

**Stellungnahme des Branchenverbandes (Verband der Deutschen Federnindustrie) und der Forschungsstelle (Fachgebiet Maschinenelemente an der Technischen Universität Ilmenau) zu den im Infobrief 195 von Hexagon**  
[https://www.hexagon.de/info195/index\\_d.htm](https://www.hexagon.de/info195/index_d.htm)  
**angeführten Fragen zum Forschungsprojekt IGF 19693**

- **„DH nach EN 10270-1, TD nach EN 10270-2, VD nach EN10270-2, 1.4310 nach EN 10270-3, 1.4568 nach EN 10270-3“**

Kommentar: die geltende Norm DIN EN 13906-1 (2013), die den Stand der Technik repräsentiert enthält 10 Diagramme für kaltgeformte Federn:

<b>FD oder TD</b>	<b>VD</b>	<b>DH oder SH</b>	<b>1.4310</b>	<b>1.4568</b>
10 <sup>6</sup> , ks (Bild 14)	10 <sup>7</sup> , ks (Bild 19)	10 <sup>6</sup> , ks (Bild 13)	10 <sup>7</sup> , nks (Bild 21)	10 <sup>7</sup> , nks (Bild 22)
10 <sup>7</sup> , ks (Bild 17)	10 <sup>7</sup> , nks (Bild 20)	10 <sup>7</sup> , ks (Bild 15)		
10 <sup>7</sup> , nks (Bild 18)		10 <sup>7</sup> , nks (Bild 16)		

- **„Merkwürdig, dass FDSiCr auf Dauerfestigkeit untersucht wird, obwohl dieser Werkstoff laut EN 10270 nur für statische Anwendungen vorgesehen ist“**

Kommentar: es ist richtig, VD ist die spannungsrißgeprüfte Variante der FD Drähte. 2 Aspekte sprachen für die Aufnahme von FDSiCr in die Schwingversuche:

- 1.: PA-Mitglieder haben um die Versuche gebeten, da der FD gern aus Kostengründen für zyklisch beanspruchte Federn zum Einsatz kommt.
- 2.: die Goodman-Diagramme der Norm 13906-1 definieren den Stand der Technik und zeigen die Relevanz der FD-Güten für zyklische Beanspruchungen

- **„Laut den ermittelten, fast identischen Dauerfestigkeitsschaubildern aus IGF 19693 sind FDSiCr und VDSiCr gleich gut für dynamische Beanspruchung geeignet“**

Kommentar: laut EN 10270-2 ergeben sich für FD und VD nur geringfügig andere mechanische Eigenschaften. Diese führen, bei sonst gleichen Berechnungen, zu ähnlichen Schwingfestigkeiten.

Die Unterschiede würden deutlicher ausfallen, wenn Sicherheitsfaktoren für Drahtsorten separat ermittelt werden würden (größere Streuung für FD zu erwarten)

- **„Seltsam auch, dass die neu ermittelten Goodman-Diagramme von VDSiCr mit den alten von VD (ohne SiCr) verglichen werden“**

Kommentar: in einer Umfrage vor Projektbeginn ging hervor, dass heute hauptsächlich SiCr legierte ölschlussvergütete Drähte zum Einsatz kommen. FD und VD gelten als veraltet.

FD/TD und VD (ohne SiCr) sind durch die Norm als Stand der Technik bei den Anwendern bekannt. Es liegt also nahe, die neu ermittelten Schwingfestigkeiten der SiCr-legierten Werkstoffe mit denen in der Norm zu vergleichen.

- **„Vergleichbar und fast identisch sind die neu ermittelten Goodman-Diagramme für VDSiCr von 2021 jedoch mit denen aus dem Kraftfahrtechnischen Taschenbuch von Bosch aus dem Jahr 1995, welche in HEXAGON FED verwendet werden“**

Kommentar: es gibt zahlreiche Projekte und Veröffentlichungen, in denen Schwingdaten zu finden sind (bspw. auch Goodman-Diagramme von Kaiser 2002 (TU Darmstadt)).

Die nicht detaillierten und vor allem nicht vollständigen Informationen zur Ermittlung und Erstellung der Schwingdaten aus den bekannten Werken (auch den hier von HEXAGON FED genannten) waren für das Vorhaben nicht zufriedenstellend und

damit keine belastbare Referenz. Darum wurde entschieden, neben den in eigenen Projekten neu hergestellten Federn, die vollständig vermessen, geprüft und in allen Parametern zu Herstellung und Prüfung dokumentiert wurden, um das Vorgehen zur Erstellung der Schaubilder transparent darstellen zu können nur mit dem (rechtlich) verbindlichen Stand der Technik (geltende Norm DIN EN 13906-1) zu vergleichen.

- **„Die Dauerfestigkeiten (N=1E7) von VDSiCr aus HEXAGON FED (mit Einstellung  $\tau_{0z}=\tau_{0z}$ ) sind sowohl kugelgestrahlt als auch ungestrahlt fast identisch mit den neu ermittelten IGF-Daten. Deutliche Unterschiede gibt es jedoch bei der Zeitfestigkeit (N=1E6), dadurch wird die berechnete Lebensdauer für überbeanspruchte Federn deutlich niedriger.“**

Kommentar: dem liegen andere Neigungsexponenten der Wöhlerlinie zugrunde. Wie kann eine Lebensdauer geringer werden, wenn Sie doch für N=1E6 vorgegeben ist? Hier ist wohl die zulässige Spannung gemeint, die niedriger ausfällt. Ansonsten siehe oben: HEXAGON FED stellt nicht den rechtlich verbindlichen Stand der Technik dar.

- **„Beim Federstahldraht 1.4310 wird nicht erwähnt, ob die Sorte 1.4310-NS oder 1.4310-HS untersucht wurde“**

Kommentar: es ist 1.4310 NS. Dies ist im Abschlussbericht dokumentiert.

- **„Die zulässige Schubspannung im neuen Goodman-Diagramm ist somit noch schlechter als für 1.4310-NS. Die zulässigen Hubspannungen für nicht kugelgestrahlte Federn liegen für  $\tau_{k1}=0$  niedriger als nach EN 13906- (320 statt 380 MPa für  $d=3\text{mm}$ ) und ab  $\tau_{k1}=300\text{MPa}$  höher“**

Kommentar: die ungenügende Passfähigkeit des Norm-Diagrammes für 1.4310 wurde von verschiedenen PA-Mitgliedern kommuniziert. Es wurde berichtet, dass das Norm-Schaubild nicht konservativ genug sei und Federn unterhalb der zulässigen Oberspannung ausfallen können. Diese Angaben von Federherstellern haben sich bei den Schwingversuchen im Projekt bestätigt

- **„Für kugelgestrahlte Federn dagegen liegen die neu ermittelten zulässigen Schubspannungen allesamt höher als bisher.“**

Kommentar: die Norm enthält Stand 2013 kein Goodman-Diagramm für kugelgestrahlte Federn aus 1.4310.

- **„Auch für Federstahldraht der Sorte 1.4568, nicht kugelgestrahlt, liegen die neu ermittelten Dauerfestigkeitswerte viel niedriger als nach EN 13906-1“**

Kommentar: Den Festigkeiten liegen Versuchsdaten, Berechnungen und ein Sicherheitskonzept zugrunde. Für die Norm-Schaubilder fehlen fast alle Angaben, auch hier wurde im Projektbegleitenden Ausschuss bestätigt, dass die Normschaubilder kritisch sind.

### **Zusammenfassung:**

zu den Schaubildern der Norm ist so gut wie nichts bekannt. Keine Geometrien, keine Herstellangaben, keine Oberflächen, keine Eigenspannungen, keine statistische Auswertung und vor allem keine Wahrscheinlichkeits- und Sicherheitsangaben. All dies ist in den neuen Schaubildern enthalten und nachvollziehbar dokumentiert. Allein durch „Spielen“ mit den vorgewählten Sicherheitsfaktoren lassen sich die Kennlinien verschieben und so den eigentlichen Vergleich, sowohl mit der Norm als auch mit Hexagon „gestalten“. Die Sicherheitsfaktoren wurden im Projekt so gewählt, dass die Diagramme für die allermeisten praktischen Anforderungen konservativ sind. Im Abschlussbericht ist weiterhin eine Methode dokumentiert, mit der man für spezielle Anforderungen die Sicherheitsfaktoren anpassen und die Schwingfestigkeiten auf andere Federgeometrien, Herstellparameter und Einsatzbedingungen umrechnen kann.

Vor der Veröffentlichung des Infobriefs hätten wir uns Rücksprache zu den genannten Fragen gewünscht – so wurden das IGF-Projekt und die 35 PA-Mitglieder (Verbände (VDFI, FSV und ESV), KMU bis Konzern, Drahthersteller, Federhersteller und Federanwender), also letztlich auch HEXAGON FED Kunden, diskreditiert und die Leser des Infobriefs verunsichert.

Die aufgeworfenen Fragen hätten sehr einfach und vollständig ausgeräumt werden können, dies erfolgt nun in dieser gemeinsamen Stellungnahme vom Branchenverband und der Forschungsstelle. Wir danken Allen, die am Projekt mitgewirkt haben.

Das IGF-Projekt (IGF 19693) der FSV wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) auf Beschluss des Deutschen Bundestages gefördert. Die Forschung wurde von der Forschungsgesellschaft Stahlverformung (FSV) und dem Verband der Deutschen Federnindustrie (VDFI) sowie den zahlreichen Mitgliedern des Projektausschusses begleitet. Herzlichen Dank für den Austausch und die großartige Unterstützung in allen Belangen.

Aktuell werden die Schaubilder national und in Europa weiter validiert, bisher passen alle eingereichten Schwingergebnisse zu den neuen Schaubildern. Die Aufnahme der neuen Schaubilder in die Norm wird über den VDFI und die Forschungsstelle getrieben.

Drei kleine Hinweise noch zur FD/VD Thematik:

1. Neben der Zugfestigkeit des Materials gibt es auch noch Auswirkungen auf die Schwingfestigkeit durch die chemische Zusammensetzung. Hinsichtlich zulässigen P-, S- und Cu- Anteilen unterscheiden sich FDSiCr und VDSiCr – Drähte.
2. Die Oberflächenrissprüfung hat ihre Grenzen bei 40µm. Durch die Prüfung kann man daher wahrscheinlich lediglich sehr frühe Brüche infolge von Oberflächenrissen ausschließen. Allerdings entstehen die meisten Brüche bei deutlich kleineren Oberflächenrissen, die eben nicht durch die Rissprüfung erkannt werden. Das spricht auch wieder dafür, dass FD und VD ein ähnliches Verhalten hinsichtlich zyklischer Eigenschaften haben.
3. FD, TD und VD sind aus unserer Sicht nur Werkstoffklassifizierungen. Zu FD gehören FDC, FDCrV, FDSiCr und FDSiCrV.

Prof. Dr.-Ing. Ulf Kletzin und Dr. Michael Hagedorn  
Ilmenau und Hagen, den 06.12. 2022