

Dipl.-Ing. G. Pistorius, Bückeberg

Der Federring – ein altes aber nicht veraltetes Sicherungselement

DK 621.882.54

In diesem Beitrag beschreibt der Verfasser die Bedeutung des Federrings als Sicherungselement bei Schraubenverbindungen.

So alt wie die Schraube als Maschinenelement in löslichen Verbindungen sind auch die Bemühungen, ein nichtgewolltes Lösen der Schrauben zu verhüten. Da hierfür die Erhaltung der Vorspannkraft in der Schraube eine wesentliche Voraussetzung ist, lag es nahe, in die Schraubenverbindung ein federndes Glied einzufügen, das durch die beim Zusammenpressen aufgenommene Arbeit ein Konstanthalten der Vorspannkraft erreicht. Bei der für diesen Zweck besonders geeigneten Schraubenfeder bestand jedoch die Schwierigkeit, daß sie in ihren Abmessungen nach Durchmesser und Höhe wegen des zur Verfügung stehenden Raumes sehr eingeeengt war und daß deshalb von ihr nur eine Windung übrig bleiben konnte, welche die für die Sicherung der Schraube genügend große Federkraft und einen entsprechend langen Federweg hervorbringen mußte.

Aus diesen Überlegungen heraus entstand der Federring. Er wurde etwa in den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts zunächst in England, dem damals in der Industrialisierung am weitesten fortgeschrittenen Land, entwickelt und nach dem Erfinder „Grower-Ring“ benannt. In Deutschland wurden die ersten Federringe in den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts im westfälischen Raum gefertigt.

Wie die Schraube kann daher der Federring inzwischen auf ein beachtliches Alter zurückblicken. Daß er auch heute noch in großem Umfang als Schraubensicherung verwendet wird, spricht erstens für seine Bewährung in der Praxis und zweitens dafür, daß die seiner Schaffung zugrunde liegende Idee richtig war. Wie sich die heutigen Schrauben in ihrer Güte und Mannigfaltigkeit von ihren „Ahnen“ unterscheiden, um den vielfältigen gestiegenen Anforderungen gerecht zu werden, so hat in gleichem Maße der Federring bis heute eine Entwicklung durchgemacht, die seine Sicherungseigenschaften gegenüber den ersten „Grower-Ringen“ verbessert haben. Dabei ist auch heute die Entwicklung noch keineswegs abgeschlossen. Im Gegenteil wird stetig an weiterer Vervollkommnung gearbeitet.

Neue Ringformen wurden geschaffen und ihre Federungseigenschaften untersucht. Die mechanischen und Vergütungseigenschaften neuer Werkstoffe, ihr Verhalten bei der Warmbehandlung und Kaltverformung wurden erprobt. Der Einfluß der Oberfläche durch Aufrauen oder galvanische Überzüge auf die Federungs- und Sicherungseigenschaften der Ringe wurden untersucht und brachten wichtige Erkenntnisse, um die Ringe weiterhin dem allgemein technischen Fortschritt anzupassen. Vor allem hat die besondere Formgebung der Ringe, namentlich der Hochspannringe, eine erhebliche Verbesserung der Federungseigenschaften erbracht. Alles in allem eine Entwicklung, die sich derjenigen der Schraube durchaus an die Seite stellen kann.

Ein Sicherungselement soll das Lösen der Schraubenverbindung verhüten. Der Begriff „Lösen“ drückt aber nicht genau genug aus, was gemeint ist. Man muß unterscheiden zwischen Lockern und Losdrehen einer Schraube. *Lockern* ist der Verlust an Vorspannung in der Schraube, *Losdrehen* das ungewollte Herausdrehen der Schraube aus dem Gewinde oder das Herunterdrehen der Mutter von dem Schraubengewinde [1; 5].

Losdrehen kann erst nach Vorspannungsabfall in der Schraube, d. h. nach dem Lockern eintreten. Sichert eine Einrichtung in der Schraubenverbindung diese gegen Lockern, so sichert sie damit automatisch auch gegen Losdrehen. Sicherungselemente, die gegen Lockern sichern, sind deshalb allen Elementen, die nur ein Losdrehen verhüten, überlegen. Dies muß bei allen Entscheidungen über die Wahl einer Schraubensicherung in erster Linie berücksichtigt werden.

Federringe gehören zu den wenigen Sicherungselementen, die gegen Lockern sichern. Zu den *Lockerungssicherungen* zählen auch die Dehnschrauben, bei denen die federnden Eigenschaften eines Sicherungselements in die Schraube selbst gelegt sind. Solche Dehnschrauben bieten zwar Vorteile und sind in besonderen Fällen angebracht, aber sie erfordern wegen ihrer besonderen Form zusätzliche Bearbeitung gegenüber einer Normalschraube. Abgesehen davon, daß der dünnere Schaft der Dehnschraube bei gleicher Schraubengüte nur eine geringere Vorspannkraft und Betriebslast aufnehmen kann, ist sie wegen der zusätzlichen mechanischen Bearbeitung im Mittel etwa 200% teurer als eine Normalschraube [3].

Die Zahl und Mannigfaltigkeit von *Losdrehsicherungen* ist auffallend groß. Ständig werden neue derartige Sicherungen angeboten, der Markt wird förmlich überschwemmt damit [1]. Dies ist ein Beweis dafür, daß die meisten nicht befriedigen. Einige davon kommen in ihrer Wirkung nicht über eine „Verliersicherung“ hinaus und bedürfen sehr häufig ständiger Überwachung und Wartung. Die allgemeine Anwendung ist oft durch ihre Form, ihre Abmessungen, Werkstoffgüte und Einbaubedingungen und nicht zuletzt durch den Preis begrenzt.

Sicherungen, bei denen ein Zweikomponenten-Klebstoff auf die Gewindgänge der Schraube aufgetragen wird, dessen Komponenten sich beim Einschrauben mischen und die Gewindgänge von Bohrung oder Mutter und Schraube miteinander verkleben, verhindern auch nur ein Losdrehen der Schraube, nicht aber das Lockerwerden der Schraubenverbindung infolge Setzens der spannenden und verspannten Teile. Falls die Schraube selbst nicht die erforderliche Dehnkraft besitzt, muß es zu einem Absinken der Vorspannung kommen. Das dann erforderliche Nachziehen der Schraube bringt nicht genügend Drehbewegung (Weg im Gewinde zwischen Mutter und Schraube) und damit sicherlich keine ausreichende Härtung des Kunststoffes. Der Vorteil der festen Verklebung der Gewindgänge geht damit weitgehend verloren, namentlich für Schraubenverbindungen, für die öfteres Lösen gefordert wird. Abgesehen von diesen Nachteilen bedingt der Kunststoff eine Preiserhöhung der Schraube bis zu 30% gegenüber einer Normalschraube [4]. Derartige Schrauben werden damit nach mehrmaligem Lösen und Anziehen nicht einmal mehr gegen Losdrehen einwandfrei gesichert sein.

Losdrehsicherungen mit Sperr- oder Beißkanten haben zur Entspannung beitragende Eigenschaften, weil sich Beißkanten oder Sperrzähne in die Auflageflächen einsenken müssen, um gegen Losdrehen wirksam zu werden. Auf harten Auflagen oder bei mit Korrosionsschutz versehenen Elementen vermindert sich die Sicherungswirkung, weil die Beißkanten nicht genügend tief eindringen können oder entschärft werden, im übrigen aber wegen zu geringer Druckübertragungsflächen an den Beißkanten nicht genügend Reibung gegen Losdrehen erzeugen können.

Faßt man noch einmal zusammen, so kann man sagen: Jede Sicherung, die nur gegen Losdrehen schützt, erfüllt ihre Aufgabe nur unvollkommen. Lockert sich die Verbindung, so verhüten derartige Sicherungen nicht ungünstige Beanspruchungen der Schraube, die früher oder später zum Dauerbruch führen.

Der Federring besitzt außer seiner umfassenden Sicherungswirkung – Sichern gegen Lockern und Losdrehen – den großen Vorteil allgemeiner Verwendbarkeit von den kleinsten bis zu den größten Schraubendurchmessern bei einem verhältnismäßig niedrigen Preis. Da es für jede Schraubenvorspannkraft entsprechende Federringe gibt, kann im allgemeinen auf einen zusätzlichen Losdrehschutz verzichtet werden. Liegen besondere Bedingungen vor, für die eine zusätzliche Sicherung gegen Losdrehen zweckmäßig erscheint, so sind Federringe mit kristallinrauer Oberfläche zu empfehlen. Die Praxis hat bewiesen, daß die daran geknüpften Erwartungen voll-

auf erfüllt worden sind, zum Beispiel bei Fahrzeuggetrieben, Rüttelmaschinen und Preßlufthämmern.

Versuche mit hochspannenden Federringen nach DIN 128 Form A haben ergeben, daß diese beim Zusammenbau mit hochfesten Schrauben sehr gute und ausreichende Federung zur Erhaltung der Soll-Vorspannkraft zeigen. Außerdem ergaben Messungen der Eindrucktiefe unter der Soll-Vorspannkraft der Schrauben in Silumin-Auflagen, daß diese Ringe nur etwa 40% der Eindrucktiefe von Ringen der Form B nach DIN 127 in den Unterlagen hervorriefen, was bedeutet, daß die hochspannenden Ringe zur Sicherung von Schrauben der hohen Festigkeitsklassen auch auf Unterlagen geringerer Härte geeignet sind.

Es kann deshalb ohne Übertreibung gesagt werden: Durch systematische Untersuchungen und Entwicklung neuer Formen ist es gelungen, die Güte der Federringe ständig zu verbessern, so daß sie auch mit den immer höher gestellten Anforderungen an eine einwandfreie Schraubensicherung Schritt gehalten haben.

Versagt eine Schraubenverbindung, so ist man leider oft geneigt, vorschnell zu urteilen und die Schuld bei dem verwendeten Sicherungselement zu suchen. Dabei wird nicht bedacht, daß die Zuverlässigkeit einer Schraubenverbindung nicht allein von der Sicherung abhängt, sondern von einer Vielzahl von Einflüssen, die beim Suchen nach der Ursache zu berücksichtigen sind.

In erster Linie zeichnen sich fünf Verantwortungsbereiche ab:

1. Konstruktion

Gestaltung der Verbindung unter Berücksichtigung aller wesentlichen Bedingungen.

- a) Größe und Richtung der angreifenden Kräfte,
- b) Umweltbedingungen, Temperatur, Druck, u. a.,
- c) Wahl der richtigen Werkstoffe für die verspannten Teile und für die Schrauben,
- d) Wahl des geeigneten Sicherungselements,
- e) Angabe der erforderlichen Vorspannkraft für die Schrauben unter Berücksichtigung der Betriebslast.

2. Einkauf

Auswahl der geeigneten Lieferanten für Werkstoff und Bauteile, damit sie in der Form und Güte geliefert werden, in der sie von der Konstruktion vorgeschrieben wurden.

3. Fertigung

- a) Sorgfältiges Arbeiten,
- b) Geeignetes Werkzeug und geeignete Betriebseinrichtungen, mit denen die von der Konstruktion vorgeschriebene Güte auch tatsächlich erreicht wird.

4. Qualitätskontrolle

- a) Eingangskontrolle,
- b) Fertigungskontrolle.

5. Benutzer

Mangelhafte Pflege und Wartung der Verbindung.

Selbst unter der Annahme, daß an allen Stellen jeder Verantwortungsbereich arbeitet und damit alle Voraussetzungen für eine gute Schraubenverbindung erfüllt sind, bleibt eine gewisse Unsicherheit nach dem Verschrauben bestehen, weil die tatsächlich erreichte Vorspannkraft nicht abzulesen und nicht zu erkennen ist, ob alle verspannten Teile in den Trennfugen stabile Druckübertragungsflächen haben [2].

Die Größe der Vorspannkraft der Schraube ist abhängig von dem auf die Schraube oder Mutter aufgetragenen Drehmoment beim Anziehen, das sich zwar mit Hilfe von Drehmomentschlüsseln oder ähnlichen Einrichtungen bestimmen läßt, nicht aber die Vorspannkraft selbst. Schrauben und Muttern sind Massenartikel. Sie zeigen Abweichungen in Form und Maßen, durch die Beschaffenheit der beim Anziehen aufeinander reibenden Oberflächen im Gewinde, unter dem Schraubenkopf oder der Mutter. Diese Einflüsse bewirken unterschiedliche und rechnerisch schwer erfaßbare Reibungsverhältnisse. Eine größere Reibung beim Anziehen täuscht durch das hierdurch erforderliche größere Anzugsmoment eine höhere Vorspannkraft vor, als sie tatsächlich in der Schraube vorhanden ist. Bei geringerer Reibung wird die geforderte Vorspannkraft überschritten. Die nachteilige Wirkung der unvermeidlichen Streuung der Vorspannkraft auf die Sicherheit der Schraubenverbindung kann durch Mitverschrauben von Federringen weitgehend aufgehoben werden. Das ist mit einer der wichtigsten Gründe, weshalb Federringe sich seither als zuverlässigstes Sicherungselement bewährt haben.

Die zunehmende Verwendung von Federringen, insbesondere der neuen Formen, in vielen Industriezweigen im In- und Ausland beweist immer wieder, daß man Vertrauen in die Sicherungseigenschaften des Federrings setzt.

Alles das berechtigt zu sagen: Der Federring ist zwar ein sehr altes Sicherungselement, hat aber in Jahrzehnten nichts von seiner Wirksamkeit und seinen Sicherungseigenschaften eingebüßt. Er ist genau so jung wie die Schraube geblieben und gehört auch heute noch nicht nur zu den wirksamsten, sondern auch wirtschaftlichsten Schraubensicherungen.

Schrifttum

1. Junker, G.: Sicherung von Schraubenverbindungen durch Erhaltung der Vorspannung. Draht-Welt 47 (1961) Nr. 10, S. 936/943.
2. Bauer, C. O.: Abnahmeprüfung von Schrauben und Verbindungselementen und ihre Übereinstimmung mit den Einsatzbedingungen. Draht-Welt 55 (1969) Nr. 6 S. 365/366.
3. Blume, Strelow: Gestaltung und Anwendung von Dehnschrauben. Verbindungstechnik (1969) Hefte 1 und 2.
4. Blume: „Schraubensicherung“ – Ruhekissen des Konstrukteurs? Die Maschine (1971) Heft 10, S. 22/24.
5. Merkblatt Stahl 302: Sicherungen der Schraubenverbindungen. Beratungsstelle für Stahlverwendung.

Überreicht durch:

VOSSLOH-WERKE GMBH, 5980 WERDOHL
Postfach 36 · Fernruf (0 23 92) 5 21 · FS 08 26 444



Hersteller von VOSSLOH-Hochspannrings
und anderen Federringen