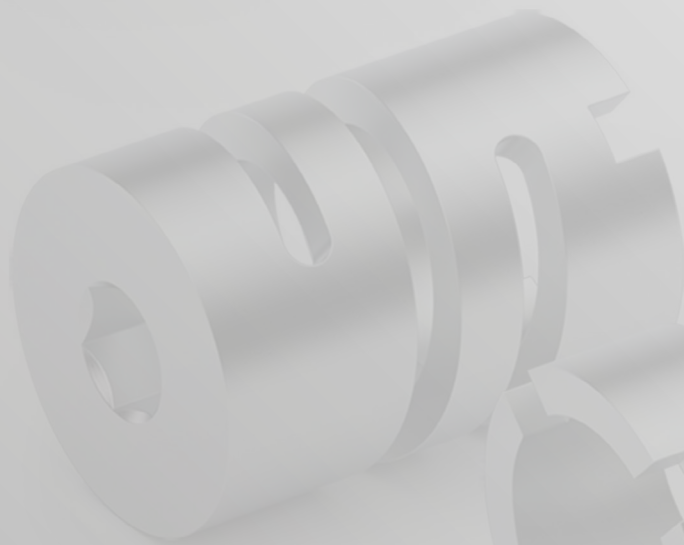


Präzisionsfedern



Präzisionsfedern





» Inhalt

- 05 Technische Grundlagen
- 07 Werkstoffe und Konstruktionsmerkmale
- 10 Vergleich: Standardfedern vs. Präzisionsfedern

Technische Grundlagen von Präzisionsfedern

In der Technik sind Federn meist als Normteile bekannt, die durch Kalt- oder Warmumformung aus legierten oder unlegierten Federstählen mit rundem, quadratischem oder rechteckigem Querschnitt hergestellt werden. Spanend gefertigte Federn aus einem einzigen Werkstück sind hingegen weniger verbreitet.

Diese Federn können Druck-, Zug- und Torsionskräfte sowie Biegespannungen aufnehmen. Ihr besonderer Vorteil liegt in der gezielten Kombination verschiedener Federkennwerte innerhalb eines Bauteils.

Im Vergleich zu gewickelten Federn ermöglichen sie sehr präzise und konstante Federraten von bis zu $\pm 0,1$ % sowie eine Wiederholgenauigkeit von bis zu 1 %.

Gefertigt werden sie aus Vollmaterial, beispielsweise aus Stangen oder Rohren, in die eine wendelförmige Nut eingebracht wird.

Da bei der spanenden Bearbeitung keine künstlichen inneren Spannungen entstehen, sondern lediglich natürliche Materialspannungen bestehen bleiben, entstehen Federn mit linearer Federkennlinie, hoher Dauerfestigkeit und sehr guter Wiederholgenauigkeit. Spanend gefertigte Präzisionsfedern bieten darüber hinaus zahlreiche konstruktive Vorteile:

- Vielfältige Befestigungsmöglichkeiten ohne gebogene Federenden
- Hohe Festigkeit und lange Lebensdauer
- Integration zusätzlicher Funktionen im Bauteil
- Große Auswahl an Werkstoffen
- Mehrgängige oder gegenläufige Wendelausführungen zur Vermeidung von Ausknicken oder Rotation freier Federenden



Anwendungsbeispiel Sonder-Druckfeder

Ursprüngliche Lösung (links): Druckfeder aus drei Bauteilen
 Neue Lösung (rechts): Präzisionsfeder aus einem Bauteil

Vorteile der neuen Lösung:

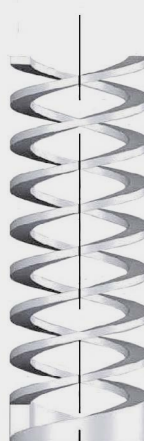
- Höhere Genauigkeit und Funktionssicherheit
- Nur ein Bauteil für die Hauptfunktion «Druckfeder»
- Minimierung von Beschaffungsaufwand und Lagerhaltung

Kraftverteilung

Eingängige Druckfeder



Präzisionsfeder



Kein unerwünschtes seitliches Ausknicken mit einer zwei- oder mehrgängigen Präzisionsfeder

Eingängige Feder



Zweigängige Feder



Bei spanend gefertigten Präzisionsfedern können sowohl links- als auch rechtsgängige Wendeln innerhalb einer Feder kombiniert werden. Dadurch lässt sich eine unerwünschte Verdrehung der Federenden wirksam vermeiden.



Höchste Genauigkeit bei Präzisionsfedern

Das spanende Herstellungsverfahren von Präzisionsfedern erzeugt keine zusätzlichen inneren Spannungen, die bei der Krafteinleitung überwunden werden müssen. Durch die hohe Fertigungsgenauigkeit sind zudem alle Federwindungen aktiv. Dadurch verformt sich die Feder unter Belastung gleichmäßig und nimmt nach der Entlastung wieder ihre ursprüngliche Form an. Das Ergebnis ist eine lineare und präzise Federkennlinie.

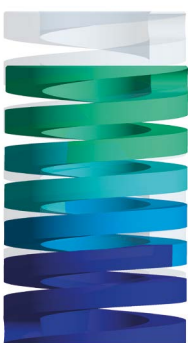
Bei konventionell gewickelten Federn liegt die Federate typischerweise innerhalb eines Toleranzbereichs von etwa $\pm 10\%$. Spanend gefertigte Präzisionsfedern erreichen dagegen deutlich geringere Abweichungen von etwa $\pm 5\%$. Bei kundenspezifischen Lösungen können sogar Toleranzen von bis zu $\pm 1\%$ realisiert werden.

Eine besonders hohe Präzision mit nahezu perfekt linearer Federkennlinie ist vor allem bei sehr kleinen Hubbewegungen in hochpräzisen Regelsystemen erforderlich.

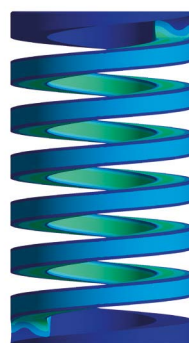


Einsatz der Finite-Elemente-Methode (FEM)

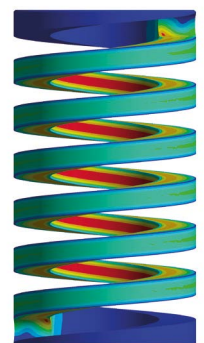
Zur Auslegung und Optimierung von Präzisionsfedern wird häufig die Finite-Elemente-Methode (FEM) eingesetzt. Mit dieser Analyse lassen sich zuverlässige Aussagen über Festigkeit, Belastbarkeit und Lebensdauer für spezifische Anwendungen treffen.



Verschiebung



Torsionsbelastung



Werkstoffe und Konstruktionsmerkmale

Große Werkstoffvielfalt für Präzisionsfedern

Konventionelle gewickelte Federn werden meist aus Federstahldraht nach EN 10270-1 hergestellt. Bei spanend gefertigten Präzisionsfedern ist die Werkstoffauswahl jedoch deutlich größer, da das Material nicht umgeformt werden muss, sondern lediglich zerspanbar sein muss.

Dadurch können beispielsweise auch folgende Werkstoffe eingesetzt werden:

- Aluminium für besonders leichte Federn
- Kunststoffe für elektrisch isolierende Anwendungen
- Titan für hochfeste und korrosionsbeständige Präzisionsfedern

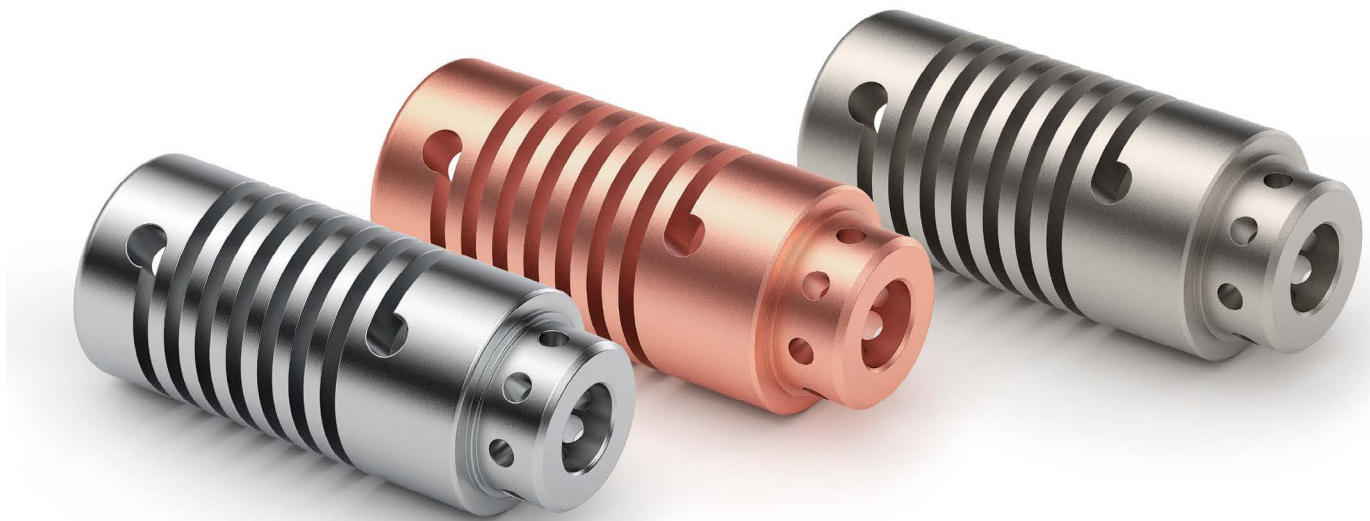
Typische Einsatzbereiche und Abmessungen

Druck- und Zugfedern

- Kraftbereich: 2 – 4500 N
- Außendurchmesser: 1,5 – 80 mm
- Längen: 6 – 500 mm

Torsionsfedern

- Drehmoment: 5 – 225 Nm
- Verdrehwinkel: 1 – 360°
- Außendurchmesser: 1,5 – 80 mm
- Längen: 6 – 500 mm



Druckfedern aus rostfreiem Stahl (links), Kupfer (Mitte) oder Titan (rechts)

Optimierte Befestigung bei Präzisionsfedern

Bei klassischen gewickelten Spiralfedern werden Befestigungen häufig durch gebogene Drahtenden, Haken, Ringe oder geschliffene Federenden realisiert. Diese kleinen Biegeradien führen jedoch oft zu hohen Materialspannungen und können zu frühzeitigem Bauteilversagen führen. Zudem können diese Anschlussstellen die in der Feder entstehenden Drehmomente nur begrenzt in angrenzende Bauteile übertragen.

Spanend gefertigte Präzisionsfedern bieten hier konstruktive Vorteile. Befestigungen lassen sich gezielt in das Bauteil integrieren und dort verstärken, wo Kräfte eingeleitet werden müssen.

Typische Lösungen sind beispielsweise:

- Doppelzapfen
- Kreuzschlitze
- Nuten
- Befestigungsflansche uvm.

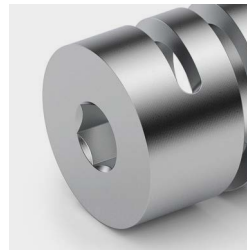
Durch solche integrierten Anschlüsse erhöhen sich Lebensdauer und Funktionssicherheit der Feder. Gleichzeitig lassen sich Einbauraum, Produktionsaufwand und Montagekosten häufig reduzieren.



Gewindezapfen



Stiftbohrungen



Innensechskant



Nuten



Kundenspezifische Torsionsfeder,
Material C 300

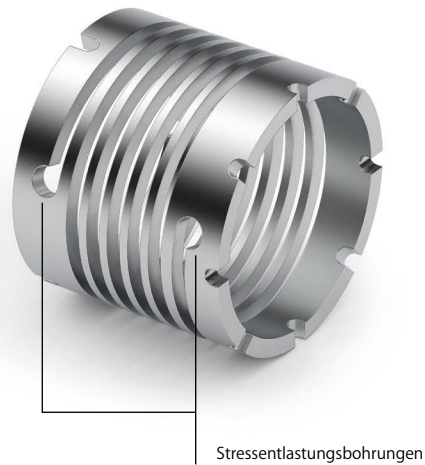
Erhöhung der Lebensdauer

Die Lebensdauer von Präzisionsfedern lässt sich durch verschiedene konstruktive Maßnahmen erhöhen.

Typische Optimierungen sind:

- Stressentlastungsbohrungen am Wendelauslauf zur Reduzierung von Kerbspannungen
- Materialverstärkungen im kritischen Bereich der Wendel
- Oberflächenbeschichtungen wie Vernickelung zur Verbesserung von Verschleißfestigkeit und Korrosionsschutz

Diese Maßnahmen erhöhen die mögliche Anzahl an Lastwechseln und verbessern die Dauerfestigkeit der Feder.



Integrierte Funktionen zur Reduzierung von Bauteilen

Durch die konstruktiven Möglichkeiten spanend gefertigter Präzisionsfedern lassen sich Befestigungen und zusätzliche Funktionen direkt in das Bauteil integrieren.

Die wichtigsten Vorteile:

Kostenreduzierung

- weniger Bauteile pro Funktion
- kürzere Montagezeiten
- geringerer Beschaffungsaufwand

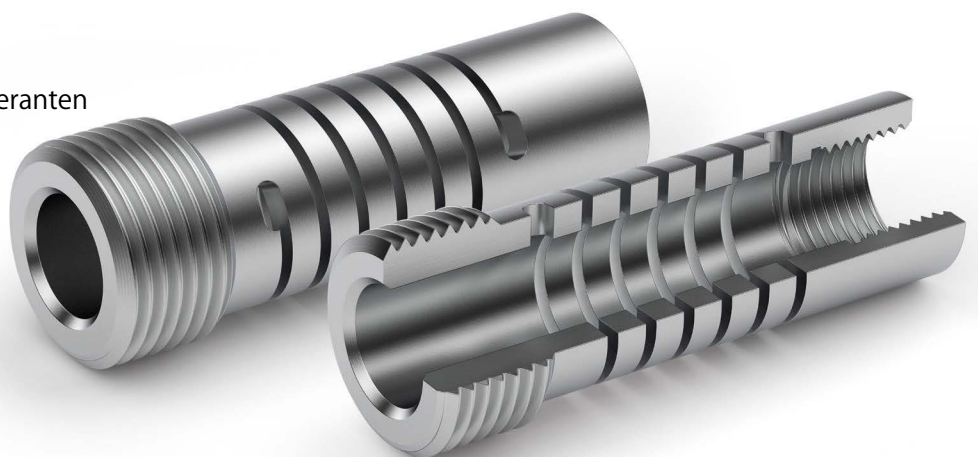
Erhöhte Systemsicherheit

- eindeutige Schnittstellen durch ein einzelnes Bauteil
- ein Ansprechpartner für mehrere Funktionen

Optimierte Lagerhaltung

- geringerer Lagerbestand
- weniger Bestellungen und Lieferanten

Branche: Druckmaschinen
Anwendung: Wendelkupplung als Druckfeder in Spannkupplung



Vergleich: Standardfedern vs. Präzisionsfedern

Standardfedern



- meist nur als eingängig gewickelte Ausführung verfügbar
- Befestigungen nur eingeschränkt und meist nachträglich realisierbar
- präzise Innen- oder Außendurchmesser erfordern häufig zusätzliche Schleifprozesse
- unterschiedliche Federarten (Druck-, Zug- oder Torsionsfeder) sind nicht kombinierbar
- materialbedingte Eigenspannungen beeinflussen die Leistungsfähigkeit
- Federraten können innerhalb eines Produktionsloses variieren
- begrenzte Werkstoffauswahl
- mögliche Parallelitätsabweichungen oder Ausknicken unter Belastung
- integrierte Zusatzfunktionen nur über mehrere Bauteile realisierbar

Präzisionsfedern



- ein-, zwei- oder dreigängige Ausführungen möglich
- kundenspezifische Befestigungen können direkt integriert werden
- Einstück-Fertigung ermöglicht sehr hohe Maßgenauigkeit
- definierte Druck-, Zug- und Torsionskennlinien sowie kombinierte Belastungsparameter realisierbar
- minimale Eigenspannungen in der Wendel
- sehr konstante Federraten mit Wiederholgenauigkeiten bis etwa 1 %
- große Werkstoffauswahl, z. B. Stahl, Aluminium, Titan oder Kunststoff
- hohe Zuverlässigkeit durch exakte Parallelität und Rechtwinkligkeit
- komplette Funktion inklusive Anbauteile kann von einem Hersteller realisiert werden



www.mikipulley.de