

• Technische Information



• Einfluss der Rechtwinkligkeit der Muttern auf die Montagequalität

Bei der Produktion geschmiedeter Schrauben und Muttern entstehen Imperfektionen. Einen hohen Einfluss auf die Qualität der Schraubenmontage hat, neben der Oberflächengüte, besonders der tatsächliche Winkel zwischen Gewinde und Mutterauflagefläche. Die Abweichungen werden als Gesamtplanauftoleranz t (Abb.1) in der DIN EN ISO 4759-1, Absatz 4.2.2.2 definiert.

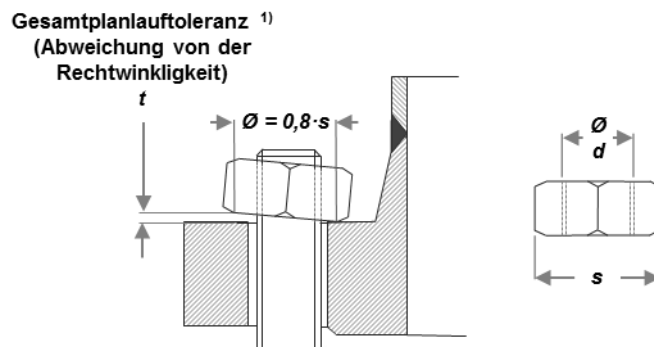


Abb.1: Gesamtplanauftoleranz t nach DIN EN ISO 4759-1

¹⁾ nur bis $\varnothing = s \cdot 0,8$ (s = Schlüsselweite)
© Peter Thomsen, D-28211 Bremen

Die zulässigen Werte der Gesamtplanauftoleranz t für Muttern ab M12 bis M52 sind in der folgenden Tabelle (Tab.1) aufgezeigt.

Tab.1: Gesamtplanauftoleranz t nach DIN EN ISO 4759-1, 4.2.2.2 für Produktklasse A und B © Peter Thomsen, D-28211 Bremen							
Gewinde-nenn- $\varnothing d$	Toleranz t	Gewinde-nenn- $\varnothing d$	Toleranz t	Gewinde-nenn- $\varnothing d$	Toleranz t	Gewinde-nenn- $\varnothing d$	Toleranz t
M12	0,25	M20	0,42	M30	0,63	M42 ¹⁾	0,44
M14	0,29	M22	0,46	M33	0,69	M45 ¹⁾	0,47
M16	0,34	M24	0,50	M36	0,76	M48 ¹⁾	0,50
M18	0,38	M27	0,57	M39	0,82	M52 ¹⁾	0,55

¹⁾ Die Norm erklärt nicht, warum die Werte kleiner sind als bei M27.

Je größer die Abweichung, umso mehr Anteile des Drehmomentes werden für das Fügen der beiden Flächen und eine gegebenenfalls erhöhte Reibung auf Grund der Kerbwirkung benötigt. Die üblichen Verbindungen sind außen tragende Schrauben.

Untersuchungen ergeben zusätzliche Reibwerterhöhungen von bis zu 20%. Hieraus ergibt sich ein ungeplanter Verlust an Vorspannkraft. Viele Hersteller haben bereits reagiert und setzen, wie z.B. in der Automobilindustrie, durch Formänderungen, wie konvexe Auflageflächen an den Schraubenköpfen zur Reduzierung des Hebelarms von Gewindemitte bis Außenrand der Auflagefläche, innen tragende Schrauben ein.

Die Vorspannkraftverluste durch hohe Planlaufabweichung werden, ganz besonders bei Montage von Schraubverbindungen mit niedriger Steckgrenzauslastung, wegen des, relativ hohen, anteiligen Fügемoments recht hoch ausfallen. Es ist besser, eine hohe Streckgrenzauslastung um 70% $R_{p0,2}$ vorzusehen. Hierzu gibt es eine Info unter www.thomsen-bremen.de „Optimale Schraubenauslastung“.

Bei Montagen über Drehmoment ist der eintretende Fehler bei hoher Streckgrenzauslastung, relativ klein, dafür ist der Fehler aus der Streuung des Reibungszahl „ μ “ recht groß. Anders ist es bei hydraulischen Vorspannen der Schraubverbindung (Bolt-Tensioning). Eine Schraube mit einem längeren Gewindeüberstand (z.B. 1·Gewindenenddurchmesser) wird mit einem hydraulischen Werkzeug vorgespannt. Die Mutter wird mit einem Hebel auf Block gedreht, anschließend die Vorspannkraft des Zylinders entlastet und damit die Vorspannkraft in die Schraube übertragen. Bei diesem Verfahren gibt es keinen Reibungseinfluss. Die sehr kleinen, maximal aufbringbaren Drehmomente beim Beiziehen der Mutter, können, bei größeren Planlaufabweichungen der Mutter oder des Schraubenkopfes zu erheblichen Vorspannkraftverlusten beim Fügen führen. Abhilfe schaffen die in der folgenden Tabelle (Tab.2) beschriebenen Maßnahmen und deren Wirkungen.

Tab.2: Maßnahmen und deren Wirkung zur Reduzierung des Vorspannkraftverlustes durch Fügen beim Bolt-Tensioning © Peter Thomsen, D-28211 Bremen		
wiederholtes Aufbringen der Vorspannkraft und Beiziehen der Mutter	Einsatz „gespiegelter“ Mutter/n	Einsatz gespannt hergestellter Mutter/n
Wirkung, relativ gering	Wirkung hoch	Wirkung am höchsten

Die jeweiligen Arten der Muttern werden im Folgenden beschrieben.

Standardmutter (Abb.2)

Die übliche Mutter ist geschmiedet und hat eine hohe zulässige Abweichung in der Gesamtplanlaufabweichung. Zu beachten ist auch die dürttige Qualität der Auflagefläche. Kerben führen bei drehmomentgesteuerten Montageverfahren zu sehr hohen Reibwertstreuungen und damit zu erheblichen Vorspannkraftverlusten.

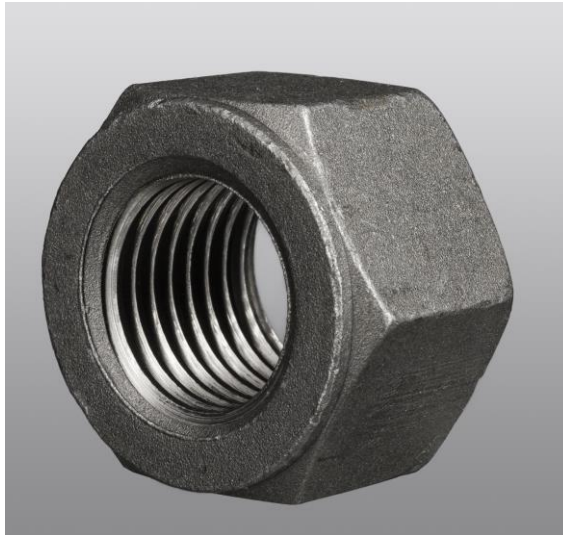


Abb.2: genormte Standardmutter nach DIN 2510-5
© Peter Thomsen, D-28211 Bremen

Gespiegelte Muttern (Abb.3)

Zur Erzeugung einer niedrigen Planlaufabweichung wird die Mutter im Gewinde aufgenommen und die Auflagefläche plan gedreht. Dieser zusätzliche Aufwand verteuert die Mutter.

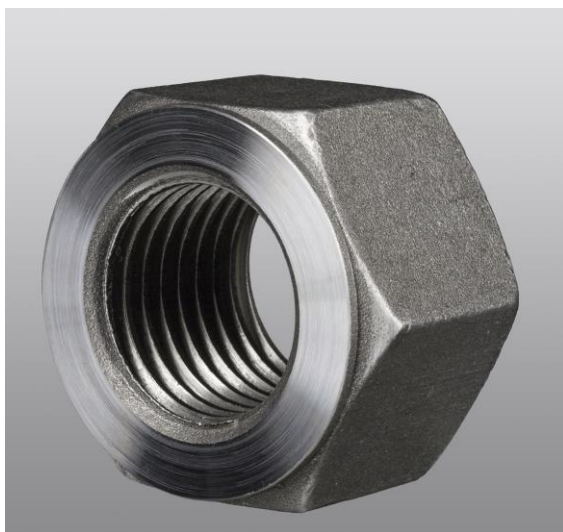


Abb.3: gespiegelte Mutter
© Peter Thomsen, D-28211 Bremen

Gespante Muttern (Abb.4)

Auf einer CNC-Maschine werden die Muttern in einer Aufnahme gedreht/gefräst und die Gewinde geschnitten. Durch diesen Herstellungsprozess ist die Abweichung am niedrigsten.

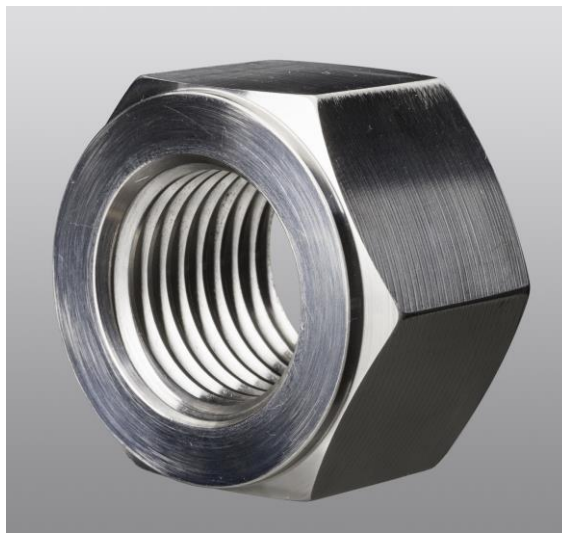


Abb.4: gespante Mutter
© Peter Thomsen, D-28211 Bremen

Aus dem vollen Material gespant hergestellte Muttern sind, durch die Art der Herstellung, am teuersten. Trotz der Mehrkosten bestehen immer mehr Hersteller und Betreiber auf die grundsätzliche Verwendung dieser Muttern, weil das Erreichen des gewünschten Montagevorspannkraftergebnis wichtiger ist, als die im Verhältnis gering ausfallenden Montagekosten.

Die Gesamtplanauftoleranzen „gespiegelter“ Muttern und gespant hergestellter Muttern sind deutlich niedriger als bei genormten Muttern (Tab.3).

Tab.3: Vergleich der Gesamtplanauftoleranzen © Peter Thomsen, D-28211 Bremen		
genormte Mutter	„gespiegelte“ Mutter	gespant hergestellte Mutter
0,25 bis 0,82 je nach $\varnothing d$ (siehe Tabelle 1)	< 0,2	< 0,1

Bei der Betrachtung der im Verhältnis zum Gesamtaufwand für eine Schraubverbindung niedrigen Bauteilpreise (Abb.5) fällt auf, dass die Mehrkosten optimierter Muttern kaum ins Gewicht fallen und vom besseren Montageergebnis übertroffen werden.

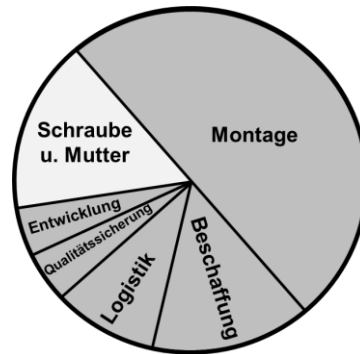


Abb.5: Kosten einer Schraubverbindung

Quelle: Friedrich, Hoffmann, Bohlender; Innovative mechanical fastening systems for new materials, ASME, Orlando, Paper IMECE-2005-79762, 11.05
© Peter Thomsen, D-28211 Bremen

Leider werden Schrauben und Muttern in ihrer Bedeutung häufig unterschätzt und kaufmännisch dem C-Teile-Management untergeordnet. Es gilt zu beachten, dass sie sicherheitsrelevante Bauteile sind. Ihr Versagen verursacht oft hohe Schäden und kann Gefahr für Mensch und Umwelt bedeuten.

Weitere interessante Informationen zu verschiedenen Themen finden Sie auf der Homepage 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 31.12.2021