

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das IGF-Vorhaben 12573 B der Forschungsvereinigung Forschungsgesellschaft Stahlverformung e.V. wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Die Langfassung des Abschlussberichtes kann bei der FSV, Goldene Pforte 1, 58093 Hagen, angefordert werden.

Einflüsse der End- und Übergangswindungen auf Funktion, Fertigung und Betriebsverhalten von kaltgeformten Schraubendruckfedern

Ziel des Forschungsthemas [1] war das Ermitteln der Ursachen für Federschiefstellung, ihre Auswirkung auf die Federeigenschaften und dem Aufzeigen von Möglichkeiten zu ihrer Vermeidung.

Als Übergangswindung bezeichnet man den Teil der Feder, der zwischen den nicht federnden Endwindungen und den Windungen mit konstanter Steigung im Federmittelteil liegt. In der Federfertigung ist es gemeinhin üblich, die Übergangswindungen als Fertigungsausgleich zu benutzen, ohne zu bedenken, dass dies immer Auswirkungen auf

- die Kennlinie der Schraubendruckfedern bzw. die Federrate R ;
- das Frequenzverhalten;
- die Kraftwirkungslinie;
- das Dauerschwingverhalten und
- die Formmaße $e_{1 \text{ vorh}}$ und $e_{2 \text{ vorh}}$

hat. Hinzu kommt, dass sich im Einsatz beim Einfedern die Übergangswindungen sukzessiv anlegen, damit die federnde Windungszahl abnimmt und wie Gl. (1) zeigt, die Kraft-Weg-Kennlinie einen zumeist unerwünschten progressiven Verlauf aufweist.

$$F = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D_m^3 \cdot n_f(s)} \cdot s \quad (1)$$

Die Schiefstellung einer Feder kann durch zwei Parameter beschrieben werden:

- Schiefstellungswinkel β , aus dem bei Kenntnis der freien Federlänge L_0 das Schiefstellungsmaß $e_{1 \text{ vorh}}$ bestimmt werden kann (Bild 1);
- Richtungswinkel γ , der die Lage angibt, in der die Federachse der Endwindung gegenüber der Achse des Federmittelteils wegkippt. Bezugspunkt ist der Drahtanfang der Feder (Bild 1).

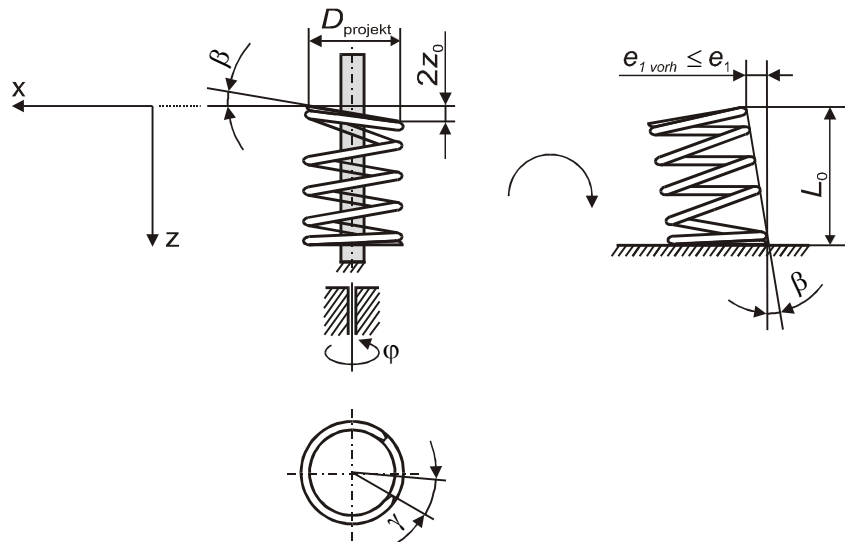


Bild 1: Geometrische Größen für die Beschreibung der Schiefstellung einer geschliffenen Endwindung

Zum Bestimmen der Schiefstellungsparameter von Federn muss ihr Windungsverlauf bekannt sein. Zu dem Zweck wurde ein Bildverarbeitungsmessplatz konzipiert und aufgebaut, der eine automatisierte Messung des Windungsverlaufes gestattet. Der Messplatz besteht aus Zeilenkamera (Messen des Windungsverlaufes), Matrixkamera (Messen des Windungsdurchmessers D), verschieb- und drehbarem Dorn zur Federaufnahme sowie Beleuchtungseinrichtungen für beide Kameras (Bild 2) und verwirklicht eine Messgenauigkeit von $\pm 0,05$ mm. Die Auswertung der Messergebnisse und die Berechnung der Schiefstellungsparameter erfolgen vollautomatisch.



Bild 2:
Bildverarbeitungsmessplatz zum automatischen Bestimmen des Windungsdurchmessers und des Windungsverlaufes
1 – Zeilenkamera,
2 – Matrixkamera,
3 – Federaufnahmedorn

Ein wichtiges Ergebnis der Untersuchungen war die Unterscheidung zwischen „innerer“ und „äußerer“ Schiefstellung. Sie sind so definiert, dass die Drahtseite, die am Federende angeschliffen werden kann, als „außenliegend“ und die andere Drahtseite als „innenliegend“ bezeichnet wird. Bei nicht angeschliffenen Federn sind die Schiefstellungsparameter für beide Drahtseiten jeweils identisch (Bild 3), bei angeschliffenen Federn unterscheiden sie sich fast immer (Bild 4). Ist eine Feder nach dem Vorsetzen schief und besitzt somit eine „innere“ Schiefstellung, so kann dies durch den Anschliff **nicht** korrigiert werden. Anschleifen verändert nur die „äußere“ Schiefstellung. Es ist möglich, durch Anschleifen eine optisch gerade wirkende Feder (e_1 -Maß) zu erzeugen, aber nur mit einem zur Endwindung nicht senkrechten und damit nicht gleichmäßigen Anschliff.

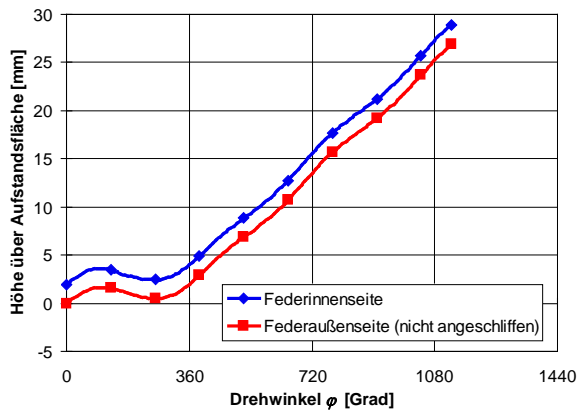


Bild 3: Gemessene Höhe über der Aufstandsfläche für eine nicht angeschliffene Feder

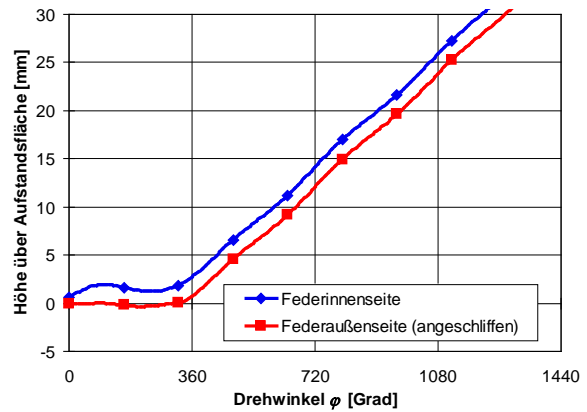


Bild 4: Gemessene Höhe über der Aufstandsfläche für eine angeschliffene Feder

Wird das Steigungswerkzeug mit einer linearen Bewegungsfunktion gesteuert, so ist die Schiefstellung der Feder direkt abhängig von der gefertigten Übergangswindungszahl. Außerdem beeinflussen die dem Winden nachgelagerten Arbeitsgänge die Schiefstellungsparameter (Bild 5). Eine Schlussfolgerung aus den Ergebnissen lautet, dass beim Federwinden eine Übergangswindungszahl gefertigt werden muss, die zu einer Feder mit minimaler Schiefstellung nach dem letzten Arbeitsschritt führt, was durchaus bedeuten kann, dass die Feder nach dem Winden schief sein muss.

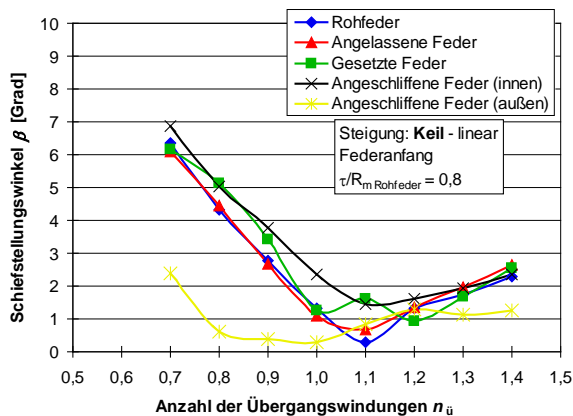


Bild 5: Schiefstellungswinkel β am Federanfang in Abhängigkeit von der Anzahl der Übergangswindungen $n_{\bar{u}}$

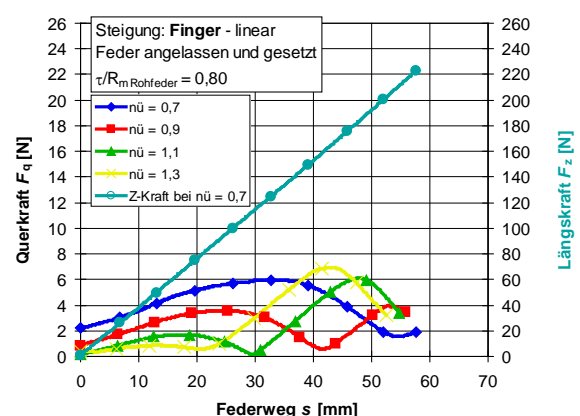


Bild 6: Querkräfte F_q nicht angeschliffener Federn in Abhängigkeit vom Einfederungsweg s und der Übergangswindungszahl $n_{\bar{u}}$

Darüber hinaus hat die Federschiefstellung sowohl Einfluss auf den Querkraftverlauf (Bild 6) als auch auf den Federratenverlauf.

Die Ergebnisse des Forschungsprojektes haben gezeigt, dass für qualitativ hochwertige Schraubendruckfedern eine Schiefstellung der Federn auf jeden Fall vermieden werden muss. Die Forderung, die Übergangswindungen als Fertigungsausgleich nutzen zu können, besteht weiterhin.

Diese Forderungen können durch eine definierte Erzeugung der Übergangswindungen (Erzeugung der Federsteigung) erfüllt werden. So ist eine fast vollständige Vermeidung der Federschiefstellung möglich. Als am besten geeignet, hat sich das Bewegen des Steigungskeils nach einer tri-linearen Bewegungsfunktion herausgestellt (Bild 7 und Bild 8).

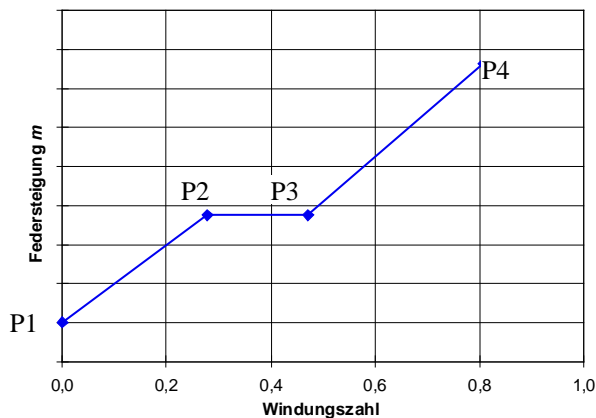


Bild 7: Beispiel für eine tri-lineare Bewegungsfunktion für das Verfahren des Steigungskeils

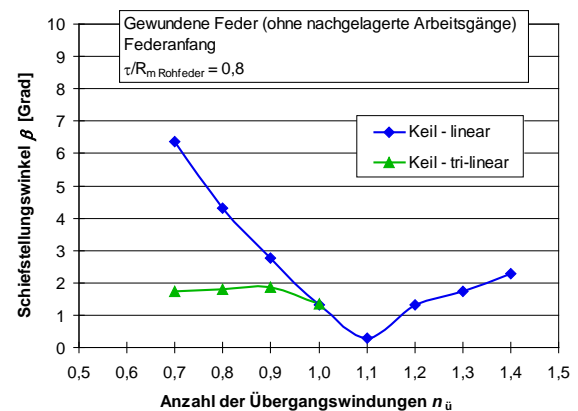


Bild 8: Schiefstellungswinkels β bei Fertigung von Federn mit tri-linearer bzw. linearer Bewegungsfunktion des Steigungswerkzeuges

Als Ergebnis des Forschungsthemas liegen erstmals umfangreiche Erkenntnisse zur Gestaltung der End- und Übergangswindungen von kaltgeformten Schraubendruckfedern vor. Sie zeigen nicht nur Möglichkeiten zur qualitätsgerechten Fertigung von Federn mit höherem Energiespeichervermögen auf [2], sondern auch wie die End- und Übergangswindungen gefertigt werden müssen, um für eine gegebene Aufgabenstellung einen zweckmäßigen Querkraft- bzw. Federratenverlauf zu erzielen.

Literatur

- [1] Schorcht, H.-J.; Weiß, M.; u.a.: Einflüsse der End- und Übergangswindungen auf Funktion und Betriebsverhalten von kaltgeformten Schraubendruckfedern. Abschlussbericht AiF-Forschungsthema 12573 BR, TU Ilmenau 2003
- [2] Schorcht, H.-J.; Weiß, M.; u.a.: Technologien zur Herstellung von Schraubendruckfedern mit höherem elastischen Formänderungsvermögen und verbessertem Setzverhalten. Abschlussbericht AiF-Forschungsthema 11170 B, TU Ilmenau 1999
- [3] Geinitz, V.: Genauigkeits- und auslastungsoptimierte Schraubendruckfedern. Dissertation TU Ilmenau 2005

Ansprechpartner

[Dr.-Ing. Veronika Geinitz](#), TU Ilmenau, Fak. für Maschinenbau, [Forschungsgruppe Draht und Federn](#), Max-Planck-Ring 12, 98693 Ilmenau, Tel.: +49 3677 - 69 18 55, Fax: +49 3677 - 69 12 59, <mailto:veronika.geinitz@tu-ilmenau.de>

[Dr.-Ing. Kersten Liebermann](#), TU Ilmenau, Fak. für Maschinenbau, [Forschungsgruppe Draht und Federn](#), Max-Planck-Ring 12, 98693 Ilmenau, Tel.: +49 3677 - 69 12 62, Fax: +49 3677 - 69 12 59, <mailto:kersten.liebermann@tu-ilmenau.de>