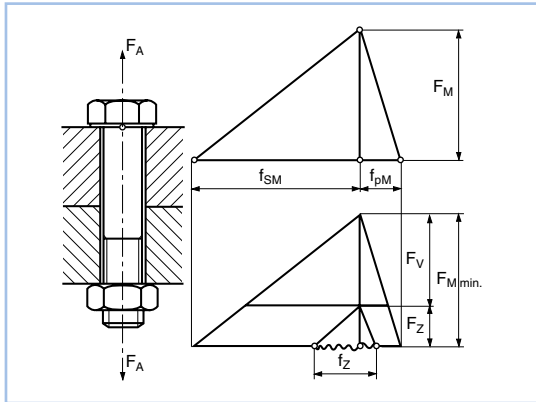


**Zusammenstellung der konstruktiven Massnahmen zum Sichern von Schraubenverbindungen**

Beim Sichern von Schraubenverbindungen unterscheidet man grundsätzlich zwei Arten: Lockern und Losdrehen.

**Lockern**

Bei axial belasteten Schraubenverbindungen, die richtig vorgespannt sind, tritt ein Lockern dann ein, wenn infolge von Setzerscheinungen oder durch eine plastische Dehnung bei zu hohen Betriebskräften  $F_A$  die Vorspannkraft bleibend vermindert wird.



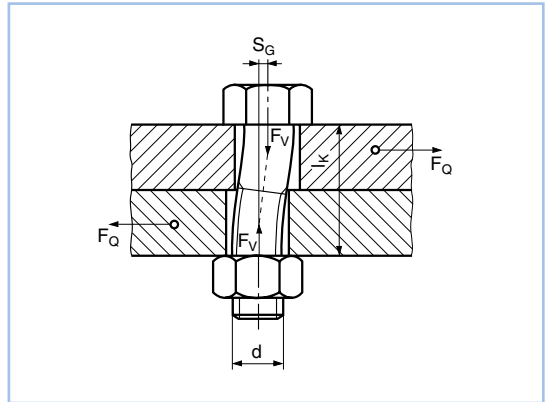
- $F_M$  = Montagevorspannkraft
- $f_{SM}$  = Verlängerung der Schraube durch  $F_M$
- $f_{PM}$  = Verkürzung der verspannten Teile durch  $F_M$
- $F_V$  = erforderliche Vorspannkraft
- $F_Z$  = Anteil der Montagevorspannkraft, die durch Setzen verloren geht
- $f_Z$  = Setzbetrag, der beim Setzen durch plastische Verformung entsteht
- $F_A$  = Axiale Betriebskraft
- $F_{Mmin} = F_V + F_Z$

Folgende Sicherungsmöglichkeiten gegen Lockern bieten sich an:

Massnahmen	Wirkung
Saubere, glatte Trennfläche Wenig Trennfugen Keine weichen plastischen verformbaren Klemmelemente	Reduktion der Setzmöglichkeiten
Lange Schrauben ( $l_k \geq 5 \cdot d$ ) Dehnschrauben Dehnhülsen	Hohe Elastizität Minimale Vorspannkraftverluste durch Setzen Höhere Dauerhaltbarkeit
Verbindungselemente mit Flansch	Grössere Auflagefläche verhindert das Überschreiten der zulässigen Grenzflächenpressung Grössere Toleranz für Bohrloch-Ø
Spezialscheiben mit Härte 200 HV	Gleiche Vorteile wie oben Einsatz bis Festigkeitsklasse 8.8

**Losdrehen**

Schrauben, die unter dynamischer Beanspruchung durch Querkräfte  $F_Q$  senkrecht zur Schraubenachse stehen, drehen sich selbsttätig los, wenn eine ungenügende Vorspannkraft (zu schwache Dimensionierung, Montagefehler, Lockern) Gleitbewegungen zulässt. Dadurch geht der Reibschluss in der Kopfbzw. Mutternauflage sowie im Gewinde verloren.



- $F_V$  = Vorspannkraft
- $F_Q$  = Querkraft
- $l_k$  = Klemmlänge
- $S_G$  = Verschiebung der Klemmteile
- $d$  = Nenndurchmesser

Folgende Sicherungsmöglichkeiten gegen Losdrehen bieten sich an:

Massnahmen	Wirkung
Grösserer Schrauben-Ø Höhere Festigkeitsklassen	Höhere Vorspannkraft, dadurch erschwerte Relativbewegungen (Reibschluss)
Pass-Schultererschrauben Zylinder- oder Spannsteife	Verhinderung der Relativbewegungen zwischen den verspannten Teilen (Formschluss)
Lange Schrauben ( $l_k \geq 5 \cdot d$ ) Dehnschrauben Dehnhülsen	Elastische Verbindungen mit Kompensationsvermögen
Rippen-Schrauben oder Rippen-Scheiben	Rollierender Effekt führt zur Verdichtung der Oberfläche mit Einbetten der Rippen

**Zusammenstellung zusätzlicher Sicherungsmöglichkeiten gegen das Lockern oder Losdrehen von Schraubenverbindungen und Verliersicherungen**

**! Hinweis**

Die in der folgenden Tabelle aufgeführte Sicherungswirkung bezüglich Lockern, Losdrehen und/oder Verlust basiert ausschliesslich auf Erfahrungen aus der Praxis. Es ist in der Verantwortung des Anwenders, die verschiedenen Elemente und Methoden in genauer Kenntnis des spezifischen Einsatzfalles zu überprüfen.

Elementbezeichnungen/Normen	Sicherheit gegen										Bemerkungen	
	Lockern bis					Losdrehen bis						Verlust
	div.	5.6	8.8	10.9	12.9	div.	5.6	8.8	10.9	12.9		
Schrauben und Muttern mit geripptem Flansch (VERBUS RIPP®)				○					●			Erhöhtes Losdrehmoment durch gerippten Flansch bei ungehärteten Bauteilen
Schrauben und Muttern mit Sperrzähnen (VERBUS TENSILOCK®)								●				Gezahnte Flanschfläche verhindert Losdrehen bei ungehärteten Bauteilen
Sperrzahnschrauben mit Flansch (ecosyn®-grip)			○					●				Erhöhtes Losdrehmoment durch gerippten Flansch bei ungehärteten Bauteilen
Schrauben mit konkavem Telleransatz (ecosyn®-fix)		●					●					Erhöhtes Losdrehmoment durch grossen konkaven Teller
Precote® Typ 30/80/85, Scotch-Grip® 2353, Loctite®, DELO®, Three Bond®						●	●	●	●	●		● Chemische Sicherungsmittel heben das Gewindenspiel auf und dichten ab
Schrauben mit Polyamid-Beschichtung Tuflok®												● Verliersicherung durch klemmendes Gewinde, max. 120 °C
Gewindefurchende Schrauben für Metalle DIN 7500 (ecosyn®-IMX)	●					●						● Gesamtsicherheit durch gefurchten, spielfreien Gewindegewinde
Gewindefurchende Schrauben für Thermoplaste ecosyn®-plast, PT® und DELTA PT®	●					●						● Gesamtsicherheit durch gefurchten, spielfreien Gewindegewinde
Kombi-Sechskantmutter mit drehbaren, unverlierbaren Scheiben (ecosyn®-SEF)			●					●				● Betriebs sichere Verschraubung vereint eine selbstsichernde Mutter Spiralock® mit einer integrierten Spannscheibe und Unterlegscheibe
Sicherungsmutter mit Klemmteil – Ganzmetall (ISO 7042, DIN 980, etc.) und nichtmetallischem Einsatz (DIN 982, DIN 985, DIN 6924, DIN 6926, etc.)								●				● Verliersicherung durch Polyamid-Klemmteil bis max. 120° C.; Verliersicherung durch metallisches Klemmprinzip für höhere Betriebsbelastungen
Dichtmutter mit Klemmteil (Seal-Lok®) etc.												● Verliersicherung und Abdichtung durch Polyamid-Klemmteil, max. 120 °C
Kronenmutter DIN 935 etc.						●	●	●				● Splint verhindert Verlust, beschränktes Losdrehen ist möglich
Sechskantmutter mit Federscheibe (BN 80175, BN 1365)			●									Integrierte federnde Scheibe kompensiert Einsetzen
Sechskantmutter mit Zahnscheibe (BN 1364)								○				Erhöhtes Losdrehmoment durch integrierte, drehbare Zahnscheibe
Flanscmutter/ Flanschschrauben (EN1661/EN1662/EN1665)			○					○				reduzierte Flächenpressung mit grösserer Reibfläche
Federringe DIN 127/128/7980 etc.		●						○				Federnd, leichte Erhöhung des Losdrehmomentes
Fächer- und Zahnscheiben DIN 6798/6797 etc.								●				Hohes Losdrehmoment auf weicher Auflagefläche
Rip-Lock™ Profilierte Spannscheiben			●	○				●	○			Federnde, profilierte Universalscheibe, erhöhtes Losdrehmoment bei ungehärteten Bauteilen
Rippenscheiben (beidseitig Rippen)			○					●	○			Federnde beidseitig porfilerte Scheibe mit erhöhtem Losdrehmoment bei ungehärteten Bauteilen
Rippenscheiben SCHNORR VS									●			
Spannscheiben DIN 6796 etc.			●	●								Hohe Anpresskräfte mit entsprechenden Federeigenschaften

Sicherungswirkung: ● sehr gut ● gut ○ mässig

Elementbezeichnungen/Normen	Sicherheit gegen										Verlust	Bemerkungen
	Lockern bis					Losdrehen bis						
	div.	5.6	8.8	10.9	12.9	div.	5.6	8.8	10.9	12.9		
NORD-LOCK® Schraubensicherungssystem								●	●	●		Das NORD-LOCK®-Schraubensicherungssystem nutzt die unterschiedlichen Winkelverhältnisse zwischen den Keilflächen und dem Schraubengewinde für das wirksame Sichern von Schraubenverbindungen in kritischen Applikationen, verhindert das Losdrehen bei Schwingungsbeanspruchung und dynamischer Belastung.

Sicherungswirkung: ● sehr gut ● gut ○ mässig

### Praxiserfahrung mit Schrauben, die gesichert werden sollten

Klemmlänge $L_k$ Gewinde-Ø $d$	Beanspruchung			
	statisch		dynamisch	
	in Achsrichtung	quer zur Achse	in Achsrichtung	quer zur Achse
Kurz $L_k < 2 d$	keine Sicherung notwendig	Sicherung abklären	Sicherung abklären	Sicherung erforderlich
Mittel $5 d > L_k \geq 2 d$	keine Sicherung notwendig	keine Sicherung notwendig	je nach Randbedingung Sicherung abklären	Sicherung erforderlich
Lang $L_k \geq 5 d$	keine Sicherung notwendig	keine Sicherung notwendig	keine Sicherung notwendig	je nach Randbedingung Sicherung abklären