

Normative Neuregelungen durch die DIN EN 17976:2025-03

Auswirkungen auf die Auswahl und Verwendung der zulässigen Verbindungselemente im Schienenfahrzeugbau

THOMAS VOLBORTH | MATTHIAS HASSEL

Als Konstruktionsrichtlinie galt bisher die DIN 25201 „Schienenfahrzeuge und deren Komponenten – Schraubenverbindungen“ [2, 3]. Von besonderer Bedeutung für die zu verwendenden Verbindungselemente war der Teil 4 „Sichern von Schraubenverbindungen“. Die gesamte Norm mit allen Teilen wurde ersetzt durch die DIN EN 17976 [1], die im März 2025 erschienen und europaweit gültig ist.

Der Schwerpunkt in der DIN 25201 [2, 3] lag hinsichtlich der Schraubensicherungen bei der Losdrehbarkeit und den damit im Zusammenhang stehenden Prüfungen und Berechnungen. Der wesentliche Unterschied ist, dass die DIN EN 17976 [1] das Lösen der Schraubenverbindung ganzheitlich betrachtet und ergänzend die Vorgaben hinsichtlich der präventiven Lockerungssicherheit und deren Prüfverfahren präzisiert hat. Hierdurch ergeben sich deutliche Veränderungen bzgl. der Art und Anzahl der zu verwendenden Verbindungselemente bezogen auf die unterschiedlichen Verschraubungsarten sowie

des Funktionsnachweises für die Restfederwirkung von Verbindungselementen. Im vorliegenden Beitrag werden die Eigenschaften von Schraubensicherungselementen sowie die in der DIN 17976 [1] enthaltenen Änderungen dargestellt.

Ausgangslage

Im März 2025 ist mit der DIN EN 17976:2025-03 [1] eine neue Norm „Bahnanwendungen – Verschrauben von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen“ erschienen. Diese Norm ersetzt in Europa alle nationalen Normen, wie z.B. die DIN 25201 [2, 3] in den aktuellen Fassungen mit allen Teilen in Deutschland.

Lösemechanismus von Schraubenverbindungen

Schraubenverbindungen lösen sich schrittweise, indem zunächst Lockerungseffekte auftreten, die anschließend zum vollständigen Losdrehen führen können. Bezüglich des Einsatzes von zusätzlichen Verbindungselementen ergeben sich in der neuen Norm wesentliche Veränderungen gegenüber der DIN 25201 [2, 3] in den jeweiligen Teilen, die anhand des Zustandsdiagrammes von Schraubenverbindungen erläutert werden:

Die Abb. 1 stellt den Lösemechanismus grundsätzlich (für mechanische Schraubverbindungen und elektrische Kontaktverschraubungen) bezogen auf zwei Phasen dar:

A. Lockerungsphase/Gleitfestigkeit vorhanden
B. Losdrehphase/Gleitfestigkeit aufgehoben

Lockerungsphase

In der Lockerungsphase sind die Vorspannkraft größer als die Mindestklemmkraft. Die Schraubenverbindung überträgt die Betriebskräfte mittels Klemmung in der berechneten Art und Weise und reagiert elastisch auf statische, thermische und dynamische Belastungen. Die Lockerungsphase untergliedert sich in:

1. Setzphase

Das Eineben von Oberflächenrauigkeiten in den Auflageflächen, den belasteten Flanken der gepaarten Gewinde und sonstigen Trennfugen wird als „Setzen“ bezeichnet (VDI 2230 Blatt 1:2015-11, S. 72 [4]). Der Setzvorgang beginnt bereits bei der Montage und ist innerhalb einiger Stunden abgeschlossen.

2. Elastische Relaxationsphase

Es kommt einerseits zu einem Spannungsabbau (Relaxation) innerhalb weniger Wochen

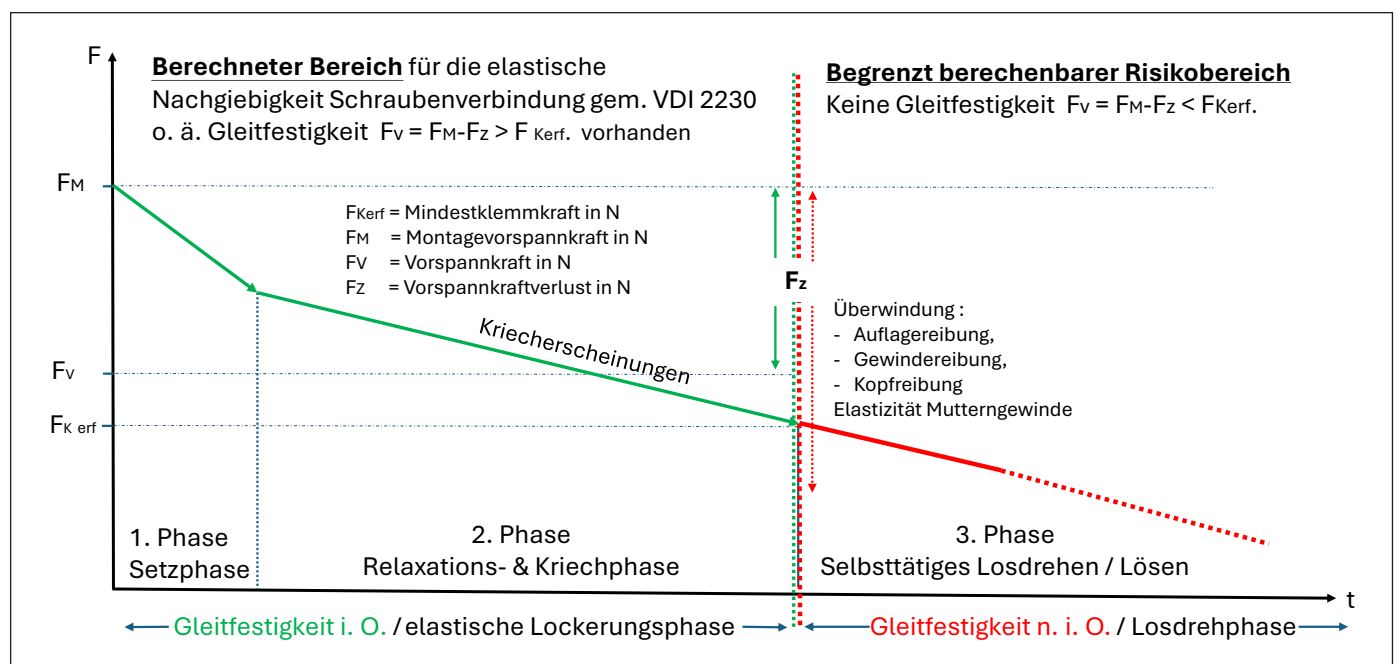


Abb. 1: Lösemechanismus von Schraubenverbindungen in Anlehnung an Begriffe / Logik der VDI 2230 Blatt 1:2015-11 [4]

Quelle: teckentrup SLI

und andererseits aufgrund von Kriecherscheinungen zu plastisch irreversiblen Verformungen innerhalb von Monaten bzw. Jahren. Die genaue zeitliche Entwicklung variiert je nach Material und Einsatzbedingungen.

Federnde Verbindungselemente sind, wie bisher, als eine der Maßnahmen gegenüber Lockern empfohlen. Bei ungefederten Fahrgestellten sind federnde Verbindungselemente grundsätzlich einzusetzen.

Funktionsprüfung der Restfederwirkung

Es wird zur Funktionsprüfung der Federwirkung in der DIN EN 17976:2025-05 [1] auf die DIN 267-26:2005-12 „Mechanische Verbindungselemente Technische Lieferbedingungen – Teil 26: Spannscheibe aus Federstahl für Schraubenverbindungen“ [5] verwiesen.

In der Norm sind messbare, funktionale Anforderungen, bezogen auf Federstahlelemente der Festigkeitsklasse 8.8, definiert. Diese Spezifikationen sind auch auf federnde Elemente mit anderem Design übertragbar.

Die dort beschriebenen Setz-, Dauerbelastungs- und Restfederkraftprüfungen sind eindeutige Anforderungen für die Eignung von federnden Verbindungselementen.

In der Abb. 2 wird die Restfederkraft nach einem Entlastungsweg von 20 µm, bezogen auf die Vorspannkraft von bspw. M12 mit der Festigkeitsklasse 8.8, dargestellt. Der Mindestwert von 18 kN wird von Federringen, Profilringen, Federscheiben, Fächerscheiben, Zahnscheiben und weiteren Scheiben nicht erfüllt. Die entsprechenden Normen für diese Verbindungselemente sind aus diesem Grunde bereits im Jahre 2004 zurückgezogen worden. Eine CE-Kennzeichnung ist bei der Verwendung von derartigen federnden Elementen nicht zulässig.

Für andere Festigkeitsklassen bzw. Edelstahlverschraubungen sind gem. der DIN EN 17976 [1] die elastischen Elemente so zu wählen, dass die Steifigkeit und die Restvorspannkraft der Festigkeitsklasse des Schraubbolzens entsprechen. Mit der DIN 267-26 [5] können im übertragenen Sinne Spezifikationen für das Federverhalten definiert werden. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass der Norm entsprechende, wirksam federnde Verbindungselemente in den Schraubenverbindungen eingesetzt werden.

Rechnerische Berücksichtigung federnder Verbindungselemente

Aufgrund des Einsatzes von federnden Verbindungselementen, wie z.B. Spannscheiben gem. DIN 6796 oder NSK-L-Scheiben, steigt die elastische Nachgiebigkeit und damit die Sicherheit gegenüber Gleiten.

Abb. 3 stellt anhand der VDI 2230 Blatt 1, 11.2015 [4], S. 103 Formel 216 am Beispiel einer Schraubenverbindung M12 die Sicherheit gegen Gleiten mit und ohne elastischer

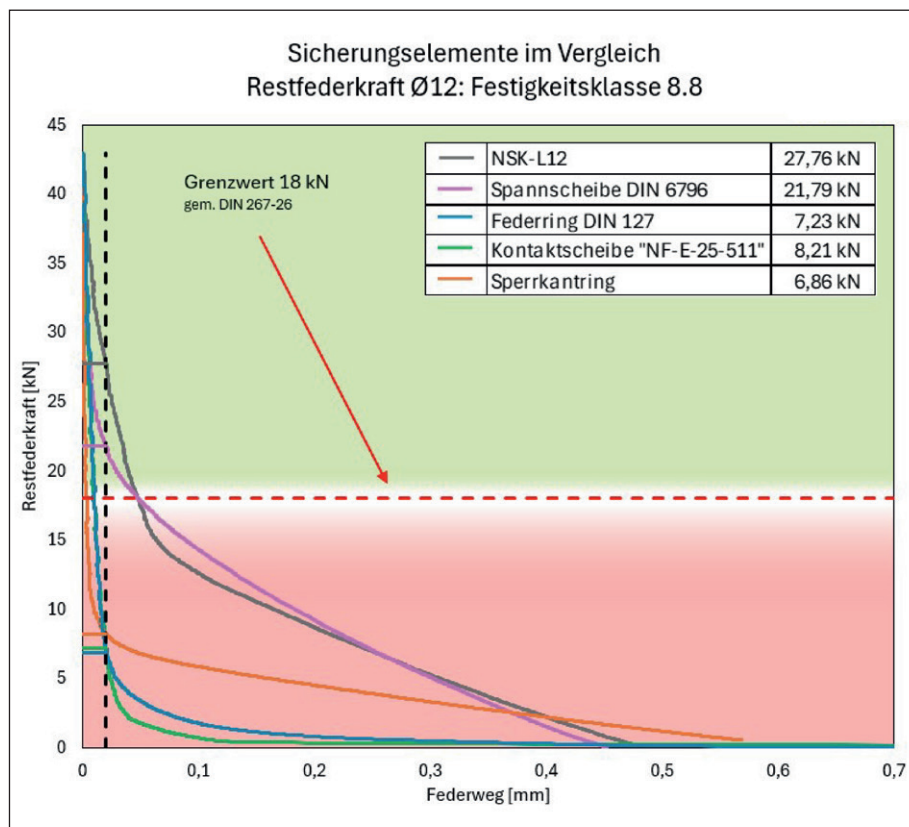


Abb. 2: Restfederkraftverlauf von federnden Verbindungselementen am Beispiel M12 gem. DIN 267-26 [5]

Quelle: teckentrup SLI

Nachgiebigkeit federnder Verbindungselemente in Abhängigkeit von der Klemmlänge für eine Durchsteckverbindung dar.

Spannscheiben und NSK-L-Scheiben haben hier nahezu gleiche Eigenschaften, sodass sich die Graphen überlagern. Insbesondere bei kurzen Klemmlängen wird durch federnde Verbindungselemente die Sicherheit gegen Gleiten um ein Vielfaches gesteigert. Federnde Verbindungselemente sind eine alternative Lösung für die konstruktive Auslegung und Gestaltung.

Durch die Berücksichtigung federnder Verbindungselemente bei der Schraubenberechnung ergeben sich alternative konstruktive Lösungsmöglichkeiten mit funktionalen und kostenseitigen Vorteilen. Insbesondere im Leichtbau ist eine Verringerung der Anzahl der Schraubenverbindungen, der Verringerung von Querschnitten an Schrauben und tragenden Bauteilen möglich. Die damit verbundene Gewichtsreduzierung von Schienenfahrzeugen ist ein aktiver Beitrag zur Verringerung des Global-Carbon-Footprints.

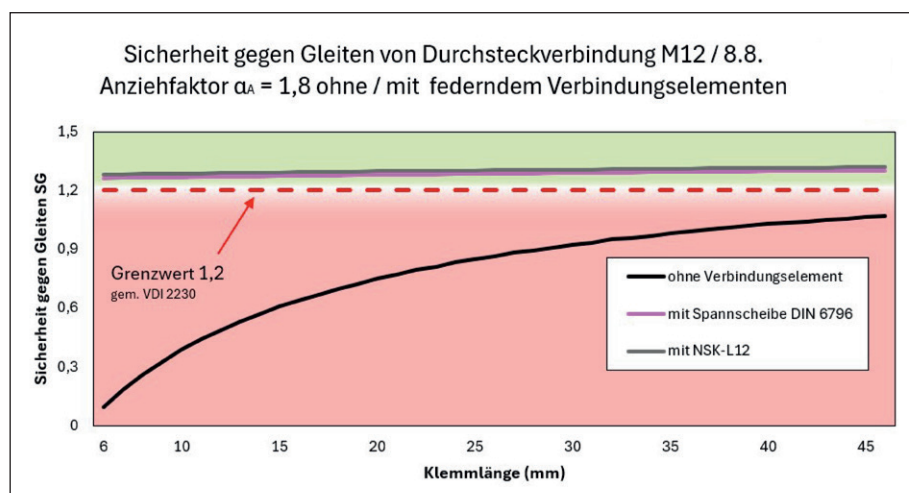


Abb. 3: Sicherheit gegen Gleiten in Abhängigkeit von der Klemmlänge gem. VDI 2230 Blatt 1 [4] für M12 mit der Festigkeitsklasse 8.8

Quelle: teckentrup SLI / M-Design

Losdrehphase

Grundsätzlich sind Schraubenverbindungen gemäß VDI 2230 Blatt 1:2015-11 [4] bzw. der DIN EN 17976:2025-03 [1] gleitfest auszuführen.

Es gibt in der neuen DIN EN 17976 [1] weiterhin eine Ausnahmeregelung. Falls die Gleitfestigkeit rechnerisch nicht erreicht werden sollte, sind geeignete Sicherungsmaßnahmen zu treffen, um das selbsttätige Losdrehen zu verhindern und einen entsprechenden Nachweis gem. der DIN 25201-4 Anhang D [3] zu führen. Als Hinweis für ein Verfahren zur Validierung der Funktionsfähigkeit von Sicherungsmaßnahmen wird in der DIN EN 17976 [1] die DIN 25201-4 Anhang B [3] angegeben.

Die Losdrehphase ist dadurch gekennzeichnet, dass die Gleitfestigkeit zuvor in der Lockerungsphase der Schraubenverbindung aufgehoben worden ist und es zu Querverschiebungen der verspannten Elemente unter dem Schraubenkopf bzw. der Mutter kommen kann.

Aus Abb. 4 ist ersichtlich, dass nur wenige federnde Verbindungselemente auch als Sicherungselement gegen selbsttätiges Losdrehen geeignet sind.

Grundsätzlich sind Sicherungselemente zum Schutz gegen das selbsttätige Losdrehen sinnvoll, da die Risikowahrscheinlichkeit für Folgeschäden oder den Ausfall der Schraubenverbindung sinkt. Ungeachtet möglicher

Prüfverfahren und Nachweise der Funktionsfähigkeit ist es präventiv wichtig, dass die elastische Nachgiebigkeit gesteigert wird, um die Sicherheit gegen Gleiten zu erhöhen. Das Gleiten von Schraubenverbindungen birgt immer ein Restrisiko, das zum Bruch der Schraube oder Beschädigungen der Baugruppe führen kann, weil in einem Einzelfall ein unbestimmter Anteil der Betriebslasten über die Schraubenverbindung übertragen wird.

Multifunktionale Verbindungselemente

Während bei Lockerungssicherungen (z.B. Spanscheiben) oder Losdreh Sicherungen sehr häufig nur eine der beiden möglichen potenziellen Fehlermöglichkeiten vermieden werden, sichern multifunktionale Schraubensicherungen sowohl präventiv gegen Lockern als auch gegen das Losdrehen.

Dies führt dazu, dass mit multifunktionalen Verbindungselementen neben der Losdreh sicherheit auch gleichzeitig die Vorteile von federnden Verbindungselementen, wie die Erhöhung der elastischen Nachgiebigkeit, Steigerung der Gleitfestigkeit sowie Verbesserung der Lockerungssicherheit geboten sind und damit für die Resilienz der Schraubenverbindung insgesamt bzw. die erweiterten Gestaltungsoptionen bei kurzen Klemmlängen genutzt werden können.

Elektrische Kontaktverschraubungen

Um dem Lockern entgegenzuwirken, werden in der DIN EN 17976 [1] für elektrische

Kontaktverschraubungen keine konkreten Verbindungselemente benannt, sondern die gleichen Anforderungen hinsichtlich der Federwirkung an die Verbindungselemente gestellt, wie zuvor schon dargestellt. Zusätzlich ist zu beachten, dass bisher gemäß der DIN 25201-3 [2] „Konstruktionsrichtlinie für Schienenfahrzeuge und deren Komponenten – Schraubenverbindungen – Teil 3: Konstruktion – elektrische Anwendungen“ mindestens ein Sicherungselement zu verwenden war. Gemäß der DIN EN 17976 [1] Abschnitt 7.5.2 ist nur noch ein einzelnes Sicherungselement zulässig, sodass z.B. die Verwendung einer Unterlegscheibe DIN 9021 bzw. DIN ISO 7093 in Verbindung mit einer Spanscheibe nicht mehr zulässig ist.

Klebstoffe dürfen gem. der DIN EN 17976 [1] Kapitel 7.5.2 weiterhin nicht als Sicherungsmittel für elektrische Schraubenverbindungen verwendet werden.

Fazit und Ausblick

Mit der DIN EN 17976 [1] erfolgt eine wünschenswerte Vereinheitlichung der Vorgaben für Schraubenverbindungen von Schienenfahrzeugen bzw. Fahrzeugteilen in Europa. In der Norm werden, neben den Anforderungen für die Losdreh sicherheit von Schraubenverbindungen, auch die Vorgaben zur präventiven Lockerungssicherheit durch Gestaltungsvorgaben sowie Prüfverfahren zum Nachweis der Federwirkung präzisiert.

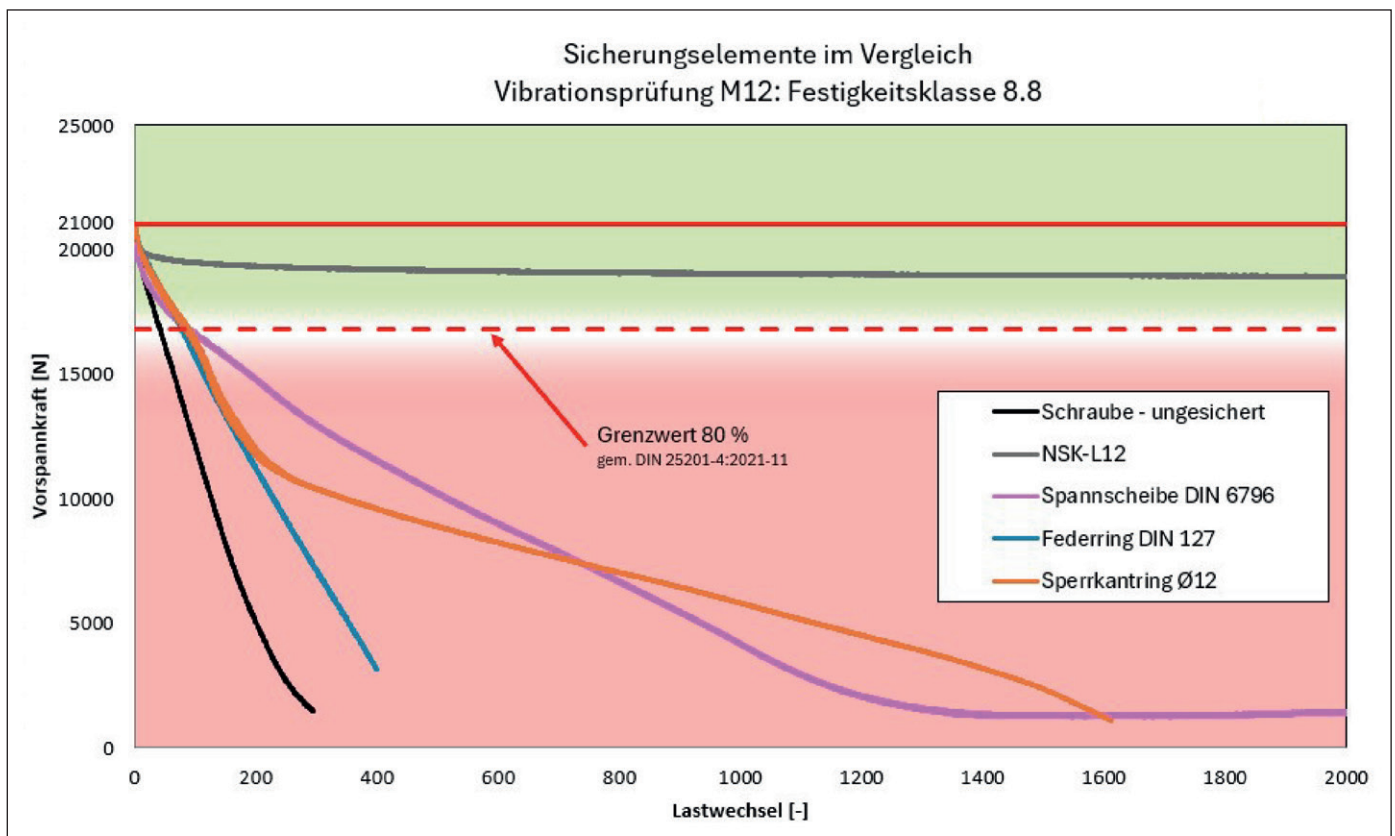


Abb. 4: Restvorspannkraft nach 2000 Lastwechseln von Verbindungselementen gem. DIN 65151:2002-08 [6] und DIN 25201-4:2021-11 Anhang B [3]

Quelle: teckentrup SLI

Die bekannten Vorteile federnder Verbindungselemente sind die Steigerung der elastischen Nachgiebigkeit und der Gleitfestigkeit. Die verbesserte Resilienz der Schraubenverbindung ermöglicht erweiterte Gestaltungsoptionen bei der Leichtbaukonstruktion zur Verringerung des Global-Footprints. Diese Vorteile sind aktuell normativ nur in Form von Empfehlungen, wie z. B. in der VDI 2230, abgebildet. Die daraus resultierenden funktionalen und kostenseitigen Potenziale bleiben aufgrund der Nichtberücksichtigung bei der Berechnung häufig ungenutzt. Durch die

Berücksichtigung der Nachgiebigkeiten von federnden Verbindungselementen in der Schraubensicherung können die damit verbundenen Vorteile realisiert werden.

Aufgrund aktueller Neuentwicklungen werden zukünftig multifunktionale Schraubensicherungselemente, wie z. B. die NSK-Scheiben, die sowohl gegen Lockern als auch gegen Losdrehen sichern, immer häufiger eingesetzt. Die Frage „entweder Lockerungs- oder Losdrehesicherung“ ist durch die multifunktionalen Verbindungselemente entfallen. ■

QUELLEN

- [1] DIN EN 17976: 2025-03: Bahnanwendungen – Verschrauben von Schienenfahrzeugen und -fahrzeugteilen, deutsche Fassung EN 17976:2024, DIN Media GmbH, Berlin, 2025
- [2] DIN 25201-3: 2004-06: Konstruktionsrichtlinie für Schienenfahrzeuge und deren Komponenten – Schraubenverbindungen – Teil 3: Konstruktion – elektrische Anwendungen, Beuth Verlag, Berlin, 2004
- [3] DIN 25201-4: 2021-11: Konstruktionsrichtlinie für Schienenfahrzeuge und deren Komponenten – Schraubenverbindungen – Teil 4: Sichern von Schraubenverbindungen, Beuth Verlag, Berlin, 2021
- [4] VDI 2230 Blatt 1: 2015-11: Systematische Berechnung hochbeanspruchter Schraubenverbindungen – Zylindrische Einschraubverbindungen, Beuth Verlag, Berlin, 2015
- [5] DIN 267-26: 2005-12: Mechanische Verbindungselemente – Technische Lieferbedingungen – Teil 26: Spannscheibe aus Federstahl für Schraubenverbindungen, Beuth-Verlag, Berlin, 2005
- [6] DIN 65151: 2002-08: Luft- und Raumfahrt, Dynamische Prüfung des Sicherungsverhaltens von Schraubverbindungen unter Querbeanspruchung (Vibrationsprüfung), Beuth Verlag, Berlin, 2002



Dipl.-Ing., Dipl. Wirt.-Ing.
Thomas Volborth
Geschäftsführer
tvorborth@teckentrup-sli.de



Matthias Hassel, M.Eng.
Produktmanager
mhassel@teckentrup-sli.de

Beide Autoren:
teckentrup SLI GmbH & Co. KG,
Plettenberg

NSK – Das multifunktionale Schraubensicherungssystem



teckentrup SLI

- Sicherung gegen Lockerungs- und Losdrehwirkungen
- Erhöhung der elastischen Nachgiebigkeit der Schraubenverbindung
- Steigerung der Gleitfestigkeit sowie der Resilienz der Schraubenverbindung
- Montagefreundlichkeit durch einteilige Schraubensicherungslösung
- Lösung zur Verringerung des Global Carbon Footprint
- System für unterschiedliche Materialien und Festigkeitsklassen
- Gewichtsreduzierung und erweiterte Gestaltungsoptionen
- **Multifunktionale Schraubensicherungen gem. DIN 25201 und der neuen DIN EN 17976: 2025-03**

Elektrische Schraubverbindungen



teckentrup SLI GmbH & Co. KG · Grünestr. 75 · D-58840 Plettenberg
Telefon +49 23 91 / 99 93 93 0 · info@teckentrup-sli.de · www.teckentrup-sli.de

Mechanische Schraubverbindungen



Fragen zum Produkt?
Nutzen Sie unseren KI-Chatbot
unter www.teckentrup-sli.de