

DIN 267-27

**DIN**

ICS 21.060.10

Ersatz für  
DIN 267-27:2004-01**Mechanische Verbindungselemente –  
Teil 27: Schrauben aus Stahl mit klebender Beschichtung, Technische  
Lieferbedingungen**

Fasteners –

Part 27: Steel screws, bolts and studs with adhesive coating, Technical specifications

Éléments de fixation –

Partie 27: Vis, boulons et goujons en acier avec revêtement adhésif, Specifications  
techniques

Gesamtumfang 18 Seiten

Normenausschuss Mechanische Verbindungselemente (FMV) im DIN



# Inhalt

	Seite
<b>Vorwort</b> .....	<b>3</b>
<b>1 Anwendungsbereich</b> .....	<b>4</b>
<b>2 Normative Verweisungen</b> .....	<b>4</b>
<b>3 Begriffe</b> .....	<b>5</b>
<b>4 Maße und Bezeichnung</b> .....	<b>6</b>
<b>5 Anforderungen</b> .....	<b>8</b>
<b>6 Prüfungsdurchführung</b> .....	<b>11</b>
<b>7 Zusatzfunktionen</b> .....	<b>14</b>
<b>8 Lieferart</b> .....	<b>15</b>
<b>9 Lagerbeständigkeit</b> .....	<b>15</b>
<b>Anhang A (informativ) Hinweise für die Systemprüfung</b> .....	<b>16</b>
<b>Literaturhinweise</b> .....	<b>18</b>

## Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Normenausschuss Mechanische Verbindungselemente (FMV), Arbeitsausschuss NA 067-02-08 AA „Schrauben und Muttern mit klebenden und klemmenden Beschichtungen“ erarbeitet.

## Änderungen

Gegenüber DIN 267-27:2004-01 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Erweiterung des Anwendungsbereiches bis M3 und auf nichtrostende und warmfeste Stähle;
- b) blanke und beschichtete Oberflächen im Anwendungsbereich ergänzt;
- c) normativen Verweisungen überarbeitet und aktualisiert;
- d) Anpassung der Verhältnisse  $M_{LB}/M_A$ ;
- e) Höhe der Prüfdrehmomente in Tabelle 2 reduziert;
- f) Aufnahme einer Eignungsprüfung von MK-Beschichtungen mit definierter Prüfschraube M10;
- g) Systemprüfung aufgenommen;
- h) Überarbeitung von 7.2;
- i) Aufnahme des Anhanges A (informativ) zur Erläuterung der Sicherungsfunktion von MK-Beschichtungen bei Oberflächen mit integriertem und/oder zusätzlich aufgebrachtem Schmierstoff sowie Aufnahme einer Vergleichsprüfung für  $M_{LB}/M_A$ .

## Frühere Ausgaben

DIN 267-27: 1990-03, 2004-01

## **1 Anwendungsbereich**

Diese Norm legt funktionelle Eigenschaften von MK-Beschichtungen auf Schrauben aus Stahl, mit

- metrischem ISO-Gewinde nach DIN ISO 261,
- Gewinde-Nenn Durchmesser von 3 mm bis 39 mm (Regelgewinde),
- Gewinde-Nenn Durchmesser 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  $-50\text{ °C}$  bis  $100\text{ °C}$  und je nach Anwendungsvorgaben bis  $150\text{ °C}$

fest.

Diese Norm legt eine Eignungsprüfung von MK-Beschichtungen auf einer festgelegten Prüfschraube sowie eine Systemprüfung von Schrauben mit MK-Beschichtungen bei Raumtemperatur und bei höheren Temperaturen fest. Bei Schrauben mit Oberflächen mit integriertem und/oder zusätzlich aufgebrachtem Schmierstoff gilt die Systemprüfung nur für Raumtemperatur.

Hinweise für die Systemprüfung von Schrauben mit Oberflächen mit integriertem und/oder zusätzlich aufgebrachtem Schmierstoff bei höheren Temperaturen sind in Anhang A (informativ) enthalten.

## **2 Normative Verweisungen**

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 267-13, *Mechanische Verbindungselemente — Technische Lieferbedingungen — Teil 13: Teile für Schraubenverbindungen mit besonderen mechanischen Eigenschaften zum Einsatz bei Temperaturen von  $-200\text{ °C}$  bis  $+700\text{ °C}$*

DIN EN 20273, *Mechanische Verbindungselemente — Durchgangslöcher für Schrauben*

DIN EN ISO 898-1, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl — Teil 1: Schrauben*

DIN EN ISO 3269, *Mechanische Verbindungselemente — Annahmeprüfung*

DIN EN ISO 3506-1, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus nichtrostenden Stählen — Teil 1: Schrauben*

DIN EN ISO 4032, *Sechskantmuttern, Typ 1 — Produktklassen A und B*

DIN EN ISO 4753, *Verbindungselemente — Enden von Teilen mit metrischem ISO-Außengewinde*

DIN EN ISO 7089, *Flache Scheiben — Normale Reihe — Produktklasse A*

DIN EN ISO 8673, *Sechskantmuttern, Typ 1, mit metrischem Feingewinde — Produktklassen A und B*

DIN EN ISO 16047, *Verbindungselemente — Drehmoment/Vorspannkraft-Versuch*

DIN ISO 261, *Metrisches ISO-Gewinde allgemeiner Anwendung — Übersicht*

ISO 4017, *Hexagon head screws - Product grades A and B*

### 3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

#### 3.1

##### **klebende Beschichtung**

Rundumbeschichtung aus mikroverkapseltem Klebstoff (MK), der durch das Einschrauben aktiviert wird und nach Aushärten einem selbsttätigen Losdrehen entgegenwirkt

#### 3.2

##### **Eignungsprüfung**

Prüfung zur Zuordnung einer MK-Beschichtung bezüglich Gewindereibungszahl, des Temperatureinsatzbereiches und der Beständigkeit gegenüber Medien sowie gegenüber der Langzeitemperatureinwirkung mit einer Prüfschraube und einer Prüfmutter

#### 3.3

##### **Systemprüfung**

Prüfung einer MK-Beschichtung auf einer vorgegebenen Oberfläche

#### 3.4

##### **Einschraubdrehmoment**

$M_{\text{Ein}}$

beim Einschrauben einer Schraube in eine Prüfmutter gemessenes Drehmoment

#### 3.5

##### **Anziehdrehmoment**

$M_{\text{A}}$

zum Erzeugen der Vorspannkraft erforderliches Drehmoment

#### 3.6

##### **Losbrechdrehmoment**

$M_{\text{LB}}$

in Losdrehrichtung bei der ersten Relativbewegung zwischen Prüfmutter und Schraube bei einer verklebten Schraubenverbindung mit oder ohne Vorspannung gemessenes Drehmoment

#### 3.7

##### **Losdrehmoment**

$M_{\text{L}}$

in Losdrehrichtung bei der ersten Relativbewegung zwischen Prüfmutter und Schraube bei einer nicht verklebten Schraubenverbindung mit Vorspannung gemessenes Drehmoment

#### 3.8

##### **Ausschraubdrehmoment**

$M_{\text{Aus}}$

beim Ausschrauben einer mit einer klebenden Beschichtung versehenen Schraube nach dem Losbrechen gemessenes maximales Drehmoment

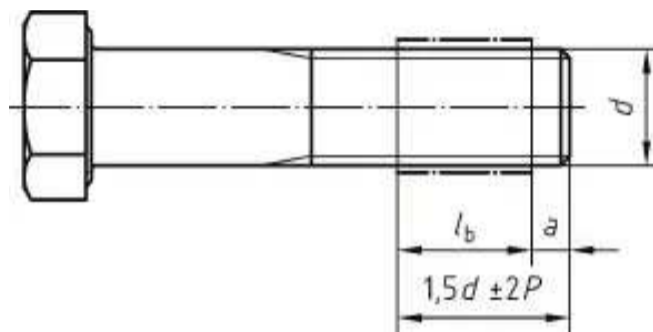
## 4 Maße und Bezeichnung

### 4.1 Beschichtung im Regelfall

Falls nichts anderes angegeben wird, muss die Beschichtung in einem Bereich mit der Länge

$$1,5 d \pm 2 P$$

gemessen vom Schraubenende liegen, wobei jedoch die ersten zwei bis drei Gewindegänge frei von Beschichtung sind, um das Einschrauben zu erleichtern (siehe Bild 1). Beanstandungen dürfen nur erhoben werden, wenn festgestellte Beschichtungsrückstände die vorgesehene Funktion und/oder Verwendung beeinträchtigen (nach DIN EN ISO 3269).



#### Legende

- $l$  Länge der Beschichtung
- $d$  Gewinde-Nenndurchmesser
- $a$  2 bis 3 Gewindegänge frei von Beschichtung
- $P$  Gewindesteigung

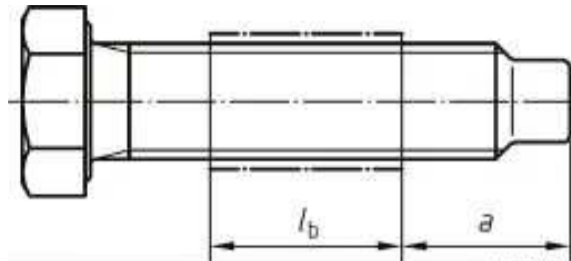
**Bild 1 — Länge und Lage der Beschichtung im Regelfall**

### 4.2 Beschichtungen mit besonderer Länge und/oder Lage

Bei Einschraubängen (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.

Ist aus konstruktiven Gründen eine andere Länge  $l_b$  und/oder Lage  $a$  der Beschichtung (siehe Bild 2) erforderlich, so sind beide Maße nach 4.3 in der Bezeichnung anzugeben (siehe Beispiel 2 in 4.3). Für das Maß  $l_b$  gelten die Grenzabmaße  $\pm 2 P$ .



### Legende

- $l_b$  Länge der Beschichtung  
 $a$  Abstand der Beschichtung vom Schraubenende

**Bild 2 — Beschichtungen mit besonderer Länge und Lage**

### 4.3 Bezeichnung

Die Bezeichnung einer Schraube mit einer klebenden Beschichtung nach dieser Norm wird gebildet, indem an die Norm-Bezeichnung der zu beschichtenden Schraube folgende Merkmale in folgender Reihenfolge angehängt werden:

- MK für die Beschichtung ohne besondere Anforderungen an die Gewindereibungszahl oder
- MKL für die Beschichtung mit eingestellter Gewindereibungszahl oder
- Anwendungstemperatur, wenn Einsatz bis 150 °C möglich ist;
- $l_b$  (Beschichtungslänge)  $\times$   $a$  (Abstand der Beschichtung vom Schraubenende) in Millimeter, falls erforderlich.

### Bezeichnungsbeispiele

BEISPIEL 1 Bezeichnung einer Schraube aus Stahl mit Gewinde M12, Nennlänge  $l = 80$  mm, Festigkeitsklasse 8.8, mit klebender Beschichtung ohne besondere Anforderungen an die Gewindereibungszahl (MK):

**Schraube ...<sup>1)</sup> — M12  $\times$  80 — 8.8 — MK**

BEISPIEL 2 Bezeichnung einer Schraube aus Stahl mit Gewinde M12, Nennlänge  $l = 80$  mm, mit langem Zapfen (LD) nach DIN EN ISO 4753, Festigkeitsklasse 8.8, mit klebender Beschichtung und eingestellter Gewindereibungszahlspanne (MKL), Beschichtungslänge  $l_b = 30$  mm, Abstand der Beschichtung  $a = 10$  mm vom Ende der Schraube (30  $\times$  10):

**Schraube ...<sup>1)</sup> — M12  $\times$  80 — LD — 8.8 — MKL — 30  $\times$  10**

BEISPIEL 3 Bezeichnung einer Schraube aus Stahl mit Gewinde M12, Nennlänge  $l = 80$  mm, mit langem Zapfen (LD) nach DIN EN ISO 4753, Festigkeitsklasse 8.8, mit klebender Beschichtung und eingestellter Gewindereibungszahlspanne (MKL), Einsatztemperatur bis 150 °C, Beschichtungslänge  $l_b = 30$  mm, Abstand der Beschichtung  $a = 10$  mm vom Ende der Schraube (30  $\times$  10):

**Schraube ...<sup>1)</sup> — M12  $\times$  80 — LD — 8.8 — MKL — 150 — 30  $\times$  10**

1) Hier die zutreffende Produktnorm einsetzen.

## 5 Anforderungen

### 5.1 Allgemeines

Diese Norm legt eine Eignungsprüfung zur Einteilung der MK-Beschichtungen und eine Systemprüfung zur Ermittlung der Funktionseigenschaften von MK-Beschichtungen auf den jeweiligen Schraubenoberflächen fest. Gleichzeitig dient die Systemprüfung als serienbegleitende Prüfung.

#### 5.1.1 Eignungsprüfung

Für die Eignungsprüfung sind die Anforderungen nach 5.2.1, 5.2.2, 5.3, 5.4 und 5.5 zu erfüllen. Für die Durchführung der Eignungsprüfung ist der MK-Beschichtungsstoffhersteller verantwortlich.

#### 5.1.2 Systemprüfung

Als serienbegleitende Prüfung sind die Prüfungen nach 6.2.1 und 6.2.2 zugelassen. Im Schiedsfall gilt die Prüfung nach 6.2.1. Für die Durchführung der Systemprüfung ist der MK-Beschichter verantwortlich.

##### 5.1.2.1 Ungeschmierte Oberflächen

Für die Systemprüfung sind die Anforderungen nach 5.2.1 und 5.2.2 bei Raumtemperatur ( $23 \pm 5$ ) °C und bei 100 °C oder nach Anforderung bei 150 °C auf Oberflächen ohne integrierten und/oder zusätzlich aufgetragenen Schmierstoff zu erfüllen.

##### 5.1.2.2 Geschmierte Oberflächen

Bei Oberflächen mit integriertem und/oder zusätzlich aufgetragenen Schmierstoff müssen die Anforderungen nach 5.2.1 und 5.2.2 bei Raumtemperatur ( $23 \pm 5$ ) °C erfüllt werden. Bei höheren Temperaturen können diese Werte unterschritten werden. Die zusätzliche Sicherungswirkung des Klebstoffes ist entsprechend 6.2.1 in einer vergleichenden Prüfung nachzuweisen. Die Werte der MK-beschichteten Schrauben müssen größer sein als die Werte mit unbeschichteten Schrauben (Erläuterungen hierzu siehe Anhang A).

Werden die Anforderungen bei Raumtemperatur nicht erfüllt, ist das System nicht geeignet.

## 5.2 Prüf-Anziehdrehmomente, Prüfdrehmomentverhältnisse und Prüfdrehmomente

### 5.2.1 Prüfung mit Vorspannung

Bei der Prüfung mit Vorspannung nach 6.2.1 müssen die Schrauben die Grenzwerte der Prüfdrehmomente in Tabelle 1 bei Raumtemperatur ( $23 \pm 5$ ) °C, 100 °C und, je nach Anwendungsvorgabe, bei 150 °C erfüllen. Die Einschraubdrehmomente in Tabelle 2 dürfen nicht überschritten werden.



**Tabelle 1 — Prüfdrehmomente und Prüfdrehmomentverhältnisse bei Raumtemperatur, 100 °C und 150 °C (mit Vorspannung)**

Gewinde		Prüf-Anziedrehmoment $M_A^{a, b}$			$M_{LB} \geq 0,9 \cdot M_A$			$M_{Aus}$ Nm max.
		Nm			Nm			
		5.6	5.8	8.8 10.9 12.9	5.6	5.8	8.8 10.9 12.9	
<b>M3</b>		0,6	1,2	0,54	1,1	1,5		
<b>M4</b>		1,3	2,8	1,2	2,5	3,0		
<b>M5</b>		2,6	5,5	2,3	5,0	6,5		
<b>M6</b>		4,5	9,5	4,1	8,6	10		
<b>M8</b>	<b>M8 × 1</b>	11	23	9,9	20,7	26		
<b>M10</b>	<b>M10 × 1,25</b>	22	46	19,8	41,4	55		
<b>M12</b>	<b>M12 × 1,25, M12 × 1,5</b>	38	79	34,2	71,1	95		
<b>M14</b>	<b>M14 × 1,5</b>	60	125	54	112,5	160		
<b>M16</b>	<b>M16 × 1,5</b>	90	195	81	175,5	250		
<b>M18</b>	<b>M18 × 1,5, M18 × 2</b>	128	280	115	252	335		
<b>M20</b>	<b>M20 × 1,5, M20 × 2</b>	176	390	158	351	500		
<b>M22</b>	<b>M22 × 1,5, M22 × 2</b>	240	530	216	477	800		
<b>M24</b>	<b>M24 × 2</b>	310	670	279	603	1 050		
<b>M27</b>	<b>M27 × 2</b>	460	1 000	414	900	1 300		
<b>M30</b>	<b>M30 × 2</b>	620	1 350	558	1 215	1 700		
<b>M33</b>	<b>M33 × 2</b>	825	1 850	742	1 665	2 400		
<b>M36</b>	<b>M36 × 3</b>	1 100	2 350	990	2 115	3 000		
<b>M39</b>	<b>M39 × 3</b>	1 400	3 000	1 260	2 700	4 000		

**ANMERKUNG** Bei Überdeckungsängen < 0,8  $d$  dürfen die Losbrechdrehmomente kleiner sein.

<sup>a</sup> Ermittelt auf der Grundlage einer Gesamtreibungszahl  $\mu_{ges} = 0,12$  bei 90%iger Ausnutzung der Mindestwerte der Streckgrenze (5.6, 5.8) oder der 0,2 %-Dehngrenze (8.8, 10.9, 12.9) der jeweils niedrigsten Festigkeitsklasse.

<sup>b</sup> Für Schrauben nach DIN EN ISO 3506-1 und DIN 267-13 gelten die Tabellenwerte für 5.6, 5.8.

**5.2.2 Prüfung ohne Vorspannung bei Raumtemperatur (23 ± 5) °C, 100 °C und 150 °C**

Bei der Prüfung ohne Vorspannung nach 6.2.2, müssen die Schrauben die Grenzwerte der Prüfdrehmomente in Tabelle 2 bei Raumtemperatur, 100 °C und, je nach Anwendungsvorgaben, bei 150 °C erfüllen.

**Tabelle 2 — Prüfdrehmomente bei Raumtemperatur, 100 °C und 150 °C (ohne Vorspannung)**

Gewinde		Drehmomente		
		$M_{Ein}$ max.	$M_{LB}$ min.	$M_{Aus}$ max.
<b>M3</b>		0,1	0,2	1,5
<b>M4</b>		0,2	0,4	3,0
<b>M5</b>		0,5	1	6,5
<b>M6</b>		0,8	1,8	10
<b>M8</b>	<b>M8 × 1</b>	1,5	4	26
<b>M10</b>	<b>M10 × 1,25</b>	3	10	55
<b>M12</b>	<b>M12 × 1,25, M12 × 1,5</b>	5	16	95
<b>M14</b>	<b>M14 × 1,5</b>	9	22	160
<b>M16</b>	<b>M16 × 1,5</b>	11	35	250
<b>M18</b>	<b>M18 × 1,5, M18 × 2</b>	12	40	335
<b>M20</b>	<b>M20 × 1,5, M20 × 2</b>	14	45	500
<b>M22</b>	<b>M22 × 1,5, M22 × 2</b>	16	65	800
<b>M24</b>	<b>M24 × 2</b>	18	90	1 050
<b>M27</b>	<b>M27 × 2</b>	21	120	1 300
<b>M30</b>	<b>M30 × 2</b>	25	165	1 700
<b>M33</b>	<b>M33 × 2</b>	28	210	2 400
<b>M36</b>	<b>M36 × 3</b>	30	280	3 000
<b>M39</b>	<b>M39 × 3</b>	35	330	4 000

**5.3 Gewindereibungszahl**

Wird für die Schraube mit klebender Beschichtung eine eingestellte Gewindereibungszahlspanne gefordert (MKL), muss die Gewindereibungszahl im Bereich von 0,10 bis 0,16 liegen. Die Prüfung der Gewindereibungszahl erfolgt nach 6.3.

Für Schrauben mit klebender Beschichtung ohne besondere Anforderungen an die Gewindereibungszahl (MK) gilt keine bestimmte Gewindereibungszahlspanne und die Gewindereibungszahl ist in der Regel höher als bei Produkten mit eingestellter Gewindereibungszahlspanne (MKL). Die Folge ist eine geringere erreichbare Montage-Vorspannkraft.

**5.4 Beständigkeit gegenüber aggressiven Medien**

Bei Prüfung der Beständigkeit gegenüber aggressiven Medien nach 6.4, müssen die in Tabelle 1 festgelegten Prüfwerte erfüllt werden.

**5.5 Beständigkeit gegenüber der Langzeitwirkung hoher Temperaturen**

Bei der Prüfung der Beständigkeit gegenüber Langzeitwirkung hoher Temperaturen nach 6.5, müssen die in Tabelle 2 festgelegten Werte erfüllt werden.

## 6 Prüfungsdurchführung

### 6.1 Allgemeines

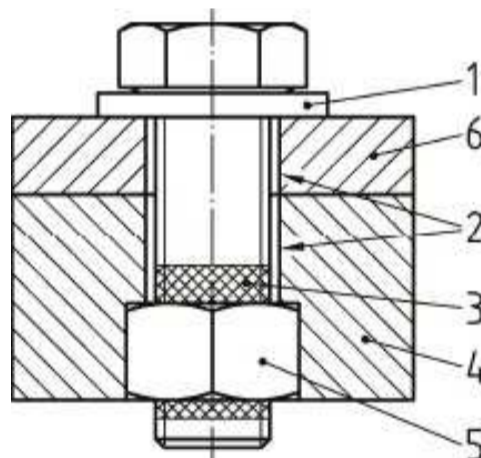
Die Eignungsprüfungen nach 6.2.1, 6.2.2, 6.3, 6.4 und 6.5 mit der Prüfschraube sind für die Einstufung einer neuen MK-Beschichtung durchzuführen.

Die unter 6.2.1, 6.2.2 und 6.3 aufgeführten Prüfungen sind auch Systemprüfungen. Die Prüfung nach 6.2 kann für die Prozessüberwachung der MK-Beschichtung und die Eignung der MK-Beschichtung auf unterschiedlichen Oberflächen angewendet werden. Die Prüfung nach 6.3 ist nur für die Erstmusterprüfung durchzuführen und setzt eine für die Prüfung geeignete Schraubenlänge voraus.

### 6.2 Prüfung der Losbrechdrehmomente, Ausschraubdrehmomente und Prüfdrehmomentverhältnisse

#### 6.2.1 Prüfung mit Vorspannung

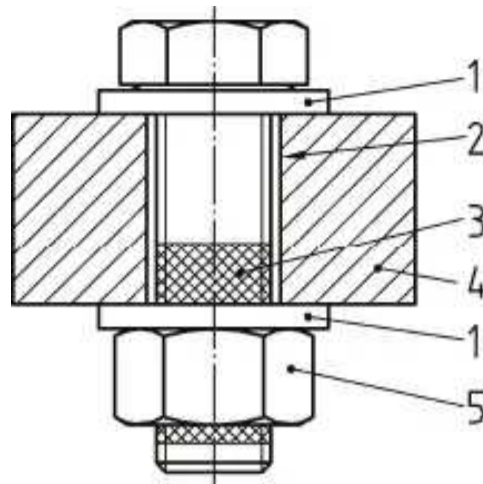
Die zu prüfende Schraube wird nach dem Beschichten mit mikroverkapseltem Klebstoff und einer Trockenzeit von mindestens 24 h bei Raumtemperatur mit einer maximalen Drehgeschwindigkeit von  $30 \text{ min}^{-1}$  in eine Prüfmutter eingeschraubt und über eine Prüfscheibe nach DIN EN ISO 7089 (im Bereich von 200 HV bis 300 HV) gegen eine Prüfleiste (Bild 3) oder Prüfhülse (Bild 4) verspannt, bis das Prüf-Anziehdrehmoment nach Tabelle 1 erreicht ist. Dabei ist das maximale Einschraubdrehmoment zu messen. Die Prüfmutter muss vollständig im Bereich der Beschichtung liegen. Bei Prüfungen bei  $100 \text{ °C}$  oder  $150 \text{ °C}$  ist eine Prüfhülse nach Bild 4 einzusetzen. Zur Schonung der Oberflächen sind sowohl für die Kopfauflage als auch für die Mutterauflage Scheiben nach DIN EN ISO 7089 zu verwenden.



#### Legende

- 1 Prüfscheibe nach DIN EN ISO 7089
- 2 Durchgangslochreihe mittel nach DIN EN 20273
- 3 Beschichtung
- 4 Prüfleiste, Härte > 35 HRC
- 5 Prüfmutter nach DIN EN ISO 4032 oder DIN EN ISO 8673
- 6 Distanzleiste, Härte > 35 HRC

**Bild 3 — Prüfanordnung mit Prüfleiste**



### Legende

- 1 Prüfscheibe nach DIN EN ISO 7089
- 2 Durchgangsloch Reihe mittel nach DIN EN 20273
- 3 Beschichtung
- 4 Prüfhülse mit Außendurchmesser  $\geq 2 \times d$ , Härte  $> 35$  HRC
- 5 Prüfmutter nach DIN EN ISO 4032 oder DIN EN ISO 8673

**Bild 4 — Prüfanordnung mit Prüfhülse**

Nach einer Aushärtungszeit des Klebstoffes von mindestens 24 h bei  $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$  werden beim nachfolgenden Ausschrauben mit einer maximalen Drehgeschwindigkeit von  $30 \text{ min}^{-1}$  das Losbrechdrehmoment  $M_{\text{LB}}$  und das Ausschraubdrehmoment  $M_{\text{Aus}}$  bestimmt. Bei der Prüfung mit der Prüfhülse darf Wahlweise am Schraubenkopf oder an der Mutter gedreht werden.

Bei Prüfungen bei erhöhter Temperatur werden die Schrauben nach mindestens 24 h Aushärtung der jeweiligen Prüftemperatur 3 h ausgesetzt und innerhalb von 10 s nach Entnahme aus dem Wärmeschrank geprüft.

### 6.2.2 Prüfung ohne Vorspannung

Die zu prüfende Schraube wird mit einer maximalen Drehgeschwindigkeit von  $30 \text{ min}^{-1}$  so in eine Prüfmutter eingeschraubt, dass diese vollständig im Bereich der Beschichtung liegt bzw. diesen Bereich vollständig überdeckt. Gemessen wird das maximale Einschraubdrehmoment  $M_{\text{Ein}}$  (Tabelle 2).

Nach einer Aushärtungszeit des Klebstoffes von mindestens 24 h bei  $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$  werden beim nachfolgenden Ausschrauben mit einer maximalen Drehgeschwindigkeit von  $30 \text{ min}^{-1}$  das Losbrechdrehmoment  $M_{\text{LB}}$  und das maximale Ausschraubdrehmoment  $M_{\text{Aus}}$  bestimmt.

Bei Prüfungen bei erhöhter Temperatur werden die Schrauben nach mindestens 24 h Aushärtung der jeweiligen Prüftemperatur 3 h ausgesetzt und innerhalb von 10 s nach Entnahme aus dem Wärmeschrank geprüft.

### 6.3 Prüfung der Gewindereibungszahl

Die zu prüfende Schraube wird mit einer Prüfmutter mit einer maximalen Drehgeschwindigkeit von  $30 \text{ min}^{-1}$  bis in den Bereich 90 % der Streckgrenze einer Schraube der Festigkeitsklasse 5.6 oder 8.8 bei hochfesten Schrauben angezogen und die Gewindereibungszahl nach DIN EN ISO 16047 in diesem Bereich ermittelt.

## 6.4 Prüfung der Beständigkeit gegenüber aggressiven Medien

Die Beständigkeit gegenüber aggressiven Medien wird wie folgt geprüft:

Die Schraubenverbindung wird nach mindestens 24 h Aushärtungszeit bei  $(23 \pm 5) \text{ °C}$  7 Tage in folgenden Prüfmedien und bei folgenden Auslagerungstemperaturen gelagert:

- Öle, Schmiermittel, Hydrauliköl: 120 °C;
- Treibstoffe: Raumtemperatur;
- Kühlmittel, Wasser, Glykol: 90 °C;
- Bremsflüssigkeit: 90 °C.

Die Prüfung nach 6.2.1 erfolgt nach Abkühlen auf Raumtemperatur. Andere Medien und Auslagerungstemperaturen nach Vereinbarung.

## 6.5 Prüfung der Beständigkeit gegenüber der Langzeitwirkung von hohen Temperaturen

Die mit der Prüfmutter ohne Vorspannung verschraubten Teile werden nach 72 h Aushärtung für 1 000 h der Vorgabetemperatur (100 °C, 150 °C) ausgesetzt und nach anschließendem Abkühlen auf Raumtemperatur nach 6.2.2 geprüft.

## 6.6 Prüfkörper und Prüfgeräte

### 6.6.1 Prüfschraube

Als Prüfschraube ist eine Sechskantschraube nach ISO 4017 — M10 6g  $\times$  40<sup>2)</sup> — 8.8 wie hergestellt zu verwenden.

### 6.6.2 Prüfmutter

Als Prüfmutter für die Eignungsprüfung ist für das Regelgewinde eine Mutter nach DIN EN ISO 4032 und für das Feingewinde eine Mutter nach DIN EN ISO 8673 zu verwenden.

Die Prüfmutter muss folgende Bedingungen erfüllen:

- Festigkeitsklasse mindestens entsprechend der Festigkeitsklasse der Schraube;
- Gewindeoberfläche wie hergestellt;
- das Gewinde der Prüfmutter muss öl- und fettfrei sowie span- und gratfrei sein.

Die Prüfmutter darf nur einmal verwendet werden.

Abweichungen bei der Systemprüfung sind gesondert zu vereinbaren.

---

2) Andere Längen sind bei Eignung zulässig.

### **6.6.3 Prüfscheibe**

Die Prüfscheibe muss den Anforderungen nach DIN EN ISO 7089 entsprechen. Die Härte muss im Bereich von 200 HV bis 300 HV liegen, die Oberfläche muss blank und fettfrei sein.

### **6.6.4 Drehmomentmessgerät**

Die Drehmomente werden mit einem Drehmomentmessgerät ermittelt. Als Drehmomentmessgerät ist ein Drehmomentschlüssel oder ein Prüfgerät mit Fehlergrenzen von höchstens 2 %, bezogen auf den Höchstwert des angegebenen Messbereiches (Endwert des Messbereiches) anzuwenden.

Für Schiedsfälle ist ein Drehmomentmessgerät zu verwenden, dessen Messbereich so festgelegt ist, dass alle Ablesewerte (Ergebniswerte) in der oberen Hälfte des Messbereiches liegen.

### **6.6.5 Reibungszahl-Prüfeinrichtung**

Für die Bestimmung der Gewindereibungszahl ist eine Vorrichtung nach DIN EN ISO 16047 anzuwenden.

### **6.6.6 Wärmeschrank für die Prüfung der Temperaturbeständigkeit**

Für die Prüfung der Temperaturbeständigkeit ist ein Wärmeschrank zu verwenden, der eine Temperaturabweichung von höchstens  $\pm 2$  °C von der jeweiligen Prüftemperatur im leeren Nutzraum sicherstellt. Nach Erreichen der Prüftemperatur ist der Wärmeschrank zu befüllen. Die Entnahme der Prüfteile erfolgt nach Erreichen der Prüfdauer.

## **7 Zusatzfunktionen**

### **7.1 Dichtfunktion**

Klebende Beschichtungen können über die Sicherungswirkung hinaus auch Dichtfunktionen übernehmen.

Soll die klebende Beschichtung auch eine Dichtfunktion erfüllen, so sind die hierfür geltenden Anforderungen und deren Prüfung gesondert zu vereinbaren.

### **7.2 Verschraubung**

#### **7.2.1 Muttergewinde**

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.

#### **7.2.2 Verschraubungsvorgang**

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  $T < 10$  °C verzögerte und  $T < 0$  °C keine Aushärtung.

### 7.3 Lösbarkeit

Schlitzschrauben und Schrauben mit Innenantrieb mit niedrigem Kopf und einer Festigkeitsklasse < 8.8 und Schrauben mit Köpfen mit reduzierter Tragfähigkeit, sind nach dem Aushärten des Klebstoffes unter Umständen nicht mehr lösbar (siehe 4.2).

### 7.4 Wiederholverschraubung

Schrauben mit MK-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 Gewindebohrer von Klebstoffresten zu reinigen.

## 8 Lieferart

Für MK-Beschichtung vorgesehene Schrauben müssen öl- und fettfrei geliefert werden. Hiervon abweichende Oberflächenbeschichtungen sind gesondert zu vereinbaren.

## 9 Lagerbeständigkeit

Schrauben mit MK-Beschichtung sind gegen die Einwirkung von Feuchtigkeit zu schützen.

Die Einhaltung der Prüfwerte der Schrauben mit MK-Beschichtung muss bei sachgemäßer Innenlagerung für mindestens 4 Jahre sichergestellt sein.

Farbveränderungen der Beschichtung sind ohne Einfluss auf die Funktionsfähigkeit, solange die Prüfwerte eingehalten werden.



## Anhang A (informativ)

### Hinweise für die Systemprüfung

#### A.1 Allgemeines

Bei nicht definierten Schraubenoberflächen müssen für eine Systemprüfung mindestens 72 h zwischen Beschichtung und Prüfung zur Verfügung stehen. Diese Prüfung ist notwendig, da die Oberflächenzustände der Gewinde vielfach nicht erkennbar sind oder großen Schwankungen unterliegen können.

#### A.2 Nachweis der Eignung von MK-Beschichtungen bei Oberflächen mit integrierten und/oder zusätzlich aufgetragenen Schmierstoffen unter Temperatureinfluss

Zum Nachweis der Eignung von MK-Beschichtungen auf Gewindeteilen bei Oberflächen mit integrierten und/oder zusätzlich aufgetragenen Schmierstoffen unter Temperatureinfluss muss eine vergleichende Prüfung der jeweiligen Gewindeteile ohne MK-Beschichtung (Referenzprüfung) und mit MK-Beschichtung vorgenommen werden. Hierfür eignet sich die Ermittlung des Verhältnisses Losdrehmoment  $M_L$ /Anziehdrehmoment  $M_A$  ( $M_L/M_A$ ) bzw. des Verhältnisses Losbrechdrehmoment  $M_{LB}$ /Anziehdrehmoment  $M_A$  ( $M_{LB}/M_A$ ). Die Vorgehensweise hierzu ist im Prüfblatt VDA 235-203 [1] festgelegt.

##### A.2.1 Verhältnis Losdrehmoment $M_L$ /Anziehdrehmoment $M_A$ ( $M_L/M_A$ ) von Gewindeteilen mit Oberflächen ohne MK-Beschichtungen (Referenzprüfung)

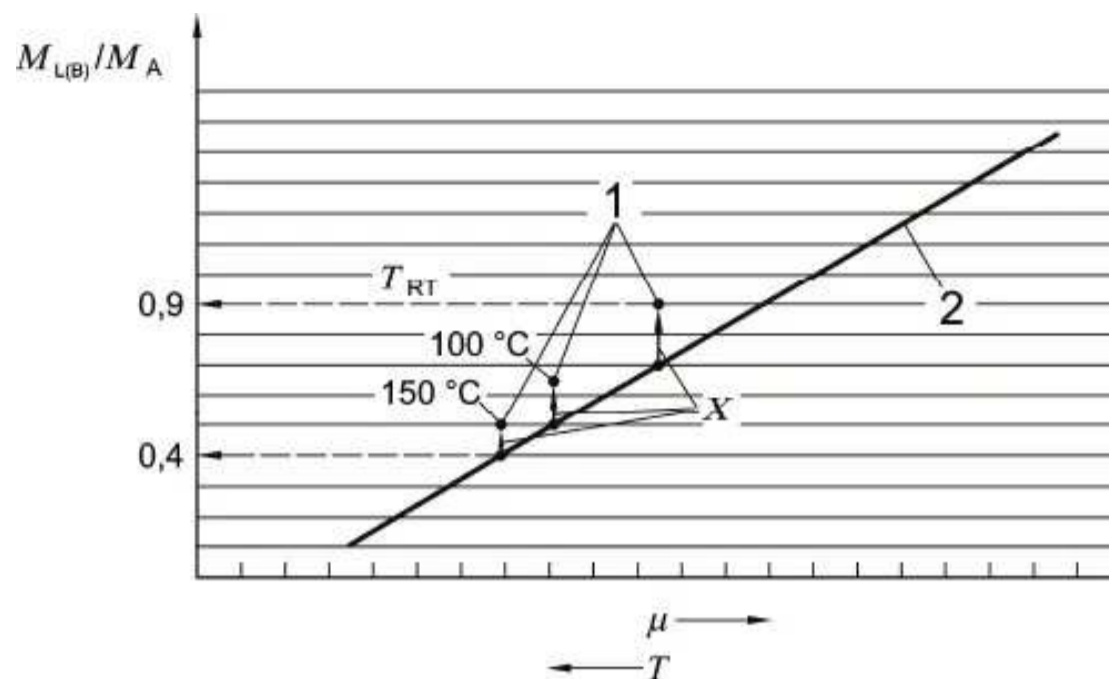
Bei Oberflächen mit in Zinklamellenüberzügen, in Versiegelungen oder in Deckbeschichtungen integrierten und/oder zusätzlich aufgetragenen Schmierstoffen ist das Losdrehmoment abhängig von der Reibungszahl. So kann das Verhältnis von Losdrehmoment  $M_L$  zu Anziehdrehmoment  $M_A$  ( $M_L/M_A$ ) in einem üblichen Reibungsbereich von 0,08 bis 0,16 bereits deutlich unter  $M_L/M_A = 0,9$  liegen. Bei Temperatureinfluss können je nach verwendetem Beschichtungssystem und Schmierstoff die Reibungszahlen und damit das Verhältnis  $M_L/M_A$  zusätzlich erheblich reduziert werden. Um bis zu Betriebstemperaturen von 150 °C eine ausreichende Sicherheit gegenüber selbsttätigem Lösen (Aufheben des inneren Losdrehmoments) sicherzustellen, wird im Prüfblatt VDA 235-203 für Schraubenverbindungen in einem Abmessungsbereich von M6

bis M16 ein Losdrehmomentverhältnis von etwa 40 % als noch ausreichend angesehen. Dies ist schematisch in Bild A.1 dargestellt. Für andere Abmessungsbereiche ist das noch zulässige  $M_L/M_A$ -Verhältnis abmessungsspezifisch zu ermitteln.

##### A.2.2 Verhältnis Losbrechdrehmoment $M_{LB}$ /Anziehdrehmoment $M_A$ ( $M_{LB}/M_A$ ) von Oberflächen mit MK-Beschichtungen

Werden auf Oberflächen mit in Zinklamellenüberzügen, in Versiegelungen oder in Deckbeschichtungen integrierten und/oder zusätzlich aufgetragenen Schmierstoffen MK-Beschichtungen aufgebracht, so ist hierdurch mit einer Verminderung der Haftfestigkeit (Adhäsion) auf der jeweiligen Oberfläche zu rechnen. Ist bei einer Prüfung des Losbrechdrehmomentes  $M_{LB}$  nach 6.2.1 bei Raumtemperatur  $M_{LB}/M_A > 0,9$ , so ist die MK-Beschichtung in Verbindung mit der entsprechenden Oberfläche für die Anwendung bei Raumtemperatur geeignet. Bei einer Prüfung bei 100 °C, 150 °C oder darüber hinaus muss nachgewiesen werden, dass das Verhältnis  $M_{LB}/M_A$  um einen Prozentsatz  $\times$  größer ist als bei einer Referenzprüfung mit Gewindeteilen aus identischem Beschichtungslos bei jeweils derselben Temperatur ohne MK-Beschichtung, siehe schematische Darstellung in Bild A.1.





### Legende

- |                |  |
|----------------|--|
| 1              | Prüfung mit MK-Beschichtung                                |
| 2              | Referenzprüfung ohne MK-Beschichtung                       |
| $T_{RT}$       | Raumtemperatur   |
| $X$            | Sicherungswirkung des Klebers                              |
| $M_{L(B)}/M_A$ | Verhältnis Losdrehmoment (Losbrechmoment)/Anziehdrehmoment |
| $\mu$          | Reibungszahl   |
| $T$            | Temperatur   |

**Bild A.1 — Verhältnis Losdrehmoment  $M_L$  oder Losbrechmoment  $M_{LB}$  zu Anziehdrehmoment  $M_A$  von Schraubenverbindungen ohne (Referenzprüfung) und mit MK-Beschichtung in Abhängigkeit von Temperatur (Raumtemperatur, 100 °C und 150 °C) und Reibungszahl (schematisch)**

Für Oberflächen mit MK-Beschichtung bei Temperaturen von 100 °C, 150 °C oder darüber hinaus liegen Erfahrungswerte für die Differenz zwischen  $M_{LB}/M_A$  (Prüfung mit MK-Beschichtung) und  $M_L/M_A$  (Referenzprüfung ohne MK-Beschichtung) im Bereich von 10 % bis 20 %.

## Literaturhinweise

- [1] VDA 235-203, *Verschraubungsverhalten, Reibungszahlen — Praxis- und montageorientierte Prüfung*