



Tabelle 1: Genauigkeitsklassen der Anziehverfahren, Einfluss der Reibungsverhältnisse, Streuung der Vorspannkraft				Table 1: Categories regarding the accuracy of fastening procedures, influence of the frictional conditions, deviation of the initial tension forces	
Genauigkeitsklasse	Streuung der Vorspannkraft %	Anziehungsfaktor	Einfluss des Reibwertes?	Anziehverfahren (Werkzeuge)	Einstell-/Kontrollverfahren
–	± 2 bis +10 ± 5 bis ± 20	1,05 bis 1,2 1,1 bis 1,5	nein	<ul style="list-style-type: none"> • längungsgesteuert (Ultraschall) • Längenmessung (mechanisch) 	Ultraschallsensor (→ PMT-System) Einstellung und Längenmessung
I	± 9 bis ± 17	1,2 bis 1,4	nein	<ul style="list-style-type: none"> • streckgrenzgesteuert • drehwinkelgesteuert (motorisch oder manuell) 	Versuchsmäßige Bestimmung v. Voranziehmoment/Drehwinkel
II	± 9 bis ± 23	1,2 – 1,6	nein	<ul style="list-style-type: none"> • hydraulisch 	Längen-/Druckmessung
III	± 17 bis ± 23	1,4 – 1,6	ja	<ul style="list-style-type: none"> • drehmomentgesteuert (Drehmomentschlüssel, Verlängerungsmessung, Präzisionsdreherschrauber) 	Versuchsmäßige Bestimmung des Sollanziehmomentes/dynamische Drehmomentmessung
IV	± 23 bis ± 33	1,6 – 2,0	ja	<ul style="list-style-type: none"> • drehmomentgesteuert wie III, jedoch o 	Sollanziehmoment nach geschätzter Reibungszahl
V	± 26 bis ± 43	1,7 – 2,5	ja	<ul style="list-style-type: none"> • drehmomentgesteuert (Drehschrauber) • impuls gesteuert (Schlagschrauber) 	mit Nachziehmoment, gebildet aus Sollanziehmoment (nach geschätzter Reibungszahl) + Zuschlag
VI	± 43 bis ± 60	2,5 – 4,0	ja	<ul style="list-style-type: none"> • impuls gesteuert (Schlagschrauber) • von Hand (Schraubenschlüssel) 	ohne (ggf. über Nachziehmoment)

Tabelle 2: Reibungszahlen $\mu_{ges.}$ für Schrauben/Muttern* aus Stahl			Table 2: Coefficients of friction $\mu_{ges.}$ for screws/nuts* made of steel		
Oberflächenzustand		$\mu_{ges.}$ bei Zustand			
Außengewinde (Schraube)	Innengewinde (Mutter/Werkstück)	ungeschmiert	geölt	MoS ₂ -Paste	
ohne Nachbehandlung (schwarz)	ohne Nachbehandlung	0,12 – 0,18	0,10 – 0,17	0,06 – 0,12	
Mn-phosphatiert		0,14 – 0,18	0,14 – 0,15	0,06 – 0,11	
Zn-phosphatiert		0,14 – 0,21	0,14 – 0,17	0,06 – 0,12	
galvanisch verzinkt 5 – 8 µm		0,12 – 0,20	0,10 – 0,18	Achtung! Je nach Art/Umfang der Schmierung kann der Reibwert stärker differieren! Absicherung durch Verschraubungsversuch empfohlen!	
galvanisch verkadmet 5 – 8 µm	0,08 – 0,14	0,08 – 0,11			
galvanisch verzinkt 5 – 8 µm	galvanisch verzinkt 3 – 5 µm	0,12 – 0,20	0,10 – 0,18		
galvanisch verkadmet 5 – 8 µm	galvanisch verkadmet 3 – 5 µm	0,12 – 0,16	0,12 – 0,14		

Tabelle 3: Reibungszahlen μ_G und μ_K für Schrauben/Muttern* aus nichtrostendem Stahl				Table 3: Coefficients of friction μ_G and μ_K for screws/nuts* made of stainless steel			
Schraube und Gegenlage aus	Mutter aus	Schmiermittel		Nachgiebigkeit der Verbindung	Reibungszahlen		
		im Gewinde	unter Kopf		im Gewinde μ_G	unter Kopf μ_K	
A2 (~ A4)	A2 (~ A4)	ohne	ohne	sehr groß	0,26 – 0,50	0,35 – 0,50	
		Spezierschmiermittel (Chlorparaffin-Basis)			0,12 – 0,23	0,08 – 0,12	
		Korrosionsschutzfett			0,26 – 0,45	0,25 – 0,35	
	A2 (~ A4)	A2 (~ A4)	ohne	ohne	klein	0,23 – 0,35	0,08 – 0,12
			Spezierschmiermittel (Chlorparaffin-Basis)			0,10 – 0,16	0,08 – 0,12
A2 (~ A4)	AlMgSi	ohne		sehr groß	0,32 – 0,43	0,08 – 0,11	
		Spezierschmiermittel (Chlorparaffin-Basis)			0,32 – 0,43	0,08 – 0,11	
					0,28 – 0,35	0,08 – 0,11	

* Richtwerte nach VDI 2230-1, Ausg. 07.86, Tab. 5–6 für Schrauben / Muttern mit Standard-Auflageflächen z. B. nach DIN 912, 931, 933, 934 / ISO 4762, 4014, 4017, 4032

* Standard values from VDI 2230-1, 07.86, table 5–6 for screws/nuts with standard bearing area e.g. according to DIN 912, 931, 933, 934 / ISO 4762, 4014, 4017, 4032