,4	51,2	819	260	495	0,699	22	8	7		608	627	
0,5	86,3	1055	287	679	0,881	24	9			609		
0,5	68	864	241	518	1,124	26	10	9		6000	629	
0,6	78,9	1018	186	680	1,154	28	12			6001		
0,7	74,7	1060	119	674	1,429	30		10			6200	
0,7	73	993	104	684	1,452	32	15	12		6002	6201	
0,7	55,3	783	88	501	1,926	35			10			6300
0,7	120,8	953	203	655	2,144	35	17	15		6003	6202	
0,8	104,9	939	151	570	2,846	37			12			6301
0,8	104,6	874	130	601	2,830	40		17			6203	
0,9	100,3	903	86	598	3,331	42	20		15	6004		6302
0,9	151,3	848	151	591	4,557	47	25	20	17	6005	6204	6303
0,9	133,6	732	127	532	5,149	52		25	20		6205	6304
0,9	139,4	738	124	572	4,920	55	30			6006		
1,1	168,9	708	110	495	9,244	62	35	30	25	6007	6206	6305
1,0	163	619	118	482	8,657	68	40			6008		
1,4	151,7	720	28	494	13,128	72			30			6306
1,4	179,1	811	24	607	11,057	72		35			6207	
1,1	217,4	624	131	484	12,182	75	45			6009		
1,5	195,8	690	49	472	18,594	80			35			6307
1,5	226,6	766	48	566	15,980	80	50	40		6010	6208	
1,6	320,1	824	72	622	19,309	85		45			6209	
1,6	256,8	679	63	488	24,137	90			40			6308
1,6	299,2	763	65	586	20,641	90	55	50		6011	6210	
1,2	353,4	597	160	491	19,914	95	60			6012		
1,6	278,4	574	84	404	33,975	100			45			6309
1,6	316,4	631	88	473	29,782	100	65	55		6013	6211	
1,45	393,4	464	139	316	53,285	110			50			6310
1,45	438,3	500	147	362	47,632	110	70	60		6014	6212	
1,2	464	466	172	380	37,035	115	75			6015		
1,55	343,9	419	114	281	65,203	120			55			6311
1,55	422	485	127	363	52,795	120		65			6213	
1,75	454	542	110	413	55,377	125	80	70		6016	6214	
1,95	391,3	511	81	360	71,907	130			60			6312
1,95	483	600	89	464	57,959	130	85	75		6017	6215	
2,0	336,8	448	66	311	85,779	140			65			6313
2,0	408,8	517	71	394	70,283	140	90	80		6018	6216	
1,7	421,3	343	107	232	120,968	150			70			6314
1,7	499,9	388	118	288	101,402	150	100	85		6020	6217	
2,0	430,2	374	89	252	139,457	160			75			6315
2,0	498,1	414	95	303	119,851	160	105	90		6021	6218	
2,3	458,5	414	69	289	150,184	170			80			6316
2,3	532,7	463	74	348	128,729	170	110	95		6022	6219	
2,2	968,8	429	138	304	214,549	180			85			6317
2,2	1041	452	144	332	199,321	180	120	100		6024	6220	
2,3	838,5	387	118	261	259,925	190			90			6318
2,3	948,4	421	126	305	228,852	190		105			6221	
2,5	870	407	107	284	271,799	200			95			6319
2,5	988,9	447	115	332	238,260	200	130	110		6026	6222	
2,25	1085,3	360	129	265	313,056	215		120	100		6224	6320

Tabelle 6.3

Bestell-Nr.	Abmessung in mm						Federweg s in mm						Federkraft F in N					
	D _e	D _i	t	l ₀	h ₀	h ₀ /t	s = 0,25 h ₀		s = 0,50 h ₀		s = 0,75 h ₀							
							s	F	s	F	s	F						
200 056	223	161	2,25	4,6	2,35	1,040	0,587	460,5	1,175	756,4	1,762	942,4						
200 057	228	161	2,25	4,95	2,7	1,200	0,675	548,4	1,350	868,4	2,025	1036,2						
200 058	238	161	2,25	5,25	3,0	1,330	0,750	577	1,500	887,8	2,250	1020,9						
200 059	248	171	2,5	5,0	2,5	1,000	0,625	479,7	1,250	796,5	1,875	1004,7						
200 060	258	171	2,5	5,5	3,0	1,200	0,750	585,5	1,500	927,2	2,250	1106,4						
200 061	268	181	2,5	5,7	3,2	1,280	0,800	636,1	1,600	989,7	2,400	1155						
200 062	278	181	2,5	6,0	3,5	1,400	0,875	673,8	1,750	1022,7	2,625	1154,9						
200 063	288	191	2,75	5,75	3,0	1,090	0,750	573,2	1,500	931	2,250	1145,2						
200 064	298	191	2,75	6,35	3,6	1,310	0,900	730,1	1,800	1128,9	2,700	1306,9						
200 065	308	202	3,0	6,1	3,1	1,030	0,775	631,5	1,550	1040,1	2,325	1299,9						
200 066	318	212	3,0	6,2	3,2	1,070	0,800	643,7	1,600	1051,5	2,400	1302,1						
200 067	338	232	3,0	6,6	3,6	1,200	0,900	748,7	1,800	1185,6	2,700	1414,6						
200 068	358	242	3,0	7,2	4,2	1,400	1,050	892	2,100	1353,8	3,150	1528,9						

Spannung σ in N/mm ²					Masse 1000 Stck. in kg	Kugellager						
s = h ₀						Abmessungen				Kugellager-Nr.		
s	F	σ_I	σ_{II}	σ_{III}	d _e	d _i						
2,35	1073,6	358	121	268	330,257	225	150		105	6030		6321
2,7	1127,9	398	111	294	361,538	230		130			6226	
3,0	1065,3	399	93	284	426,180	240			110			6322
2,5	1158,5	315	114	226	497,270	250		140			6228	
3,0	1204,2	355	100	248	575,259	260			120			6324
3,2	1226,1	367	92	261	602,078	270		150			6230	
3,5	1178,9	371	79	256	686,233	280			130			6326
3,0	1287,5	303	99	211	787,747	290		160			6232	
3,6	1374,5	351	86	239	887,100	300			140			6328
3,1	1485,4	290	102	200	999,872	310		170			6234	
3,2	1474,1	289	97	202	1039,083	320		180	150		6236	6330
3,6	1539,7	310	87	223	1117,504	340		190	160		6238	6332
4,2	1560,6	335	70	239	1287,294	360		200			6240	

6.3 Diagrammteil

Sämtliche Diagramme beruhen auf einem Elastizitätsmodul $E = 2,06 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ und einer POISSONZahl von $\mu = 0,3$. Um die Wahl der richtigen Tellerfeder zu erleichtern, wurde für das Standardprogramm außer den Tabellen für jede Tellerfeder das entsprechende Kraft-Weg-Diagramm erstellt. Ziel war es, eine Federwahl weitgehend ohne langwierige Rechnungen zu ermöglichen. Neben jedem Diagramm befindet sich außer der entsprechenden vermaßten Tellerfeder-Schnittzeichnung eine Tabelle mit wichtigen Kenndaten und Angaben zur Paketschichtung.

Im Diagramm sind aufgetragen:

- | die rechnerische Federkennlinie $F(s)$,
- | die rechnerische Federungsarbeit $W(s)$, infolge elastischer Verformung des Werkstoffs und
- | die Schwingfestigkeitsangaben für $N = 10^5, 5 \cdot 10^5$ und $2 \cdot 10^6$ Lastspiele.

Die Schwingfestigkeitsangaben gelten für Tellerfedersäulen mit bis zu 10 wechselsinnig aneinandergereihten Einzeltellerfedern, sinusförmigem Einfederungs-Zeit-Verlauf und eine Überlebenswahrscheinlichkeit von $P_{ij} = 99\%$. Da eine Tellerfeder bei schwingender Belastung nicht über $s_2 = 0,8 \cdot h_0$ hinaus belastet werden sollte, wurde dieser Wert als obere Grenze für die Einfederung festgelegt, auch wenn rechnerisch größere Wege zulässig wären. Nach unten wurden die Schwingfestigkeitsangaben auf $s_1 = 0,15 \cdot h_0$ begrenzt.

Bei einigen Abmessungen treten in den Linien $N = 10^5, 5 \cdot 10^5$ bzw. $2 \cdot 10^6$ Knicke auf. Diese rühren daher, dass bei einigen Federn die für die Schwingfestigkeit maßgebende Querschnittsstelle einfederungsabhängig wechselt.

Die gerechnete Federkennlinie $F(s)$ weicht erfahrungsgemäß von der gemessenen Kennlinie ab, wobei besonders für Einfederungen $s_2 > 0,8 \cdot h_0$ höhere Kräfte gemessen werden können, wenn die Messung zwischen zwei ebenen Platten erfolgt. Bei Tellerfedern mit Auflageflächen ist diese Abweichung geringer, da diese Federn infolge ihrer steileren Prägung für den Federweg $s = h_0$ noch nicht in der Planlage liegen.

Ablesebeispiel:

Tellerfedersäule bestehend aus 10 wechselsinnig aneinandergereihten Einzeltellerfedern $100 \times 51 \times 5,0$ mit Säulenführung. Die Säule ist mit der maximalen Kraft $F_2 = 29,1 \text{ kN}$ belastet und soll mit einem möglichst großen Schwinghub arbeiten. Man bestimme für die Einzeltfedern:

- 1) die Federwege s_1 und s_2 der Einzelfeder sowie den Hubweg der Säule
- 2) die Federkraft F_1
- 3) die ertragbare Lastspielzahl N

Zu 1) Aus der oberen Tabelle des Diagrammbeispiels entnimmt man für die Tellerfeder

$100 \times 51 \times 5 : h_0 = 2,8 \text{ mm}$. Dann ist der kleinstmögliche Vorspannfederweg

$s_U = s_1 = 0,15 h_0 = 0,15 \cdot 2,8 \text{ mm} = 0,42 \text{ mm}$.

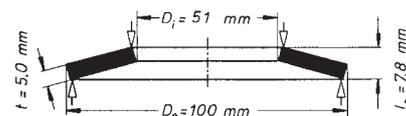
Den größten Federweg erhält man für $F_2 = 29,1 \text{ kN}$ auf der Abszisse unter Punkt B als $s_2 = 1,61 \text{ mm}$.

Damit beträgt der Hubweg der Säule $(s_2 - s_1) \cdot 10 = 11,9 \text{ mm}$.

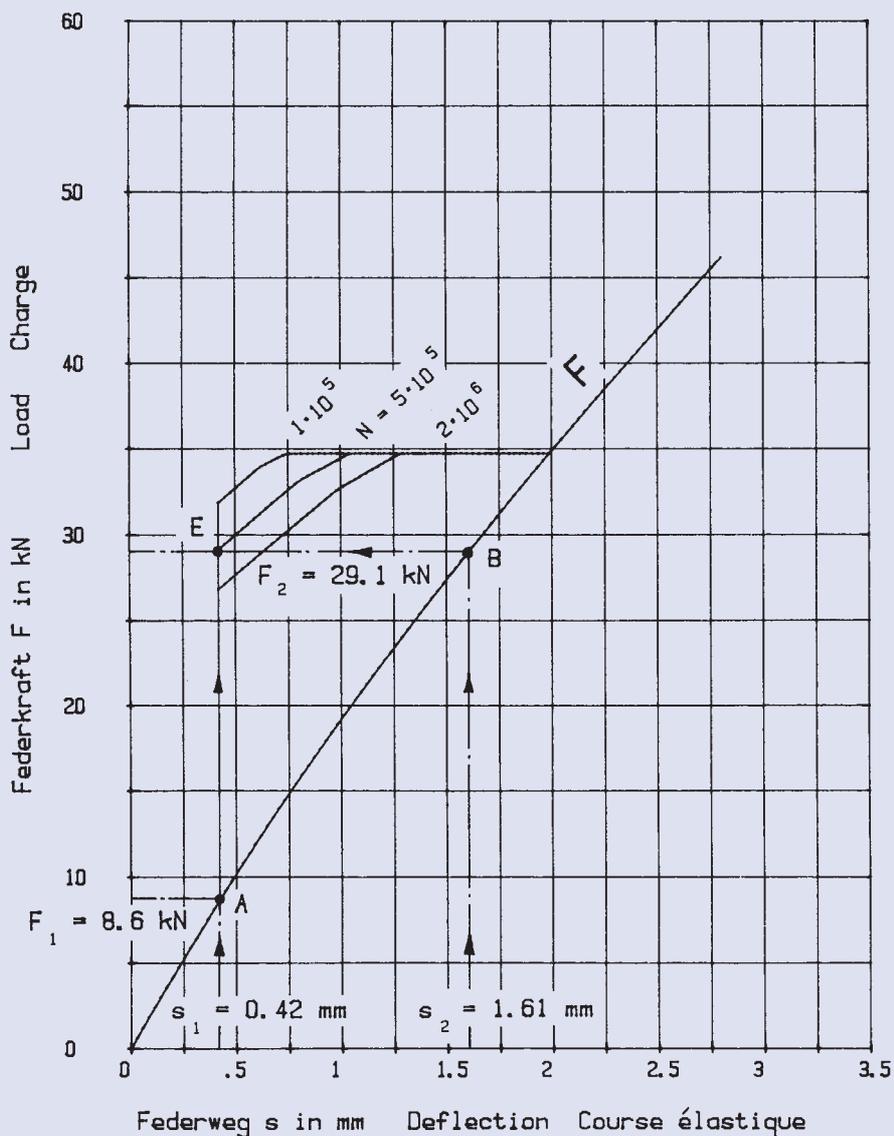
Zu 2) Aus dem Diagrammbeispiel liest man für $s_1 = 0,42 \text{ mm}$ ab: $F_1 = 8,6 \text{ kN}$ (Punkt A).

100 x 51 x 5,0

GR 2



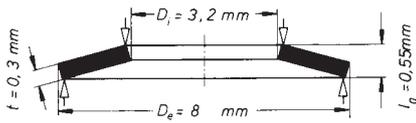
$h_0 = 2.8 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1.96$
 $t = 5.0 \text{ mm}$ $D_e/t = 20$
 $h_0/t = 0.56$ $m = 228,081 \text{ g}$



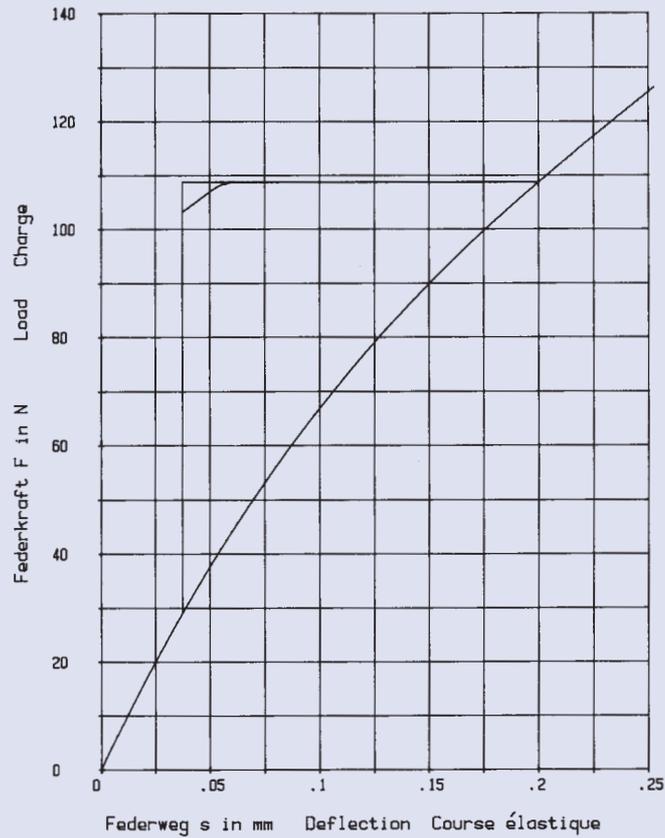
Zu 3) Aus dem Diagrammbeispiel liest man im Schnittpunkt E der durch A gehenden Vertikalen und der durch B gehenden Horizontalen ab: $N \approx 5 \cdot 10^5$, d.h., die Tellerfeder wird mit einer Wahrscheinlichkeit von 99% $5 \cdot 10^5$ Lastspiele ohne Bruch ertragen. Anhand des Diagramms wird deutlich, dass für das Erreichen der Dauerschwingfestigkeit ($N = 2 \cdot 10^6$ Lastwechsel) unter Beibehaltung von $s_2 = 1,61 \text{ mm}$ ein Vorspannweg von $s_1 = 0,64 \text{ mm} = 0,23 \cdot h_0$ erforderlich ist.

8 x 3,2 x 0,3

GR 1

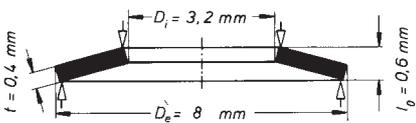


$h_0 = 0,25 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,5$
 $t = 0,3 \text{ mm}$ $D_e / t = 26,666$
 $h_0 / t = 0,833$ $m = 0,099 \text{ g}$

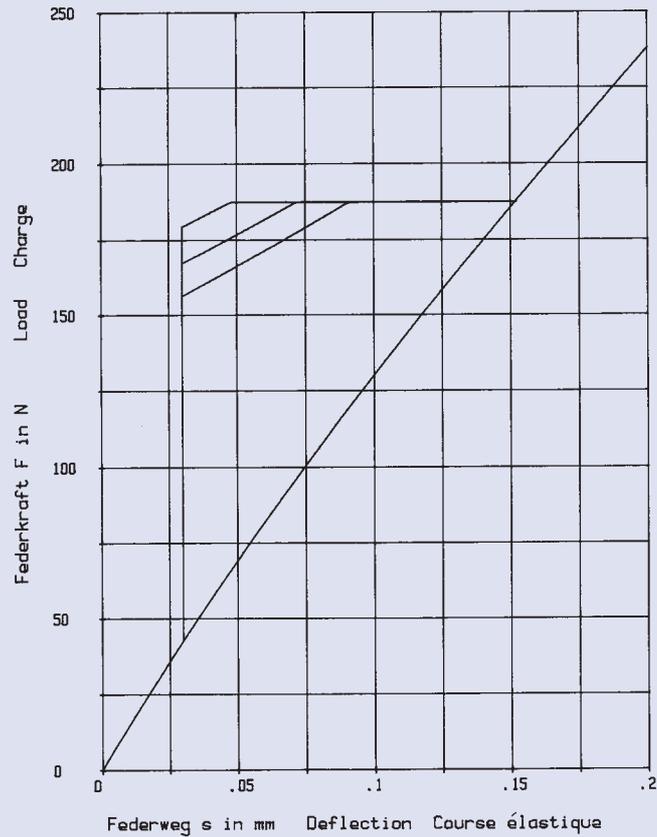
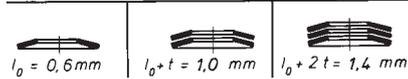


8 x 3,2 x 0,4

GR 1

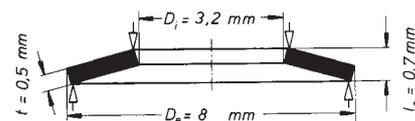
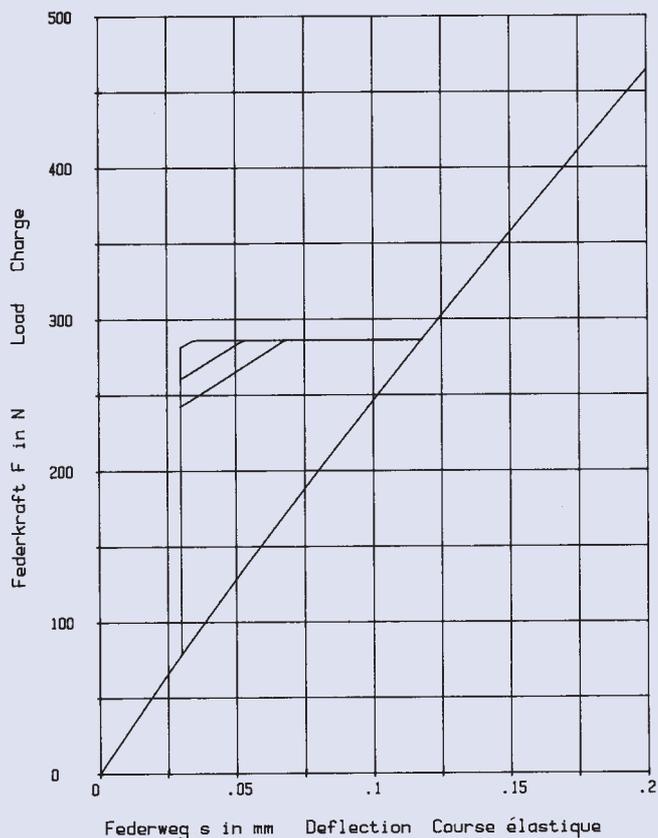


$h_0 = 0,2 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,5$
 $t = 0,4 \text{ mm}$ $D_e / t = 20$
 $h_0 / t = 0,5$ $m = 0,133 \text{ g}$



8 x 3,2 x 0,5

GR 1

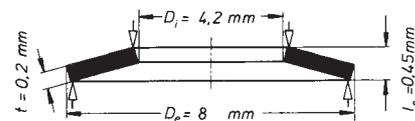
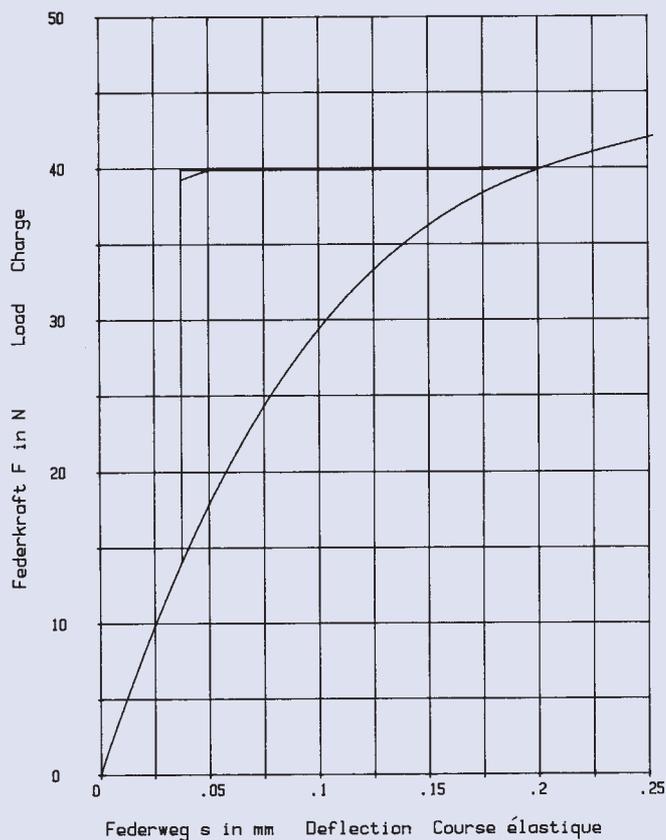


$$\begin{aligned}
 h_0 &= 0,2 \text{ mm} & D_e/D_1 &= 2,5 \\
 t &= 0,5 \text{ mm} & D_e/t &= 16 \\
 h_0/t &= 0,4 & m &= 0,166 \text{ g}
 \end{aligned}$$



8 x 4,2 x 0,2

GR 1, DIN 2093 – C 8

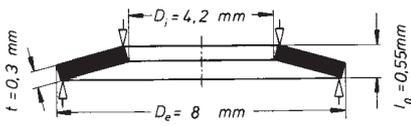


$$\begin{aligned}
 h_0 &= 0,25 \text{ mm} & D_e/D_1 &= 1,904 \\
 t &= 0,2 \text{ mm} & D_e/t &= 40 \\
 h_0/t &= 1,25 & m &= 0,057 \text{ g}
 \end{aligned}$$

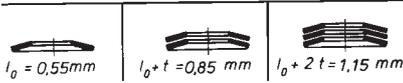


8 x 4,2 x 0,3

GR 1, DIN 2093 – B 8

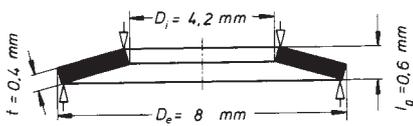


$h_0 = 0,25 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,904$
 $t = 0,3 \text{ mm}$ $D_e / t = 26,666$
 $h_0 / t = 0,833$ $m = 0,085 \text{ g}$

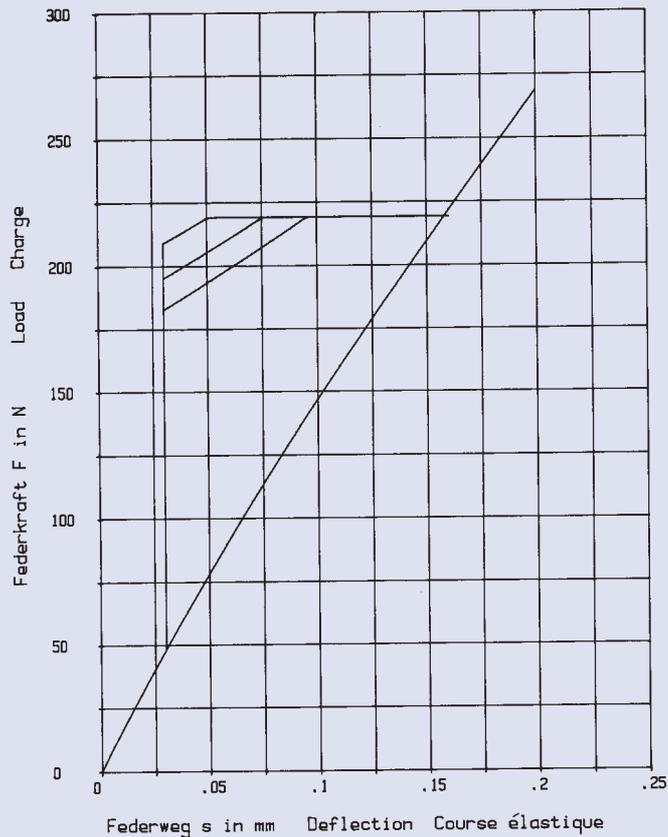
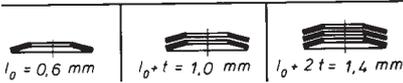


8 x 4,2 x 0,4

GR 1, DIN 2093 – A 8

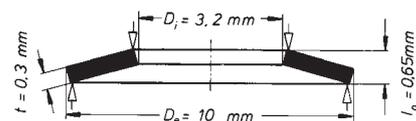
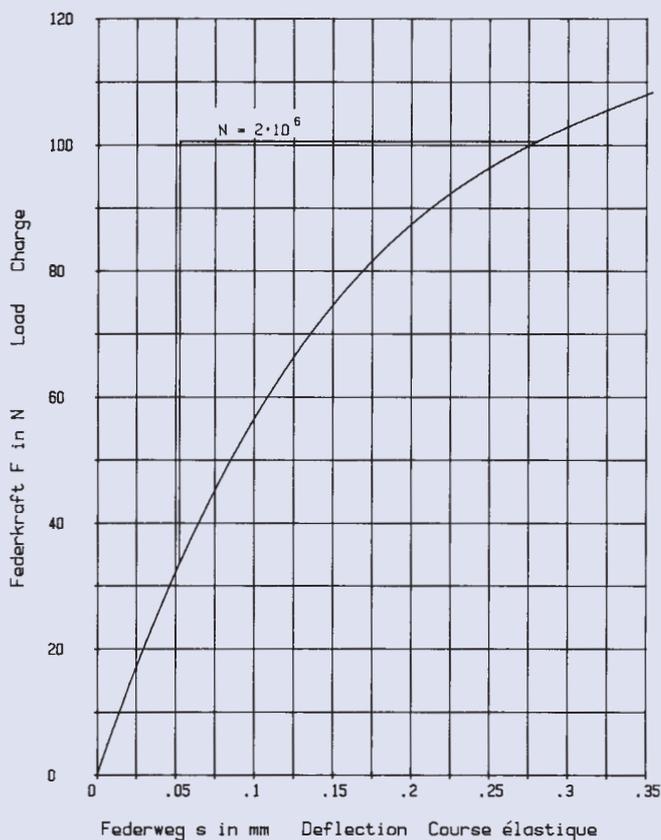


$h_0 = 0,2 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,904$
 $t = 0,4 \text{ mm}$ $D_e / t = 20$
 $h_0 / t = 0,5$ $m = 0,114 \text{ g}$



10 x 3,2 x 0,3

GR 1

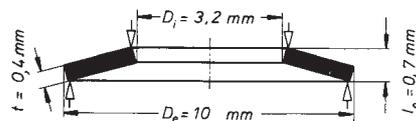
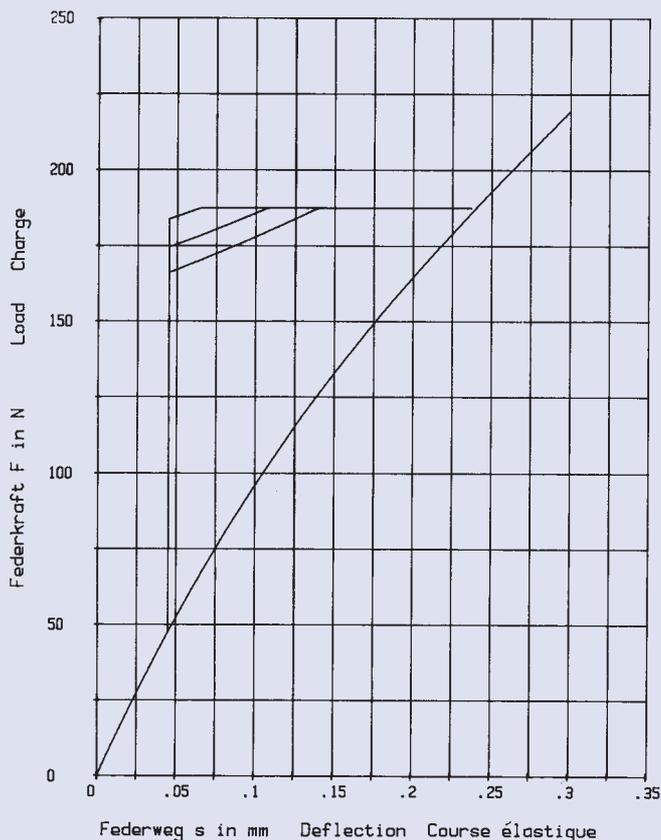


$h_0 = 0,35 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 3,125$
 $t = 0,3 \text{ mm}$ $D_e / t = 33,333$
 $h_0 / t = 1,166$ $m = 0,166 \text{ g}$

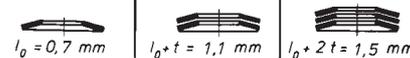


10 x 3,2 x 0,4

GR 1

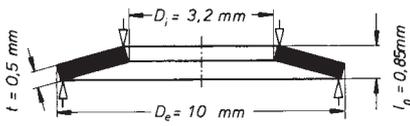


$h_0 = 0,3 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 3,125$
 $t = 0,4 \text{ mm}$ $D_e / t = 25$
 $h_0 / t = 0,75$ $m = 0,221 \text{ g}$

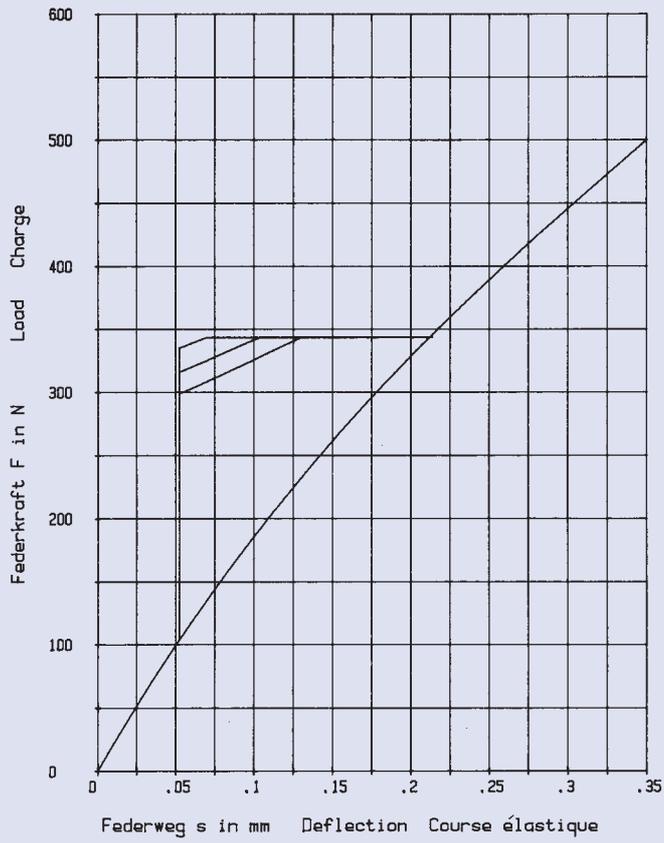


10 x 3,2 x 0,5

GR 1

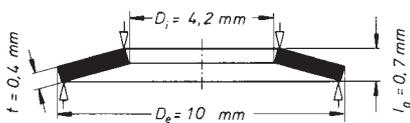


$h_0 = 0,35 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 3,125$
 $t = 0,5 \text{ mm}$ $D_e/t = 20$
 $h_0/t = 0,7$ $m = 0,277 \text{ g}$

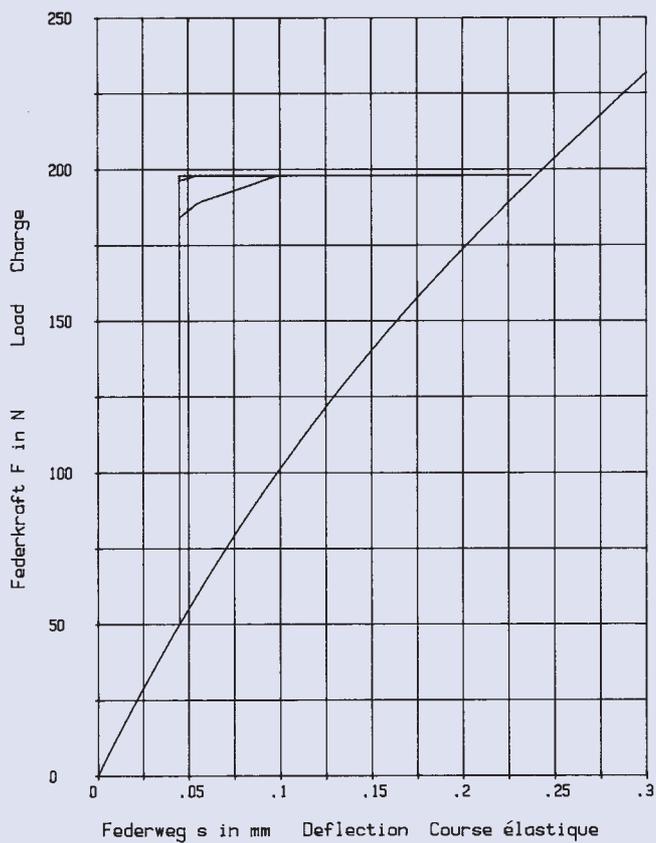
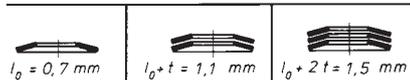


10 x 4,2 x 0,4

GR 1

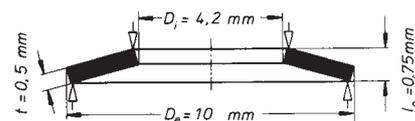


$h_0 = 0,3 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,38$
 $t = 0,4 \text{ mm}$ $D_e/t = 25$
 $h_0/t = 0,75$ $m = 0,203 \text{ g}$



10 x 4,2 x 0,5

GR 1

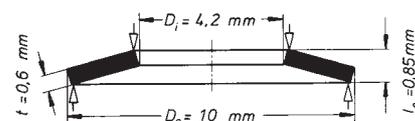


$h_0 = 0,25 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,38$
 $t = 0,5 \text{ mm}$ $D_e / t = 20$
 $h_0 / t = 0,5$ $m = 0,254 \text{ g}$



10 x 4,2 x 0,6

GR 1

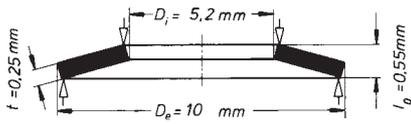


$h_0 = 0,25 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,38$
 $t = 0,6 \text{ mm}$ $D_e / t = 16,666$
 $h_0 / t = 0,416$ $m = 0,304 \text{ g}$

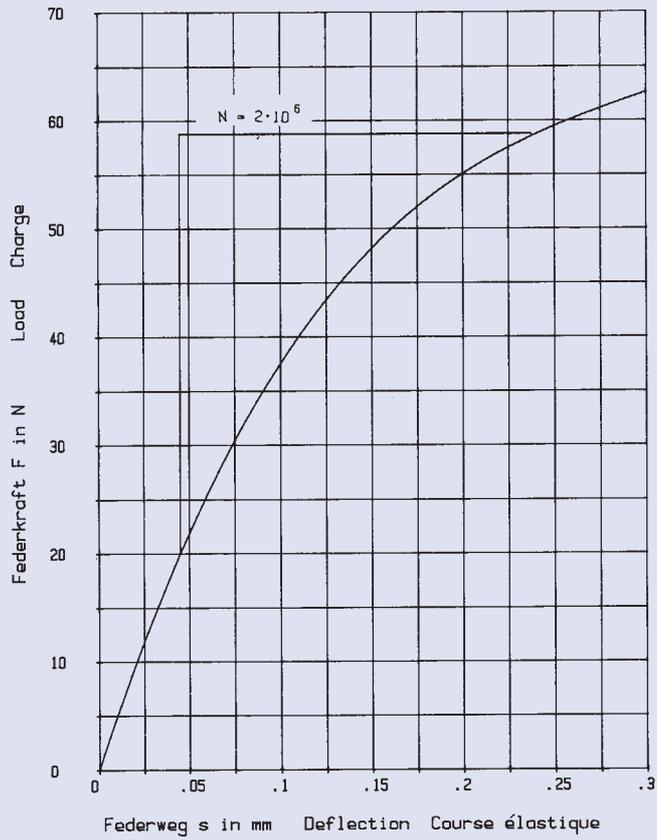
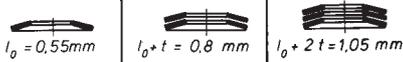


10 x 5,2 x 0,25

GR 1, DIN 2093 – C 10

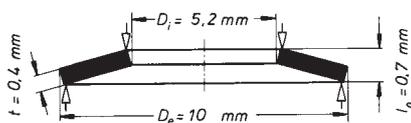


$h_0 = 0,3 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,923$
 $t = 0,25 \text{ mm}$ $D_e/t = 40$
 $h_0/t = 1,2$ $m = 0,112 \text{ g}$

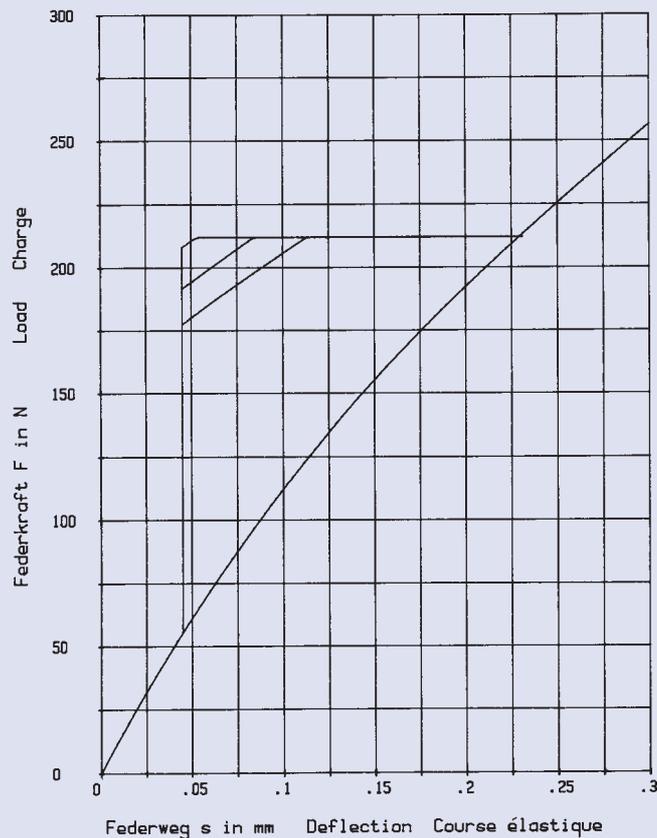
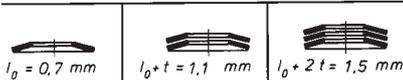


10 x 5,2 x 0,4

GR 1, DIN 2093 – B 10

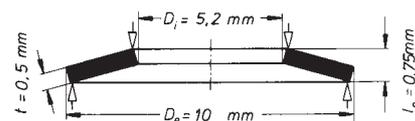
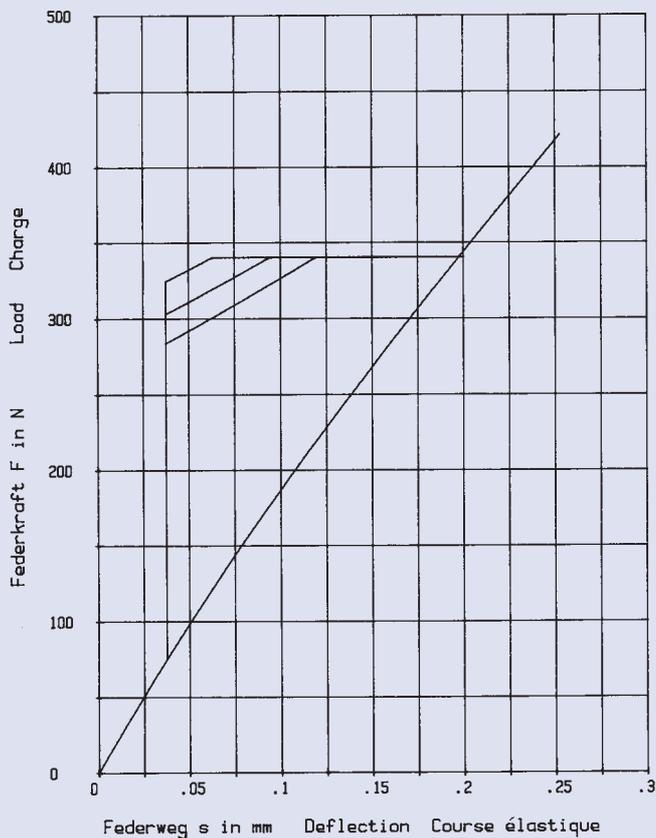


$h_0 = 0,3 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,923$
 $t = 0,4 \text{ mm}$ $D_e/t = 25$
 $h_0/t = 0,75$ $m = 0,18 \text{ g}$



10 x 5,2 x 0,5

GR 1, DIN 2093 – A 10

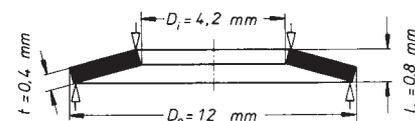
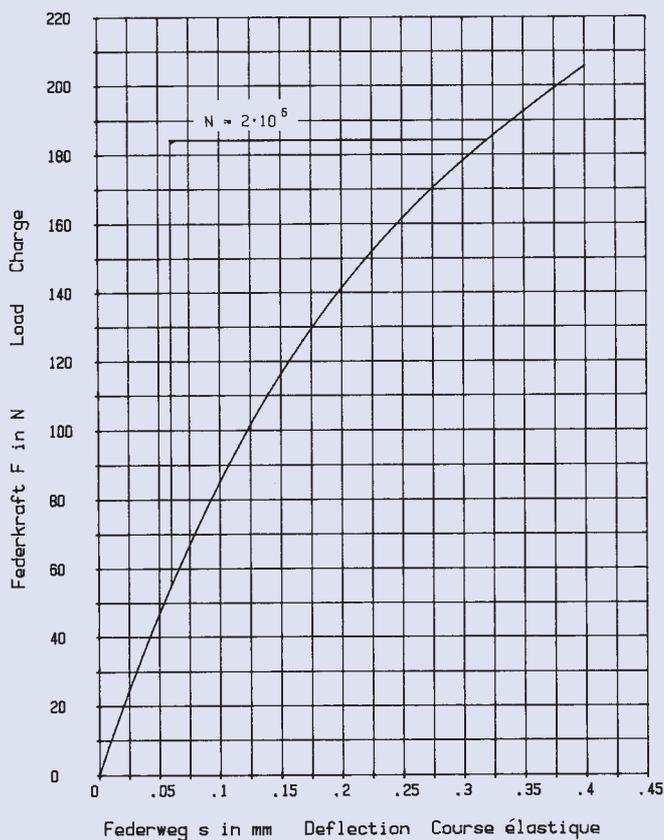


$$\begin{aligned}
 h_0 &= 0,25 \text{ mm} & D_e/D_i &= 1,923 \\
 t &= 0,5 \text{ mm} & D_e/t &= 20 \\
 h_0/t &= 0,5 & m &= 0,225 \text{ g}
 \end{aligned}$$

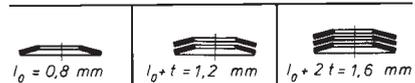


12 x 4,2 x 0,4

GR 1

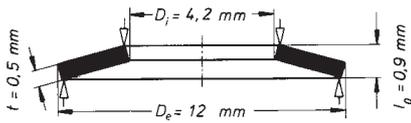


$$\begin{aligned}
 h_0 &= 0,4 \text{ mm} & D_e/D_i &= 2,857 \\
 t &= 0,4 \text{ mm} & D_e/t &= 30 \\
 h_0/t &= 1 & m &= 0,311 \text{ g}
 \end{aligned}$$

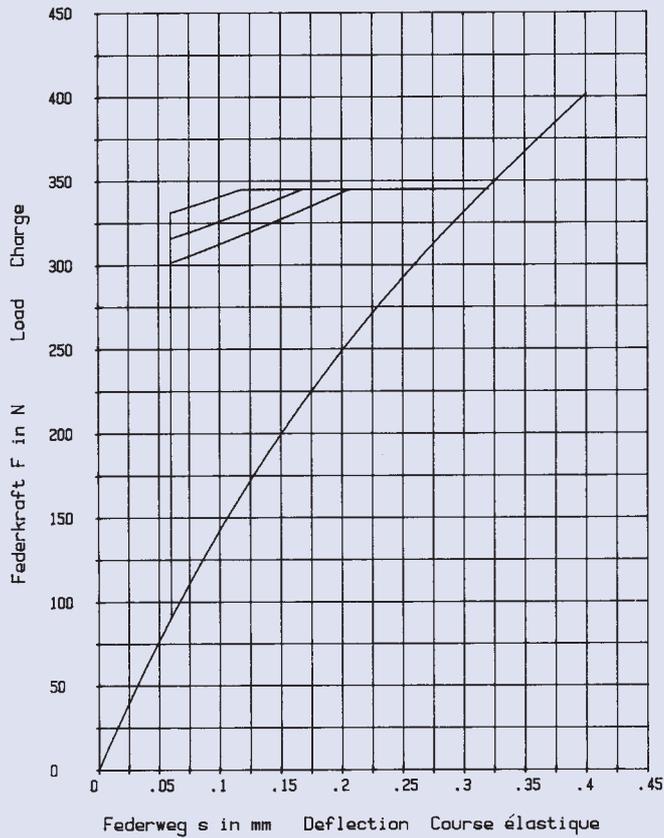
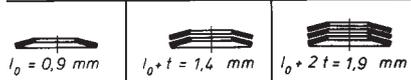


12 x 4,2 x 0,5

GR 1

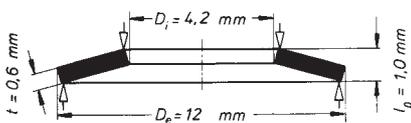


$h_0 = 0,4 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,857$
 $t = 0,5 \text{ mm}$ $D_e / t = 24$
 $h_0 / t = 0,8$ $m = 0,389 \text{ g}$

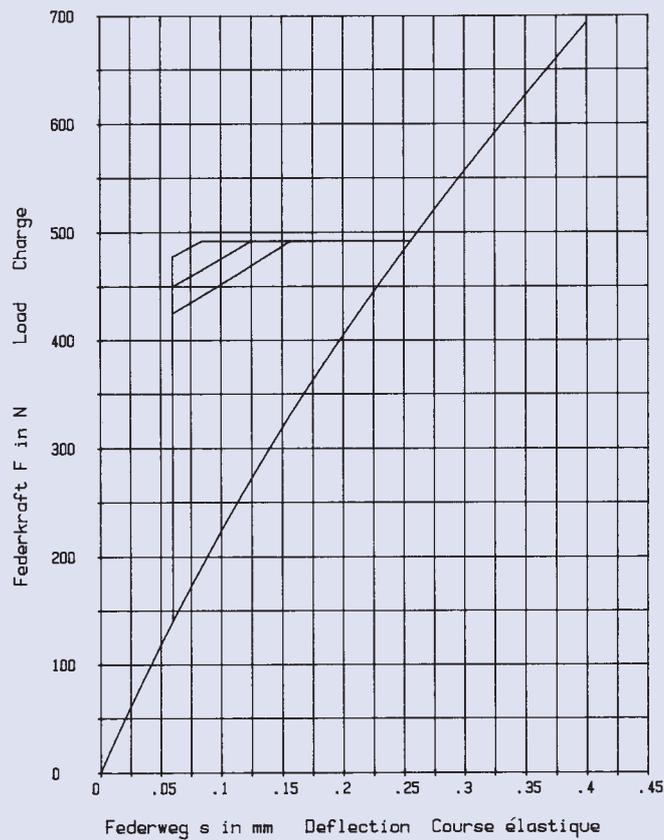
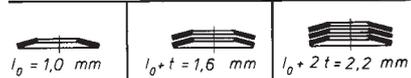


12 x 4,2 x 0,6

GR 1

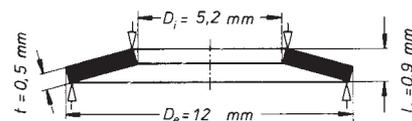
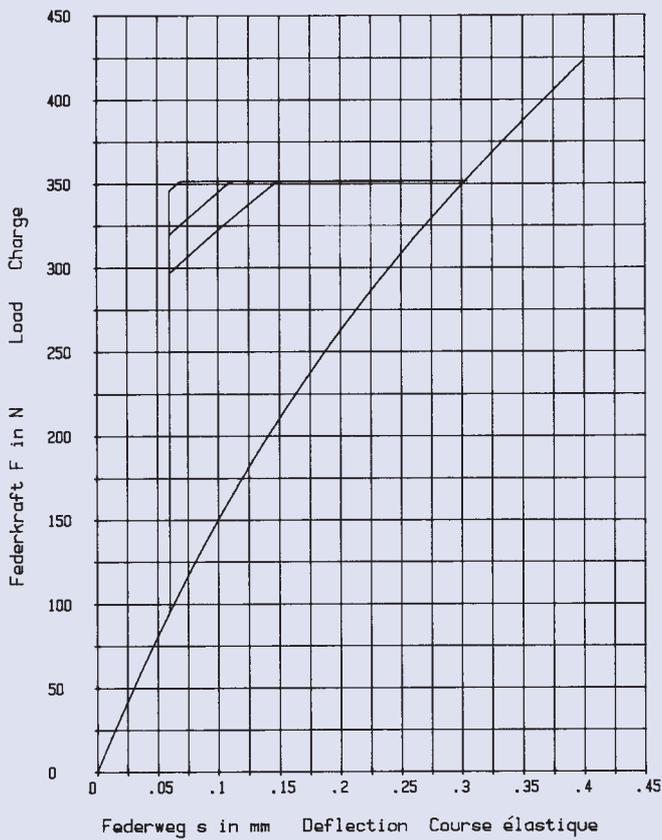


$h_0 = 0,4 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,857$
 $t = 0,6 \text{ mm}$ $D_e / t = 20$
 $h_0 / t = 0,666$ $m = 0,467 \text{ g}$



12 x 5,2 x 0,5

GR 1

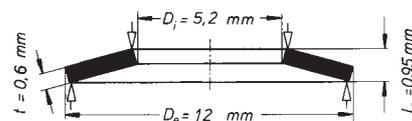
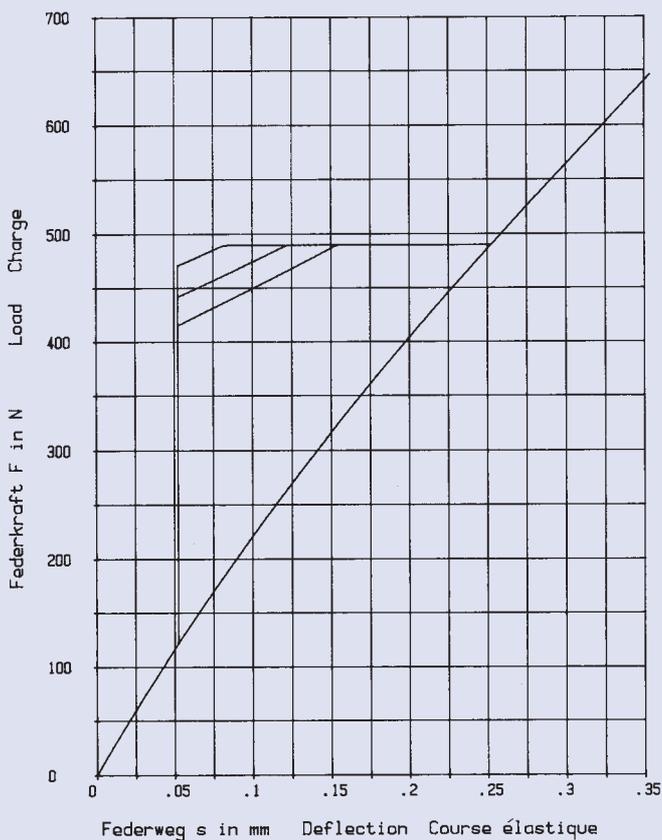


$h_0 = 0,4 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,307$
 $t = 0,5 \text{ mm}$ $D_e / t = 24$
 $h_0 / t = 0,8$ $m = 0,360 \text{ g}$

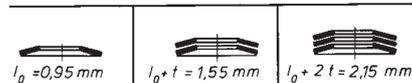


12 x 5,2 x 0,6

GR 1

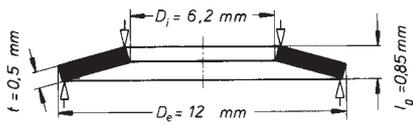


$h_0 = 0,35 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,307$
 $t = 0,6 \text{ mm}$ $D_e / t = 20$
 $h_0 / t = 0,583$ $m = 0,432 \text{ g}$

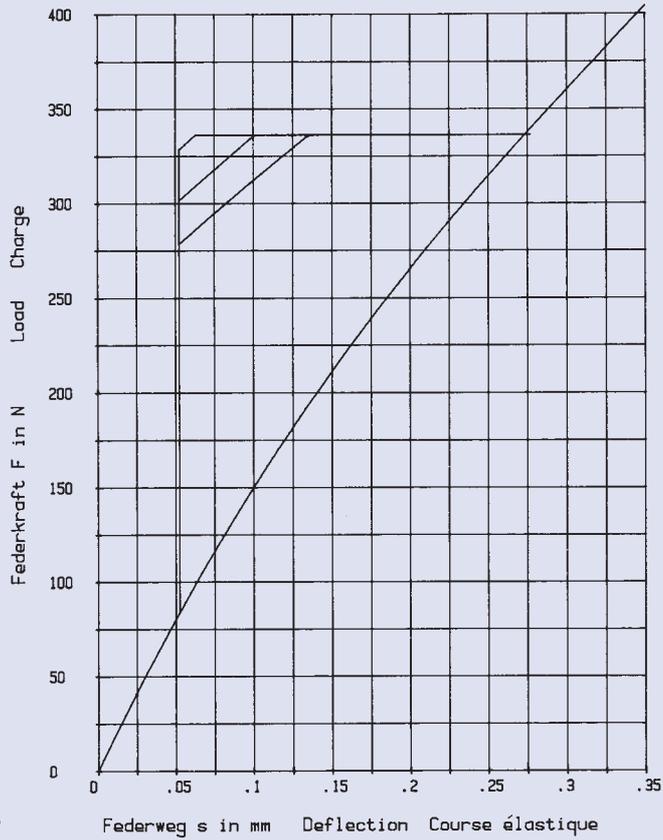
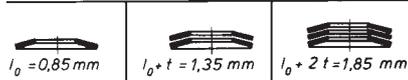


12 x 6,2 x 0,5

GR 1

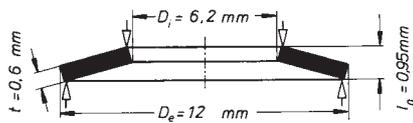


$h_0 = 0,35 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,935$
 $t = 0,5 \text{ mm}$ $D_e / t = 24$
 $h_0 / t = 0,7$ $m = 0,325 \text{ g}$

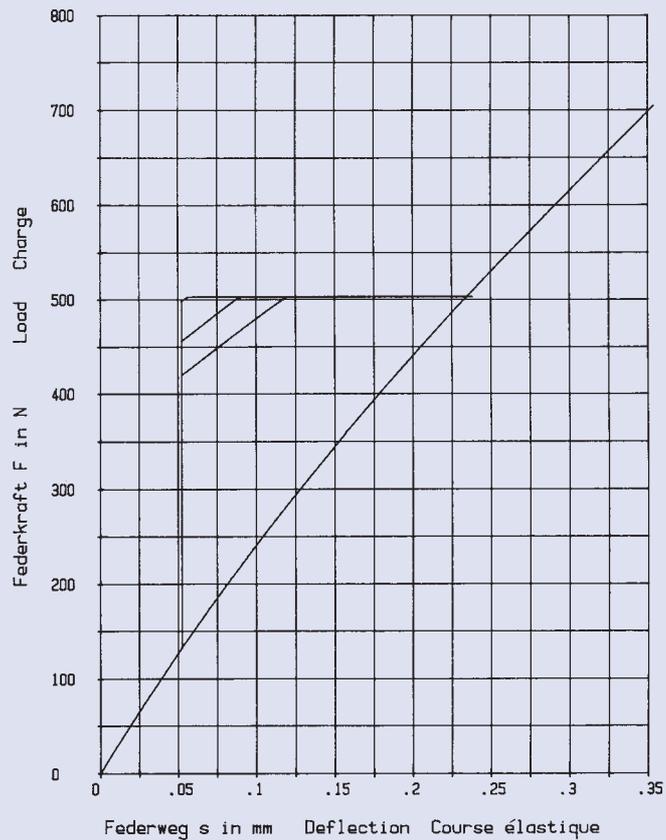
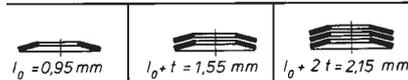


12 x 6,2 x 0,6

GR 1

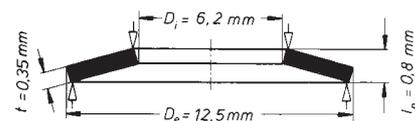
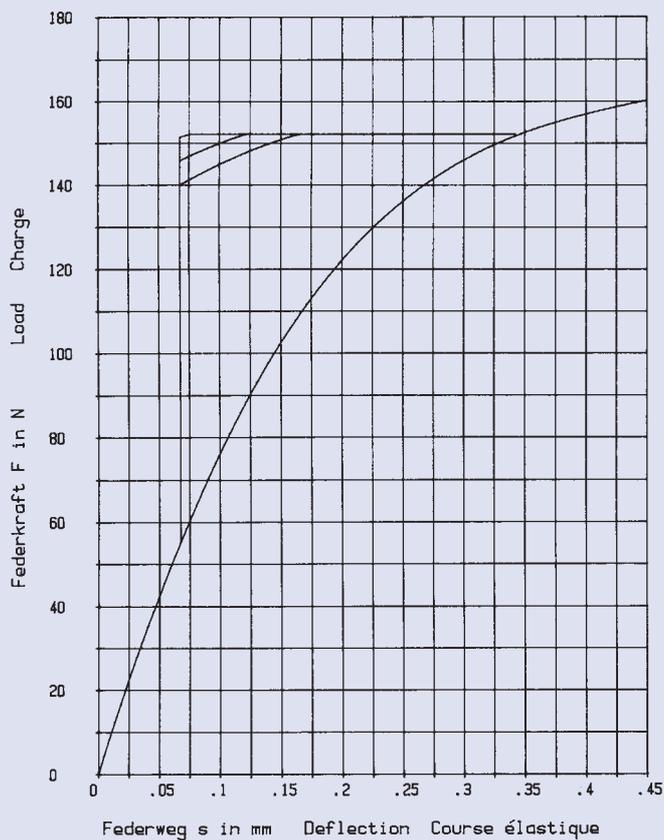


$h_0 = 0,35 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,935$
 $t = 0,6 \text{ mm}$ $D_e / t = 20$
 $h_0 / t = 0,583$ $m = 0,390 \text{ g}$



12,5 x 6,2 x 0,35

GR 1, DIN 2093 – C 12,5

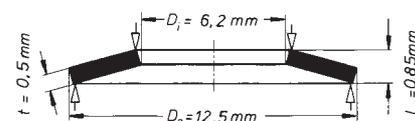
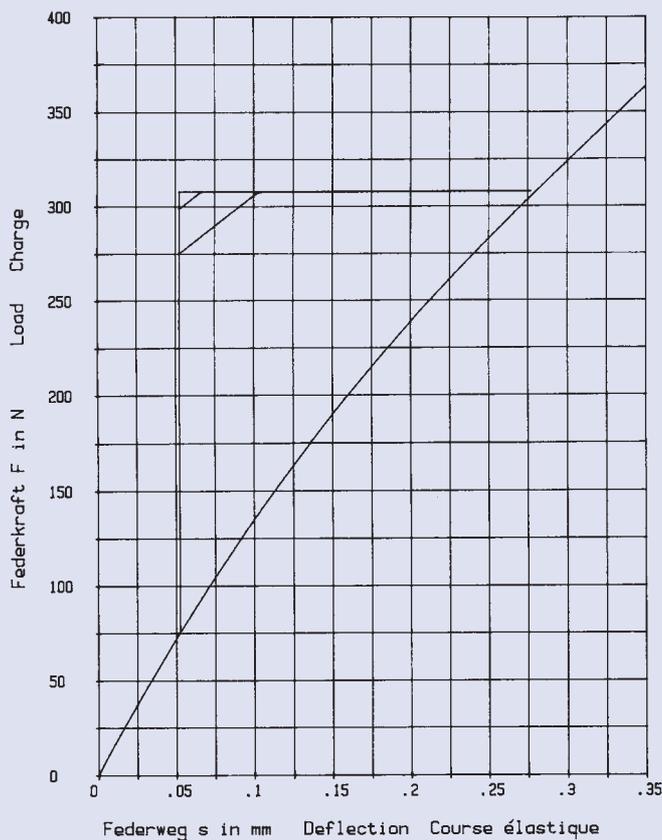


$h_0 = 0,45\text{mm}$ $D_e/D_i = 2,016$
 $t = 0,35\text{mm}$ $D_e/t = 35,714$
 $h_0/t = 1,285$ $m = 0,254\text{ g}$

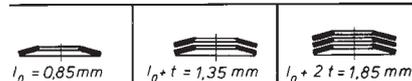


12,5 x 6,2 x 0,5

GR 1, DIN 2093 – B 12,5

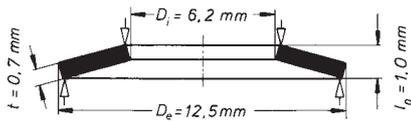


$h_0 = 0,35\text{mm}$ $D_e/D_i = 2,016$
 $t = 0,5\text{ mm}$ $D_e/t = 25$
 $h_0/t = 0,7$ $m = 0,363\text{ g}$

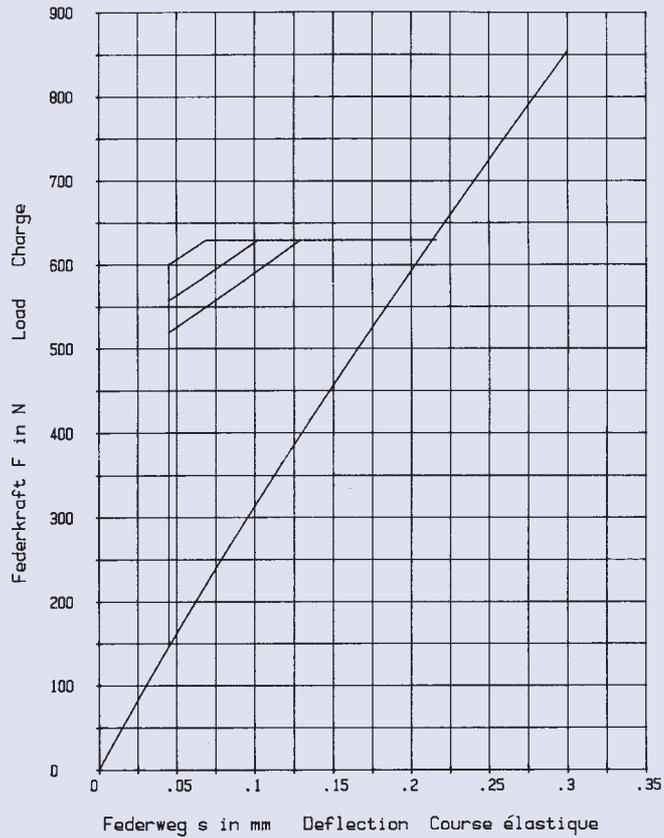
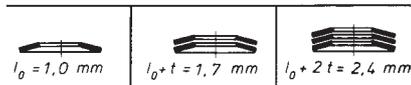


12,5 x 6,2 x 0,7

GR 1, DIN 2093 – A 12,5

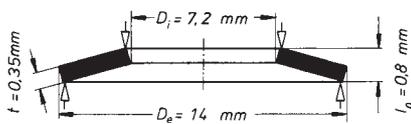


$h_0 = 0,3 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,016$
 $t = 0,7 \text{ mm}$ $D_e/t = 17,857$
 $h_0/t = 0,428$ $m = 0,508 \text{ g}$

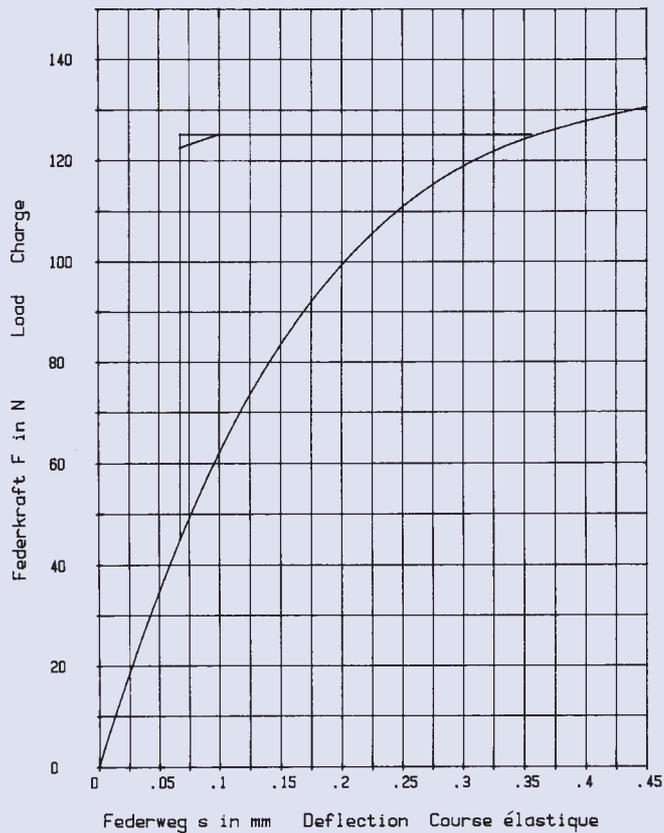
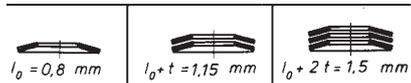


14 x 7,2 x 0,35

GR 1, DIN 2093 – C 14

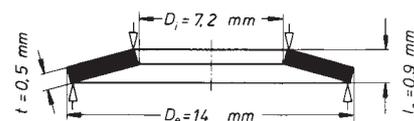
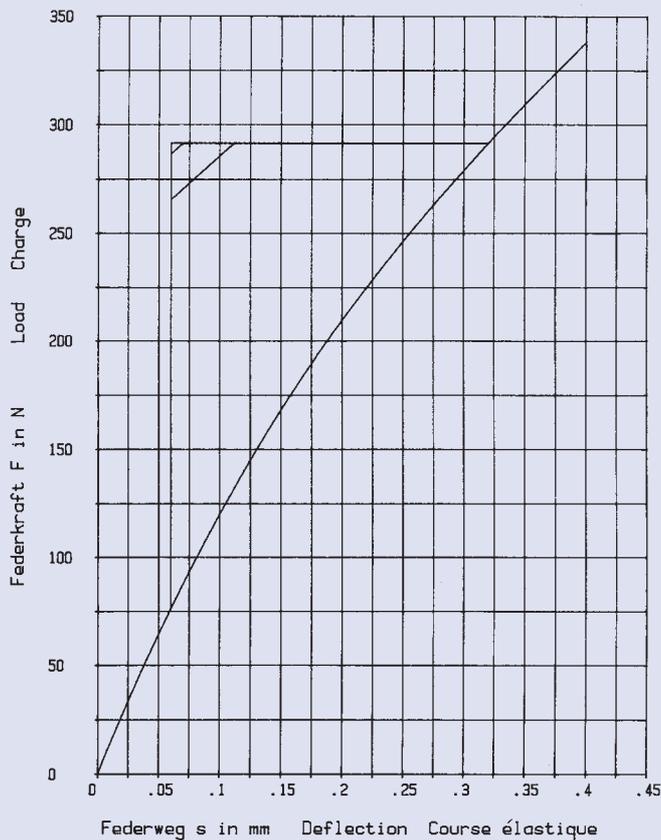


$h_0 = 0,45 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,944$
 $t = 0,35 \text{ mm}$ $D_e/t = 40$
 $h_0/t = 1,285$ $m = 0,311 \text{ g}$



14 x 7,2 x 0,5

GR 1, DIN 2093 – B 14



$$h_0 = 0,4 \text{ mm} \quad D_e / D_i = 1,944$$

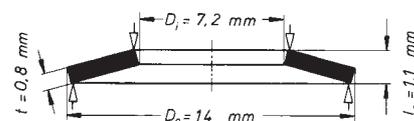
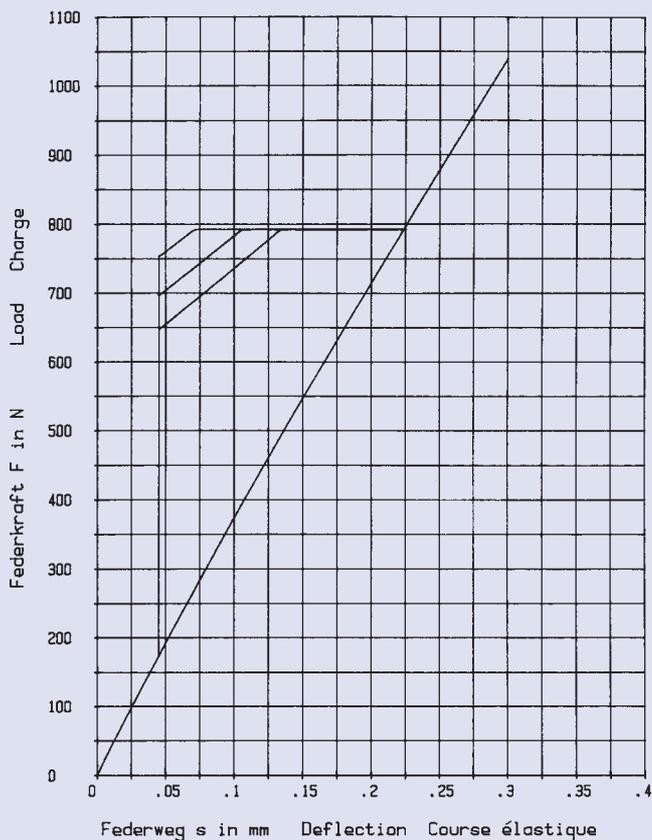
$$t = 0,5 \text{ mm} \quad D_e / t = 28$$

$$h_0 / t = 0,8 \quad m = 0,444 \text{ g}$$



14 x 7,2 x 0,8

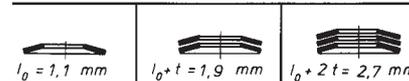
GR 1, DIN 2093 – A 14



$$h_0 = 0,3 \text{ mm} \quad D_e / D_i = 1,944$$

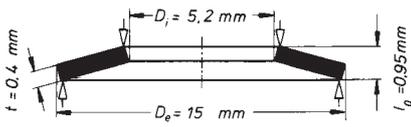
$$t = 0,8 \text{ mm} \quad D_e / t = 17,5$$

$$h_0 / t = 0,375 \quad m = 0,711 \text{ g}$$

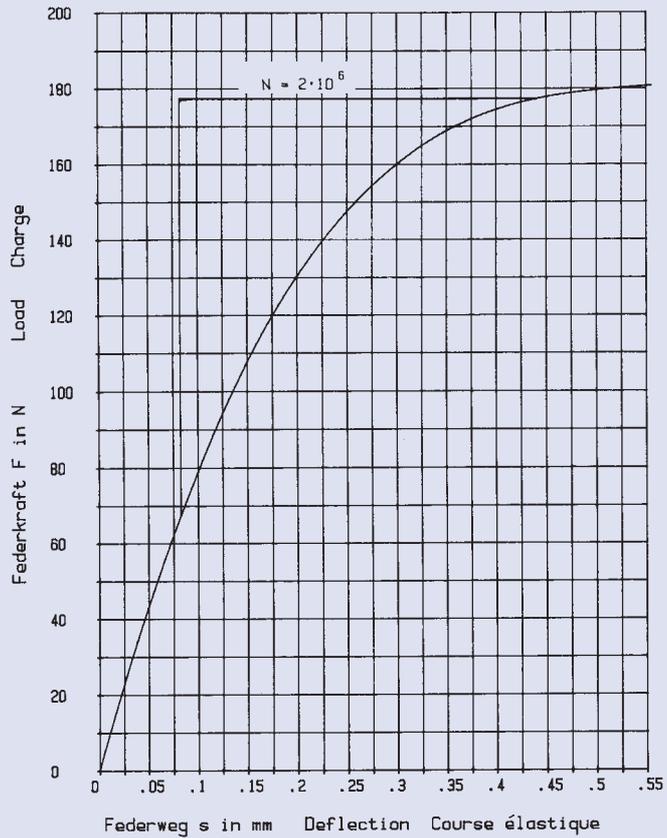
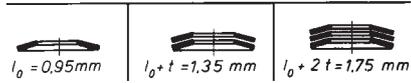


15 x 5,2 x 0,4

GR 1

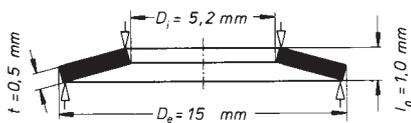


$h_0 = 0,55 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,884$
 $t = 0,4 \text{ mm}$ $D_e / t = 37,5$
 $h_0 / t = 1,375$ $m = 0,488 \text{ g}$

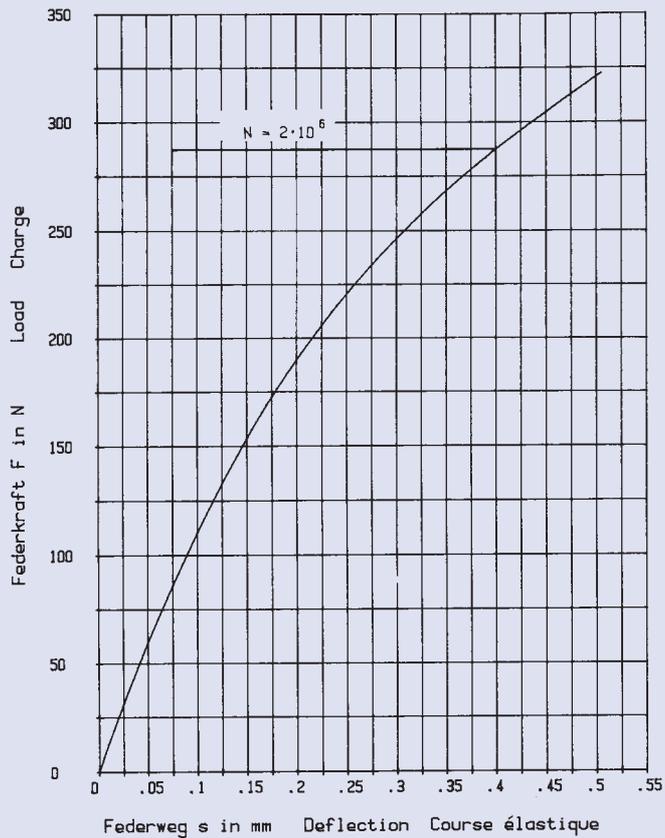
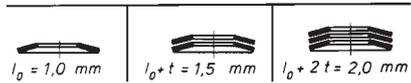


15 x 5,2 x 0,5

GR 1

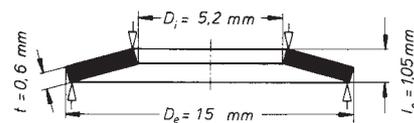
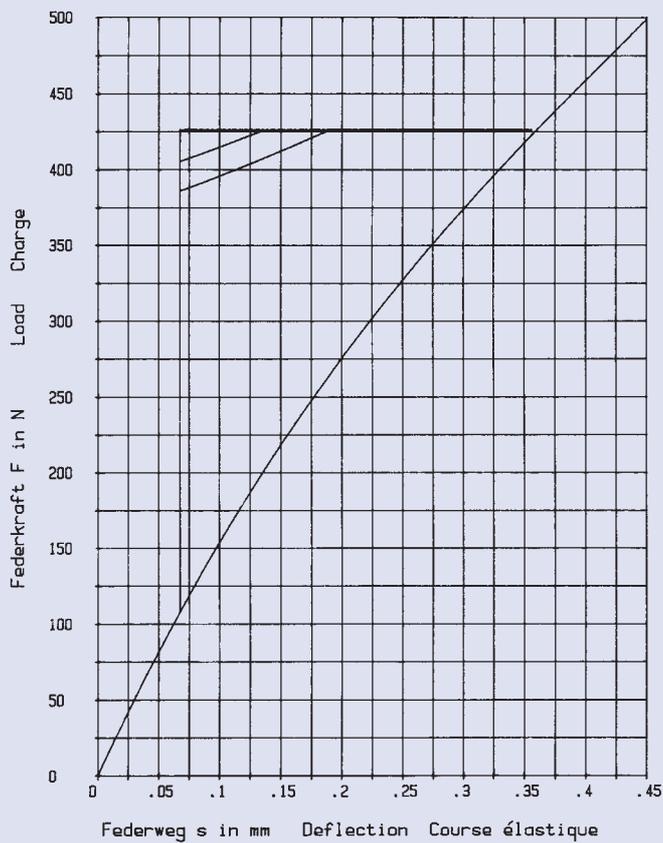


$h_0 = 0,5 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,884$
 $t = 0,5 \text{ mm}$ $D_e / t = 30$
 $h_0 / t = 1,0$ $m = 0,610 \text{ g}$



15 x 5,2 x 0,6

GR 1



$$h_0 = 0,45 \text{ mm} \quad D_e / D_i = 2,884$$

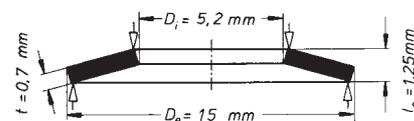
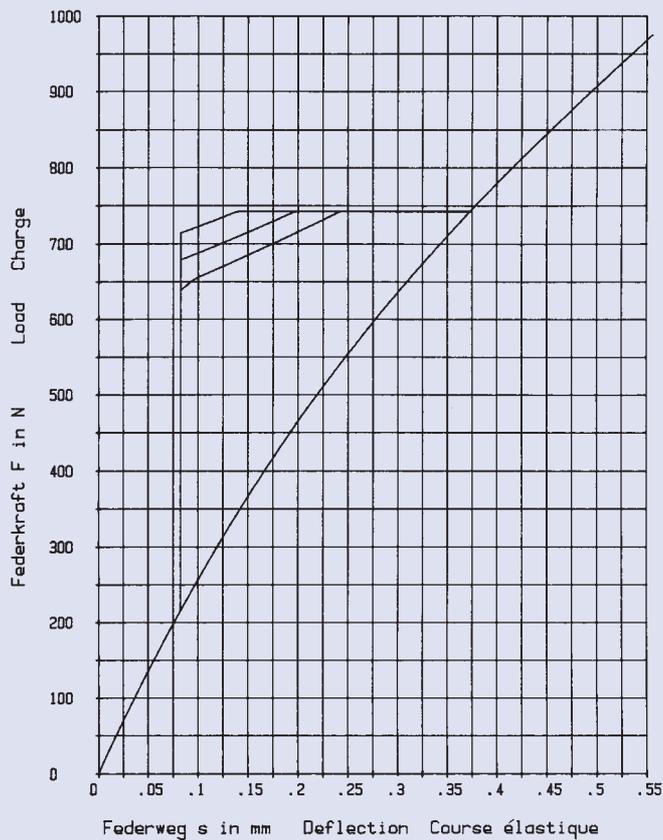
$$t = 0,6 \text{ mm} \quad D_e / t = 25$$

$$h_0 / t = 0,75 \quad m = 0,732 \text{ g}$$



15 x 5,2 x 0,7

GR 1



$$h_0 = 0,55 \text{ mm} \quad D_e / D_i = 2,884$$

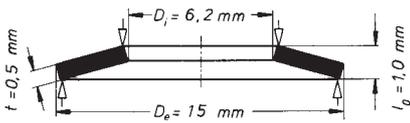
$$t = 0,7 \text{ mm} \quad D_e / t = 21,428$$

$$h_0 / t = 0,785 \quad m = 0,854 \text{ g}$$

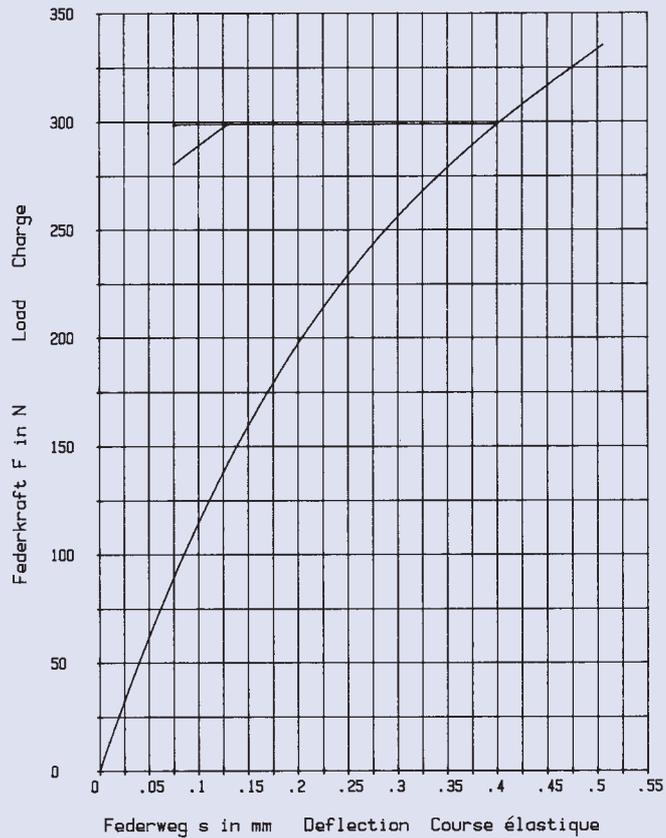
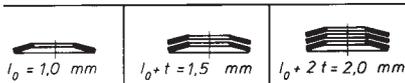


15 x 6,2 x 0,5

GR 1

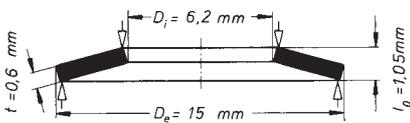


$h_0 = 0,5 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,419$
 $t = 0,5 \text{ mm}$ $D_e/t = 30$
 $h_0/t = 1,0$ $m = 0,575 \text{ g}$

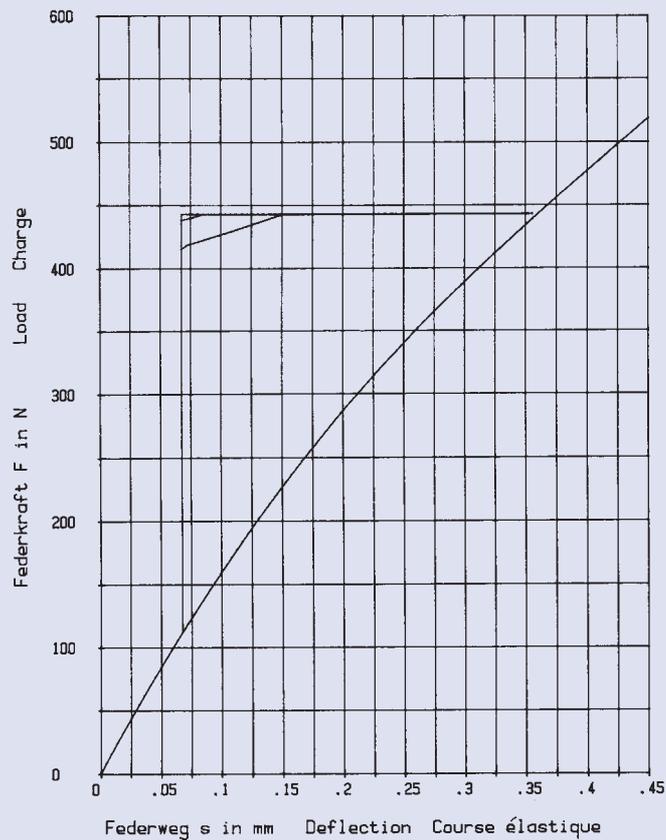
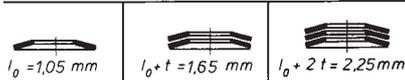


15 x 6,2 x 0,6

GR 1

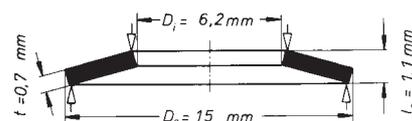


$h_0 = 0,45 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,419$
 $t = 0,6 \text{ mm}$ $D_e/t = 25$
 $h_0/t = 0,75$ $m = 0,690 \text{ g}$



15 x 6,2 x 0,7

GR 1

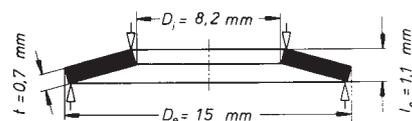
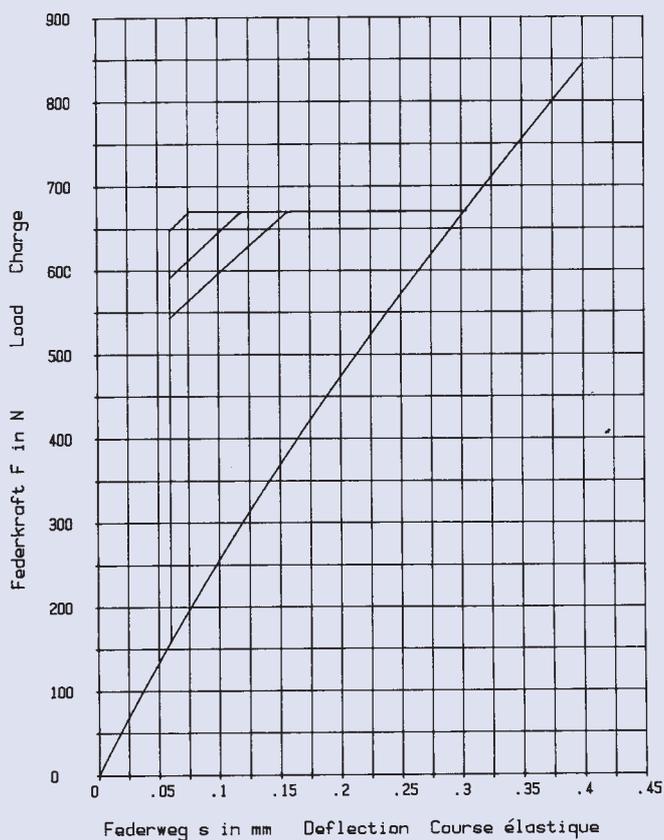


$h_0 = 0,4 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,419$
 $t = 0,7 \text{ mm}$ $D_e / t = 21,428$
 $h_0 / t = 0,571$ $m = 0,805 \text{ g}$

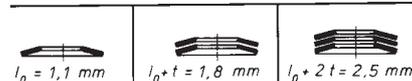


15 x 8,2 x 0,7

GR 1

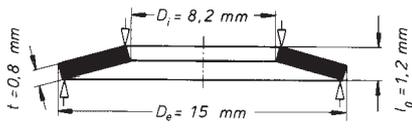


$h_0 = 0,4 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,829$
 $t = 0,7 \text{ mm}$ $D_e / t = 21,428$
 $h_0 / t = 0,571$ $m = 0,681 \text{ g}$

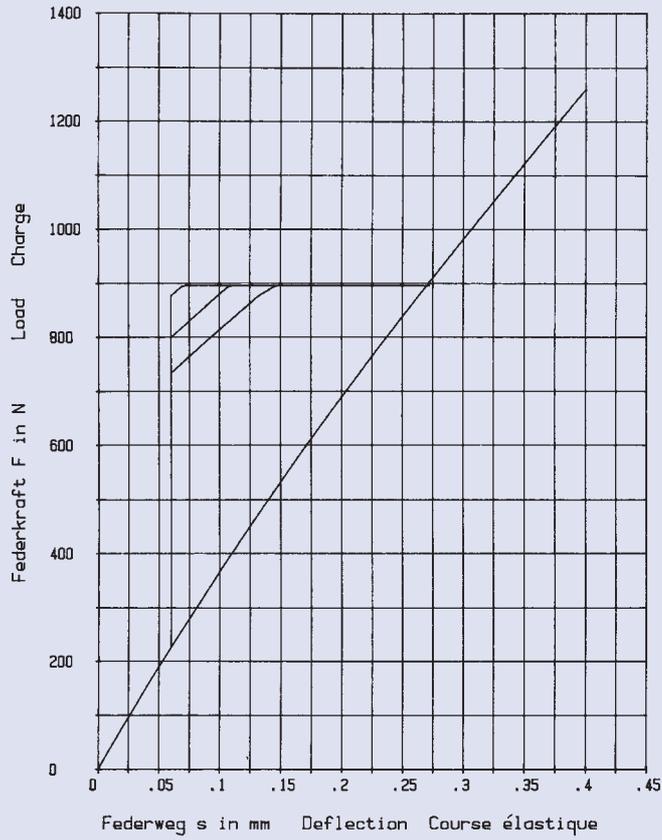
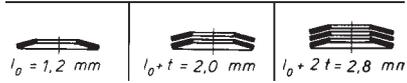


15 x 8,2 x 0,8

GR 1

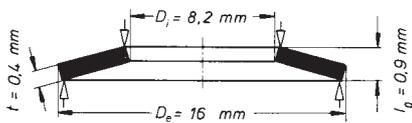


$h_0 = 0,4 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,829$
 $t = 0,8 \text{ mm}$ $D_e/t = 18,75$
 $h_0/t = 0,5$ $m = 0,778 \text{ g}$

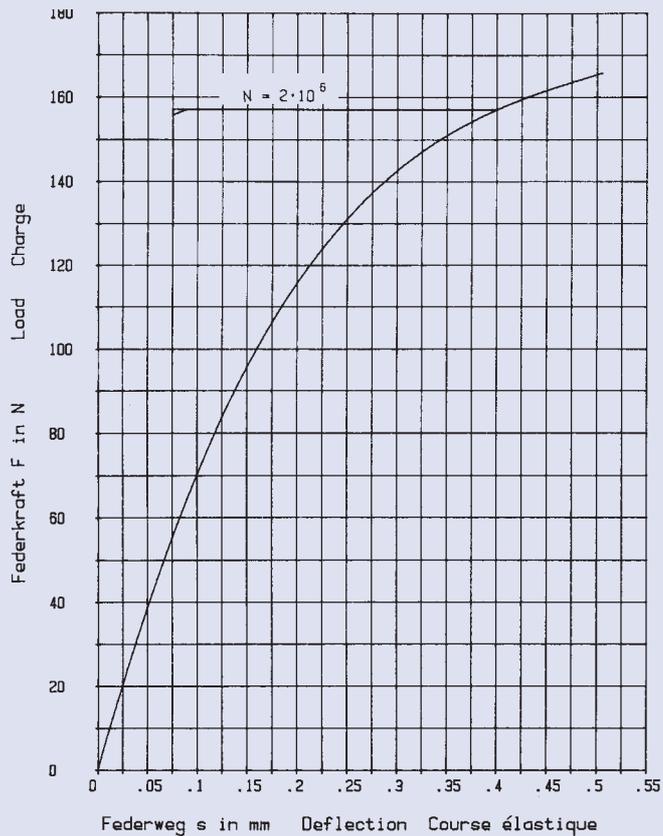
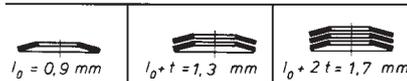


16 x 8,2 x 0,4

GR 1, DIN 2093 – C 16

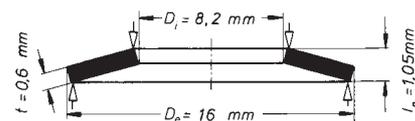
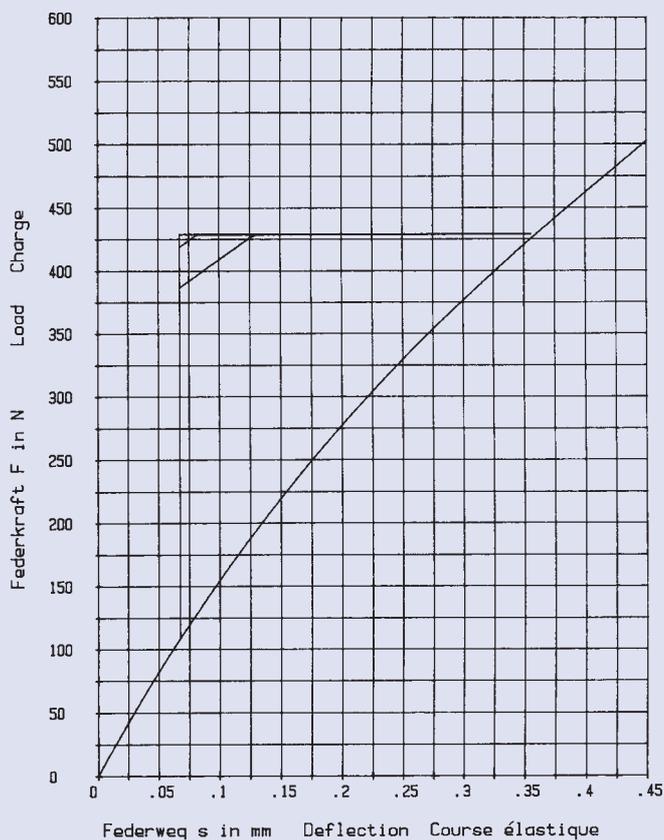


$h_0 = 0,5 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,951$
 $t = 0,4 \text{ mm}$ $D_e/t = 40$
 $h_0/t = 1,25$ $m = 0,465 \text{ g}$

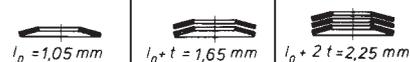


16 x 8,2 x 0,6

GR 1, DIN 2093 – B 16

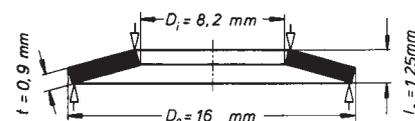
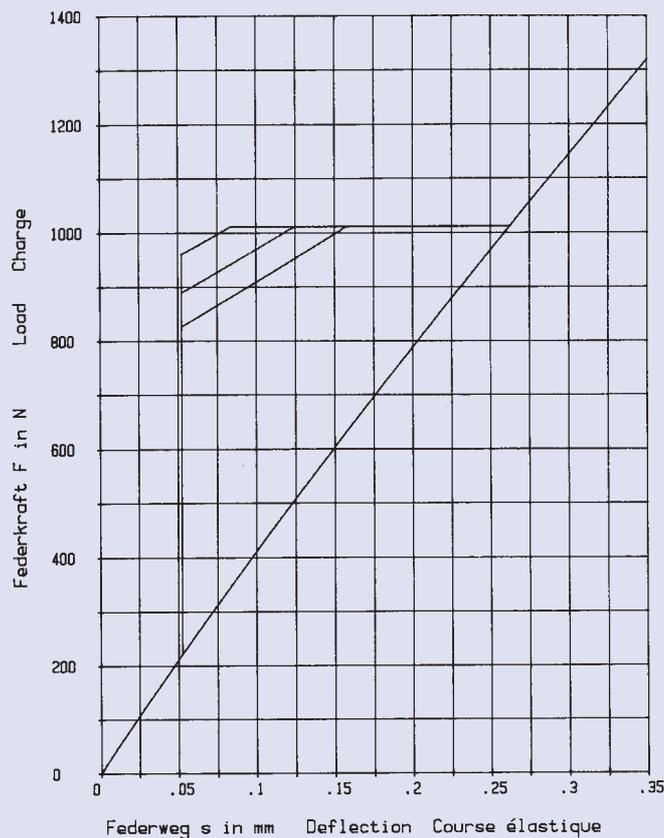


$h_0 = 0,45 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,951$
 $t = 0,6 \text{ mm}$ $D_e / t = 26,666$
 $h_0 / t = 0,75$ $m = 0,698 \text{ g}$

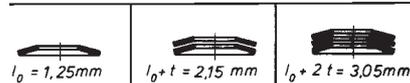


16 x 8,2 x 0,9

GR 1, DIN 2093 – A 16

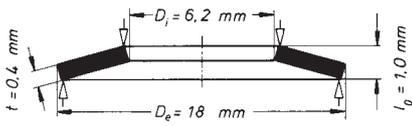


$h_0 = 0,35 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,951$
 $t = 0,9 \text{ mm}$ $D_e / t = 17,777$
 $h_0 / t = 0,388$ $m = 1,047 \text{ g}$

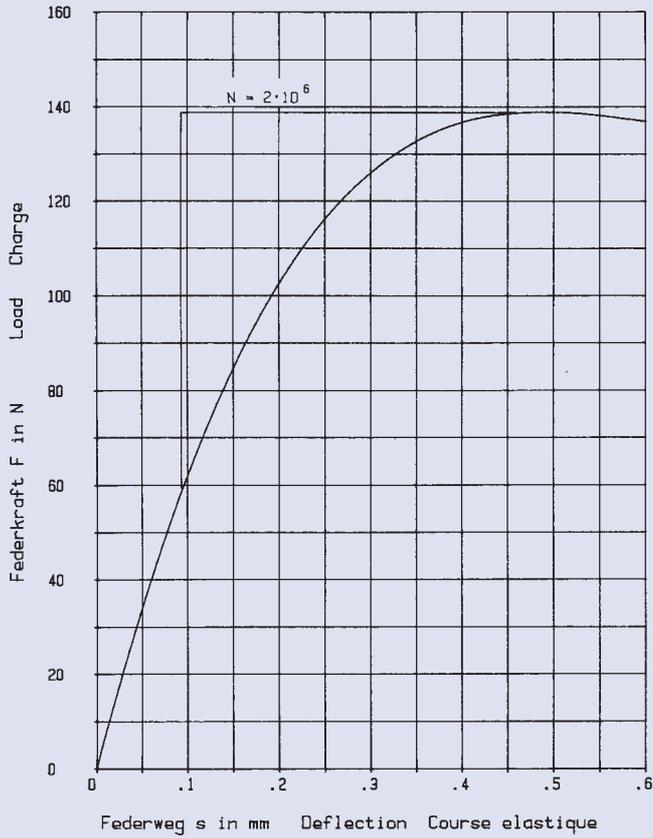
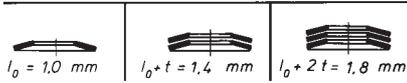


18 x 6,2 x 0,4

GR 1

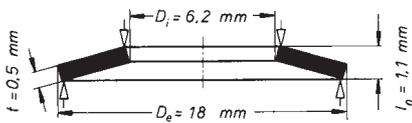


$h_0 = 0.6 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2.903$
 $t = 0.4 \text{ mm}$ $D_e/t = 45$
 $h_0/t = 1.5$ $m = 0.704 \text{ g}$

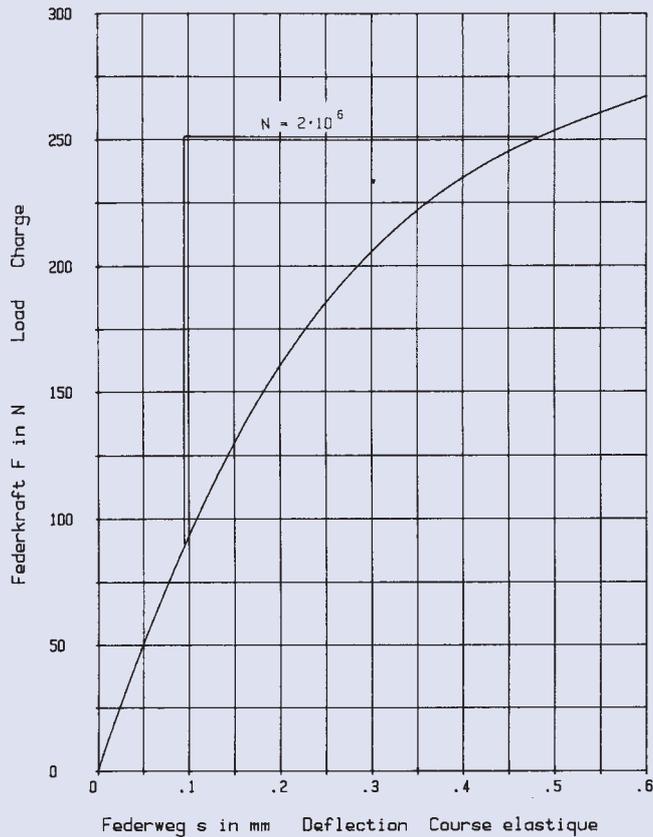
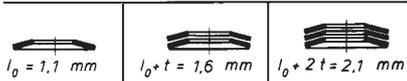


18 x 6,2 x 0,5

GR 1

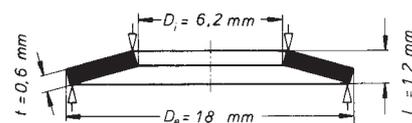
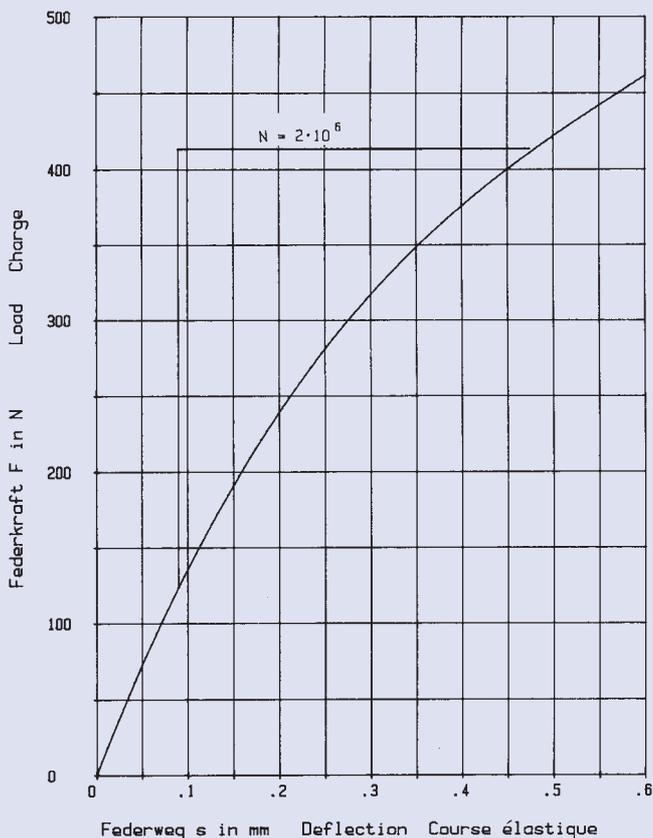


$h_0 = 0.6 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2.903$
 $t = 0.5 \text{ mm}$ $D_e/t = 36$
 $h_0/t = 1.2$ $m = 0.88 \text{ g}$



18 x 6,2 x 0,6

GR 1

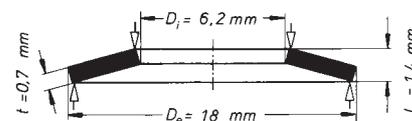
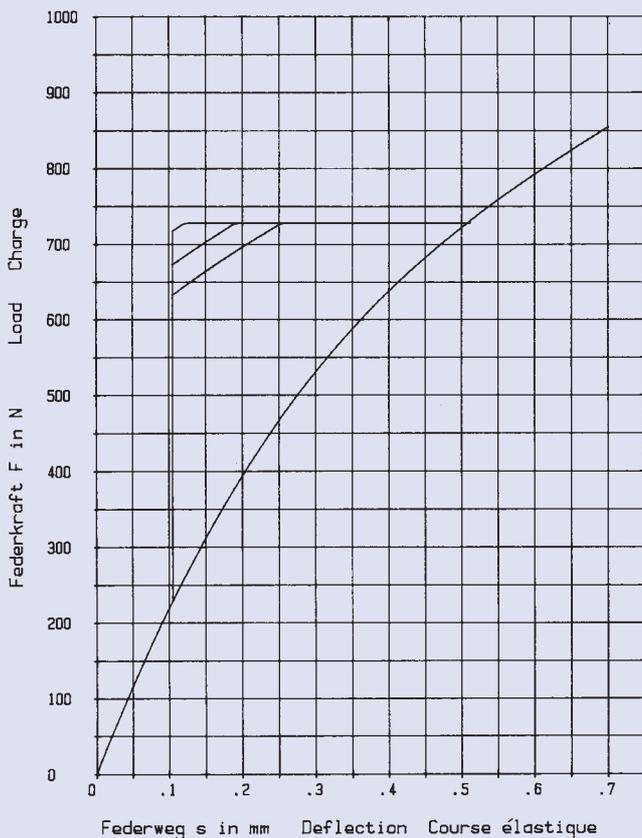


$h_0 = 0,6 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,903$
 $t = 0,6 \text{ mm}$ $D_e/t = 30$
 $h_0/t = 1,0$ $m = 1,056 \text{ g}$



18 x 6,2 x 0,7

GR 1

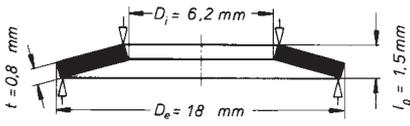


$h_0 = 0,7 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,903$
 $t = 0,7 \text{ mm}$ $D_e/t = 25,714$
 $h_0/t = 1,0$ $m = 1,232 \text{ g}$

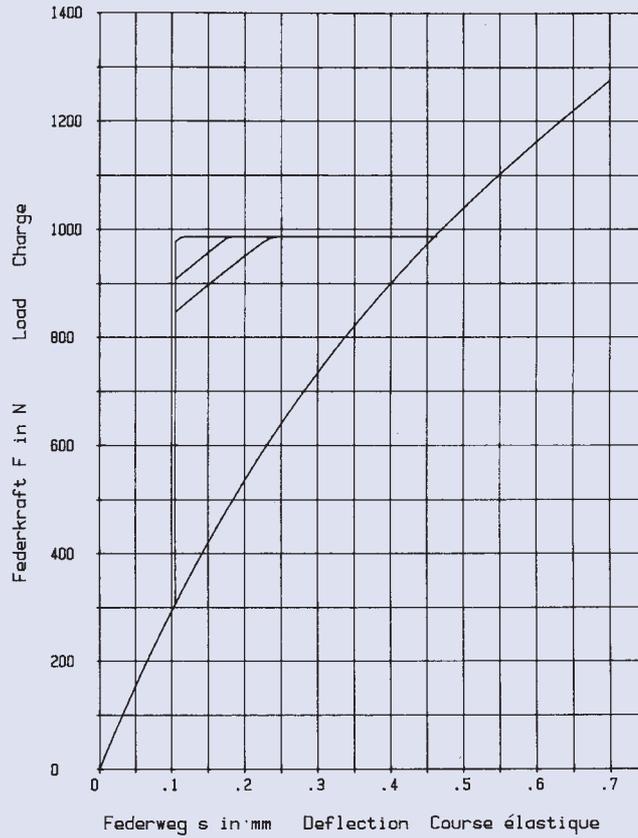
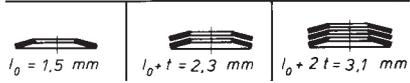


18 x 6,2 x 0,8

GR 1

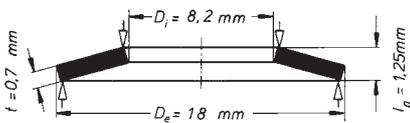


$h_0 = 0,7 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,903$
 $t = 0,8 \text{ mm}$ $D_e/t = 22,5$
 $h_0/t = 0,875$ $m = 1,408 \text{ g}$

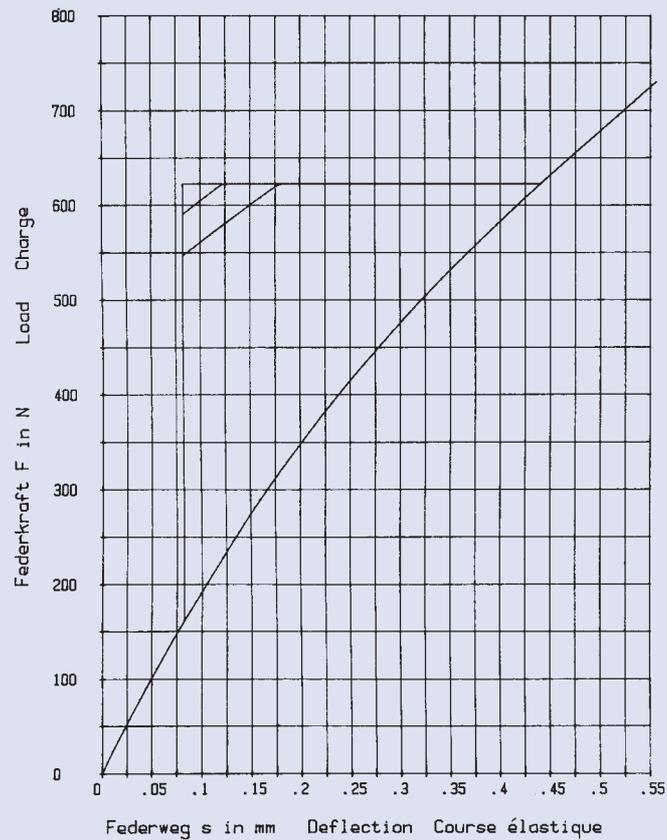
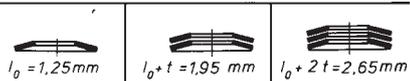


18 x 8,2 x 0,7

GR 1

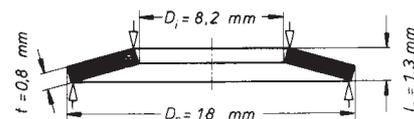
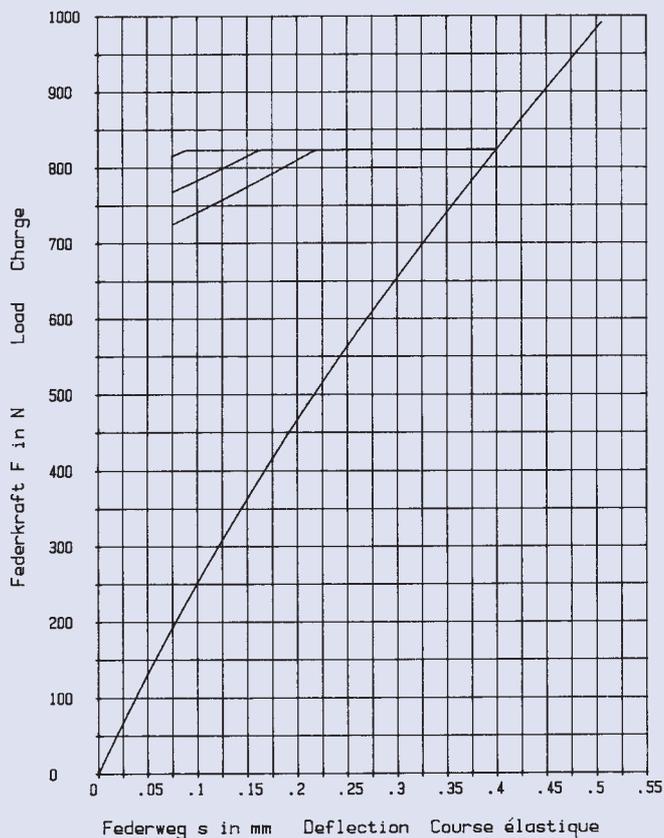


$h_0 = 0,55 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,195$
 $t = 0,7 \text{ mm}$ $D_e/t = 25,714$
 $h_0/t = 0,785$ $m = 1,108 \text{ g}$



18 x 8,2 x 0,8

GR 1

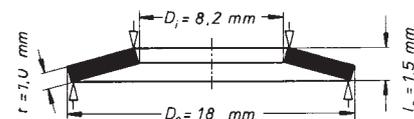
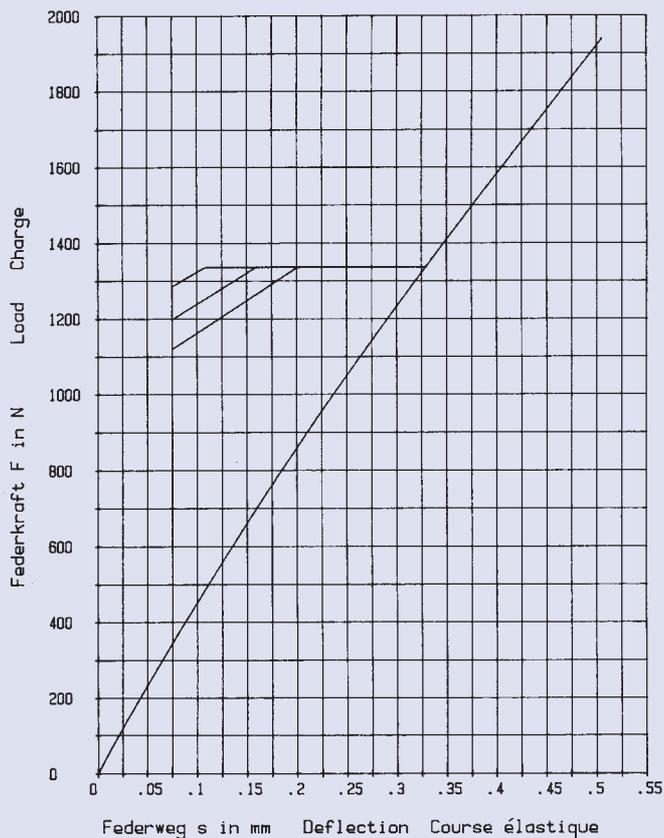


$h_0 = 0,5 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,195$
 $t = 0,8 \text{ mm}$ $D_e/t = 22,5$
 $h_0/t = 0,625$ $m = 1,266 \text{ g}$



18 x 8,2 x 1,0

GR 1

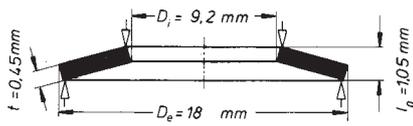


$h_0 = 0,5 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,195$
 $t = 1,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 18$
 $h_0/t = 0,5$ $m = 1,582 \text{ g}$

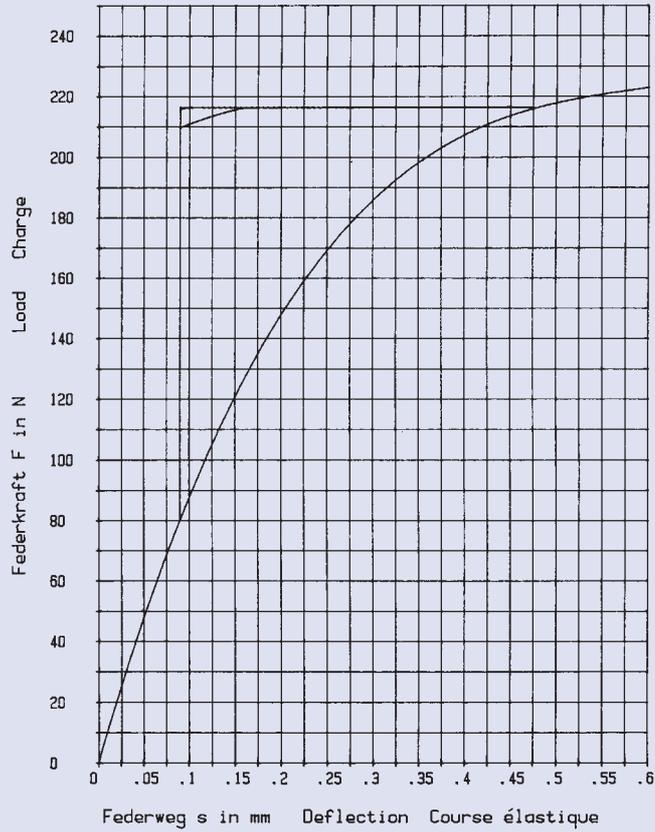


18 x 9,2 x 0,45

GR 1, DIN 2093 – C 18

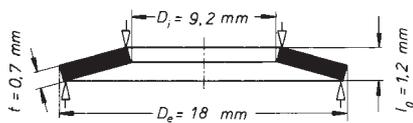


$h_0 = 0,6 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,956$
 $t = 0,45 \text{ mm}$ $D_e/t = 40$
 $h_0/t = 1,333$ $m = 0,664 \text{ g}$

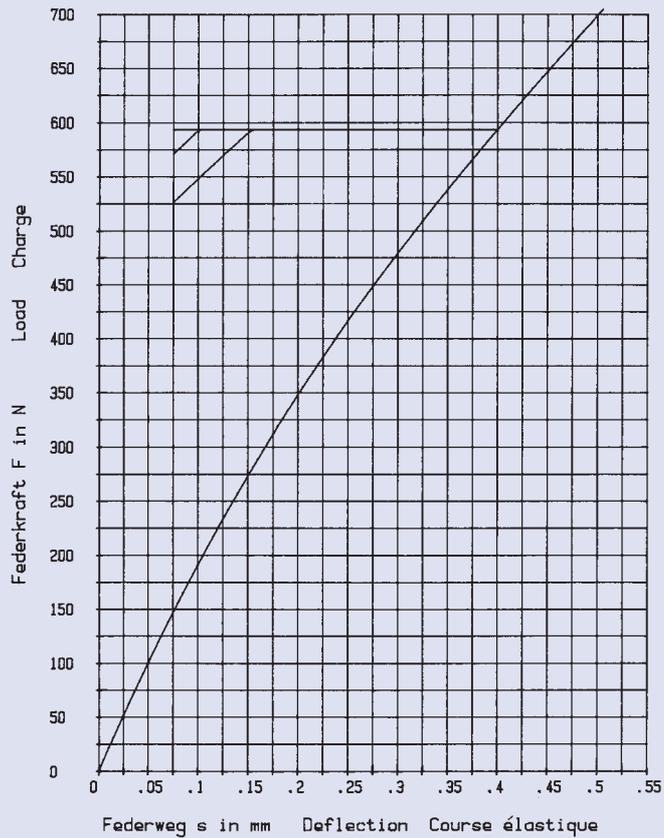
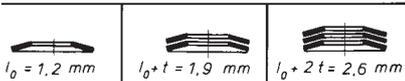


18 x 9,2 x 0,7

GR 1, DIN 2093 – B 18

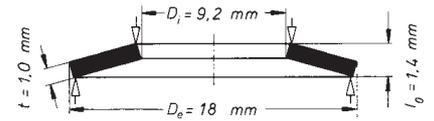
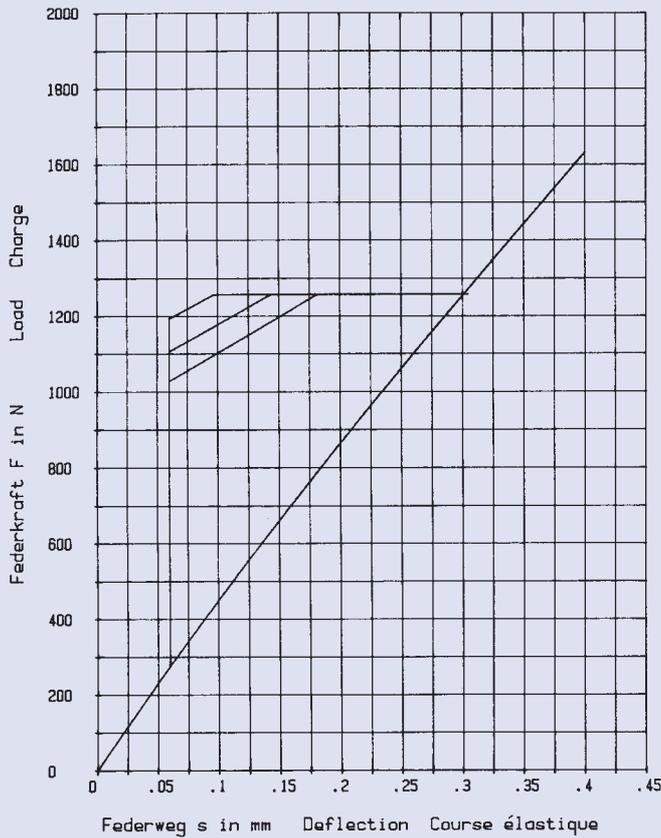


$h_0 = 0,5 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,956$
 $t = 0,7 \text{ mm}$ $D_e/t = 25,714$
 $h_0/t = 0,714$ $m = 1,033 \text{ g}$



18 x 9,2 x 1,0

GR 1, DIN 2093 – A 18



$$h_0 = 0,4 \text{ mm} \quad D_e / D_i = 1,956$$

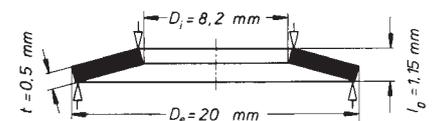
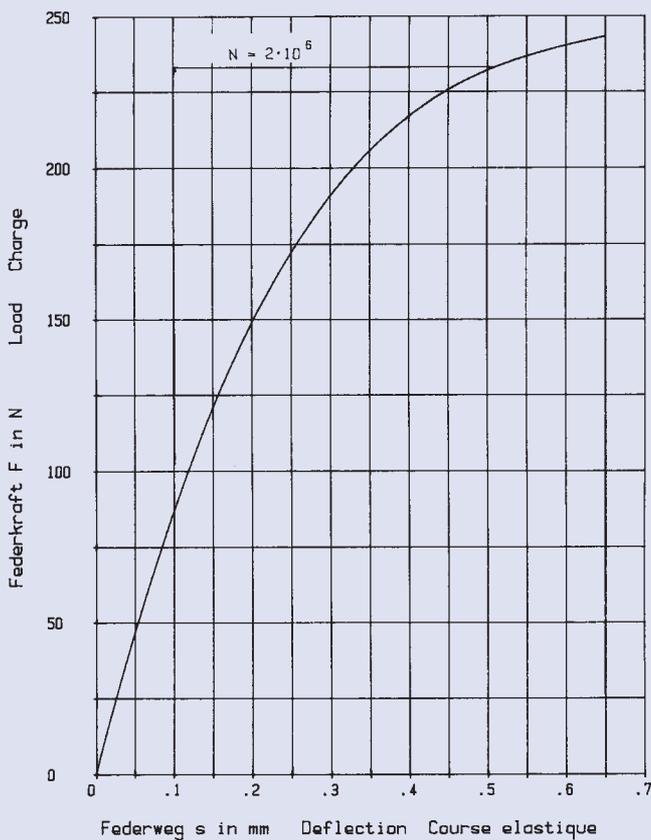
$$t = 1,0 \text{ mm} \quad D_e / t = 18$$

$$h_0 / t = 0,4 \quad m = 1,476 \text{ g}$$



20 x 8,2 x 0,5

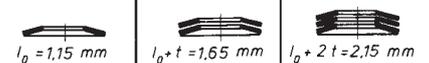
GR 1



$$h_0 = 0,65 \text{ mm} \quad D_e / D_i = 2,439$$

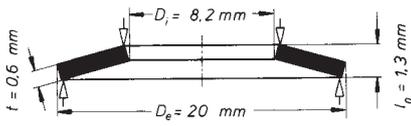
$$t = 0,5 \text{ mm} \quad D_e / t = 40$$

$$h_0 / t = 1,3 \quad m = 1,026 \text{ g}$$

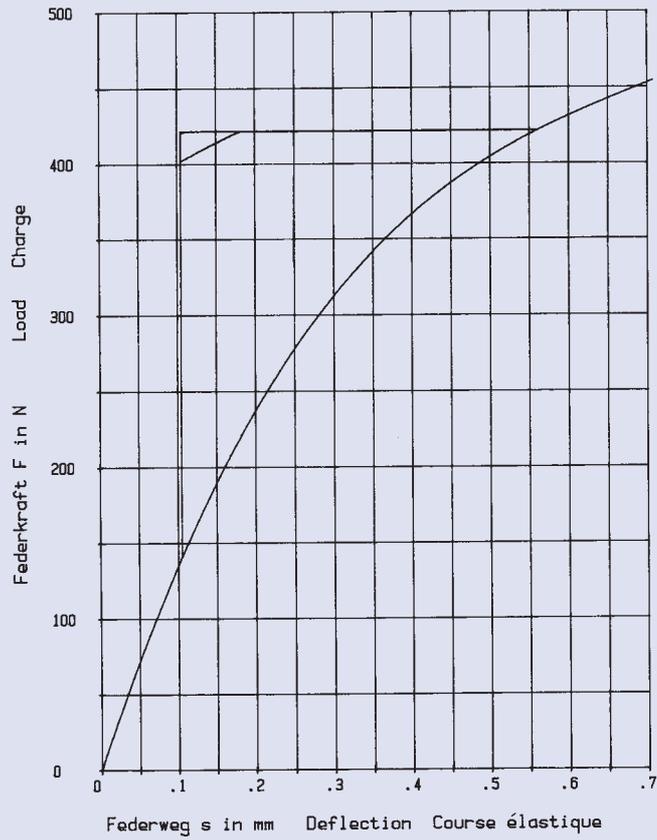
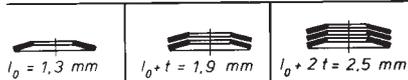


20 x 8,2 x 0,6

GR 1

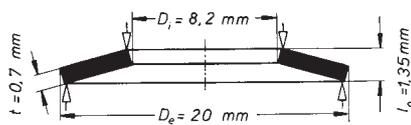


$h_0 = 0,7 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,439$
 $t = 0,6 \text{ mm}$ $D_e/t = 33,333$
 $h_0/t = 1,166$ $m = 1,231 \text{ g}$

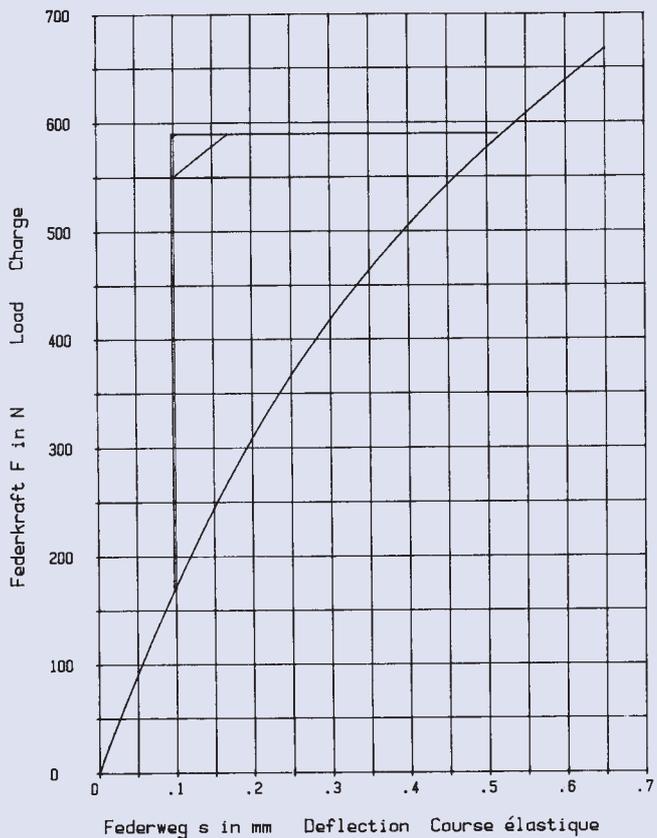
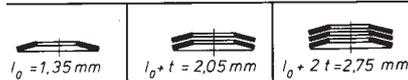


20 x 8,2 x 0,7

GR 1

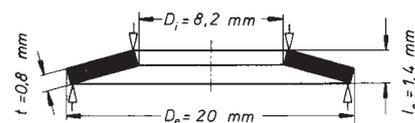
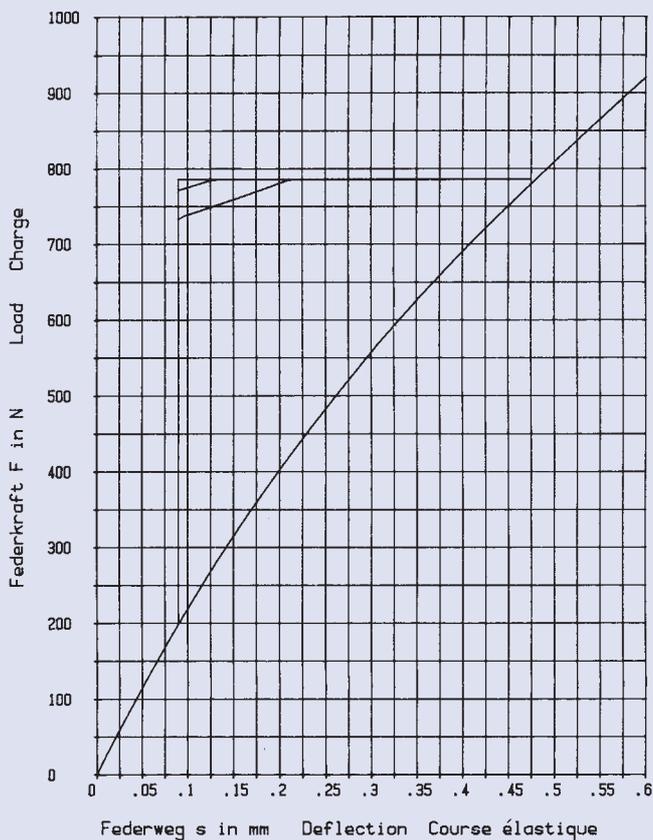


$h_0 = 0,65 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,439$
 $t = 0,7 \text{ mm}$ $D_e/t = 28,571$
 $h_0/t = 0,928$ $m = 1,436 \text{ g}$



20 x 8,2 x 0,8

GR 1

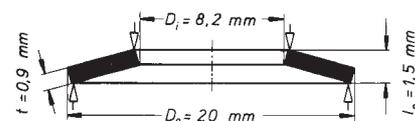
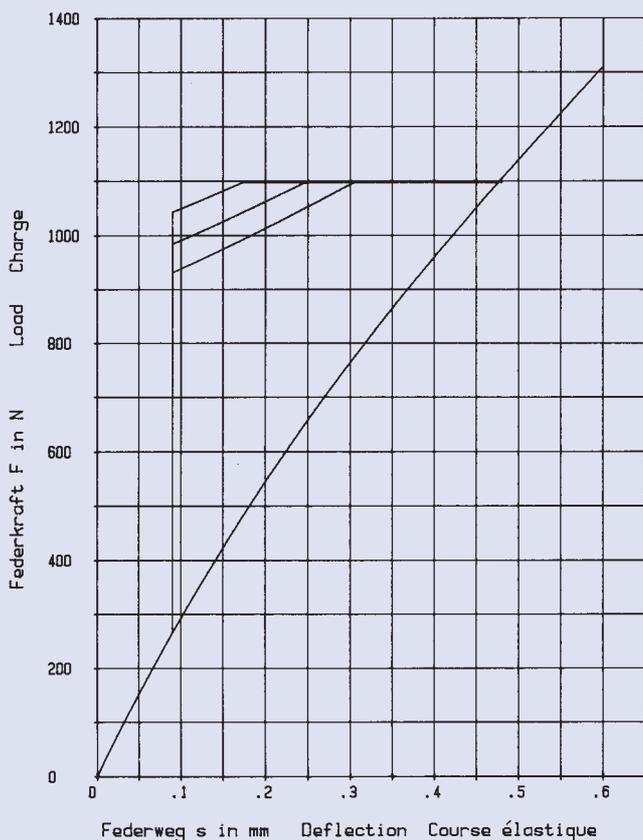


$h_0 = 0,6 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,439$
 $t = 0,8 \text{ mm}$ $D_e/t = 25$
 $h_0/t = 0,75$ $m = 1,641 \text{ g}$



20 x 8,2 x 0,9

GR 1

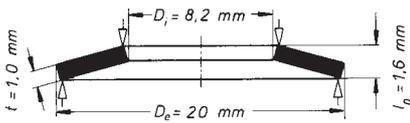


$h_0 = 0,6 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,439$
 $t = 0,9 \text{ mm}$ $D_e/t = 22,222$
 $h_0/t = 0,666$ $m = 1,846 \text{ g}$

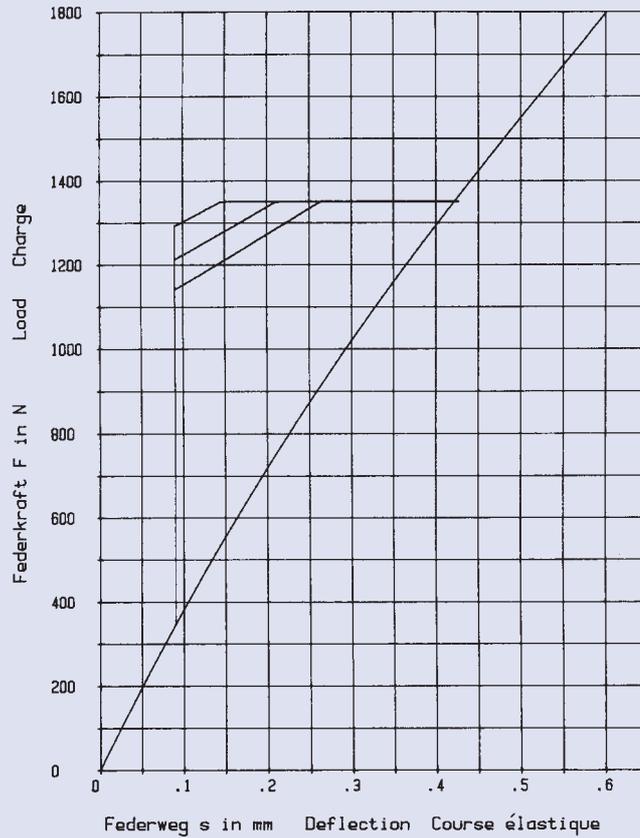
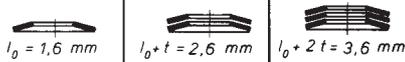


20 x 8,2 x 1,0

GR 1

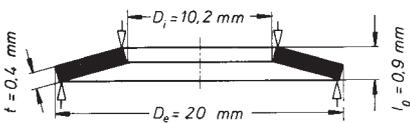


$h_0 = 0,6 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,439$
 $t = 1,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 20$
 $h_0/t = 0,6$ $m = 2,051 \text{ g}$

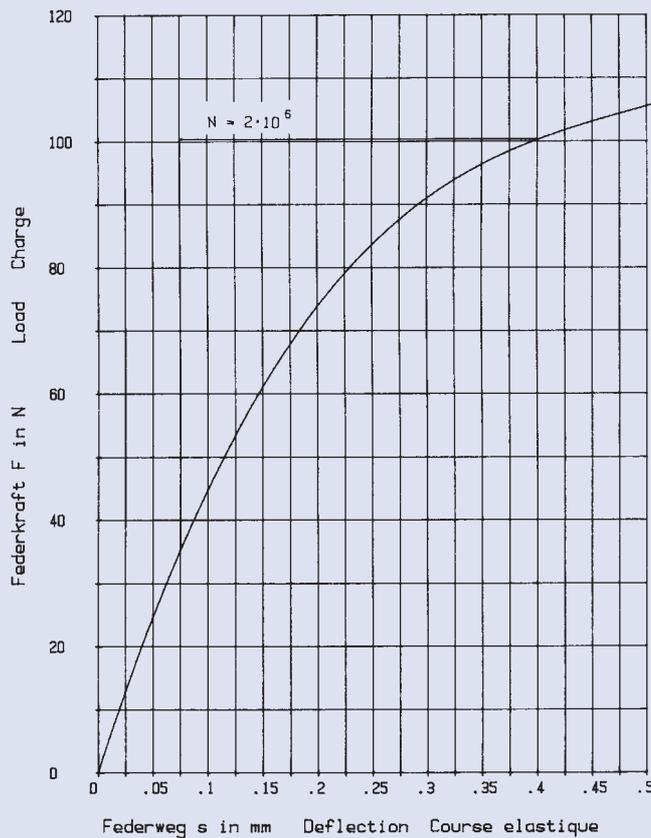
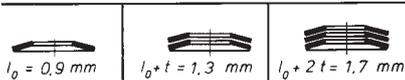


20 x 10,2 x 0,4

GR 1

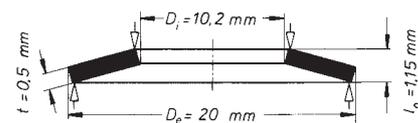
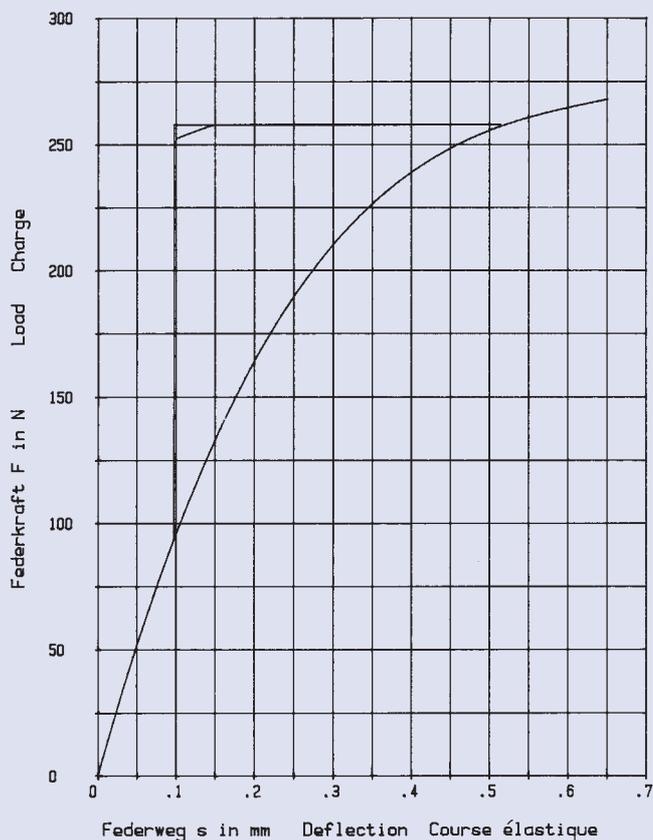


$h_0 = 0,5 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,96$
 $t = 0,4 \text{ mm}$ $D_e/t = 50$
 $h_0/t = 1,25$ $m = 0,73 \text{ g}$



20 x 10,2 x 0,5

GR 1, DIN 2093 – C 20

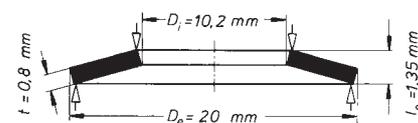
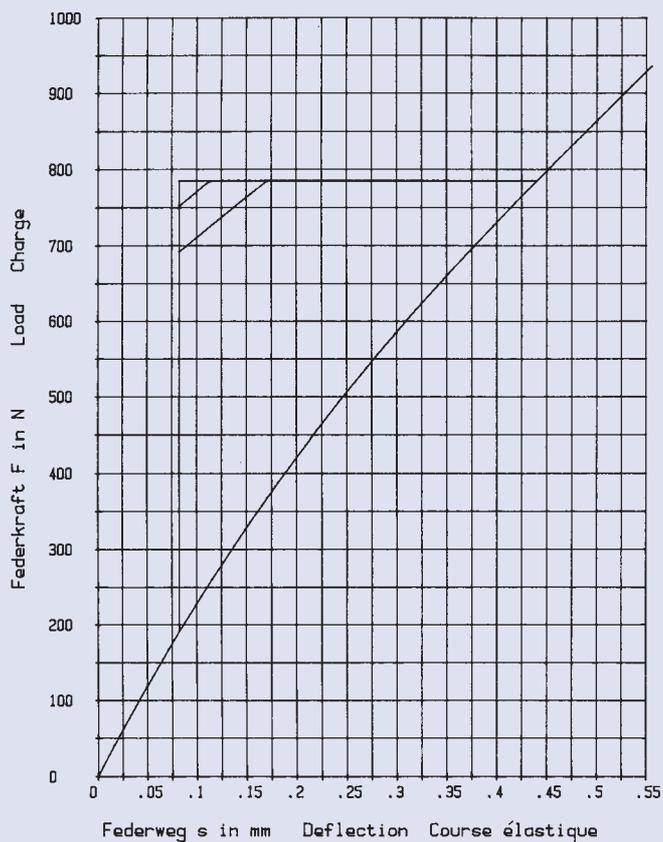


$h_0 = 0,65 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,96$
 $t = 0,5 \text{ mm}$ $D_e / t = 40$
 $h_0 / t = 1,3$ $m = 0,912 \text{ g}$

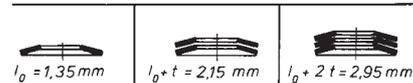


20 x 10,2 x 0,8

GR 1, DIN 2093 – B 20

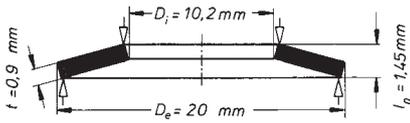


$h_0 = 0,55 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,96$
 $t = 0,8 \text{ mm}$ $D_e / t = 25$
 $h_0 / t = 0,687$ $m = 1,46 \text{ g}$

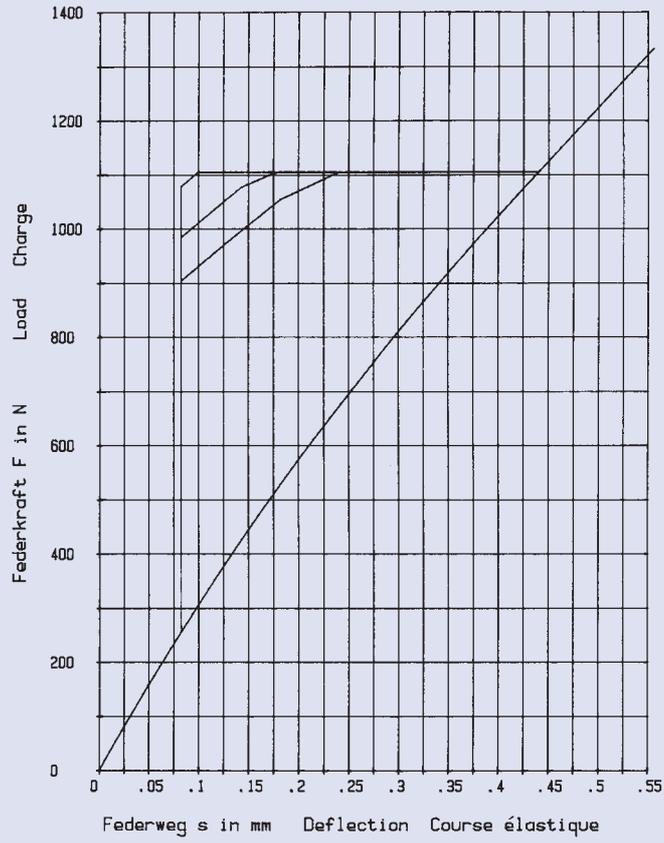
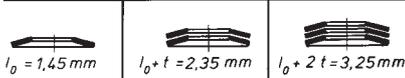


20 x 10,2 x 0,9

GR 1

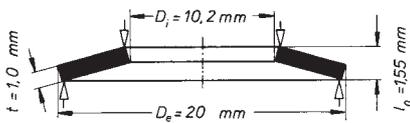


$h_0 = 0,55 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,96$
 $t = 0,9 \text{ mm}$ $D_e / t = 22,222$
 $h_0 / t = 0,611$ $m = 1,642 \text{ g}$

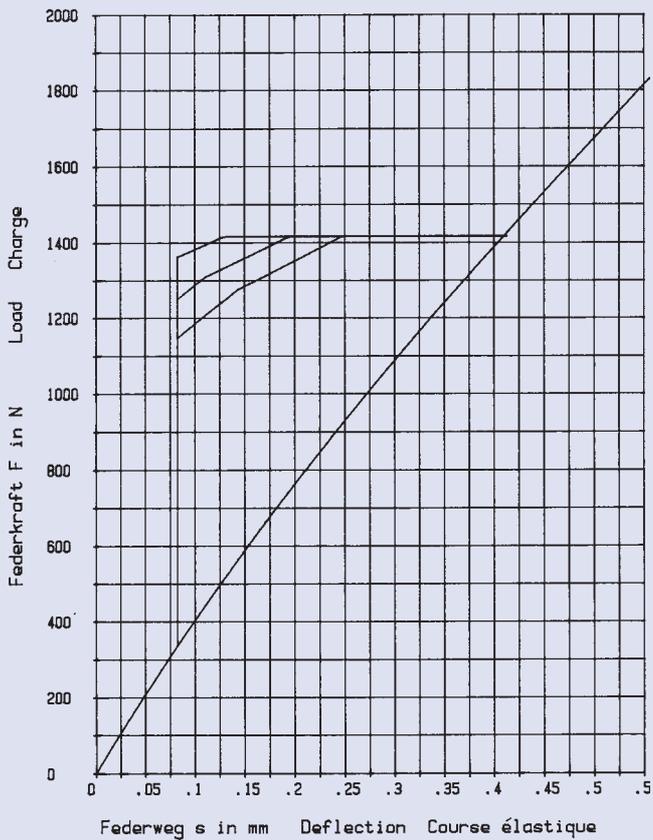
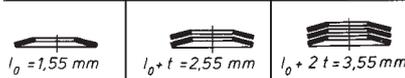


20 x 10,2 x 1,0

GR 1

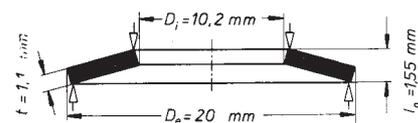
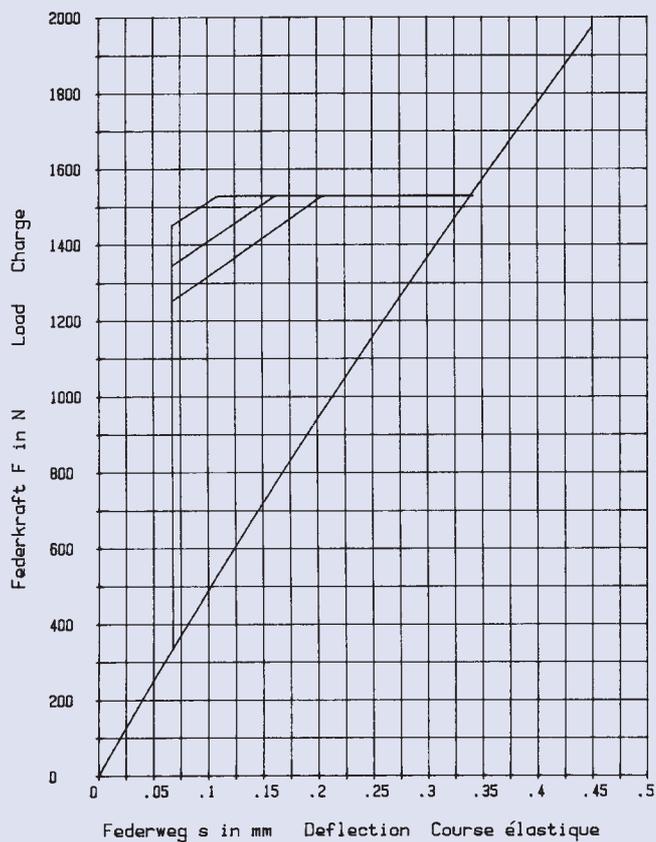


$h_0 = 0,55 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,96$
 $t = 1,0 \text{ mm}$ $D_e / t = 20$
 $h_0 / t = 0,55$ $m = 1,824 \text{ g}$



20 x 10,2 x 1,1

GR 1, DIN 2093 – A 20

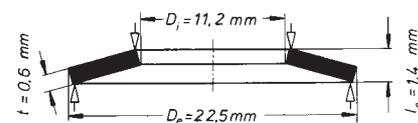
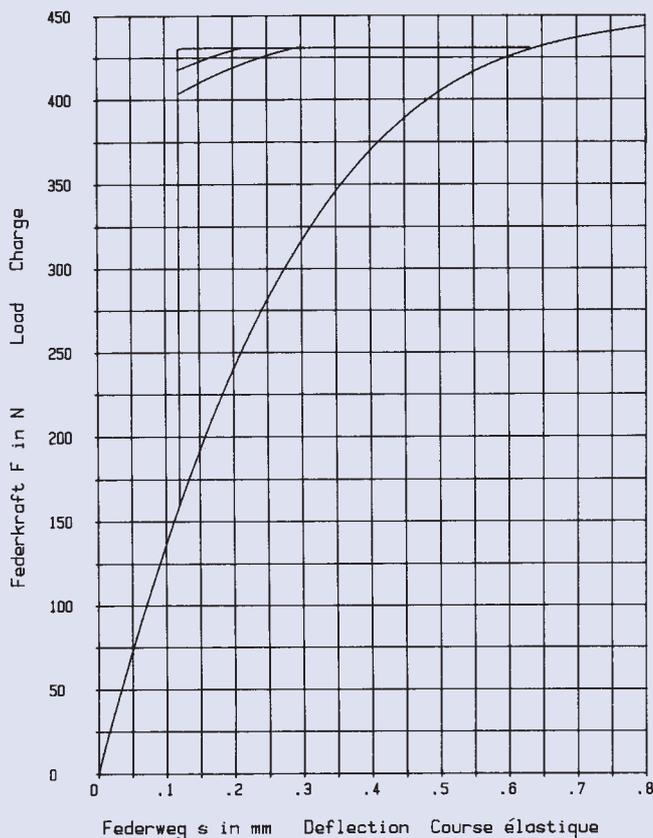


$h_0 = 0,45 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,96$
 $t = 1,1 \text{ mm}$ $D_e/t = 18,181$
 $h_0/t = 0,409$ $m = 2,007 \text{ g}$

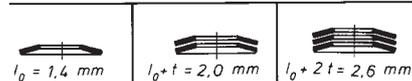


22,5 x 11,2 x 0,6

GR 1, DIN 2093 – C 22,5

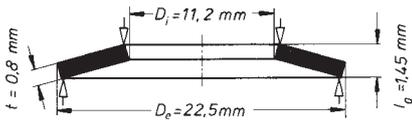


$h_0 = 0,8 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,008$
 $t = 0,6 \text{ mm}$ $D_e/t = 37,5$
 $h_0/t = 1,333$ $m = 1,409 \text{ g}$

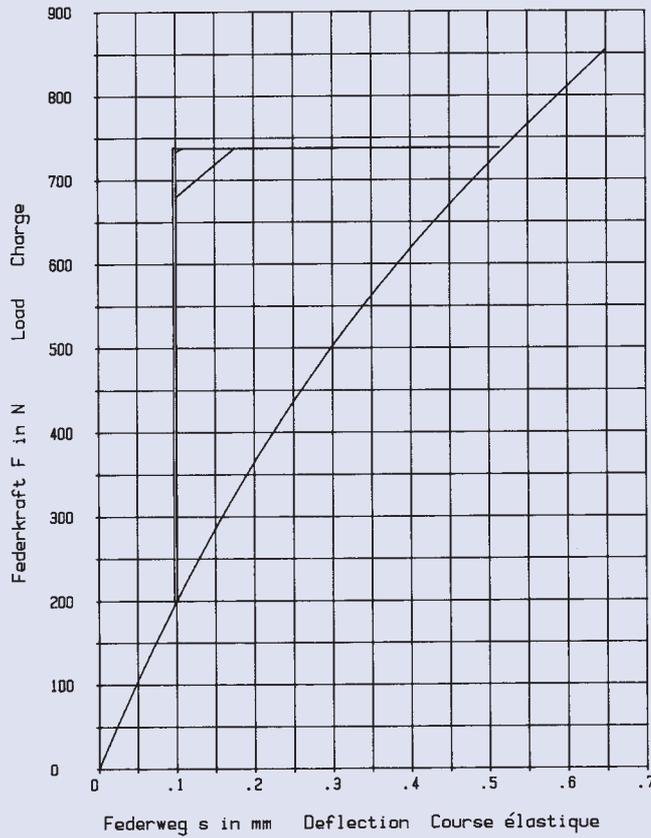
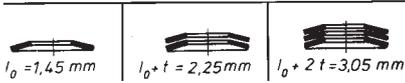


22,5 x 11,2 x 0,8

GR 1, DIN 2093 – B 22,5

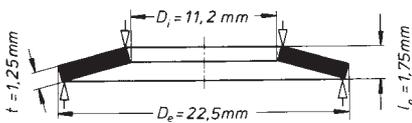


$h_0 = 0,65 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,008$
 $t = 0,8 \text{ mm}$ $D_e / t = 28,125$
 $h_0 / t = 0,812$ $m = 1,878 \text{ g}$

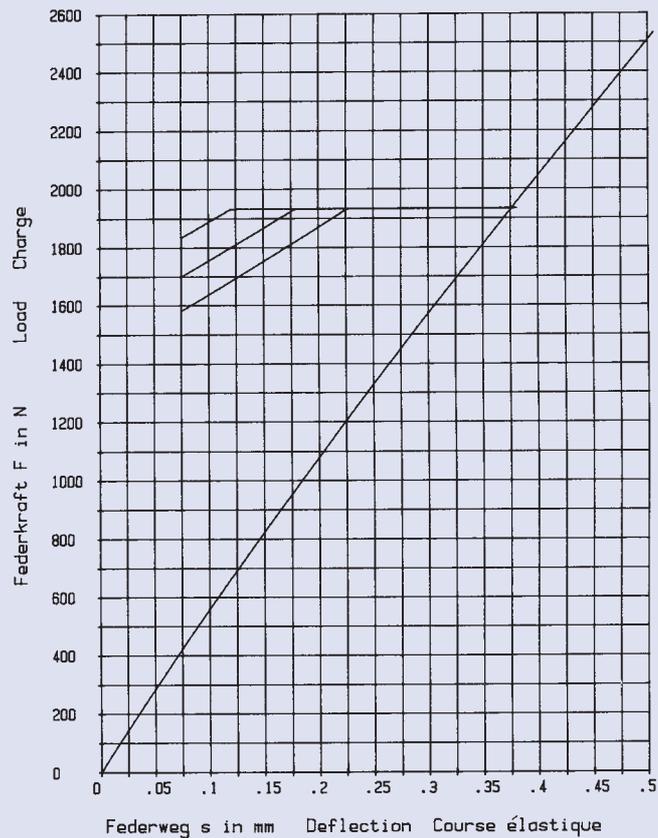
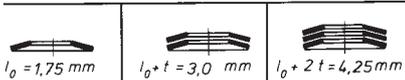


22,5 x 11,2 x 1,25

GR 1, DIN 2093 – A 22,5

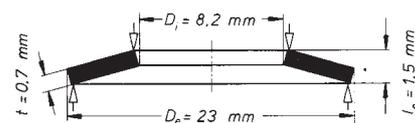
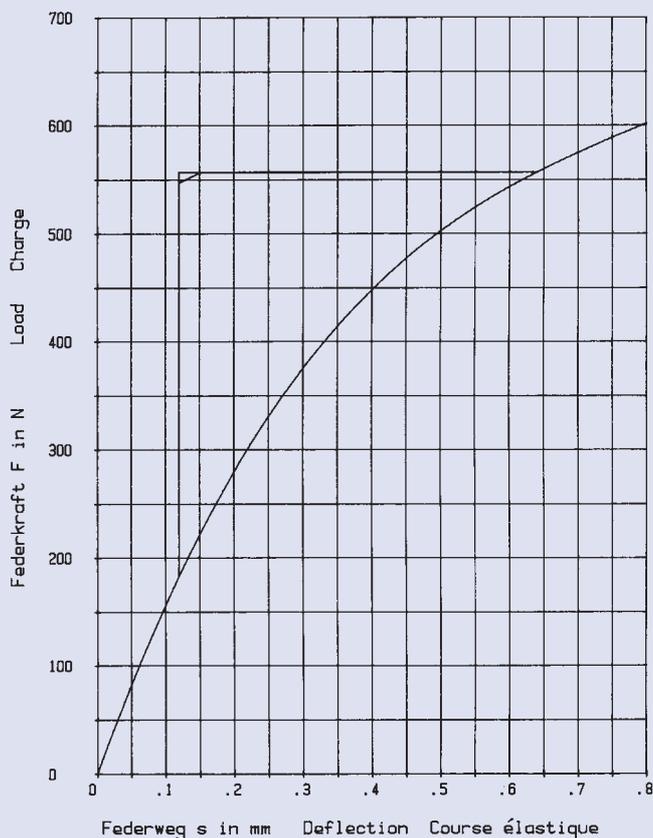


$h_0 = 0,5 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,008$
 $t = 1,25 \text{ mm}$ $D_e / t = 18$
 $h_0 / t = 0,4$ $m = 2,935 \text{ g}$



23 x 8,2 x 0,7

GR 1

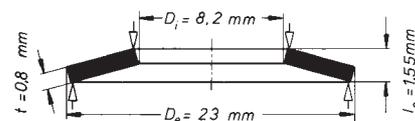
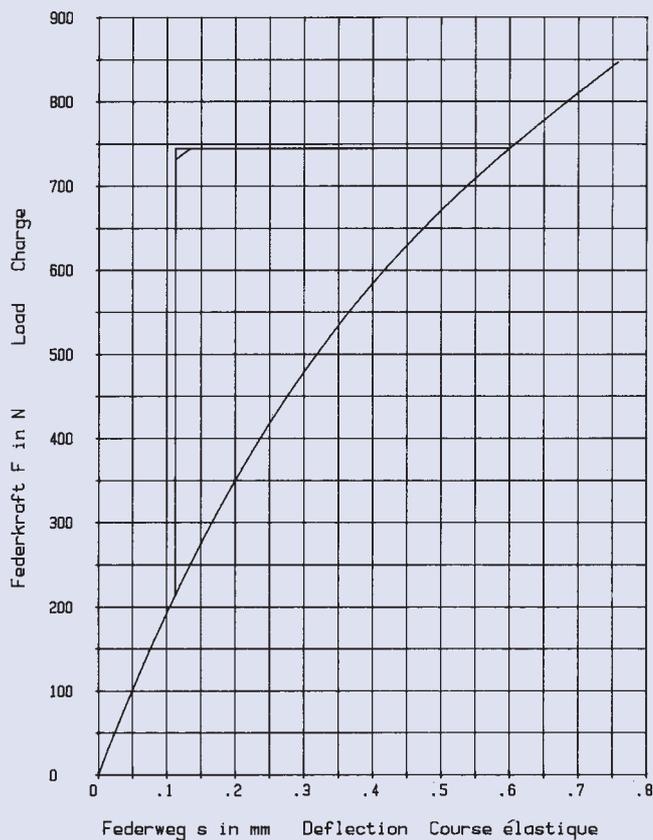


$h_0 = 0,8 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,804$
 $t = 0,7 \text{ mm}$ $D_e/t = 32,857$
 $h_0/t = 1,142$ $m = 1,993 \text{ g}$

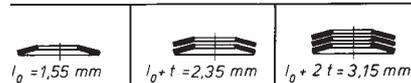


23 x 8,2 x 0,8

GR 1

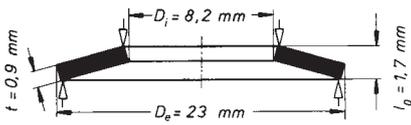


$h_0 = 0,75 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,804$
 $t = 0,8 \text{ mm}$ $D_e/t = 28,75$
 $h_0/t = 0,937$ $m = 2,277 \text{ g}$

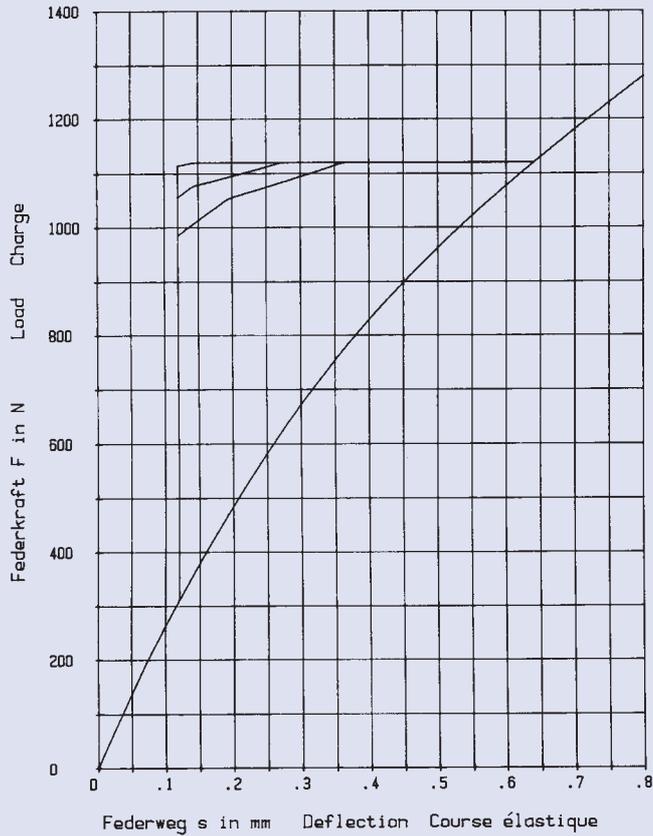
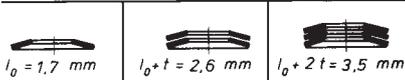


23 x 8,2 x 0,9

GR 1

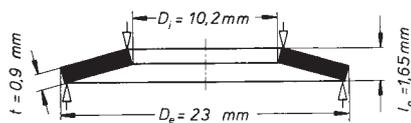


$h_0 = 0,8 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,804$
 $t = 0,9 \text{ mm}$ $D_e / t = 25,555$
 $h_0 / t = 0,888$ $m = 2,561 \text{ g}$

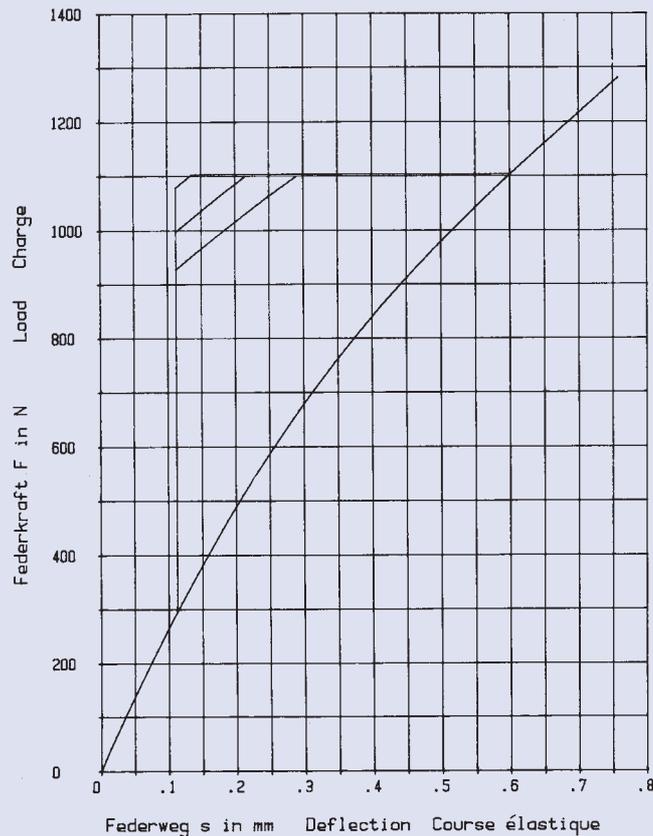
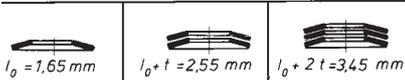


23 x 10,2 x 0,9

GR 1

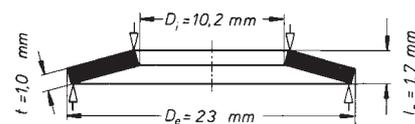
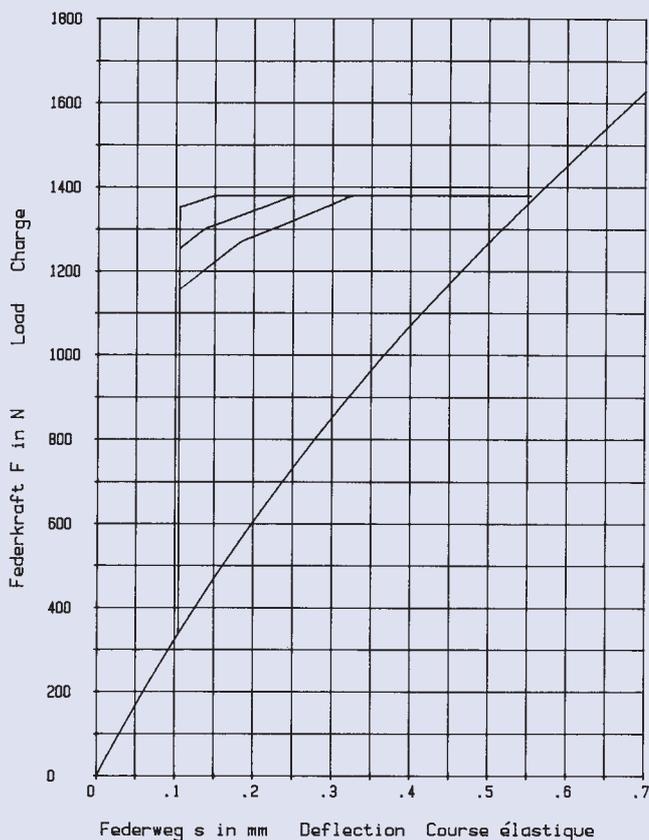


$h_0 = 0,75 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,254$
 $t = 0,9 \text{ mm}$ $D_e / t = 25,555$
 $h_0 / t = 0,833$ $m = 2,357 \text{ g}$



23 x 10,2 x 1,0

GR 1

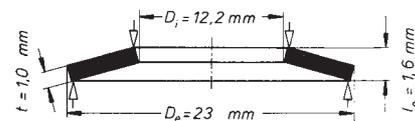
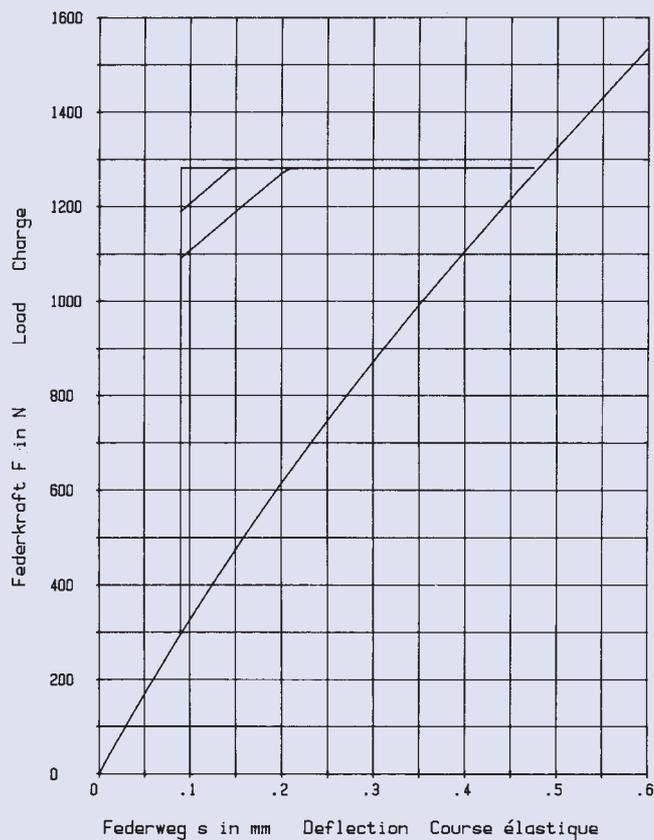


$h_0 = 0,7 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,254$
 $t = 1,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 23$
 $h_0/t = 0,7$ $m = 2,619 \text{ g}$



23 x 12,2 x 1,0

GR 1

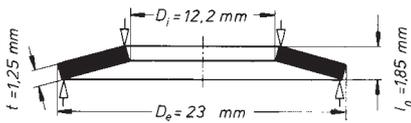


$h_0 = 0,6 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,885$
 $t = 1,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 23$
 $h_0/t = 0,6$ $m = 2,343 \text{ g}$

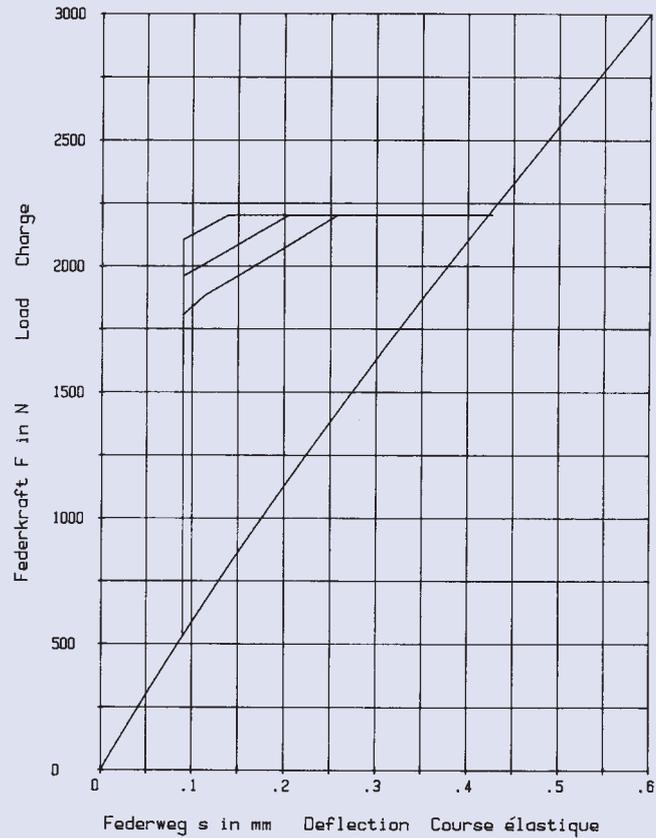
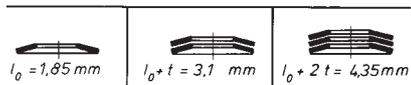


23 x 12,2 x 1,25

GR 2

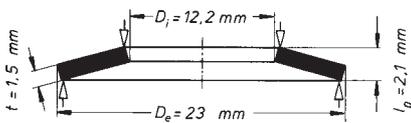


$h_0 = 0,6 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,885$
 $t = 1,25 \text{ mm}$ $D_e/t = 18,4$
 $h_0/t = 0,48$ $m = 2,929 \text{ g}$

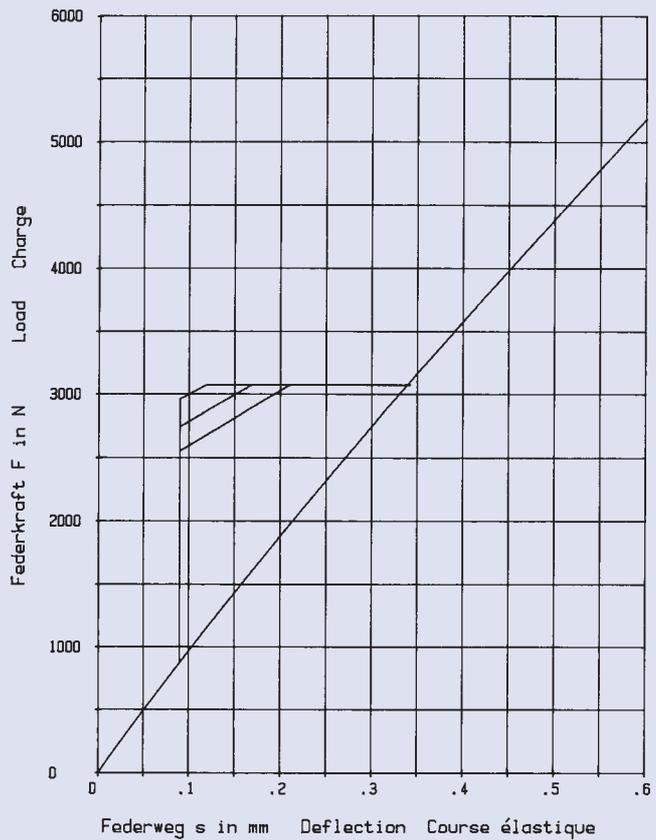
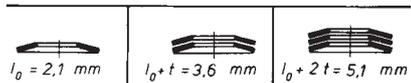


23 x 12,2 x 1,5

GR 2

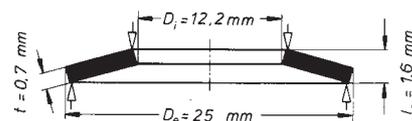
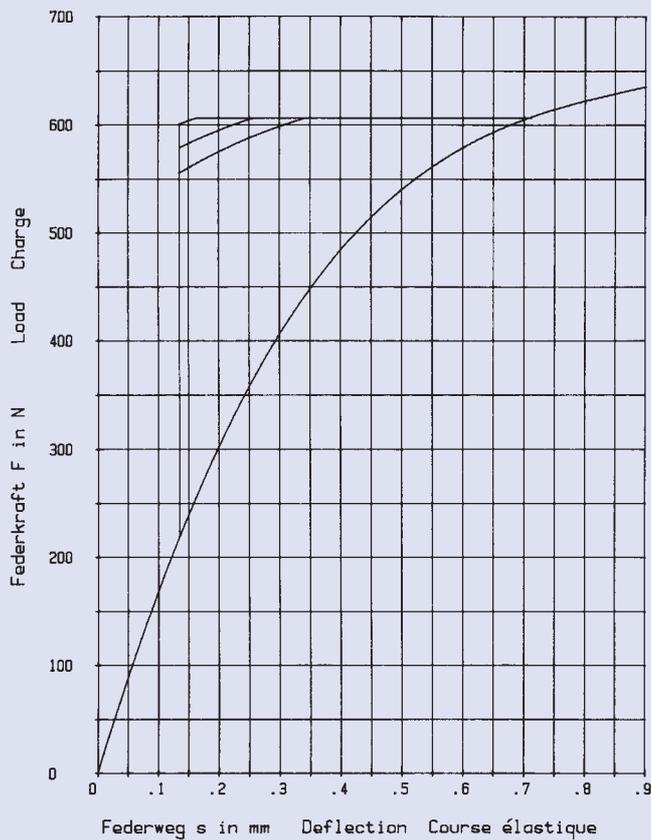


$h_0 = 0,6 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,885$
 $t = 1,5 \text{ mm}$ $D_e/t = 15,333$
 $h_0/t = 0,4$ $m = 3,514 \text{ g}$



25 x 12,2 x 0,7

GR 1, DIN 2093 – C 25

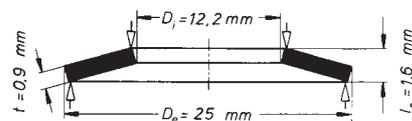
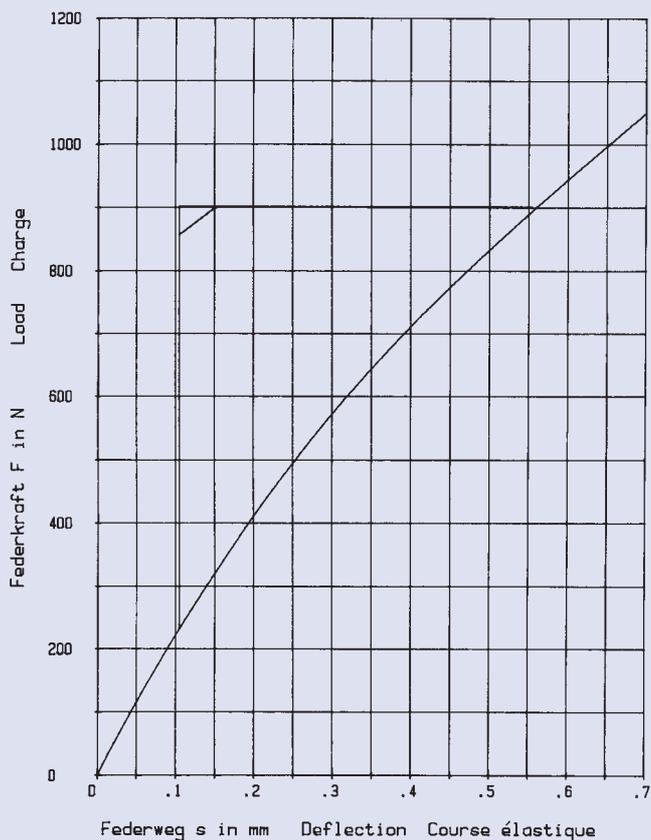


$h_0 = 0,9 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,049$
 $t = 0,7 \text{ mm}$ $D_e/t = 35,714$
 $h_0/t = 1,285$ $m = 2,055 \text{ g}$

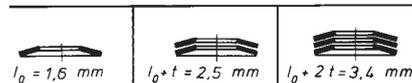


25 x 12,2 x 0,9

GR 1, DIN 2093 – B 25

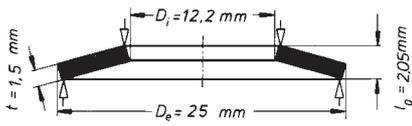


$h_0 = 0,7 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,049$
 $t = 0,9 \text{ mm}$ $D_e/t = 27,777$
 $h_0/t = 0,777$ $m = 2,642 \text{ g}$

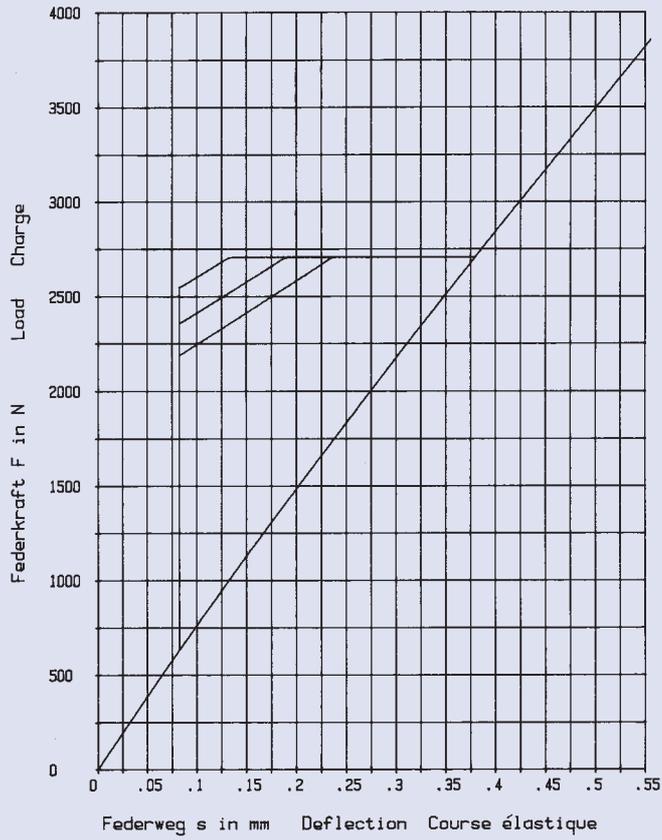
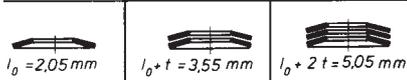


25 x 12,2 x 1,5

GR 2, DIN 2093 – A 25



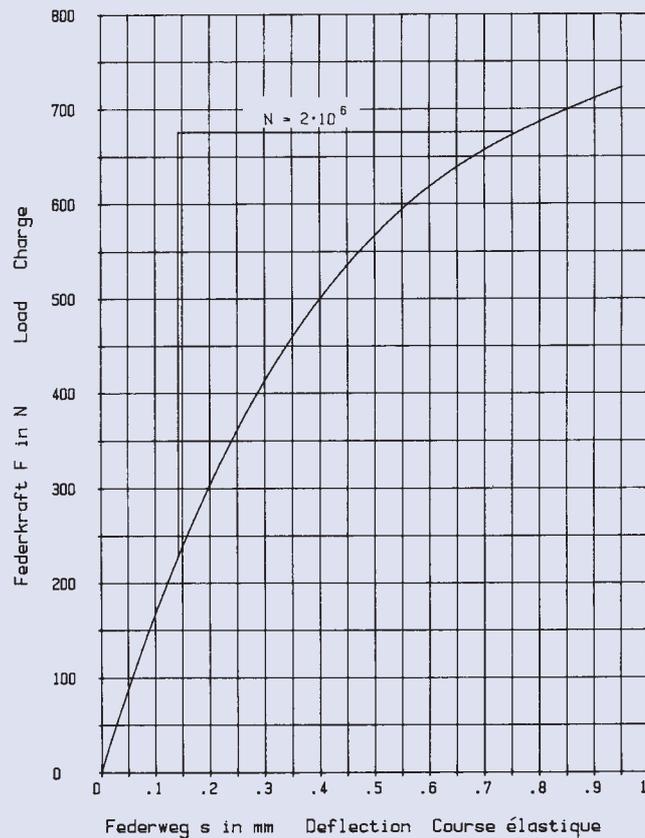
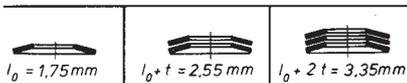
$h_0 = 0,55 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,049$
 $t = 1,5 \text{ mm}$ $D_e / t = 16,666$
 $h_0 / t = 0,366$ $m = 4,403 \text{ g}$



28 x 10,2 x 0,8

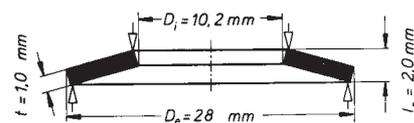
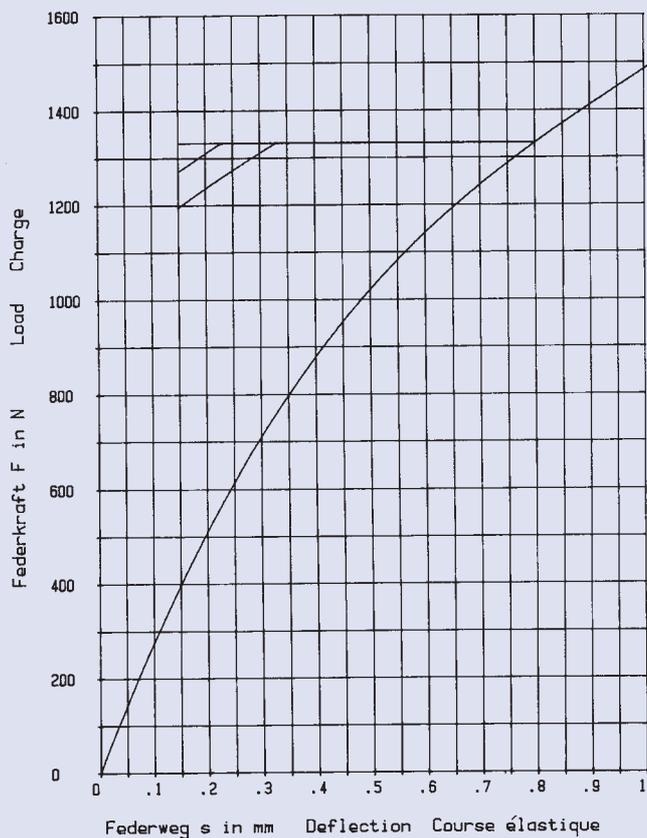
GR 1

$h_0 = 0,95 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,745$
 $t = 0,8 \text{ mm}$ $D_e / t = 35$
 $h_0 / t = 1,187$ $m = 3,354 \text{ g}$



28 x 10,2 x 1,0

GR 1

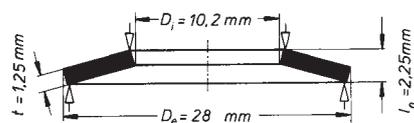
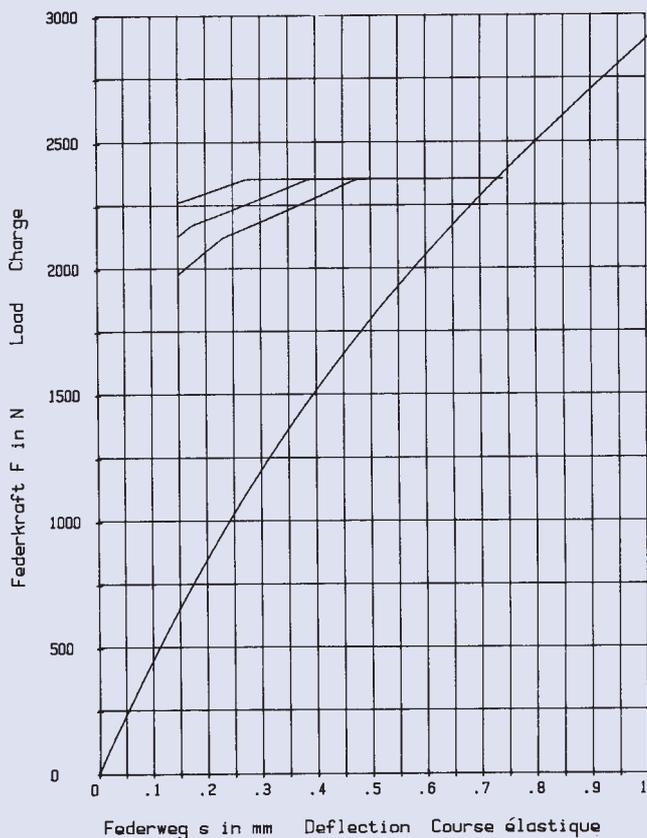


$h_0 = 1,0 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,745$
 $t = 1,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 28$
 $h_0/t = 1,0$ $m = 4,191 \text{ g}$

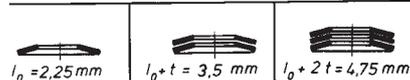


28 x 10,2 x 1,25

GR 2

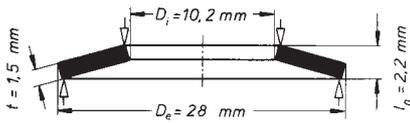


$h_0 = 1,0 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,745$
 $t = 1,25 \text{ mm}$ $D_e/t = 22,4$
 $h_0/t = 0,8$ $m = 5,238 \text{ g}$

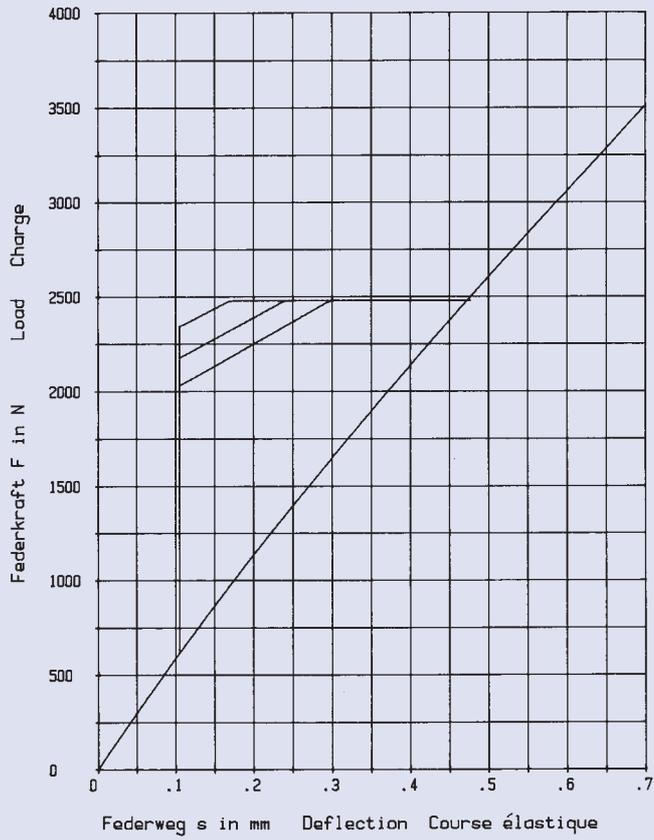
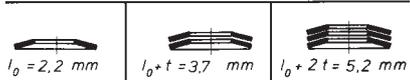


28 x 10,2 x 1,5

GR 2

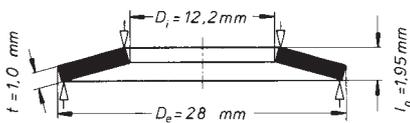


$h_0 = 0,7 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,745$
 $t = 1,5 \text{ mm}$ $D_e/t = 18,666$
 $h_0/t = 0,466$ $m = 6,286 \text{ g}$

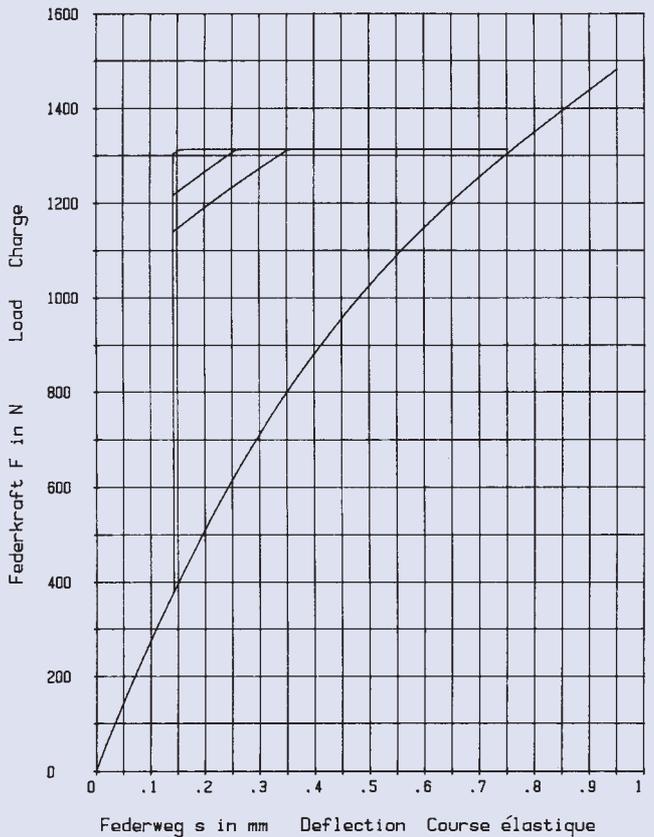
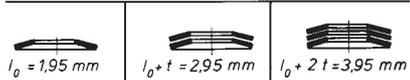


28 x 12,2 x 1,0

GR 1

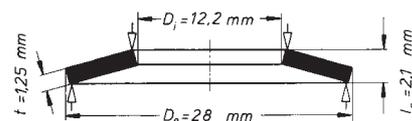
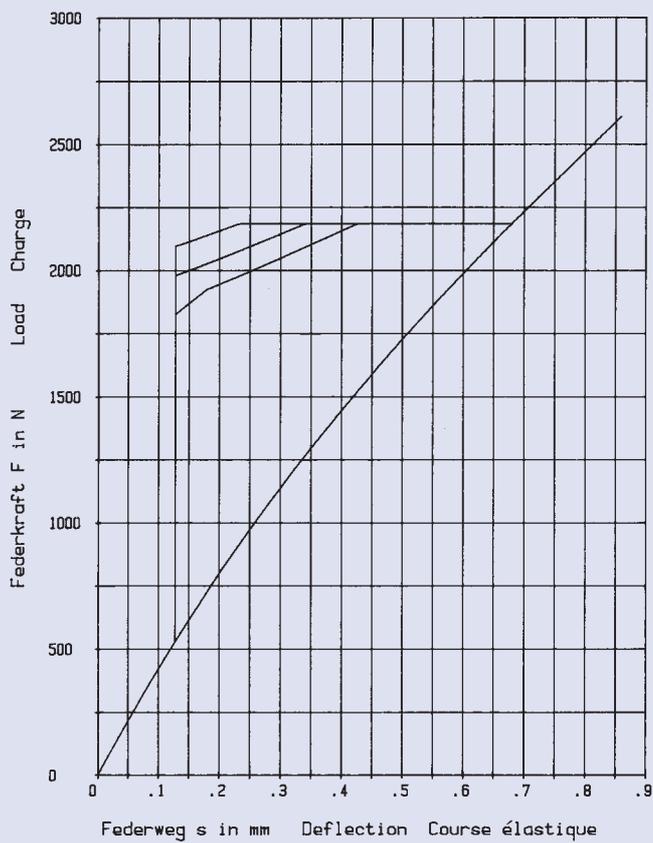


$h_0 = 0,95 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,295$
 $t = 1,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 28$
 $h_0/t = 0,95$ $m = 3,914 \text{ g}$



28 x 12,2 x 1,25

GR 2

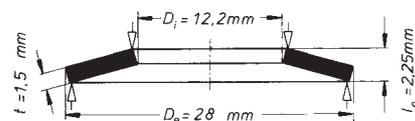


$h_0 = 0,85 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,295$
 $t = 1,25 \text{ mm}$ $D_e / t = 22,4$
 $h_0 / t = 0,68$ $m = 4,893 \text{ g}$

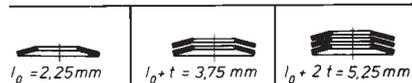


28 x 12,2 x 1,5

GR 2

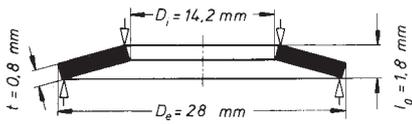


$h_0 = 0,75 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,295$
 $t = 1,5 \text{ mm}$ $D_e / t = 18,666$
 $h_0 / t = 0,5$ $m = 5,872 \text{ g}$

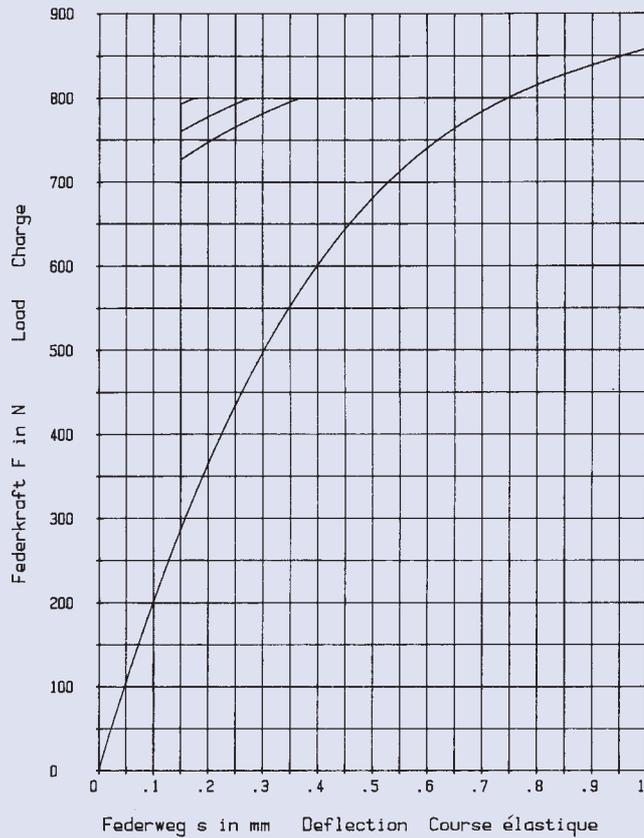


28 x 14,2 x 0,8

GR 1, DIN 2093 – C 28

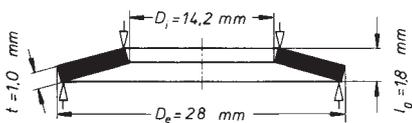


$h_0 = 1,0 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,971$
 $t = 0,8 \text{ mm}$ $D_e/t = 35$
 $h_0/t = 1,25$ $m = 2,872 \text{ g}$

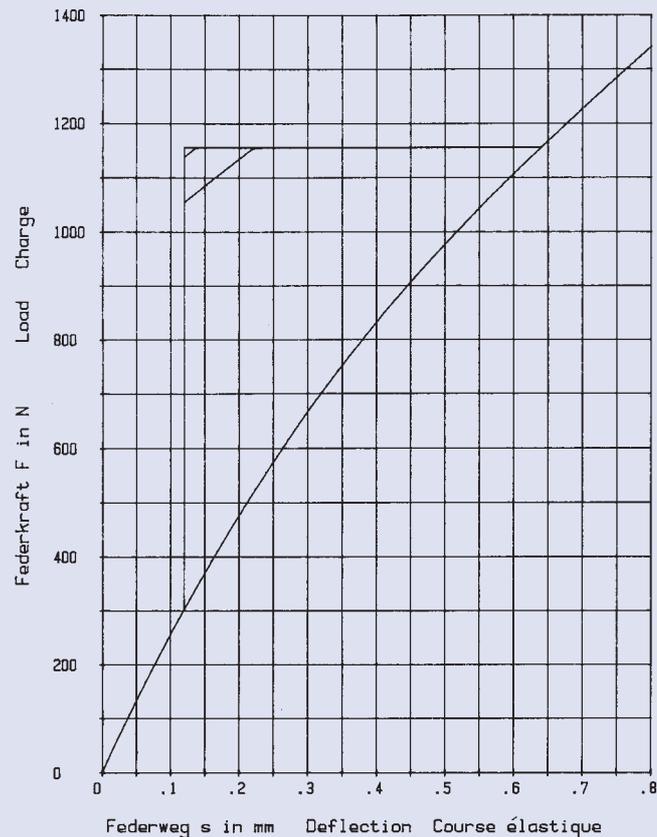
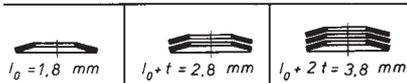


28 x 14,2 x 1,0

GR 1, DIN 2093 – B 28

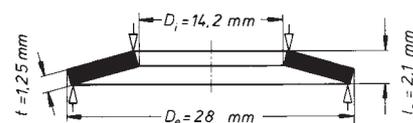
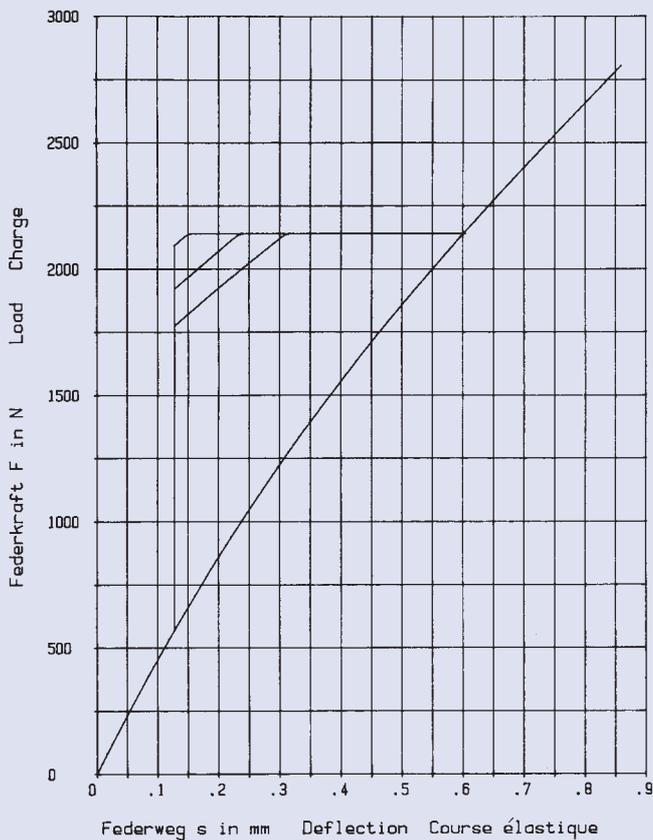


$h_0 = 0,8 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,971$
 $t = 1,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 28$
 $h_0/t = 0,8$ $m = 3,59 \text{ g}$



28 x 14,2 x 1,25

GR 2

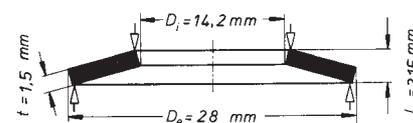
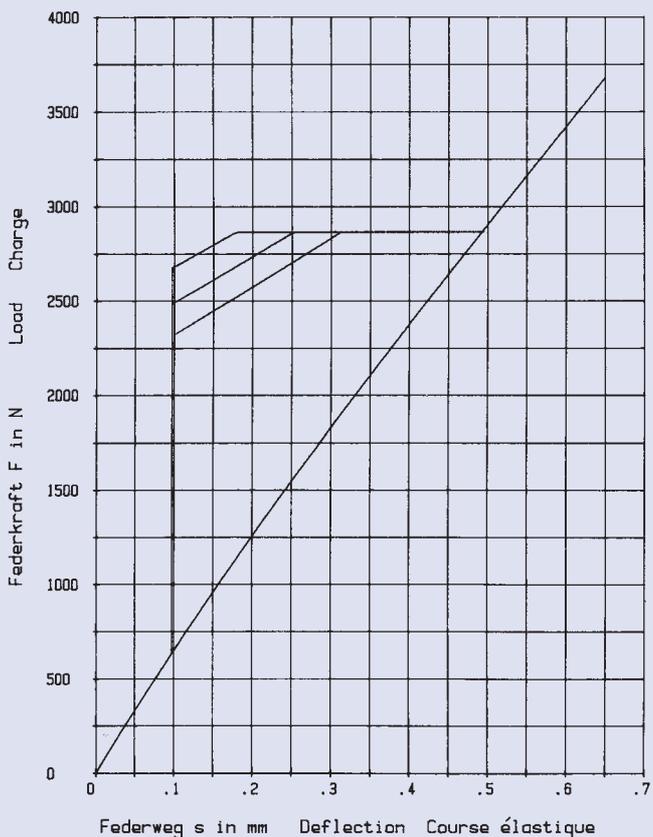


$h_0 = 0,85 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,971$
 $t = 1,25 \text{ mm}$ $D_e / t = 22,4$
 $h_0 / t = 0,68$ $m = 4,486 \text{ g}$



28 x 14,2 x 1,5

GR 2, DIN 2093 – A 28

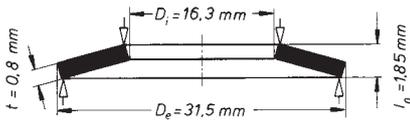


$h_0 = 0,65 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,971$
 $t = 1,5 \text{ mm}$ $D_e / t = 18,666$
 $h_0 / t = 0,433$ $m = 5,386 \text{ g}$

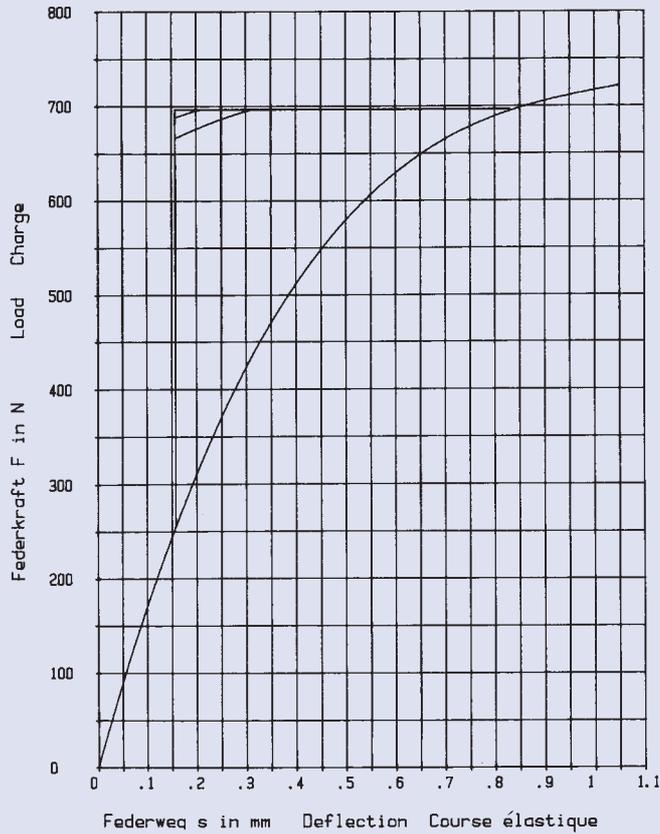
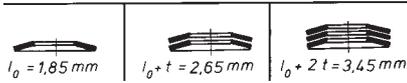


31,5 x 16,3 x 0,8

GR 1, DIN 2093 – C 31,5

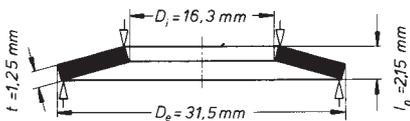


$h_0 = 1,05 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,932$
 $t = 0,8 \text{ mm}$ $D_e / t = 39,375$
 $h_0 / t = 1,312$ $m = 3,583 \text{ g}$

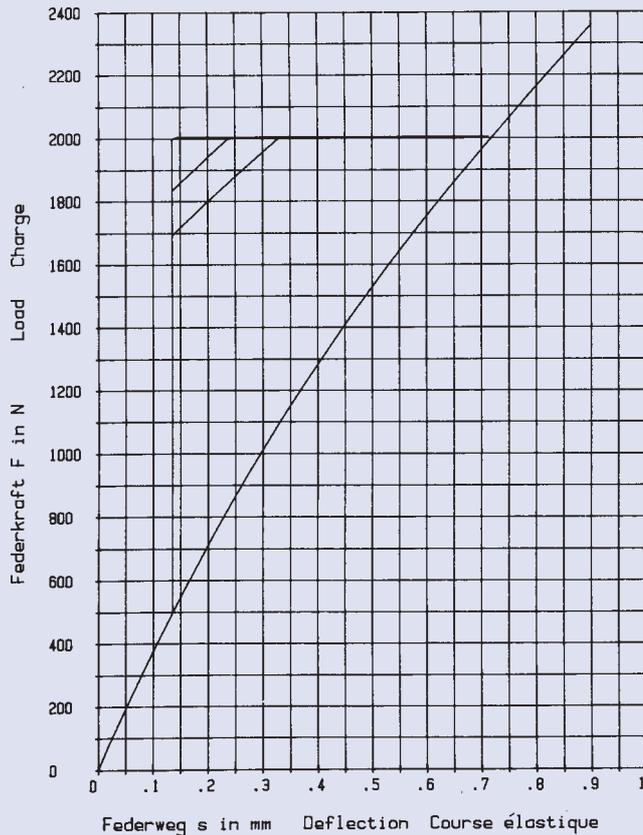
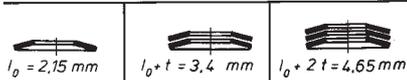


31,5 x 16,3 x 1,25

GR 2, DIN 2093 – B 31,5

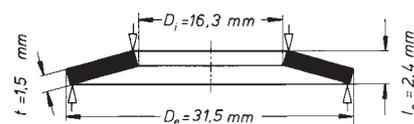
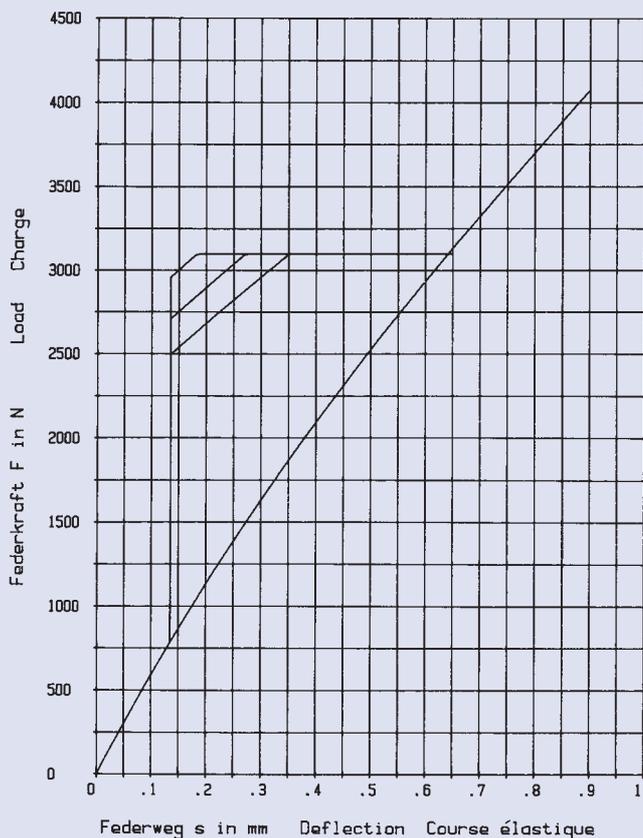


$h_0 = 0,9 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,932$
 $t = 1,25 \text{ mm}$ $D_e / t = 25,2$
 $h_0 / t = 0,72$ $m = 5,599 \text{ g}$



31,5 x 16,3 x 1,5

GR 2

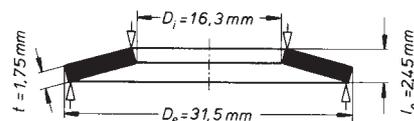
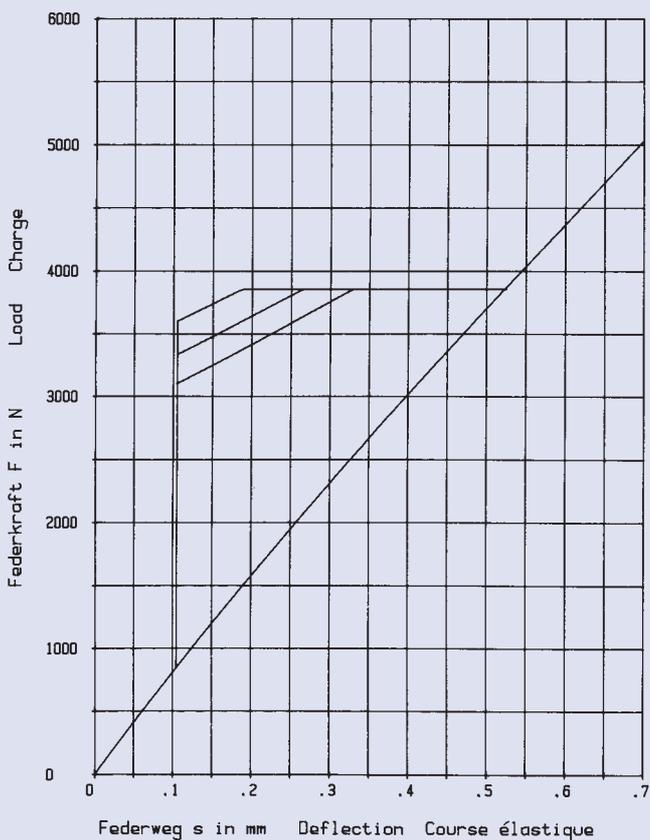


$h_0 = 0,9 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,932$
 $t = 1,5 \text{ mm}$ $D_e / t = 21$
 $h_0 / t = 0,6$ $m = 6,717 \text{ g}$



31,5 x 16,3 x 1,75

GR 2, DIN 2093 – A 31,5

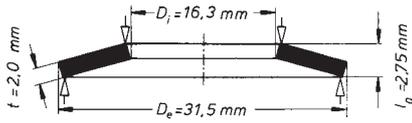


$h_0 = 0,7 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,932$
 $t = 1,75 \text{ mm}$ $D_e / t = 18$
 $h_0 / t = 0,4$ $m = 7,839 \text{ g}$

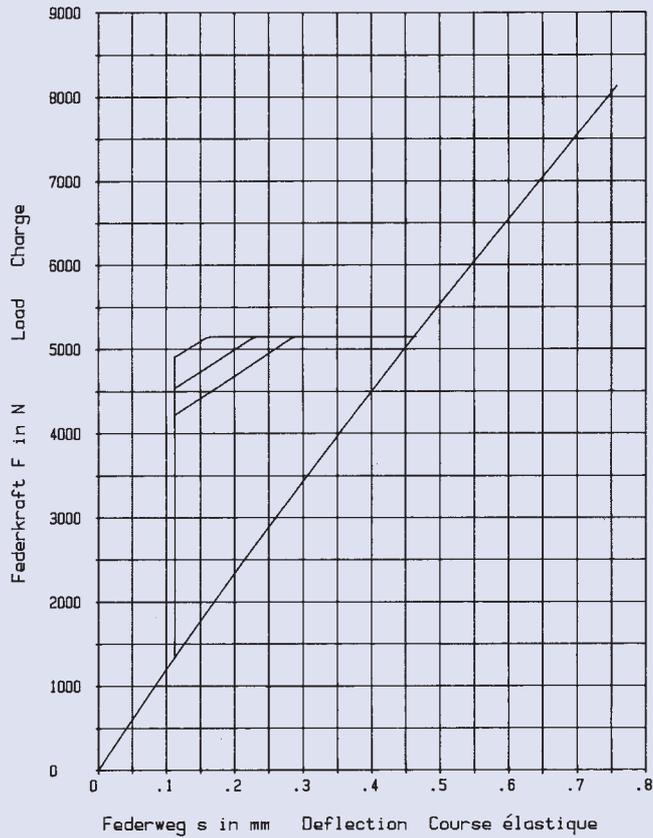


31,5 x 16,3 x 2,0

GR 2

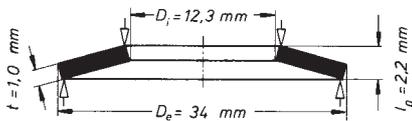


$h_0 = 0,75 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,932$
 $t = 2,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 15,75$
 $h_0/t = 0,375$ $m = 8,956 \text{ g}$

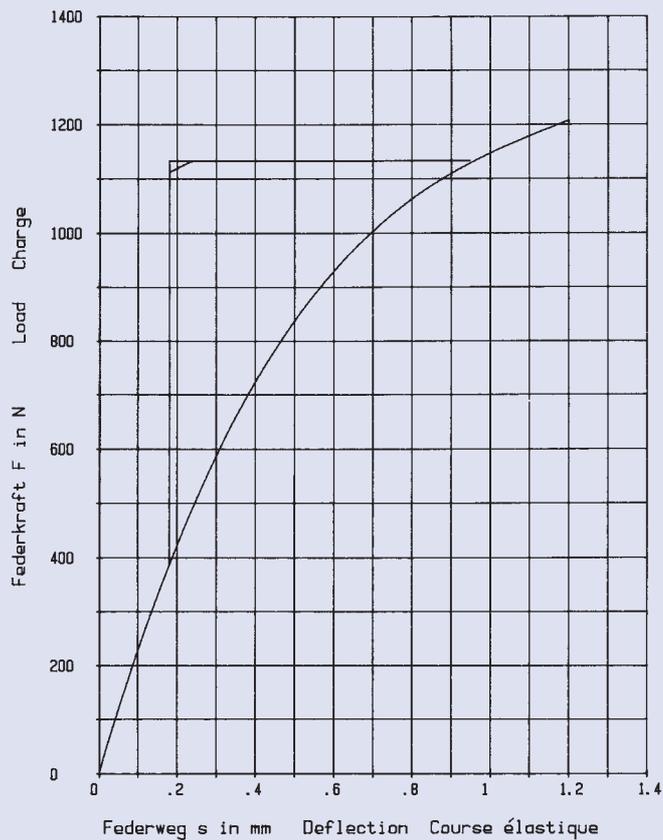
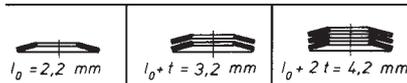


34 x 12,3 x 1,0

GR 2

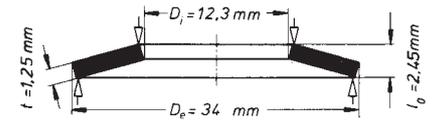
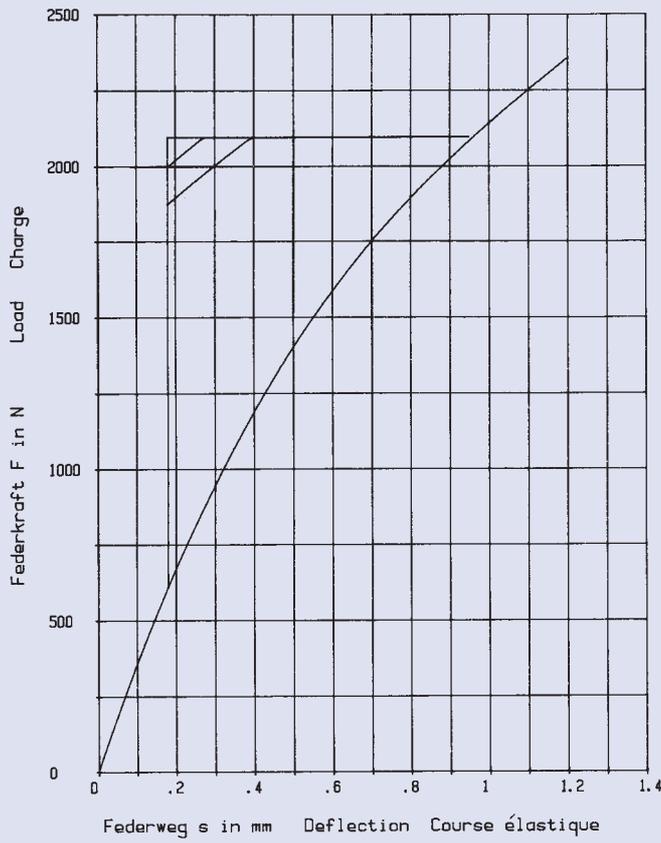


$h_0 = 1,2 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,764$
 $t = 1,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 34$
 $h_0/t = 1,2$ $m = 6,194 \text{ g}$

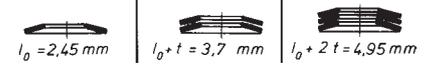


34 x 12,3 x 1,25

GR 2

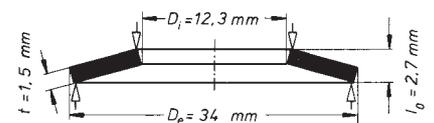
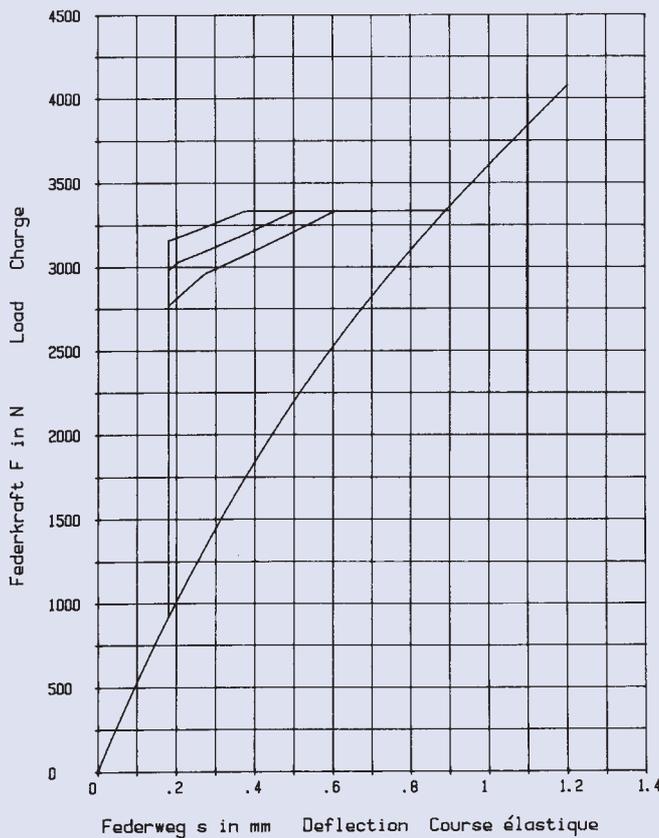


$h_0 = 1,2 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,764$
 $t = 1,25 \text{ mm}$ $D_e/t = 27,2$
 $h_0/t = 0,96$ $m = 7,743 \text{ g}$

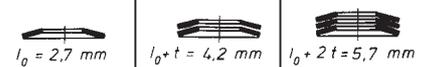


34 x 12,3 x 1,5

GR 2

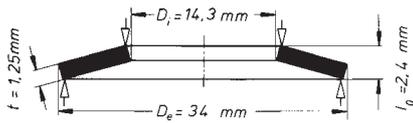


$h_0 = 1,2 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,764$
 $t = 1,5 \text{ mm}$ $D_e/t = 22,666$
 $h_0/t = 0,8$ $m = 9,288 \text{ g}$

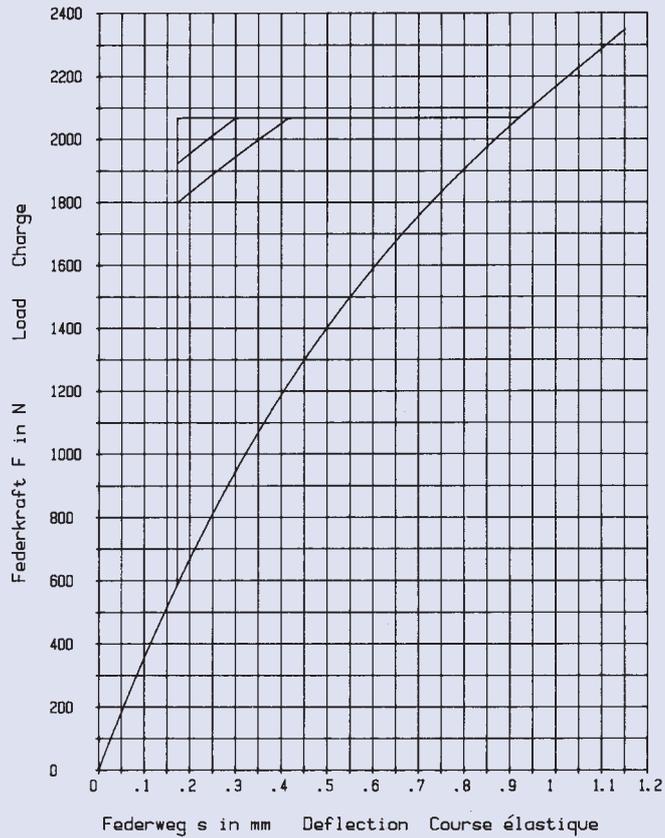
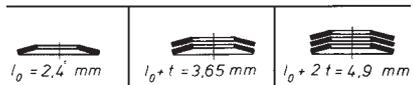


34 x 14,3 x 1,25

GR 2

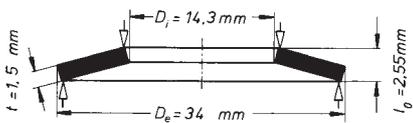


$h_0 = 1,15 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,377$
 $t = 1,25 \text{ mm}$ $D_e / t = 27,2$
 $h_0 / t = 0,92$ $m = 7,33 \text{ g}$

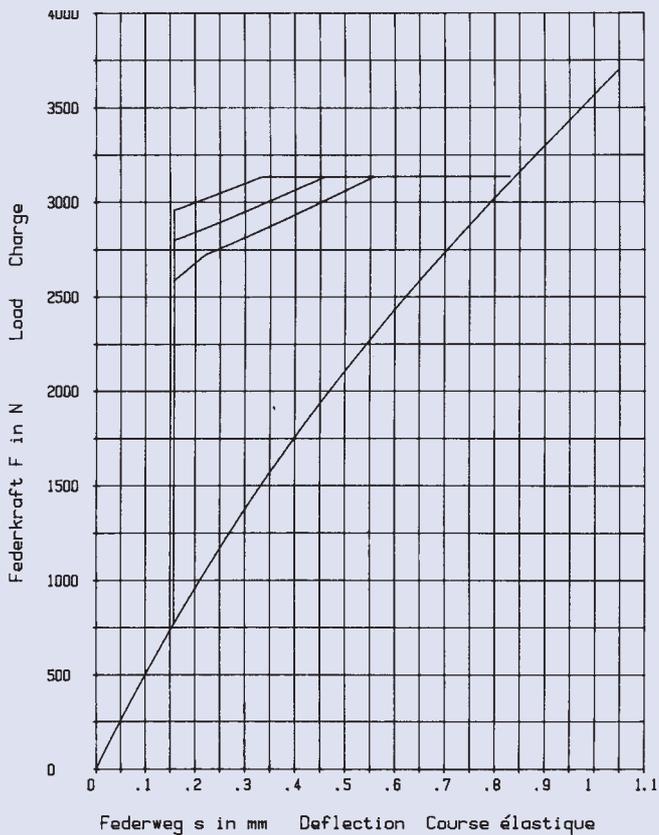
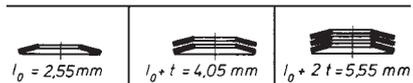


34 x 14,3 x 1,5

GR 2

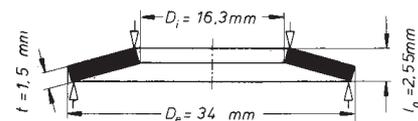
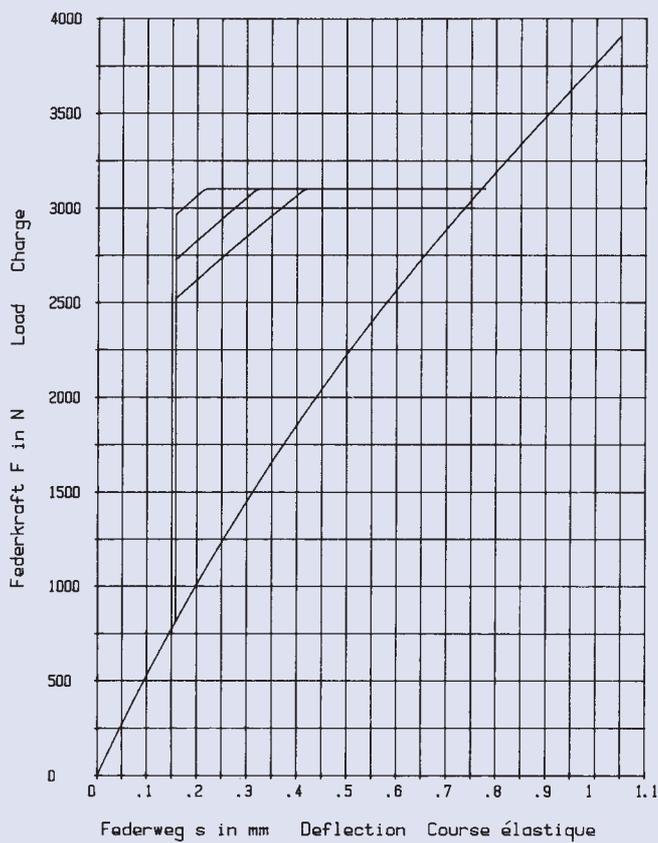


$h_0 = 1,05 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,377$
 $t = 1,5 \text{ mm}$ $D_e / t = 22,666$
 $h_0 / t = 0,7$ $m = 8,799 \text{ g}$



34 x 16,3 x 1,5

GR 2

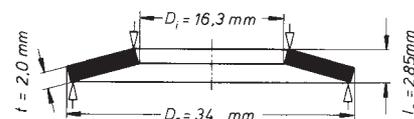
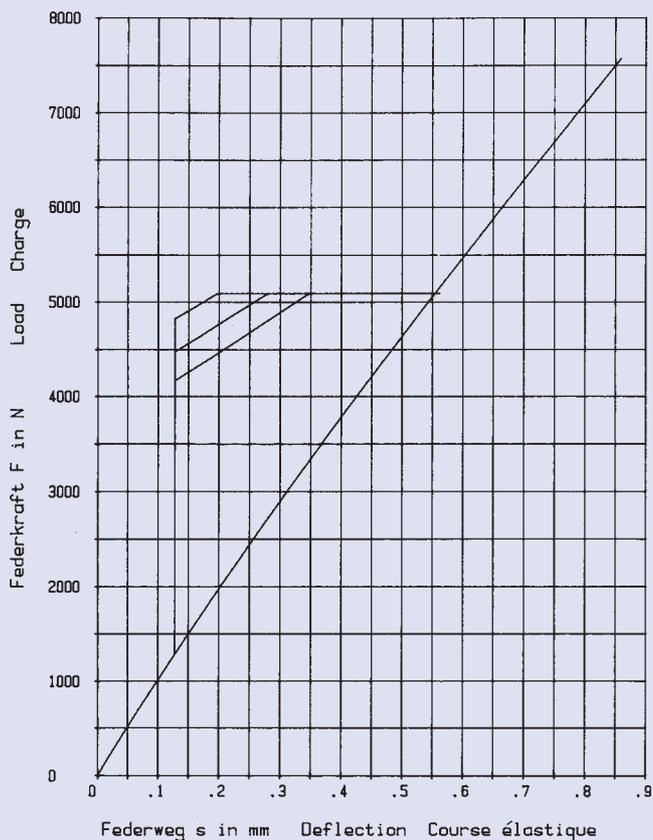


$h_0 = 1,05 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,085$
 $t = 1,5 \text{ mm}$ $D_e / t = 22,666$
 $h_0 / t = 0,7$ $m = 8,233 \text{ g}$



34 x 16,3 x 2,0

GR 2

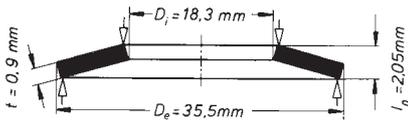


$h_0 = 0,85 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,085$
 $t = 2,0 \text{ mm}$ $D_e / t = 17$
 $h_0 / t = 0,425$ $m = 10,978 \text{ g}$

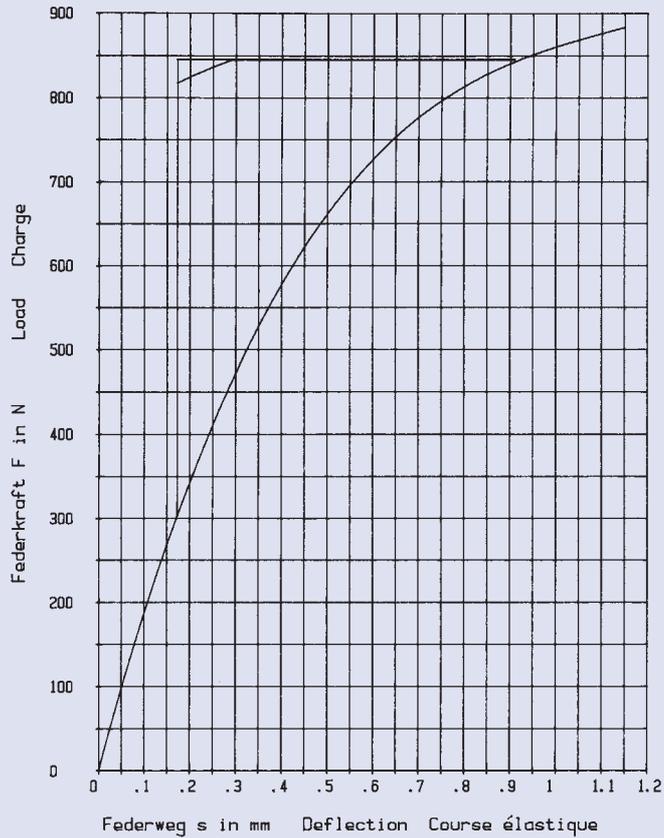
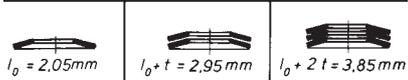


35,5 x 18,3 x 0,9

GR 1, DIN 2093 – C 35,5

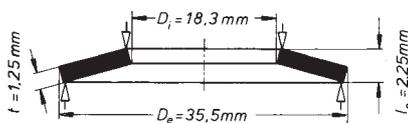


$h_0 = 1,15 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,939$
 $t = 0,9 \text{ mm}$ $D_e / t = 39,444$
 $h_0 / t = 1,277$ $m = 5,134 \text{ g}$

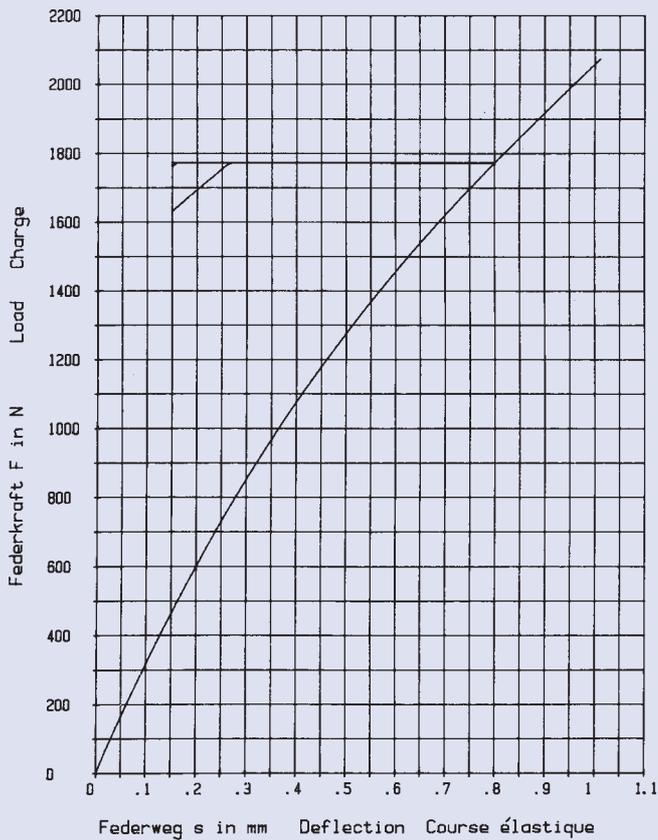
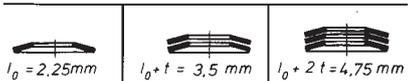


35,5 x 18,3 x 1,25

GR 2, DIN 2093 – B 35,5

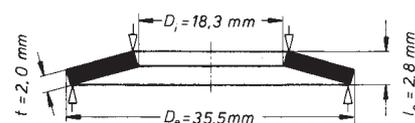
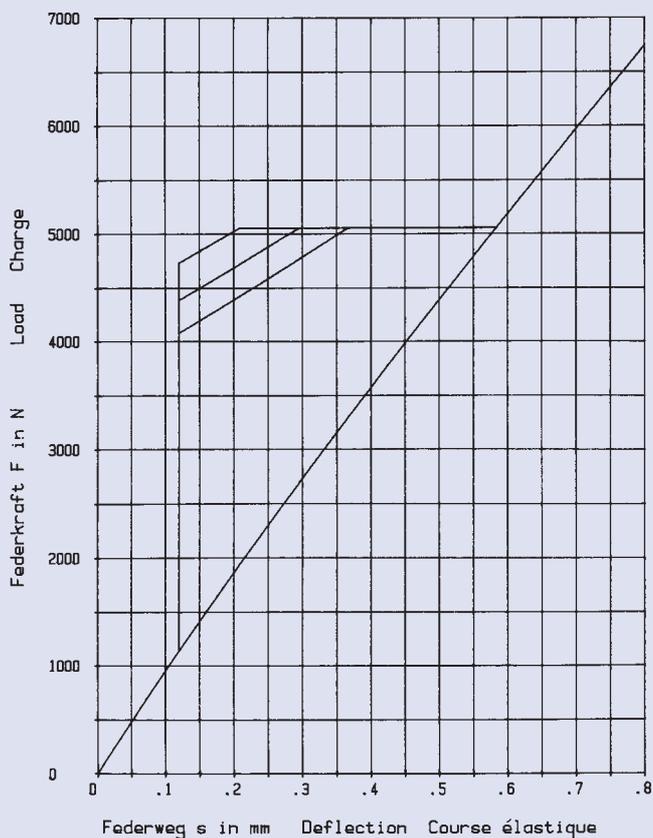


$h_0 = 1,0 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,939$
 $t = 1,25 \text{ mm}$ $D_e / t = 28,4$
 $h_0 / t = 0,8$ $m = 7,131 \text{ g}$



35,5 x 18,3 x 2,0

GR 2, DIN 2093 – A 35,5

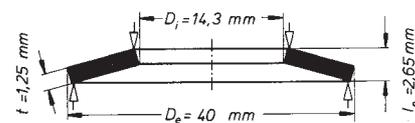
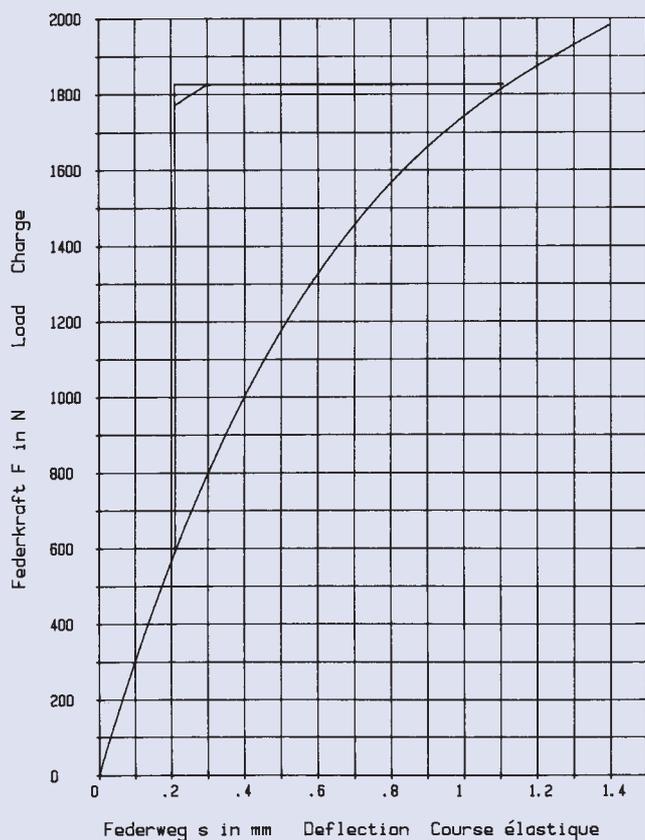


$h_0 = 0,8 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,939$
 $t = 2,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 17,75$
 $h_0/t = 0,4$ $m = 11,41 \text{ g}$



40 x 14,3 x 1,25

GR 2

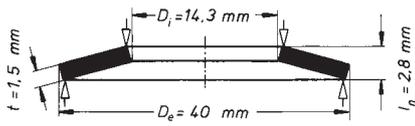


$h_0 = 1,4 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,797$
 $t = 1,25 \text{ mm}$ $D_e/t = 32$
 $h_0/t = 1,12$ $m = 10,755 \text{ g}$

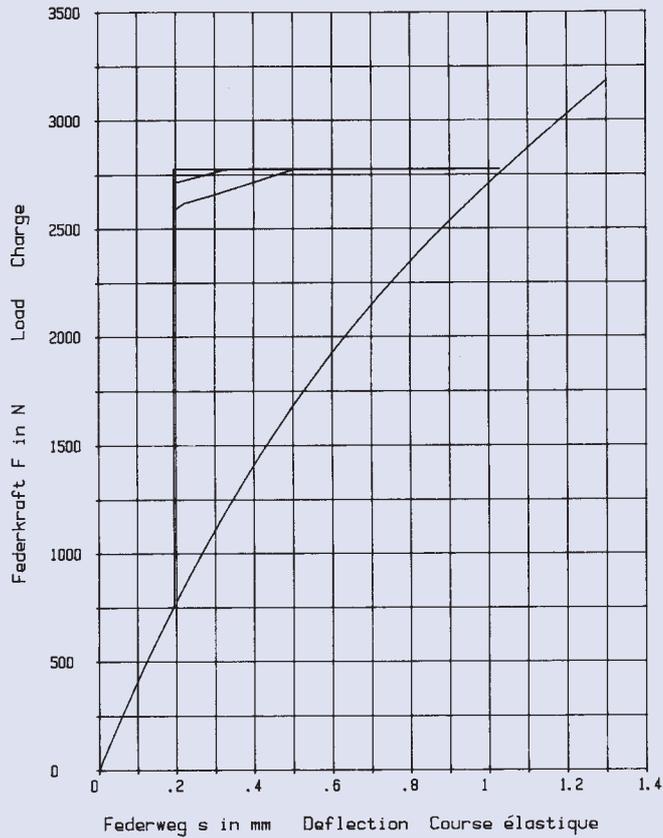
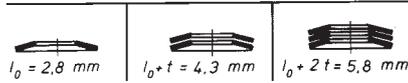


40 x 14,3 x 1,5

GR 2

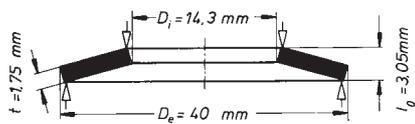


$h_0 = 1,3 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,797$
 $t = 1,5 \text{ mm}$ $D_e / t = 26,666$
 $h_0 / t = 0,866$ $m = 12,905 \text{ g}$

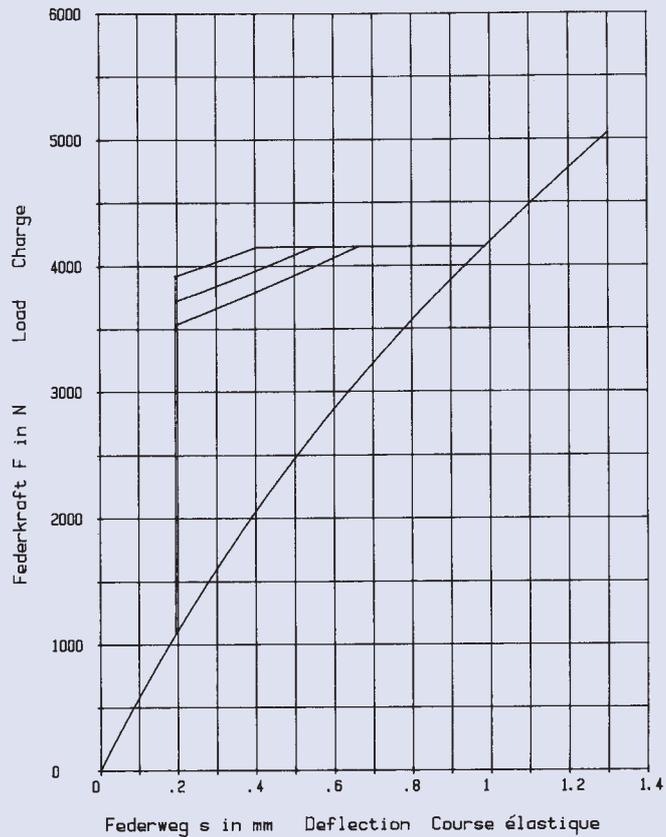
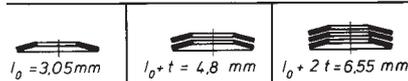


40 x 14,3 x 1,75

GR 2

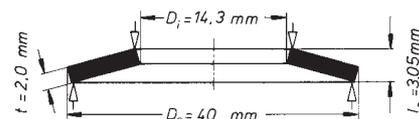
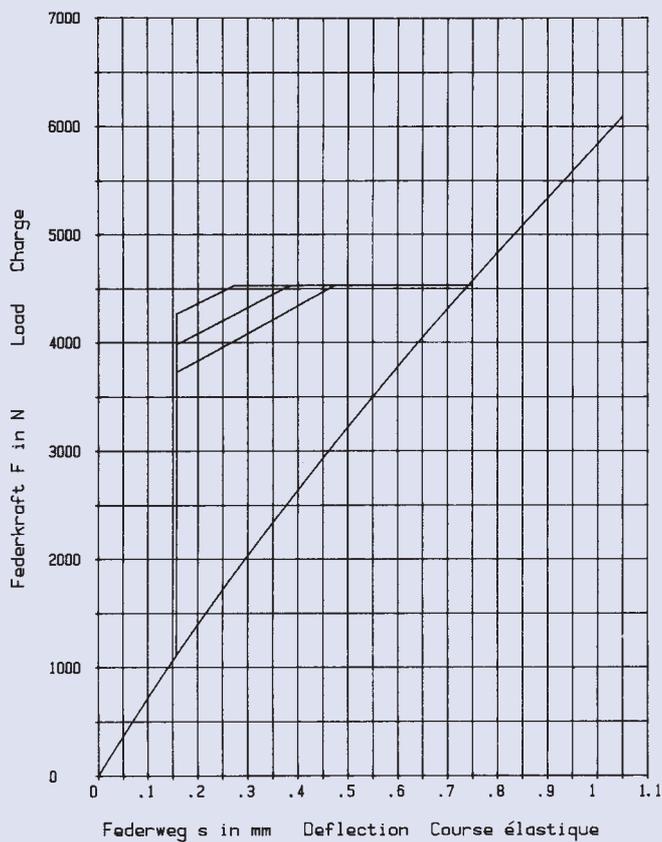


$h_0 = 1,3 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,797$
 $t = 1,75 \text{ mm}$ $D_e / t = 22,857$
 $h_0 / t = 0,742$ $m = 15,056 \text{ g}$



40 x 14,3 x 2,0

GR 2

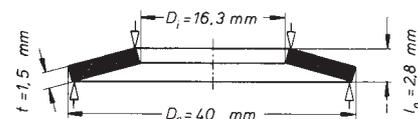
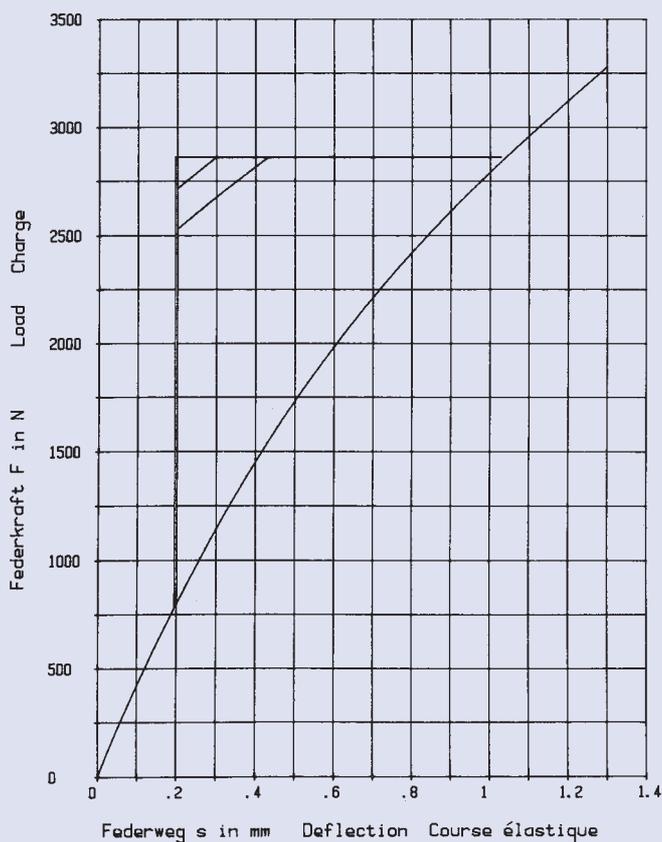


$h_0 = 1,05 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,797$
 $t = 2,0 \text{ mm}$ $D_e / t = 20$
 $h_0 / t = 0,525$ $m = 17,207 \text{ g}$



40 x 16,3 x 1,5

GR 2

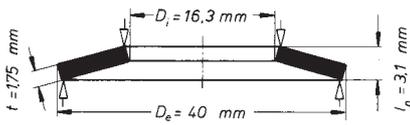


$h_0 = 1,3 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,453$
 $t = 1,5 \text{ mm}$ $D_e / t = 26,666$
 $h_0 / t = 0,866$ $m = 12,339 \text{ g}$

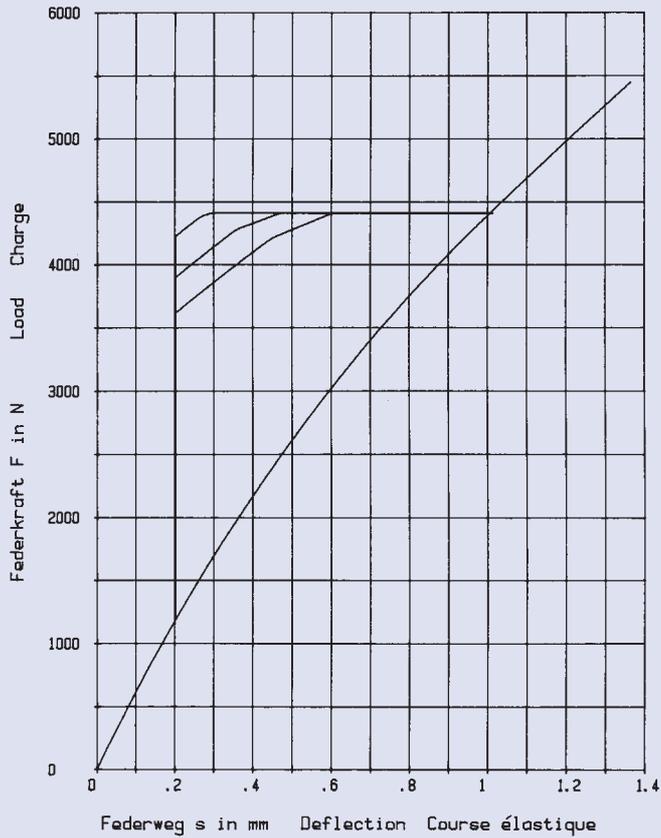
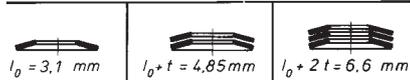


40 x 16,3 x 1,75

GR 2

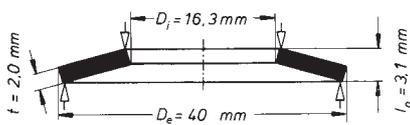


$h_0 = 1,35 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,453$
 $t = 1,75 \text{ mm}$ $D_e/t = 22,857$
 $h_0/t = 0,771$ $m = 14,396 \text{ g}$

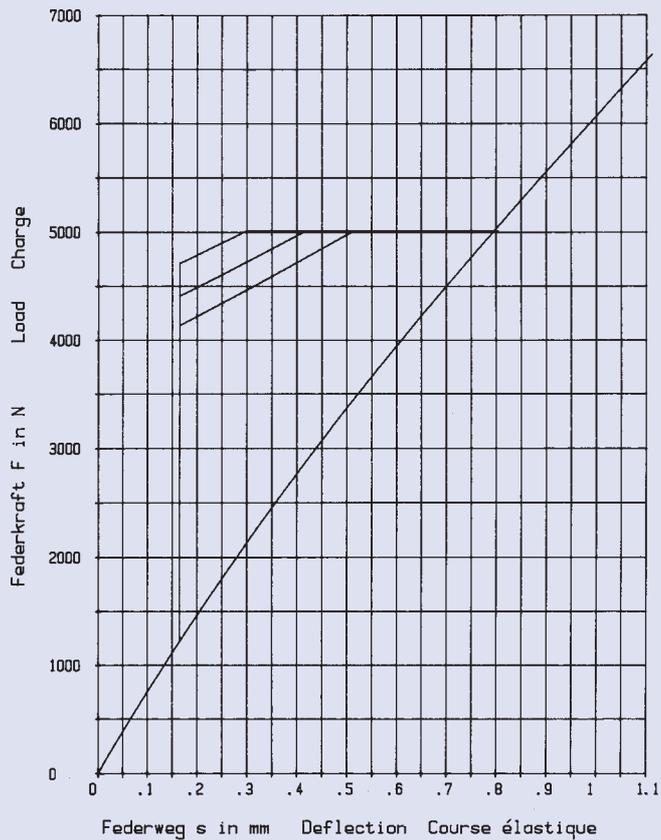
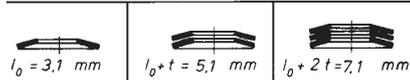


40 x 16,3 x 2,0

GR 2

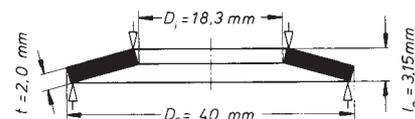
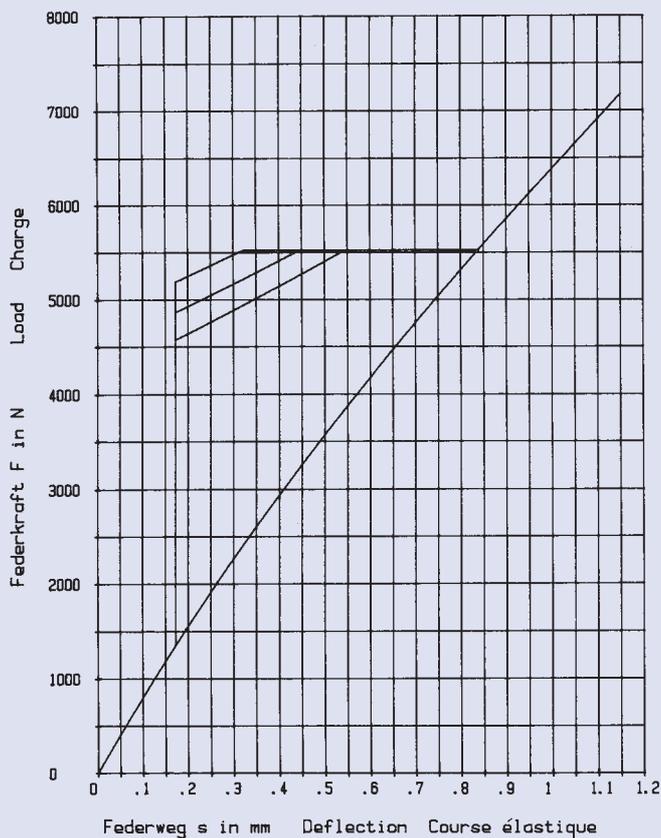


$h_0 = 1,1 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,453$
 $t = 2,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 20$
 $h_0/t = 0,55$ $m = 16,499 \text{ g}$



40 x 18,3 x 2,0

GR 2

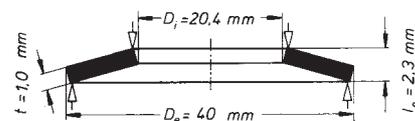
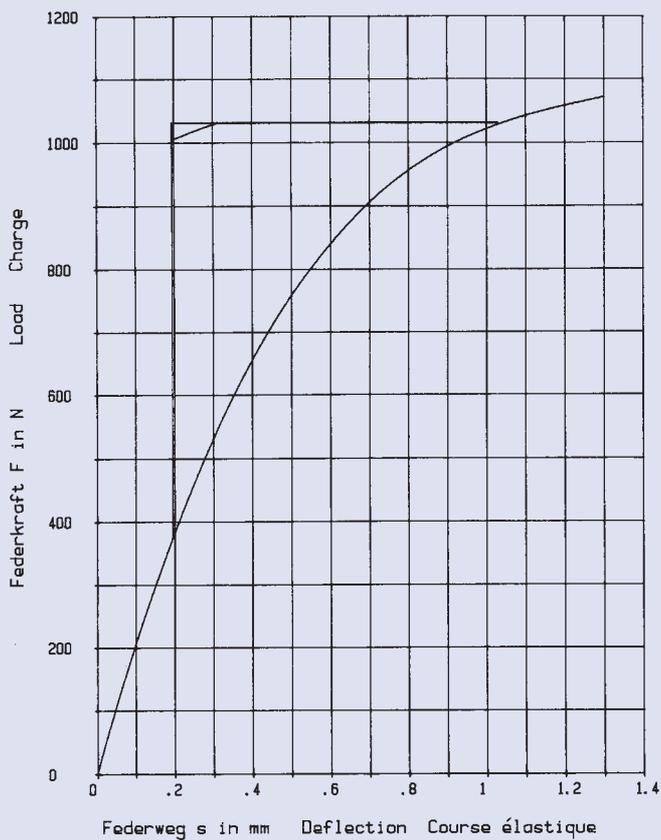


$h_0 = 1,15 \text{ mm}$ $D_e/D_1 = 2,185$
 $t = 2,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 20$
 $h_0/t = 0,575$ $m = 15,599 \text{ g}$



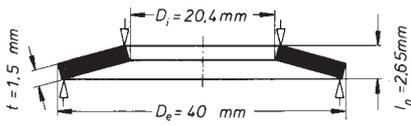
40 x 20,4 x 1,0

GR 1, DIN 2093 – C 40

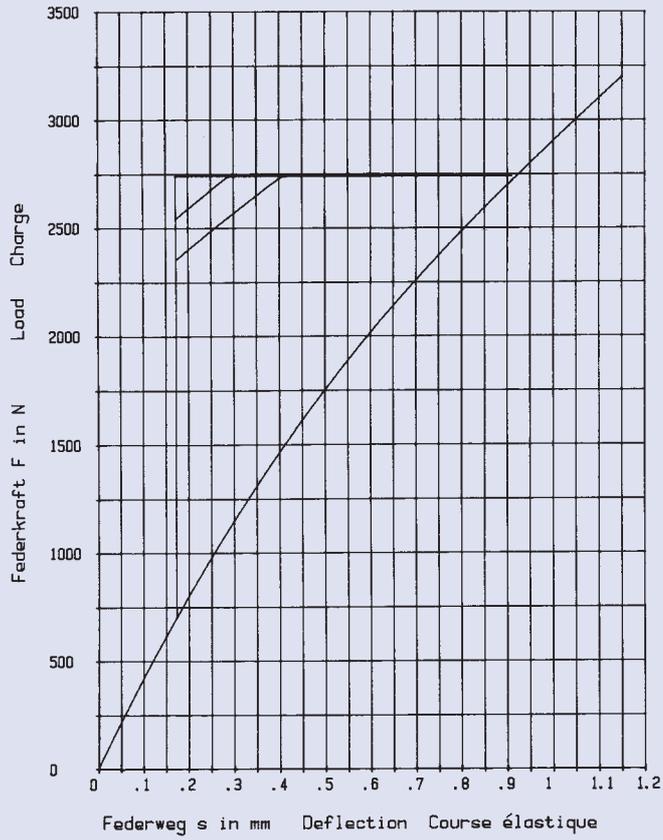
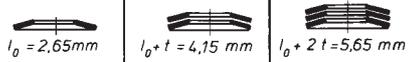


40 x 20,4 x 1,5

GR 2, DIN 2093 – B 40

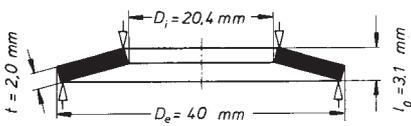


$h_0 = 1,15 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,96$
 $t = 1,5 \text{ mm}$ $D_e / t = 26,666$
 $h_0 / t = 0,766$ $m = 10,948 \text{ g}$

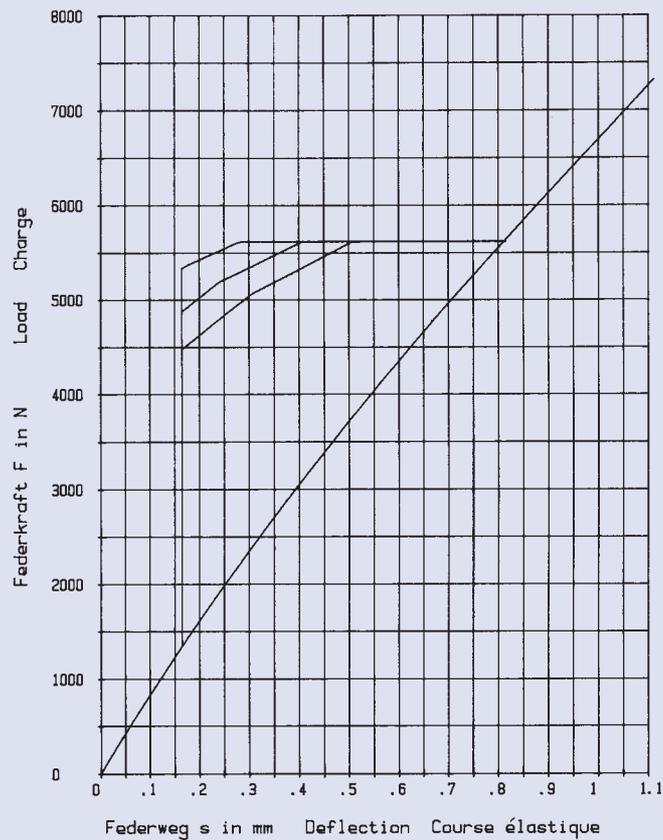
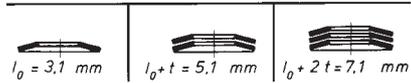


40 x 20,4 x 2,0

GR 2

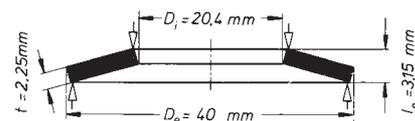
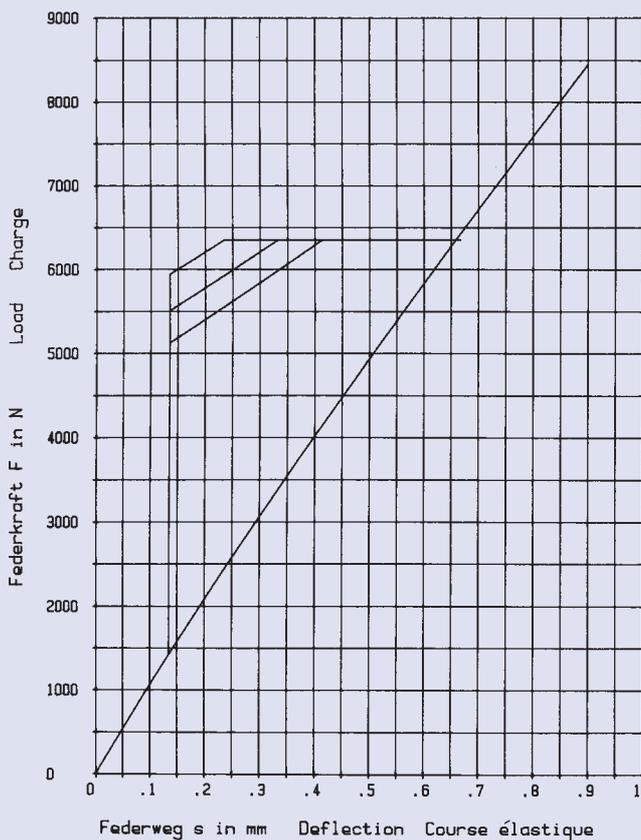


$h_0 = 1,1 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,96$
 $t = 2,0 \text{ mm}$ $D_e / t = 20$
 $h_0 / t = 0,55$ $m = 14,597 \text{ g}$



40 x 20,4 x 2,25

GR 2, DIN 2093 – A 40

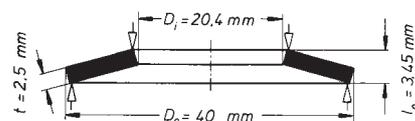
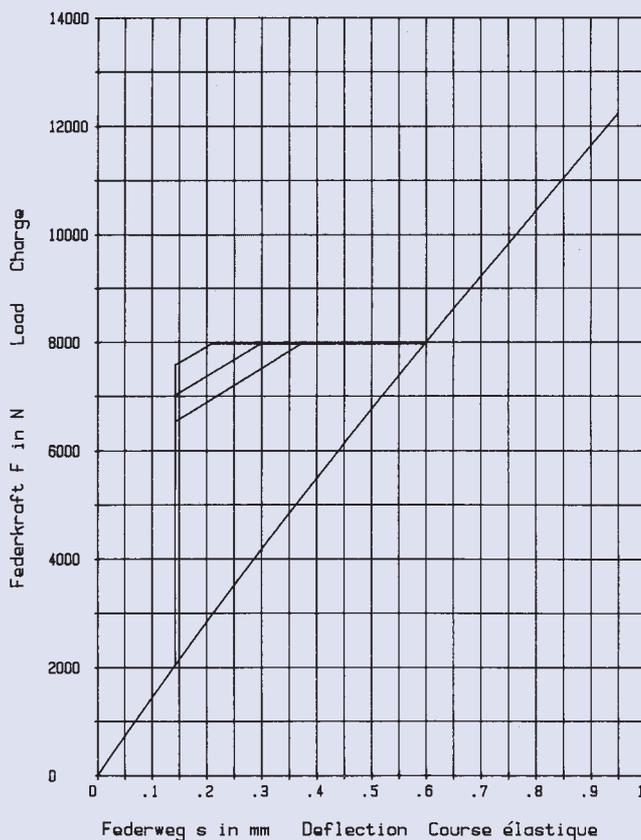


$h_0 = 0,9 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,96$
 $t = 2,25 \text{ mm}$ $D_e/t = 17,777$
 $h_0/t = 0,4$ $m = 16,422 \text{ g}$



40 x 20,4 x 2,5

GR 2

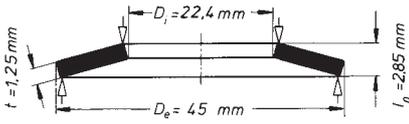


$h_0 = 0,95 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,96$
 $t = 2,5 \text{ mm}$ $D_e/t = 16$
 $h_0/t = 0,38$ $m = 18,246 \text{ g}$

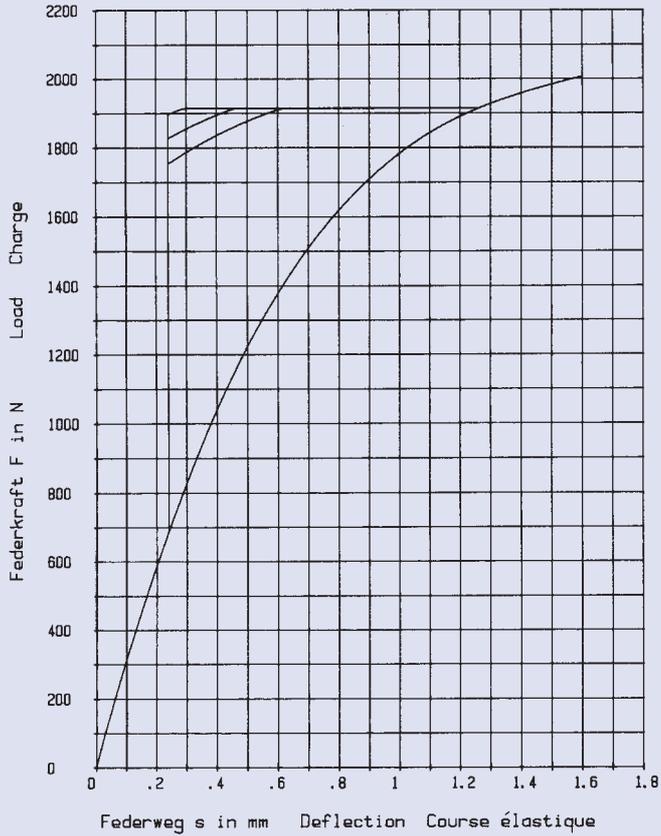
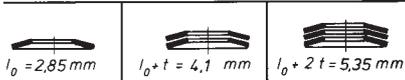


45 x 22,4 x 1,25

GR 2, DIN 2093 – C 45

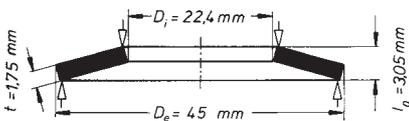


$h_0 = 1,6 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,008$
 $t = 1,25 \text{ mm}$ $D_e / t = 36$
 $h_0 / t = 1,28$ $m = 11,739 \text{ g}$

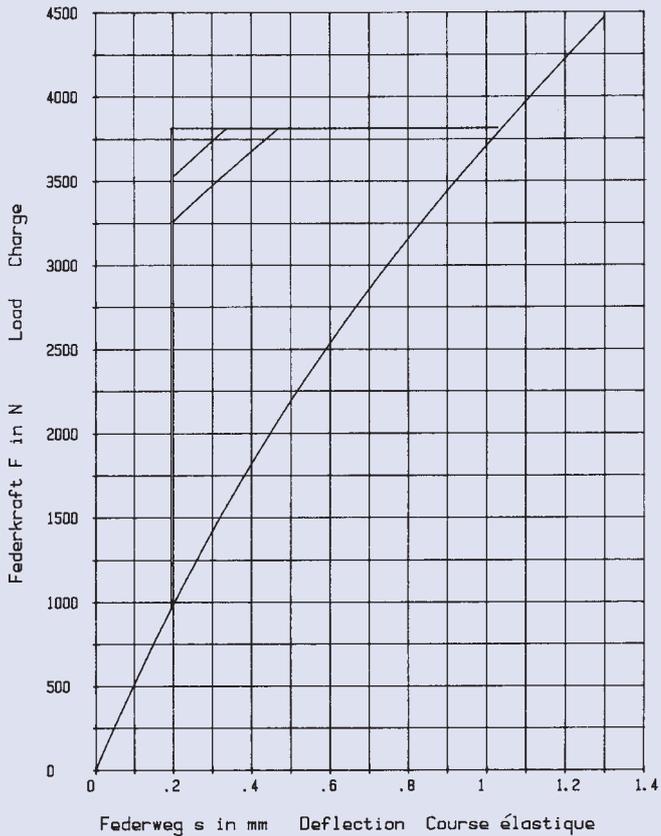
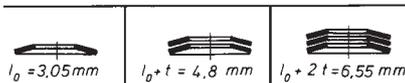


45 x 22,4 x 1,75

GR 2, DIN 2093 – B 45

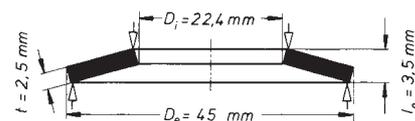


$h_0 = 1,3 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,008$
 $t = 1,75 \text{ mm}$ $D_e / t = 25,714$
 $h_0 / t = 0,742$ $m = 16,434 \text{ g}$

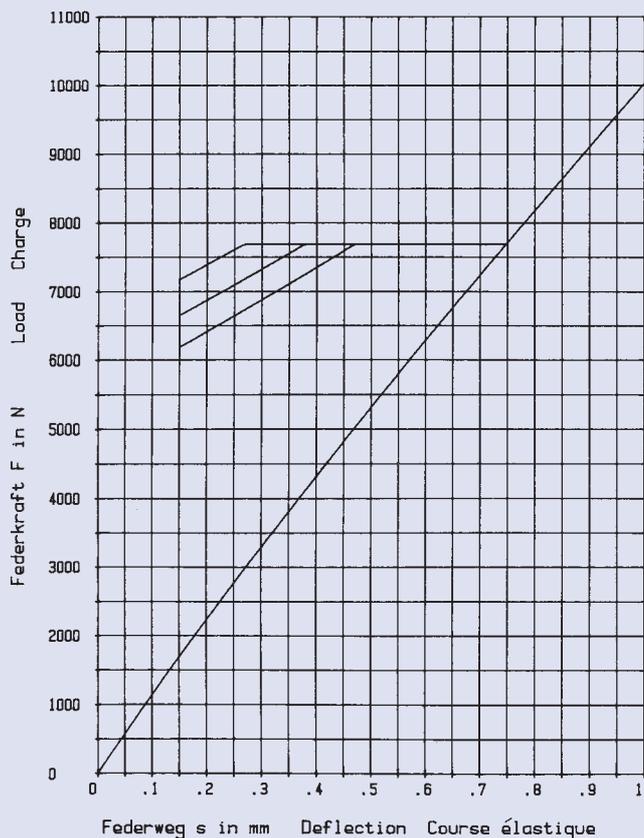


45 x 22,4 x 2,5

GR 2, DIN 2093 – A 45

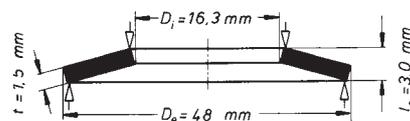


$h_0 = 1,0 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,008$
 $t = 2,5 \text{ mm}$ $D_e/t = 18$
 $h_0/t = 0,4$ $m = 23,478 \text{ g}$

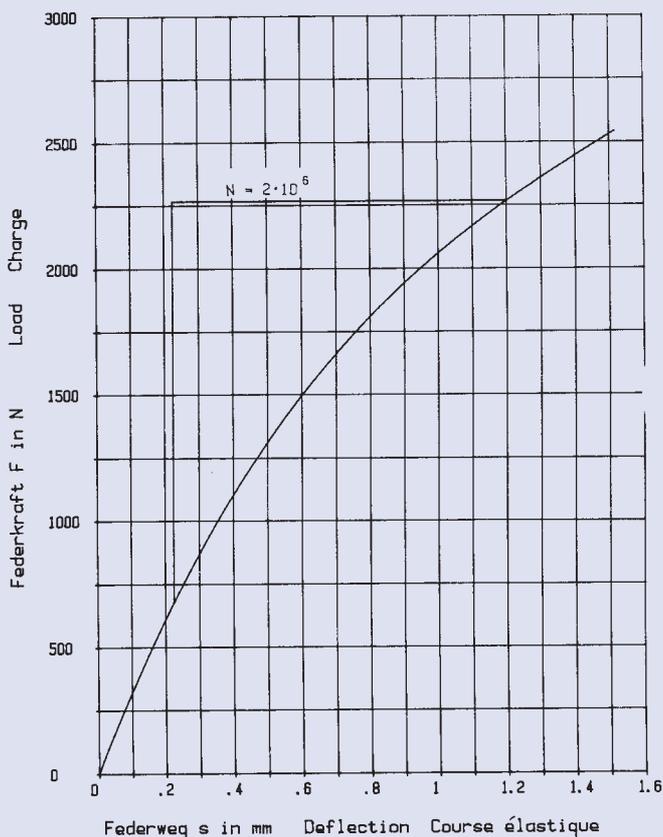
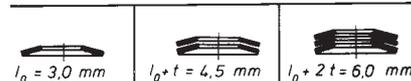


48 x 16,3 x 1,5

GR 2

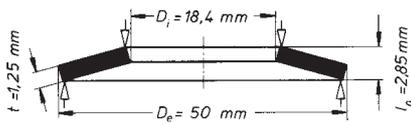


$h_0 = 1,5 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,944$
 $t = 1,5 \text{ mm}$ $D_e/t = 32$
 $h_0/t = 1,0$ $m = 18,85 \text{ g}$

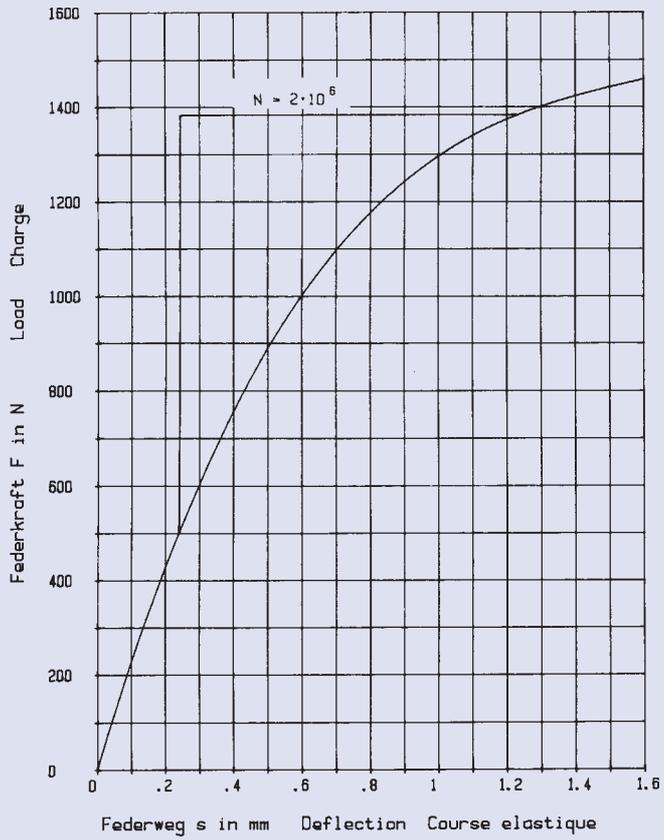
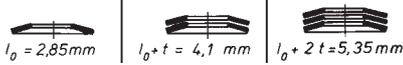


50 x 18,4 x 1,25

GR 2

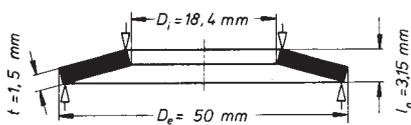


$h_0 = 1,6 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,717$
 $t = 1,25 \text{ mm}$ $D_e/t = 40$
 $h_0/t = 1,28$ $m = 16,657 \text{ g}$

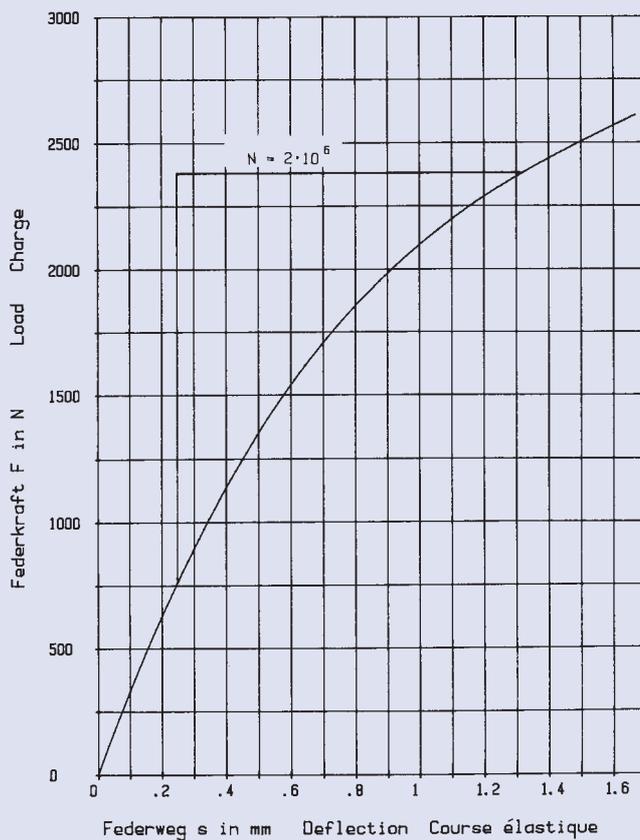
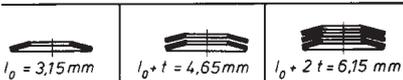


50 x 18,4 x 1,5

GR 2

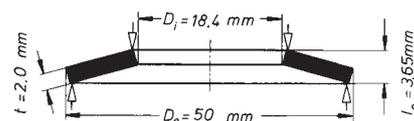
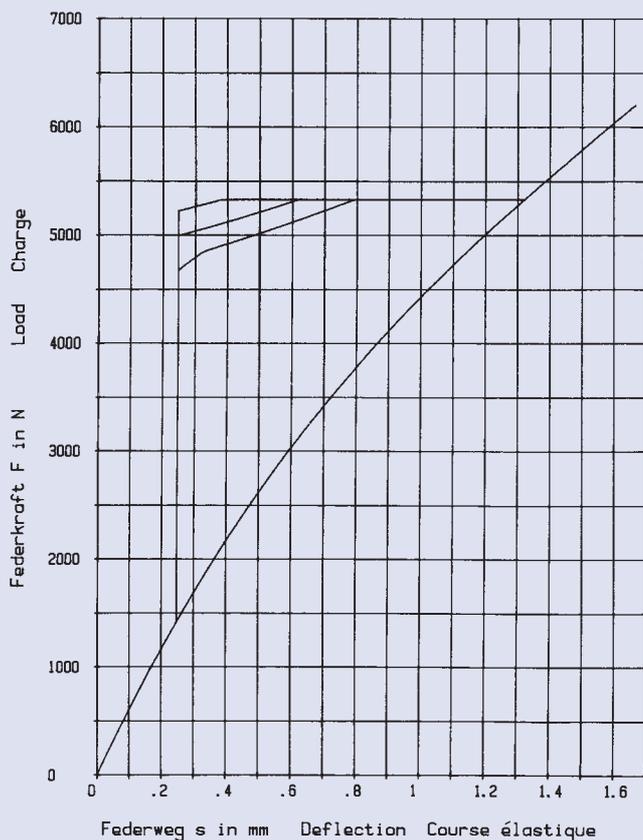


$h_0 = 1,65 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,717$
 $t = 1,5 \text{ mm}$ $D_e/t = 33,333$
 $h_0/t = 1,1$ $m = 19,988 \text{ g}$



50 x 18,4 x 2,0

GR 2

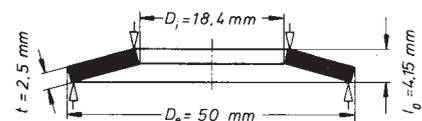
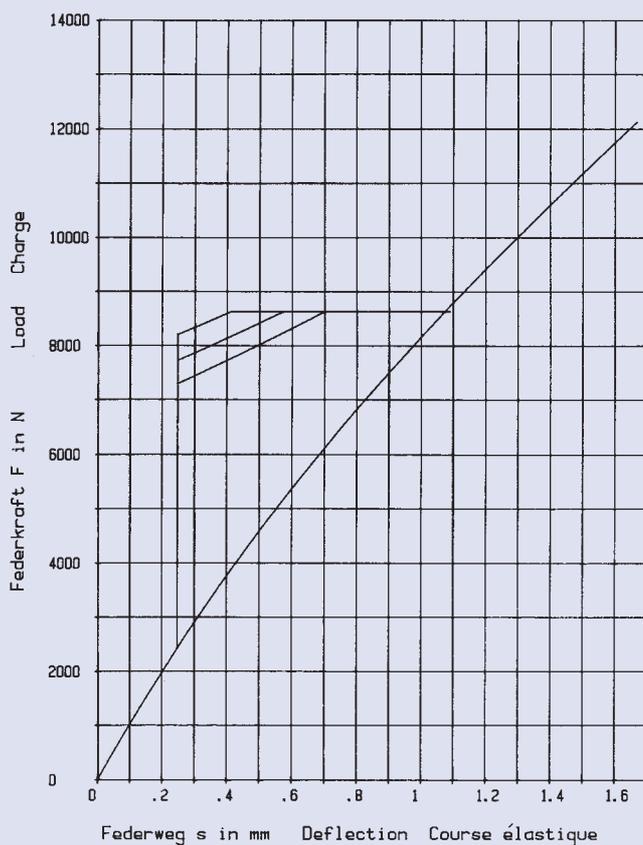


$h_0 = 1,65 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,717$
 $t = 2,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 25$
 $h_0/t = 0,825$ $m = 26,651 \text{ g}$

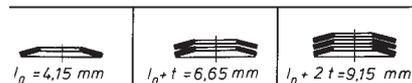


50 x 18,4 x 2,5

GR 2

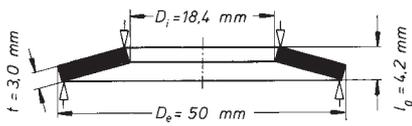


$h_0 = 1,65 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,717$
 $t = 2,5 \text{ mm}$ $D_e/t = 20$
 $h_0/t = 0,66$ $m = 33,314 \text{ g}$

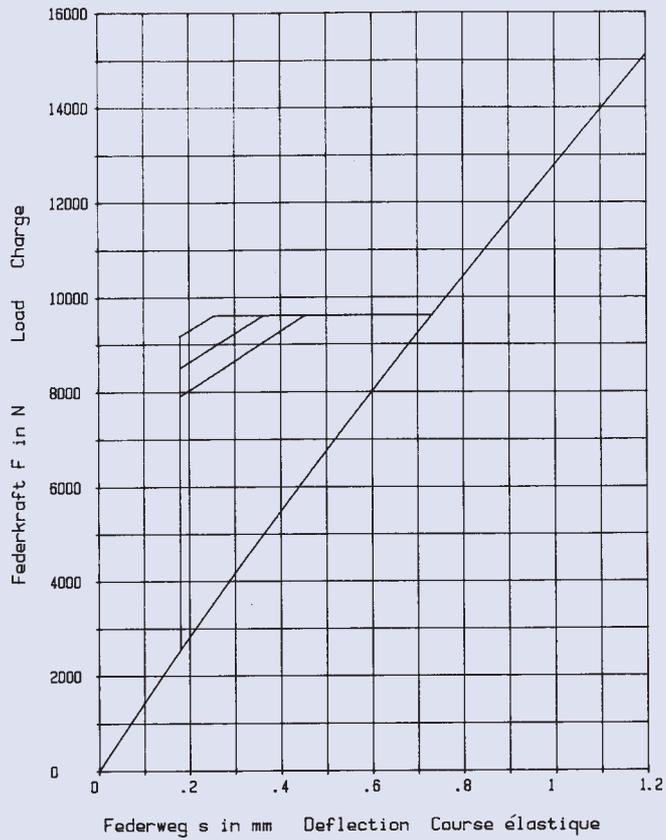


50 x 18,4 x 3,0

GR 2

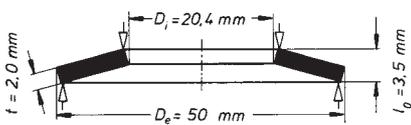


$h_0 = 1,2 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,717$
 $t = 3,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 16,666$
 $h_0/t = 0,4$ $m = 39,977 \text{ g}$

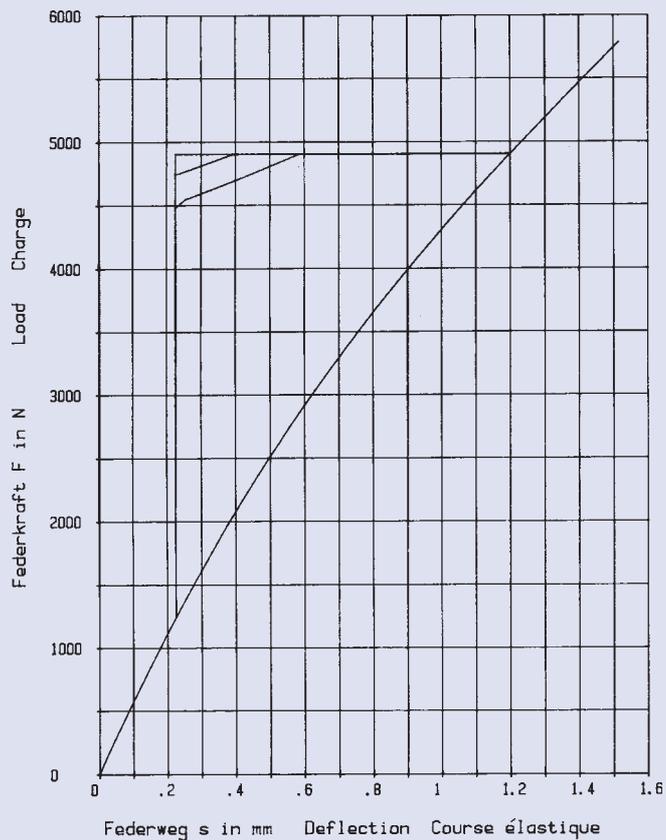
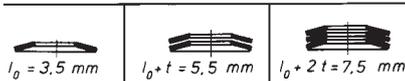


50 x 20,4 x 2,0

GR 2

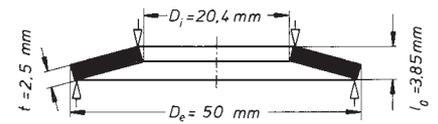
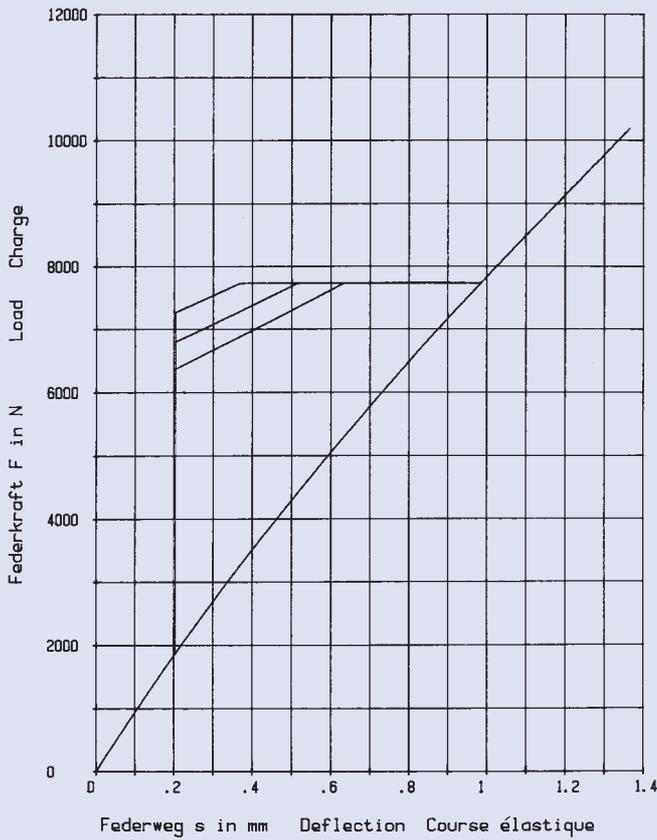


$h_0 = 1,5 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,45$
 $t = 2,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 25$
 $h_0/t = 0,75$ $m = 25,695 \text{ g}$



50 x 20,4 x 2,5

GR 2

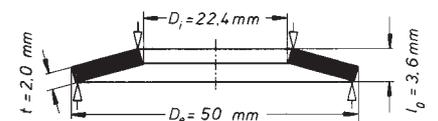
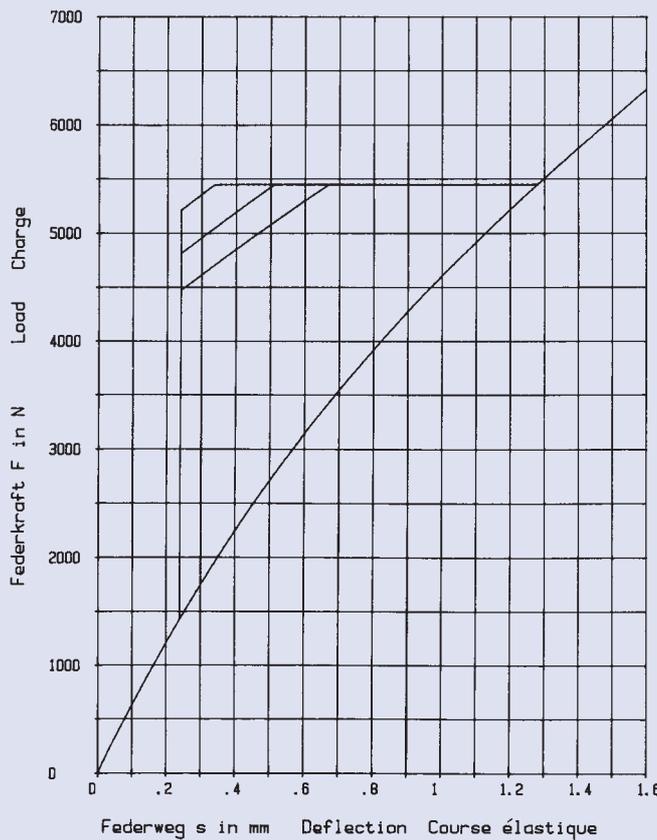


$h_0 = 1,35 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,45$
 $t = 2,5 \text{ mm}$ $D_e/t = 20$
 $h_0/t = 0,54$ $m = 32,118 \text{ g}$

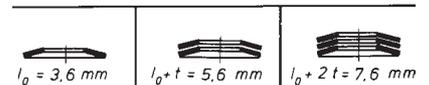


50 x 22,4 x 2,0

GR 2

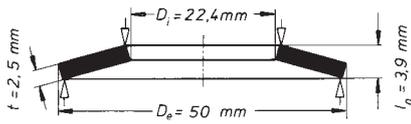


$h_0 = 1,6 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,232$
 $t = 2,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 25$
 $h_0/t = 0,8$ $m = 24,639 \text{ g}$

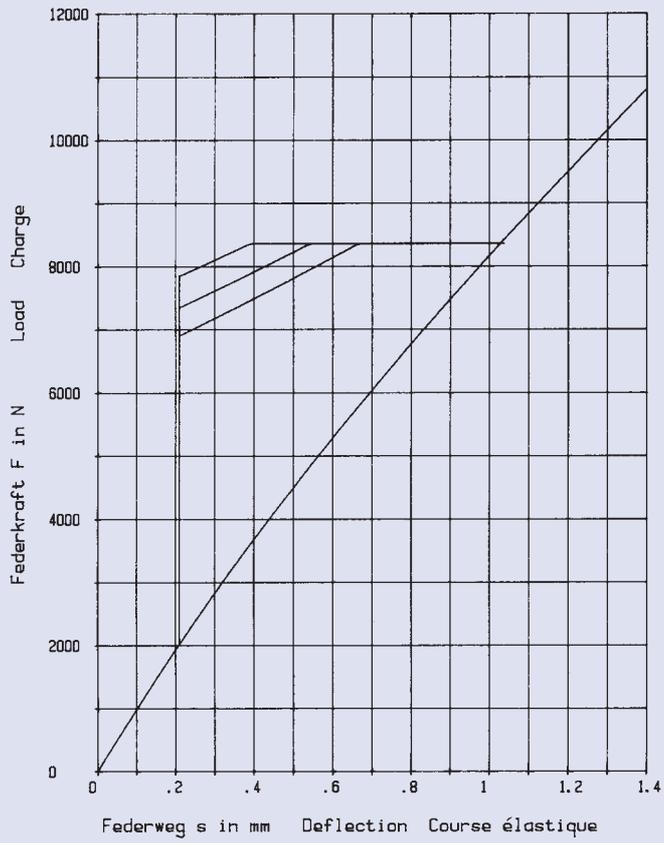
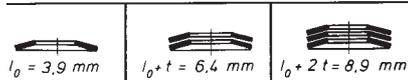


50 x 22,4 x 2,5

GR 2

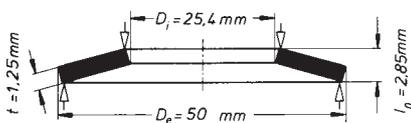


$h_0 = 1,4 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,232$
 $t = 2,5 \text{ mm}$ $D_e / t = 20$
 $h_0 / t = 0,56$ $m = 30,8 \text{ g}$

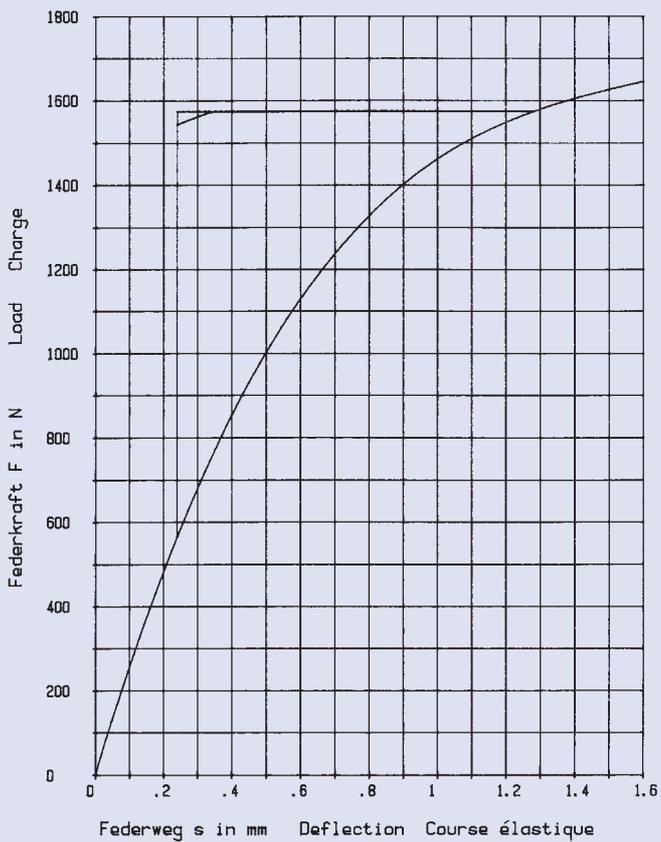
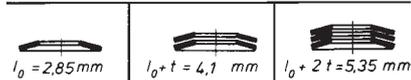


50 x 25,4 x 1,25

GR 2, DIN 2093 – C 50

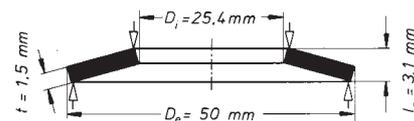
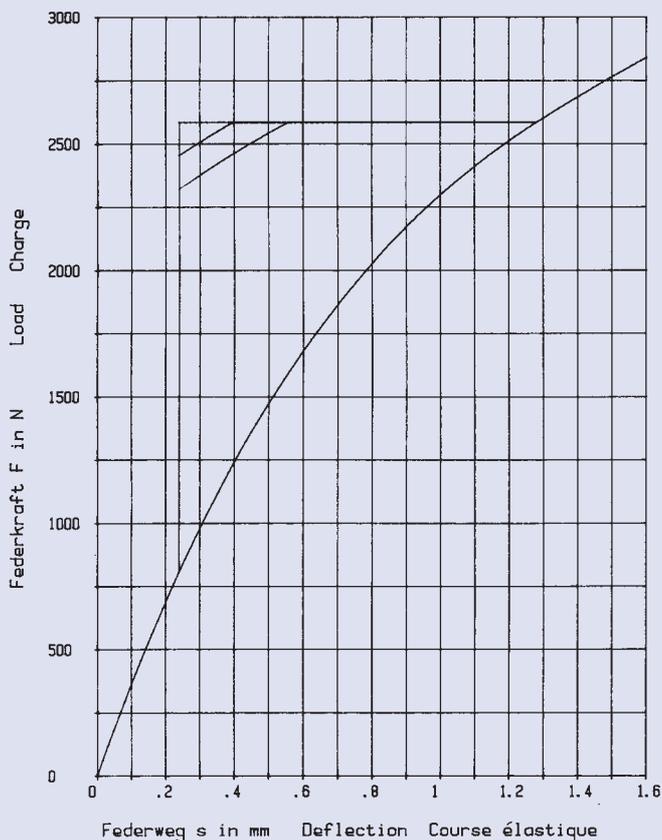


$h_0 = 1,6 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,968$
 $t = 1,25 \text{ mm}$ $D_e / t = 40$
 $h_0 / t = 1,28$ $m = 14,294 \text{ g}$

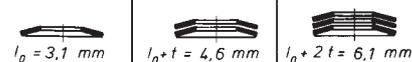


50 x 25,4 x 1,5

GR 2

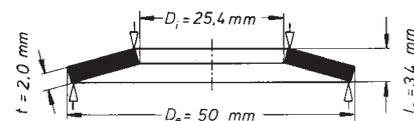
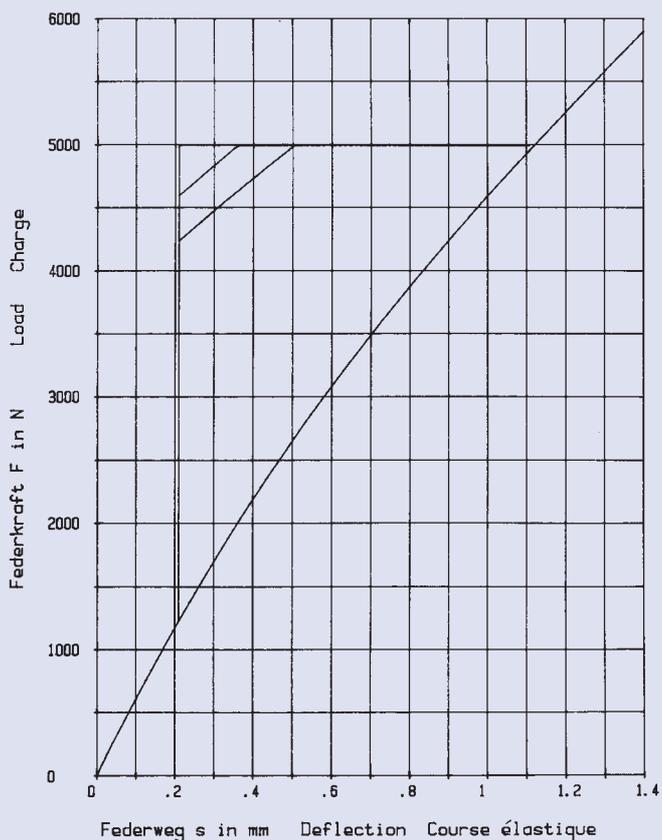


$h_0 = 1,6 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,968$
 $t = 1,5 \text{ mm}$ $D_e/t = 33,333$
 $h_0/t = 1,066$ $m = 17,153 \text{ g}$

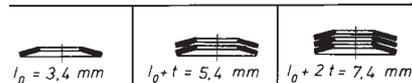


50 x 25,4 x 2,0

GR 2, DIN 2093 – B 50

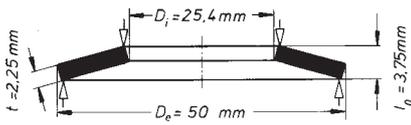


$h_0 = 1,4 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,968$
 $t = 2,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 25$
 $h_0/t = 0,7$ $m = 22,871 \text{ g}$

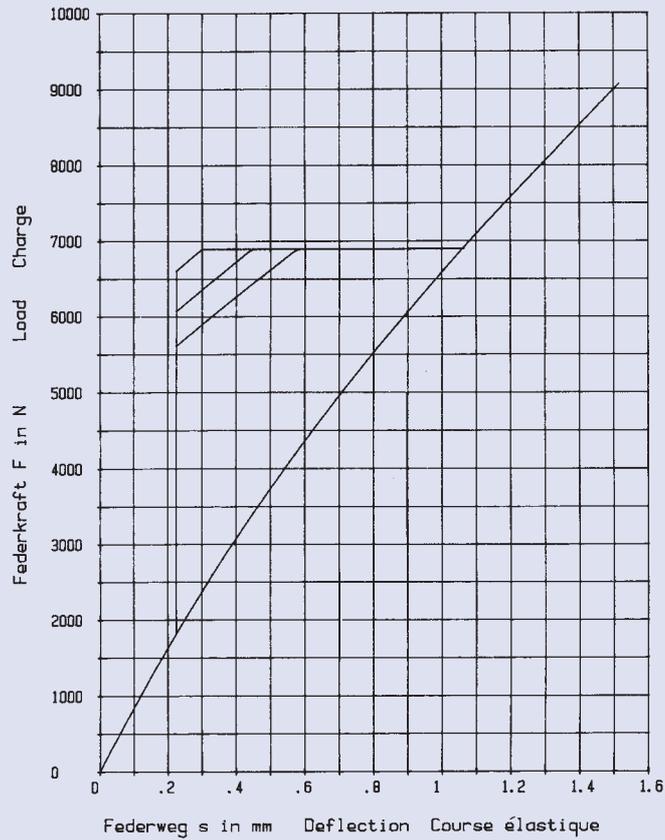
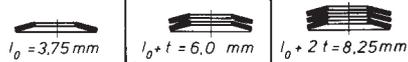


50 x 25,4 x 2,25

GR 2

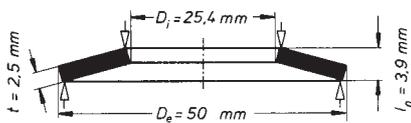


$h_0 = 1,5 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,968$
 $t = 2,25 \text{ mm}$ $D_e/t = 22,222$
 $h_0/t = 0,666$ $m = 25,73 \text{ g}$

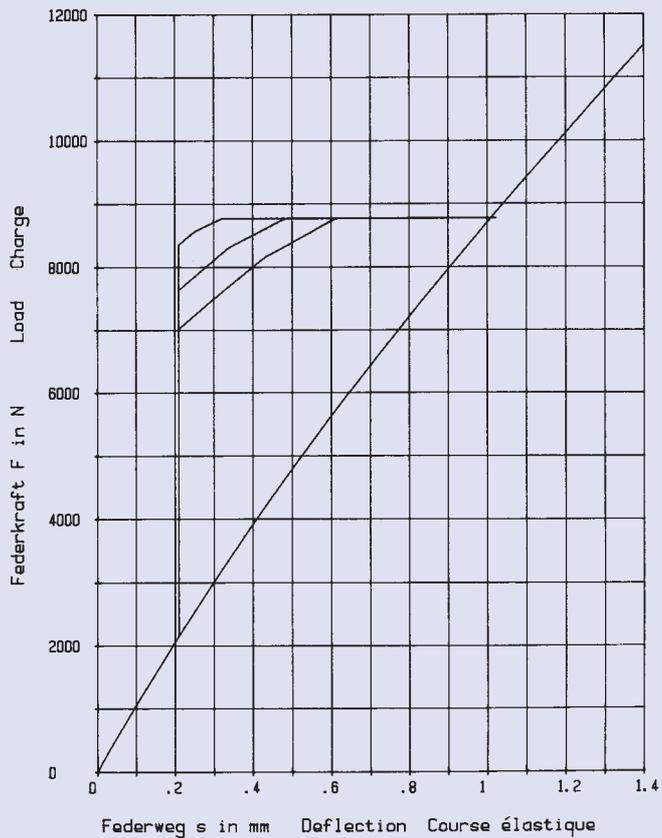
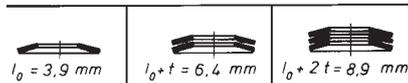


50 x 25,4 x 2,5

GR 2

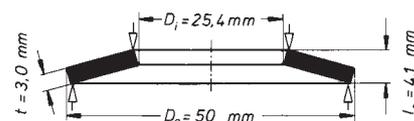
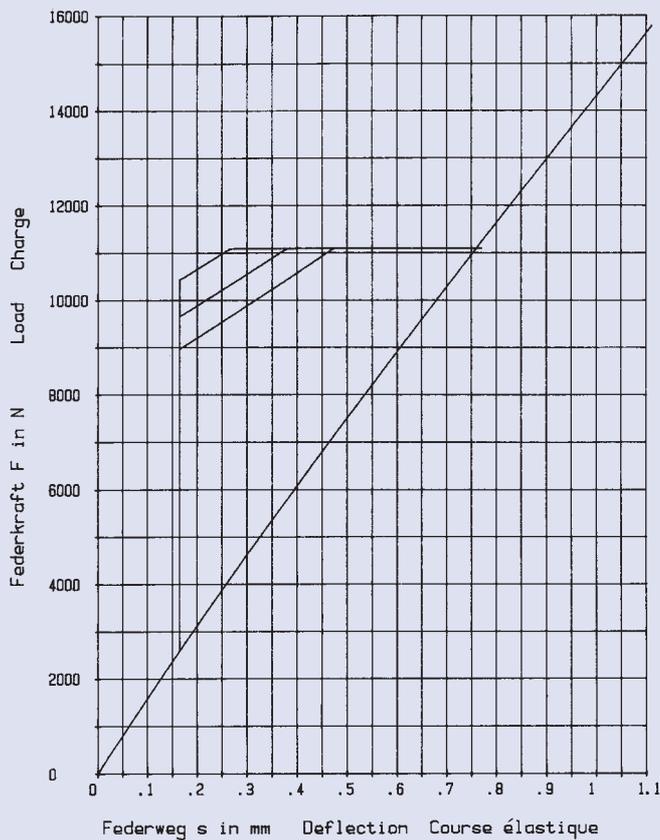


$h_0 = 1,4 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,968$
 $t = 2,5 \text{ mm}$ $D_e/t = 20$
 $h_0/t = 0,56$ $m = 28,589 \text{ g}$



50 x 25,4 x 3,0

GR 2, DIN 2093 – A 50

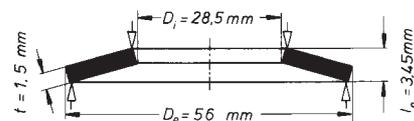
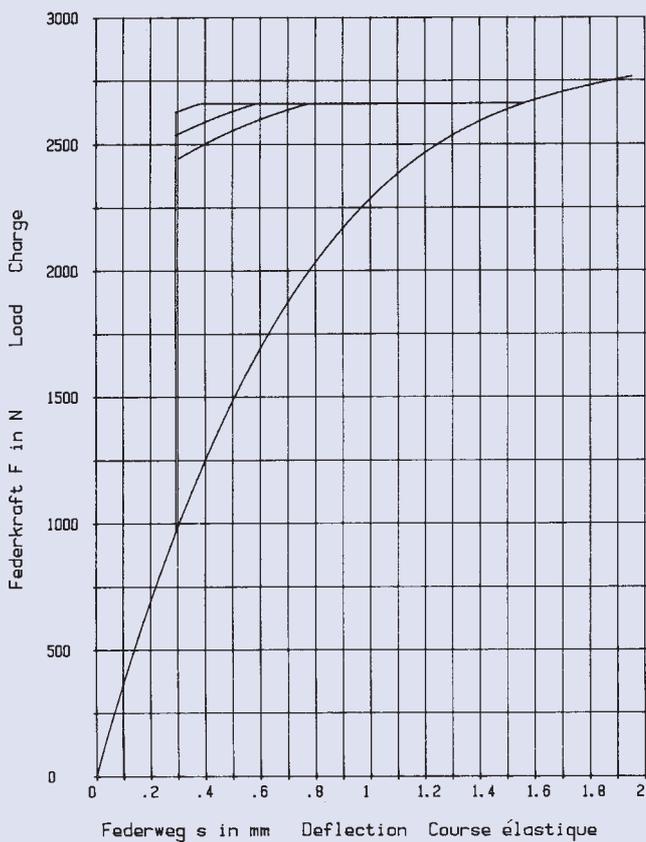


$h_0 = 1,1 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,968$
 $t = 3,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 16,666$
 $h_0/t = 0,366$ $m = 34,306 \text{ g}$

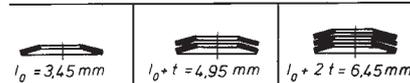


56 x 28,5 x 1,5

GR 2, DIN 2093 – C 56

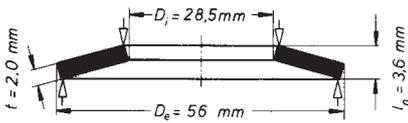


$h_0 = 1,95 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,964$
 $t = 1,5 \text{ mm}$ $D_e/t = 37,333$
 $h_0/t = 1,3$ $m = 21,489 \text{ g}$

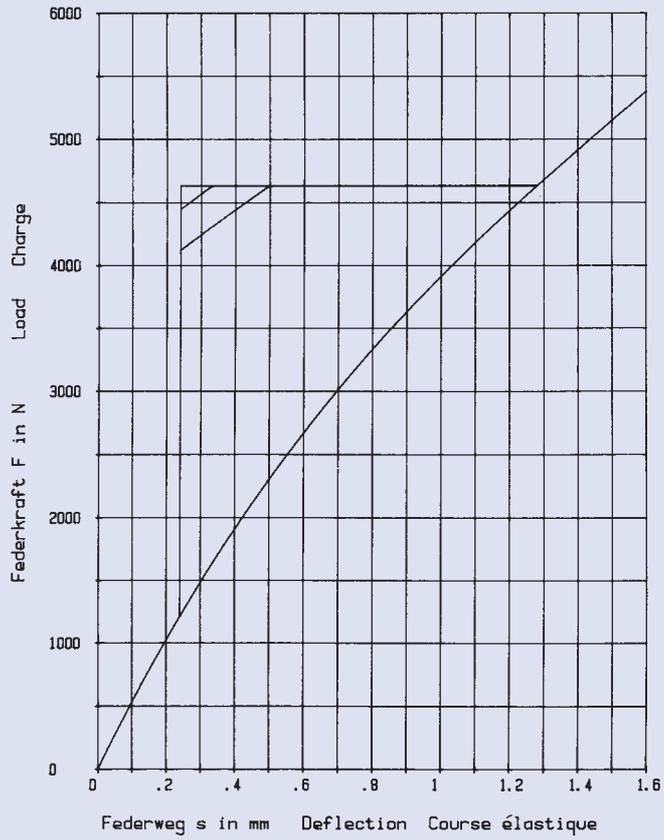
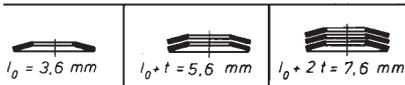


56 x 28,5 x 2,0

GR 2, DIN 2093 – B 56

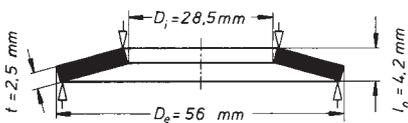


$h_0 = 1,6 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,964$
 $t = 2,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 28$
 $h_0/t = 0,8$ $m = 28,653 \text{ g}$

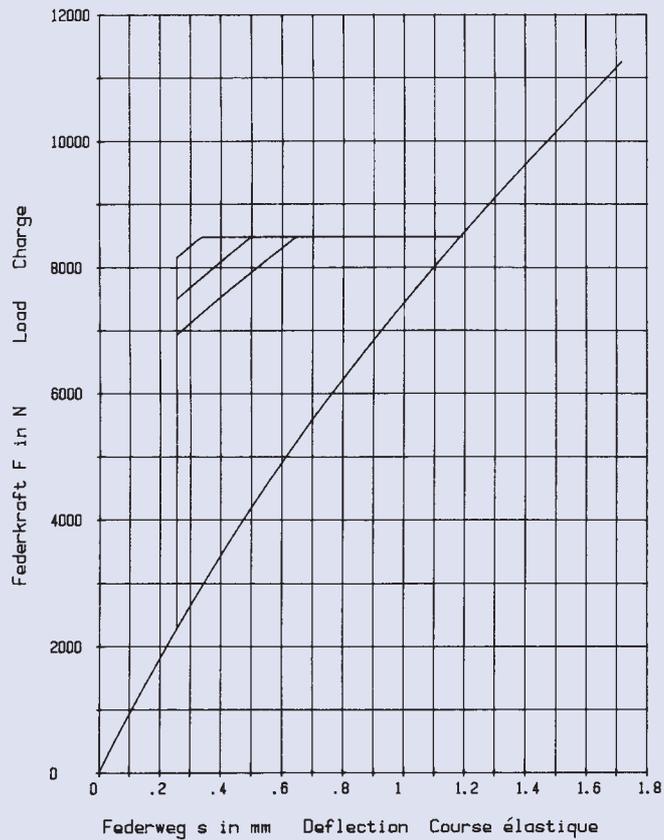
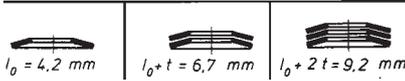


56 x 28,5 x 2,5

GR 2

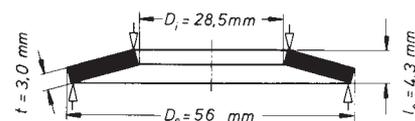
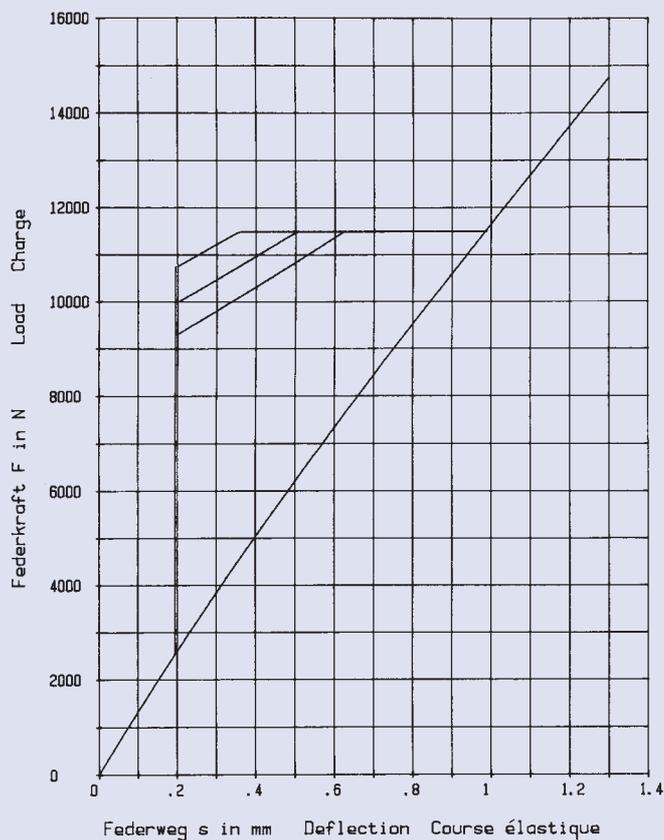


$h_0 = 1,7 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,964$
 $t = 2,5 \text{ mm}$ $D_e/t = 22,4$
 $h_0/t = 0,68$ $m = 35,816 \text{ g}$



56 x 28,5 x 3,0

GR 2, DIN 2093 – A 56

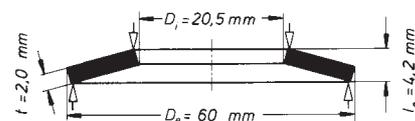
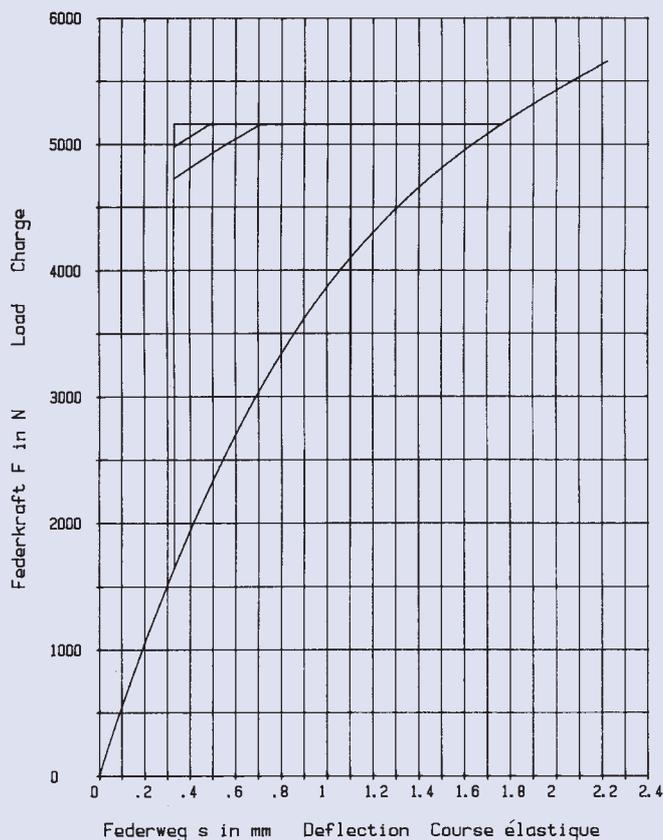


$h_0 = 1,3 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,964$
 $t = 3,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 18,666$
 $h_0/t = 0,433$ $m = 42,979 \text{ g}$

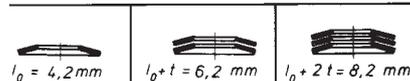


60 x 20,5 x 2,0

GR 2

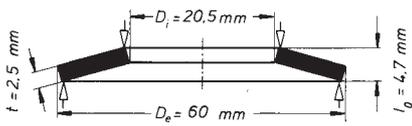


$h_0 = 2,2 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,926$
 $t = 2,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 30$
 $h_0/t = 1,1$ $m = 39,208 \text{ g}$

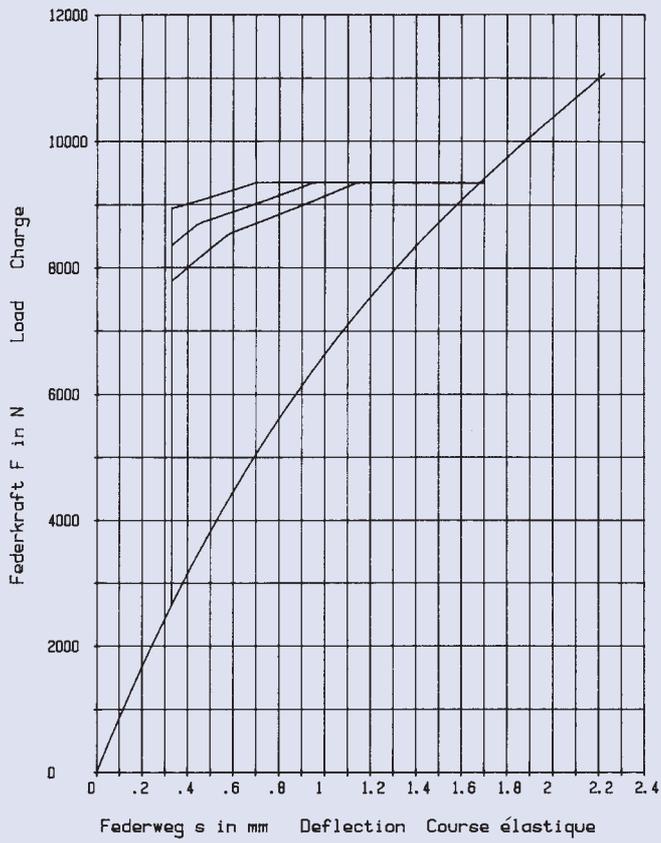


60 x 20,5 x 2,5

GR 2

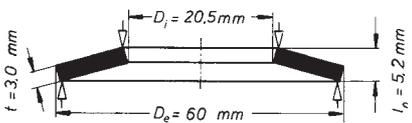


$h_0 = 2,2 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,926$
 $t = 2,5 \text{ mm}$ $D_e/t = 24$
 $h_0/t = 0,88$ $m = 49,0 \text{ g}$

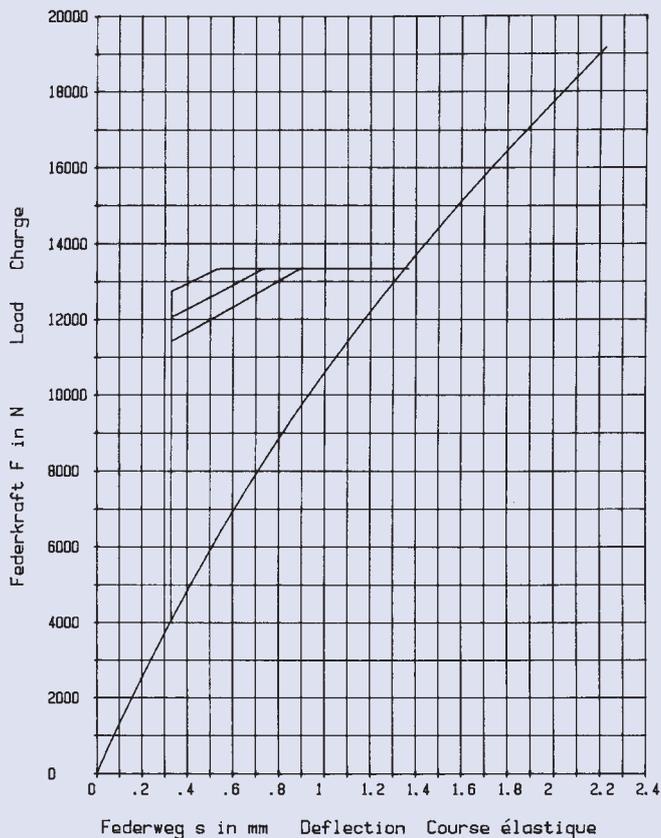
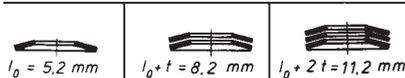


60 x 20,5 x 3,0

GR 2

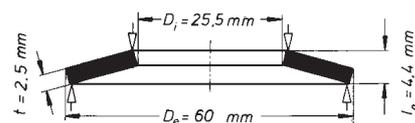
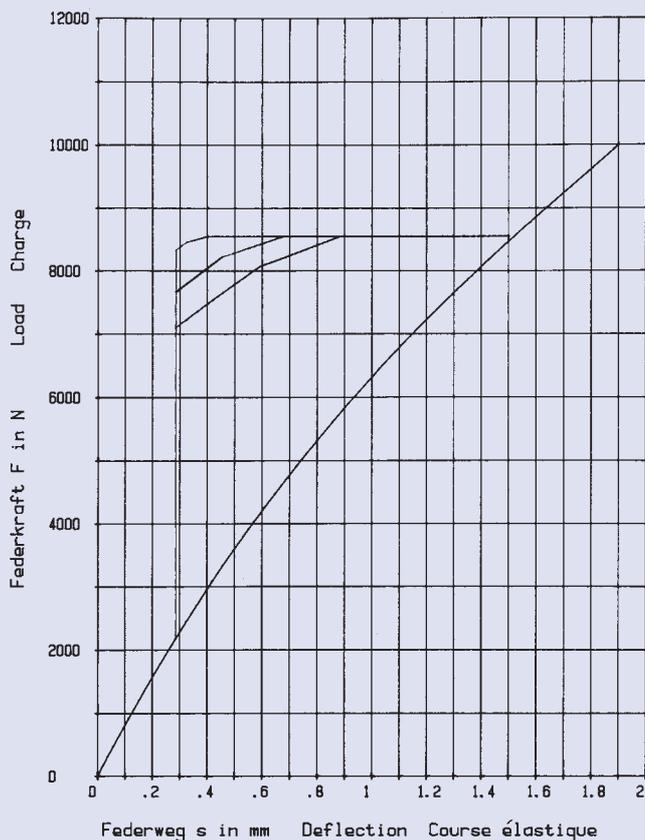


$h_0 = 2,2 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,926$
 $t = 3,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 20$
 $h_0/t = 0,733$ $m = 58,811 \text{ g}$



60 x 25,5 x 2,5

GR 2

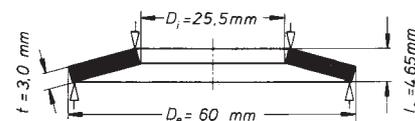
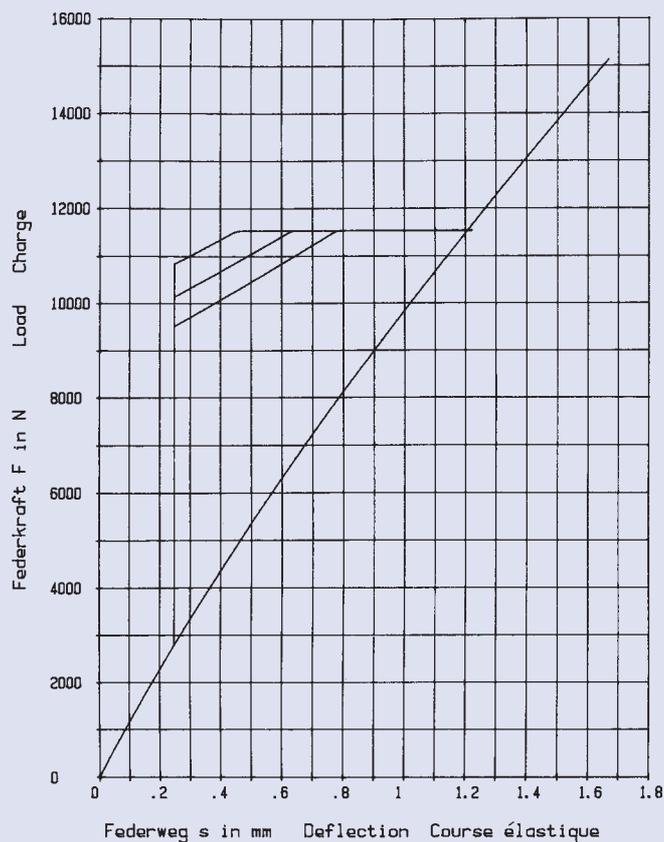


$h_0 = 1,9 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,352$
 $t = 2,5 \text{ mm}$ $D_e/t = 24$
 $h_0/t = 0,76$ $m = 45,464 \text{ g}$

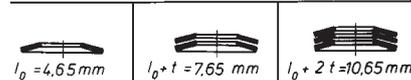


60 x 25,5 x 3,0

GR 2

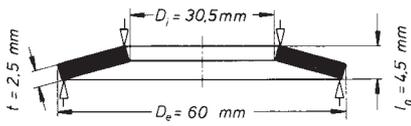


$h_0 = 1,65 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,352$
 $t = 3,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 20$
 $h_0/t = 0,55$ $m = 54,557 \text{ g}$

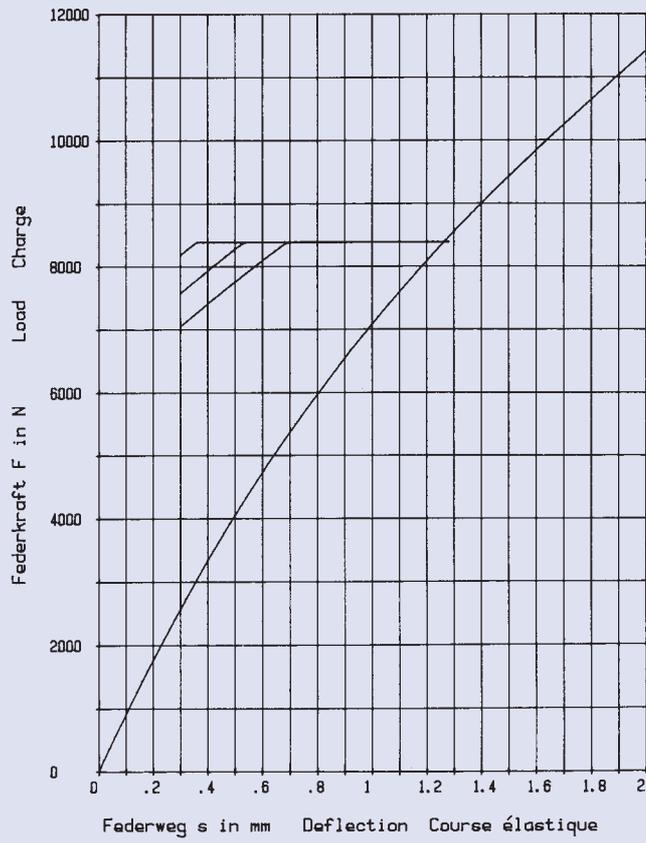
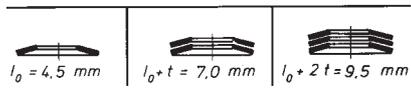


60 x 30,5 x 2,5

GR 2

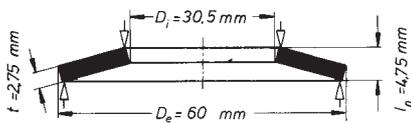


$h_0 = 2,0 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,967$
 $t = 2,5 \text{ mm}$ $D_e / t = 24$
 $h_0 / t = 0,8$ $m = 41,149 \text{ g}$

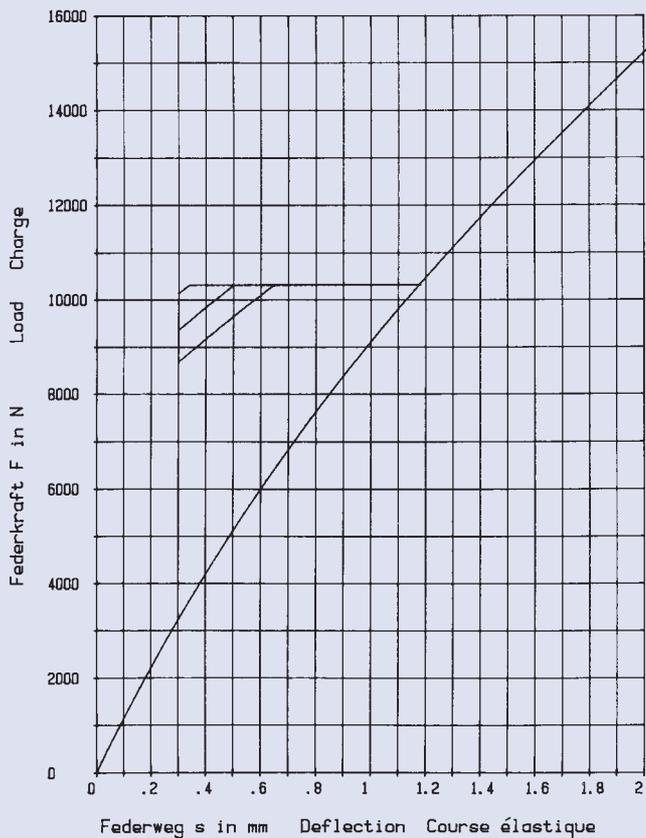
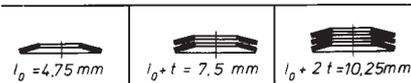


60 x 30,5 x 2,75

GR 2

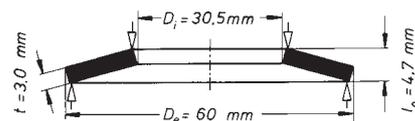
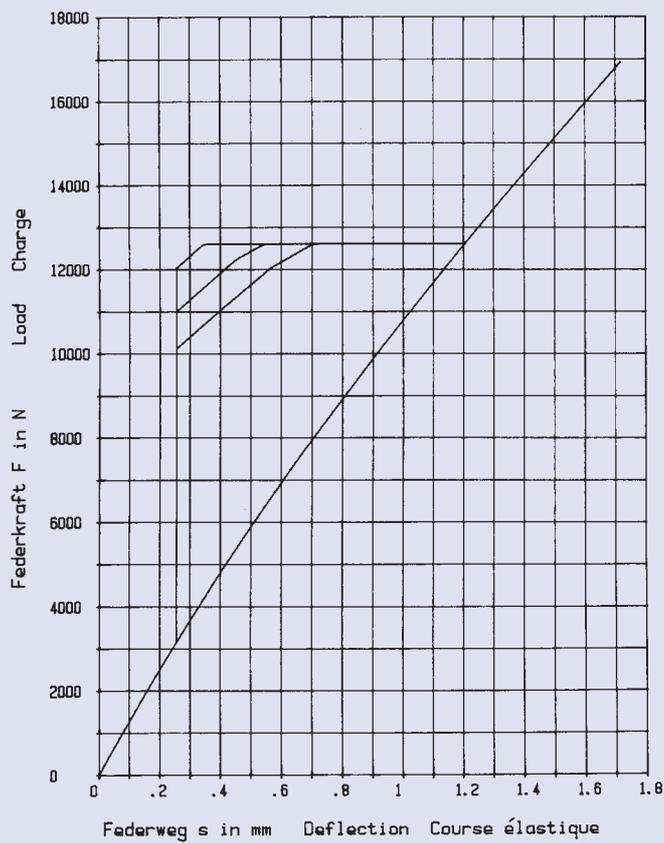


$h_0 = 2,0 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,967$
 $t = 2,75 \text{ mm}$ $D_e / t = 21,818$
 $h_0 / t = 0,727$ $m = 45,264 \text{ g}$



60 x 30,5 x 3,0

GR 2

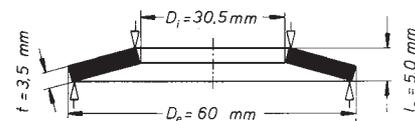
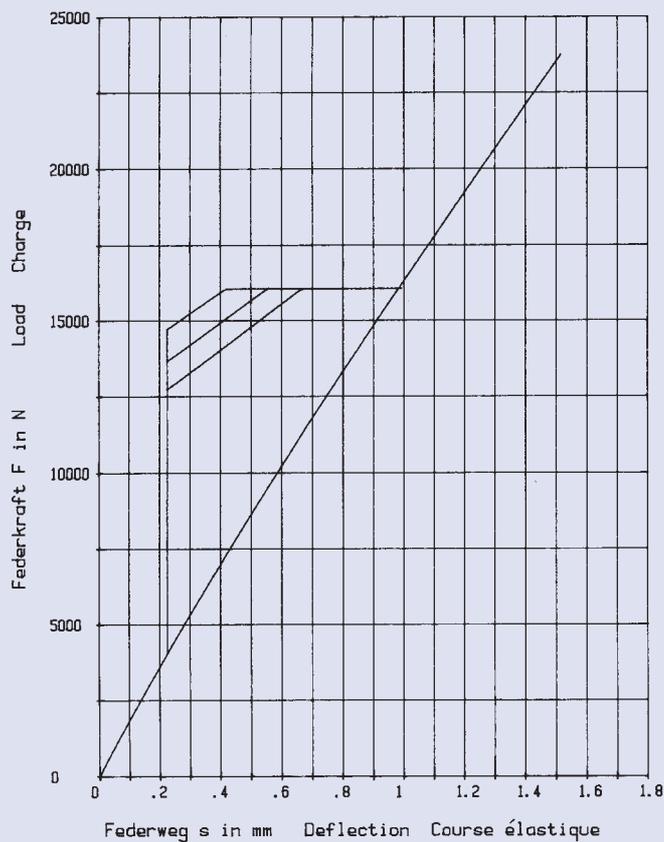


$h_0 = 1,7 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,967$
 $t = 3,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 20$
 $h_0/t = 0,566$ $m = 49,379 \text{ g}$

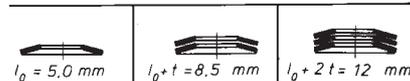


60 x 30,5 x 3,5

GR 2

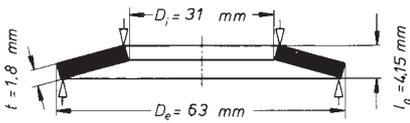


$h_0 = 1,5 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,967$
 $t = 3,5 \text{ mm}$ $D_e/t = 17,142$
 $h_0/t = 0,428$ $m = 57,608 \text{ g}$

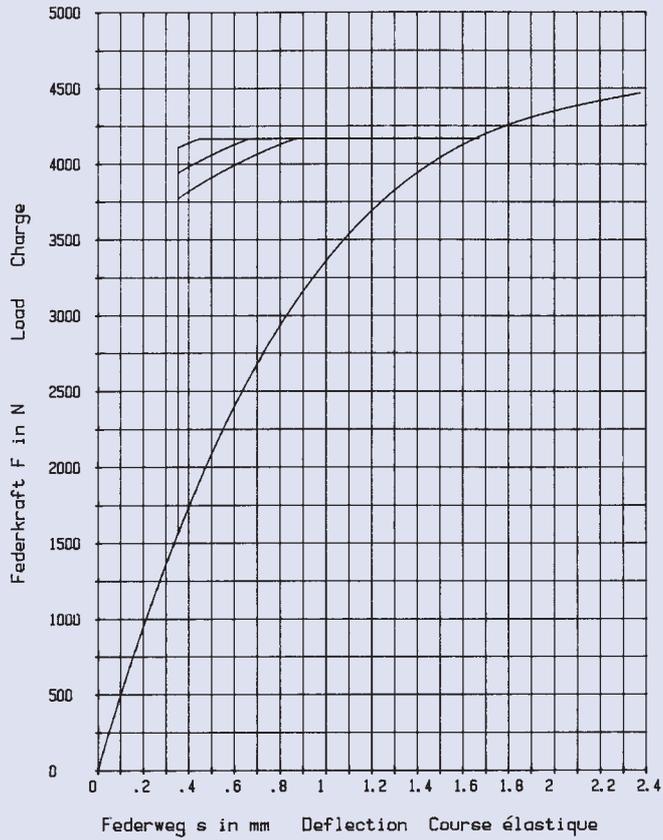
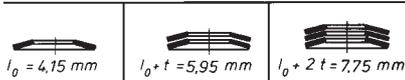


63 x 31 x 1,8

GR 2, DIN 2093 – C 63

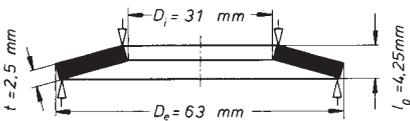


$h_0 = 2,35 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,032$
 $t = 1,8 \text{ mm}$ $D_e/t = 35$
 $h_0/t = 1,305$ $m = 33,381 \text{ g}$

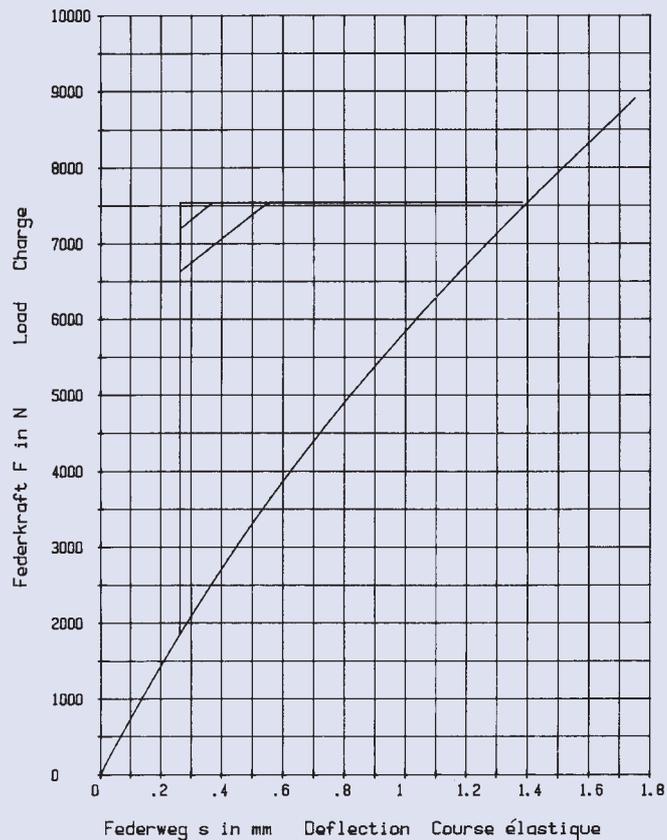
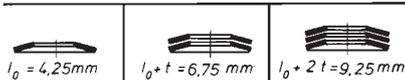


63 x 31 x 2,5

GR 2, DIN 2093 – B 63

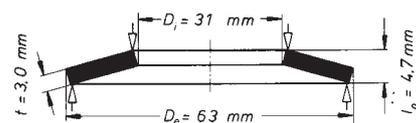
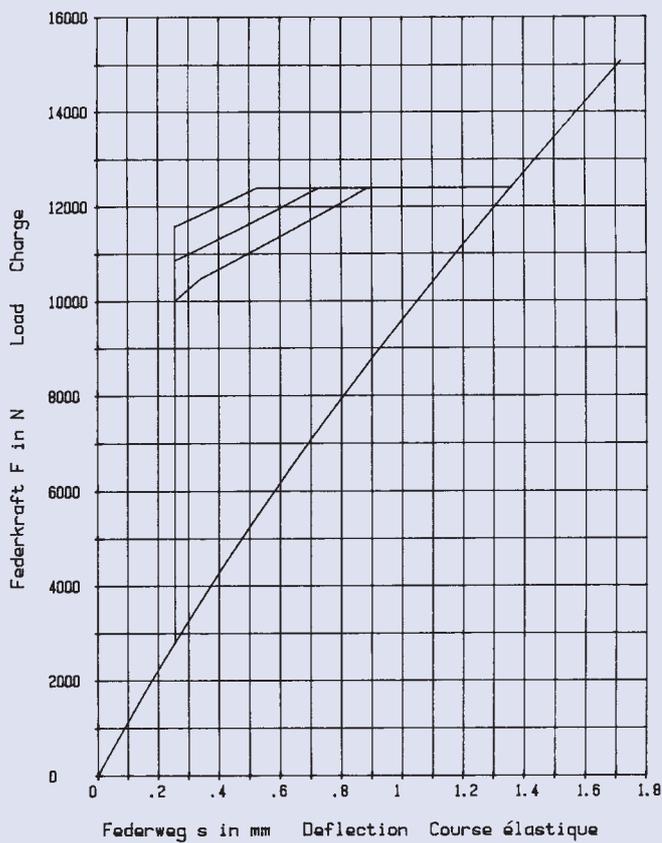


$h_0 = 1,75 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,032$
 $t = 2,5 \text{ mm}$ $D_e/t = 25,2$
 $h_0/t = 0,7$ $m = 46,362 \text{ g}$



63 x 31 x 3,0

GR 2

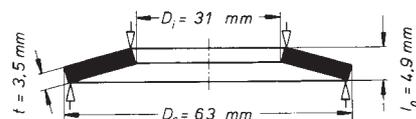
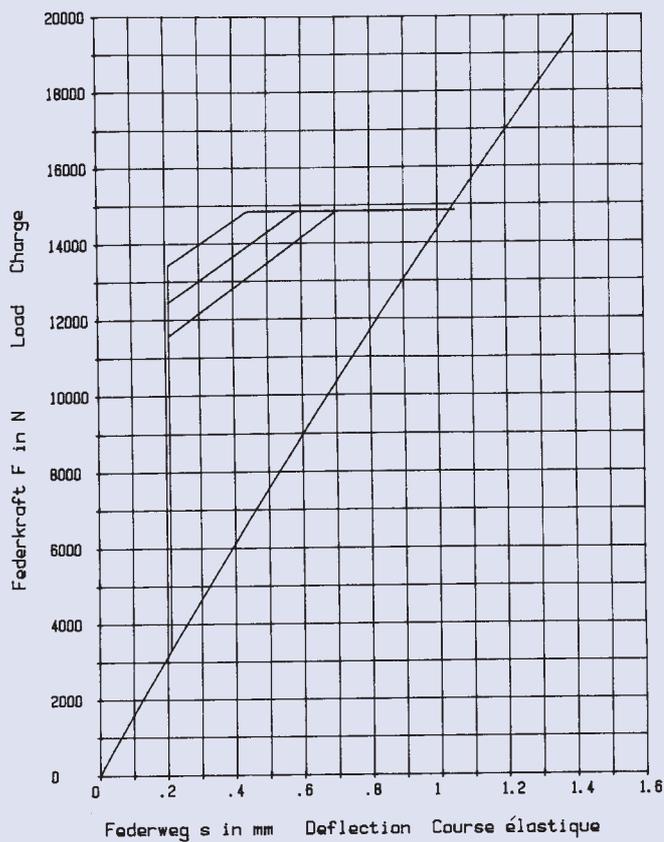


$h_0 = 1,7 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,032$
 $t = 3,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 21$
 $h_0/t = 0,566$ $m = 55,635 \text{ g}$

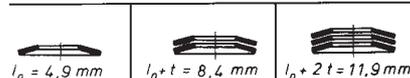


63 x 31 x 3,5

GR 2, DIN 2093 – A 63

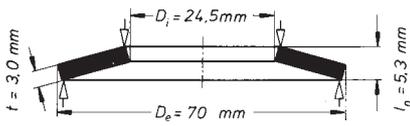


$h_0 = 1,4 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,032$
 $t = 3,5 \text{ mm}$ $D_e/t = 18$
 $h_0/t = 0,4$ $m = 64,907 \text{ g}$

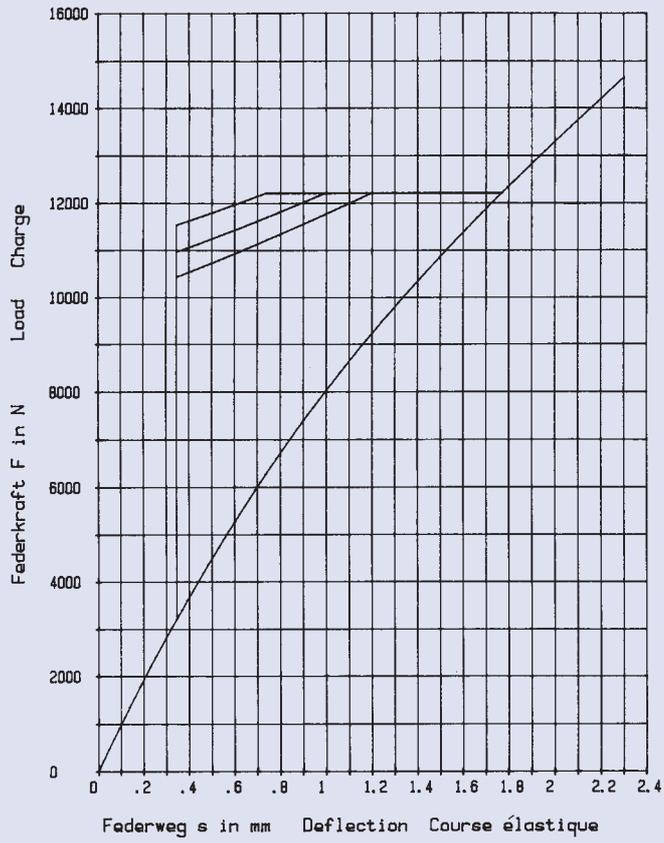
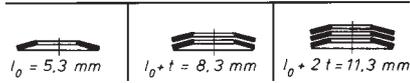


70 x 24,5 x 3,0

GR 2

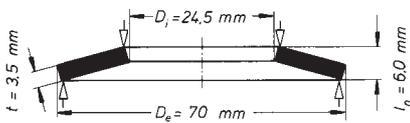


$h_0 = 2.3 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2.857$
 $t = 3.0 \text{ mm}$ $D_e/t = 23.333$
 $h_0/t = 0.766$ $m = 79.526 \text{ g}$

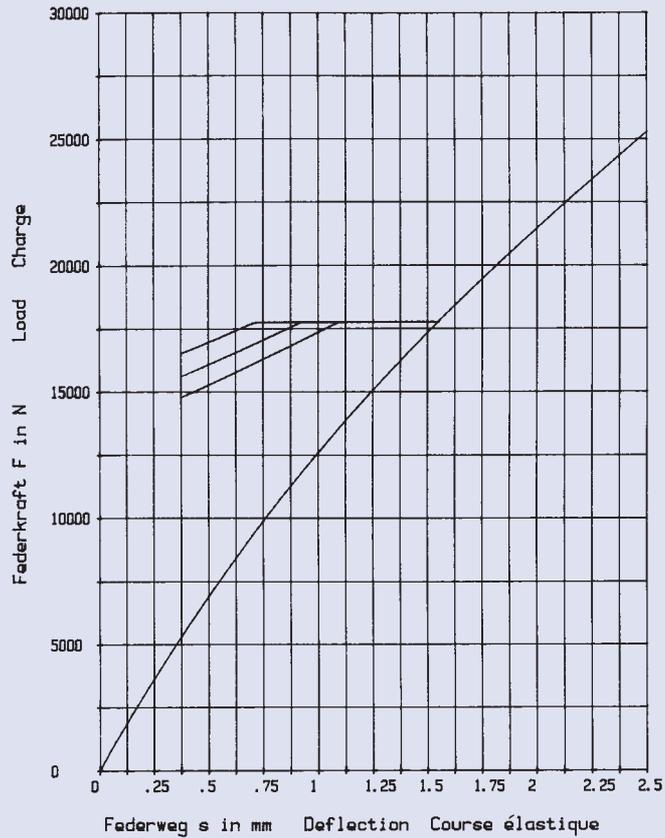
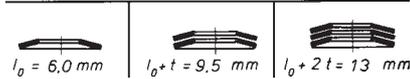


70 x 24,5 x 3,5

GR 2

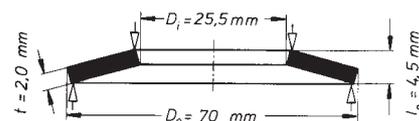
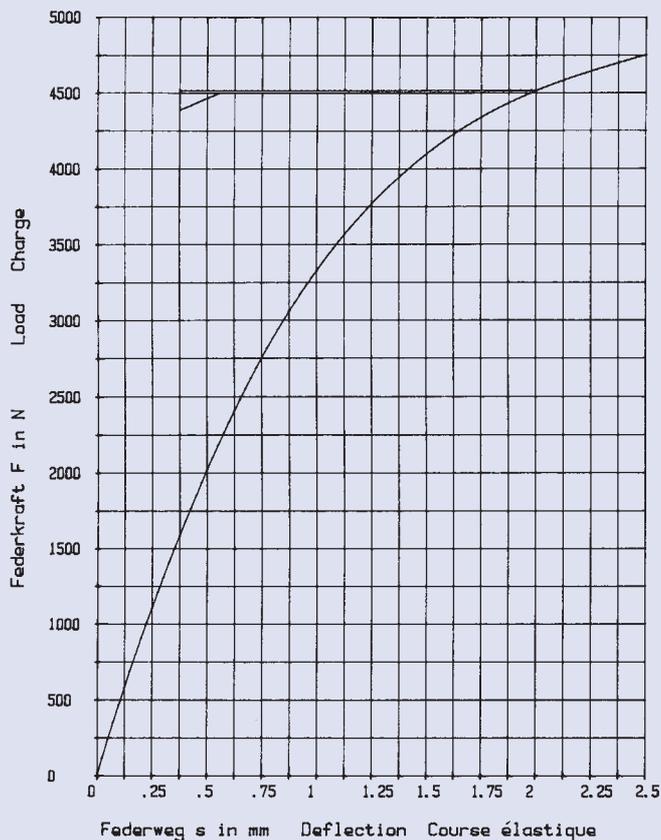


$h_0 = 2.5 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2.857$
 $t = 3.5 \text{ mm}$ $D_e/t = 20$
 $h_0/t = 0.714$ $m = 92.781 \text{ g}$



70 x 25,5 x 2,0

GR 2

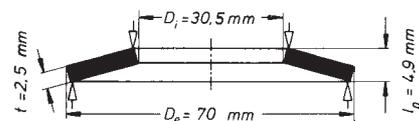
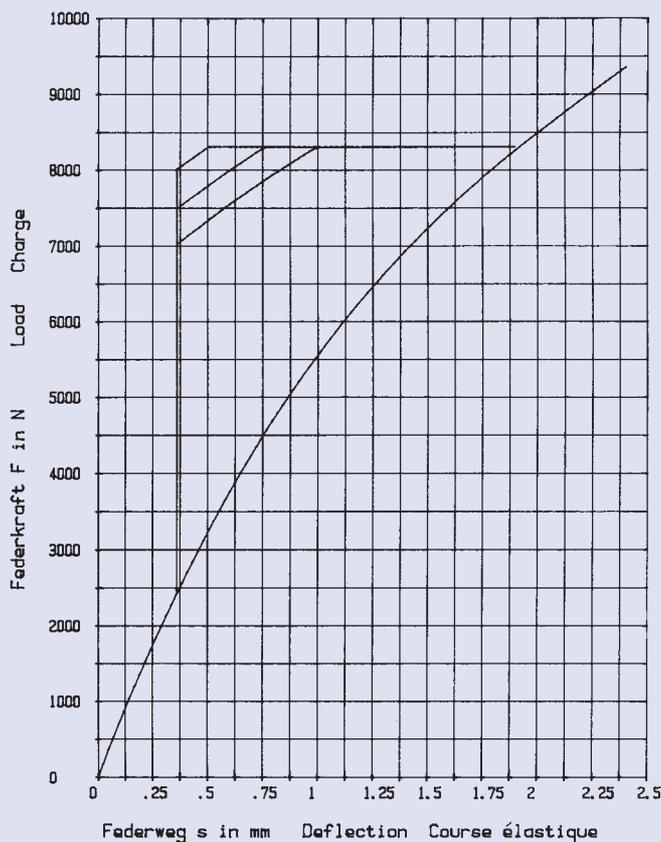


$h_0 = 2,5 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,745$
 $t = 2,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 35$
 $h_0/t = 1,25$ $m = 52,401 \text{ g}$



70 x 30,5 x 2,5

GR 2

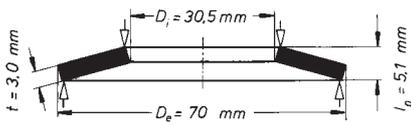


$h_0 = 2,4 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,295$
 $t = 2,5 \text{ mm}$ $D_e/t = 28$
 $h_0/t = 0,96$ $m = 61,186 \text{ g}$

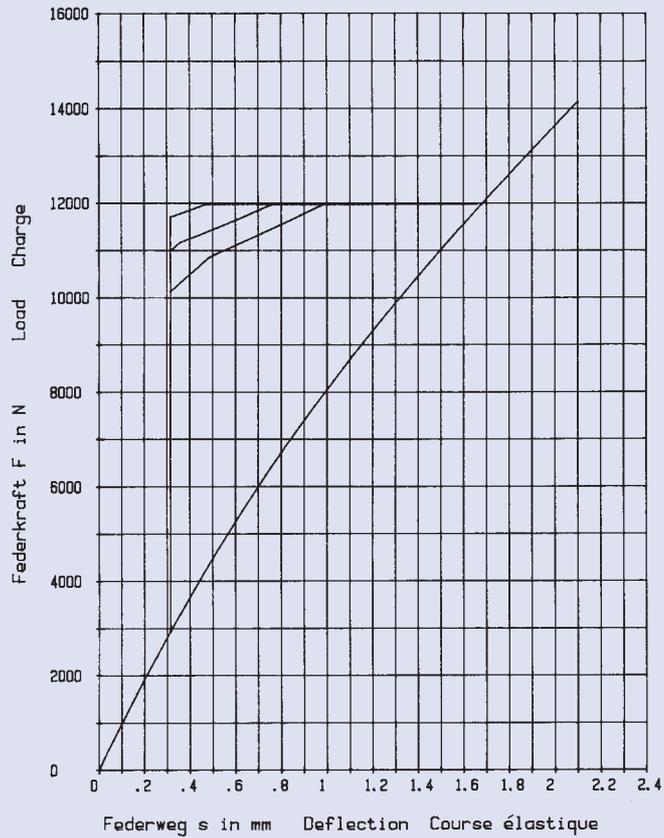
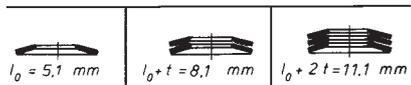


70 x 30,5 x 3,0

GR 2

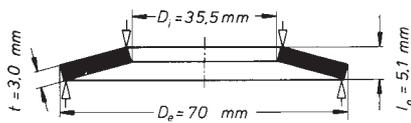


$h_0 = 2,1 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,295$
 $t = 3,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 23,333$
 $h_0/t = 0,7$ $m = 73,423 \text{ g}$

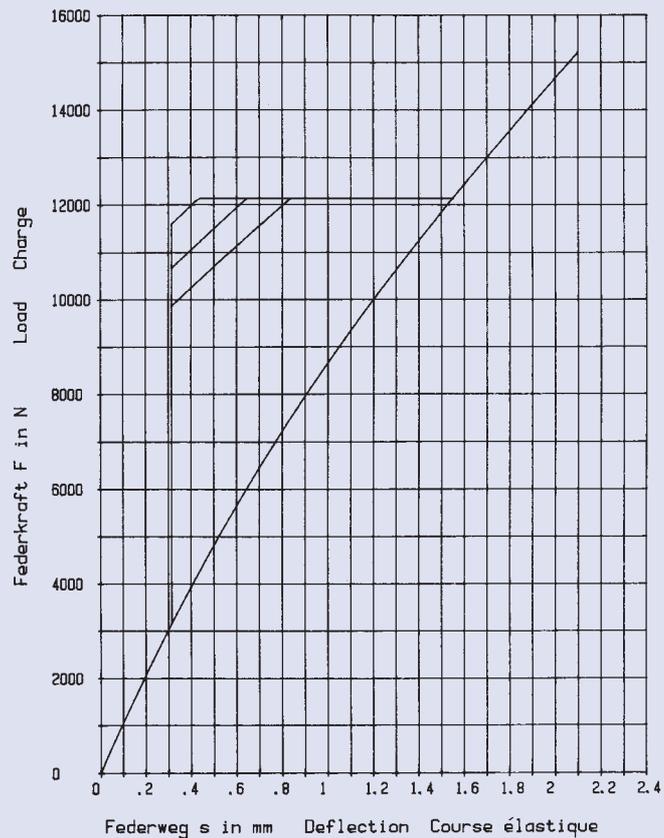
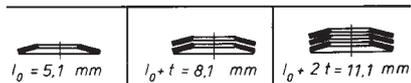


70 x 35,5 x 3,0

GR 2

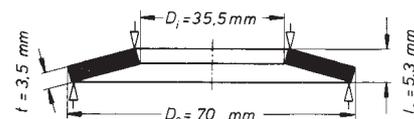
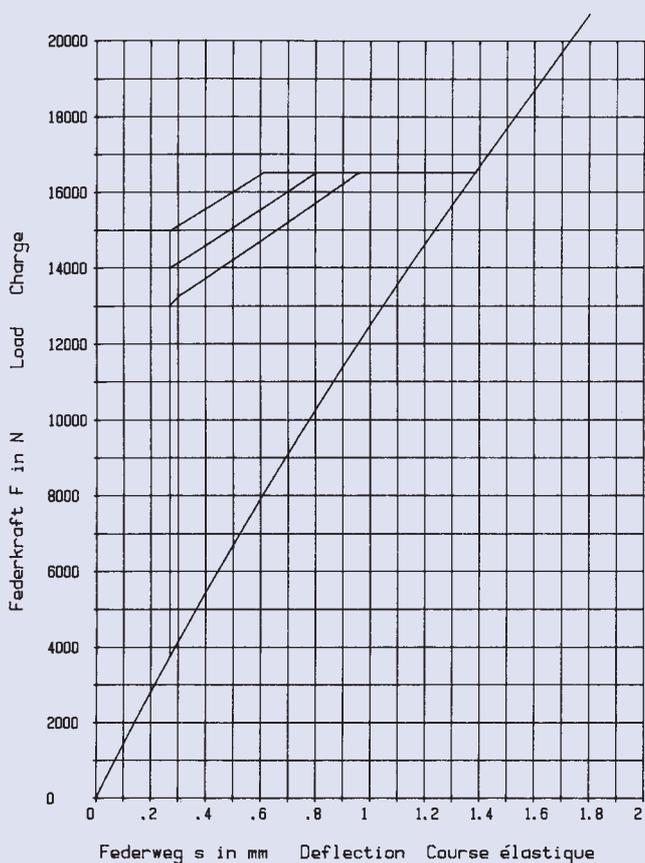


$h_0 = 2,1 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,971$
 $t = 3,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 23,333$
 $h_0/t = 0,7$ $m = 67,319 \text{ g}$



70 x 35,5 x 3,5

GR 2

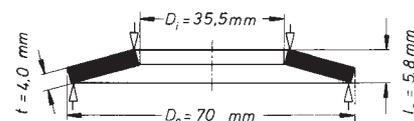
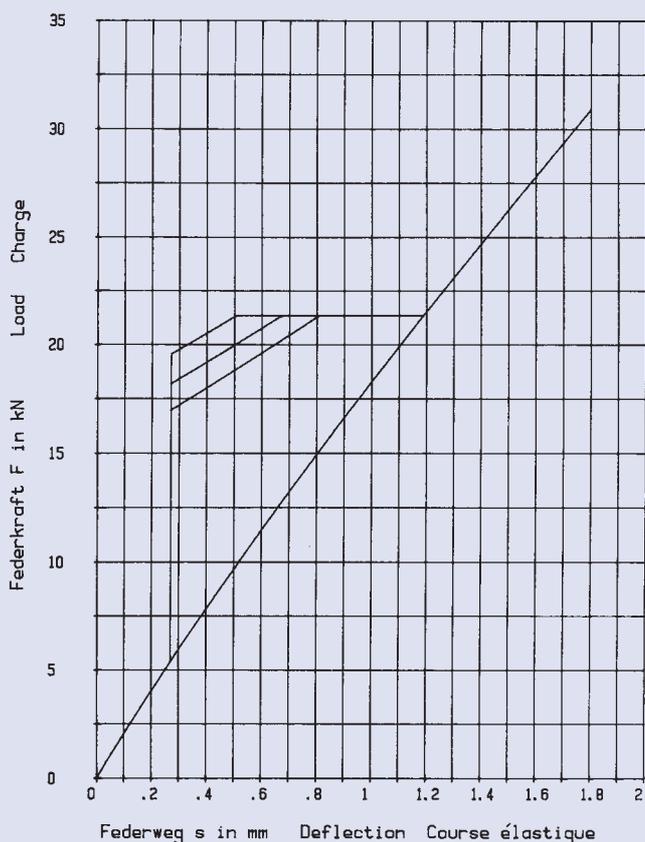


$h_0 = 1,8 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,971$
 $t = 3,5 \text{ mm}$ $D_e / t = 20$
 $h_0 / t = 0,514$ $m = 78,539 \text{ g}$



70 x 35,5 x 4,0

GR 2

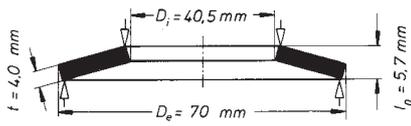


$h_0 = 1,8 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,971$
 $t = 4,0 \text{ mm}$ $D_e / t = 17,5$
 $h_0 / t = 0,45$ $m = 89,759 \text{ g}$

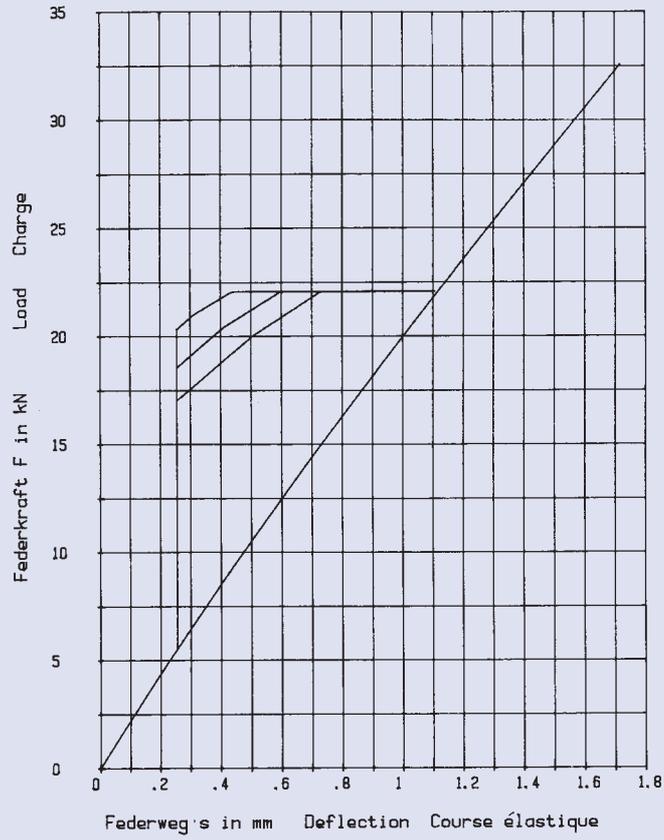
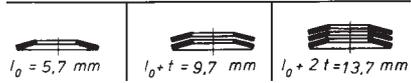


70 x 40,5 x 4,0

GR 2

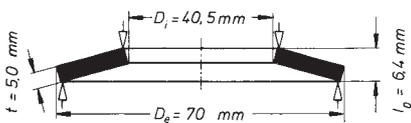


$h_0 = 1,7 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,728$
 $t = 4,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 17,5$
 $h_0/t = 0,425$ $m = 80,388 \text{ g}$

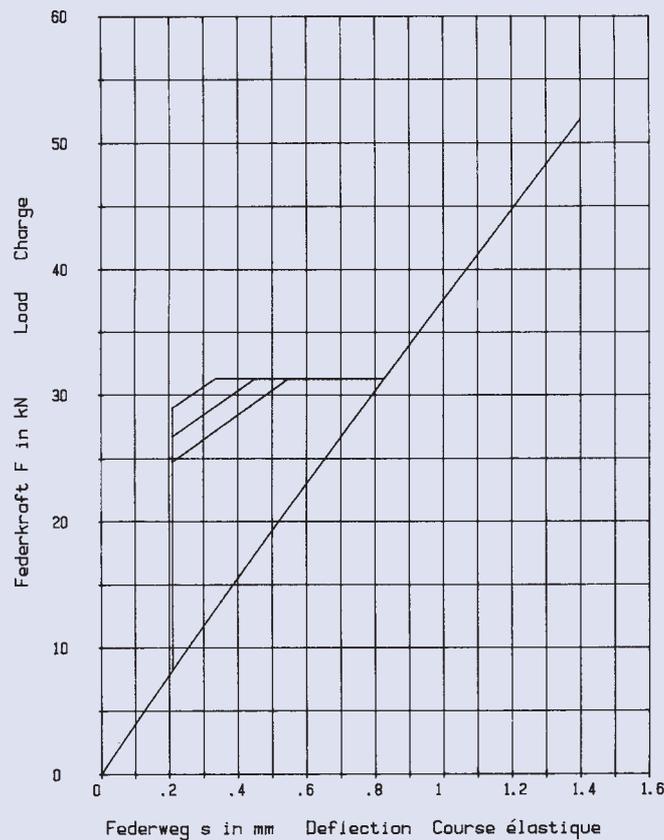
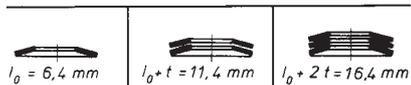


70 x 40,5 x 5,0

GR 2

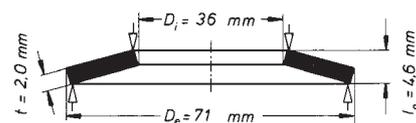
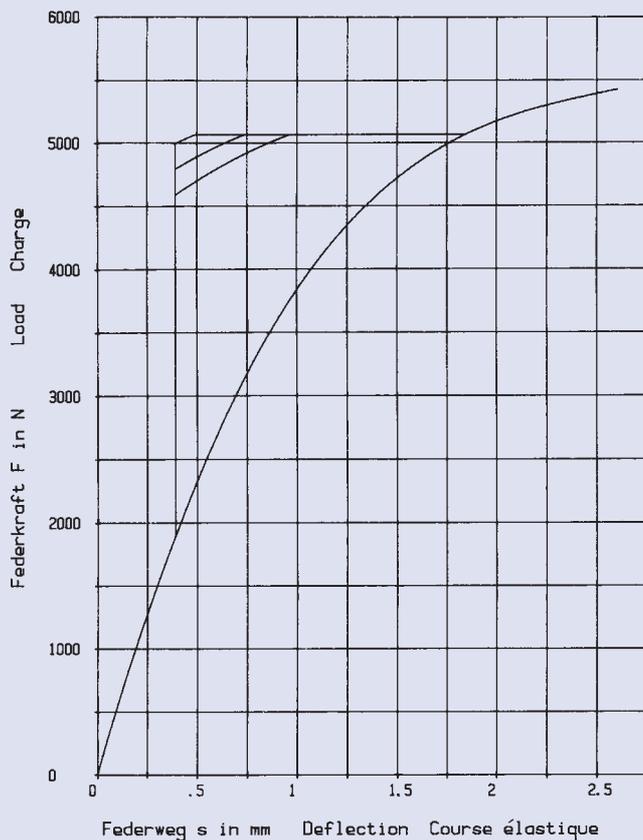


$h_0 = 1,4 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,728$
 $t = 5,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 14$
 $h_0/t = 0,28$ $m = 100,485 \text{ g}$



71 x 36 x 2,0

GR 2, DIN 2093 – C 71

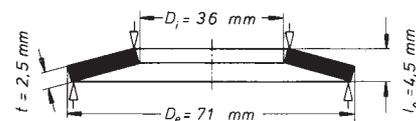
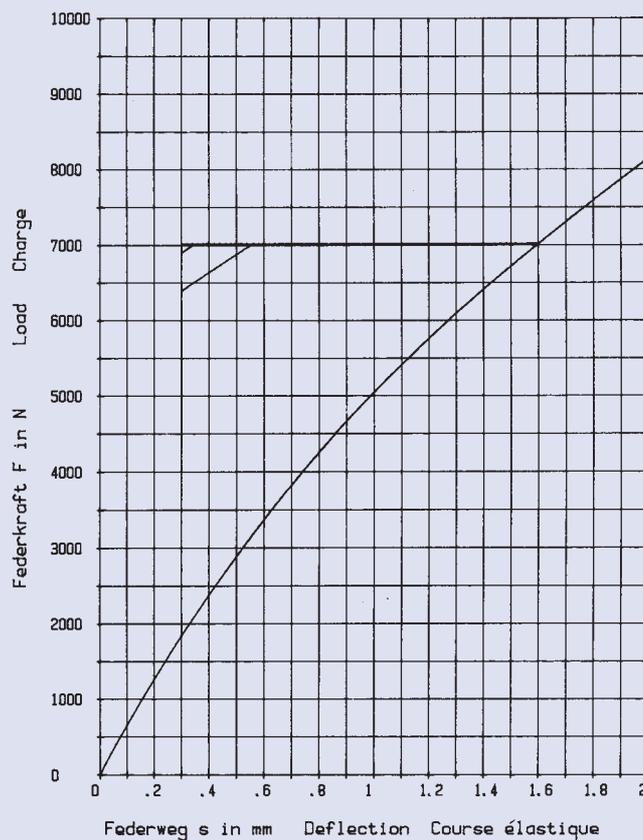


$h_0 = 2,6 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,972$
 $t = 2,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 35,5$
 $h_0/t = 1,3$ $m = 46,177 \text{ g}$

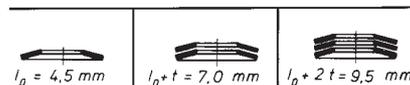


71 x 36 x 2,5

GR 2, DIN 2093 – B 71

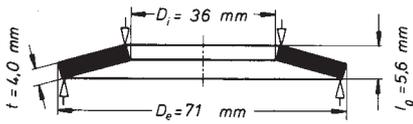


$h_0 = 2,0 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,972$
 $t = 2,5 \text{ mm}$ $D_e/t = 28,4$
 $h_0/t = 0,8$ $m = 57,722 \text{ g}$

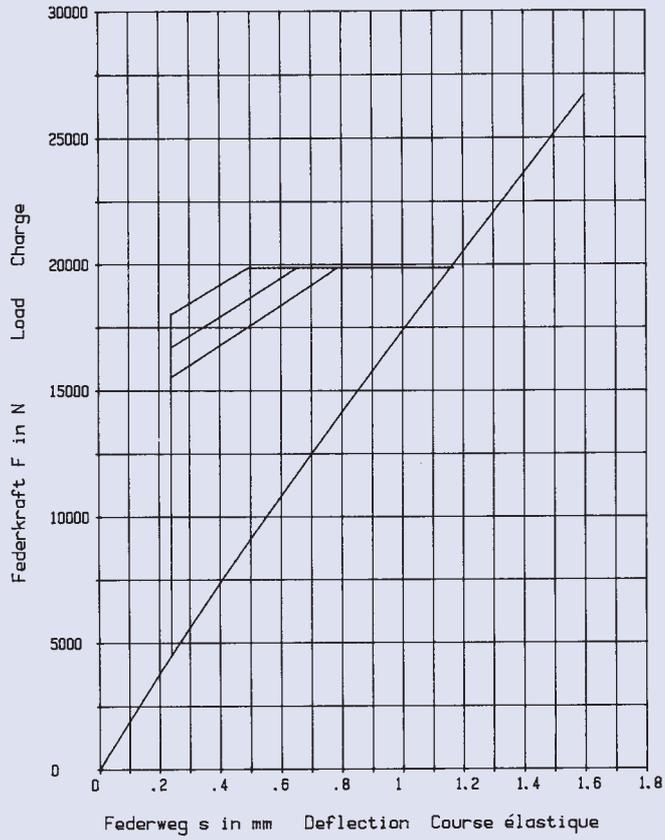
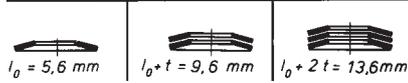


71 x 36 x 4,0

GR 2, DIN 2093 – A 71

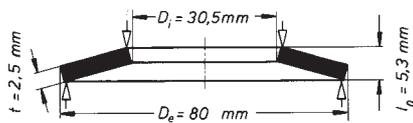


$h_0 = 1,6 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,972$
 $t = 4,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 17,75$
 $h_0/t = 0,4$ $m = 92,355 \text{ g}$

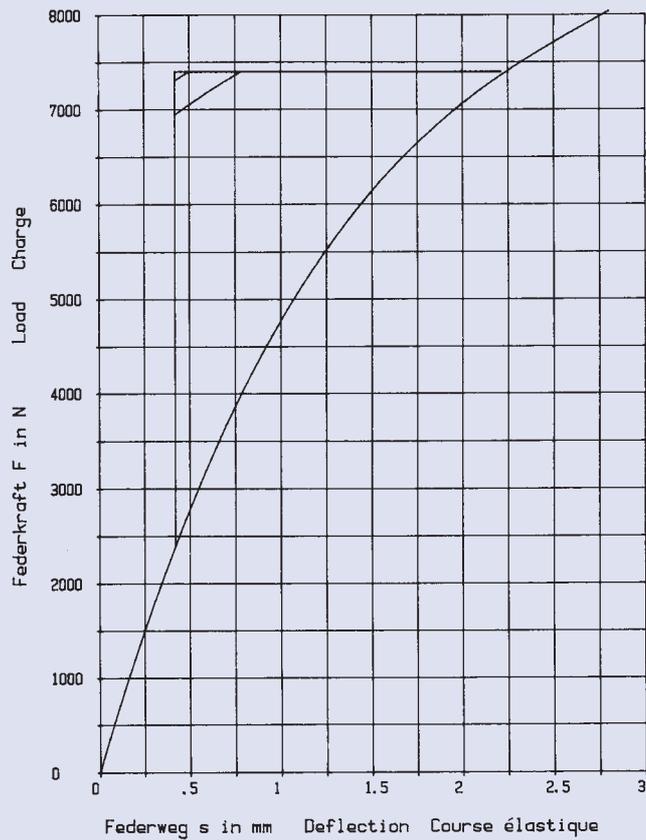
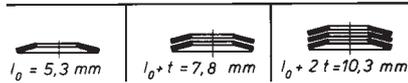


80 x 30,5 x 2,5

GR 2

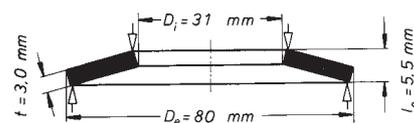
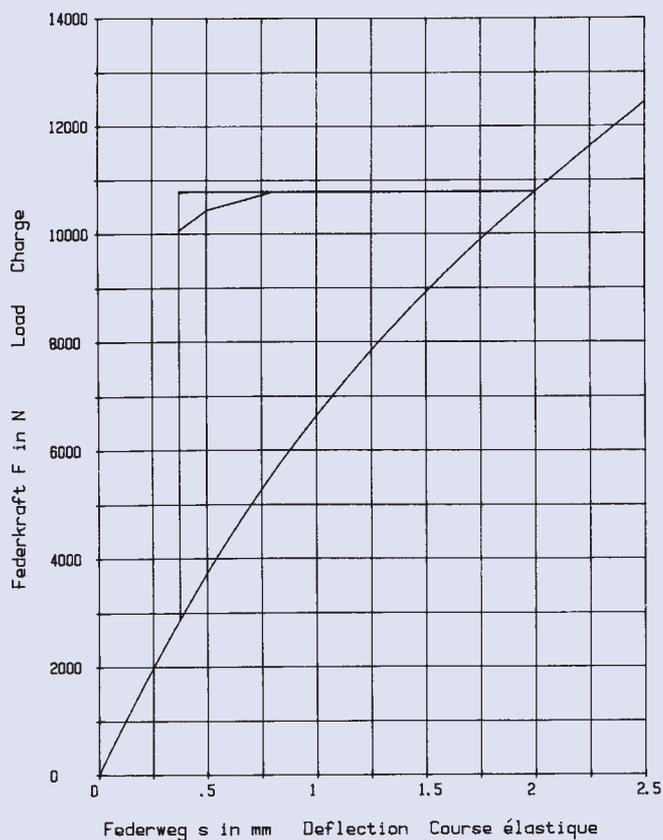


$h_0 = 2,8 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,622$
 $t = 2,5 \text{ mm}$ $D_e/t = 32$
 $h_0/t = 1,12$ $m = 84,305 \text{ g}$

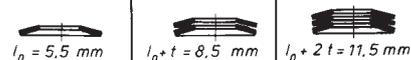


80 x 31 x 3,0

GR 2

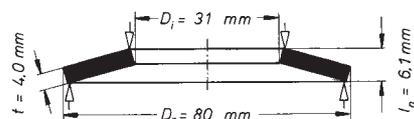
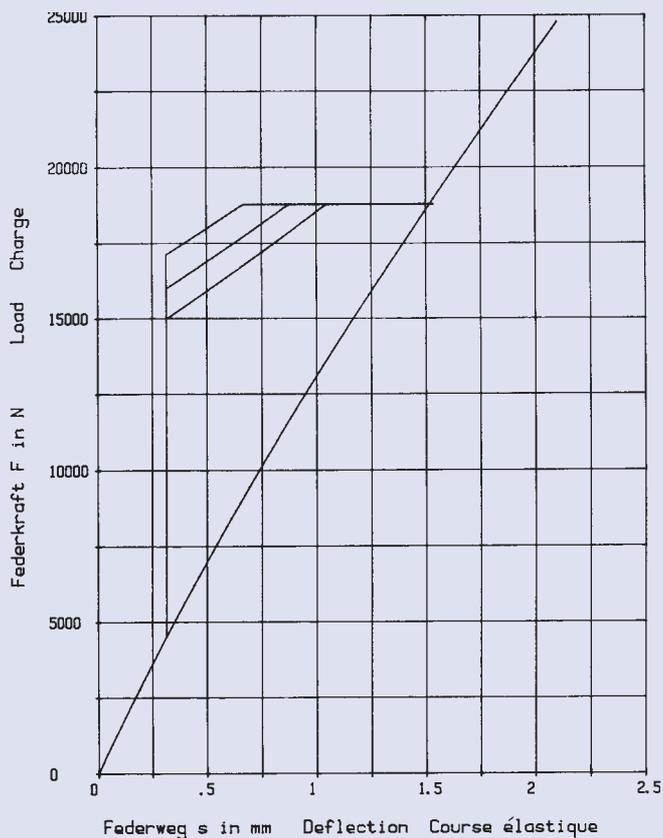


$h_0 = 2,5 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,58$
 $t = 3,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 26,666$
 $h_0/t = 0,833$ $m = 100,60 \text{ g}$

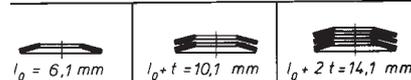


80 x 31 x 4,0

GR 2

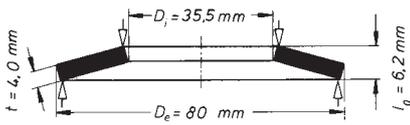


$h_0 = 2,1 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,58$
 $t = 4,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 20$
 $h_0/t = 0,525$ $m = 134,13 \text{ g}$

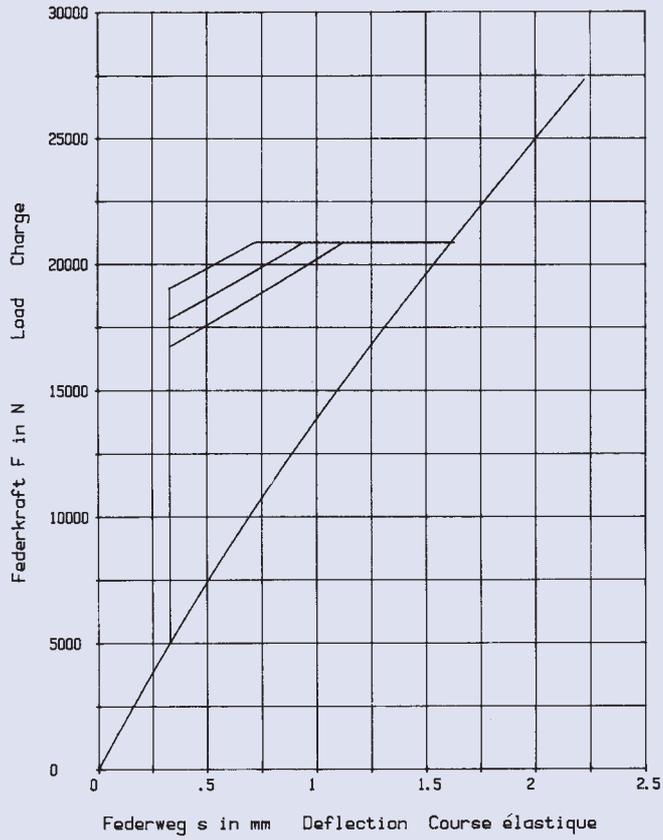
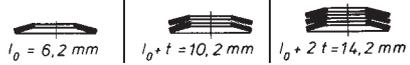


80 x 35,5 x 4,0

GR 2

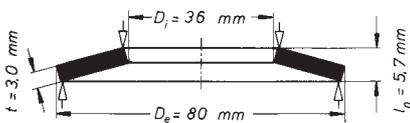


$h_0 = 2,2 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,253$
 $t = 4,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 20$
 $h_0/t = 0,55$ $m = 126,75 \text{ g}$

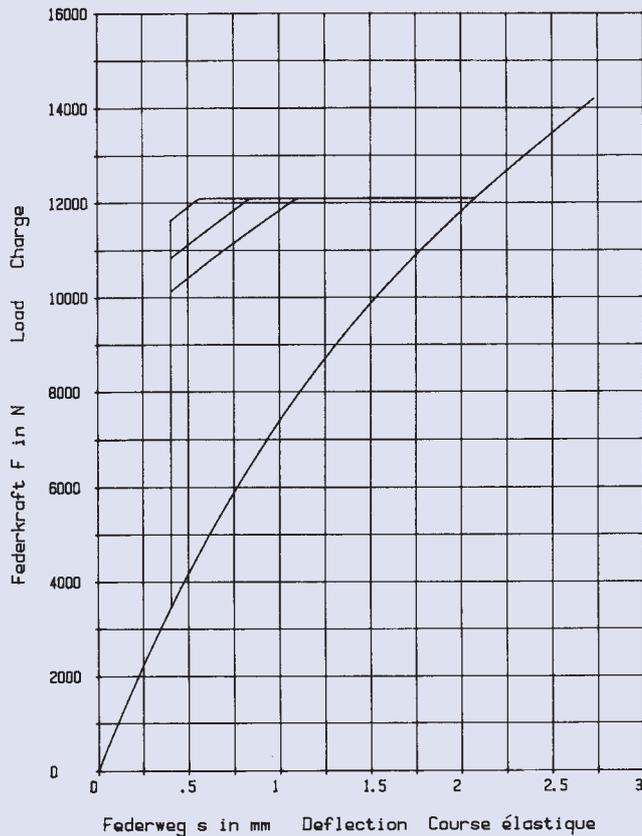
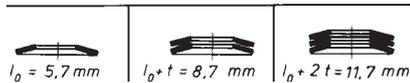


80 x 36 x 3,0

GR 2

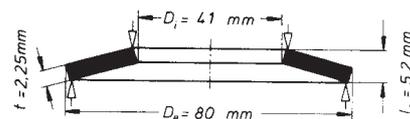
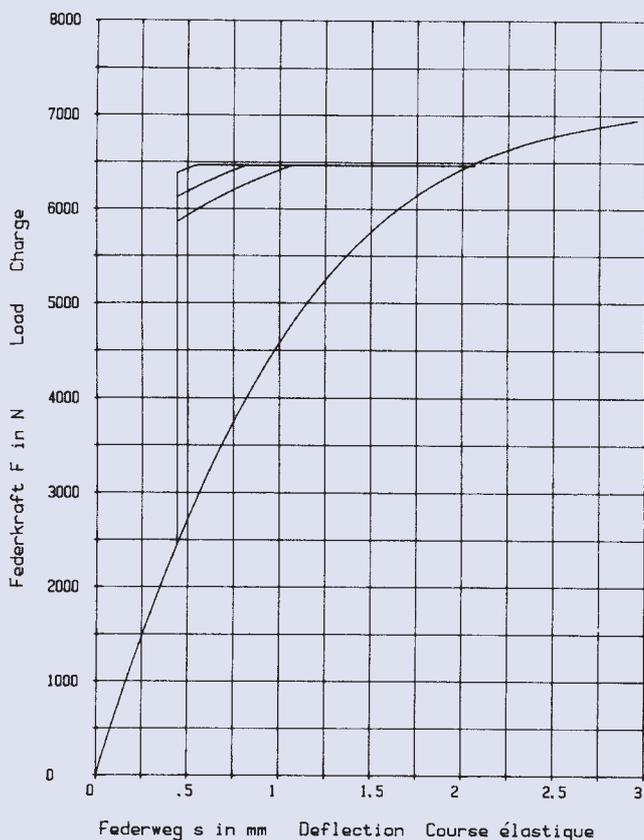


$h_0 = 2,7 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,222$
 $t = 3,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 26,666$
 $h_0/t = 0,9$ $m = 94,401 \text{ g}$



80 x 41 x 2,25

GR 2, DIN 2093 – C 80

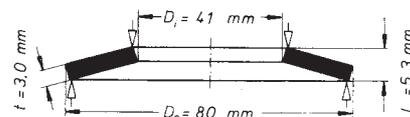
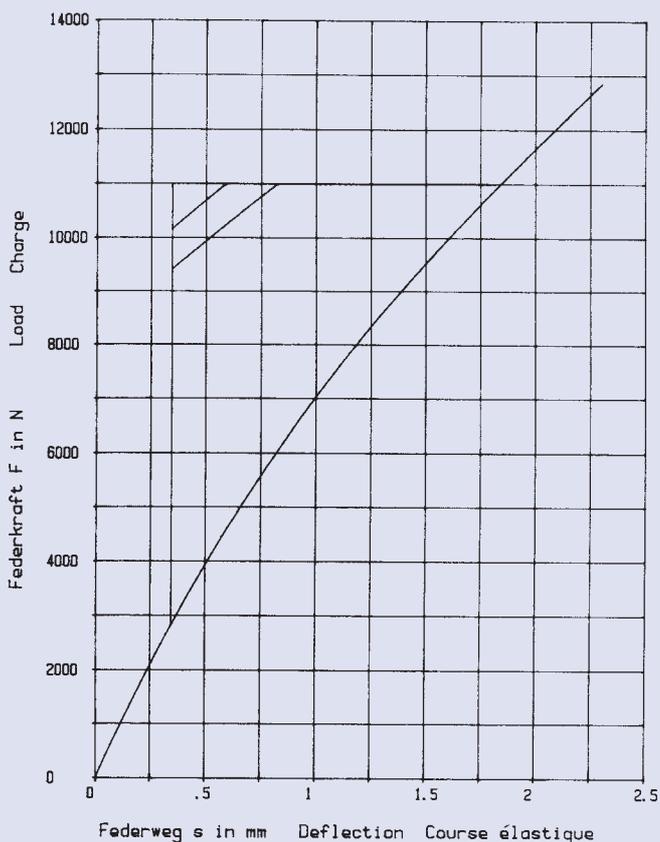


$h_0 = 2,95 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,951$
 $t = 2,25 \text{ mm}$ $D_e/t = 35,555$
 $h_0/t = 1,311$ $m = 65,460 \text{ g}$

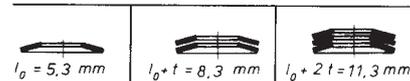


80 x 41 x 3,0

GR 2, DIN 2093 – B 80

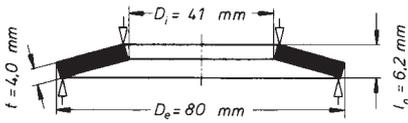


$h_0 = 2,3 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,951$
 $t = 3,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 26,666$
 $h_0/t = 0,766$ $m = 87,281 \text{ g}$

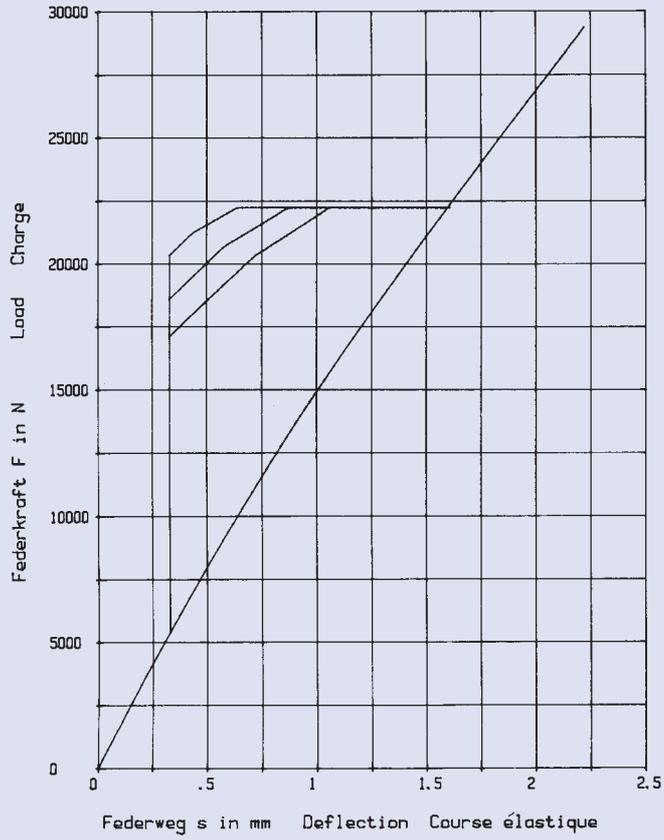
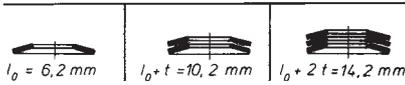


80 x 41 x 4,0

GR 2

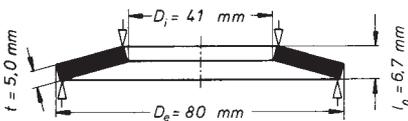


$h_0 = 2,2 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,951$
 $t = 4,0 \text{ mm}$ $D_e / t = 20$
 $h_0 / t = 0,55$ $m = 116,374 \text{ g}$

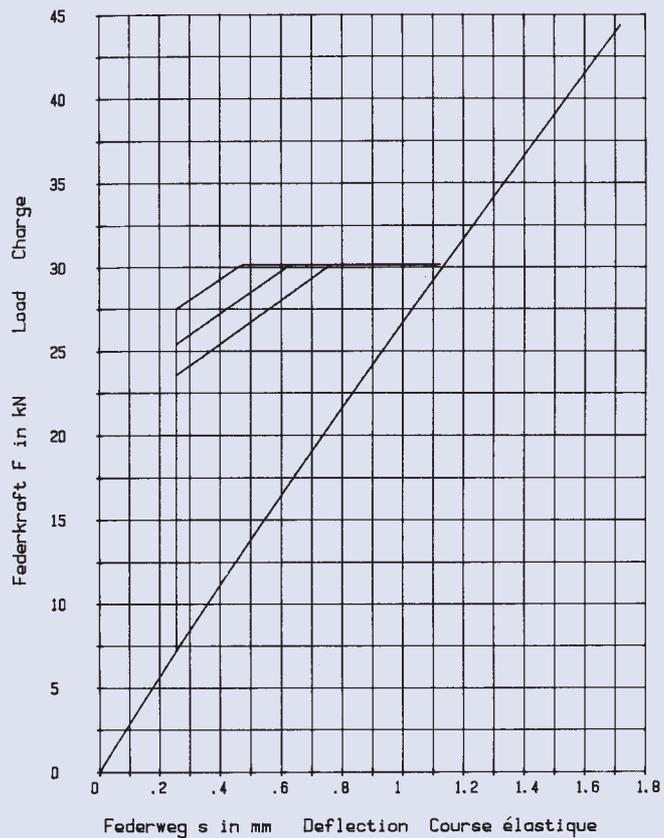
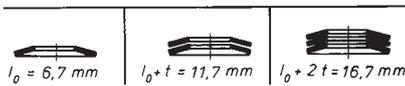


80 x 41 x 5,0

GR 2, DIN 2093 – A 80

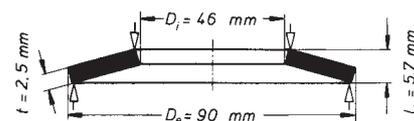
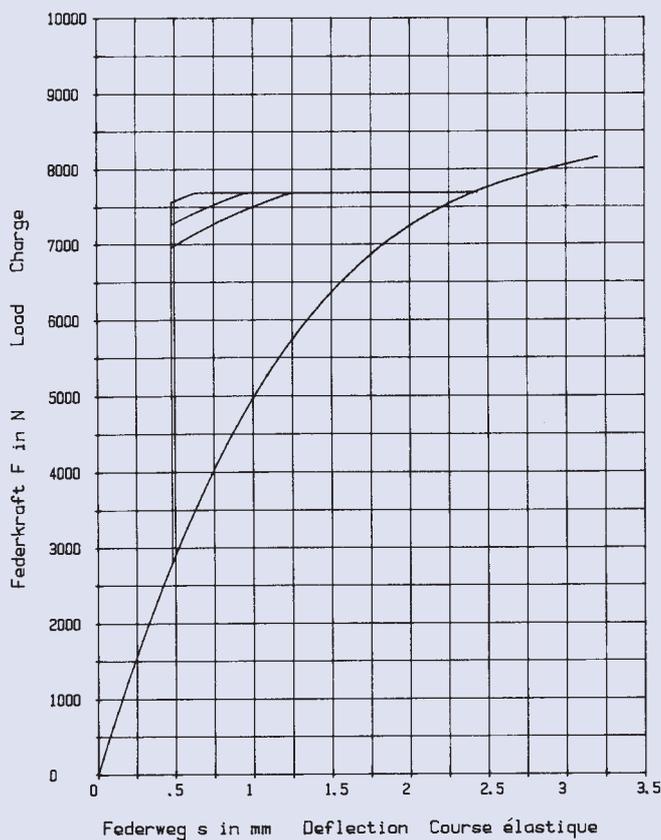


$h_0 = 1,7 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,951$
 $t = 5,0 \text{ mm}$ $D_e / t = 16$
 $h_0 / t = 0,34$ $m = 145,468 \text{ g}$



90 x 46 x 2,5

GR 2, DIN 2093 – C 90

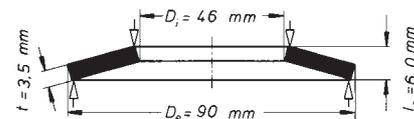
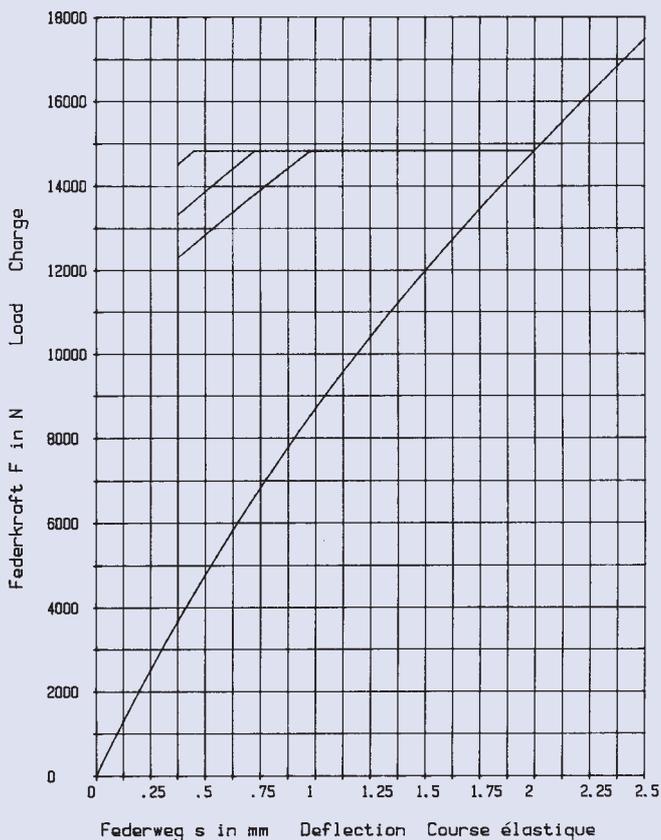


$h_0 = 3,2 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,956$
 $t = 2,5 \text{ mm}$ $D_e/t = 36$
 $h_0/t = 1,28$ $m = 92,231 \text{ g}$

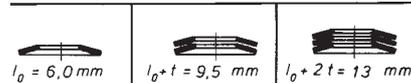


90 x 46 x 3,5

GR 2, DIN 2093 – B 90

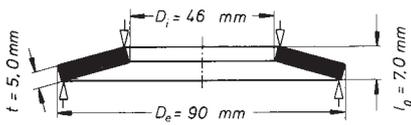


$h_0 = 2,5 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,956$
 $t = 3,5 \text{ mm}$ $D_e/t = 25,714$
 $h_0/t = 0,714$ $m = 129,124 \text{ g}$

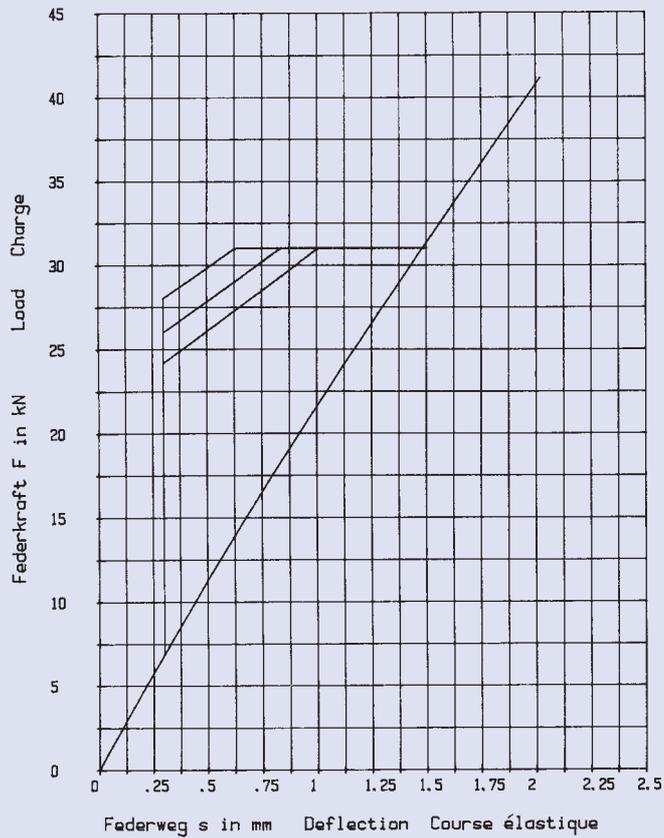
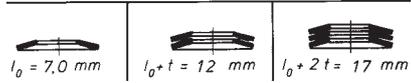


90 x 46 x 5,0

GR 2, DIN 2093 – A 90

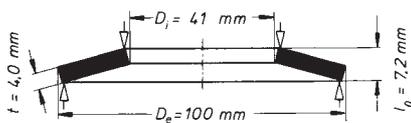


$h_0 = 2,0 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,956$
 $t = 5,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 18$
 $h_0/t = 0,4$ $m = 184,463 \text{ g}$

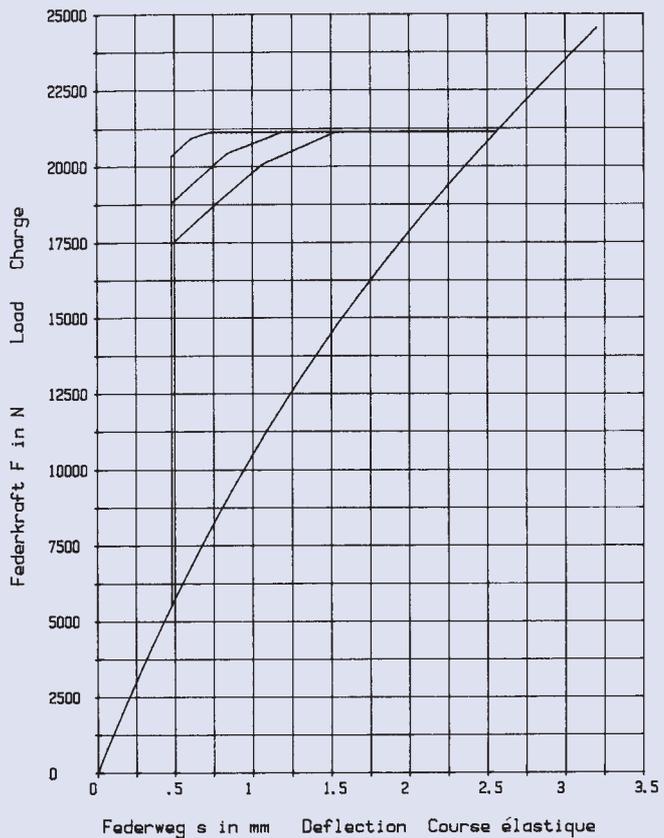
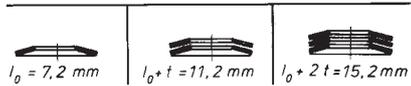


100 x 41 x 4,0

GR 2

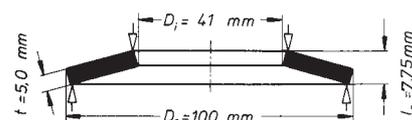


$h_0 = 3,2 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,439$
 $t = 4,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 25$
 $h_0/t = 0,8$ $m = 205,153 \text{ g}$

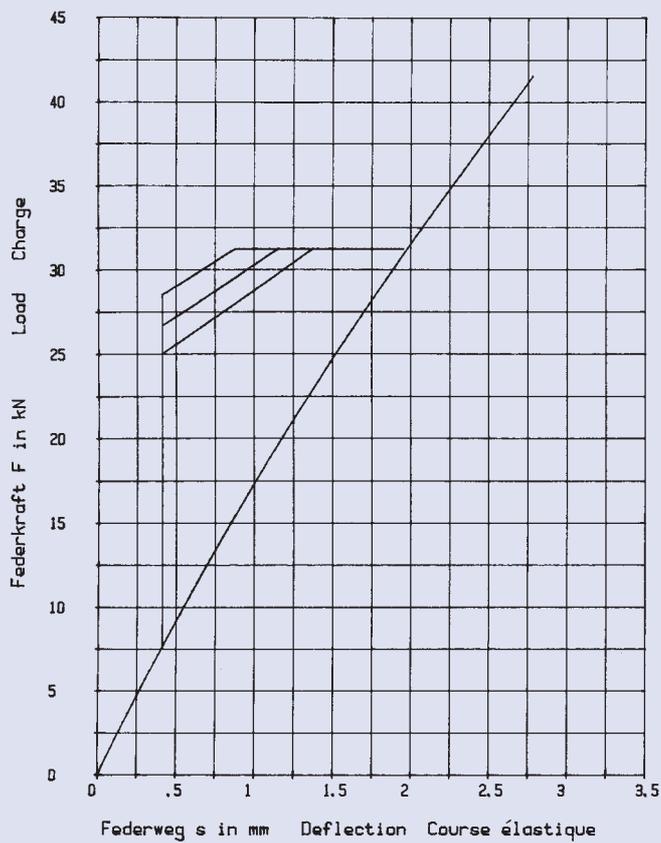


100 x 41 x 5,0

GR 2

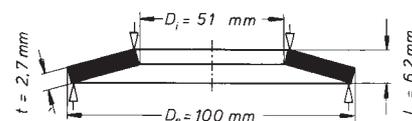


$h_0 = 2,75 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,439$
 $t = 5,0 \text{ mm}$ $D_e / t = 20$
 $h_0 / t = 0,55$ $m = 256,441 \text{ g}$

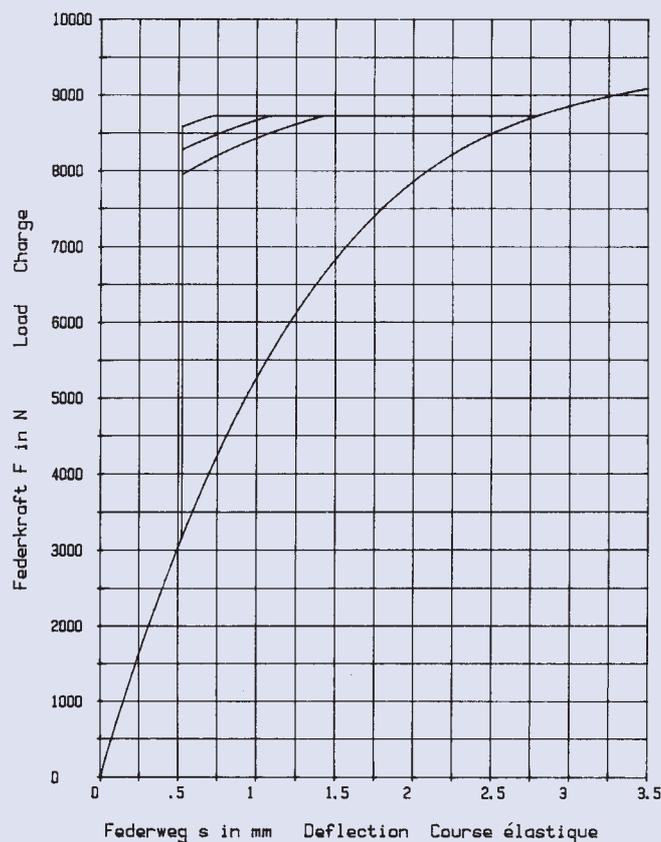


100 x 51 x 2,7

GR 2, DIN 2093 – C 100

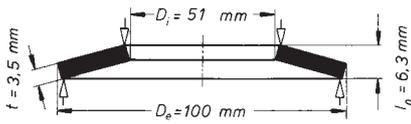


$h_0 = 3,5 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,96$
 $t = 2,7 \text{ mm}$ $D_e / t = 37,037$
 $h_0 / t = 1,296$ $m = 123,164 \text{ g}$

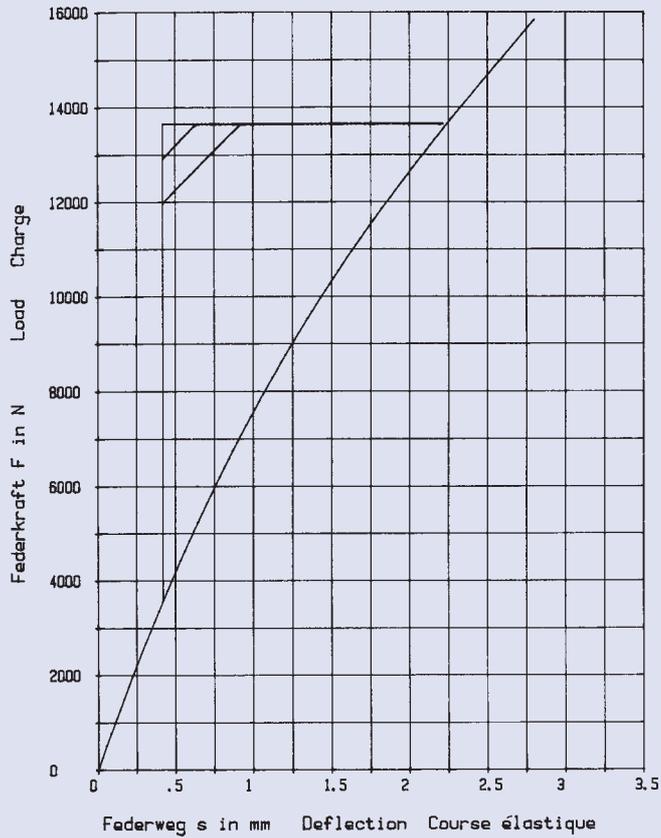
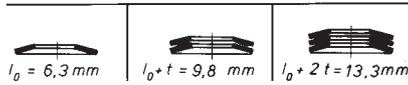


100 x 51 x 3,5

GR 2, DIN 2093 – B 100

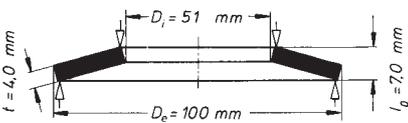


$h_0 = 2.8 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1.96$
 $t = 3.5 \text{ mm}$ $D_e / t = 28.571$
 $h_0 / t = 0.8$ $m = 159.657 \text{ g}$

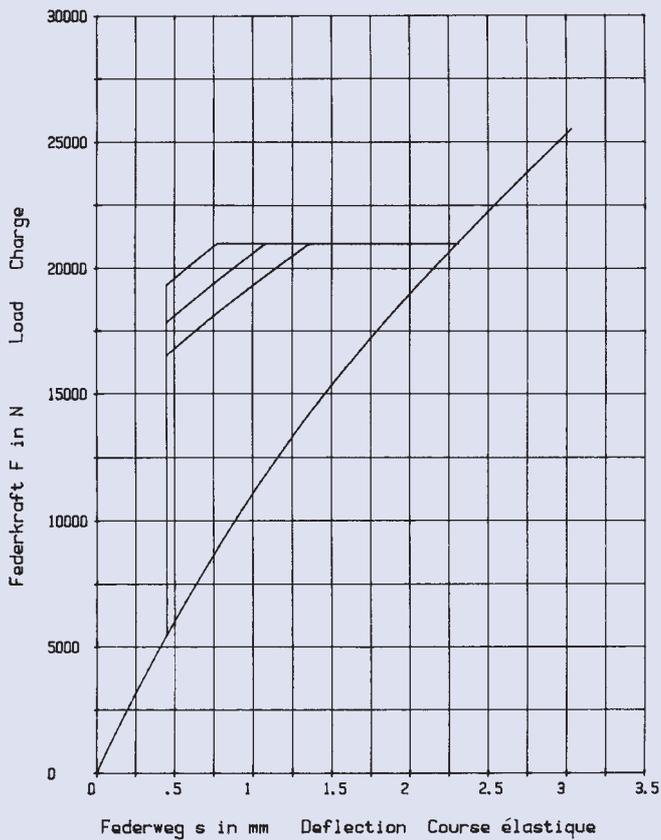
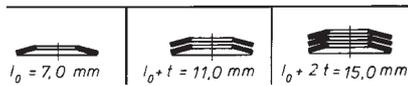


100 x 51 x 4,0

GR 2

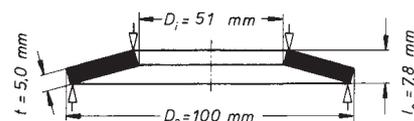
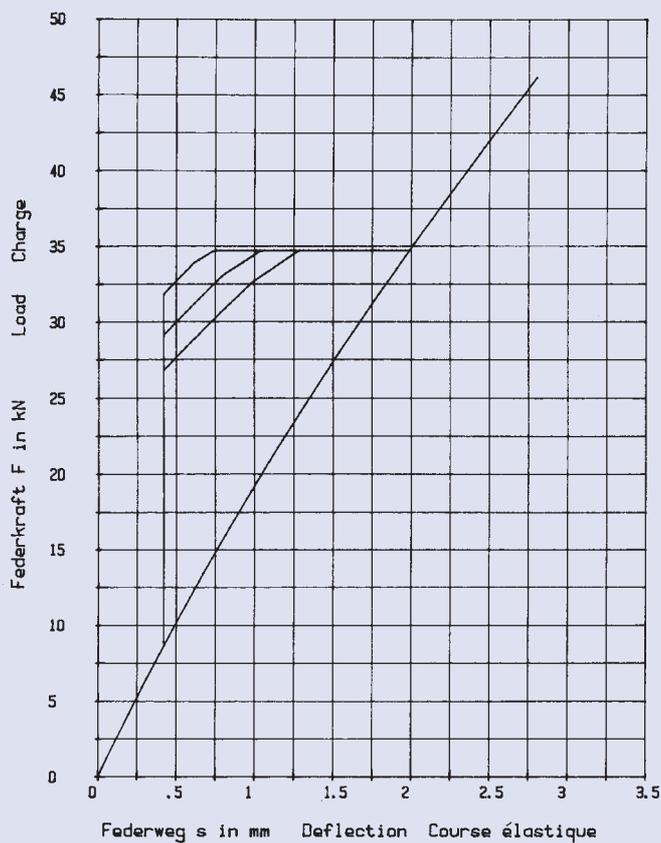


$h_0 = 3.0 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1.96$
 $t = 4.0 \text{ mm}$ $D_e / t = 25$
 $h_0 / t = 0.75$ $m = 182.465 \text{ g}$



100 x 51 x 5,0

GR 2

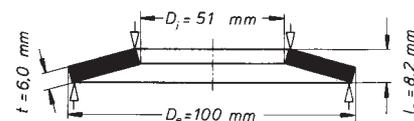
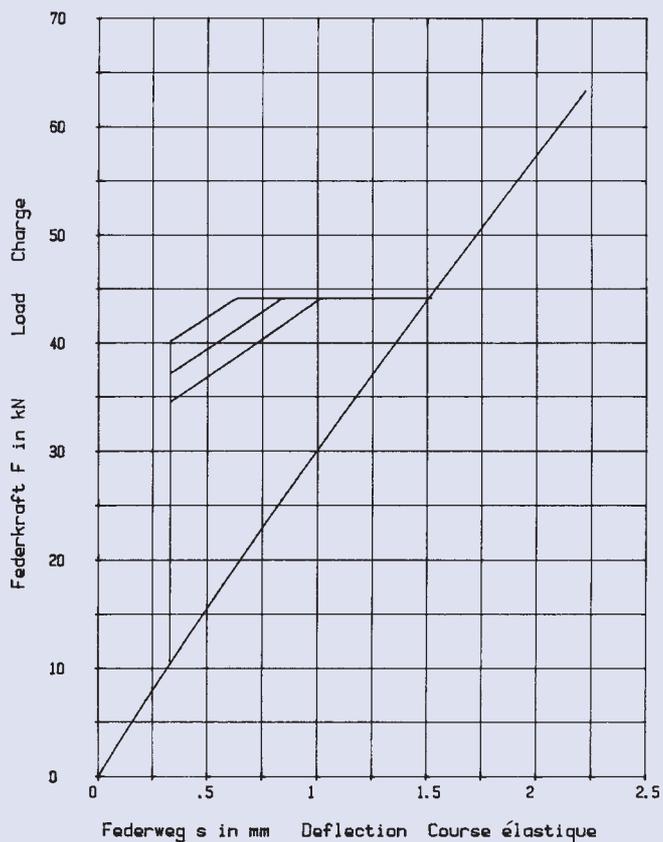


$h_0 = 2,8 \text{ mm}$ $D_e/D_1 = 1,96$
 $t = 5,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 20$
 $h_0/t = 0,56$ $m = 228,081 \text{ g}$

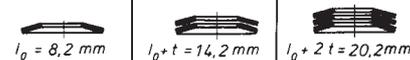


100 x 51 x 6,0

GR 2, DIN 2093 – A 100

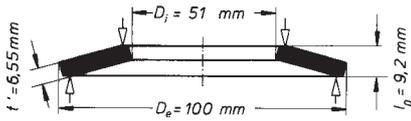


$h_0 = 2,2 \text{ mm}$ $D_e/D_1 = 1,96$
 $t = 6,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 16,666$
 $h_0/t = 0,366$ $m = 273,698 \text{ g}$

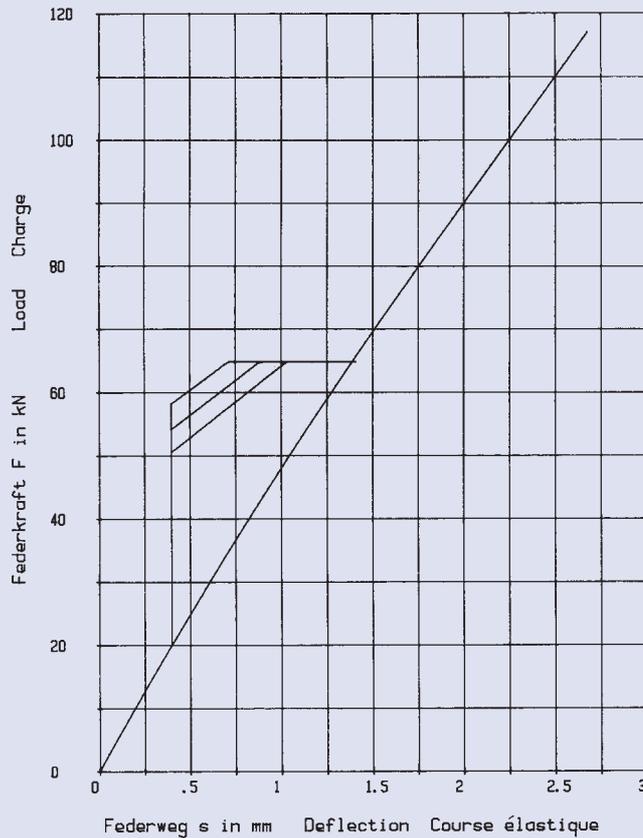
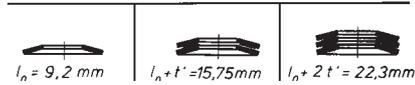


100 x 51 x 7,0

GR 3

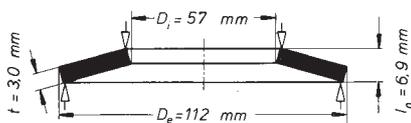


$h_0 = 2,2 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,96$ $h'_0 = 2,65 \text{ mm}$
 $t = 7,0 \text{ mm}$ $D_e / t = 14,285$ $t' / t = 0,935$
 $h_0 / t = 0,314$ $m = 298,79 \text{ g}$ $h'_0 / t' = 0,405$

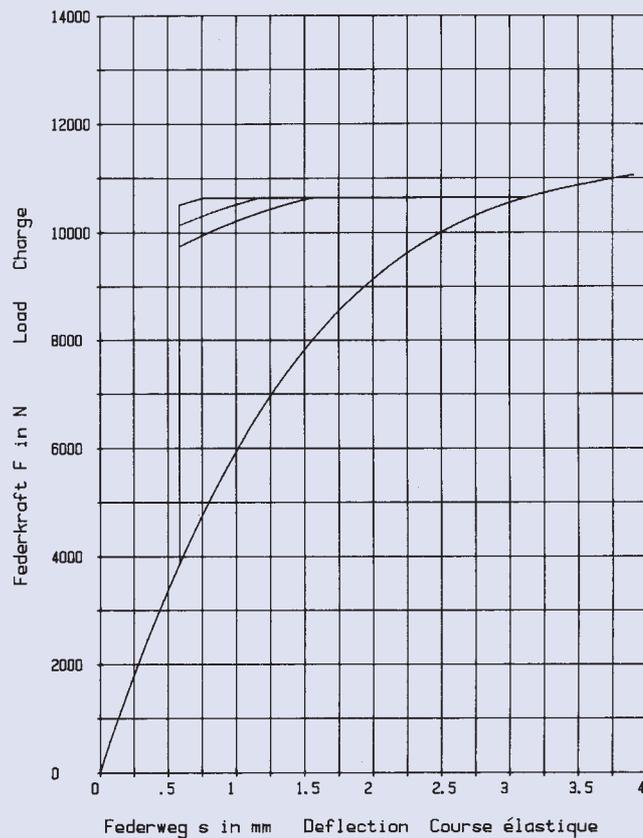
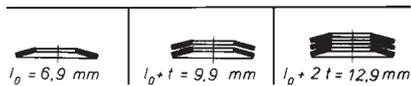


112 x 57 x 3,0

GR 2, DIN 2093 – C 112

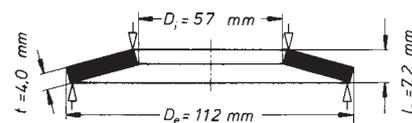


$h_0 = 3,9 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,964$
 $t = 3,0 \text{ mm}$ $D_e / t = 37,333$
 $h_0 / t = 1,3$ $m = 171,917 \text{ g}$

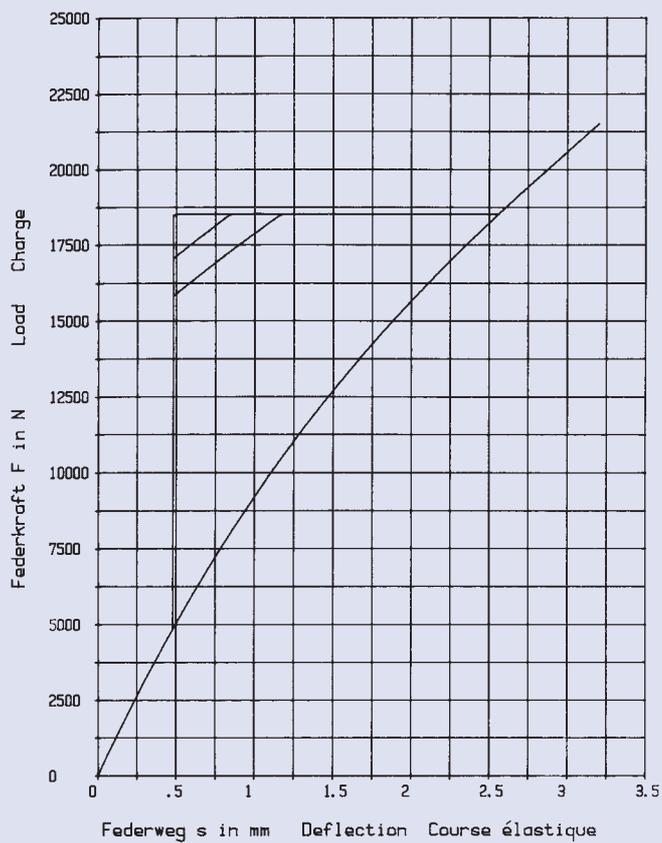


112 x 57 x 4,0

GR 2, DIN 2093 – B 112

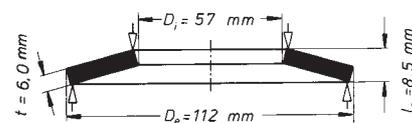


$h_0 = 3,2 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,964$
 $t = 4,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 28$
 $h_0/t = 0,8$ $m = 229,222 \text{ g}$

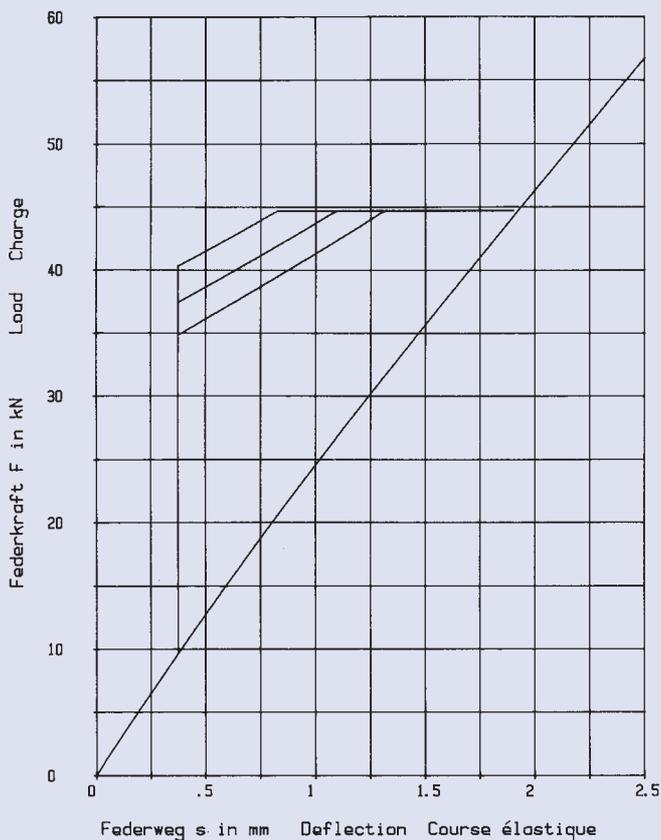
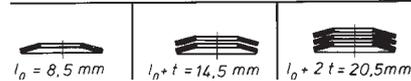


112 x 57 x 6,0

GR 2, DIN 2093 – A 112

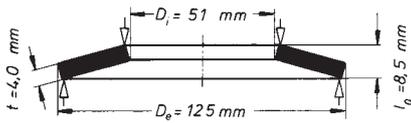


$h_0 = 2,5 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,964$
 $t = 6,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 18,666$
 $h_0/t = 0,416$ $m = 343,833 \text{ g}$

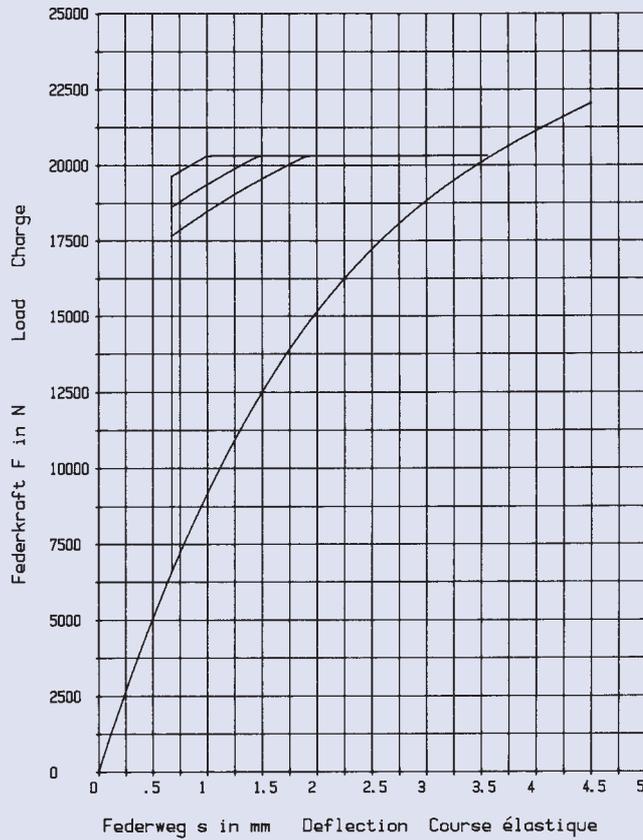
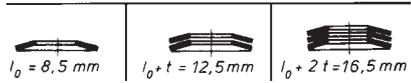


125 x 51 x 4,0

GR 2

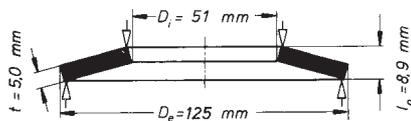


$h_0 = 4,5 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,45$
 $t = 4,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 31,25$
 $h_0/t = 1,125$ $m = 321,18 \text{ g}$

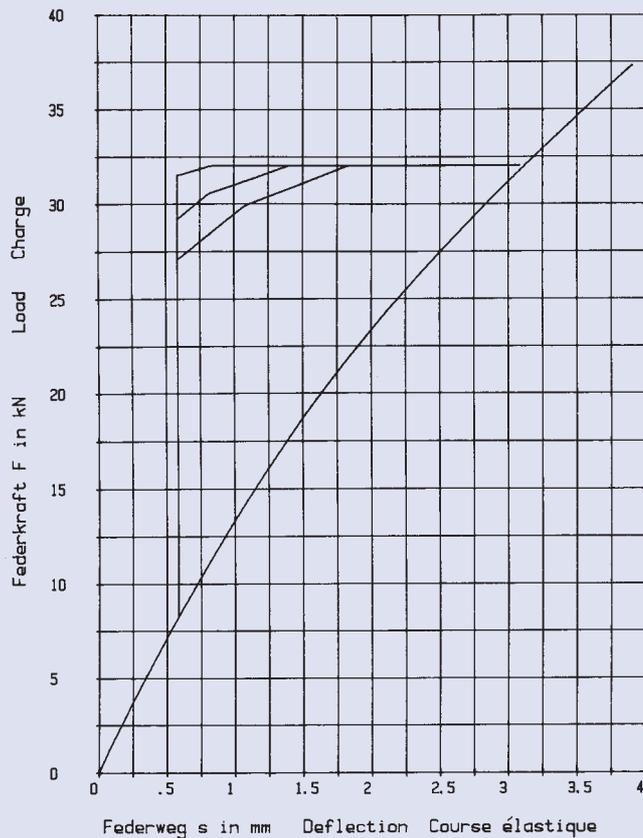
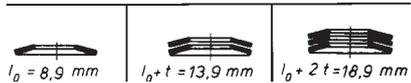


125 x 51 x 5,0

GR 2

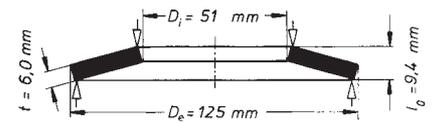
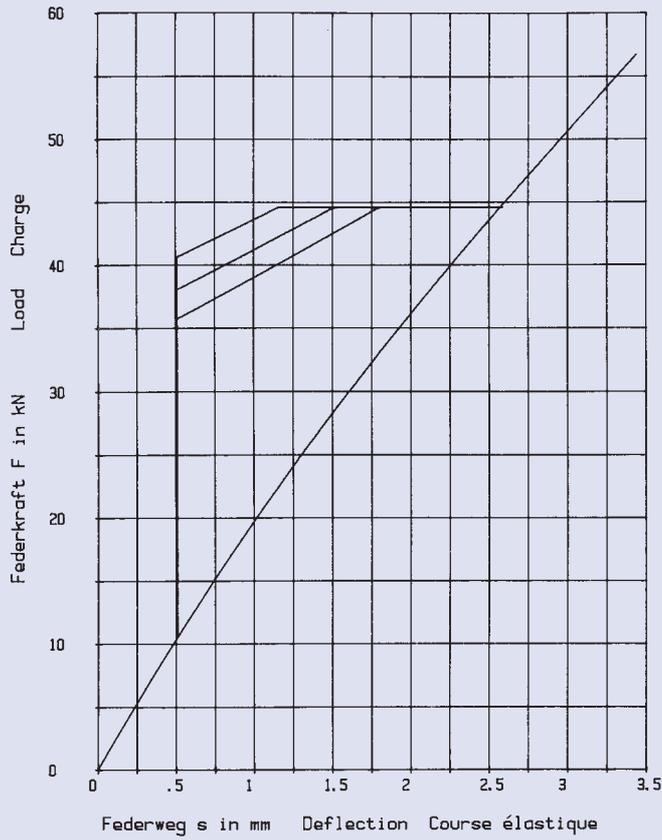


$h_0 = 3,9 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,45$
 $t = 5,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 25$
 $h_0/t = 0,78$ $m = 401,478 \text{ g}$



125 x 51 x 6,0

GR 2

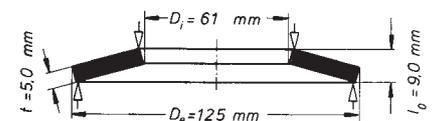
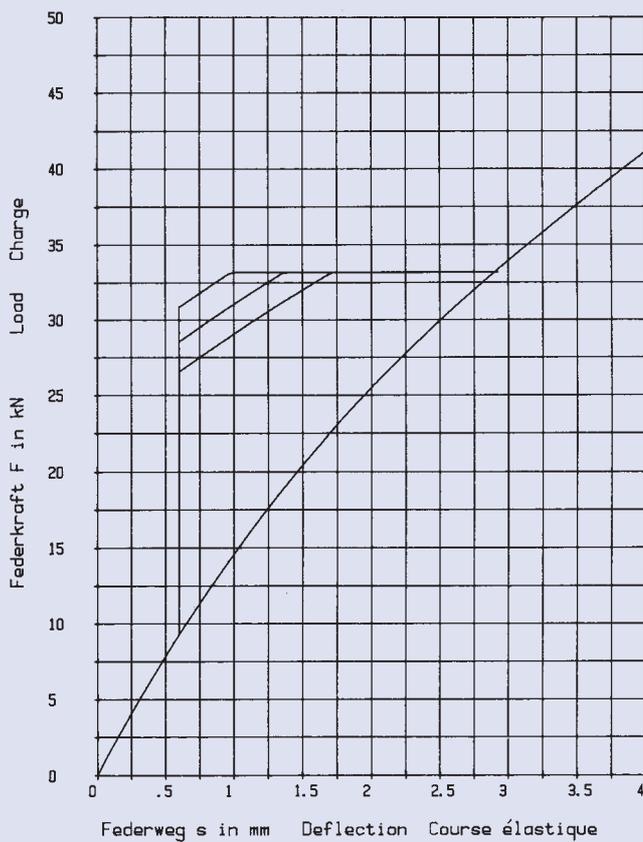


$h_0 = 3,4 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,45$
 $t = 6,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 20,833$
 $h_0/t = 0,566$ $m = 481,773 \text{ g}$

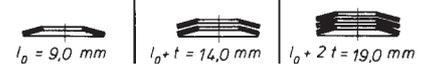


125 x 61 x 5,0

GR 2

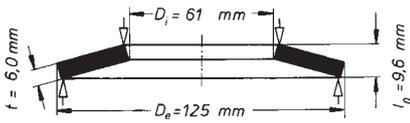


$h_0 = 4,0 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,049$
 $t = 5,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 25$
 $h_0/t = 0,8$ $m = 366,953 \text{ g}$

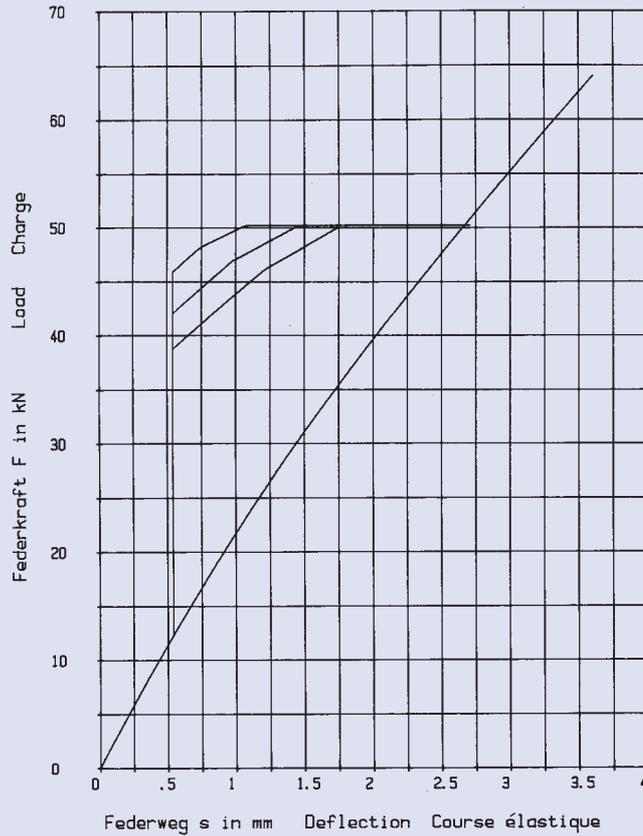
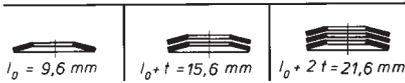


125 x 61 x 6,0

GR 2

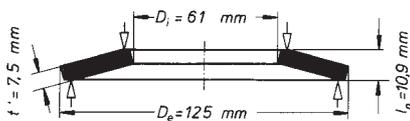


$h_0 = 3,6 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,049$
 $t = 6,0 \text{ mm}$ $D_e / t = 20,833$
 $h_0 / t = 0,6$ $m = 440,343 \text{ g}$

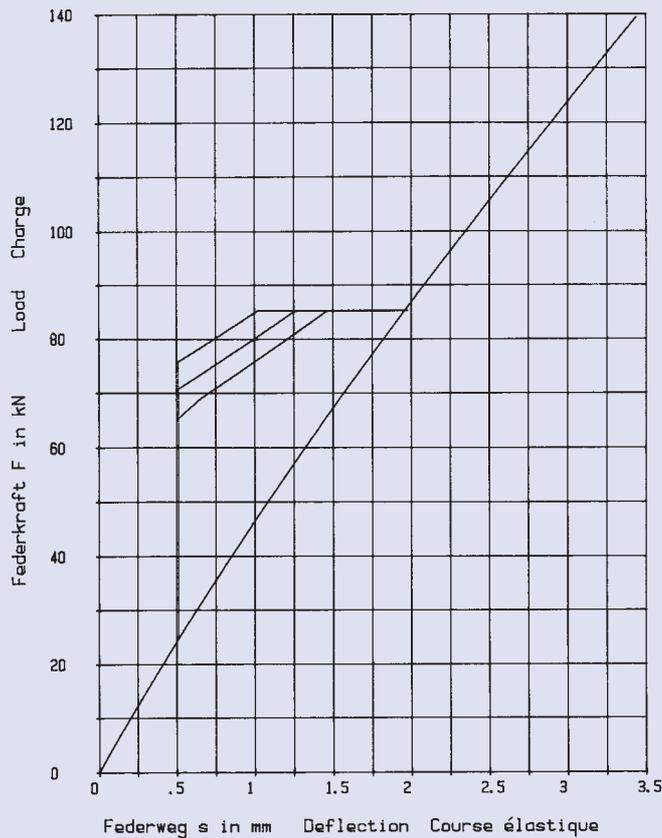


125 x 61 x 8,0

GR 3

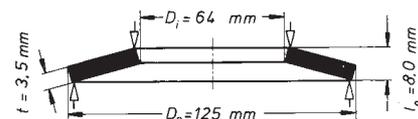
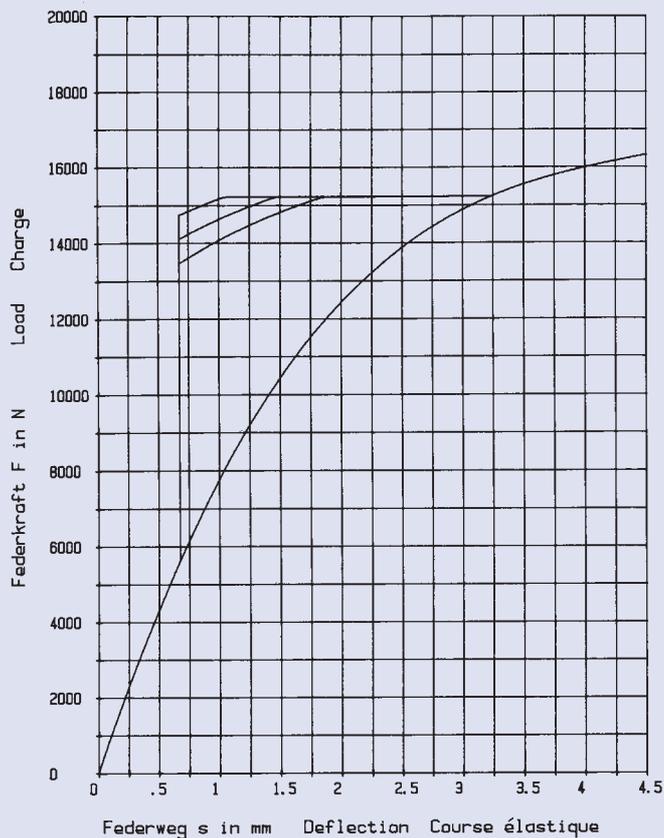


$h_0 = 2,9 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,049$ $h'_0 = 3,4 \text{ mm}$
 $t = 8,0 \text{ mm}$ $D_e / t = 15,625$ $t' / t = 0,937$
 $h_0 / t = 0,362$ $m = 550,43 \text{ g}$ $h'_0 / t' = 0,453$



125 x 64 x 3,5

GR 2, DIN 2093 – C 125

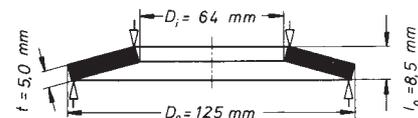
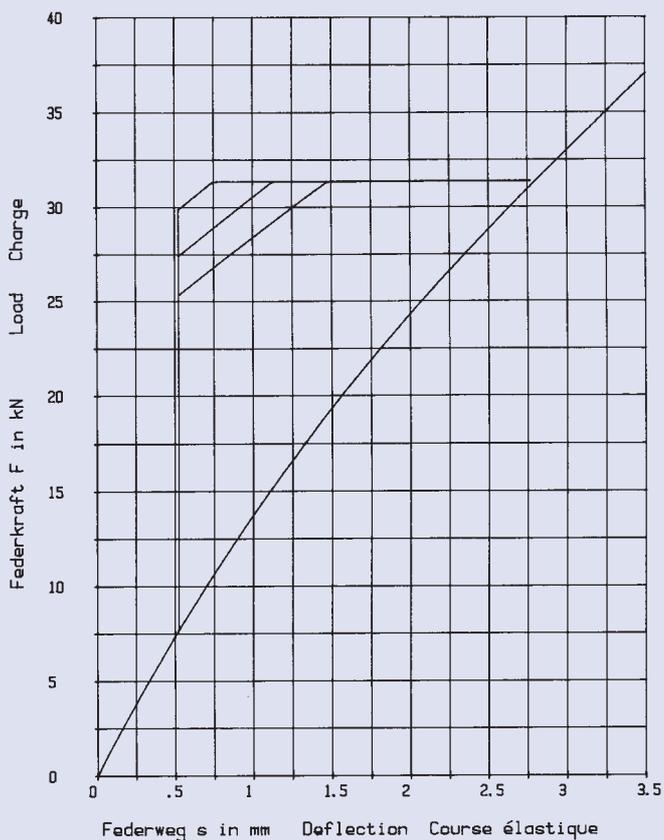


$h_0 = 4,5 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,953$
 $t = 3,5 \text{ mm}$ $D_e/t = 35,714$
 $h_0/t = 1,285$ $m = 248,775 \text{ g}$



125 x 64 x 5,0

GR 2, DIN 2093 – B 125

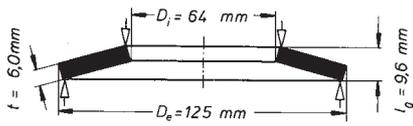


$h_0 = 3,5 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,953$
 $t = 5,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 25$
 $h_0/t = 0,7$ $m = 355,393 \text{ g}$

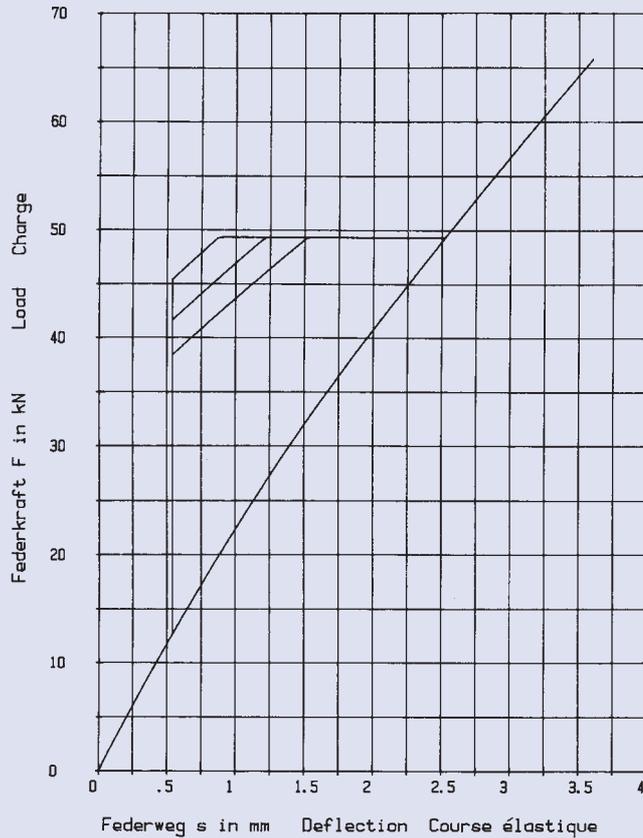


125 x 64 x 6,0

GR 2

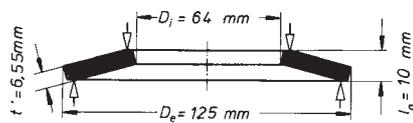


$h_0 = 3,6 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,953$
 $t = 6,0 \text{ mm}$ $D_e / t = 20,833$
 $h_0 / t = 0,6$ $m = 426,471 \text{ g}$

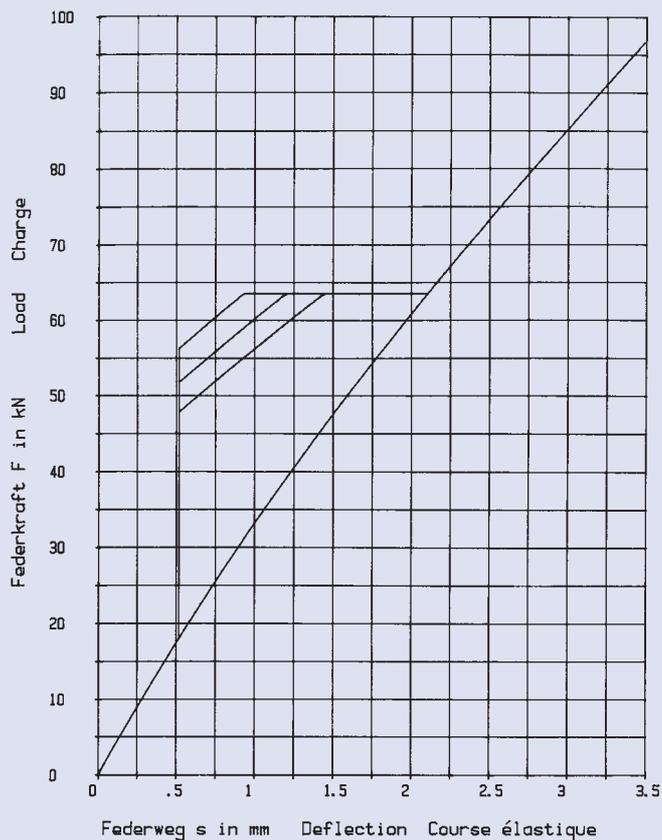


125 x 64 x 7,0

GR 3

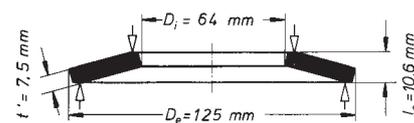


$h_0 = 3,0 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,953$ $h'_0 = 3,45 \text{ mm}$
 $t = 7,0 \text{ mm}$ $D_e / t = 17,857$ $t' / t = 0,935$
 $h_0 / t = 0,428$ $m = 465,56 \text{ g}$ $h'_0 / t' = 0,527$

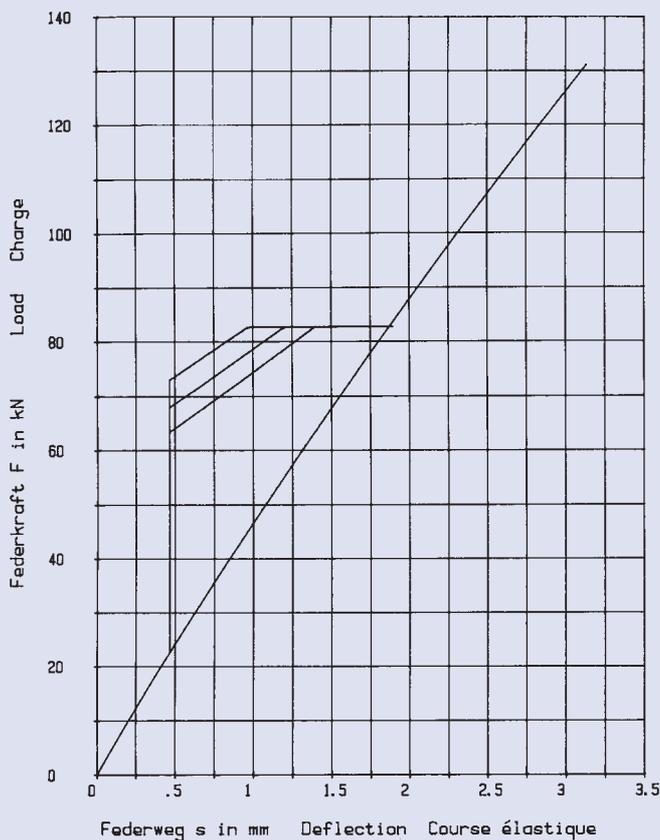


125 x 64 x 8,0

GR 3, DIN 2093 – A 125

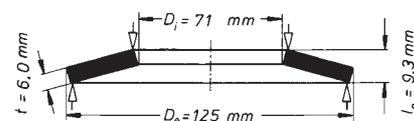


$h_0 = 2.6 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1.953$ $h'_0 = 3.1 \text{ mm}$
 $t = 8.0 \text{ mm}$ $D_e / t = 15.625$ $t' / t = 0.937$
 $h_0 / t = 0.325$ $m = 533.089 \text{ g}$ $h'_0 / t' = 0.413$

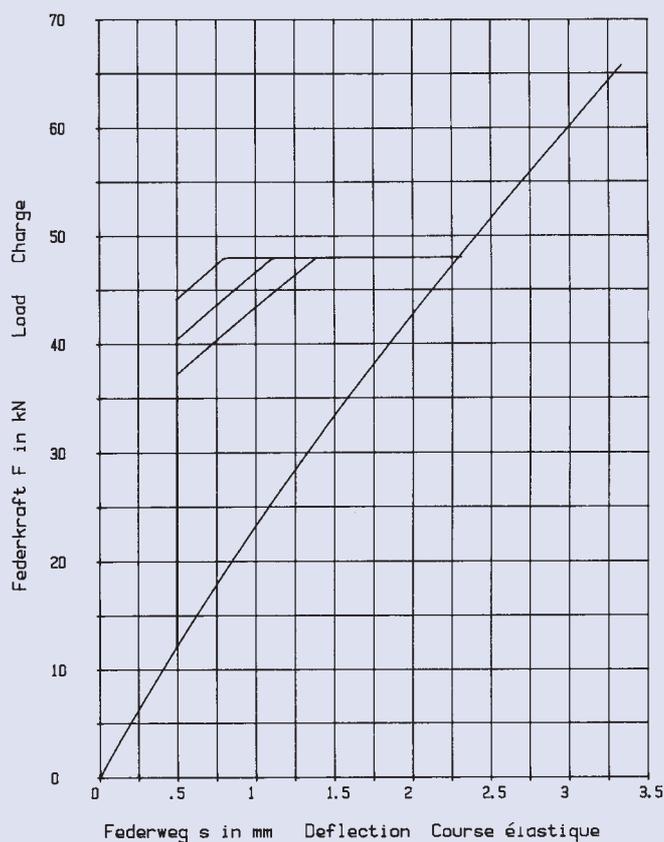
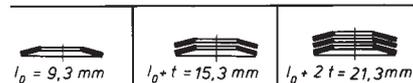


125 x 71 x 6,0

GR 2

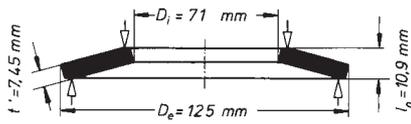


$h_0 = 3.3 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1.76$
 $t = 6.0 \text{ mm}$ $D_e / t = 20.833$
 $h_0 / t = 0.55$ $m = 391.515 \text{ g}$

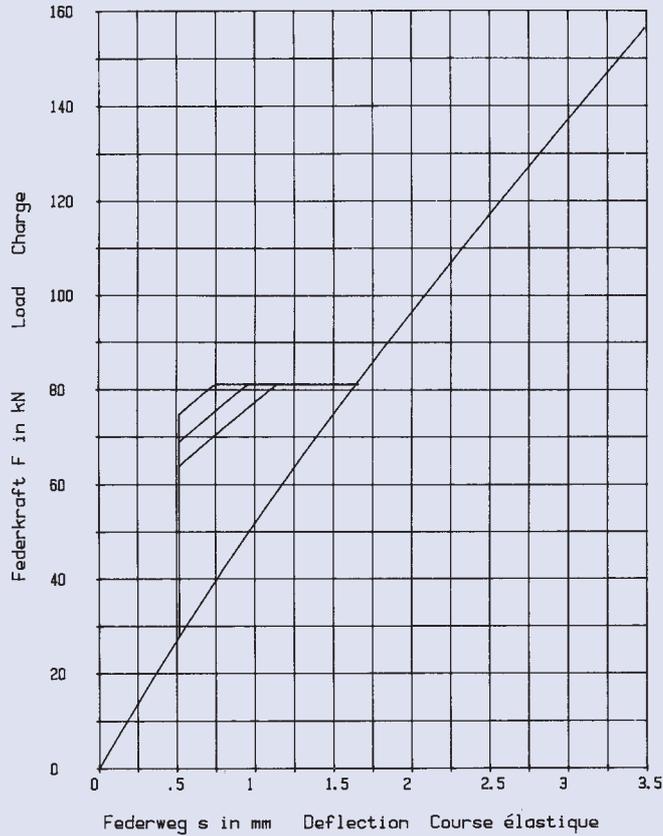
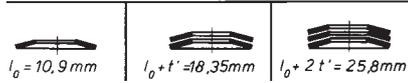


125 x 71 x 8,0

GR 3

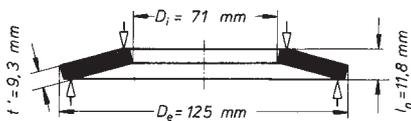


$t = 2,9 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,76$ $h'_0 = 3,45 \text{ mm}$
 $t = 8,0 \text{ mm}$ $D_e / t = 15,625$ $t' / t = 0,931$
 $l_0 / t = 0,362$ $m = 486,13 \text{ g}$ $h'_0 / t' = 0,463$

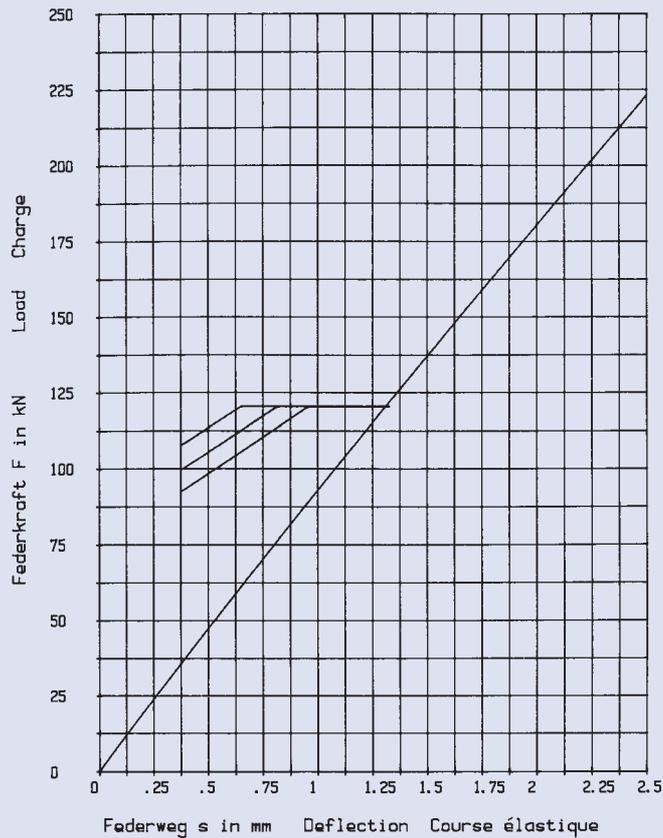
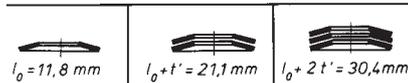


125 x 71 x 10

GR 3

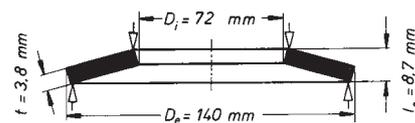
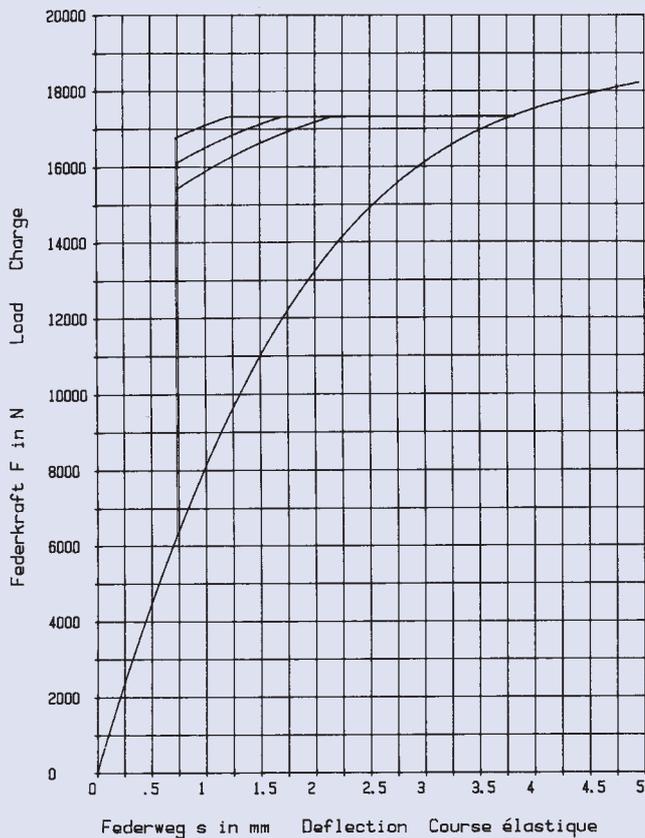


$t = 1,8 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,76$ $h'_0 = 2,5 \text{ mm}$
 $t = 10 \text{ mm}$ $D_e / t = 12,5$ $t' / t = 0,93$
 $l_0 / t = 0,18$ $m = 606,85 \text{ g}$ $h'_0 / t' = 0,269$



140 x 72 x 3,8

GR 2, DIN 2093 – C 140

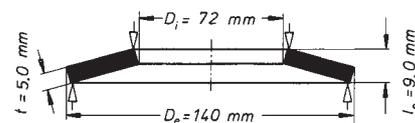
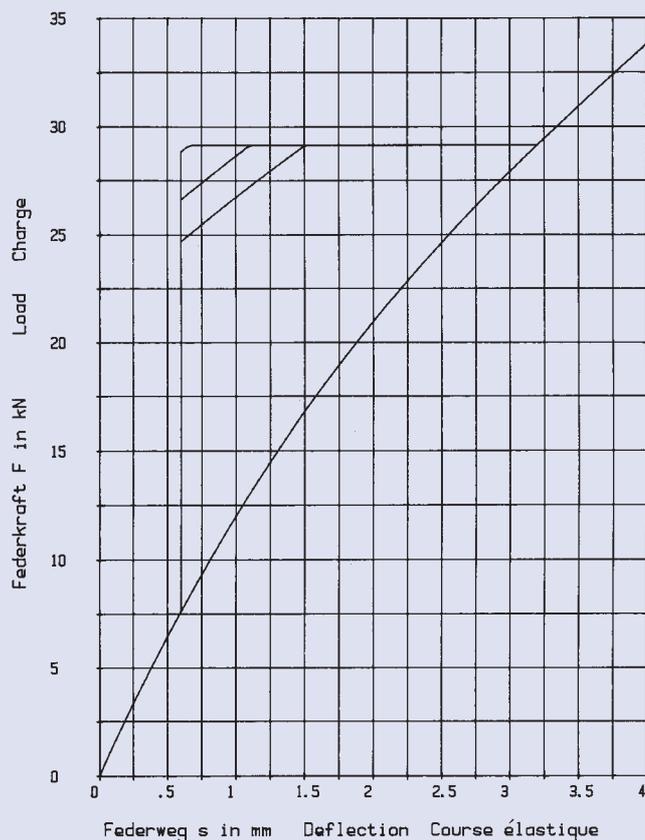


$h_0 = 4,9 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,944$
 $t = 3,8 \text{ mm}$ $D_e/t = 36,842$
 $h_0/t = 1,289$ $m = 337,734 \text{ g}$

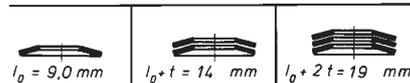


140 x 72 x 5,0

GR 2, DIN 2093 – B 140

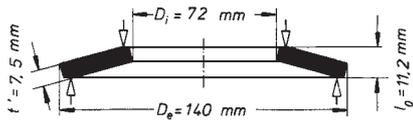


$h_0 = 4,0 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,944$
 $t = 5,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 28$
 $h_0/t = 0,8$ $m = 444,388 \text{ g}$

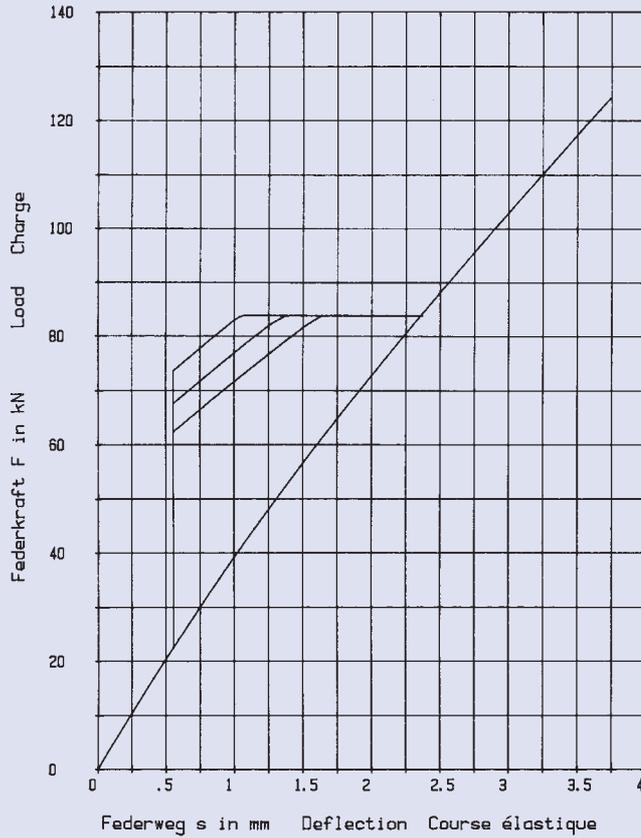
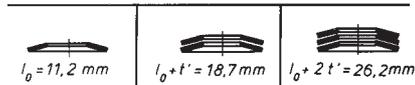


140 x 72 x 8,0

GR 3, DIN 2093 – A 140

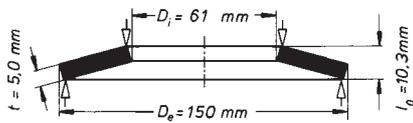


$h_0 = 3,2 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,944$ $h_0' = 3,7 \text{ mm}$
 $t = 8,0 \text{ mm}$ $D_e / t = 17,5$ $t' / t = 0,937$
 $h_0 / t = 0,4$ $m = 666,581 \text{ g}$ $h_0' / t' = 0,493$

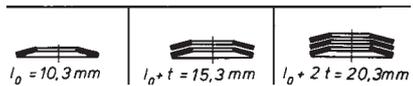


150 x 61 x 5,0

GR 2

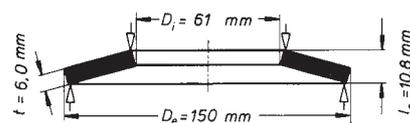
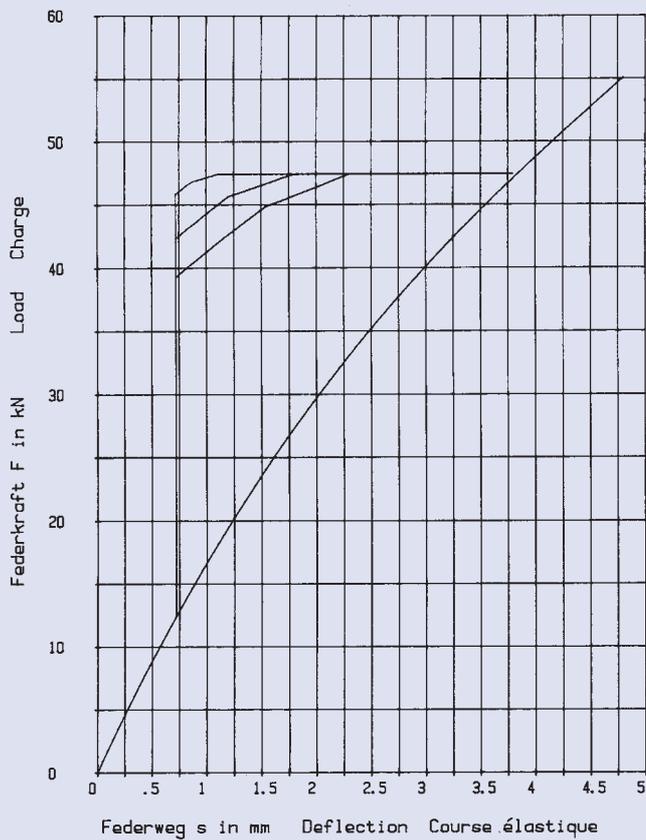


$h_0 = 5,3 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,459$
 $t = 5,0 \text{ mm}$ $D_e / t = 30$
 $h_0 / t = 1,06$ $m = 578,881 \text{ g}$

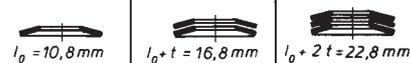


150 x 61 x 6,0

GR 2

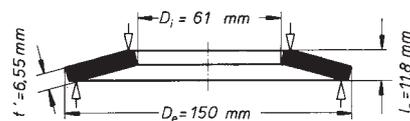
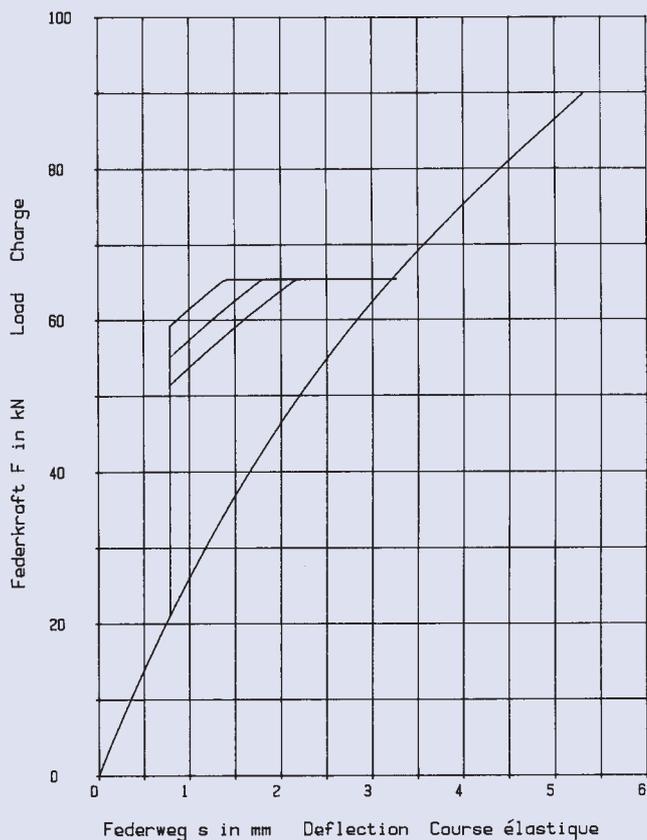


$h_0 = 4,8 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,459$
 $t = 6,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 25$
 $h_0/t = 0,8$ $m = 694,658 \text{ g}$

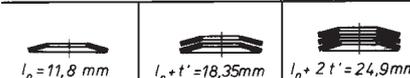


150 x 61 x 7,0

GR 3

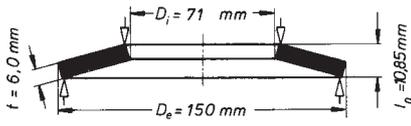


$h_0 = 4,8 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 2,459$ $h_0' = 5,25 \text{ mm}$
 $t = 7,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 21,428$ $t'/t = 0,935$
 $h_0/t = 0,685$ $m = 758,34 \text{ g}$ $h_0'/t' = 0,802$

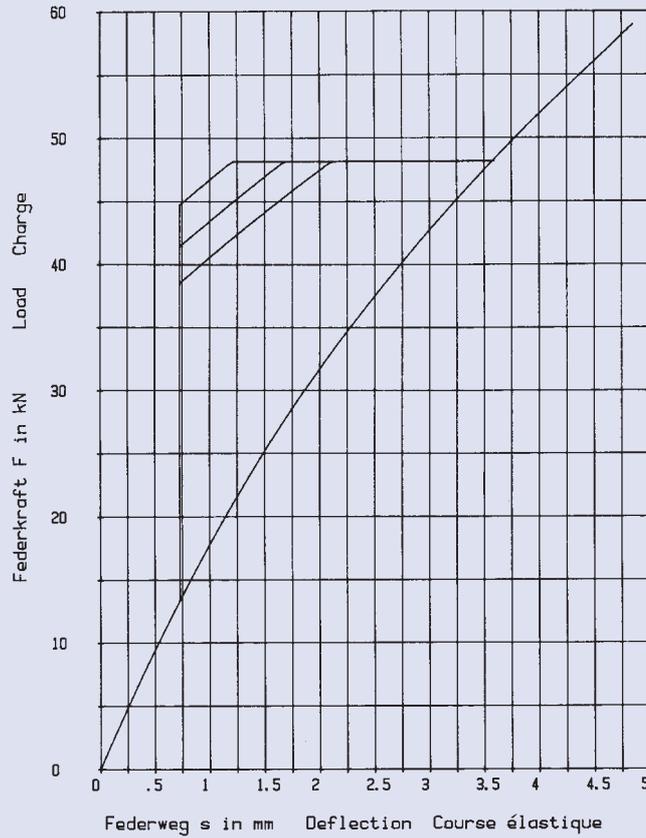
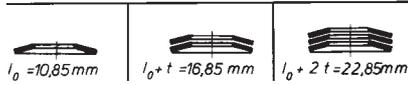


150 x 71 x 6,0

GR 2

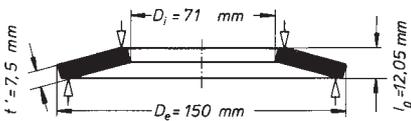


$h_0 = 4,85 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,112$
 $t = 6,0 \text{ mm}$ $D_e / t = 25$
 $h_0 / t = 0,808$ $m = 645,829 \text{ g}$

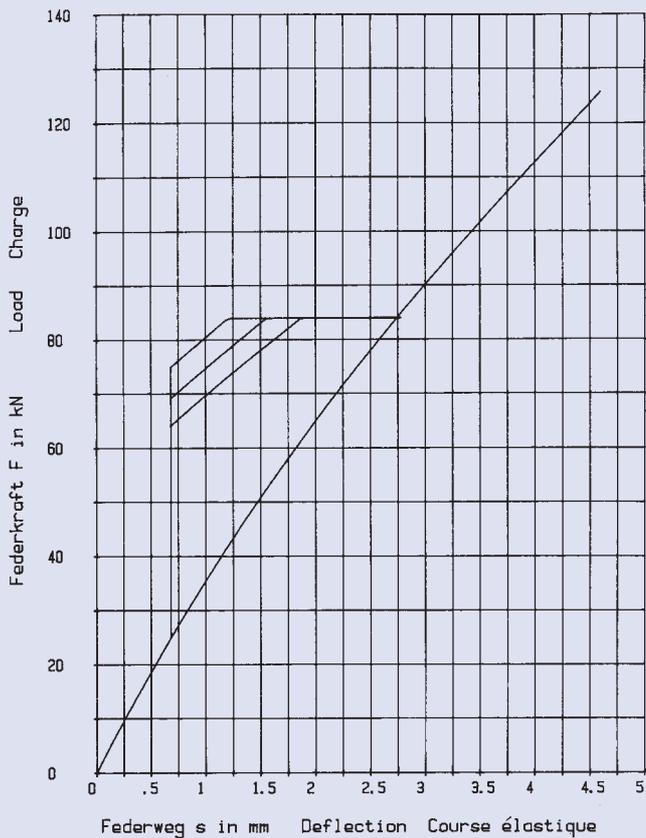
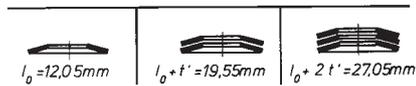


150 x 71 x 8,0

GR 3

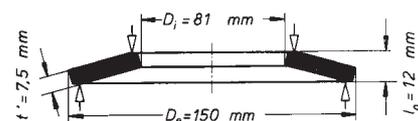
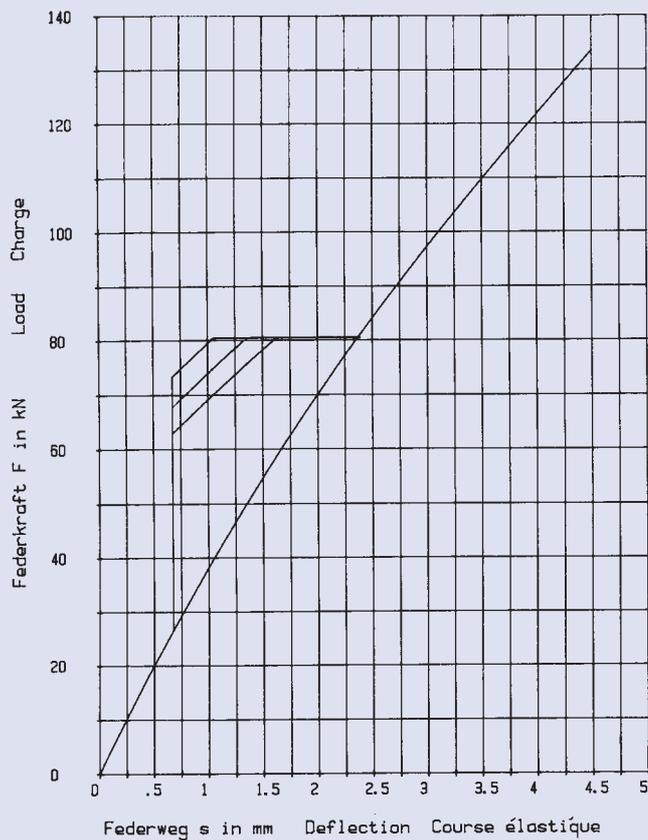


$h_0 = 4,05 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,112$ $h_0' = 4,55 \text{ mm}$
 $t = 8,0 \text{ mm}$ $D_e / t = 18,75$ $t' / t = 0,937$
 $h_0 / t = 0,506$ $m = 807,29 \text{ g}$ $h_0' / t' = 0,607$



150 x 81 x 8,0

GR 3

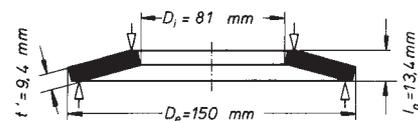
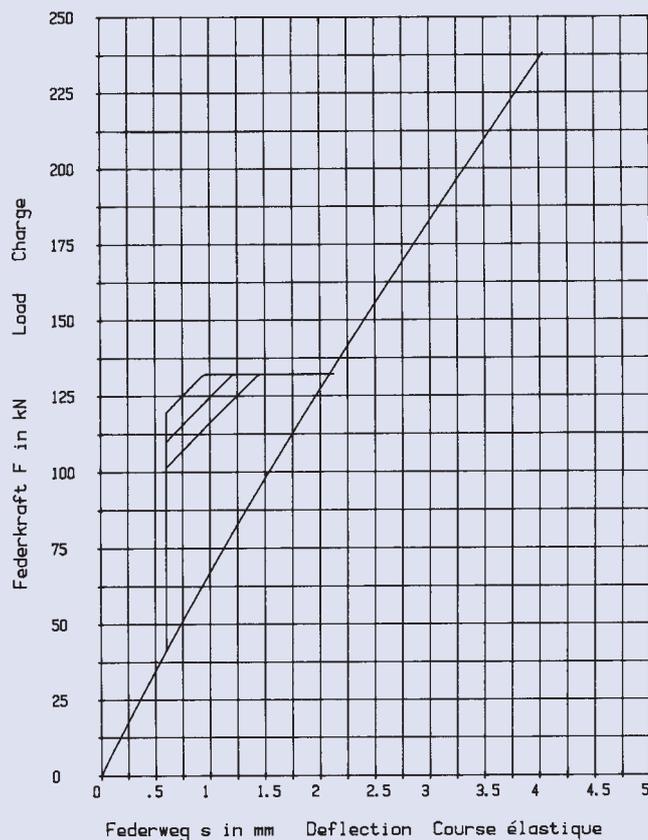


$h_0 = 4,0 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,851$ $h'_0 = 4,5 \text{ mm}$
 $t = 8,0 \text{ mm}$ $D_e / t = 18,75$ $t' / t = 0,937$
 $h_0 / t = 0,5$ $m = 737 \text{ g}$ $h'_0 / t' = 0,6$

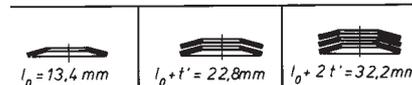


150 x 81 x 10

GR 3

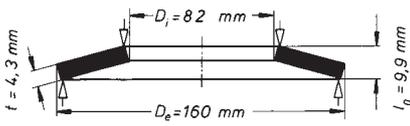


$h_0 = 3,4 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,851$ $h'_0 = 4,0 \text{ mm}$
 $t = 10 \text{ mm}$ $D_e / t = 15$ $t' / t = 0,94$
 $h_0 / t = 0,34$ $m = 923,71 \text{ g}$ $h'_0 / t' = 0,426$

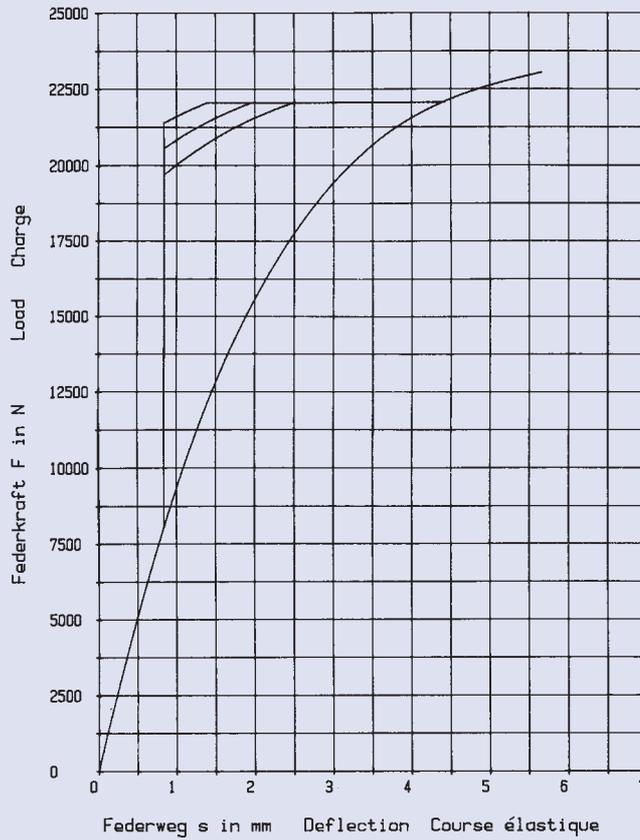
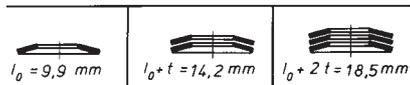


160 x 82 x 4,3

GR 2, DIN 2093 – C 160

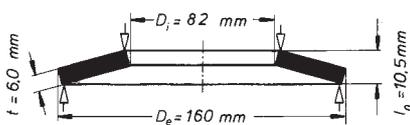


$h_0 = 5,6 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,951$
 $t = 4,3 \text{ mm}$ $D_e / t = 37,209$
 $h_0 / t = 1,302$ $m = 500,409 \text{ g}$

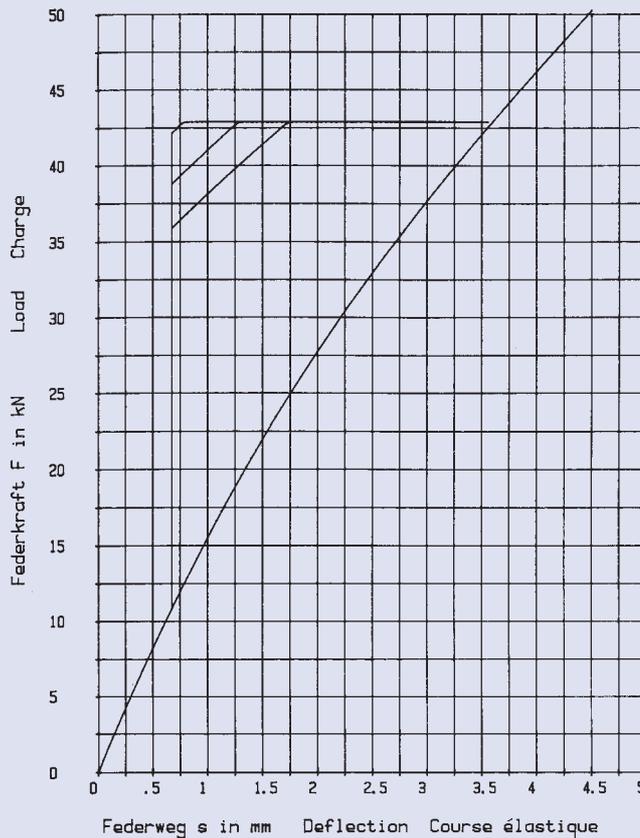
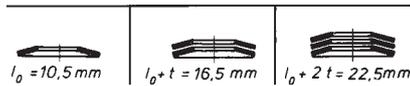


160 x 82 x 6,0

GR 2, DIN 2093 – B 160

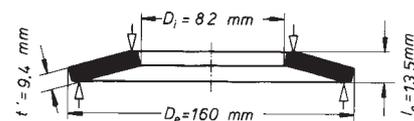
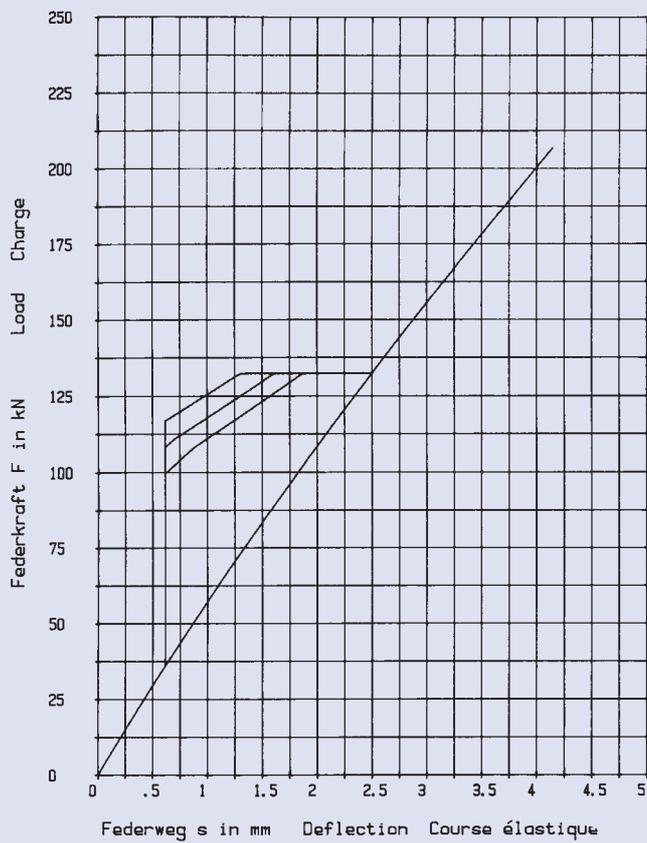


$h_0 = 4,5 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,951$
 $t = 6,0 \text{ mm}$ $D_e / t = 26,666$
 $h_0 / t = 0,75$ $m = 698,246 \text{ g}$



160 x 82 x 10

GR 3, DIN 2093 – A 160

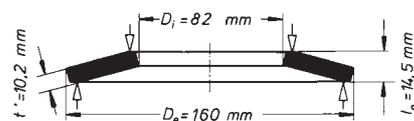
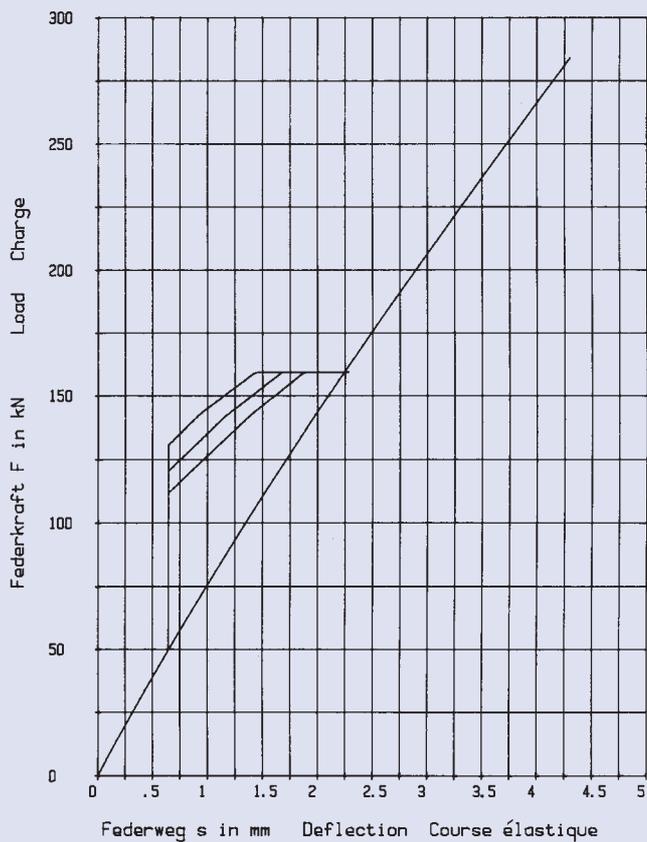


$h_0 = 3,5 \text{ mm}$ $D_e / D_1 = 1,951$ $h'_0 = 4,1 \text{ mm}$
 $t = 10 \text{ mm}$ $D_e / t = 16$ $t' / t = 0,94$
 $h_0 / t = 0,35$ $m = 1,094 \text{ kg}$ $h'_0 / t' = 0,436$



160 x 82 x 11

GR 3

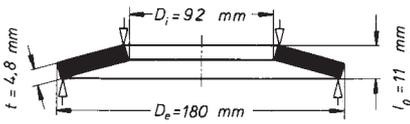


$h_0 = 3,5 \text{ mm}$ $D_e / D_1 = 1,951$ $h'_0 = 4,3 \text{ mm}$
 $t = 11 \text{ mm}$ $D_e / t = 14,545$ $t' / t = 0,927$
 $h_0 / t = 0,318$ $m = 1,187 \text{ kg}$ $h'_0 / t' = 0,422$

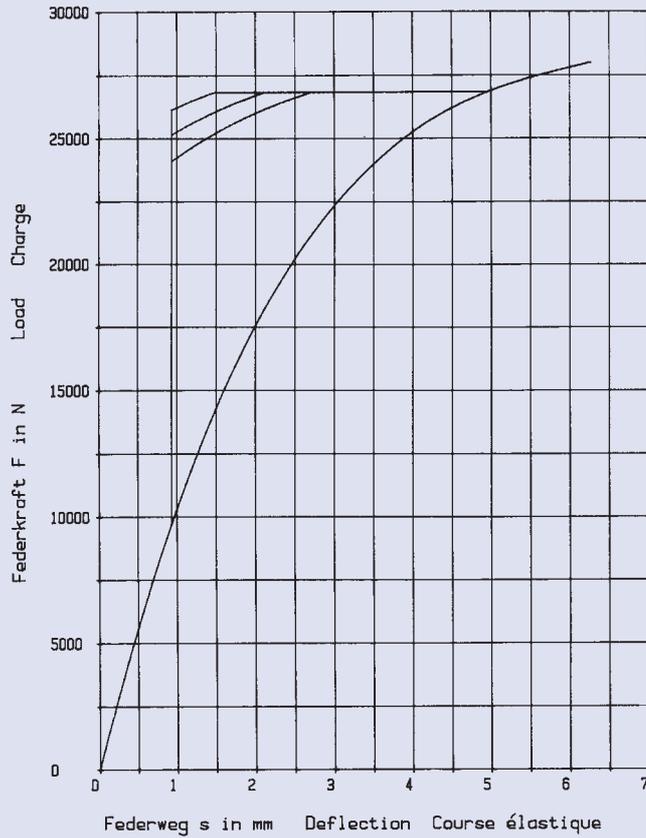
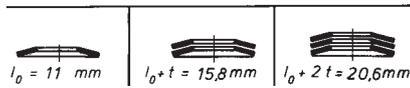


180 x 92 x 4,8

GR 2, DIN 2093 – C 180

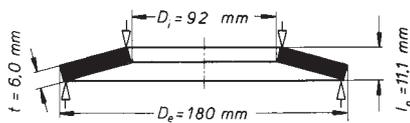


$h_0 = 6,2 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,956$
 $t = 4,8 \text{ mm}$ $D_e/t = 37,5$
 $h_0/t = 1,291$ $m = 708,337 \text{ g}$

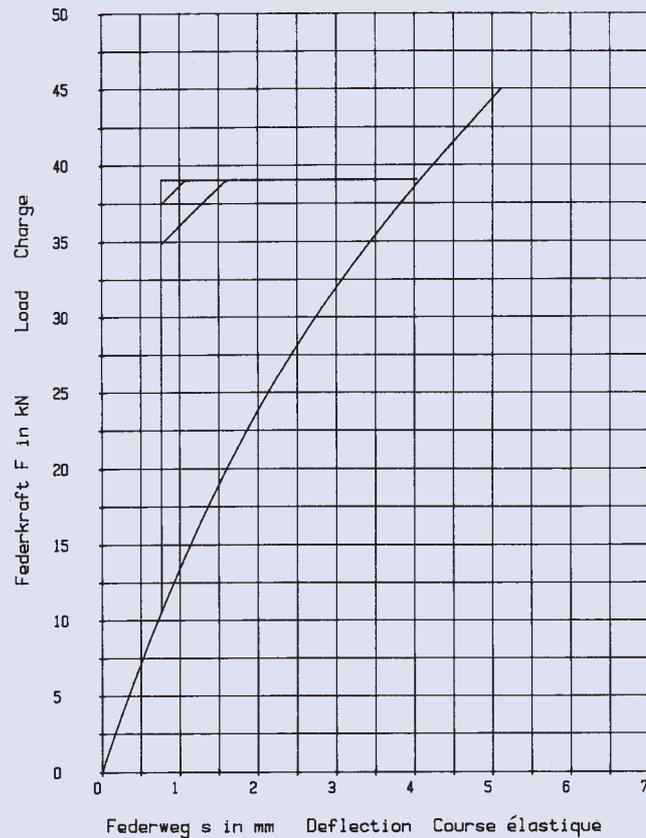
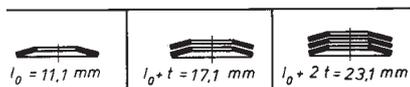


180 x 92 x 6,0

GR 2, DIN 2093 – B 180

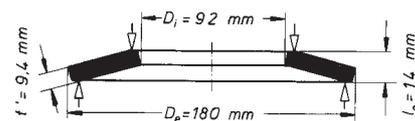
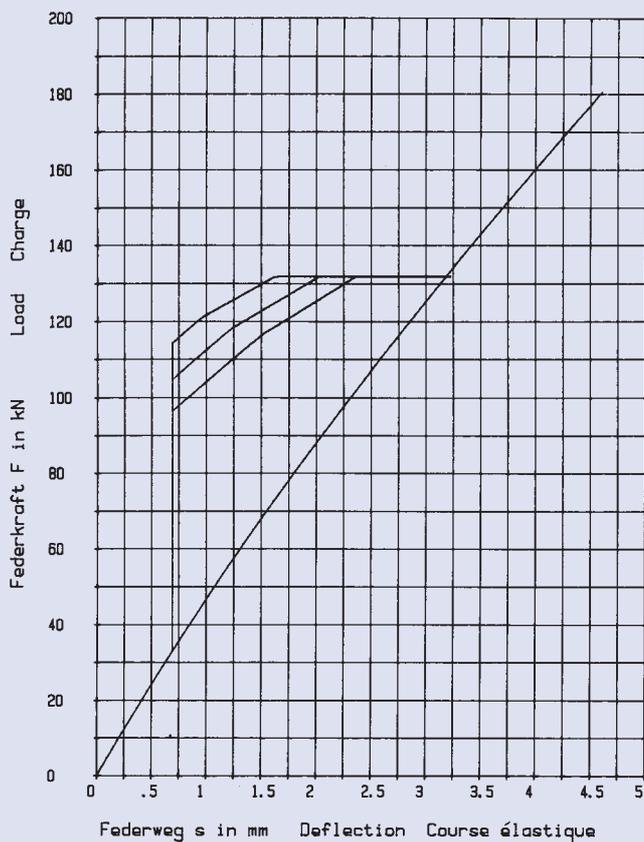


$h_0 = 5,1 \text{ mm}$ $D_e/D_i = 1,956$
 $t = 6,0 \text{ mm}$ $D_e/t = 30$
 $h_0/t = 0,85$ $m = 885,421 \text{ g}$



180 x 92 x 10

GR 3, DIN 2093 – A 180

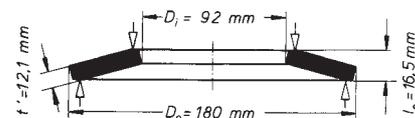
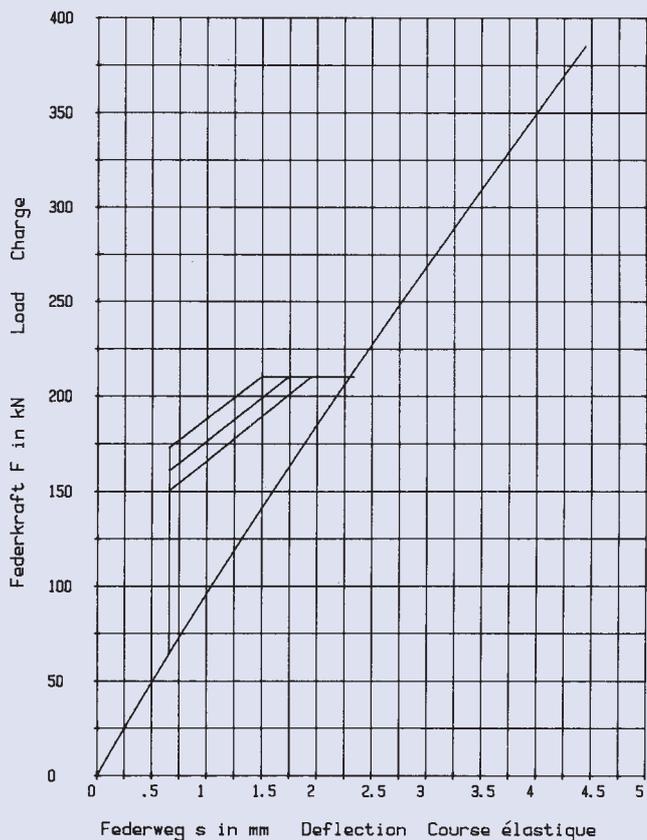


$h_0 = 4,0 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,956$ $h'_0 = 4,6 \text{ mm}$
 $t = 10 \text{ mm}$ $D_e / t = 18$ $t' / t = 0,94$
 $h_0 / t = 0,4$ $m = 1,387 \text{ kg}$ $h'_0 / t' = 0,489$



180 x 92 x 13

GR 3

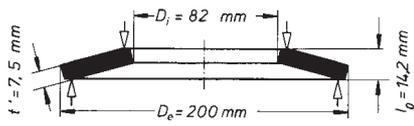


$h_0 = 3,5 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,956$ $h'_0 = 4,4 \text{ mm}$
 $t = 13 \text{ mm}$ $D_e / t = 13,846$ $t' / t = 0,93$
 $h_0 / t = 0,269$ $m = 1,786 \text{ kg}$ $h'_0 / t' = 0,364$

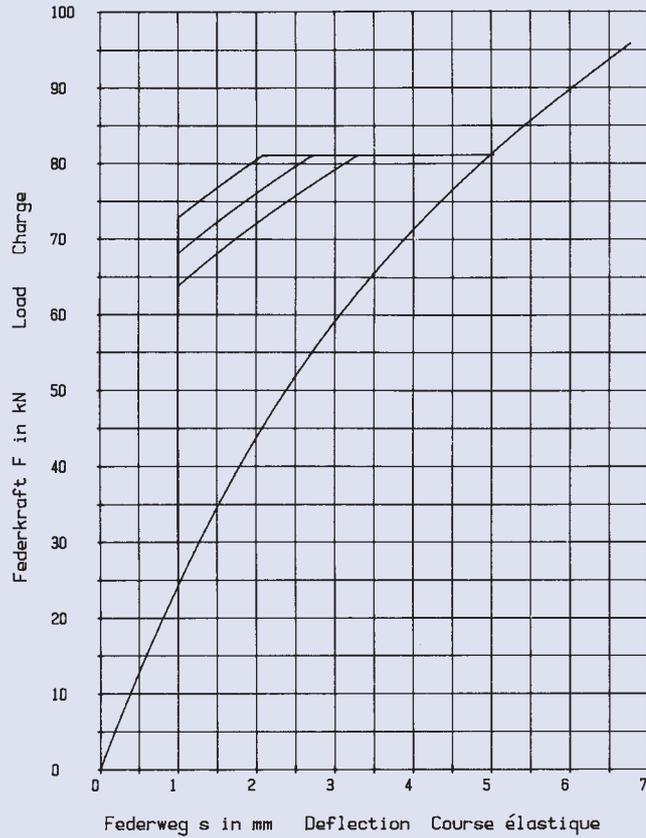
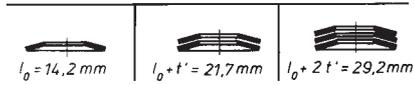


200 x 82 x 8,0

GR 3

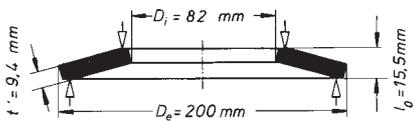


$h_0 = 6,2 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,439$ $h_0' = 6,7 \text{ mm}$
 $t = 8,0 \text{ mm}$ $D_e / t = 25$ $t' / t = 0,937$
 $h_0 / t = 0,775$ $m = 1,539 \text{ kg}$ $h_0' / t' = 0,893$

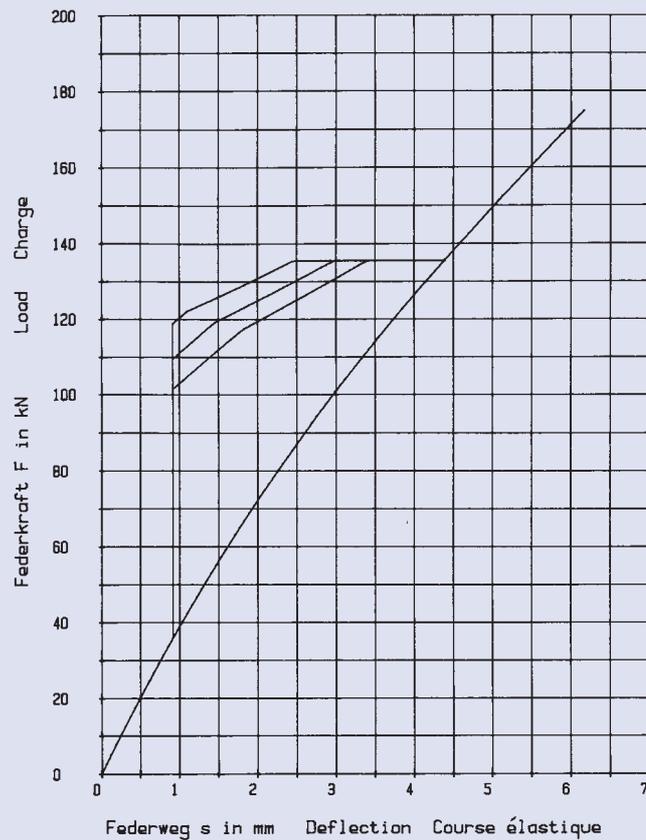
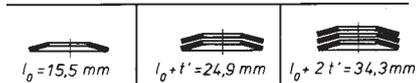


200 x 82 x 10

GR 3

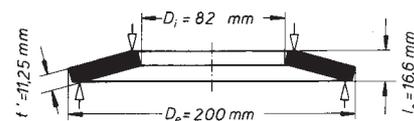
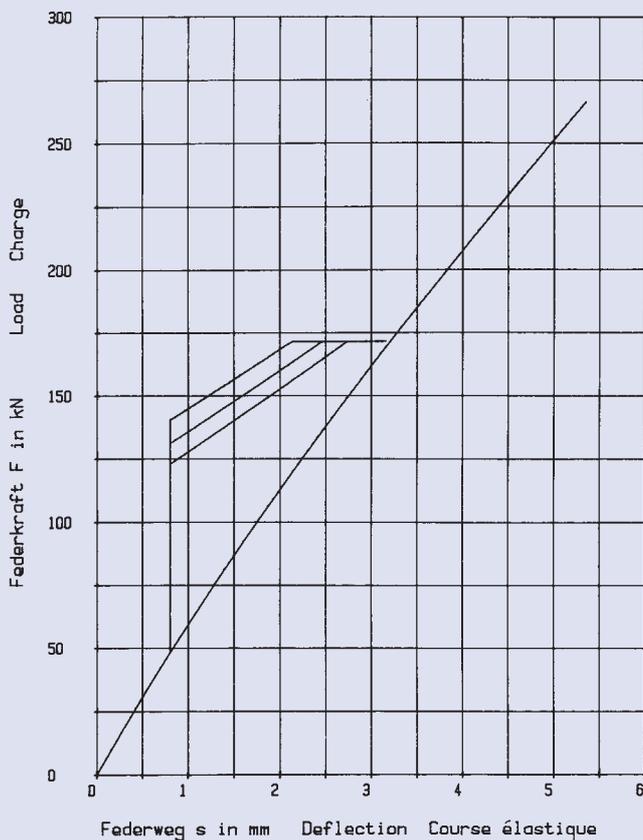


$h_0 = 5,5 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,439$ $h_0' = 6,1 \text{ mm}$
 $t = 10 \text{ mm}$ $D_e / t = 20$ $t' / t = 0,94$
 $h_0 / t = 0,55$ $m = 1,928 \text{ kg}$ $h_0' / t' = 0,649$



200 x 82 x 12

GR 3

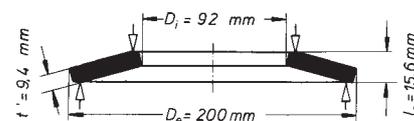
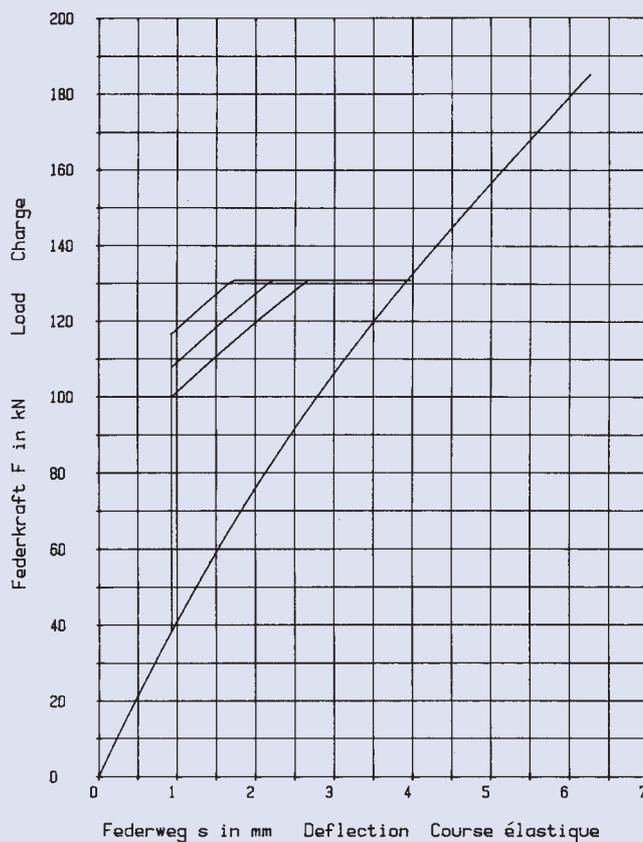


$h_0 = 4,6 \text{ mm}$	$D_e / D_1 = 2,439$	$h'_0 = 5,35 \text{ mm}$
$t = 12 \text{ mm}$	$D_e / t = 16,667$	$t' / t = 0,937$
$h_0 / t = 0,383$	$m = 2,308 \text{ kg}$	$h'_0 / t' = 0,476$

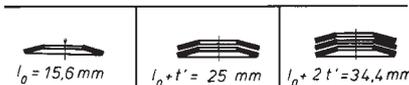


200 x 92 x 10

GR 3

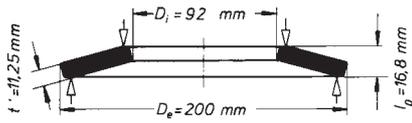


$h_0 = 5,6 \text{ mm}$	$D_e / D_1 = 2,173$	$h'_0 = 6,2 \text{ mm}$
$t = 10 \text{ mm}$	$D_e / t = 20$	$t' / t = 0,94$
$h_0 / t = 0,56$	$m = 1,828 \text{ kg}$	$h'_0 / t' = 0,66$

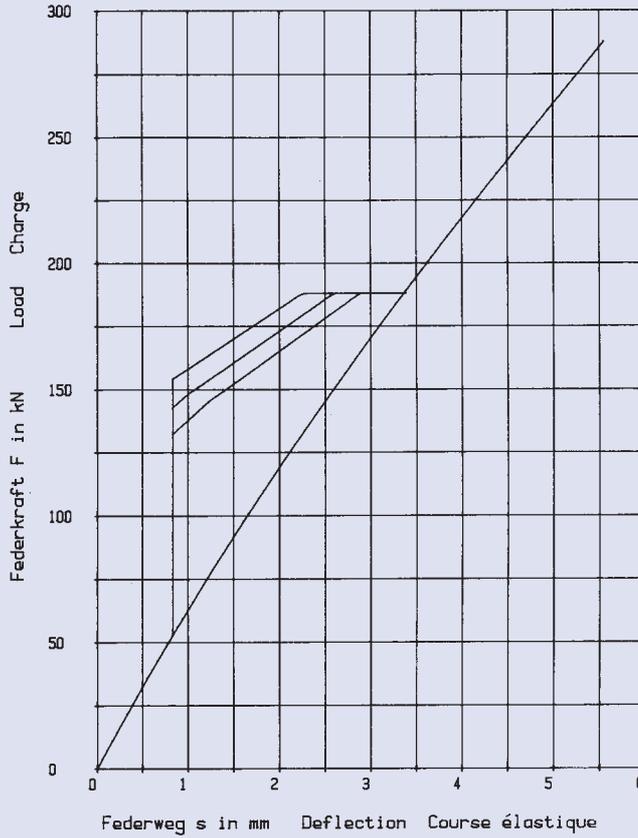
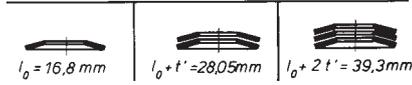


200 x 92 x 12

GR 3

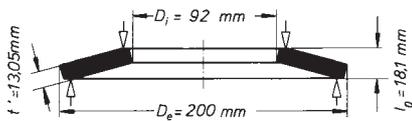


$h_0 = 4,8 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,173$ $h_0' = 5,55 \text{ mm}$
 $t = 12 \text{ mm}$ $D_e / t = 16,667$ $t' / t = 0,937$
 $h_0 / t = 0,4$ $m = 2,187$ $h_0' / t' = 0,493$

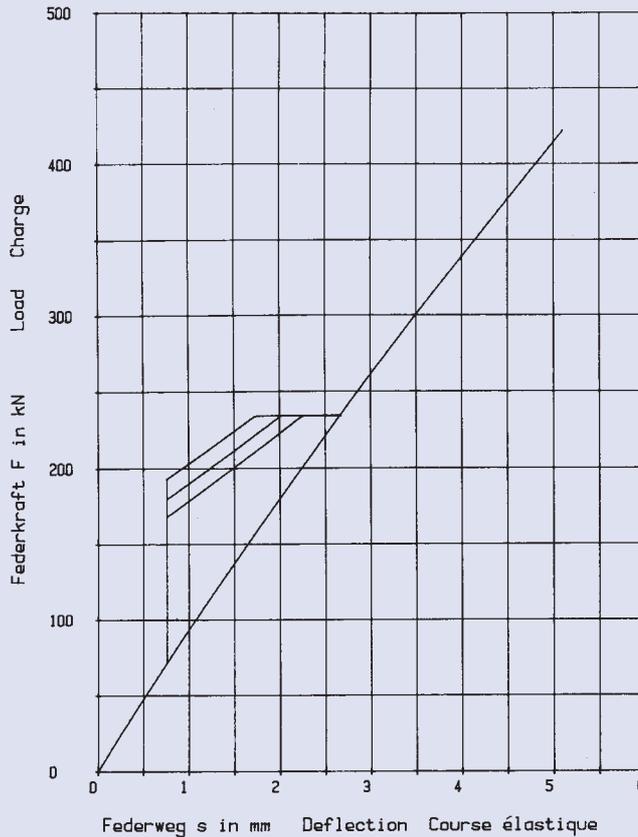
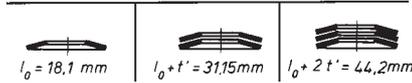


200 x 92 x 14

GR 3

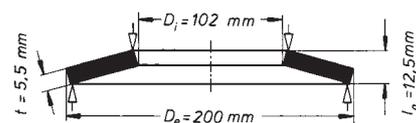


$h_0 = 4,1 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,173$ $h_0' = 5,05 \text{ mm}$
 $t = 14 \text{ mm}$ $D_e / t = 14,285$ $t' / t = 0,932$
 $h_0 / t = 0,292$ $m = 2,537 \text{ kg}$ $h_0' / t' = 0,387$

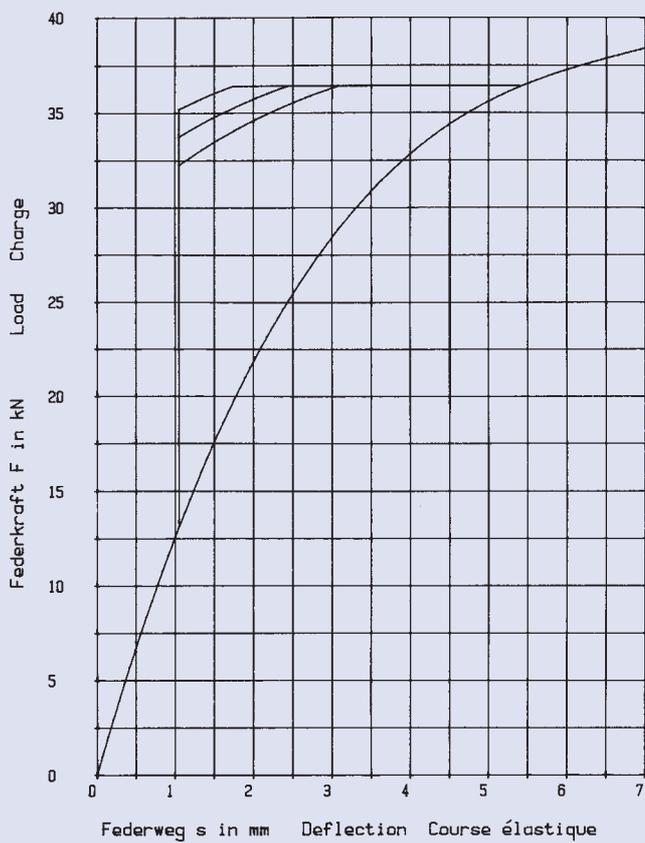
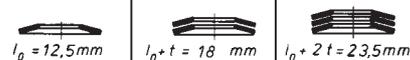


200 x 102 x 5,5

GR 2, DIN 2093 – C 200

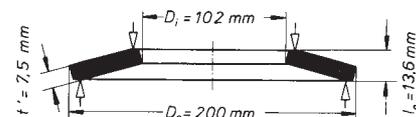


$h_0 = 7,0 \text{ mm}$ $D_e / D_1 = 1,96$
 $t = 5,5 \text{ mm}$ $D_e / t = 36,363$
 $h_0 / t = 1,272$ $m = 1,004 \text{ kg}$

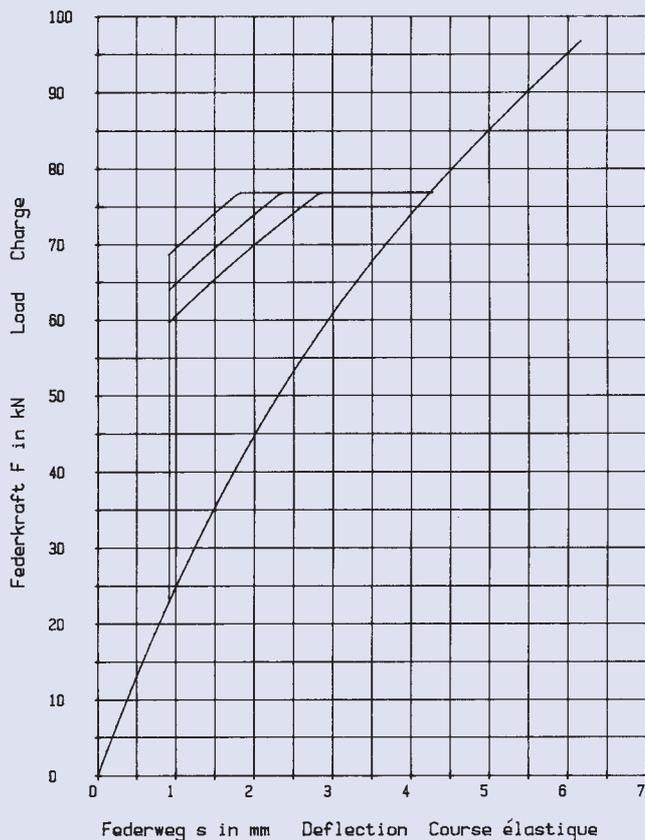
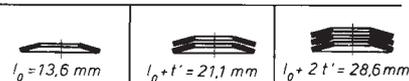


200 x 102 x 8,0

GR 3, DIN 2093 – B 200

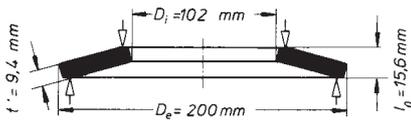


$h_0 = 5,6 \text{ mm}$ $D_e / D_1 = 1,96$ $h'_0 = 6,1 \text{ mm}$
 $t = 8,0 \text{ mm}$ $D_e / t = 25$ $t' / t = 0,937$
 $h_0 / t = 0,7$ $m = 1,368 \text{ kg}$ $h'_0 / t' = 0,813$

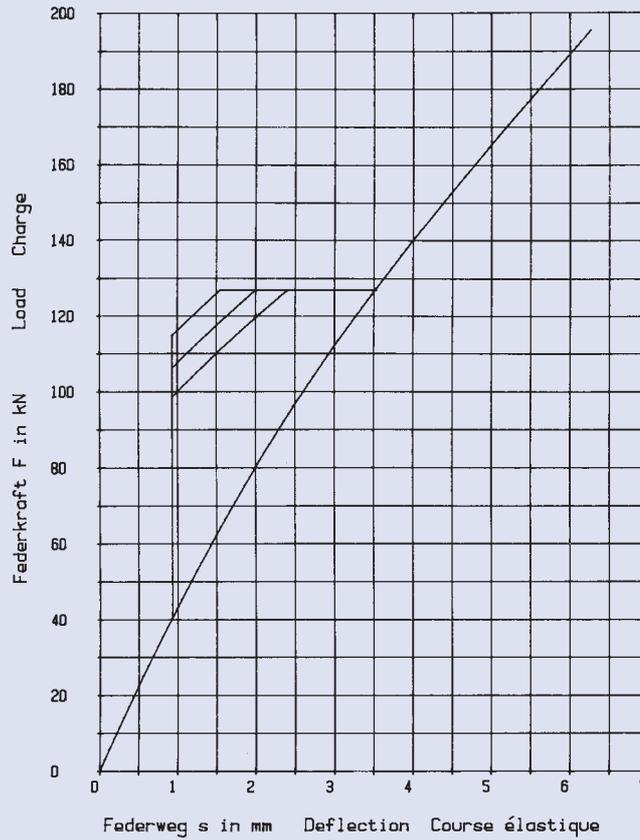
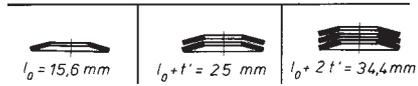


200 x 102 x 10

GR 3

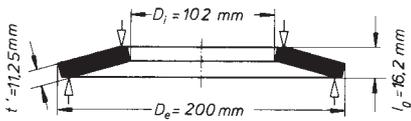


$h_0 = 5,6 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,96$ $h'_0 = 6,2 \text{ mm}$
 $t = 10 \text{ mm}$ $D_e / t = 20$ $t' / t = 0,94$
 $h_0 / t = 0,56$ $m = 1,716 \text{ kg}$ $h'_0 / t' = 0,66$

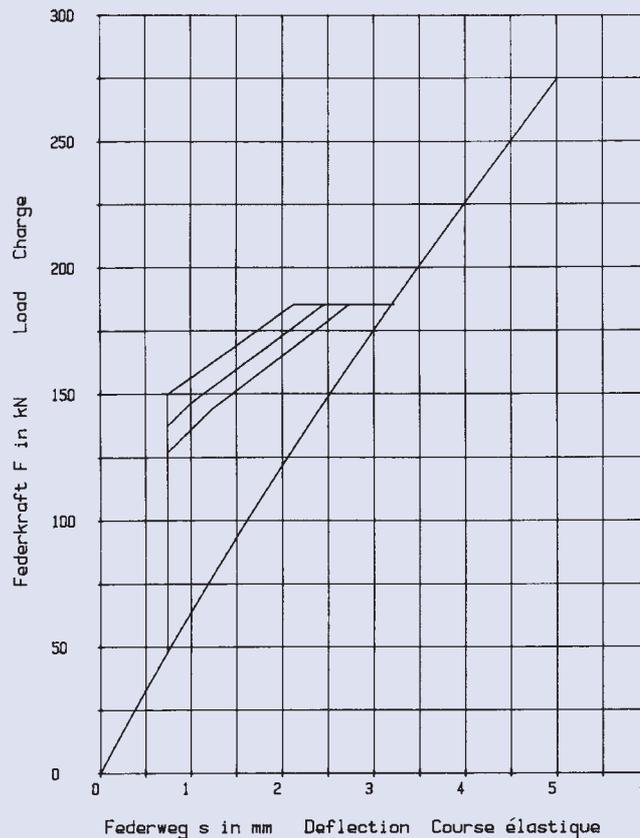
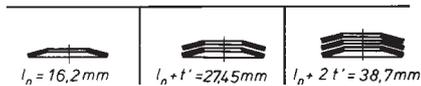


200 x 102 x 12

GR 3, DIN 2093 – A 200

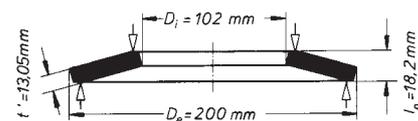
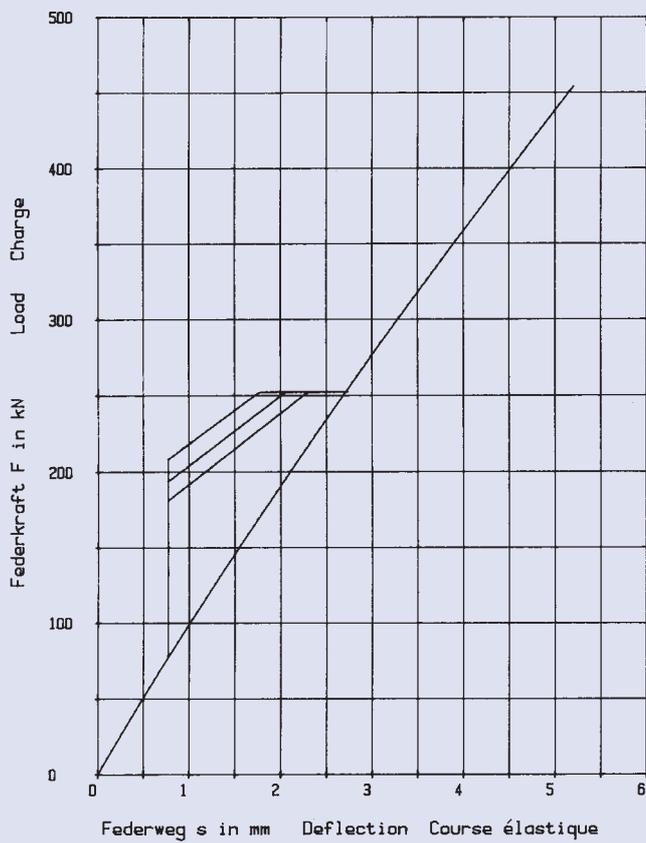


$h_0 = 4,2 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,96$ $h'_0 = 4,95 \text{ mm}$
 $t = 12 \text{ mm}$ $D_e / t = 16,666$ $t' / t = 0,937$
 $h_0 / t = 0,35$ $m = 2,053 \text{ kg}$ $h'_0 / t' = 0,44$



200 x 102 x 14

GR 3

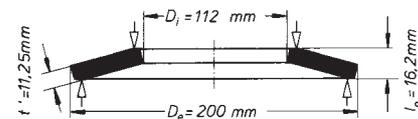
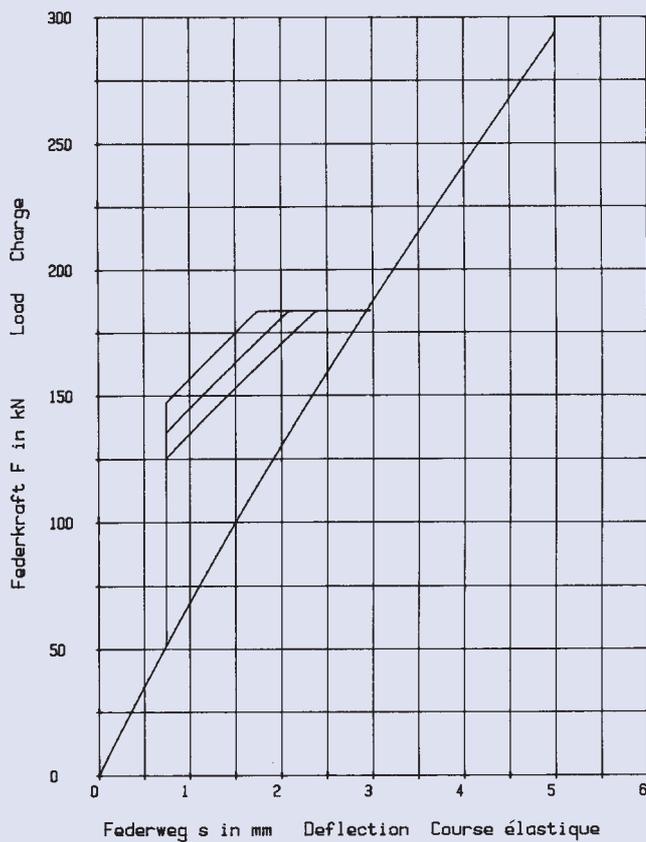


$h_0 = 4,2 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,96$ $h'_0 = 5,15 \text{ mm}$
 $t = 14 \text{ mm}$ $D_e / t = 14,285$ $t' / t = 0,932$
 $h_0 / t = 0,3$ $m = 2,381 \text{ kg}$ $h'_0 / t' = 0,395$

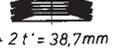
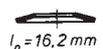


200 x 112 x 12

GR 3

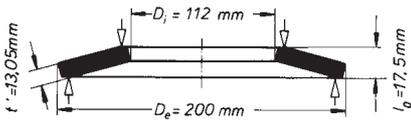


$h_0 = 4,2 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,785$ $h'_0 = 4,95 \text{ mm}$
 $t = 12 \text{ mm}$ $D_e / t = 16,667$ $t' / t = 0,937$
 $h_0 / t = 0,35$ $m = 1,904 \text{ kg}$ $h'_0 / t' = 0,44$

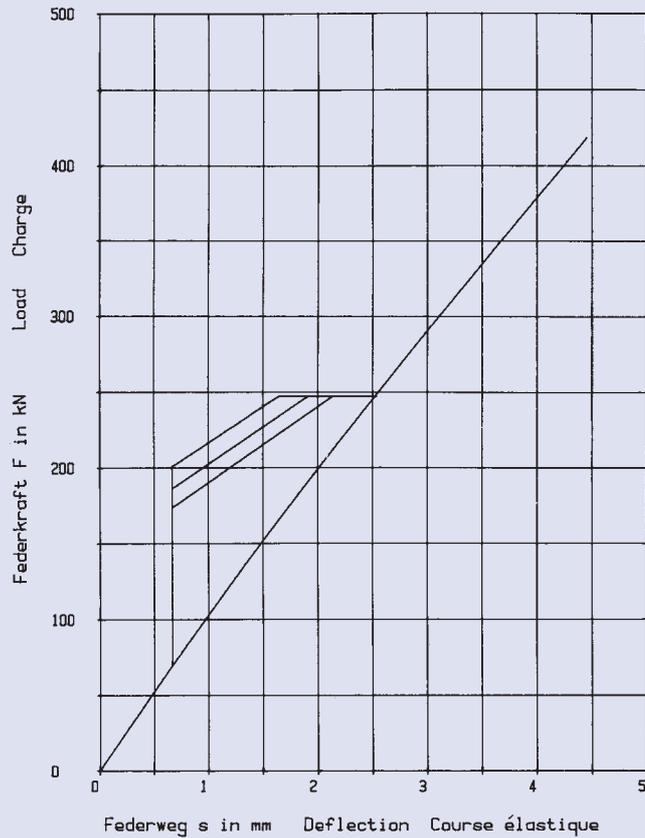
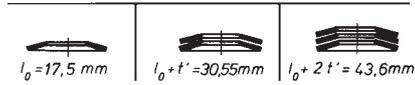


200 x 112 x 14

GR 3

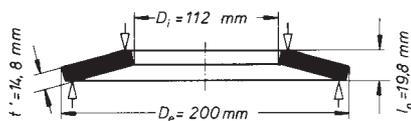


$h_0 = 3,5 \text{ mm}$	$D_e / D_i = 1,785$	$h_0' = 4,45 \text{ mm}$
$t = 14 \text{ mm}$	$D_e / t = 14,285$	$t' / t = 0,932$
$h_0 / t = 0,25$	$m = 2,209 \text{ kg}$	$h_0' / t' = 0,341$

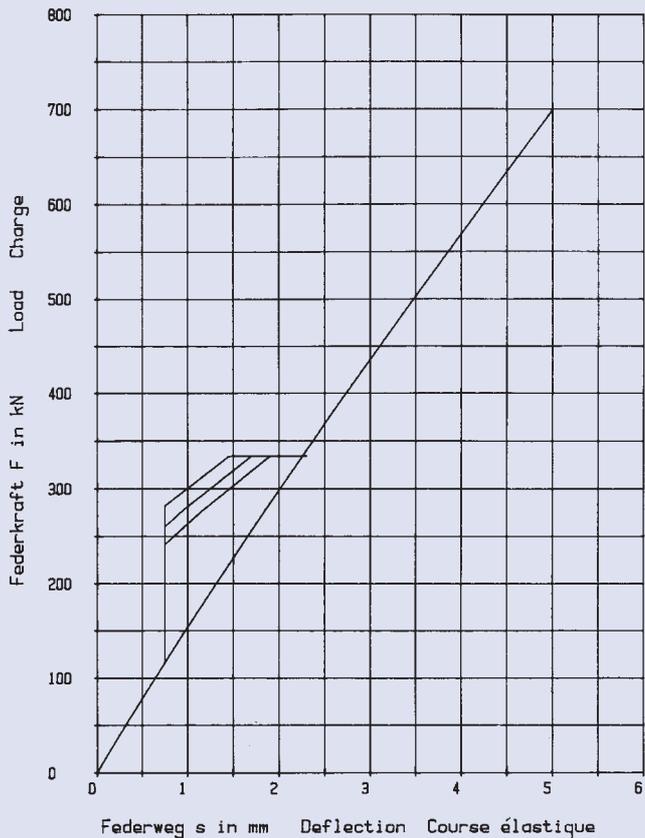
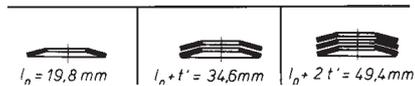


200 x 112 x 16

GR 3

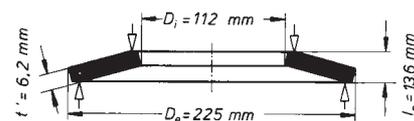


$h_0 = 3,8 \text{ mm}$	$D_e / D_i = 1,785$	$h_0' = 5,0 \text{ mm}$
$t = 16 \text{ mm}$	$D_e / t = 12,5$	$t' / t = 0,925$
$h_0 / t = 0,237$	$m = 2,505 \text{ kg}$	$h_0' / t' = 0,338$

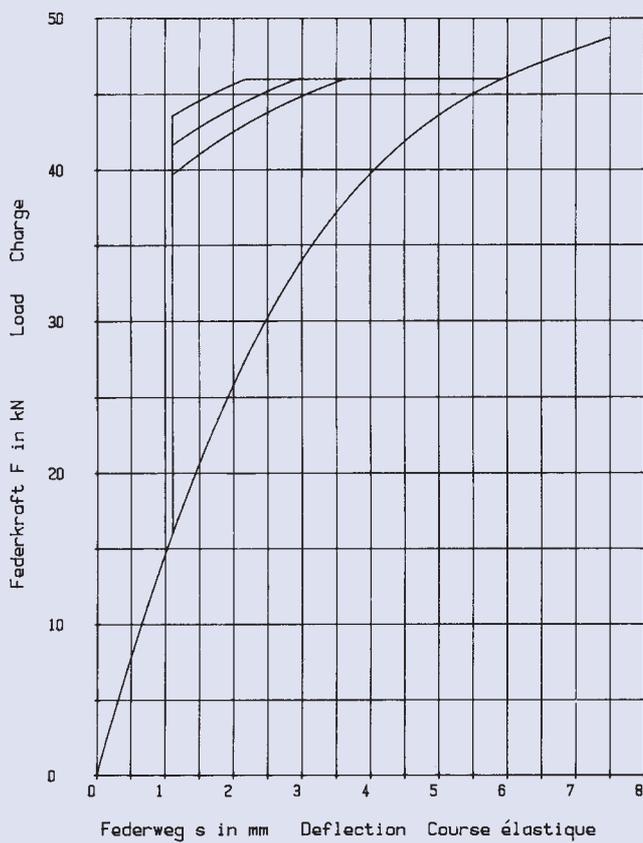


225 x 112 x 6,5

GR 3, DIN 2093 – C 225

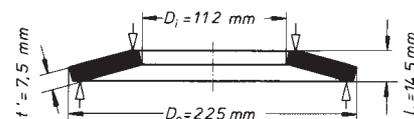


$h_0 = 7,1 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,008$ $h'_0 = 7,4 \text{ mm}$
 $t = 6,5 \text{ mm}$ $D_e / t = 34,615$ $t' / t = 0,953$
 $h_0 / t = 1,092$ $m = 1,455 \text{ kg}$ $h'_0 / t' = 1,194$

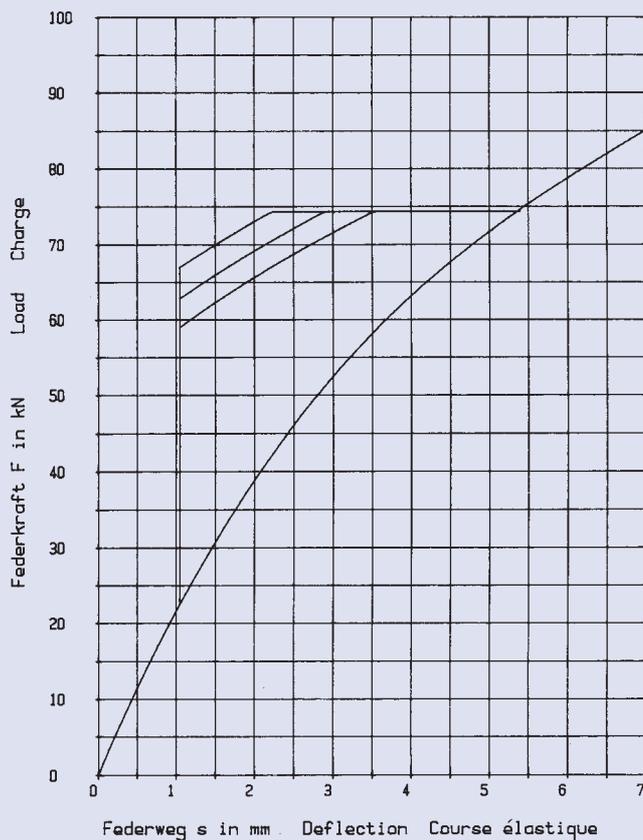


225 x 112 x 8,0

GR 3, DIN 2093 – B 225

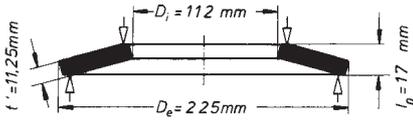


$h_0 = 6,5 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,008$ $h'_0 = 7,0 \text{ mm}$
 $t = 8,0 \text{ mm}$ $D_e / t = 28,125$ $t' / t = 0,937$
 $h_0 / t = 0,812$ $m = 1,761 \text{ kg}$ $h'_0 / t' = 0,933$

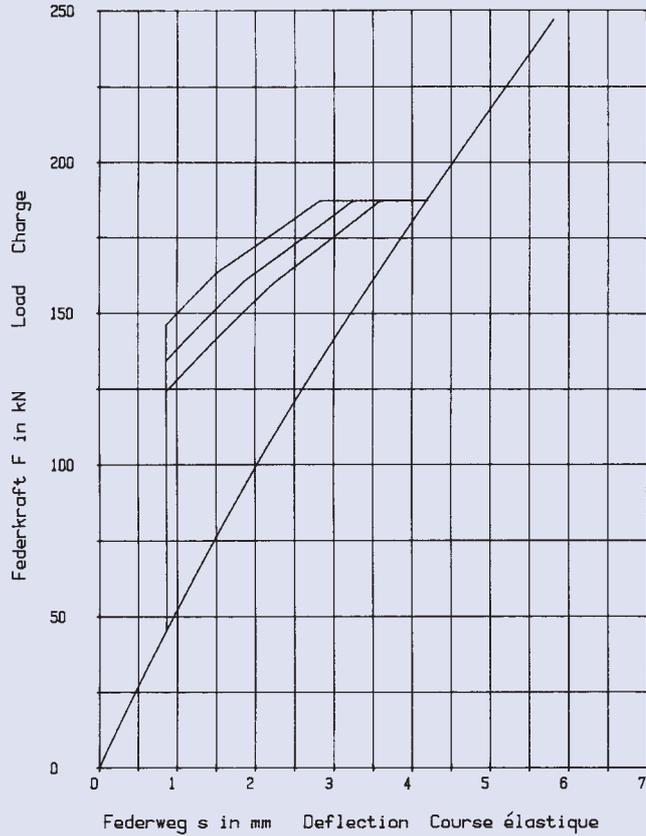
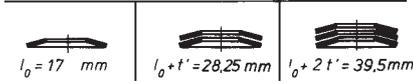


225 x 112 x 12

GR 3, DIN 2093 – A 225

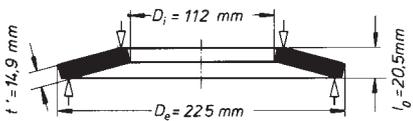


$h_0 = 5,0 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,008$ $h_0' = 5,75 \text{ mm}$
 $t = 12 \text{ mm}$ $D_e / t = 18,75$ $t' / t = 0,937$
 $h_0' / t = 0,416$ $m = 2,641 \text{ kg}$ $h_0' / t' = 0,511$

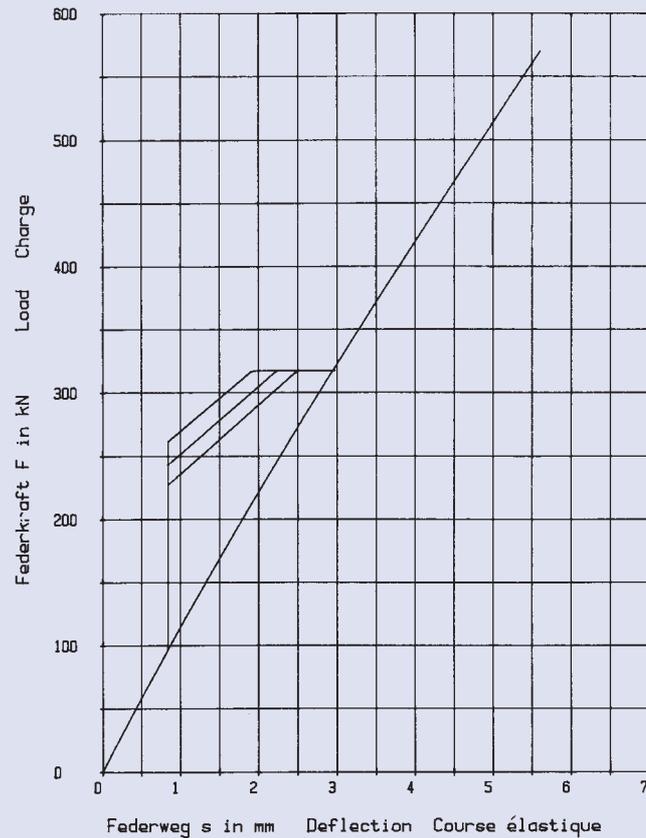
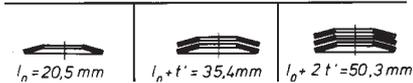


225 x 112 x 16

GR 3

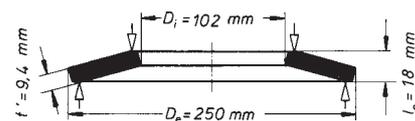
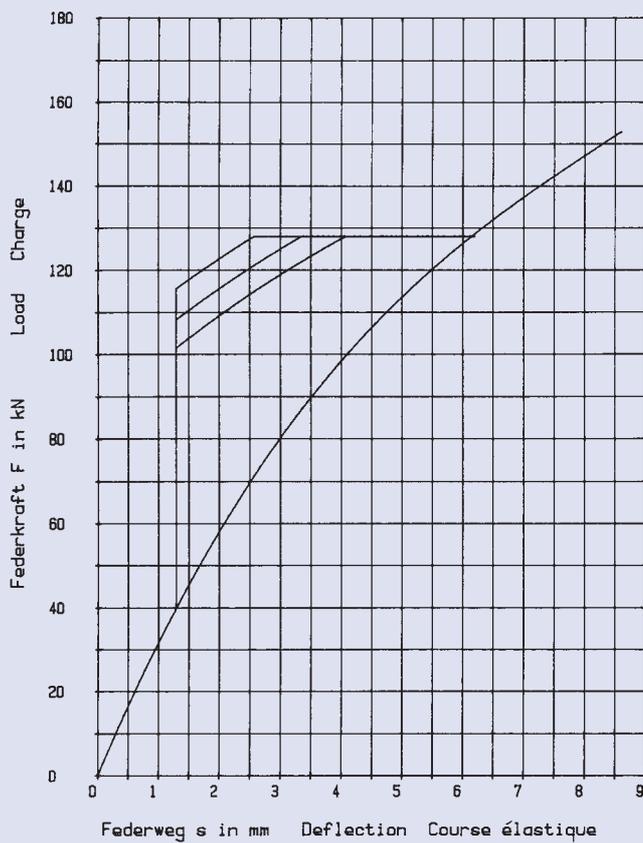


$h_0 = 4,5 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,008$ $h_0' = 5,6 \text{ mm}$
 $t = 16 \text{ mm}$ $D_e / t = 14,062$ $t' / t = 0,931$
 $h_0' / t = 0,281$ $m = 3,498 \text{ kg}$ $h_0' / t' = 0,376$



250 x 102 x 10

GR 3

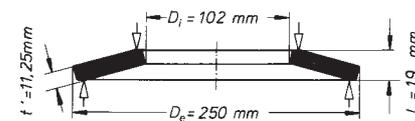
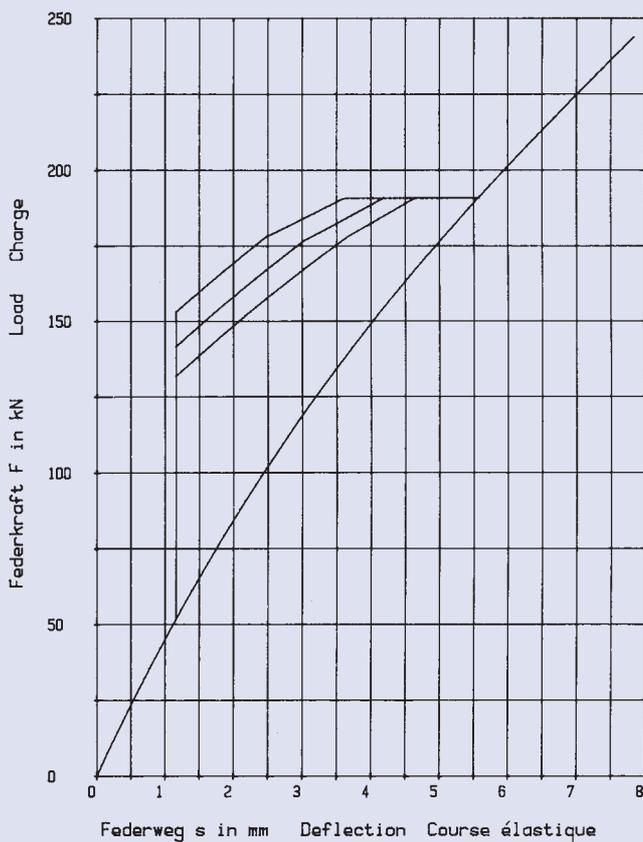


$h_0 = 18,0 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,45$ $h_0' = 8,6 \text{ mm}$
 $t = 10 \text{ mm}$ $D_e / t = 25$ $t' / t = 0,94$
 $h_0' / t = 0,8$ $m = 3,019 \text{ kg}$ $h_0' / t' = 0,915$



250 x 102 x 12

GR 3

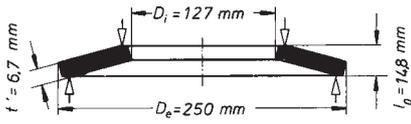


$h_0 = 19,0 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 2,45$ $h_0' = 7,75 \text{ mm}$
 $t = 12 \text{ mm}$ $D_e / t = 20,833$ $t' / t = 0,937$
 $h_0' / t = 0,583$ $m = 3,613 \text{ kg}$ $h_0' / t' = 0,689$

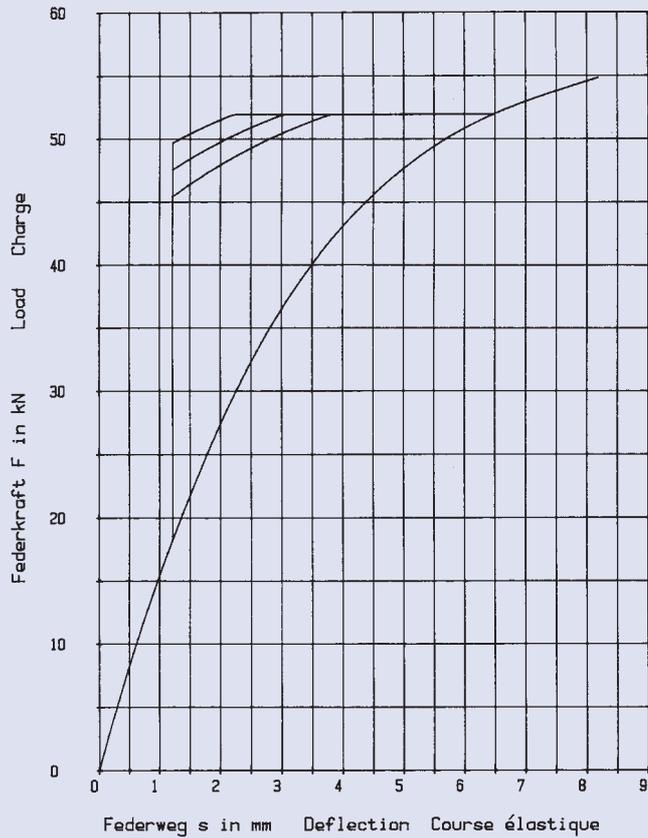
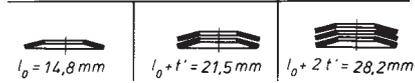


250 x 127 x 7,0

GR 3, DIN 2093 – C 250

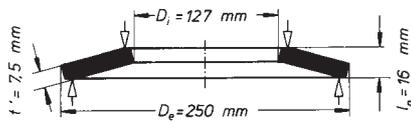


$h_0 = 7,8 \text{ mm}$	$D_e / D_i = 1,968$	$h'_0 = 8,1 \text{ mm}$
$t = 7,0 \text{ mm}$	$D_e / t = 35,714$	$t' / t = 0,957$
$h_0 / t = 1,114$	$m = 1,915 \text{ kg}$	$h'_0 / t' = 1,209$

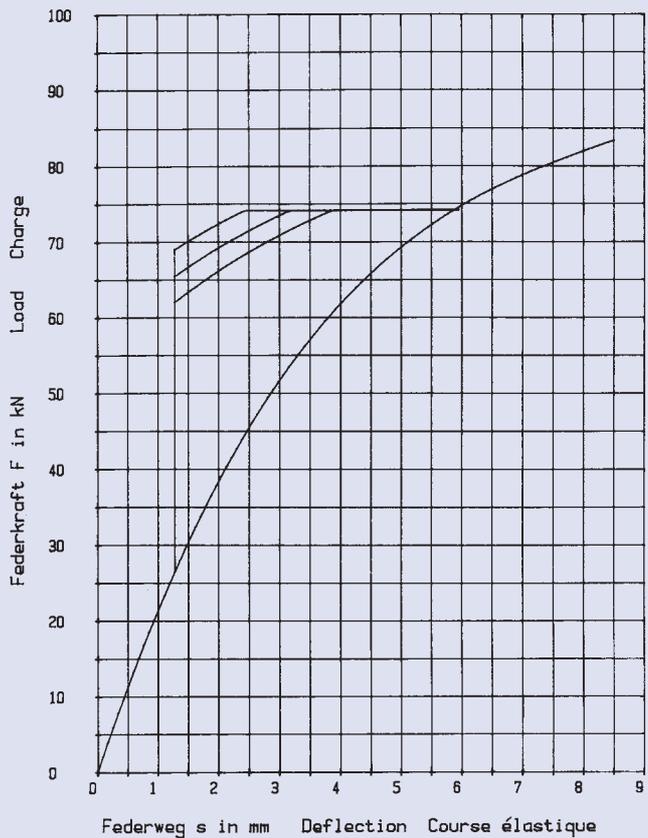
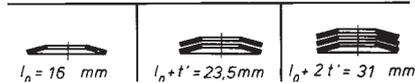


250 x 127 x 8,0

GR 3

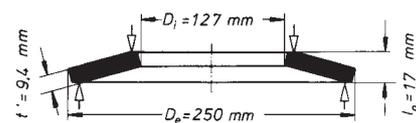


$h_0 = 8,0 \text{ mm}$	$D_e / D_i = 1,968$	$h'_0 = 8,5 \text{ mm}$
$t = 8,0 \text{ mm}$	$D_e / t = 31,25$	$t' / t = 0,937$
$h_0 / t = 1,0$	$m = 2,144 \text{ kg}$	$h'_0 / t' = 1,133$

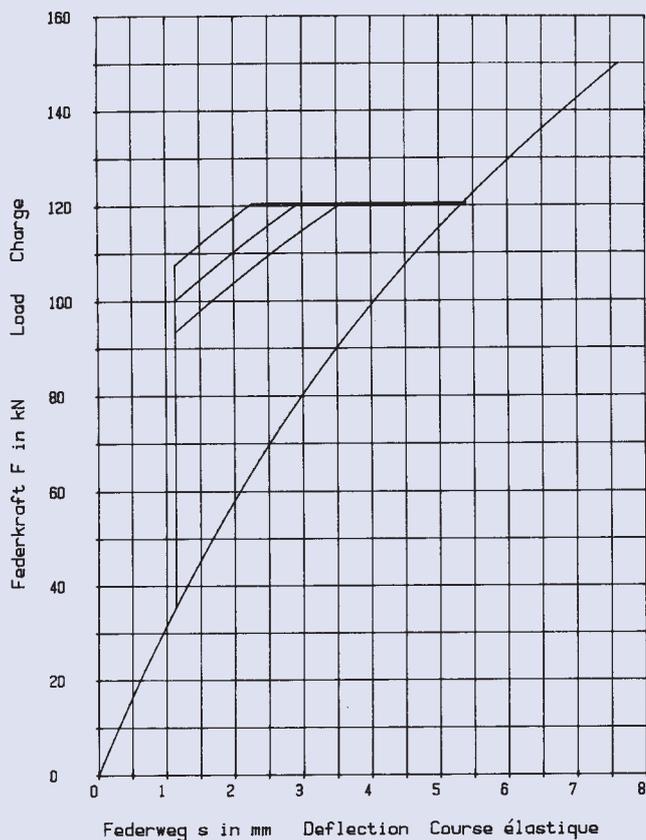


250 x 127 x 10

GR 3, DIN 2093 – B 250

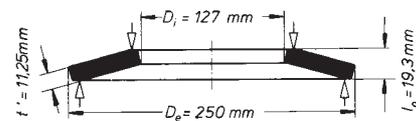


$h_0 = 7,0 \text{ mm}$	$D_e / D_i = 1,968$	$h'_0 = 7,6 \text{ mm}$
$t = 10 \text{ mm}$	$D_e / t = 25$	$t' / t = 0,94$
$h_0 / t = 0,7$	$m = 2,687 \text{ kg}$	$h'_0 / t' = 0,809$

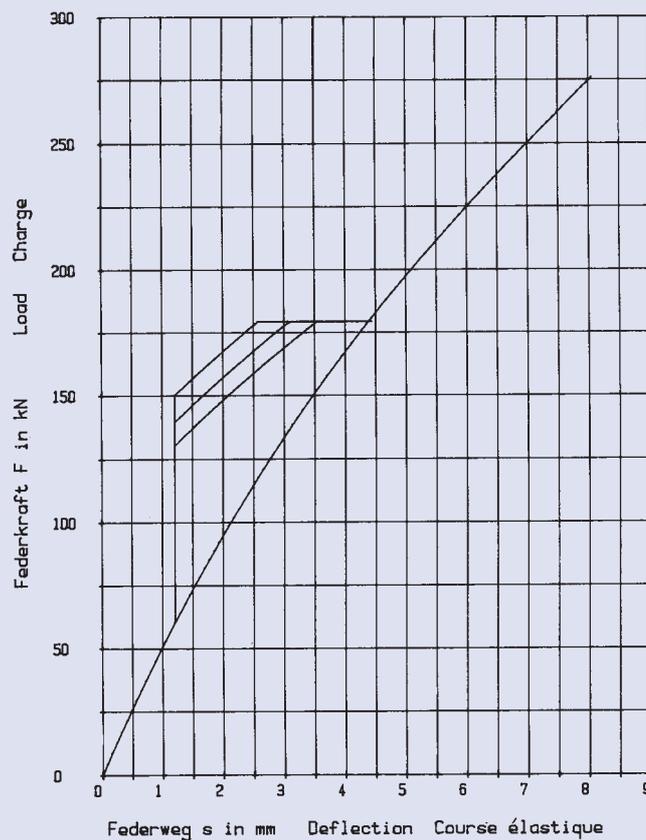
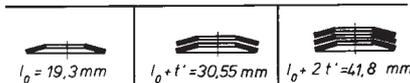


250 x 127 x 12

GR 3

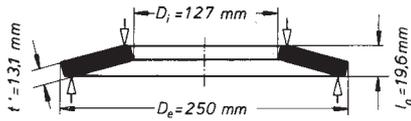


$h_0 = 7,3 \text{ mm}$	$D_e / D_i = 1,968$	$h'_0 = 8,05 \text{ mm}$
$t = 12 \text{ mm}$	$D_e / t = 20,833$	$t' / t = 0,937$
$h_0 / t = 0,608$	$m = 3,216 \text{ kg}$	$h'_0 / t' = 0,716$

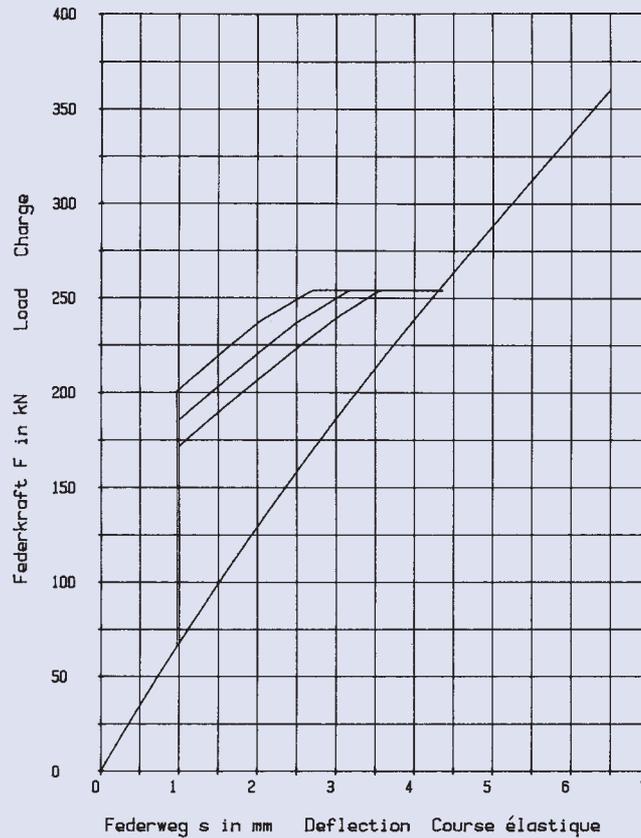
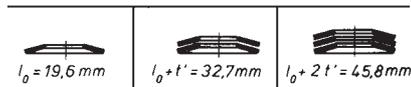


250 x 127 x 14

GR 3, DIN 2093 – A 250

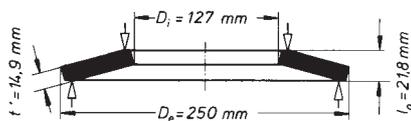


$h_0 = 5,6 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,968$ $h_0' = 6,5 \text{ mm}$
 $t = 14 \text{ mm}$ $D_e / t = 17,857$ $t' / t = 0,935$
 $h_0' / t = 0,4$ $m = 3,745 \text{ kg}$ $h_0' / t' = 0,496$

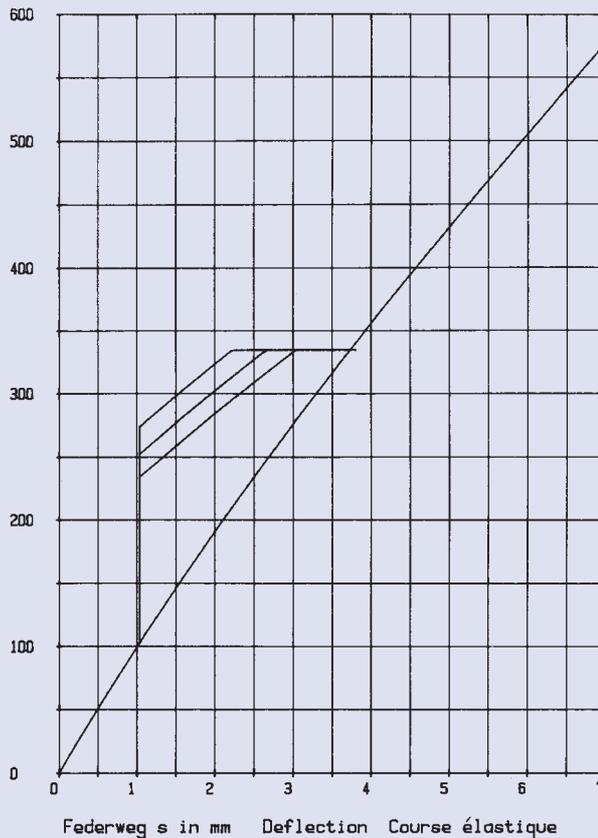
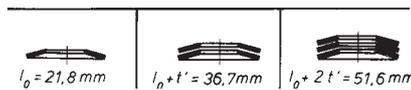


250 x 127 x 16

GR 3



$h_0 = 5,8 \text{ mm}$ $D_e / D_i = 1,968$ $h_0' = 6,9 \text{ mm}$
 $t = 16 \text{ mm}$ $D_e / t = 15,625$ $t' / t = 0,931$
 $h_0' / t = 0,362$ $m = 4,260 \text{ kg}$ $h_0' / t' = 0,463$



Mubea

Mubea Tellerfedern und Spannelemente GmbH • Im Kirdorf • 57567 Daaden • Telefon +49/2743 806 0 • Fax +49/2743 806 188
www.mubea-tellerfedern.de • E-Mail tellerfedern@mubea.com