

CONNECT

BAND V

Sichern von geschraubten Verbindungen



INHALT

Einleitung	3
1. Bedeutung der Vorspannkraft	4
1.1 Allgemein	4
1.2 Ursachen des Vorspannkraftverlustes	4
2. Setzbeträge	4
3. Lockern	5
3.1 Konstruktive Maßnahmen gegen Lockern	5
4. Selbsttätiges Losdrehen	5
4.1 Konstruktive Maßnahmen gegen selbsttätiges Losdrehen	6
5. Funktionsweise der Sicherungselemente	7
5.1 Sicherung gegen Lockern	7
5.2 Sicherung gegen Lockern durch mitverspannte federnde Elemente	7
5.3 Hinweise zur Verwendung federnder Elemente aus nichtrostenden Stählen	8
5.4 Einteilung der Sicherungselemente nach DIN 25201 Teil 4	8
6. Wirksamkeit von Schraubensicherungen	9
6.1 Funktionsprüfung von Sicherungselementen	9
6.2 Unwirksame Sicherungselemente	10
6.3 Verliersicherungen	11
6.3.1 Arten und Funktionsprinzip von Verliersicherungen	11
6.3.2 Normative Vorgaben der DIN 267-28	12
6.3.3 Auswahlkriterien Werkstoff und Oberflächenbeschichtung	14
6.3.4 Auswahlkriterien Schmierung und Beständigkeit	14
6.3.5 Verarbeitungshinweise klemmender Schraubensicherungen	15
7. Losdrehsicherungen	15
7.1 Formschlüssige Losdrehsicherungen	15
7.2 Stoffschlüssige Losdrehsicherungen	16
7.3 Normative Vorgaben der DIN 267-27	17
7.4 Auswahlkriterien für chemische Losdrehsicherungen	18
7.4.1 Auswahlkriterien Werkstoff und Oberflächenbeschichtung	19
7.4.2 Auswahlkriterien Schmierung und Beständigkeiten	19
7.4.3 Verarbeitungshinweise chemischer Losdrehsicherungen	20

EINLEITUNG

Um eine dauerhaft funktionsfähige Schraubenverbindung herzustellen, muss der Konstrukteur vier wesentliche Fragen beantworten:

- Welche Vorspannkraft ist erforderlich?
- Durch welche Montagemethode kann ich die Vorspannkraft sicher erzeugen?
- Sind Maßnahmen erforderlich, um die erzeugte Vorspannkraft zu erhalten?
- Können die Betriebskräfte sicher übertragen werden?

Das Erzeugen der erforderlichen Vorspannkraft bei der Montage und das Erhalten der Vorspannkraft während der Betriebsbelastung gelingt nicht immer. Häufig wurden dann die oben gestellten Fragen nicht oder nur unzureichend beantwortet, was in der Folge zu Reklamationen oder Schadensfällen führt.

Lange Zeit galt die Hypothese:

Schraubenverbindungen können sich nur dann lösen, wenn die Vorspannkraft vollständig verloren geht. Solange Vorspannkraft vorhanden ist, herrscht Selbsthemmung.

Die Realität sieht allerdings so aus:

Ist eine Schraubenverbindung nicht oder nur unzureichend gesichert, so kann sie sich unter voller Vorspannung selbsttätig losdrehen, wenn äußere Kräfte Relativbewegungen zwischen den Kontaktflächen verursachen. Diese Art des Vorspannkraftverlustes nennt man „Losdrehen von Schraubenverbindungen“.

Bei zyklisch (Schwingungen) oder dynamisch (Schlagartige) beanspruchten Schraubenverbindungen kommt es häufig vor, dass sich die Schraubenverbindung lockert und/oder selbsttätig losdreht. Das führt zu einem teilweisen oder gar vollständigen Vorspannkraftverlust. In solchen Fällen steigt der Anteil der von der Schraube zu übertragenden Betriebskraft mit abnehmender Vorspannkraft. Wird der Vorspannkraftverlust nicht rechtzeitig bemerkt, führt das sehr häufig zum Dauerbruch der Schraube.

1. Bedeutung der Vorspannkraft

1.1 Allgemein

In einer Schraubenverbindung treten während und nach dem Montagevorgang neben elastischen Verformungen auch örtliche plastische Verformungen auf. Dies erfolgt auch schon bei Belastungen unterhalb der Streckgrenze bzw. Grenzflächenpressung. Solche Verformungen können zum Lockern einer Schraubenverbindung führen. Ein plastisches Einebnen von Oberflächenrauigkeiten in den Auflageflächen und den belasteten Gewindeflanken von Schrauben- und Muttergewinde wird als „Setzen“ bezeichnet. In vorgespannten Verbindungen kann zusätzlich ein „Kriechen“ der Werkstoffe auftreten. Ein durch „Kriechen“ hervorgerufener Vorspannkraftverlust wird als Relaxation bezeichnet.

1.2 Ursachen des Vorspannkraftverlustes

Mit einem signifikanten Vorspannkraftverlust durch Relaxation muss man immer dann rechnen, wenn die Betriebstemperatur oberhalb von rund 50% der Rekristallisationstemperatur liegt. Als Rekristallisationstemperatur wird diejenige Temperatur bezeichnet, bei der ein Werkstoff innerhalb einer Betrachtungszeit vollständig rekristallisiert. Sie wird häufig als Faustregel mit 40 bis 50% der absoluten Schmelztemperatur abgeschätzt.

Bei rein elastisch vorgespannten Schrauben, die nur Raumtemperatur ausgesetzt sind, ist nur mit geringfügigen Relaxationsbeträgen zu rechnen. Bei überelastisch angezogenen Schrauben muss man jedoch, auch bei Raumtemperatur, mit größeren Relaxationsbeträgen rechnen. Beispielsweise kann unter solchen Bedingungen die Montagevorspannkraft um ca. 10% abfallen (angenommene Reibungszahl $\mu_{Ges 0,14}$).

Werden Schraubenverbindungen aus Stahl Betriebstemperaturen über 240°C ausgesetzt ist mit deutlichen zeitabhängigen Vorspannkraftverlusten zu rechnen. In solchen Fällen sollten die optimalen Parameter in experimentellen Versuchen ermittelt werden.

Setzbeträge die sich durch das Einebnen von Oberflächenrauigkeiten bei der Montage ergeben, führen nicht zu einem Vorspannkraftverlust. Ergeben sich Setzbeträge nach der abgeschlossenen Montage einer Schraubverbindung reduziert sich die erzielte Montagevorspannkraft.

Findet beim Anziehvorgang keine Einebnung von Oberflächenrauigkeiten statt, zum Beispiel beim hydraulischen Vorspannen, ergeben sich meist deutlich größere Setzbeträge als die nachfolgend aufgeführten Richtwerte.

2. Setzbeträge

Die in der nachfolgenden Tabelle (Quelle VDI 2230) aufgeführten Richtwerte können zur Abschätzung des Setzbetrages von Schraubenverbindungen dienen, falls keine, am realen Fall ermittelten Werte, vorliegen. Empfohlen wird jedoch, die Setzbeträge für den jeweiligen Anwendungsfall durch Versuche zu ermitteln. Die Werte dürfen nicht verwendet werden, wenn andere Werkstoffe als Stahl zur Verwendung kommen und wenn die in der VDI 2230 angegebenen Grenzflächenpressungen überschritten werden.

Gemittelte Rautiefe R_z nach DIN 4768	Belastung	Richtwerte für Setzbeträge in μm		
		im Gewinde	je Kopf- oder Mutternauflage	Je innere Trennfuge
< 10 μm	Zug/Druck	3	2,5	1,5
	Schub	3	3	2
10 μm bis < 40 μm	Zug/Druck	3	3	2
	Schub	3	4,5	2,5
40 μm bis < 160 μm	Zug/Druck	3	4	3
	Schub	3	6,5	3,5

Tabelle 1: Rautiefen

3. Lockern

Bereits nach der Montage kann ein Vorspannkraftabfall erfolgen, der zum Lockern einer Schraubverbindung führen kann. Auslöser sind meist Setz- oder Kriecherscheinungen.

Als „Setzen“ bezeichnet man das Einebnen von Oberflächenrauigkeiten. Die Größe der Setzbeträge in Schraubverbindungen ist abhängig von verschiedenen Parametern wie zum Beispiel:

- Anziehverfahren
- Rauigkeit der gepaarten Flächen
- Höhe der Flächenpressung
- Art der Beanspruchung (Zu/Druck/Schub)
- Betriebstemperatur

3.1 Konstruktive Maßnahmen gegen Lockern

Das Lockern von Schraubverbindungen kann durch geeignete konstruktive Maßnahmen verhindert werden, wie zum Beispiel:

- Ausreichend große elastische Nachgiebigkeit von Schrauben und verspannenden Bauteilen
- Einsatz von Dehnschrauben
- Mindestklemmlängen größer 2x Schrauben- Nenndurchmesser
- Erhöhung der Montagevorspannkraft durch Verwendung von Schrauben mit höherer Festigkeit
- Wenige Trennfugen
- Oberflächen mit geringer Rautiefe
- Ausreichend große Auflagefläche zur Verminderung der Flächenpressung
- Einleiten einer definierten Montagevorspannkraft unter Berücksichtigung der Reibzahlen, der Schrauben-/Mutterngeometrie und der Festigkeitsklasse mit Hilfe eines kontrollierten Anziehverfahrens

Insbesondere bei der Verwendung von Schrauben mit höherer Festigkeit, muss der Flächenpressung an der Auflage besondere Beachtung geschenkt werden. Eine Schraube mit Flanschkopf oder das Unterwalzen (Kombischraube) oder Unterlegen einer geeigneten vergüteten Scheibe reduziert die Flächenpressung und verhindert das Lockern.

Kombischraube	Schraube mit Flanschkopf	Sperrkantscheibe
		

Tabelle 2: Beispiele Lockerungssicherungen

4. Selbsttätiges Losdrehen

Eine häufig vorkommende Ursache für das Versagen einer Schraubverbindung ist ein Klemmkraftverlust durch selbsttätiges Losdrehen. Dies führt teilweise zu einem Verlust oder zu einem Dauerbruch der Schraube. Ursache ist eine erzwungene Relativbewegung durch wiederholte elastische Verformungen oder Querverschiebungen der miteinander verschraubten Teile.

Hier gilt das physikalische Gesetz: Wird die Reibungskraft zwischen zwei Körpern in einer Richtung überwunden, so kann eine zusätzliche Bewegung in anderer Richtung durch Kräfte eingeleitet werden, die kleiner als die Reibungskraft sind.

Angewendet auf eine Schraubverbindung bedeutet dies: Werden durch eine erzwungene Relativbewegung in der Schraubverbindung die Reibkräfte überwunden, ist die Selbsthemmung in der Schraubverbindung aufgehoben. Unter der Wirkung des durch die Vorspannung über die schiefe Ebene der Gewindesteigung ausgeübten Drehmoments (=inneres Losdrehmoment) kann sich die Schraube losdrehen.

Besonders Schraubenverbindungen mit kleinen Klemmlängen neigen zum selbsttätigen losdrehen, wenn Belastungen senkrecht zur Schraubenachse auf sie einwirken. Voraussetzung ist, dass die Querbelastung ausreichend groß ist, um die verspannten Bauteile gegeneinander zu verschieben. Dadurch entstehen Kippbewegungen im Gewinde und – bei ausreichend großem Verschiebeweg der verspannten Teile – auch Schlupf unter dem Schraubenkopf bzw. der Mutter, so dass an beiden Reibflächen Gleitreibung auftritt.

Beachtet werden sollte, dass auch einzelne Lastspitzen, die bei der Auslegung der Schraubverbindung eventuell nicht berücksichtigt wurden, eine Losdrehwirkung auslösen können.

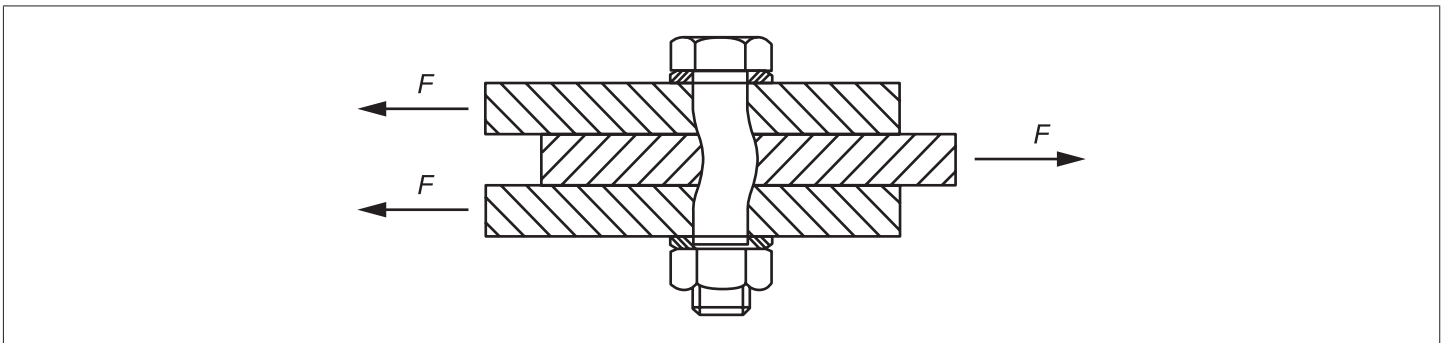


Bild 1: Querbelastung (zyklisch/dynamisch)

4.1 Konstruktive Maßnahmen gegen selbsttätiges Losdrehen

Die Neigung zum selbsttätigen Losdrehen von Schraubverbindungen kann durch geeignete konstruktive Maßnahmen reduziert werden wie zum Beispiel:

- Ausreichend große elastische Nachgiebigkeit der Schraube (z.B. Schrauben mit Dehnschaft)
- Mindestklemmlängen größer 4x Schrauben- Nenndurchmesser
- Erhöhung der Montagevorspannkraft durch Verwendung von Schrauben mit höherer Festigkeit
- Hohe Schraubenvorspannkraft
- Hohe Kopfreibung (z.B. durch Verwendung von Unterkopferverzahnungen)
- Verschiebungen begrenzen durch Formschluss (Passschraube)

5. Funktionsweise der Sicherungselemente

5.1 Sicherung gegen Lockern

Sicherungselemente die das Lockern von Schraubenverbindungen vermeiden sollen, können in die Kategorien

- mitverspannt, Flächenpressung herabsetzend
- und
- mitverspannt federnd
- eingeteilt werden.

Zu den Elementen, die mitverspannt werden und die Flächenpressung herabsetzen, gehören auch die Scheiben. Bei definiert vorgespannten Schraubenverbindungen ist es zwingend notwendig, die zur jeweiligen Schraubenfestigkeitsklasse passende Härteklasse der Scheibe zu berücksichtigen. Bei der Verwendung zu weicher Scheiben besteht die Gefahr der Überschreitung der zulässigen Flächenpressung. In Extremfällen kann das bis zum Kopfdurchzug durch die Scheibe kommen. Siehe auch ISO 887.

Scheiben	Härteklasse		100HV	200HV	300HV
	Produktklasse		C	A	A
Schrauben, Muttern	Produktklasse	A	nein	ja	ja
		B	nein	ja	ja
		C	ja	nein	nein
Schrauben	Festigkeitsklasse	≤ 6.8	ja	ja	ja
		8.8	nein	ja	ja
		10.9	nein	nein	ja
		12.9	nein	nein	nein
Muttern	Festigkeitsklasse	≤ 6	ja	ja	ja
		8	nein	ja	ja
		10	nein	nein	ja
		12	nein	nein	nein
Einsatzgehärtete gewindefurchende Schraube			ja	ja	ja
Schrauben und Muttern aus nichtrostendem Stahl			-	ja	-

Tabelle 3: Festigkeitsklassen-Härteklassen Auswahl

5.2 Sicherung gegen Lockern durch mitverspannte federnde Elemente

Mitverspannte federnde Elemente sind nur dann gegen Lockern wirksam, wenn die elastische Nachgiebigkeit der Schraubenverbindung im gesamten Vorspannkraftbereich ausreichend vergrößert ist. Grundsätzlich sind mitverspannte federnde Elemente nur dann wirksam, wenn nachfolgende Bedingungen eingehalten werden können.

- Die Federkräfte müssen in etwa so hoch sein wie die Schraubenvorspannkräfte
- Die Flächenpressungen in den Auflageflächen müssen berechenbar sein
- Das Aufbringen der benötigten Vorspannkraft beim Anziehen darf nicht beeinträchtigt werden
- Das Auftreten von Spaltkorrosion muss vermieden werden
- Das Be- und Entlasten bei mehrfacher Verwendung darf nicht zu unterschiedlich hohen Vorspannkräften führen
- Bei Anwendungen mit Langlöchern sollten Scheiben mit großen Aussendurchmessern und entsprechender Härte verwendet werden. Das durchbiegen von Scheiben aufgrund zu geringer Auflagefläche bzw. zu hoher Montagevorspannkraft muss vermieden werden.

Nachfolgende Tabelle zeigt einige gängige mitverspannte federnde Sicherungselemente






Bezeichnung	Norm	Beispielbild
Sicherungsscheibe S	Werknorm	
Sicherungsscheibe VS	Werknorm	
Sperrkantring	Werknorm	
Sperrkantscheibe	Werknorm	
Spannscheibe	DIN 6796	

Tabelle 4: Sicherungselemente gegen Lockern

5.3 Hinweise zur Verwendung federnder Elemente aus nichtrostenden Stählen

Federnde Elemente aus nichtrostenden Stählen sind meist nur wirksam bis zu Vorspannkraften die deutlich unter 10% der für Schraubenverbindungen aus A2 und A4 notwendigen Vorspannkraften liegen. Durch die bei mitverspannten federnden Elementen unvermeidliche Spaltbildung, besteht gerade bei der Verwendung im Außenbereich oder ähnlichen Umgebungsbedingungen die Gefahr von Spaltkorrosion.

5.4 Einteilung der Sicherungselemente nach DIN 25201 Teil 4

Diese Norm gilt für das Sichern von Schraubenverbindungen im Schienenfahrzeugbereich. Sie soll den Konstrukteur bei der grundlegenden Auswahl von Schraubenverbindungen unterstützen und ihm gewisse Systematiken und Begriffe näher bringen. Grundsätzlich befreit die Norm nicht von experimentellen und/oder numerischen Untersuchungen zur Verifizierung der Ergebnisse. Dies trifft insbesondere für kritische Verbindungen zu.

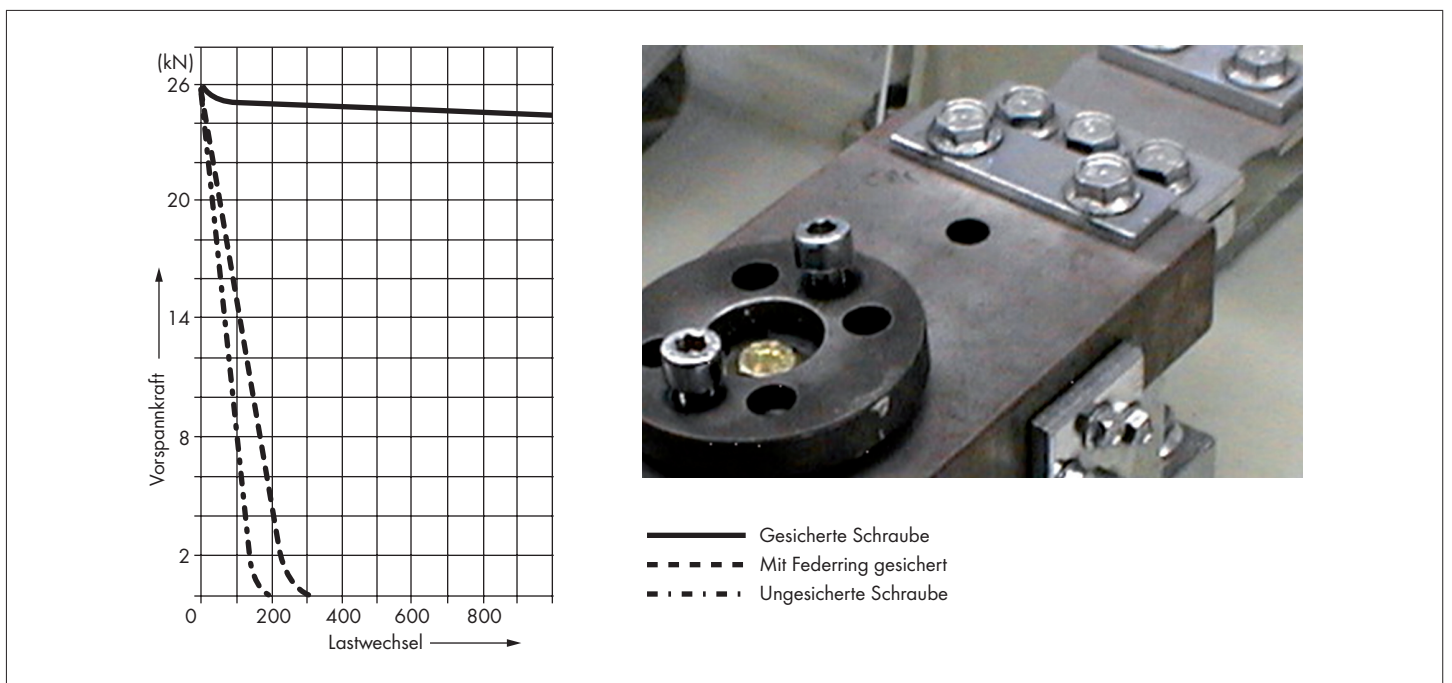
Sicherungsart	Funktionsart	Sicherungselemente	Anwendungshinweise
Losdrehicherung	sperrend, z.T. mitverspannt	Rippschraube, Rippmuttern	anzuwenden, wo hoch vorgespannte Schraubenverbindungen wechselnden Querbelastungen ausgesetzt sind. Nicht auf gehärteten Oberflächen. Härte der Auflagefläche muss niedriger als die der Auflagefläche von Schraube und Mutter bzw. der mitverspannten Elemente sein. Sicherungselemente sind nur wirksam, wenn sie direkt unter dem Schraubenkopf und der Mutter angeordnet sind. Für elektrische Anwendungen.
		profilierte Spannscheiben Keilscheibenpaar Sperrkantscheibe Profiling (Werkstoff A2)	
	klebend	mikroverkapselter Klebstoff entsprechend DIN 267-27	anzuwenden, wo hoch vorgespannte Schraubenverbindungen wechselnden Querbelastungen ausgesetzt sind und gehärtete Oberflächen den Einsatz sperrender Verbindungselemente nicht erlauben. Temperaturabhängig. Einsatz bei elektrischen Anwendungen nicht empfehlenswert. Bei Einsatz von Klebstoffen dürfen die Gewinde nicht geschmiert werden.
		Flüssigklebstoff	Die Temperaturgrenzen für die zur Anwendung kommenden Kleber sind unbedingt zu beachten. Einsatz bei elektrischen Anwendungen nicht empfehlenswert. Bei Einsatz von Klebstoffen dürfen die Gewinde nicht geschmiert werden.
Verliersicherung	klemmend	Muttern mit Klemmteil DIN EN ISO 7040, DIN EN ISO 7042, Gewindeeinsätze DIN 8140 Schrauben mit Kunststoff-Beschichtung im Gewinde nach DIN 267-28	Dort einzusetzen, wo es bei Schraubenverbindungen primär darum geht, eine restliche Vorspannkraft zu erhalten und die Verbindung gegen Auseinanderfallen zu sichern. Für Muttern und Schrauben mit Kunststoffeinsatz ist die Temperaturabhängigkeit zu beachten. Bei elektrischen Anwendungen darf es zu keiner Spannbildung durch Ganzmetallmuttern kommen.

Tabelle 5: Übersicht Losdrehicherung-Verliersicherung

6. Wirksamkeit von Schraubensicherungen

6.1 Funktionsprüfung von Sicherungselementen

Die Funktionsprüfung von Losdrehicherungen erfolgt auf dem Rüttelprüfstand (Junkers-Test).



Durch die Prüfung Funktionsprüfung lassen sich Sicherungselemente in drei Kategorien unterteilen.

- a) **Unwirksame Sicherungselemente**; sie können das selbsttätige Losdrehen nicht verhindern die Vorspannkraft geht vollständig verloren
- b) **Verliersicherungen**; die Vorspannkraft geht weitestgehend verloren, ein Auseinanderfallen der Verbindung wird allerdings verhindert. Es bleibt überwiegend eine geringe Restvorspannkraft erhalten
- c) **Losdreh Sicherungen**; Das selbsttätige Losdrehen wird verhindert. Die Vorspannkraft fällt nicht unter 80% Restvorspannkraft ab

6.2 Unwirksame Sicherungselemente

Die in Tabelle 6 aufgeführten Unterlegelemente haben in Verbindung mit vergüteten Schrauben (Festigkeitsklassen 8.8, 10.9, 12.9) keine Sicherungswirkung gegen selbsttätiges Losdrehen. Daher wurden diese Normen schon vor längerer Zeit ersatzlos zurückgezogen. Als Setsicherungen für Verbindungen mit niedrigfesten Schrauben (Festigkeitsklassen kleiner 8.8) eignen sich Federringe, Federscheiben, Zahnscheiben und Fächerscheiben ebenfalls meist nur ungenügend. Bei Neukonstruktionen wird empfohlen auf derartige Unterlegelemente zu verzichten. Die Verwendung von Zahn- und Fächerscheiben für die elektrische Kontaktierung sollte nur nach eingehender Funktionsprüfung der gesamten Verbindung erfolgen.

Nachfolgende Tabelle zeigt einige Elemente, die das selbsttätigen Losdrehen von Schraubenverbindungen nicht vermeiden können

Bezeichnung	Norm	Beispielbild
Federringe	DIN 127, DIN 128, DIN 6905, DIN 7980	
Federscheiben	DIN 137, DIN 6904	
Zahnscheiben	DIN 6797, DIN 6906	
Fächerscheiben	DIN 6798, DIN 6907	
Scheiben mit Außennase bzw. 2 Lappen	DIN 93, DIN 432, DIN 463	
Kronenmuttern mit Splint	DIN 935, DIN 937	

Tabelle 6: Unwirksame Sicherungselemente

6.3 Verliersicherungen

Zu der Kategorie Verliersicherungen werden Produkte gezählt, die nach einem überwiegenden Vorspannkraftverlust ein Auseinanderfallen der Verbindung verhindern. Sie halten nur eine geringe Restvorspannkraft aufrecht. Als Verliersicherungen kommen häufig Ganzmetall-Sicherungsmuttern, Muttern mit Kunststoffeinsatz, Gewindefurchende Schrauben, Drahtgewindeeinsätze mit einem oder mehreren klemmenden Gewindegängen oder klemmenden Beschichtungen aus Kunststoff zur Anwendung.

6.3.1 Arten und Funktionsprinzip von Verliersicherungen

Die nachfolgende Tabelle 7 gibt einen Überblick über häufig verwendete formschlüssige (klemmende) Verliersicherungen. Je nach Art des Sicherungselementes erfolgt die Herstellung des Formschlusses durch unterschiedliche Maßnahmen. Bei Ganzmetallmutter wird dies erreicht durch die definierte Verformung (Quetschung) einiger Gewindegänge. Bei der Mutter mit Kunststoffeinsatz ist der eingebördelte Kunststoffring hierfür verantwortlich. Bei Drahtgewindeeinsätzen wird in der Regel eine oder mehrere Windungen nicht rund, sondern als Vieleck ausgeführt. Gewindefurchende Schrauben gelten als Verliersicherung, weil durch den Furchvorgang ein spielfreies Gewinde entsteht. Grundsätzlich haben alle bekannten Verliersicherungen den Zweck, das Gewindenspiel zwischen Schrauben und Muttergewinde, das durch unvermeidbare Toleranzen entsteht, zu minimieren bzw. zu egalisieren. Durch die sich dadurch ergebende erhöhte Gewindereibung, wird bei einem Vorspannkraftverlust ein komplettes Auseinanderfallen der Schraubverbindung meist vermieden.

Besondere Aufmerksamkeit bei der Verwendung von Sicherungsmuttern sollte man auf die Korrosionsschutzbeschichtung der Schraubenverbindung legen. Durch die erhöhte Gewindereibung wird häufig die Oberflächenbeschichtung beschädigt, so dass in solchen Fällen mit teilweise deutlich reduzierten Korrosionsbeständigkeiten gerechnet werden muss. Dies gilt insbesondere bei zinklamellenbeschichteten Verbindungselementen.

Eine bei Serienanwendungen weit verbreitete Verliersicherung sind Schrauben mit klemmender Beschichtung. In seltenen Fällen wird die klemmende Vorbeschichtung auch bei Muttern angewendet.

Bei dieser Art von Verliersicherung wird meist eine partielle Beschichtung (Fleck) des Gewindes mit Polyamid vorgenommen. Seltener eine rundum (360°) Beschichtung eines definierten Gewindebereichs. Klemmende Beschichtungen können in verschiedenen Farben zur besseren Unterscheidung ähnlicher Bauteile ausgeführt werden. Eine besondere Variante der klemmenden Schraubensicherung sind in Nuten eingepresste Sicherungsfäden. Bei solchen Teilen wird in einen Teil des Schraubengewindes eine Nut eingefräst und ein Faden aus Kunststoff oder Metall eingepresst. Speziell bei den Varianten mit Metallfäden lassen sich somit auch Anwendungen mit hohen Temperaturbelastungen abbilden. Nachteilig bei diesem System ist, dass durch das einfräsen der Nut eine eventuell vorhandene Korrosionsschutzbeschichtung beschädigt wird.

Nachfolgende Tabelle zeigt einige gängige Verliersicherungen

Bezeichnung	Norm	Beispielbild
Ganzmetall-Sicherungsmutter (einteilig)	ISO 7042, ISO 10513 (DIN 980, DIN 6925)	
Muttern mit Kunststoffeinsatz	ISO 7040, ISO 10511, ISO 10512 (DIN 985, DIN 982)	
Gewindefurchende Schrauben	Taptite®-Werknorm, DIN 7500	
Drahtgewindeeinsatz (Form SG)	DIN 8140 (Ähnlich)	
Schrauben mit klemmender Beschichtung (z.B. Polyamid-Fleck rot)	DIN 267-28	
Schrauben mit klemmender Beschichtung (z.B. Polyamid-Fleck blau)	DIN 267-28	
Schrauben mit eingelegter Fadensicherung. (z.B. Long-Lok)	DIN 267-28 oder Werknorm	

Tabelle 7: Verliersicherungen

6.3.2 Normative Vorgaben der DIN 267-28

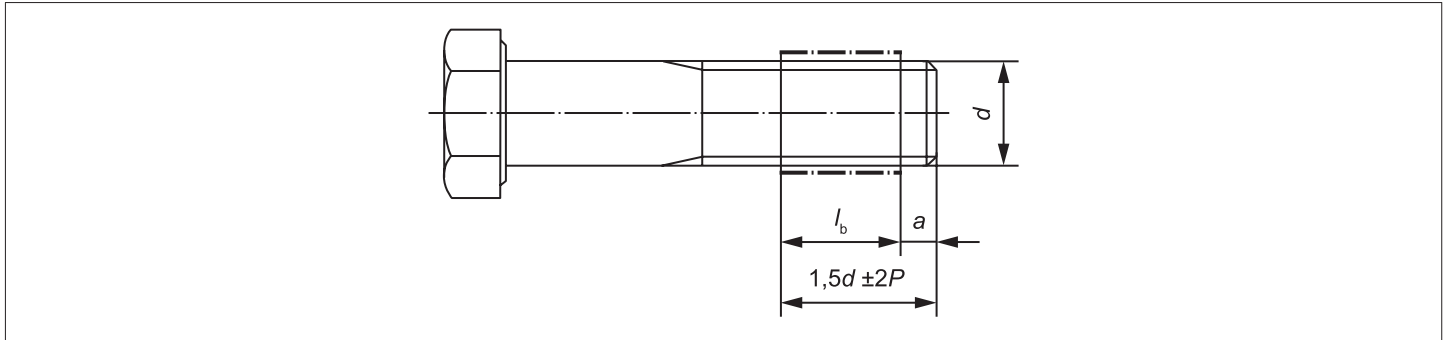
Die DIN267-28 beschreibt die funktionellen Eigenschaften von Schrauben mit klemmenden Beschichtungen aus Stahl. Die Verbindungselemente müssen folgende Mindestvorgaben erfüllen:

- metrische ISO-Gewinde nach DIN ISO 261,
- Gewinde-Nenndurchmesser von 3 mm bis 16 mm (Regelgewinde),
- Gewinde-Nenndurchmesser von 8 mm bis 16 mm (Feingewinde),
- Festigkeitsklassen nach DIN EN ISO 898-1, DIN EN ISO 3506-1 und DIN 267-13,
- blanke und beschichtete Oberflächen,
- Anwendungstemperaturbereich von -50°C bis $+120^{\circ}\text{C}$ und je nach Anwendungsvorgaben bis 150°C oder bis 200°C

Diese Norm trifft keine Festlegungen für zusätzliche spanende Bearbeitung des Gewindes zum Zweck des Einbringens eines klemmend wirkenden Produktes.

Werden vom Anwender keine spezifischen Vorgaben gemacht (Regelfall) gelten für die Beschichtung folgende Kriterien:

- Lage der Beschichtung in einem Bereich $1,5 d \pm 2 P$ (P = Gewindesteigung)
- gemessen vom Schraubenende
- die ersten zwei bis drei Gewindgänge sind frei von Beschichtung um das Einschrauben zu erleichtern (siehe Bild)
- Beschichtungsrückstände auf den ersten Gewindgängen sind zulässig, dürfen aber die Funktion beziehungsweise Verwendung nicht beeinträchtigen



Ist aus konstruktiven Gründen eine andere Länge l_b und/oder ein anderer Abstand a der Beschichtung vom Schraubenende erforderlich, so ist dies bei der Bestellung anzugeben.

Für das Maß l_b gelten die Grenzabmaße $\pm 2 P$ (P = Gewindesteigung).

Für das normative Bezeichnungssystem gelten nachfolgende Festlegungen, wird eine vom Standard abweichende Variante (KL) gewünscht, so muss dies bei der Bestellung angegeben werden:

KL für die klemmende Beschichtung (Ausführung wahlweise);

KLR für die klemmende Rundumbeschichtung;

KLF für die klemmende fleckenförmige Beschichtung;

Bei Korrosionsschutzbeschichtungen mit integrierten und/oder zusätzlich aufgetragenen Schmierstoffen kann die Haftfestigkeit klemmender Beschichtungen beeinträchtigt werden, sodass sich die klemmende Beschichtung beim ersten Verschrauben ablöst oder eine Mehrfachverschraubung eingeschränkt wird.

Schrauben mit klemmender Beschichtung können im Temperaturbereich von -50°C bis $+120^\circ\text{C}$ eingesetzt werden.

Besondere Anforderungen an die Rauheit des Muttergewindes werden nicht gestellt, es muss jedoch frei von Silicon, Molybdänsulfid und ähnlichen Trennmitteln sein. Außerdem muss das Muttergewinde span- und gratfrei sein, Muttern und Gewindebohrungen ohne Senkung des Gewindes dürfen nicht mit Schrauben, die mit einer klemmenden Beschichtung versehen sind, verschraubt werden.

Verbindungselemente mit klemmender Beschichtung lassen sich in der Regel bis zu 3-fach wiederverwenden. Beachtet werden muss, dass sich die Klemmdrehmomente mit jeder Verwendung reduzieren. Inwieweit das für den jeweiligen Anwendungsfall tolerabel ist, muss individuell beurteilt werden. Bei einer Verwendung als Stell- und Justierschraube ist in den meisten Fällen eine mehrmalige Verwendung möglich.

Bei sachgemäßer Innenlagerung können Schrauben mit klemmender Beschichtung in einem Zeitraum von 4 Jahre verwendet werden.

6.3.3 Klemmende Beschichtungen: Auswahlkriterien Werkstoff und Oberflächenbeschichtung

Produkte	Werkstoffe						Oberflächenbeschichtungen								
	Stahl	Rostfreier Stahl	Aluminium und Al-Legierungen	Messing	Kupfer	Kunststoffe	Phosphatiert Ölfrei oder Entfettet	Stahl blank	Zink, farblos/blau passiviert	Zink, Dickschichtpassiviert (ZSM)	Zink, Dickschichtpassiviert + versiegelt mit Gleitzusatz (ZSM)	Zinklamelle mit integriertem oder zusätzlich aufgebrachttem Schmierstoff (ZFSHL)	Zinklamelle ohne integriertem oder zusätzlich aufgebrachttem Schmierstoff (ZFSH)	KTL Beschichtung	
Polyamid-Fleck blau/rot	1	1	1	1	1	nein	1	1	1	1	2-3	2-4	1	1	
Polyamid-Rundum blau/rot	1	1	1	1	1	nein	1	1	1	1	2-3	2-4	1	1	
Precote 10 grau	1	1	1	1	1	3-6	1	1	1	1	2-3	2-4	1	1	
Precote 19-7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2-3	2-4	1	1	
VC 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2-3	2-4	1	1	
Clemm-Loc braun	1	1	1	1	1	nein	1	1	1	1	2-3	2-4	1	1	

1 = sehr gut; 2 = gut; 3 = befriedigend; 4 = ausreichend; 5 = mangelhaft; 6 = ungenügend; k = keine Angaben

Tabelle 8: Werkstoffe und Oberflächenbeschichtung klemmende Sicherung

6.3.4 Klemmende Beschichtungen: Auswahlkriterien Schmierung und Beständigkeit

Produkte	Schmierung						Beständigkeit im verschraubten Zustand							
	Torque'n Tension vor der Beschichtung je nach Produktkonzentration	Torque'n Tension nach der Beschichtung	Gleitlacke vor der Beschichtung	Gleitlacke nach der Beschichtung	Wachs vor der Beschichtung	Wachs nach der Beschichtung	Temperaturbeständigkeit verspannt	schwache Säuren pH > 4 bei RT	Laugen ph < 11 bei RT	Frostschutzmittel	Öle	Lösungsmittel	Benzine	Wasser
Polyamid-Fleck blau/rot	3	1	2-4	1-3	1-3	1	-50-120°C	1	1	1	1	1	1	1
Polyamid-Rundum blau/rot	3	1	2-4	1-3	1-3	1	-50-120°C	1	1	1	1	1	1	1
Precote 10 grau	3	1	2-4	1-3	1-3	1	-50-150°C	1	1	1	1	1	1	1
Precote 19-7	3	1	2-4	1-3	1-3	1	-50-150°C	1	k	1	1	1	4	1
VC 3	3	1	2-4	1-3	1-3	1	-50-90°C	1	k	1	1	1	4	3
Clemm-Loc braun	3	1	2-4	1-3	1-3	1	-50-130°C	1	1	1	1	1	1	1

1 = sehr gut; 2 = gut; 3 = befriedigend; 4 = ausreichend; 5 = mangelhaft; 6 = ungenügend; k = keine Angaben

Tabelle 9: Auswahlkriterien Schmierung und Beständigkeit bei klemmenden Beschichtungen

6.3.5 Klemmende Beschichtungen: Verarbeitungshinweise klemmender Schraubensicherungen

Produkte	Verarbeitungshinweise														
	DVGW Freigabe DIN 30600 (Trinkwasser)	Losbrech- oder Losdrehmomente	Wiederverwendbarkeit	Abmessungsbereich	Industrie-Freigaben	Dichtend	Entspricht DIN 267 Teil 28	Einschraubgewinde Öl u. Fettfrei	Verarbeitungszeitraum nach dem Einschrauben	Mindesttemperatur für Aushärtung	Gewindereibungszahl	Lagerbeständigkeit bei RT. Nach DIN 50014	Aushärtezeit	Feuchtigkeitsempfindlichkeit bei Lagerung	Nachhärtung durch Wärme ab 70°C
Polyamid-Fleck blau/rot	ja	hoch	5x	M2-M60	MB, Ford, Opel, VW, Audi, BMW, Porsche, Bosch, Renault	5	ja	n	unbegrenzt	keine	0,10-0,15	> 4 Jahre	keine	nein	nein
Polyamid-Rundum blau/rot	ja	hoch	5x	M2-M60		1	ja	n	unbegrenzt	keine	0,10-0,15	> 4 Jahre	keine	nein	nein
Precote 10 grau	nein	hoch	3x	M2-M60		1	ja	n	unbegrenzt	keine	0,16-0,20	> 4 Jahre	keine	nein	nein
Precote 19-7	nein	mittel	nein	M2-M60		2	nein	n	unbegrenzt	keine	0,10-0,15	> 4 Jahre	keine	k	nein
VC 3	nein	niedrig	1x	M1-M12		2	nein	n	unbegrenzt	keine	0,15-0,20	> 4 Jahre	keine	n	n
Clemm-Loc braun	ja	hoch	5x	M2-M60	MB, VW, Audi, Bosch	1	ja	n	unbegrenzt	keine	0,10-0,15	> 4 Jahre	keine	n	n

1 = sehr gut; 2 = gut; 3 = befriedigend; 4 = ausreichend; 5 = mangelhaft; 6 = ungenügend; k = keine Angaben

Tabelle 10: Verarbeitungshinweise klemmender Schraubensicherungen

7. Losdrehsicherungen

Losdrehsicherungen verhindern bei zyklisch beanspruchten Schraubenverbindungen das selbsttätige Losdrehen. Zwar kann auch bei diesen Sicherungselementen, die Vorspannkraft durch geringe Setzbeträge um bis zu 20% abfallen. Jedoch bleibt, bei korrekter Verwendung, min. 80% der Montagevorspannkraft in der Verbindung erhalten. Bei den Losdrehverbindungen unterscheidet man das Sichern durch:

- Formschlüssige Sicherungen (z.B. Sperrverzahnung)
- Stoffschlüssige Sicherungen (z.B. Mikroverkapselter Klebstoff)

7.1 Formschlüssige Losdrehsicherungen

Formschlüssige Losdrehsicherungen sind Schrauben und Muttern mit Verriegelungszähnen oder Rippen an der Auflagefläche. In vielen Fällen werden diese Sicherungselemente auch Sperrzahnschrauben/-muttern und Rippsschrauben/-muttern bezeichnet. Darüber hinaus finden auch vermehrt Keilsicherungsscheiben Verwendung.

Charakteristisch für diese Sicherungselemente ist, dass sich die Verriegelungszähne bzw. Rippen in die Oberfläche der verspannten Teile eingraben beziehungsweise verhaken. Voraussetzung hierfür ist, dass die Härte der Gegenlage geringer ist als die der Sperrzähne oder Rippen. Ein Härteunterschied von 30 HRC ist sinnvoll.

Nachteilig bei Schrauben und Muttern mit Verriegelungszähnen ist eine mehr oder weniger starke Beschädigung der verspannten Teile bei der Montage und insbesondere bei der Demontage. Diese Nachteile sind bei Schrauben und Muttern mit Rippen nicht

vorhanden. Besonders geeignet sind Schrauben und Muttern mit Rippen in Fällen, wo Werkstoffe verschraubt werden müssen, welche:

- rollierbar und verfestigbar sind
- die Oberfläche im Bereich der Schrauben- oder Mutternaufgabe nicht beschädigt werden soll
- der Korrosionsschutz auch an der Verbindungsstelle weitestgehend erhalten bleiben soll
- eine Spanbildung aus montagetechnischen Gründen ausgeschlossen werden soll
- eine mechanische Sicherung auf gehärteten Gegenwerkstoffen notwendig ist

Für diese besonderen Anwendungsfälle sind Sicherungsschrauben mit Verriegelungszähnen nicht oder nur wenig geeignet.

Bei Schrauben und Muttern mit Sicherungsrippen wird während des Anziehvorgangs der Gegenwerkstoff im Bereich der Schraubenaufgabe durch die Sicherungsrippen „rolliert“. Dies bewirkt eine oberflächenverfestigende plastische Verformung. Die nach der Beendigung der Montage auftretenden Setzungen werden mit diesem System deutlich reduziert. Lediglich auf weichen Werkstoffen, wie beispielsweise Aluminium- und Magnesium-Legierungen kommt der Rolliereffekt nicht zum Tragen.

Nachfolgende Tabelle zeigt einige gängige formschlüssige Losdrehsicherungen


Bezeichnung	Norm	Beispielbild
Rippschraube	Werknorm	
Sperrzahnschraube	Werknorm	
Keilsicherungsscheibe	Werknorm	

Tabelle 11: Formschlüssige Losdrehsicherungen

7.2 Stoffschlüssige Losdrehsicherungen

Stoffschlüssige Losdrehsicherungen können durch zwei unterschiedliche Vorgehensweisen hergestellt werden. Für geringe Montagestückzahlen oder bei Instandsetzungsarbeiten empfiehlt sich ein manuelles Aufbringen von anaeroben Klebstoffen auf das Schraubengewinde durch den Monteur.

Für Serienanwendungen empfiehlt sich eine Vorbeschichtung des Schraubengewindes mit einem mikroverkapselten Klebstoff. Beim einschrauben in ein Mutterngewinde werden die verkapselten Klebstoffkomponenten aktiviert und härten in der Regel innerhalb einiger Stunden aus. Die Grundlegenden Parameter für eine mikroverkapselte Vorbeschichtung sind in der DIN 267 Teil 27 genormt.

Nachfolgende Tabelle zeigt einige gängige stoffschlüssige Losdreh Sicherungen



Bezeichnung	Norm	Beispielbild
Flüssigklebstoff	Herstellerspezifikation	
Mikroverkapselter Klebstoff	DIN 267-27 oder Herstellerspezifikation	

Tabelle 12: Stoffschlüssige Losdreh Sicherungen

7.3 Normative Vorgaben der DIN 267-27

Die DIN267-27 beschreibt die funktionellen Eigenschaften von mikroverkapselten Schrauben aus Stahl. Die Verbindungselemente müssen folgende Mindestvorgaben erfüllen:

- metrische ISO-Gewinde nach DIN ISO 261,
- Gewinde-Nenndurchmesser von 3 mm bis 39 mm (Regelgewinde),
- Gewinde-Nenndurchmesser von 8 mm bis 39 mm (Feingewinde),
- Festigkeitsklassen nach DIN EN ISO 898-1, DIN EN ISO 3506-1 und DIN 267-13,
- blanken und beschichteten Oberflächen,
- Anwendungstemperaturbereich von -50°C bis 100°C und je nach Anwendungsvorgaben bis 150°C

Werden vom Anwender keine spezifischen Vorgaben gemacht (Regelfall) gelten für die Beschichtung folgende Kriterien:

- Lage der Beschichtung in einem Bereich $1,5 d \pm 2 P$ (P = Gewindesteigung)
- gemessen vom Schraubenende
- die ersten zwei bis drei Gewindgänge sind frei von Beschichtung, um das Einschrauben zu erleichtern (siehe Bild)
- Beschichtungsrückstände auf den ersten Gewindgängen sind zulässig, dürfen aber die Funktion beziehungsweise Verwendung nicht beeinträchtigen

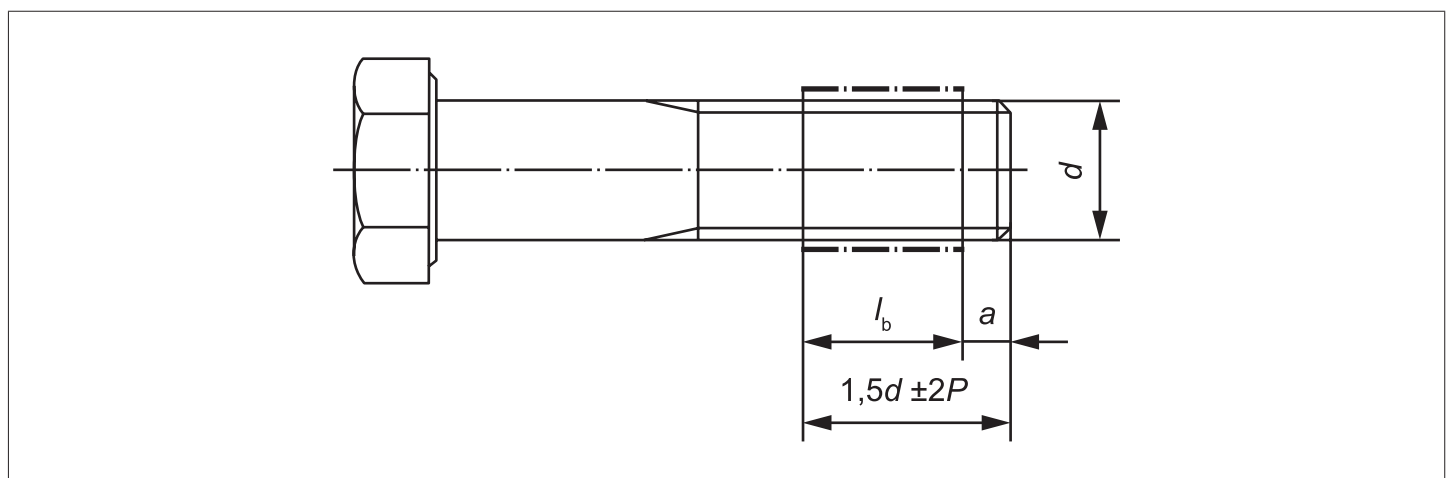


Bild 3: Lage der Beschichtung

Bei Einschraub­längen (Gewindeüberdeckung) über 1 d und Festigkeitsklassen unter 8.8 oder bei Schrauben mit Köpfen mit reduzierter Tragfähigkeit muss die Beschichtungslänge in Abhängigkeit der Festigkeitsklasse und der Anwendung festgelegt werden, um die Lösbarkeit der Verbindung sicherzustellen. Die richtige Beschichtungslänge und -lage ist gegebenenfalls durch Versuche zu ermitteln.

Bei Verschraubungen mit Muttern sind Beschichtungslänge und -lage so festzulegen, dass das Muttergewinde nach der Montage vollständig im Bereich der Beschichtung liegt.

Besondere Anforderungen an die Rauheit des Muttergewindes werden nicht gestellt, es muss jedoch frei von schwer entfernbaren Schmierstoffen, z. B. Silicon oder Molybdändisulfid, sein. Außerdem müssen die Muttern grat- und spanfrei sein. Muttern und Gewindebohrungen ohne Senkung des Gewindes dürfen nicht mit Schrauben, die mit einer klebenden Beschichtung versehen sind, verschraubt werden.

Sollten aus funktionalen Gründen öl- und fettfreie Gewinde nicht realisiert werden können, sind geringere Losbrechdrehmomente zu erwarten.

Bei klebenden Beschichtungen müssen die Verschraubung und gegebenenfalls die Prüfung des Anziehdrehmomentes innerhalb von 5 min abgeschlossen sein, da danach die Aushärtung des Klebstoffes schon zu weit fortgeschritten ist. Werden andere Bedingungen gefordert, so sind diese besonders zu vereinbaren. Bei Temperaturen unter 10 °C kann es zu einer verzögerten Aushärtung kommen. Bei Temperaturen unter 0 °C findet bei den meisten mikroverkapselten Klebstoffen keine Aushärtung statt.

Schlitzschrauben und Schrauben mit Innenantrieb mit niedrigem Kopf und einer Festigkeitsklasse kleiner 8.8 und Schrauben mit Köpfen mit reduzierter Tragfähigkeit, sind nach dem Aushärten des Klebstoffes unter Umständen nicht mehr lösbar.

Schrauben mit mikroverkapselten-Beschichtung sind nur für eine einmalige Verwendung vorgesehen. Wird eine solche Schraubenverbindung gelöst, dann ist beim Wiederverschrauben eine neue MK-beschichtete Schraube zu verwenden. Es ist eine neue Mutter zu verwenden oder das Innengewinde mit einem geeigneten Werkzeug (z.B. Gewindebohrer) von Klebstoffresten zu reinigen.

7.4 Auswahlkriterien für chemische Losdrehsicherungen

Bei der Auswahl einer mikroverkapselten Vorbeschichtung müssen die bei der jeweiligen Anwendung vorherrschenden Rahmenbedingungen beachtet werden. Dazu gehören beispielsweise:

- Der Mutterwerkstoff
- Die Oberflächenbeschichtung der Schraube
- Notwendige Reibungszahlfenster
- Umgebungstemperaturen

Ein Aspekt, der bei der Auswahl einer chemischen Losdrehsicherung auch betrachtet werden sollte, ist die benötigte Stückzahl bzw. die Prozesssicherheit.

Für kleinere Stückzahlen sowie Anwendungen auf Baustellen oder im Bereich der Instandsetzung werden häufig anaerobe Schraubensicherungen verwendet.

7.4.1 Mikroverkapselung: Auswahlkriterien Werkstoff und Oberflächenbeschichtung

Produkte	Werkstoffe						Oberflächenbeschichtungen								
	Stahl	Rostfreier Stahl	Aluminium und Al-Legierungen	Messing	Kupfer	Kunststoffe	Phosphatiert Ölfrei oder Entfettet	Stahl blank	Zink, farblos/blau passiviert	Zink, Dickschichtpassiviert (ZSM)	Zink, Dickschichtpassiviert + versiegelt mit Gleitzusatz (ZSML)	Zinklamelle mit integriertem oder zusätzlich aufgebrachtem Schmierstoff (ZFSHL)	Zinklamelle ohne integriertem oder zusätzlich aufgebrachtem Schmierstoff (ZFSH)	KTL Beschichtung	
Precote 30 gelb	1	1	1	1	1	3-5	1	1	1	1	2-4	2-4	1	1	
Precote 85 türkis	1	1	1	1	1	3-5	1	1	1	1	2-4	2-4	1	1	
Precote 86 blau	1	1	1	1	1	3-5	1	1	1	1	2-4	2-4	1	1	
Precote 87 rotbraun	1	1	1	1	1	3-5	1	1	1	1	2-4	2-4	1	1	
3 M Scotch-Grip 2353 blau	1	1	1	1	1	1-2	1	1	1	1	2-4	2-4	1	1	
3 M Scotch-Grip 2510 orange	1	1	1	1	1	1-2	1	1	1	1	2-4	2-4	1	1	
Loctite Dri-Loc 2010	1	1	1	V	V	V	1	1	1	1	2-3	3	1	1	
Loctite Dri-Loc 2040	1	1	1	1	1	V	1	1	1	1	2-3	2	1	1	
Loctite Dri-Loc 2045	1	1	1	1	1	V	1	1	1	1	2	2	1	1	
Loctite Dri-Loc 211	1	1	1	1	1	V	1	1	1	1	3	2	1	1	
Precote 80 rot	1	1	1	1	1	3-5	1	1	1	1	2-4	2-4	1	1	
Precote 83 rot	1	1	1	1	1	3-5	1	1	1	1	2-4	2-4	1	1	

1 = sehr gut; 2 = gut; 3 = befriedigend; 4 = ausreichend; 5 = mangelhaft; 6 = ungenügend; k = keine Angaben

Tabelle 13: Auswahlkriterien Werkstoff und Oberflächenbeschichtung

7.4.2 Mikroverkapselung: Auswahlkriterien Schmierung und Beständigkeiten

Produkte	Schmierung						Beständigkeit im verschraubten Zustand								
	Torque'n Tension vor der Beschichtung je nach Produktkonzentration	Torque'n Tension nach der Beschichtung	Gleitlacke vor der Beschichtung	Gleitlacke nach der Beschichtung	Wachs vor der Beschichtung	Wachs nach der Beschichtung	Temperaturbeständigkeit verspannt	schwache Säuren pH > 4 bei RT	Laugen pH < 11 bei RT	Frostschutzmittel	Öle	Lösungsmittel	Benzine	Wasser	
Precote 30 gelb	2-4	1	2-4	2	2-4	1	-50-150°C	1	1	1	1	1	1	1	
Precote 85 türkis	2-4	1	2-4	2	2-4	1	-50-170°C	1	1	1	1	1	1	1	
Precote 86 blau	2-4	1	2-4	2	2-4	1	-50-170°C	1	1	1	1	1	1	1	
Precote 87 rotbraun	2-4	1	2-4	2	2-4	1	-50-170°C	1	1	1	1	1	1	1	
3 M Scotch-Grip 2353 blau	2-4	6	2-4	2-4	2-4	6	-50-110°C	1	1	1	1	1	1	1	
3 M Scotch-Grip 2510 orange	2-4	6	2-4	2-4	2-4	6	-50-140°C	1	1	1	1	1	1	1	
Loctite Dri-Loc 2010	3	4-6	2-4	2-4	6	6	-55-200°C	1	1	1	1	1	1	1	

Produkte	Schmierung						Beständigkeit im verschraubten Zustand							
	3	4-6	2-4	2-4	6	6	-55-150°C	1	1	2	2	2	1	1
Loctite Dri-Loc 2040	3	4-6	2-4	2-4	6	6	-55-150°C	1	1	2	2	2	1	1
Loctite Dri-Loc 2045	2	4-6	2-4	2-4	6	6	-55-180°C	1	1	1	1	1	1	1
Loctite Dri-Loc 211	2	4-6	2-4	2-4	6	6	-55-150°C	1	1	1	1	1	1	1
Precote 80 rot	2-4	1	2-4	2	2-4	1	-50-170°C	1	1	1	1	1	1	1
Precote 83 rot	2-4	1	2-4	2	2-4	1	-50-170°C	1	1	1	1	1	1	1

1 = sehr gut; 2 = gut; 3 = befriedigend; 4 = ausreichend; 5 = mangelhaft; 6 = ungenügend; k = keine Angaben

Tabelle 14: Auswahlkriterien Schmierung und Beständigkeit

7.4.3 Mikroverkapslung: Verarbeitungshinweise chemischer Losdreh Sicherungen

Produkte	Verarbeitungshinweise														
	DVGW Freigabe DIN 30600 (Trinkwasser)	Losbrech- oder Losdrehmomente	Wiederverwendbarkeit	Abmessungsbereich	Industrie-Freigaben	Dichtend	Entspricht DIN 267 Teil 28	Einschraubgewinde Öl u. Fettfrei	Verarbeitungszeitraum nach dem Einschrauben	Mindesttemperatur für Aushärtung	Gewindereibungszahl	Lagerbeständigkeit bei RT. Nach DIN 50014	Aushärtezeit	Feuchtigkeitsempfindlichkeit bei Lagerung	Nachhärtung durch Wärme ab 70 °C
Precote 85 türkis	nein	hoch	nein	M4-M60		1	ja	ja	max 10 Min	-20°C	0,10-0,15	4 Jahre	6 Std	nein	nein
3 M Scotch-Grip 2353 blau	nein	hoch	nein	M2-M60		1	ja	ja	max. 15 Min	+5°C	0,10-0,16	4 Jahre	8 Std	ja	bis 200%
3 M Scotch-Grip 2510 orange	nein	hoch	nein	M2-M60		1	ja	ja	max. 15 Min	+5°C	0,10-0,16	4 Jahre	72 Std	ja	bis 200%
Loctite Dri-Loc 2010	nein	mittel	nein	M2-M60		1	ja		max. 3 Min	+5°C	k	1 Jahr	6 Std	nein	bis 100%
Loctite Dri-Loc 2040	nein	hoch	nein	M2-M60		1	ja		max. 1 Min	+4°C	k	1 Jahr	48 Std	nein	bis 20%
Loctite Dri-Loc 2045	nein	hoch	nein	M2-M60		1	ja		max. 1 Min	+5°C	k	1 Jahr	6 Std	nein	bis 25%
Loctite Dri-Loc 211	nein	hoch	nein	bis M16		1	ja		max. 15 Min	+5°C	k	1 Jahr	12 Std	nein	nein
Precote 80 rot	nein	hoch	nein	M4-M60	Ford, Opel, VW, Audi, BMW, Porsche, Bosch, Renault	1	ja		max 10 Min	-20°C	0,25-0,28	4 Jahre	6 Std	nein	nein
Precote 83 rot	nein	hoch	nein	M4-M60		1	ja		max 3 Min	-20°C	0,25-0,28	4 Jahre	2 Std	nein	nein

1 = sehr gut; 2 = gut; 3 = befriedigend; 4 = ausreichend; 5 = mangelhaft; 6 = ungenügend; k = keine Angaben

Tabelle 15: Verarbeitungshinweise chemische Losdreh Sicherungen

CONNECT

BAND V

Sichern von geschraubten Verbindungen

Adolf Würth GmbH & Co. KG
74650 Künzelsau
T +49 7940 15-0
F +49 7940 15-1000
info@wuerth.de
www.wuerth.de

© by Adolf Würth GmbH & Co. KG
Printed in Germany
Alle Rechte vorbehalten
Verantwortlich für den Inhalt:
Abt. PCV/Frank Puchler
Redaktion: Abt. GMV/Joachim Hellmann

Nachdruck nur mit Genehmigung
SBRO040792-GMV-SF-CO-13,9'-02/18

Wir behalten uns das Recht vor, Produktveränderungen, die aus unserer Sicht einer Qualitätsverbesserung dienen, auch ohne Vorankündigung oder Mitteilung jederzeit durchzuführen. Abbildungen können Beispielabbildungen sein, die im Erscheinungsbild von der gelieferten Ware abweichen können. Irrtümer behalten wir uns vor, für Druckfehler übernehmen wir keine Haftung. Es gelten die allgemeinen Geschäftsbedingungen.