



Nicht nur in der Lebensmittelindustrie, sondern auch in der Verfahrenstechnik, in Bahnfahrzeugen sowie Offshore-Anwendungen und Energieanlagen sind nichtrostende Verbindungselemente als Standardlösung für korrosive Umgebungen gefragt.

**Multifunktionales System mit nichtrostenden Schraubensicherungselementen**

# Warum „rostfrei“ nicht automatisch korrosionsbeständig bedeutet

Nichtrostende Schraubensicherungselemente sind keine Korrosionsspezifikation. Dauerhaft funktionssichere Edelstahl-Schraubverbindungen entstehen erst durch die Kombination aus nachgewiesener A4-Korrosionsbeständigkeit des Endprodukts, definierter Restfederkraft und einer VDI-2230-konformen Systemauslegung – insbesondere bei dünnwandigen, dynamisch oder elektrisch belasteten Anwendungen. Multifunktionale Schraubensicherungselemente aus dem NSK-N-System von teckentrup SLI vereinen deshalb Korrosionsschutz, geprüfte Losdrehbarkeit und reproduzierbare Restfederkraft in sich. So entstehen neue konstruktive Freiheitsgrade, möglich wird eine signifikant erhöhte Betriebs- und Lebenszyklussicherheit.

Thomas Volborth, Geschäftsführer, teckentrup SLI GmbH & Co. KG, Plettenberg

**K**orrosive Atmosphären, dynamische Lasten und steigende Lebensdaueranforderungen stellen Schraubverbindungen vor neue Herausforderungen. Nichtrostende Verbindungselemente gelten als Standardlösung für Korrosionsschutz – doch genau hier entstehen konstruktive Zielkonflikte.

- **Zielkonflikt 1:**

- **Losdrehbarkeit vs. elastische Nachgiebigkeit:**

- Klassische Sicherungselemente bieten entweder eine form- bzw. kraftschlüssige Losdrehbarkeit oder eine federnde Wirkung zur Kompensation von Setz- und Relaxationsverlusten. Beides gleichzeitig ist – insbesondere bei nichtrostenden Werkstoffen – nur mit wenigen Sicherungselementen realisierbar.

- **Zielkonflikt 2:**

- **Korrosionsbeständigkeit vs. Restfederkraft:**

- A2-Stähle bieten vergleichsweise gute elastische Eigenschaften, sind jedoch nur bedingt chloridbeständig. A4-Stähle erreichen eine höhere Korrosionsklasse, weisen jedoch werkstoffbedingt eine geringere nutzbare Restfederkraft auf. Damit gilt:

Höhere Korrosionsbeständigkeit bedeutet nicht automatisch höhere Funktionssicherheit über den Lebenszyklus hinweg.

Die entscheidende ingenieurtechnische Frage lautet daher: **Wie lassen sich Korrosionsschutz, definierte Restfederkraft und geprüfte Losdrehbarkeit in einem integrierten Systemansatz vereinen?**

Nachfolgend wird deswegen genau diese Schnittstelle zwischen Werkstoffkunde, Schraubenmechanik und funktionaler Sicherungstechnik beleuchtet und gezeigt, warum klassische Sicherungselemente in nichtrostenden Ausführungen häufig nur Teilaspekte adressieren. Gefragt sind konstruktive Ansätze, um Korrosionsschutz und mechanische Funktionssicherheit nicht als Gegensatz, sondern als integrierte Systemanforderung zu verstehen.

## **Herstellung spielt eine wichtige Rolle**

Nichtrostende Stähle sind nicht per se korrosionsfrei. Die Legierungszusammensetzung bildet zwar die Grundlage der Korrosionsbeständigkeit, diese wird jedoch maßgeblich durch die Herstellung der Schrau-

bensicherungselemente beeinflusst. Kaltumformung, thermische Einwirkungen und der Oberflächenzustand bestimmen die Stabilität der passiven Schutzschicht. Zusätzlich wirkt die jeweilige Umgebungsbeanspruchung, etwa durch Feuchte oder chloridhaltige Medien. Die Korrosionsbeständigkeit von Schraubensicherungselementen ist daher das Ergebnis eines Systems – nicht allein einer Werkstoffbezeichnung.

Genau dieser begriffliche Irrtum führt zur zentralen Frage: **Wann ist ein nichtrostendes Verbindungselement tatsächlich korrosionsbeständig – und wann nicht?**

### Was A2 und A4 tatsächlich bedeuten

A2 und A4 stammen aus der DIN EN ISO 3506 und klassifizieren nichtrostende Schraubensicherungselemente nach chemischer Zusammensetzung, mechanischen Eigenschaften und Festigkeitsklassen (z. B. 50, 70, 80, 100). Die Norm enthält jedoch keine Korrosionsanforderungen: Weder Chloridbeständigkeit noch Loch-, Spalt- oder interkristalline Korrosion werden spezifiziert oder geprüft. Ein Verbindungselement kann daher als A4-80 normgerecht sein und trotzdem im Einsatz korrodieren.

### Korrosionsklassen sind keine Produktspezifikation

- **DIN EN 1993:**  
**Korrosionswiderstandsklassen RC1 – RC5**  
 Der Eurocode 3 (DIN EN 1993) definiert Korrosionswiderstandsklassen RC1 bis RC5, mit denen die generelle Korrosionsbeanspruchung metallischer Bauteile eingeordnet wird. Diese Klassen sind jedoch rein beschreibend: Die Norm enthält keine Prüfverfahren, Grenzwerte oder Produktanforderungen, mit denen die Einhaltung einer RC-Klasse für Schraubensicherungselemente nachgewiesen werden könnte.

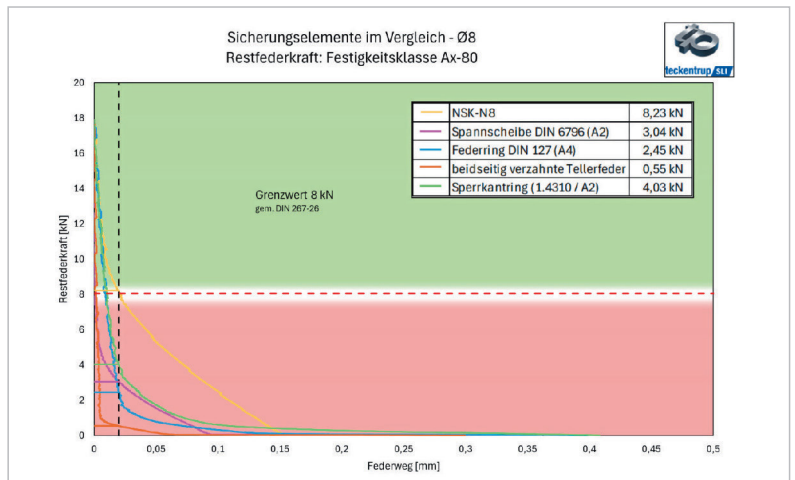


Abb. 1: Restfederwirkung gemäß DIN 267-26

- **ISO 12944:**  
**Korrosivitätskategorien C2 – C5 & CX:**  
 Die ISO 12944 klassifiziert atmosphärische Umgebungen in C2 bis C5 (z. B. Industrielatmosphäre, Küstenklima, Nasszonen). Sie wurde ursprünglich für beschichtete Kohlenstoffstähle entwickelt und beschreibt die Umweltbelastung – nicht die Beständigkeit eines nichtrostenden Verbindungselements. Bei normaler Atmosphäre (C5) sind 1400 und im Offshore-Bereich 4200 h Beständigkeit nachzuweisen.
- **PREN-Zahl:**  
 Die PREN-Zahl ist ein aus der Legierungszusammensetzung abgeleiteter Kennwert zur Abschätzung der Beständigkeit gegen Loch- und Spaltkorrosion. Sie wird wie folgt berechnet:  

$$PREN = \% Cr + 3,3 \times \% Mo + 16 \times \% N$$
 Die Korrosionsschutzwirkung gemäß PREN-Zahl ist bei Schraubensicherungselementen aufgrund der Einflüsse durch die Weiterverarbeitung und die Oberflächenbeschaffenheit zu prüfen.

Bild: teckentrup SLU



Abb. 2: Ergebnisse des NSS-Tests gemäß ISO 9227

Zu beachten ist aber: Weder die DIN EN 1993, die ISO 12944 noch die PREN-Zahl liefern eine belastbare Korrosionsspezifikation für Edelstahl-Schrauben oder Sicherungselemente.

### Der materialbedingte Zielkonflikt A2 versus A4

- **A2 – gute Federwirkung, begrenzter Korrosionsschutz (s. Abb. 1):**  
A2-Edelstahl (z. B. 1.4301, 1.4310) besitzt eine metastabile Austenitstruktur mit guter elastischer Rückstellfähigkeit. Federnde Schraubensicherungselemente aus A2 können relevante Restfederkräfte erzeugen und Setz- sowie Relaxationsverluste begrenzt kompensieren. Korrosionstechnisch ist A2 jedoch nur eingeschränkt chloridbeständig und eignet sich überwiegend für moderate Atmosphären (typisch ISO-12944-Kategorie C2).
- **A4 – hohe Korrosionsbeständigkeit, kaum Federwirkung (s. Abb. 2):**  
A4-Edelstahl (z. B. 1.4401, 1.4571) enthält Molybdän und bietet eine deutlich höhere Beständigkeit gegen Chloride, Reinigungsmedien und Seewasser (C3 - C4). Mechanisch zeigt A4 jedoch eine geringe Kaltverfestigung und damit eine sehr geringe elastische Rückstellfähigkeit. Federnde Schraubensicherungselemente aus A4 besitzen deshalb in der Praxis nur geringe oder nicht definierte Restfederkräfte.

ge Kaltverfestigung und damit eine sehr geringe elastische Rückstellfähigkeit. Federnde Schraubensicherungselemente aus A4 besitzen deshalb in der Praxis nur geringe oder nicht definierte Restfederkräfte.

Damit entsteht ein konstruktiver Zielkonflikt: **A2 liefert Federwirkung ohne Korrosionssicherheit – A4 liefert Korrosionssicherheit ohne wirksame Federwirkung.**

### Mechanische Besonderheiten nichtrostender Stähle

Austenitische Edelstähle besitzen im Vergleich zu vergüteten Stählen (Abb. 3) niedrigere Streckgrenzen, höhere Duktilität und ein ausgeprägtes Setz-, Kriech- und Relaxationsverhalten. Dadurch sind nur begrenzte Vorspannkräfte zulässig und Vorspannkraftverluste treten insbesondere bei kurzen Klemmlängen, Temperaturwechseln und dynamischer Belastung schneller auf. Zusätzlich führen adhesive Kaltaufschweißungen (besser bekannt als „Fressen“) zu instabilen Reibwerten und unsicheren Montagebedingungen. Da nichtrostende Konstruktionen häufig aus dünnwandigen Blechen, Profilen oder Busbars bestehen, ist die Bauteilsteifigkeit gering und der Setzbetrag hoch. Eine definierte, stabile Restfederkraft des Verbindungselements ist daher entscheidend, um Vorspannkraftverluste zuverlässig zu kompensieren.

### Bedeutung der elastischen Nachgiebigkeit nach VDI 2230

Die VDI 2230 Blatt 1 beschreibt die Schraubverbindung als ein elastisches System aus Schraube und Klemnteilen. Entscheidend für die Funktionssicherheit ist die elastische Nachgiebigkeit  $\delta$  der Verbindung. Je geringer diese ist, desto größer wirken sich Setz-, Kriech- und Relaxationsvorgänge auf die Vorspannkraft aus.

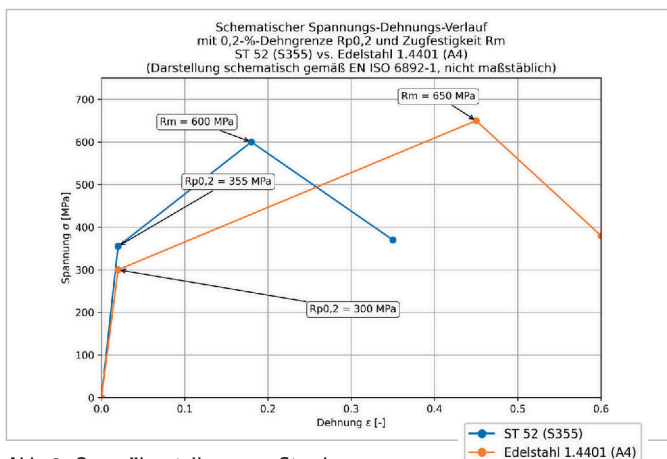


Abb. 3: Gegenüberstellung von Streckgrenze, Zugfestigkeit und Dehnung von Stahl / NIRO-Werkstoff

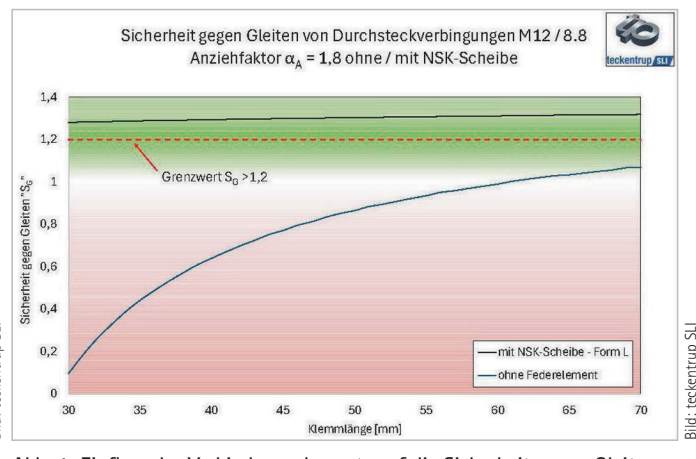


Abb. 4: Einfluss des Verbindungselements auf die Sicherheit gegen Gleiten

Federnde Schraubensicherungselemente erhöhen gezielt die Systemnachgiebigkeit (Abb. 4) und

- reduzieren Vorspannkraftverluste  $\Delta F$ ,
- steigern die Sicherheit des Abhebens  $S_{A_r}$ ,
- steigern die Sicherheit gegen Dauerbruch  $S_D$  und
- steigern die Sicherheit gegen Gleiten  $S_G$ .

Bei Edelstahlverbindungen mit kurzen Klemmlängen und dünnwandigen Bauteilen ist dieser Effekt konstruktiv besonders relevant. Ohne definierte Restfederkraft ist eine VDI-2230-konforme Auslegung von Edelstahlverbindungen mit kurzen Klemmlängen praktisch nicht möglich.

### Korrosionsschutz ist eine Eigenschaft des Endprodukts

Die Korrosionsbeständigkeit eines Verbindungselements wird nicht nur durch die Legierung bestimmt. Umformen, Stanzen, Prägen, Kaltverfestigung und Oberflächenzustand beeinflussen die Passivschicht erheblich. Deshalb müssen Sicherungselemente als Endprodukt geprüft werden, z. B. durch:

- ISO 15158 (Loch- und Spaltkorrosion)
- ASTM A262 (interkristalline Korrosion)
- ISO 9227 (Salzsprühnebel, anwendungsbezogen)

### Klassische Sicherungselemente lösen den Zielkonflikt nicht

Formschlüssige Systeme wie Keilsicherungsscheiben, Sperrkantscheiben in der Ur-Version oder Profilscheiben verhindern das selbsttätige Losdrehen – besitzen jedoch keine relevante Federwirkung und können Setz- und Relaxationsverluste nicht kompensieren.

Federnde Systeme wie Spannscheiben oder Tellerfedern erhöhen zwar die elastische Nachgiebigkeit, bieten aber keine wirksame Losdrehsicherung – und in A4-Ausführung oft praktisch keine nutzbare Federkraft.

### Eine multifunktionale Lösung für den gesamten Lebenszyklus

Die Systemlösung NSK-N von teckentrup SLI markiert einen technologischen Sprung in der nichtrostenden Schraubensicherung. Erstmals vereint ein Sicherungselement

- die Chloridbeständigkeit eines A4-Werkstoffs,
- eine definierte, reproduzierbare Restfederkraft
- sowie eine geprüfte Losdrehsicherheit nach DIN 65151 / DIN 25201-4

in einem einzigen Bauteil. Im Unterschied zu klassischen Losdrehsicherungen, wie Keilsicherungsscheiben, Sperrkantscheiben, Profilscheiben oder Federelementen (wie z. B. Spannscheiben gem. DIN 6796) wirkt die NSK-Scheibe nicht ausschließlich reibschlüssig oder punktuell federnd. Sie sichert gegen

Losdrehen und erhöht gezielt die Systemnachgiebigkeit, kompensiert Setz- und Relaxationsverluste und stabilisiert die Vorspannkraft dauerhaft – selbst unter dynamischer und korrosiver Beanspruchung.

### Fazit und Ausblick

Nichtrostende Schraubensicherungselemente sind keine Korrosionsspezifikation. Werkstoffkennzeichnungen wie A2, A4 oder PREN beschreiben lediglich das Materialpotenzial. Entscheidend sind bauteilbezogene Prüfungen, insbesondere zur Lochkorrosion und interkristallinen Korrosion, um die reale Widerstandsfähigkeit des Verbindungselements zu bewerten.

Der technische Fortschritt liegt daher in multifunktionalen Schraubensicherungselementen, die Korrosionsschutz, geprüfte Losdrehsicherheit und eine reproduzierbare Restfederkraft vereinen. Werden deren Kennlinien in die Berechnung nach VDI 2230 integriert, entstehen neue konstruktive Freiheitsgrade und im Ergebnis kann der Anwender Betriebs- und Lebenszyklussicherheit signifikant erhöhen.

[www.teckentrup-sli.de](http://www.teckentrup-sli.de)