

DIN 65946

ICS 49.030.01

Einsprüche bis 2017-01-04
Vorgesehen als Ersatz für
DIN 65946:2011-09

Entwurf

**Luft- und Raumfahrt –
Bestimmung der Reibungszahlen von Schrauben und Muttern unter festen
Bedingungen;
Text Deutsch und Englisch**

Aerospace –

Determination of coefficients of friction of bolts and nuts under specific conditions;
Text in German and English

Aéronautique et espace –

Détermination des coefficients de frottement de vis et écrous sous conditions spécifiées;
Texte en allemand et anglais

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2016-11-04 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs
besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nl@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL), 10772 Berlin, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 40 Seiten

DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL)

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen.....	4
3 Begriffe.....	4
4 Formelzeichen.....	5
5 Grundlage des Verfahrens	6
6 Messeinrichtung	8
6.1 Prüfstand.....	8
6.1.1 Prüfstand mit Mehrfachkalibrierung	8
6.1.2 Prüfstand mit Normalbereichskalibrierung	8
6.2 Prinzipieller Versuchsaufbau	9
7 Durchführung	10
7.1 Allgemeines	10
7.2 Einbaubedingungen	10
7.3 Gegenlage	10
7.4 Oberflächenzustand und Gewindetoleranz der Referenzstücke.....	11
7.5 Versuchsbedingungen	11
8 Auswertung	12
8.1 Bestimmung der Reibungszahlen für Muttern ohne Klemmteil.....	12
8.2 Bestimmung der Reibungszahlen für Muttern mit Klemmteil	14
9 Versuchsbericht.....	16
9.1 Allgemeines	16
9.2 Beschreibung der zu prüfenden Verbindungselemente.....	17
9.2.1 Schrauben und Stiftschrauben	17
9.2.2 Muttern	17
9.2.3 Unterlegscheiben	18
9.3 Prüfmaschine.....	18
9.4 Versuchsaufbau	18
9.5 Umgebungsbedingungen.....	18
9.6 Besondere Bedingungen.....	19
9.7 Versuchsergebnisse	19
9.7.1 Gemessene Werte.....	19
9.7.2 Ermittelte Werte (je nachdem, welcher gefordert wird)	19
9.7.3 Andere Ergebnisse.....	19
Anhang A (informativ).....	20

Vorwort

Diese Norm wurde von interessierten Experten des Fachbereiches „Mechanik“, NA 131-03-01 AA „Verbindungselemente (Spiegelausschuss zu ISO/TC 20/SC 4)“ des DIN-Normenausschusses Luft- und Raumfahrt (NL) erarbeitet.

Die Festlegungen dieser Norm basieren auf der 2005-10 zurückgezogenen Norm DIN 946:1991-10.

Diese Norm gilt für die Anwendung in der Luft- und Raumfahrt.

Änderungen

Gegenüber DIN 65946:2011-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Kapitel 5 „Grundlagen des Verfahrens“ überarbeitet;
- b) Kapitel 6 „Messeinrichtung“ und 7 „Durchführung“ erweitert;
- c) umfangreiche Erläuterungen zur Auswertung in Kapitel 8 aufgenommen;
- d) Anhang B wurde entfernt;
- e) Normative Verweisungen aktualisiert;
- f) die Norm redaktionell überarbeitet.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt eine Prüfung zur Bestimmung der Reibungszahlen beim Anziehen von Schrauben und Muttern unter festgelegten Bedingungen fest. Sie gilt nur für Versuche, die vergleichenden Charakter haben, z. B. zur Bestimmung von Reibungszahlen bei verschiedenen Oberflächenausführungen oder zur Bewertung unterschiedlicher Schmierstoffe.

Anwendungsbezogene Anziehversuche, die Reibungszahlen in Schraubenverbindungen bestimmter Baugruppen betreffen, werden wegen der speziellen Anforderungen im Rahmen dieser Norm nicht im Detail beschrieben.

Diese Norm basiert auf der festgelegten Annahme, dass ein linearer Zusammenhang zwischen Drehmoment, Vorspannkraft und Reibungszahl über dem gesamten Messbereich besteht.

Diese Norm gilt für Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt.

Für die Anwendung in der allgemeinen Industrie gilt DIN EN ISO 16047.

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 ISO 5855-1, *Luft- und Raumfahrt — MJ-Gewinde — Allgemeine Anforderungen*

DIN ISO 7913, *Luft- und Raumfahrt — Verbindungselemente — Form- und Lagetoleranzen für Schrauben*

DIN EN ISO 4759-3, *Toleranzen für Verbindungselemente — Teil 3: Scheiben für Schrauben und Muttern — Produktklassen A, C und F*

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

LN 9163-1, *Luft- und Raumfahrt — Metrisches ISO Gewinde — Grundabmaße und Toleranzen*

ISO 273, *Fasteners; Clearance holes for bolts and screws*

ISO 3161, *Aerospace — UNJ threads — General requirements and limit dimensions*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1 Vorspannkraft

F

Auf den Schraubenschaft wirkende axiale Zugkraft oder auf die verspannten Teile wirkende Druckkraft während des Anziehens

3.2 Anziehdrehmoment

T

Drehmoment, das auf eine Mutter oder eine Schraube während des Anziehens wirkt; es ergibt sich aus dem Gewindedrehmoment und dem Reibungsmoment in der bei der Montage gleitenden Auflagefläche

3.3

Gewindemoment

T_{th}

Drehmoment, das über die gepaarten Gewinde auf den Bolzenschaft wirkt

3.4

Reibungsmoment an der Auflagefläche

T_b

Drehmoment, das beim Verschrauben über die gleitenden Auflageflächen auf die verspannten (Zug- und Druck belasteten) Teile wirkt

3.5

Klemmmoment durch Verformung des Mutterngewindes

T_{cl}

auf Mutter oder Schraube aufzubringendes Moment, um die Drehbewegung der beiden Teile zueinander aufrechtzuerhalten, wobei die Schraubverbindung nicht unter axialer Vorspannkraft steht und der Klemmbereich der Mutter die Schraube voll erfasst

Anmerkung 1 zum Begriff: Aus produkthaftungsrechtlichen Gründen darf der bisher verwendete Begriff „Sicherungsmoment“ nicht mehr verwendet werden und wird durch den nunmehr eingeführten Begriff Klemmmoment ersetzt. Der Grund dafür ist, dass es sich bei dem Klemmteil um eine Verliersicherung handelt und nicht um eine Sicherung in dem Sinne, dass die Vorspannkraft erhalten bleibt.

4 Formelzeichen

(in Anlehnung an die ISO 16047)

d	Gewindenennendurchmesser
d_2	Flankendurchmesser des Schraubengewindes
d_4	Durchmesser des Durchgangslochs der Versuchseinrichtung
d_b	Kugelbunddurchmesser
d_h	Durchmesser des Durchgangsloches der Scheibe oder der Auflageplatte (Nennwert)
d_w	Außendurchmesser der Kopf- oder Mutterauflage
D_{Km}	Mittlerer Durchmesser für das Reibungsmoment in der Schraubenkopf- oder Mutterauflage
F	Vorspannkraft, allgemein
T	Anziehdrehmoment
T_{th}	Gewindemoment
T_b	Reibungsmoment an der Auflagefläche
T_{cl}	Klemmmoment
P	Gewindesteigung
μ_{th}	Reibungszahl im Gewinde

μ_b Reibungszahl an der Mutter- oder Kopfauflage

μ_{tot} Gesamtreibungszahl

5 Grundlage des Verfahrens

Die Verbindungen werden bei Raumtemperatur durch Aufbringen eines Anziehdrehmoments stetig vorgespannt.

Das Anziehdrehmoment setzt sich aus den Anteilen der Gewindemomente und dem Auflagereibmoment zusammen:

$$T = \Sigma T_{th} + T_b \quad (1)$$

In das Gewindemoment fließen die drei Anteile Hubarbeit, Reibarbeit sowie die Arbeit zur Überwindung der Klemmmomente ein. Die ersten beiden Anteile sind abhängig von der Vorspannkraft, das Klemmmoment ist davon jedoch unabhängig und wird als Konstante **angenommen**. Im elastischen Verformungsbereich besteht weiterhin bei **konstanten** Reibungszahlen und konstanten Geometrieparametern zwischen dem Anziehdrehmoment und der Vorspannkraft ein **linearer** Zusammenhang. Für Schraubenverbindungen mit metrischem ISO-Gewinde nach LN 9163-1, metrischem MJ-Gewinde nach DIN ISO 5855-1 und ISO Inch-Gewinde nach ISO 3161 ergibt sich somit für das gesamte Gewindemoment folgende mathematische Beziehung:

$$\Sigma T_{th} = F \times (0,159 \times P + 0,577 \times d_2 \times \mu_{th}) + T_{cl} \quad (2)$$

Das Auflagereibmoment T_b ist ebenfalls von der Vorspannkraft linear abhängig, dieses ergibt sich zu:

$$T_b = F \times \frac{D_{km}}{2} \times \mu_b \quad (3)$$

Setzt man nunmehr die Anteile für die Gewindereibung und die Kopfreibung zusammen, ergibt sich die Gleichung für das Anziehdrehmoment:

$$T = F \times \left(0,159 \times P + 0,577 \times d_2 \times \mu_{th} + \frac{D_{km}}{2} \times \mu_b \right) + T_{cl} \quad (4)$$

Dabei ist D_{km} der Auflagereibdurchmesser.

Sofern die jeweiligen Auflagedurchmesser berechnet werden sollen, sind die Gleichungen (5) bis (9) zu verwenden.

In den folgenden Gleichungen (5) bis (9) ist d_h der Durchmesser des Durchgangslochs der Scheibe oder der Auflageplatte entsprechend der nachfolgenden Abbildung:

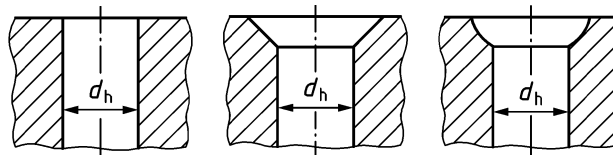


Bild 1 — Durchmesser des Durchgangslochs der Scheibe oder der Auflageplatte

Der Durchmesser für das Reibungsmoment in der Schraubenkopf- bzw. Mutterauflage berechnet sich für eine ebene Auflagefläche nach folgender Gleichung:

$$D_{Km} = \frac{2}{3} \times \left(\frac{dw^3 - dh^3}{dw^2 - dh^2} \right) \quad (5)^1$$

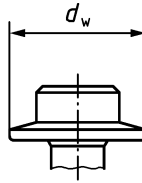


Bild 2 — Senkkopf

Die Gleichung (5) gilt bei ebener und senkrecht zur Schraubenachse liegender Auflagefläche unter Berücksichtigung der Form- und Lagetoleranzen nach DIN ISO 7913.

In anderen Fällen, (z. B. bei außentragenden Flanschschrauben), ist D_{Km} zwischen Hersteller und Anwender zu vereinbaren.

Für Senkköpfe²⁾ muss Gleichung (5) noch mit dem Faktor $1/(\cos(90-\gamma/2))$ multipliziert werden. Dabei ist γ der Senkkopfwinkel.

$$D_{Km} = \frac{2}{3 \times \cos(90-\frac{\gamma}{2})} \times \left(\frac{dw^3 - dh^3}{dw^2 - dh^2} \right) \quad (6)^1$$

Kugelbundaufgabe²⁾ werden nach folgender Gleichung (7) berechnet:

$$D_{Km} = \left(\frac{db^3}{dw^2 - dh^2} \right) \times \left(\arcsin\left(\frac{dw}{db}\right) - \arcsin\left(\frac{dh}{db}\right) + \frac{dh}{db} \sqrt{1 - \frac{dh^2}{db^2}} - \frac{dw}{db} \sqrt{1 - \frac{dw^2}{db^2}} \right) \quad (7)^1$$

Hierbei ist zu beachten, dass die Winkel im Bogenmaß anzusetzen sind.

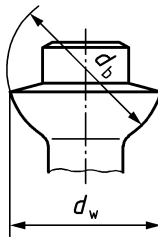


Bild 3 — Kugelbund

Zur korrekten Bestimmung des wirksamen Radius $\frac{1}{2} D_{Kmeff}$ ist der nach der Messung der sichtbare Auflagenabdruck heranzuziehen.

Bestimmung der Reibungszahlen

Um die allgemeinen Reibungsbedingungen ohne Bezug auf die Form und Abmessung der Verbindungselemente beschreiben zu können, ist es zweckmäßig, die unterschiedlichen Reibungszahlen zu ermitteln. Die Reibungszahl ist eine dimensionslose Zahl, die aus gemessenen physikalischen Eigenschaften berechnet wird und von der Art und der Geometrie der in Kontakt stehenden Oberflächen abhängt.

1) Quelle: Kellermann R. und Klein H. Ch. (1955) Untersuchungen über den Einfluss der Reibung auf Vorspannung und Anzugsmoment von Schraubenverbindungen. Konstr. Masch. Appar. Gerätebau 7: 54–68

2) Siehe hierzu auch Kap. 6.2 und 7.3

Die Bestimmung der reinen Gewindereibungszahlen erfolgt mit der nach Umformung von Gleichung (2) entstandenen Beziehungen für die Reibung

— im Gewinde

$$\mu_{th} = \frac{(T_{th} - T_{cl})/F - 0,159 \times P}{0,577 \times d_2} \quad (8)$$

und

— in der Auflagefläche von Schraubenkopf oder Mutter (basierend auf Gleichung (3))

$$\mu_b = \frac{2 \times T_b}{D_{Km} \times F} \quad (9)$$

Wenn die Prüfvorrichtung (siehe Abschnitt 8) die getrennte Erfassung von T_{th} und T_b nicht zulässt, kann eine nur bedingt aussagekräftige Vergleichsreibungszahl (basierend auf Gleichung (4))

$$\mu_{tot} = \frac{(T - T_{cl})/F - 0,159 \times P}{0,577 \times d_2 + \frac{D_{Km}}{2}} \quad (10)$$

berechnet werden, die ausschließlich dem Vergleich des Gesamtreibungsverhaltens dient, nicht jedoch im Berechnungsgang für die Auslegung von Schraubenverbindungen zu verwenden ist. Dabei wird nämlich vorausgesetzt, dass μ_{th} und μ_b gleich groß sind. Die Prüfergebnisse werden durch eine Vielzahl von Parametern beeinflusst. Deshalb werden für die Versuchsdurchführung Mindestanforderungen festgelegt, um diese Einflüsse kontrollieren zu können.

6 Messeinrichtung

6.1 Prüfstand

6.1.1 Prüfstand mit Mehrfachkalibrierung

Der Prüfstand muss in der Lage sein, automatisch ein Drehmoment und eine Drehung entweder in die Mutter oder in den Schraubenkopf einzuleiten. Er muss mit Messsensoren ausgerüstet sein, die die Messgrößen T , T_{th} , T_b , T_{cl} und F auf $\pm 2\%$ des Messwertes aufnehmen können, sofern nichts anderes vereinbart ist. Die Winkelmessung muss auf $\pm 2^\circ$ oder $\pm 2\%$ des gemessenen Wertes erfolgen, wobei der jeweils größere Wert gilt. Die Ergebnisse sind elektronisch aufzuzeichnen.

6.1.2 Prüfstand mit Normalbereichskalibrierung

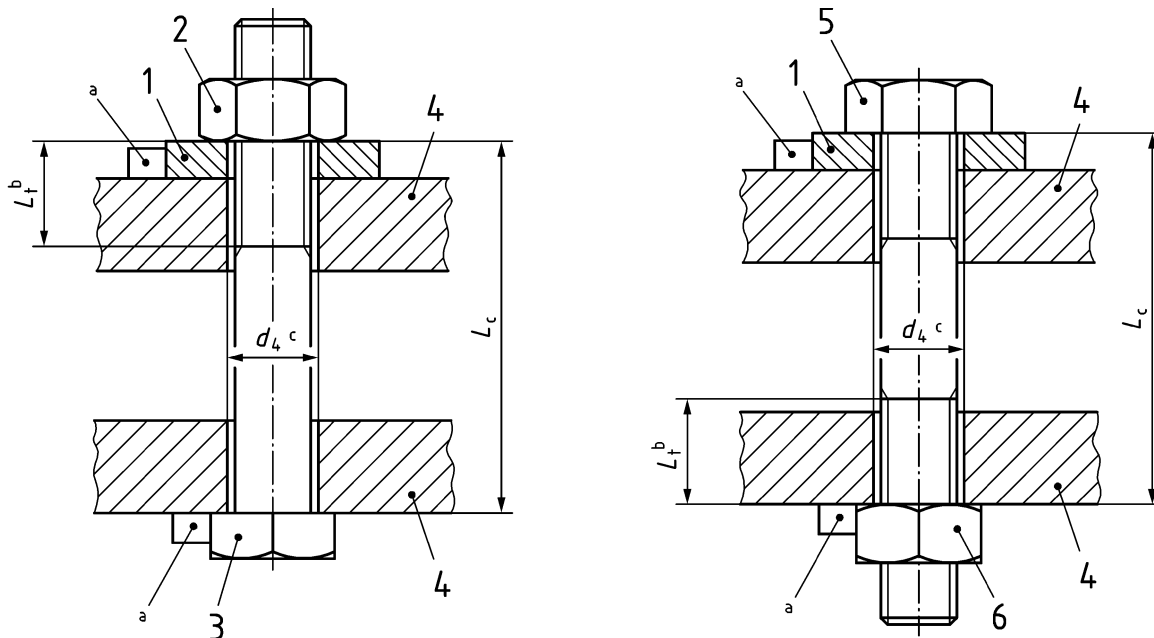
Wie unter Kapitel 6.1.1; jedoch ist die Messgröße T_{cl} nicht auf einen Wert von $\pm 2\%$ eingeschränkt.

Bei Annahmeprüfungen sind die Prüfvorrichtung und Prüfbedingungen zwischen den beteiligten Stellen abzustimmen, weil die Prüfvorrichtung über ihre Nachgiebigkeit einen wesentlichen Einfluss auf das Prüfergebnis hat.

Im Schiedsfall dürfen nur Reibungszahlen verglichen werden, die mit Geräten der gleichen Bauart, mit gleichen Gegengewinden und mit gleichen Gegenlagen bestimmt wurden.

6.2 Prinzipieller Versuchsaufbau^a

Der Versuchsaufbau muss einer Kombination von Vorspannkraft und Reibungsdrehmoment in der Auflagefläche standhalten, ohne dass messbare bleibende Verformungen oder Verschiebungen auftreten. Bild 1 zeigt die grundlegenden Anforderungen an den Versuchsaufbau.



Prüfung der Mutter

Prüfung der Schraube

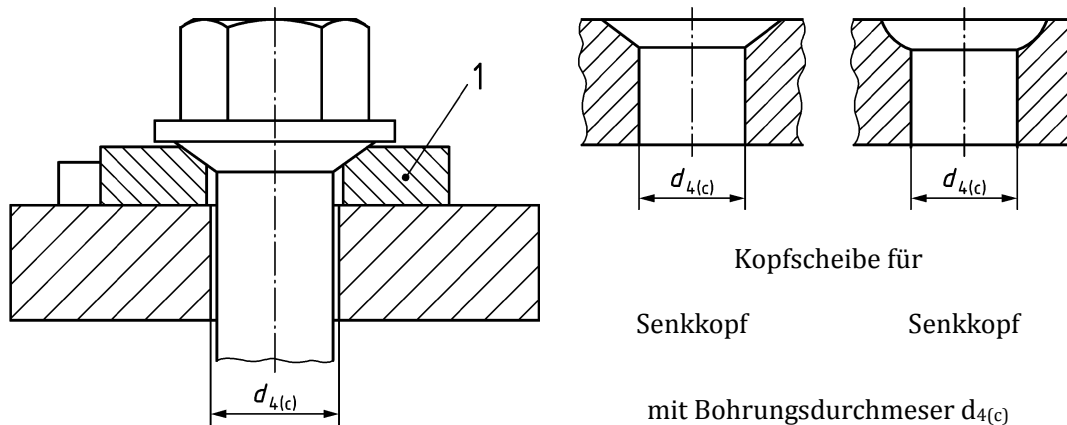
Legende

- 1 Referenzauflegeplatte, Referenzunterlegscheibe oder festgelegte Unterlegscheibe, Einbaurichtung der Scheibe beachten, konkave („hohle“) Seite zur Versuchseinrichtung hin.
- 2 Versuchsmutter
- 3 Referenzschraube
- 4 Versuchseinrichtung (verspannte Teile)
- 5 Versuchsschraube
- 6 Referenzmutter
- a Die Referenzauflege oder die Referenzunterlegscheibe sowie der Schraubenkopf oder die Mutter müssen gegen Verdrehung gesichert und axial ausgerichtet sein.
- b L_t sollte mindestens $1 d$ sein, wenn bis zur Streckgrenze oder bis zum Bruch angezogen wird
- c d_4 muss ISO 273: 1979, Reihe fein, entsprechen
- L_c Klemmlänge

^a Quelle: DIN EN ISO 16047

Bild 4 — Versuchsaufbau bzw. -einbau der Referenzteile

Für Schrauben mit Senkkopf oder Rundkopf ist eine weitere Referenzscheibe oder Platte entsprechender Bild 2 unter dem Schraubenkopf zu verwenden:



Legende

1 Kopfscheibe

Bild 5 — Versuchsaufbau mit Kopfscheibe

7 Durchführung

7.1 Allgemeines

Für jede Prüfung sind neue Teile (Schraube, Mutter, Gegenlage) zu verwenden. Die Festigkeitsklassen von Schraube und Mutter müssen aufeinander abgestimmt sein und sind nach Absprache zwischen Hersteller und Anwender zu definieren.

Bei der Untersuchung von Schmierstoffen im Hinblick auf das Anziehverhalten können bestimmte Prüfkörper vorgeschrieben und für mehrfaches Anziehen zugelassen werden. In diesem Falle sind Schraube, Mutter und Gegenlage als Referenzstücke zu definieren.

Alternativ zu den nachfolgend beschriebenen Bedingungen, können zwischen Hersteller und Anwender abweichende Prüfbedingungen definiert werden bzw. sind bereits in den Produktstandards oder Technischen Lieferbedingungen definiert.

7.2 Einbaubedingungen

Die zu untersuchende Schraubenverbindung wird in die Prüfvorrichtung so eingebaut, dass beim Anziehen über die Mutter und beim Aufsetzen der Mutter auf der Auflagefläche mindestens 2 volle Gewindegänge und höchstens 5 volle Gewindegänge über die Mutter herausragen. Das Bolzengewinde muss jedoch soweit über die Mutter überstehen, dass der Klemmbereich der Mutter voll wirksam ist. Im beanspruchten Teil des Bolzengewindes muss das Klemmteil der Mutter vollständig erfasst sein.

7.3 Gegenlage

Werden für die Untersuchungen keine besonderen Vereinbarungen über die Beschaffenheit der Gegenlage des beim Anziehen relativ bewegten Verbindungselementes (Schraube oder Mutter) gemacht, so sind für die Prüfung

Stahlscheiben (zweckmäßigerweise auch Leisten mit mehreren Löchern) mit folgenden Anforderungen vorzusehen:

- längsgeschliffen, $R_{a\max} = 0,8 - 1,6 \mu\text{m}$;
- Die Ebenheit muss den Anforderungen nach DIN EN ISO 4759-3: Produktklasse A, entsprechen;
- metallisch blank und entfettet;
- Verbindungselementen mit flacher Auflage von Schraubenkopf oder Mutter: Minstdicke: $0,5 \times d$
- Verbindungselementen mit Kegel- oder Kugelkopf: Minstdicke: $0,5 \times d$ sowie ein verbleibender zylindrischen Anteil von mindestens $(40\% \times 0,5 \times d)$;
- Härte: 50 - 60 HRC (durchgehärtet, Typ HH);
- Durchmesser des Durchgangsloches d_h , Toleranz H13, ohne Senkung;
- für Senkkopf- und Kugelbündköpfe muss die Gegenlage zwischen den Vertragsparteien definiert und dokumentiert werden.

7.4 Oberflächenzustand und Gewindetoleranz der Referenzstücke

Für die vergleichende Prüfung des Anziehverhaltens von Schraubenverbindungen wird hinsichtlich des Oberflächenzustandes und der Gewindetoleranz der Referenzstücke folgendes festgelegt:

- a) Sollen Schrauben untersucht werden, so sind als Referenzstücke metallisch blanke, vollständig entfettete, und voll belastbare Muttern (z. B. Sechskantmuttern) mit Gewindetoleranz 6H als Einschraubgewinde zu verwenden. Die Schrauben müssen vor dem Versuch von Hand leicht einschraubbar sein, andernfalls sind Muttern mit größerem Gewindeabmaß einzusetzen;
- b) Für die Prüfung von Muttern sind als Referenzstücke Schrauben nach Produktnormen der Luft- und Raumfahrt zu verwenden. Im Falle oberflächenbeschichteter Schrauben müssen Muttern ohne Klemmteil leicht von Hand aufschraubbar sein. Für Muttern mit Klemmteil muss das Aufschrauben bis zum Beginn der Klemmung leicht möglich sein. Die Muttern sind ebenfalls vollständig zu entfetten.

7.5 Versuchsbedingungen ³⁾

Die Prüflinge müssen eine Temperatur von 18°C bis 27°C aufweisen. Die relative Luftfeuchtigkeit ist zu dokumentieren.

Alle Prüflinge (Schrauben, Muttern, Auflageplatten oder Scheiben) dürfen nur einmal verwendet werden. Wenn Versuche mit wiederbenutzten Auflageplatten durchgeführt werden, muss der Ausgangszustand eindeutig identifiziert werden können.

Die Schraube oder die Mutter (das jeweilige Referenzteil) muss auf der einen Seite des Versuchsaufbaus und die Auflageplatte oder Unterlegscheibe muss auf der anderen Seite gegen Verdrehen gesichert sein. Die Versuchsteile sind in den Versuchsstand einzubauen und Mutter oder Schraubenkopf sind, je nachdem, welches Teil sich frei drehen kann, durch Aufbringen des Anziehdrehmomentes anzuziehen.

3) [Quelle: DIN EN ISO 16047 (teilweise)]

Der Anziehvorgang muss unter gleich bleibenden Bedingungen durchgeführt werden. Sofern nicht anders vereinbart, muss die Anziehdrehzahl 10 1/min bis 30 1/min für Gewinde M3 bis M16 und 5 1/min bis 15 1/min für Gewinde größer M16 und bis M39 betragen. Die Drehgeschwindigkeit muss konstant sein.

Abweichungen der hier definierten Versuchsbedingungen sind zulässig, müssen aber zwischen den Vertragspartnern vereinbart werden. Die vereinbarten Abweichungen müssen im Versuchsbericht eindeutig gekennzeichnet werden.

8 Auswertung

8.1 Bestimmung der Reibungszahlen für Muttern ohne Klemmteil

Die Bestimmung der Reibungszahlen erfolgt unter Berücksichtigung der jeweils vorliegenden Geometrie von Schraube, Mutter und Gegenlage, der aufgetragenen Drehmomente sowie der beim Anziehen erzeugten Vorspannkraft nach den Gleichungen (2) bis (4). Zur Ermittlung von D_{km} ist eine der Gleichungen gemäß Kapitel (5) einzusetzen:

- a) Nennmaße d_2 , P , d_h , entsprechend der jeweiligen Produktnorm;
- b) Mindestmaße d_w und d_b , entsprechend der jeweiligen Produktnorm.

Die Auswertung der Versuchsergebnisse kann zweckmäßigerweise durch Ablesen der Reibungszahlen aus Diagrammen erfolgen, die nach den Gleichungen (8) bis (10) angefertigt werden. In die Gleichungen (7) und (8) wird zur Bestimmung des Auflagereibdurchmessers D_{km} üblicherweise der in den Produktnormen festgelegte Auflagedurchmesser $d_{w\ min}$ eingesetzt. Soll, (z. B. bei der Prüfung von Schmierstoffen), die Reibungszahl in der Auflagefläche von Schraubenkopf oder Mutter genauer erfasst werden, so ist der Durchmesser D_{km} aus dem nach dem Anziehversuch in der Auflagefläche am Prüfteil erkennbaren Abdruck zu ermitteln (siehe Kapitel 5).

Die Ergebnisse der Versuche müssen, wenn möglich, in einem einzigen Diagramm aufgetragen werden. Sollen mit einer Schraube-Mutter-Kombination Wiederholversuche (z. B. Anzieh- und Losdrehversuche) durchgeführt werden, so müssen aus Gründen der Übersichtlichkeit nur die mit einer Kombination gewonnenen Ergebnisse in einem Diagramm aufgetragen und für jede neue Kombination jeweils neue Diagramme verwendet werden.

Auf Grund des angenommenen linearen Zusammenhanges zwischen Anziehdrehmoment und Vorspannkraft (siehe Kapitel 5) ist die **berechnete** Reibungszahl unabhängig von der Vorspannkraft. Rechnerisch erfolgt die Bestimmung der Reibungszahlen mittels Gleichung Nr. (8) bis (10). Ausreißer bleiben bei der Auswertung unberücksichtigt, wenn sie eindeutig auf nicht übliche Einflüsse (z. B. Span im Gewinde) zurückzuführen sind. Bei den Untersuchungen sind in der Regel 10 Versuche zur Auswertung heranzuziehen. Andere Prüflosgrößen sind zu vereinbaren.

Das folgende Bild 6 zeigt eine lineare Abhängigkeit zwischen Vorspannkraft und Gewindemoment