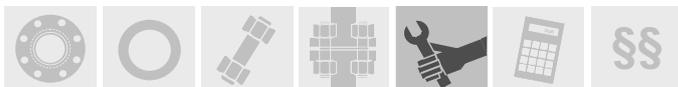


### ● Technische Information



### ● Einfluss gehärteter Unterlegscheiben auf das Montagedrehmoment

Die Verwendung von Unterlegscheiben hat einen Einfluss auf die Schraubverbindung. Ist die Unterlegscheibe aus zu weichem Werkstoff, führt die Kriechrelaxation zu Vorspannkraftverlust bis hin zum Lösen der Schraubverbindung. Die maximal zulässige Flächenpressung hat einen Einfluss auf die maximal zulässige Vorspannkraft. Grundsätzliches zu Unterlegscheiben und deren Verwendung finden Sie unter [www.thomsen-bremen.de](http://www.thomsen-bremen.de).

In der alten, zurückgezogenen Norm DIN 125-1 wurden die Unterlegscheiben der Härteklasse 140 HV und 200 HV (kaltverfestigter Werkstoff) und in der DIN 125-2 die Unterlegscheiben der Härteklasse 300 HV (gehärteter Werkstoff) genormt. Die aktuelle DIN EN ISO 7089 kennt nur noch die Härteklassen 200 HV und 300 HV.

Die Definition des Reibungskoeffizienten oder Reibungszahl nach WIKIPEDIA:

Zitat

*Der Reibungskoeffizient, auch Reibungszahl genannt (Formelzeichen  $\mu$  oder  $f$ ), ist ein dimensionsloses Maß für die Reibungskraft im Verhältnis zur Anpresskraft zwischen zwei Körpern. Der Begriff gehört zum Fachgebiet der Tribologie. Bei der Angabe eines Reibungskoeffizienten wird zwischen Gleitreibung und Haftreibung unterschieden: Bei der Gleitreibung bewegen sich die Reibflächen relativ zueinander, während sie dies bei der Haftreibung nicht tun. Im Fall der Coulombschen-Reibung ist der Gleitbeiwert konstant. In der Praxis ist eine entsprechende Temperatur-, Geschwindigkeits- und Druckabhängigkeit zu erkennen, welche auf einen Einfluss der Oberflächenänderung und Beschaffenheit der niemals ideal ebenen Fläche hindeutet (aber nicht auf den Reibwert selbst) und damit die Materialeigenschaft scheinbar beeinflusst.*

*Gemessen wird der Reibungskoeffizient bei Metallen an polierten Oberflächen, um eine mechanische Verzahnung (Formschluss) weitgehend ausschließen zu können. Ausschlaggebend sind die Adhäsions- und Kohäsionskräfte zwischen den Materialien. Es bilden sich je nach Material Van-der-Waals-Kräfte oder in polarisierten Werkstoffen wasserstoffbrückenähnliche Kräfte zwischen den Oberflächen. Am höchsten ist die Werkstoffhaftung bei ionischen Werkstoffen wie z. B. Kochsalz.*

Zitatende

Die Reibungszahlen werden durch die folgenden Größen beeinflusst:

- Oberflächenausführung (weich, hart, metallisch blank oder beschichtet)
- Formgenauigkeit der gepaarten Oberflächen (fertigungsbedingte Unebenheiten)
- Schmiermittelverwendung (Öle, Fette, Festschmierstoffe)
- Konstruktion (Schraubenabmessung, Gewindegeometrie, Einschraubtiefe, Werkstoffpaarung)

Einen erheblichen Einfluss auf die Berechnung und die Montage einer Schraubverbindung haben die Reibungszahlen, sie können erhebliche Streuungen bei den Montageergebnissen verursachen. Gemäß der Tribologie wird die Reibungszahl der Schraubverbindung durch die Schmierung bestimmt.

Sehr verbreitet ist der Glaube, dass die Verwendung von gehärteten Unterlegscheiben keine Verwendung von Schmierstoffen verlangt.

In dem, vom VCI, Verband der chemischen Industrie e.V. herausgegebenen „Leitfaden zur Montage von Flanschverbindungen“, Stand März 2016 findet man im Absatz 4.7, Einsatz von Unterlegscheiben folgendes:

Zitat

*Die Vorteile beim Einsatz von gehärteten Unterlegscheiben (mindestens 200 HV) sind:*

- *definierte Reibfläche bei der Montage*
- *definierte Rauigkeit bei der Berechnung und dadurch*
- *Reduzierung der Streuweiten des Anzugsmoments, wodurch rechnerisch eine größere Schraubkraft erzielt werden kann*

Zitatende

Die getroffene Aussage suggeriert, dass keine Schmierung erforderlich ist und wird leider von vielen Anwendern auch so verstanden. Zunächst ist festzustellen, dass gehärtete Unterlegscheiben der Härteklasse 300 HV entsprechen. Für die Berechnung einer Schraubverbindung ist die Reibfläche und ihre Rauigkeit relativ uninteressant. Wichtig sind die sich ergebenden Reibungszahlen, diese gehen in die Berechnung der Montagedrehmomente direkt ein. Das heißt, dass ohne Kenntnis der Reibungszahl kein Rückschluss zwischen Drehmoment und erreichter Vorspannkraft möglich ist. Die Streuweiten der Anzugsmomente sind abhängig von der Schmierung und der Montagequalität. Es gilt, je niedriger die Reibungszahl umso größer ist bei gleichem Drehmoment die erreichte Vorspannkraft.

Der in dem Leitfaden genannte Zusammenhang erschließt sich technisch nicht. Im Folgenden werden die Ergebnisse einer Untersuchung mehrerer Kombinationen von Schrauben M12, DIN EN ISO 4014 der Festigkeitsklasse 8.8 mit Muttern DIN EN ISO 4032 und Unterlegscheiben der Härteklassen 200 HV und 300 HV nach DIN EN ISO 4079 auf einem Drehmoment-/Vorspannkraft Prüfstand gezeigt. Es wurden die Gewinde mit der Schraubenschmierung DF 977 von der microGLEIT Spezialschmierstoffe GmbH geschmiert. Zum Vergleich wurden jeweils 5 Messungen mit gleicher und ohne Schmierung auf der Mutterauflagefläche zur Unterlegscheibe der beiden Härteklassen nach DIN EN ISO 16047 getestet.

Zur besseren Übersicht wurden die Ergebnisse in der folgenden schematischen Darstellung (Abb.1) zusammengefasst.

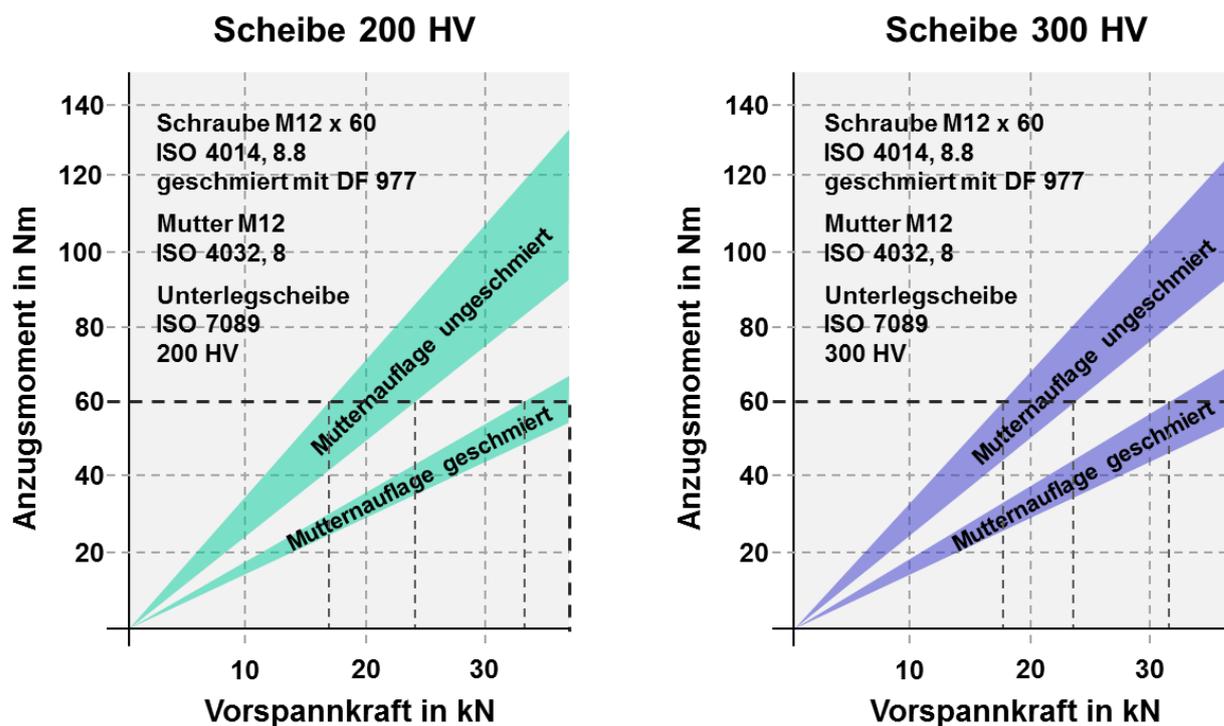


Abb.1: Schematische Darstellung der Ergebnisse der Drehmoment-/Vorspannkraftversuche  
© Peter Thomsen, D-28211 Bremen

Es sei noch erwähnt, dass es bei den Versuchen mit den ungeschmierten Mutternauflegeflächen in einigen Fällen zum Mitdrehen der Scheibe gekommen ist.

Der Test nach DIN EN ISO 16047 zeigt keinen Unterschied, der auf den Einfluss der Festigkeit der Unterlegscheibe auf eine gleichmäßige Reibungszahl und ein besseres Montageergebnis schließen lässt.

Deutlich zu sehen ist der positive Einfluss der Schmierung. Bei den komplett geschmierten Verbindungen ist es zu einer Streuung der Drehmomente zur erforderlichen Vorspannkraft von 60 Nm von ca. +/- 5 Nm gekommen. Bei den ungeschmierten Oberflächen lag das erforderliche Drehmoment, unabhängig von der Festigkeit der Unterlegscheibe, mit 110 Nm bei fast dem Doppelten. Die Streuung der erforderlichen Drehmomente lag bei +/- 20 Nm.

Das Ergebnis zeigt auch, dass bei gleichem Drehmoment und nicht geschmierter Mutternauflegefläche auf die Unterlegscheiben, die erzielten Vorspannkräfte, mit einem Anzugsmoment von 60 Nm, nur bei ca. der Hälfte der ordnungsgemäß geschmierten Schraubverbindung liegen würden.

Es zeigt sich, dass die Oberfläche zwischen Mutter und Unterlegscheibe einen erheblichen Einfluss auf das Montageergebnis haben muss. Um den Effekt, der in allen Tests gleichen Gewindeschmierung, aus dem Gesamtergebnis und damit den Einfluss der geschmierten bzw. ungeschmierten Oberfläche der Mutternauflegefläche auf die Unterlegscheibe zu erkennen, wurden die Reibungszahlen getrennt betrachtet. Die Ergebnisse der unterschiedlichen Reibungszahlen sind in der nächsten Abbildung (Abb.2) dargestellt.

### Vergleich der Reibzahlen

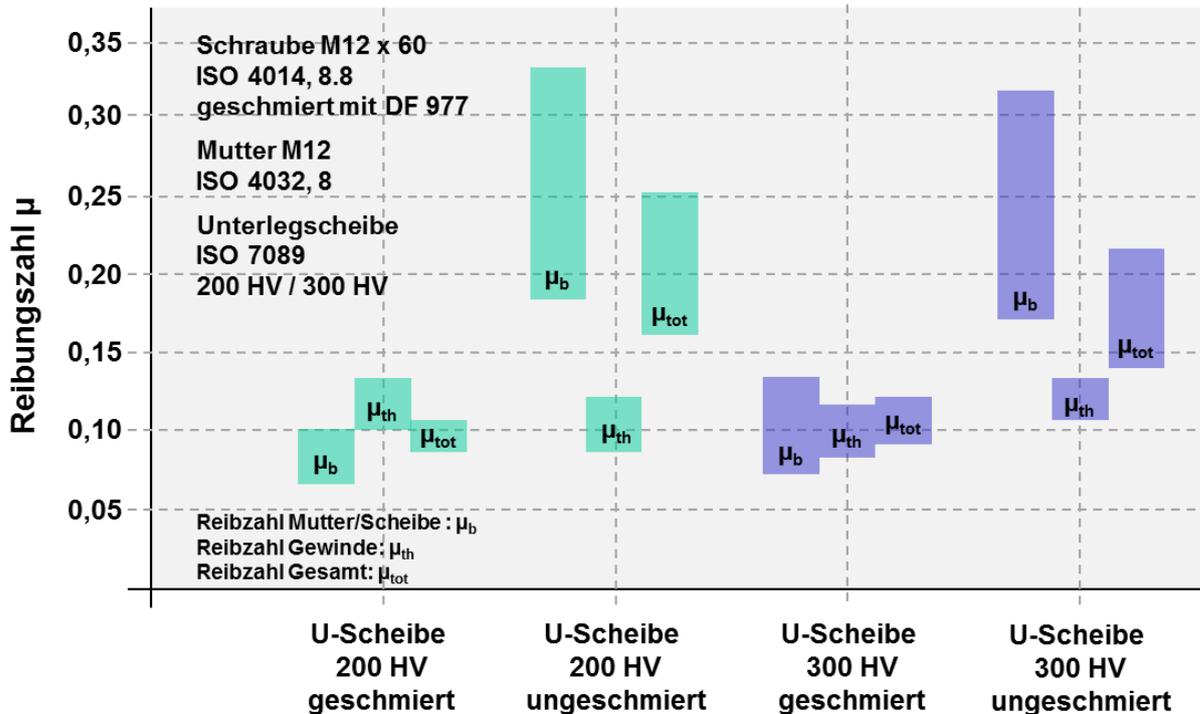


Abb.2: Vergleich der Reibzahlen des Gewindes, der Muttern-/ U-Scheibenauflage und des Gesamtreibwertes  
© Peter Thomsen, D-28211 Bremen

Aus dem Test nach DIN EN ISO 16047 lässt sich der Vorteil einer Schmierung, hier über die Reibungszahlen aufgezeigt, deutlich erkennen. Die Ergebnisse der Gewindereibungszahlen  $\mu_{th}$  sind, in allen vier Versuchsgruppen, recht gleichmäßig um Reibungszahl 0,10 bis 0,12. Die Ergebnisse der sehr unterschiedlichen Reibungszahlen der Muttern-/ U-Scheibenauflage  $\mu_b$  ungeschmiert von 0,17 bis 0,33 und geschmiert von 0,07 bis 0,13, führen zu starker Streuung der Gesamtreibungszahlen  $\mu_{tot}$  von 0,14 bis 0,25 ungeschmiert und 0,08 bis 0,12 geschmiert.

#### Zusammenfassung

Die unterschiedlich harten Unterlegscheiben verhalten sich nahezu identisch. Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Härte der geprüften Unterlegscheiben keinen nennenswerten Effekt auf die Verbesserung der Reibungszahl und damit auf die Berechnung der Drehmomente für die Montage einer Schraubverbindung hat.

Die Kenntnis der Reibungszahl ist von großer Bedeutung für eine korrekte und sichere Verschraubung.

Weitere interessante Informationen zu verschiedenen Themen finden Sie auf der Homepage [www.thomsen-bremen.de](http://www.thomsen-bremen.de).

Zur technischen Beratung stehe ich Ihnen selbstverständlich gerne auch kurzfristig persönlich zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen aus Bremen  
Peter Thomsen

**Haftungsausschluss:**

Die Inhalte der Regeln sind zum Teil zitiert, zum Teil in den Worten der Regeln wiedergegeben, die Anmerkungen und Auslegungen beruhen auf langjähriger Erfahrung, dienen der Entscheidungshilfe und begründen keinen Anspruch auf Gewährleistung.

© Peter Thomsen, D-28211 Bremen

Stand 04.01.2022