

Die Physik der Tellerfeder und Wellfeder

Inhaltsverzeichnis	Seite
Die Tellerfeder-Allgemeines	2
Normtellerfedern	5
Merkmale	6
Möglichkeiten der Veränderung von Federkraft und Federweg bei gegebenen Federabmessungen	7
Konstruktive Ausbildung der Tellerfeder-Auflage und der Zentrierung	9
Dynamische Beanspruchung von Tellerfedern	9
Kennlinien-Hysterese	10
Das Setzen der Tellerfeder	10
Drehmomentübertragung mit Tellerfedern	10
Anwendungsmöglichkeiten für HÄUSSERMANN-Spezialtellerfedern	11
Zusammenfassung der Merkmale der HÄUSSERMANN-Spezialtellerfedern	14

Die Tellerfeder – Allgemeines

Zeichen und Benennungen

- D_e = Außendurchmesser mm
- D_i = Innendurchmesser mm
- t = Dicke des Einzeltellers mm
- h_0 = lichte Höhe des unbelasteten Einzeltellers mm
- l_0 = Bauhöhe des unbelasteten Einzeltellers mm
- $l_0 = h_0 + t$
- F = Federkraft kp
- s = Federweg mm

Beispiel:

Bezeichnung einer Tellerfeder mit
 $D_e = 200\text{mm}, D_i = 160\text{ mm}, t = 2,5\text{ mm}$:
 Tellerfeder 200×160×2,5

Federkennlinien

Keine Federart bietet solche Variationsmöglichkeiten hinsichtlich der Federkennlinie (Kraft-Weg-Kennlinie) wie die Tellerfeder.

Außer linearen und bei entsprechender Schichtung progressiven Kennlinien können mit ihr als einziger Federart auch degressive und sogar negative Kraft-Weg-Kurven verwirklicht werden. Damit ist die Tellerfeder ein äußerst vielseitiges Bauelement und oft die einzige Möglichkeit zur Bewältigung eines Federproblems.

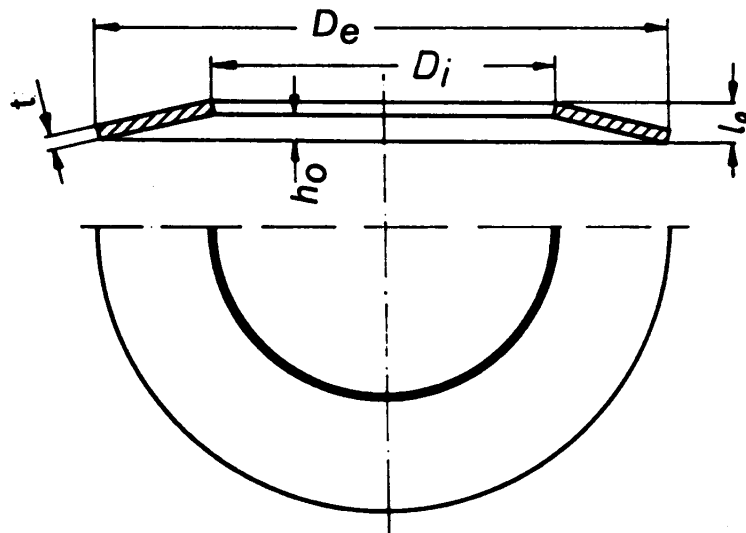


Bild 1: Tellerfederbezeichnungen

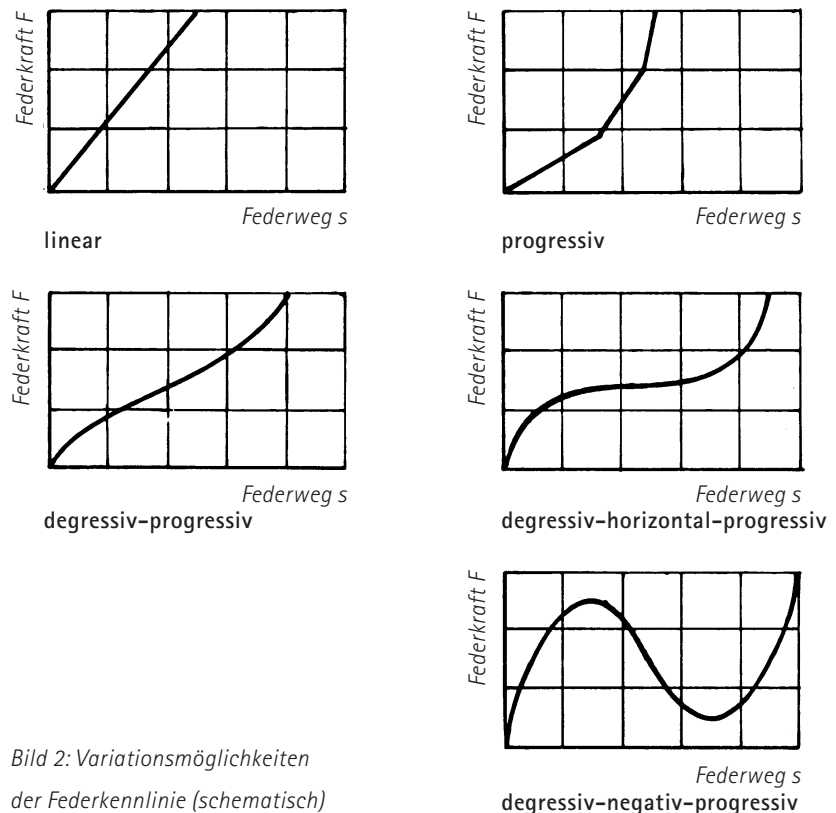


Bild 2: Variationsmöglichkeiten der Federkennlinie (schematisch)

Verlauf der Federkennlinie abhängig von h_0/t

Der Verlauf der Federkennlinie kann in weiten Grenzen durch einfache Änderung des Verhältnisses von lichter Höhe h_0 zur Materialstärke t beeinflusst werden, also entweder durch Änderung der Aufstellung h_0 bei gleichbleibender Materialstärke t (siehe Bild 3) oder durch Änderung der Stärke t bei gleichbleibender Aufstellung h_0 (siehe Bild 4). Dabei zeigt der Wendepunkt der Kennlinie die Planlage der Feder an. Er liegt in 3 und 4 jeweils im Schnittpunkt der gestrichelten Linie mit den Federkennlinien.

Den beiden Bildern wurde als Beispiel die Tellerfeder 200x160x2,5 zugrunde gelegt.

Bild 5 zeigt ebenfalls den Einfluß des Verhältnisses h_0/t auf die Federkennlinie. Dabei ist jedoch die jeweilige Federkraft F auf die Federkraft der plangedrückten Feder $F_s = h_0$ und der Federweg s auf die lichte Höhe h_0 , das ist der Federweg bis zur Planlage, bezogen. Damit läßt sich aus diesem Diagramm für jede beliebige Tellerfeder anhand des gewünschten Kennlinienverlaufs das entsprechende h_0/t ermitteln.

Beispiel für eine Aufgabe:
Eine Tellerfeder soll im Kennlinien-Maximum ungefähr die 1,3 fache Kraft der Planlage erreichen. Ergebnis: $h_0/t = 2$.
Oder: Bei welchem Federweg erreicht eine Tellerfeder mit $h_0/t = 2$ ihr Kraftminimum?

Ergebnis: bei $s \sim 1,4 h_0$.
Es ergibt sich für $h_0/t = \sqrt{2} = 1,42$ ein teilweiser waagerechter Kraftverlauf
 $h_0/t > \sqrt{2}$ = ein ausgeprägtes Kraftmaximum und -minimum mit negativem Kraftverlauf zwischen Maximum und Minimum
 $h_0/t > \sqrt{8} = 2,83$ ein Überschnappen der Feder im Minimum, d.h. es muß eine der anfänglichen Kraft entgegengesetzte Kraft aufgebracht werden, um die Feder in die Ausgangslage zurückzubringen.

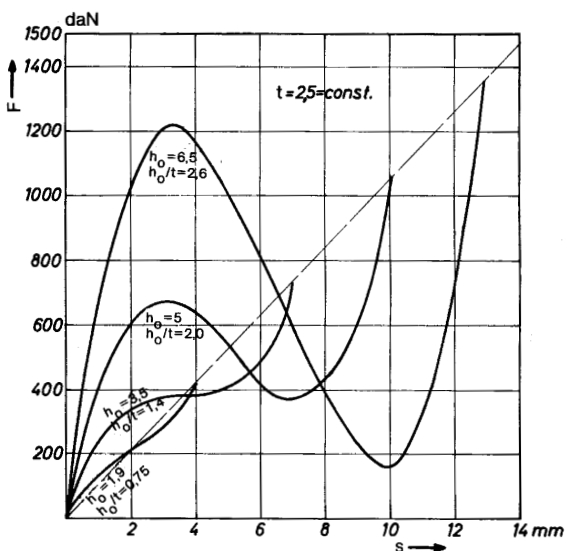


Bild 3: Verlauf der Federkennlinie als Funktion von h_0/t , wobei $t = \text{const.}$

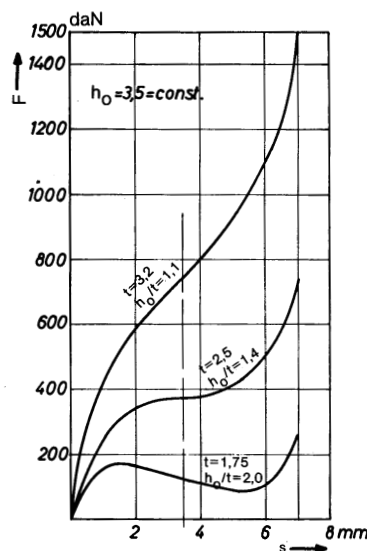


Bild 4: Verlauf der Federkennlinie als Funktion von h_0/t , wobei $h_0 = \text{const.}$

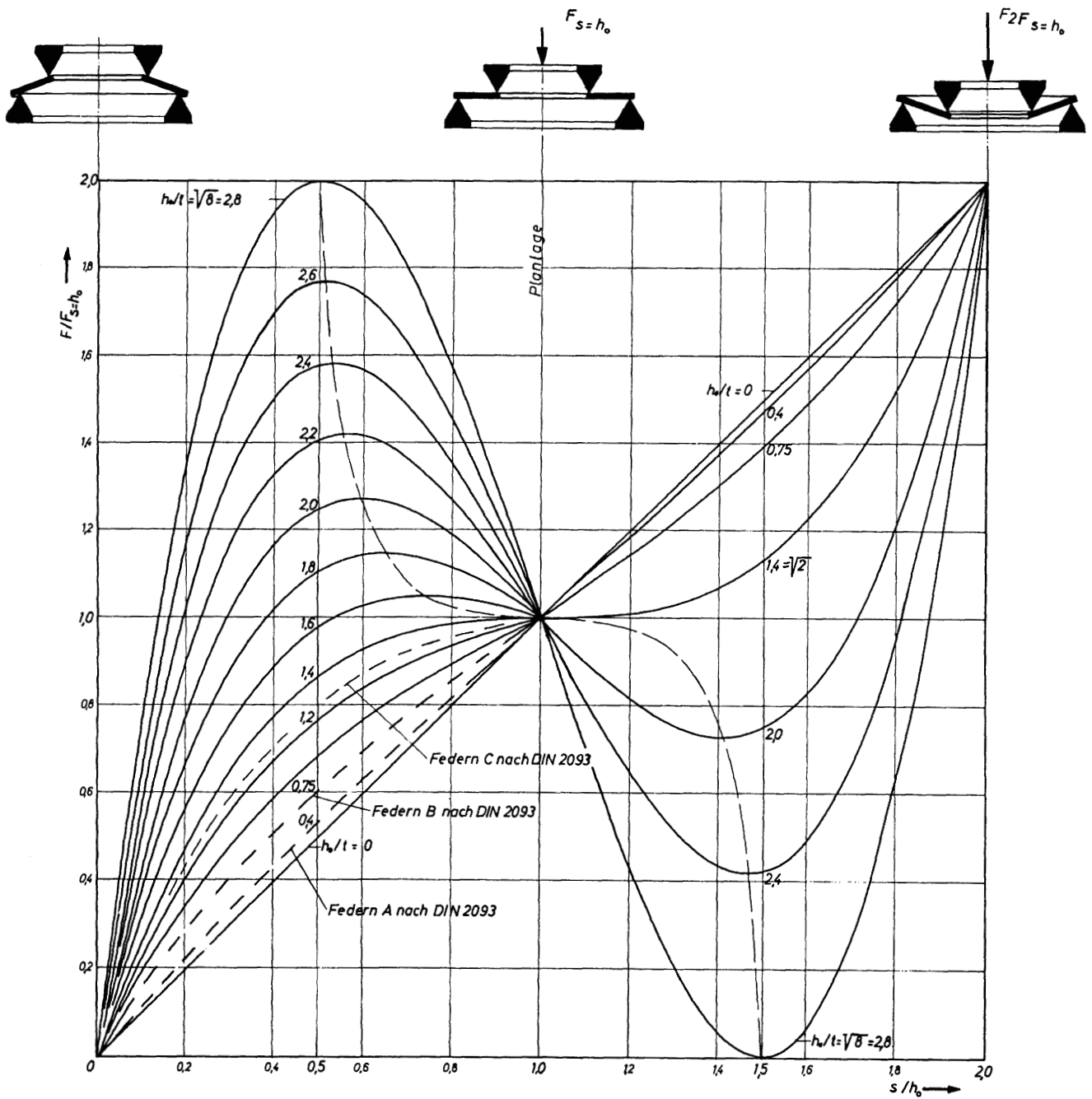


Bild 5: Kennlinienschar der Tellerfeder bei Variation von h/s .

Kennlinien von Tellerfederkombinationen

Bei Mehrfachschichtung, d.h. gleichsinniger Schichtung mehrerer Einzelfedern, addieren sich die Federkräfte, bei Einfachsichtung, d.h. wechselsinniger Aneinanderreihung mehrerer Einzelfedern, addieren sich die Federwege.

Bei Einfachsichtung können die Einzelfedern höchstens bis zur Planlage durchgedrückt werden.

Durch bestimmte Anordnung der Einzelteller (siehe Bild 7) lassen sich auch Federsäulen mit progressiver Kennlinie zusammenstellen.

Normtellerfedern

Die Normreihe dieser Tellerfedern ist festgelegt in DIN 2093 und wird ergänzt durch die Werksnormen verschiedener Hersteller. Aufgenommen sind Außendurchmesser von 8,0 bis 250 mm. Bei den Federn der Reihe A ist $h_0 t \sim 0,4$, bei denen der Reihe B ist $h_0 t \sim 0,75$.

Merkmale

1. Annähernd lineare Kennlinie, große Federkräfte bei kleinem Federweg, also „hartes“ Federverhalten.
2. Ausgelegt für eine Durchdrückung höchstens bis zur Planlage. Praktisch ist der verfügbare Federweg jedoch auf max. $0,75 h_0$ beschränkt, da die Tellerfeder auf der Unterlage abwälzt, was eine stetige Hebelarmverkürzung

und damit ein überproportionales Ansteigen der Federkraft zur Folge hat (siehe Bild 8).

3. Relativ begrenzte dynamische Belastbarkeit.

Das Wechselfestigkeitschaubild, welches für die kritische Zugspannung am unteren Außenrand der Feder in das Diagramm des Bildes 8 eingetragen ist, zeigt die dynamische Belastbarkeit der Feder B 90 DIN 2093.

Da der verfügbare Federweg der Einzelfeder meist nicht ausreicht, ist man gezwungen, wechselsinnig geschichtete Tellerfedersäulen zu bilden.

Die Vergrößerung der Federkraft läßt sich durch gleichsinniges Schichten erreichen.

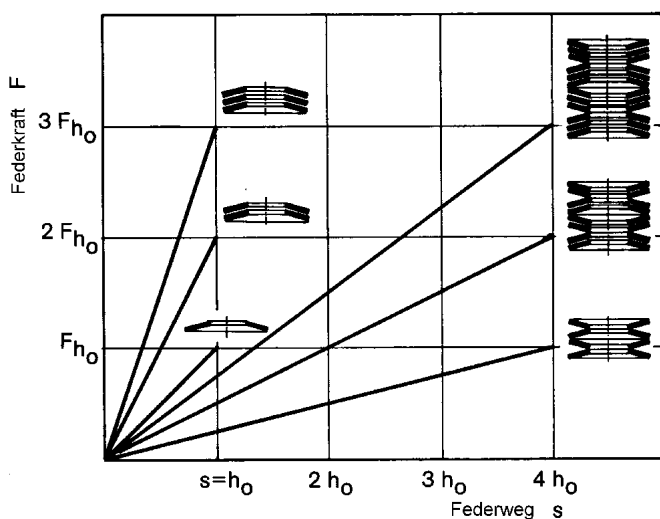


Bild 6: Kennlinien verschiedener Tellerfederkombinationen (schematisch, ohne Berücksichtigung der Reibung)

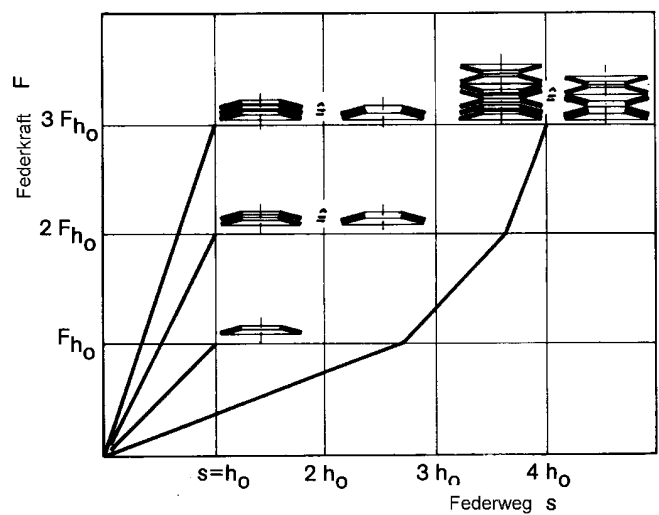


Bild 7: Tellerfedersäule mit progressiver Kennlinie (schematisch, ohne Berücksichtigung der Reibung)

Merkmale geschichteter

Normtellerfedern (Federsäulen)

1. Hohe Kräfte bei entsprechend hoher axialer, jedoch geringer radialer Ausdehnung des Bauelements.
2. Hohe Dämpfung (Reibung) besonders bei gleichsinniger Schichtung, wo mit

zunehmender Federzahl die Reibung progressiv ansteigt. Die Reibung tritt hauptsächlich zwischen den Federn sowie an der Säulenführung auf und erhöht je nach Anzahl und Schichtung die Kräfte beim Belasten und vermindert sie beim Entlasten (siehe Bild 9).

Die Dämpfungseigenschaften von Federsäulen werden in erster Linie zum Auffangen stoßartiger Belastungen ausgenutzt, wo das genaue Einhalten eines vorgeschriebenen Kraftverlaufs nicht notwendig ist.

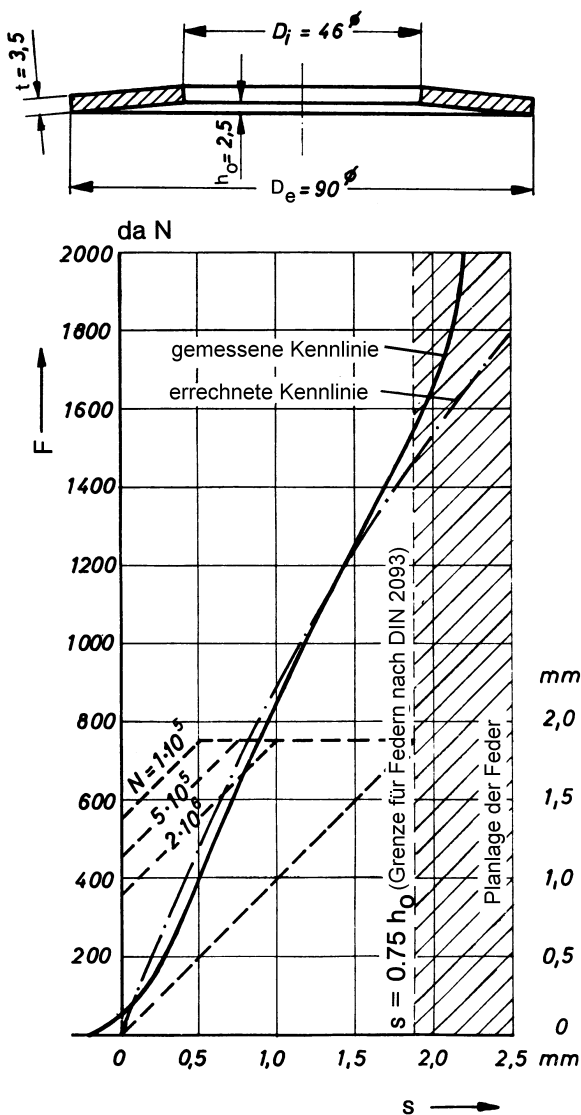


Bild 8: Abmessungen und Kennlinie der Normtellerfeder B 90 DIN 2093

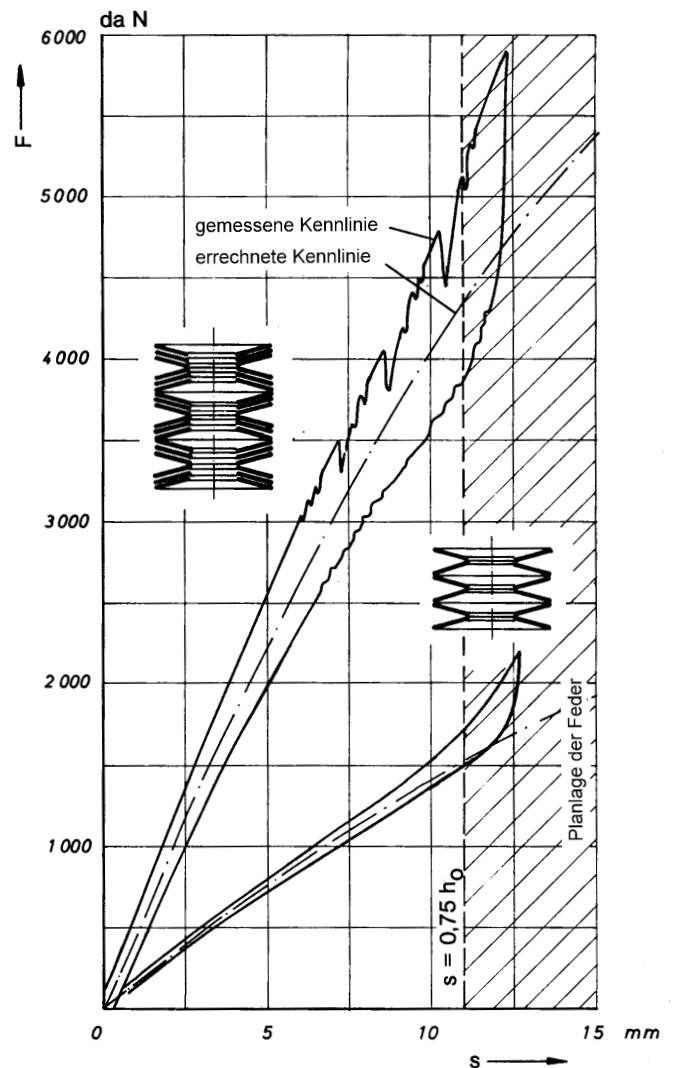


Bild 9: Einfluß der Reibung (Dämpfung) auf den Kennlinien

Folgende Eigenschaften begrenzen die Einsatzmöglichkeiten der Normtellerfedern:

1. Federkennlinie: Es stehen nur wenige, fast lineare Kennlinien zur Verfügung. Alle Normtellerfedern besitzen ein mehr oder weniger hartes Federverhalten.
2. Federweg: Der Federweg der Einzelfeder ist relativ gering und zudem nur bis $s \sim 0,75 h_0$ ausnutzbar. Zur Erreichung größerer Federwege ist Mehrfachsichtung notwendig. Damit ergeben sich mehr oder weniger hohe Baulängen und eine entsprechende Dämpfung.
3. Dämpfung: Die Dämpfung in der Federsäule verhindert genaues Einhalten vorgeschriebener Kraftverläufe.
4. Wechselfestigkeit: Spürbares Absinken der Wechselfestigkeit bei mehr als 6 einzelgeschichteten Federn sowie bei Mehrfachsichtung.

HÄUSSERMANN-Spezialtellerfedern

Als Abgrenzung zu den Normtellerfedern weisen HÄUSSERMANN-Spezialtellerfedern folgende Merkmale auf:

1. Keine Festlegung auf bestimmte Größen und Größenverhältnisse. Damit kann jeder Kundenwunsch bezüglich Abmessungen und Auslegung der Feder individuell berücksichtigt werden.
2. Jede gewünschte Tellerfeder-Kennlinie ist realisierbar.

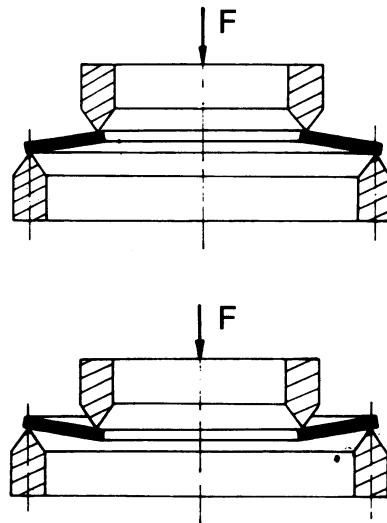


Bild 10: Funktionsschema einer Tellerfeder mit erweitertem Federweg

3. Erweiterter Federweg durch die Möglichkeit des Durchdrückens der Feder über die Planlage hinaus auf die Gegenseite (s. Bild 10) sowie durch das Anbringen von Zungen.

Infolge des erweiterten Federweges kann eine bei Verwendung von Normtellerfedern notwendige Schichtung (Einfachsichtung) überflüssig werden.

Dadurch:

4. Keine erhöhte Reibung (Dämpfung) und relativ genaues Einhalten der vorgeschriebenen Kraft-Weg-Kurve.
5. Dauerwechselfestigkeit, je nach Auslegung der Feder, auch bei langhubigen Schwingungen weit über die Planlage hinaus.

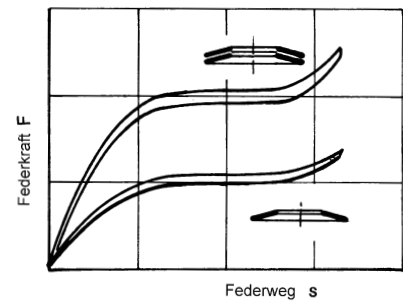


Bild 11: Erhöhung der Federkraft durch Mehrfachsichtung

Möglichkeiten der Veränderung von Federkraft oder Federweg bei gegebenen Federabmessungen

Wie schon in Bild 6 gezeigt, kann die Federkraft durch gleichsinniges Schichten verdoppelt, verdreifacht usw. werden. Zur Verminderung der Reibung zwischen den Federn wird das Einfetten der Flächen z. B. mit Molykote A empfohlen. Auch können die Federn durch Einlegen von Zwischenringen (z. B. aus Federdraht) voneinander getrennt werden, was die Reibung gegenüber der Einzelfeder kaum erhöht.

Vergrößerung der Federkraft und

Verkleinerung des Federweges durch Verkleinerung des Auflage-Hebelarms

Bei Verkürzung des Auflage-Hebelarms erhöht sich

die Federkraft

$$K_f = \frac{D_E - D_I}{D_{EF} - D_{IF}}$$

und der Federweg um

$$K_s = \frac{1}{K_f}$$

Vergrößerung des Federweges durch Einfachschichtung

Wie schon in Bild 6 gezeigt, kann der Federweg durch wechselsinniges Schichten verdoppelt, verdreifacht usw. werden. Infolge des erweiterten Federweges der HÄUSSERMANN-Tellerfeder ist jedoch eine solche Schichtung in vielen Fällen weder notwendig noch sinnvoll,

dann

- wäre dabei der Federweg der Einzelfeder auf $s \sim 0,75 h_0$ begrenzt und wären daher von Anfang an 3 wechselsinnig geschichtete Federn notwendig, um den maximalen Federweg einer einzigen Feder zu erreichen,
- erhöhte sich die Dämpfung infolge der Schichtung,
- wäre das Verhältnis h_0/t der Einzelfeder auf höchstens 1,3 beschränkt, da bei Überschreiten dieses Wertes die Gefahr

besteht, daß einzelne Federn infolge von Fertigungstoleranzen nach Erreichen eines Kraftmaximums eine abfallende Kennlinie aufweisen und durchsacken. Dies würde der Federsäule bei dynamischer Beanspruchung ein instabiles Verhalten verleihen.

Vergrößerung des Federweges und Verkleinerung der Federkraft durch Vergrößerung des Auflage-Hebelarms (geschlitzte Tellerfeder bzw. Zungen-tellerfeder)

Durch Ansetzen von mehr oder weniger langen Hebeln (Zungen) am Tellerinnenrand läßt sich der Auflage-Hebelarm und damit auch der Federweg in einem weiten Bereich vergrößern. Das Federelement bleibt dabei der ringförmige Teil der Tellerfeder, der damit wie bisher mit seiner Dicke t und seiner lichten Höhe h_0 für den charakteristischen Verlauf der Federkenn-

linie verantwortlich ist (siehe Bild 13). Für die Verminderung der Federkraft und die Verlängerung des Federweges gelten die angegebenen Korrekturfaktoren in gleicher Weise. Die Durchbiegung der Zungen kann in den meisten Fällen vernachlässigt werden, da sie nur in Größenordnungen unter 10 % zum Gesamtfederweg beiträgt.

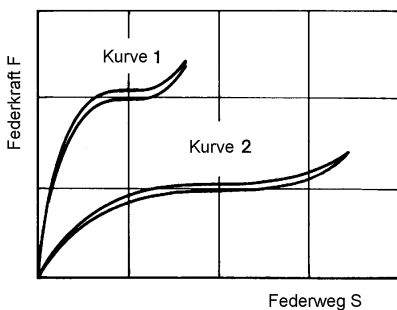
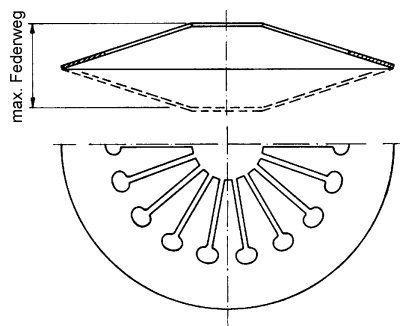


Bild 13: Einfluß der Vergrößerung des Auflage-Hebelarmes auf die Kennlinie



Geschlitzte Tellerfeder mit langen Zungen (Kurve 2)

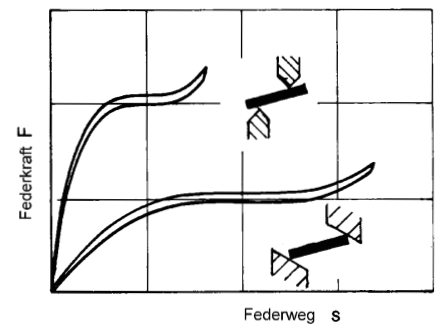
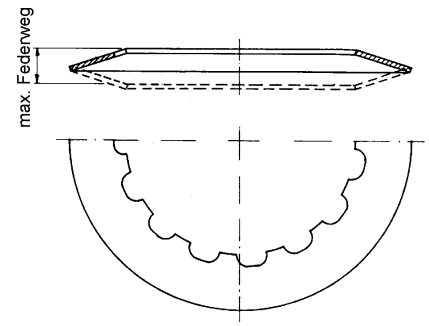


Bild 12: Einfluß der Verkürzung des Auflage-Hebelarmes auf die Kennlinie



Geschlitzte Tellerfeder mit kurzen Zungen (Kurve 1)

Konstruktive Ausbildung der Tellerfeder-Auflage und der Zentrierung

Die Möglichkeit, die Federn über die Planlage hinaus durchzudrücken, erfordert eine entsprechende Ausbildung der Auflagen. Diese sollten beim Durchdrücken der Feder den wirksamen Hebelarm nicht wesentlich verkleinern, um einen ungewollten zusätzlichen Kraftanstieg zu verhindern. Je höher die dynamische Beanspruchung der Feder ist, desto sorgfältiger ist der Auflageradius auszubilden, damit ein gegenseitiges Einlaufen in Grenzen gehalten wird.

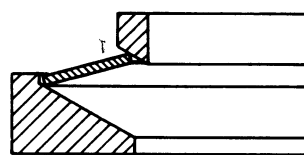
Eine Zentrierung der Feder am Außenrand ist besonders bei geschlitzten Tellerfedern zu empfehlen, da der Weg der Zungenspitzen bei Innenzentrierung ein zu großes Spiel erfordert.

Im folgenden sollen einige Beispiele, ohne Anspruch auf Vollständigkeit, gebracht werden:

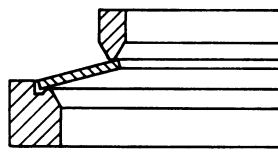
Bei dynamisch hoch beanspruchten Zungentellerfedern sollten die Zungenspitzen zur Verschleißminderung zusätzlich gehärtet werden (HÄUSSERMANN-Entwicklung).

Dynamische Beanspruchung von Tellerfedern

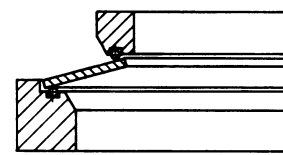
Dynamisch hochbeanspruchte Federn werden bei HÄUSSERMANN grundsätzlich aus speziell erschmolzenem Edelstahl (Elektrogüte) mit eingegengtem S- und



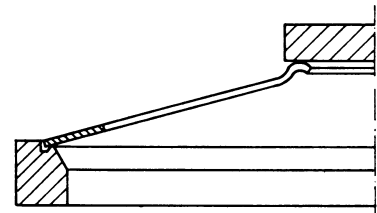
*Tellerfeder zwischen ebenen Platten:
Bei dynamischer Beanspruchung ist es empfehlenswert, die Auflagekanten der Tellerfeder zu runden.*



Auflagen gerundet



In Nut eingelegter Federdraht



Bei ebenem Druckstück Kröpfung und Härten der Zungenspitzen.

Bild 14: Beispiele für Tellerfeder-Auflagen

P- Bereich gefertigt, sorgfältig vergütet und kugelgestrahlt. Zur Erzielung der gewünschten Lebensdauer ist darüberhinaus die Einhaltung der zulässigen Beanspruchung wesentlich. An der Oberseite der Tellerfeder treten bei Belastung Druckspannungen, an der Unterseite Zugspannungen auf.

Bei der ungeschlitzten Tellerfeder ist die gefährdete Stelle der untere Außenrand. Er wird daher bei dynamisch hochbeanspruchten Federn meist gerundet.

Bei geschlitzten Tellerfedern tritt die Kerbwirkung des Übergangs der Zungen in den Tellerfeder-Ring hinzu. Sie wird bei HÄUSSERMANN-Tellerfedern durch das Anbringen von ovalen Löchern (HÄUSSERMANN-Entwicklung) entscheidend herab-

gesetzt. Wie ausgedehnte Untersuchungen an der TU München bewiesen haben, führt das ovale Loch gegenüber anderen Lochformen zu einer erheblichen Verlängerung der Lebensdauer. Das Anprägen des unteren Lochrandes dient dem gleichen Zweck.

Weitere Maßnahmen zur Herabsetzung der Beanspruchung:

Vergrößerung des Außendurchmessers bei Belassung aller übrigen Maße sowie der Kennlinienform.

Verminderung der Aufstellhöhe (dabei verändert sich die Kennlinie entsprechend).

Falls diese Maßnahmen nicht möglich sind, bleibt die Aufteilung der Beanspruchung auf mehrere Tellerfedern gleichsinnig geschichtet.

Weiterhin sollten Tellerfedern allgemein unter Vorspannung geschwungen werden. Dabei sollte der Vorspannweg mindestens 0,15 h betragen, damit die vom Setzen der Tellerfeder herrührenden Zugeigenspannungen am oberen Innenrand ausgeglichen werden.

Kennlinien – Hysterese

Wie schon früher erwähnt, ergeben sich bei Belastung der Tellerfeder infolge der Reibungseinflüsse an den Auflagen höhere Federkräfte als bei Entlastung.

Diese Erscheinung – auch als Hysterese bezeichnet – ist somit bei der dynamisch beanspruchten Tellerfeder in Betracht zu ziehen.

Bei gut gerundeten, glatten und gefetteten – also reibungsarmen – Auflagen beträgt die Kraftdifferenz zwischen Vorwärts- und Rückwärtsbelastung der Einzelfeder ca. 2-4% der jeweiligen Kraft der Vorwärtsbelastung. Dieser Wert kann sich bei erhöhter Reibung auf über 10% steigern.

In vielen Anwendungsfällen ist die Tellerfeder und ihre Umgebung jedoch Vibrationen ausgesetzt, welche die Reibung z.T. überwinden und eine Hysterese kaum aufkommen lassen. Die Federkraft beschränkt sich hier sowohl bei Belastung als auch bei Entlastung auf einen Mittelwert.

Das Setzen der Tellerfeder

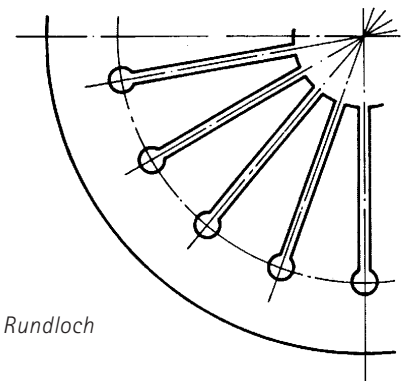
Die Tellerfeder weist durch das starke

Spannungsgefälle im Federquerschnitt eine kräftige Stützwirkung im Werkstoff auf. Dadurch ist die Tellerfeder anderen Federarten in der Standfestigkeit – vor allem auch bei höheren Temperaturen – überlegen.

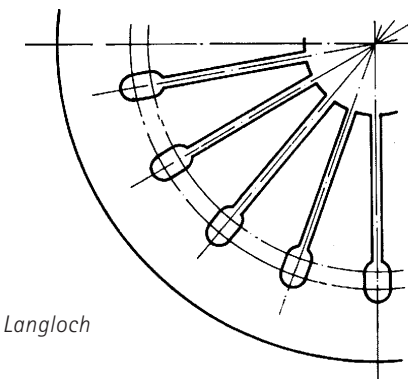
Je nach Werkstoff, Werkstoffhärte und Auslegung der Feder treten, vor allem bei den ersten Hüben, mehr oder weniger große Kraftverluste durch Setzen ein. Dieser Setzverlust wird vom Hersteller schon bei der Auslegung der Feder berücksichtigt. Halten sich die Federspannungen in den zulässigen Grenzen, so ist der Setzvorgang nach den ersten 20 Hüben praktisch beendet. Das Vorsetzen der Feder durch entsprechendes Blocken kann auch vom Hersteller übernommen werden. Gerade im Stehvermögen zeigt sich die hohe Qualität der HÄUSSERMANN-Spezialtellerfeder.

Drehmomentübertragung mit Tellerfedern

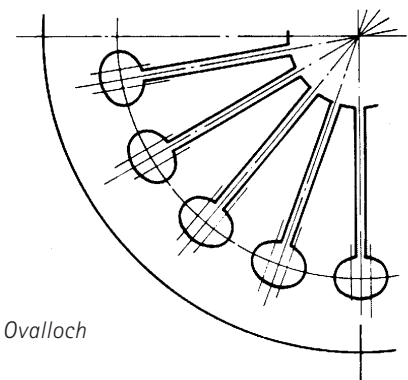
Mit geschlitzten Tellerfedern ist auch die zusätzliche Übertragung eines Drehmomentes möglich. Hierbei wird das Drehmoment vom Innenkörper über die Zungen der Tellerfeder und aufgenietete Mitnehmerlaschen auf den Außenkörper übertragen. Von dieser Möglichkeit wird z. B. im stufenlosen, mit Zungentellerfedern ausgerüsteten PKW-Keilriemengetriebe der DAF-Variomatic Gebrauch gemacht.



Rundloch



Langloch



Ovalloch

Bild 15: Verschiedene Lochformen

Anwendungsmöglichkeiten für HÄUSSERMANN-Spezialtellerfedern

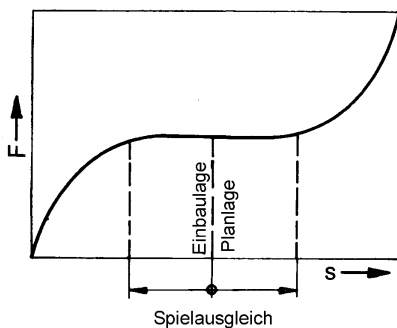
HÄUSSERMANN-Spezialtellerfedern erschließen dem Konstrukteur alle Möglichkeiten, welche die Tellerfeder schlechthin bieten kann.

Im folgenden sollen einige charakteristische Anwendungsbeispiele aufgeführt werden, bei denen die Hauptmerkmale der HÄUSSERMANN-Spezialtellerfedern – erweiterter Federweg und beliebige Federkennlinie – ausgenutzt werden.

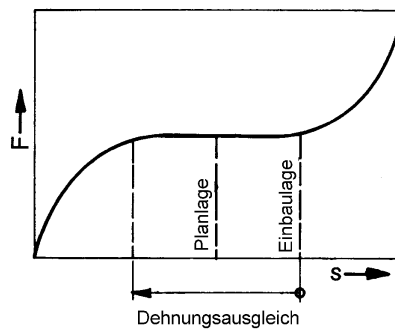
HÄUSSERMANN-Spezialtellerfedern mit teilweise waagerechter Federkennlinie ($h_0/t = 1,42$)

Die Möglichkeit, den Federdruck über einen je nach Wahl des Auflage-Hebelarms mehr oder weniger langen Federweg konstant zu halten, hat diesen Tellerfedern ein weites Anwendungsgebiet erschlossen. So werden sie z. B. eingesetzt zum

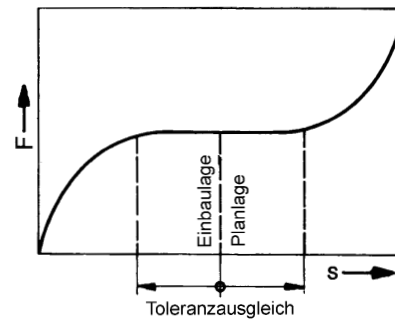
– Spielausgleich von beweglichen Teilen wie Kugellager, Dichtpackungen usw.



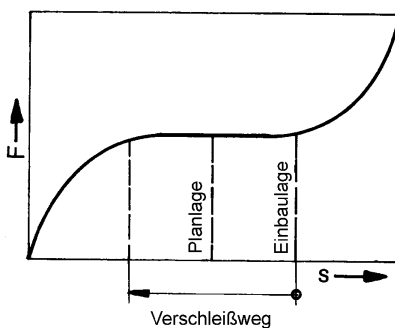
– Dehnungsausgleich bei Temperaturänderungen in Schraubenverbindungen usw.



– Ausgleich von Einbautoleranzen



– Selbsttätiges Nachstellen bei Verschleißvorgängen in Überlast-Rutschkupplungen, Lamellenkupplungen und -bremsen, Scheibenkupplungen und -bremsen usw.



Die so ausgerüsteten Kupplungen erfordern bis zum Auswechseln der Reibbeläge keinerlei Nachstarbeit und sind somit völlig wartungsfrei.

Verschiedentlich werden auch in den oben beschriebenen Fällen Tellerfedern mit „fast waagerechter“ Federkennlinie und einem $h_0/t < 1,3$ verwendet. Hierbei ist zubeachten, daß diese Federn

- keinen waagerechten Kennlinienbereich besitzen,
- für einen maximalen Vorspann-Federweg von $f_{max} = 0,75 h$ ausgelegt sind und daher in den meisten Fällen mehrere Federn zur Aufbringung des notwendigen Federweges wechselsinnig geschichtet werden müssen, was zudem die Dämpfung erhöht.

Dadurch ist z. B. im Falle des Verschleißausgleichs bei Kupplungen keine vollständige Wartungsfreiheit gegeben, weil auch bei geringem Belagverschleiß der Anpreßdruck sinkt und die Kupplung immer häufiger und länger durchzurutschen beginnt.

Bild 16 zeigt den Einsatz einer Tellerfeder mit teilweiser waagerechter Kennlinie in einer Lamellen-Rutschkupplung. Sie verleiht der Kupplung die Vorteile einer völligen Wartungsfreiheit sowie einer vereinfachten Konstruktion.

HÄUSSERMANN-Spezialtellerfedern mit teilweise negativer Federkennlinie

Am bekanntesten ist der Einsatz dieser Tellerfedern in Kraftfahrzeug-Kupplungen. Auf diesem Gebiet hat HÄUSSERMANN in Europa Pionierarbeit geleistet und die Grundlage für die heute erfolgreichsten Tellerfeder-Kupplungen in PKWs, LKWs und Schleppern gelegt.

Wirkungsweise der Tellerfeder in der Kfz-Kupplung:

Die Zungen der geschlitzten Tellerfeder vermindern die Ausrückkraft und bilden gleichzeitig den Hebel mit Drehpunkt in D (siehe Einbauskizze Bild 17) zur Anhebung der Druckplatte.

Beim Ausrücken fällt die Kraft der Tellerfeder im Gegensatz zur herkömmlichen Schraubendruckfeder ab (siehe Federdiagramm Bild 17), was die Pedalarbeit wesentlich erleichtert.

Bei allmählichem Verschleiß des Reibbelags läßt die Federkraft nicht nach, sondern steigt an. Der weite Verschleißausgleich der Tellerfeder macht ein Nachstellen der Kupplung überflüssig.

Als weitere Vorteile der Tellerfeder in diesem Anwendungsfall sind zu nennen:

- Eine geringe Baulänge der Kupplung wurde möglich.
- Als rotationssymmetrisches Teil erzeugt die Tellerfeder keine Unwucht.
- Auch hohe Drehzahlen haben auf die Arbeit der Tellerfeder – im Gegensatz zur Schraubenfeder – keinen Einfluß.

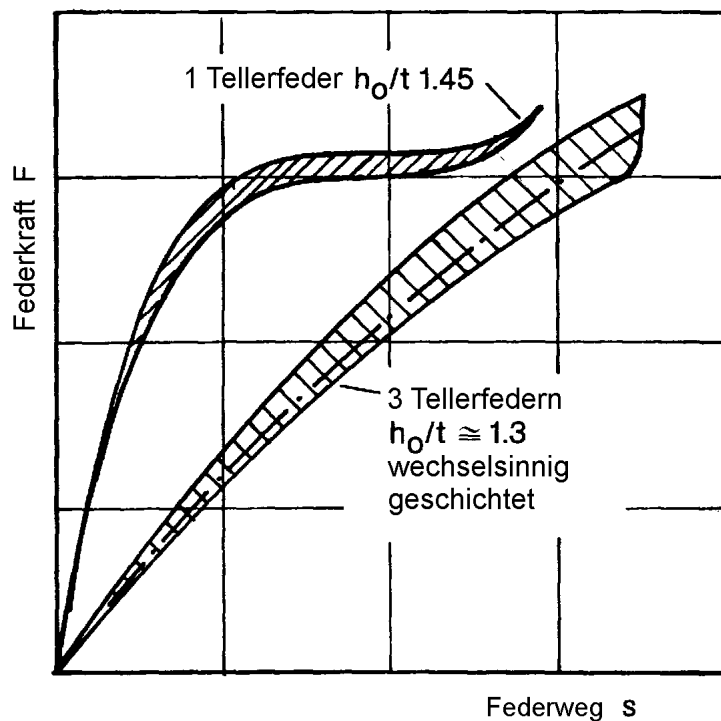
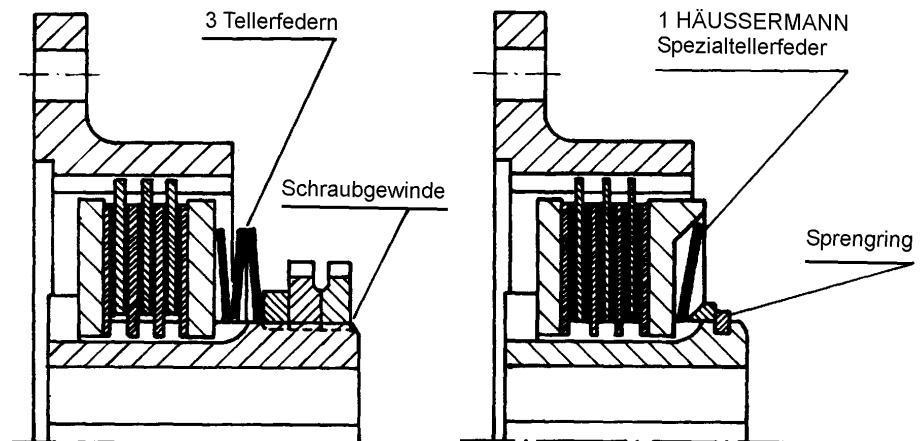


Bild 16: Schnittzeichnung (schematisch) einer Lamellen-Rutschkupplung unter alternativer Verwendung von drei Tellerfedern mit $h_0/t < 1,3$ sowie 1 HÄUSSERMANN-Spezialtellerfeder mit $h_0/t = 1,4/1,5$, in Einbaulage auf die Gegenseite durchgedrückt.

Stufenlose Regelgetriebe sind ein weiteres Gebiet, wo HÄUSSERMANN-Spezialtellerfedern mit teilweiser negativer Kennlinie vorteilhaft eingesetzt werden.

Wirkungsweise der Tellerfeder im Regelgetriebe:

Die Drehzahlregelung erfolgt manuell am Primärvariator durch Änderung des Abstandes der beiden Tellerscheibenhälften. Dabei paßt sich der Sekundärvariator durch entgegengesetzte Änderung seines Scheibenabstandes automatisch an. Hier wird der Anpreßdruck für den Keilriemen durch die geschlitzte Tellerfeder erzeugt. Durch die Ausbildung als geschlitzte Tellerfeder mit langen Zungen und hoher Aufstellung wird der für den weiten Verstellbereich benötigte große Federweg erreicht. Die Federkennlinie kann – wie in Bild 18 – so gewählt werden, daß im langsamen Drehzahlbereich (Stellung A) die Leistung des Variators durch Erhöhung des Keilriemen-Anpreßdruckes entsprechend zunimmt und umgekehrt (Stellung B). Auch hier ermöglicht die HÄUSSERMANN-Tellerfeder eine kompakte und problemlose Konstruktion.

Von weiteren Anwendungsfällen in Regelgetrieben sei hier nur das erste stufenlos regelbare Keilriemengetriebe für PKW's, die DAF-Variomatic, erwähnt, deren hochbeanspruchte Zungentellerfedern von HÄUSSERMANN in Zusammenarbeit mit der Firma DAF, Eindhoven, entwickelt worden sind.

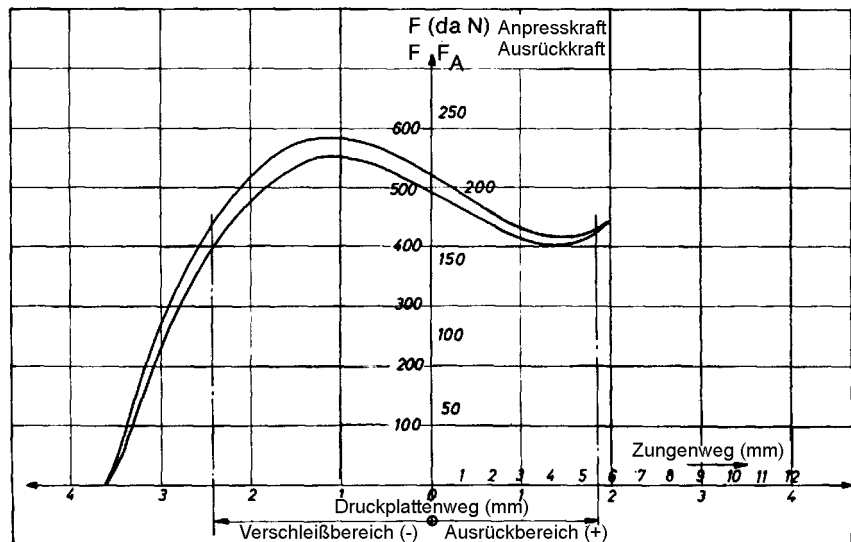
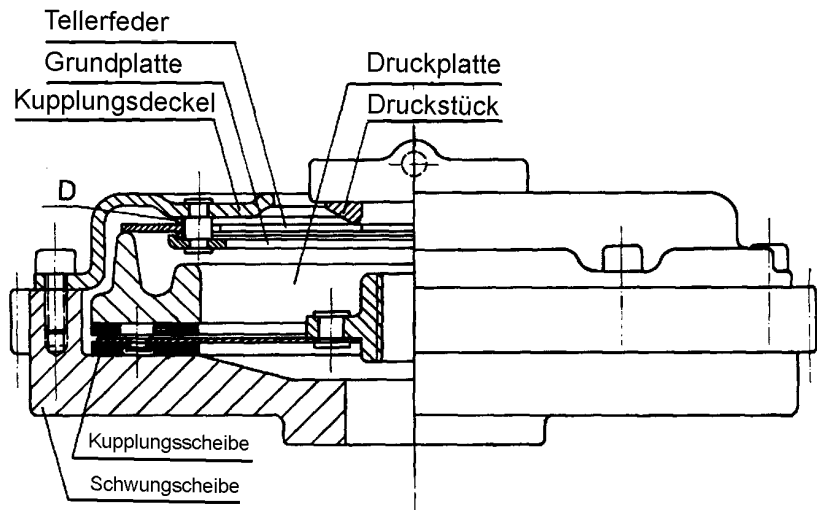
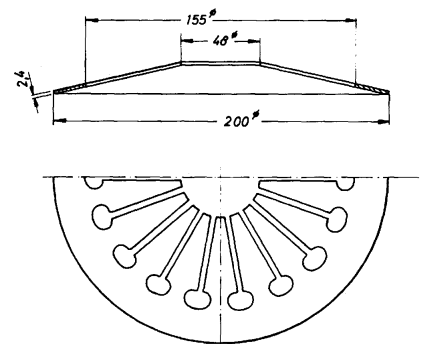


Bild 17: HÄUSSERMANN-Tellerfeder mit teilweiser negativer Kennlinie für den Einsatz in PKW-Kupplungen. Federdiagramm und Einbauskizze (schematisch).



Zusammenfassung der Merkmale der HÄUSSERMANN-Spezialtellerfedern

1. Verwirklichung sämtlicher Tellerfeder-Kennlinien möglich. Einzige Federart, mit der waagerechte und negative Federkennlinien erzielt werden können.
2. Erweiterter Federweg durch die Möglichkeit des Durchdrückens der Feder weit über die Planlage hinaus sowie durch die Ausbildung als Zungen-tellerfeder.
3. Durch hohes Qualitätsniveau genaues Einhalten der Krafttoleranzen sowie hohe Standfestigkeit und Lebensdauer.
4. Kurze Baulänge ermöglicht kompakte, biege- und drehsteife Konstruktionen.
5. Durch Rotationssymmetrie keine Unwucht und keine Schwingungen.
6. Kein Ausknicken oder Ausbeulen auch bei hohen Drehzahlen.

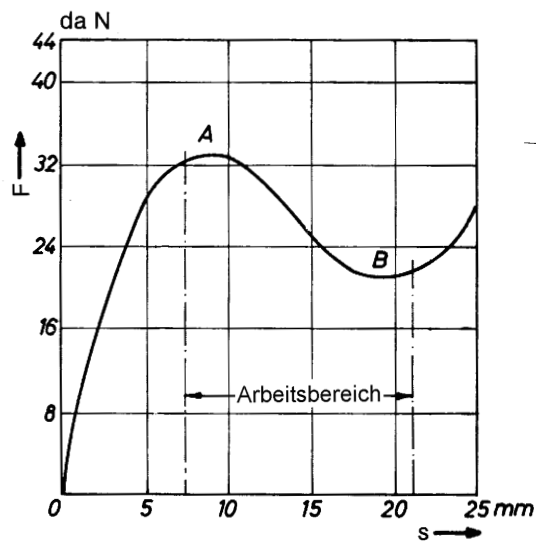
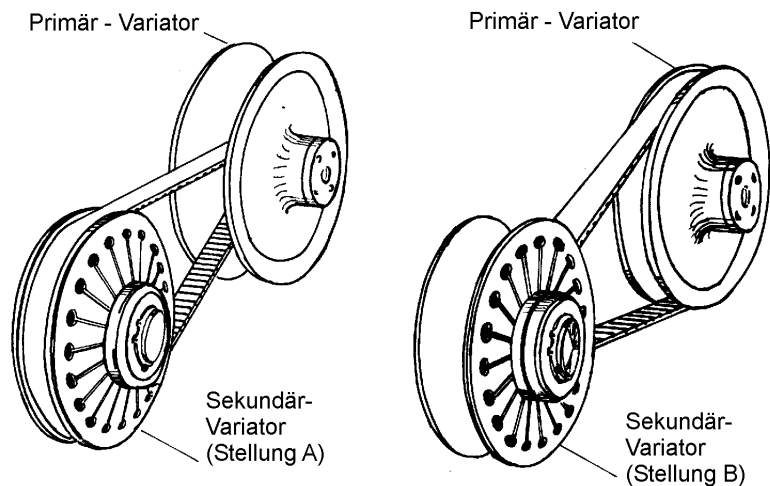


Bild 18: HÄUSSERMANN-Tellerfeder mit teilweiser negativer Kennlinie für den Einsatz in Keilriemengetrieben zur stufenlosen Drehzahlregelung