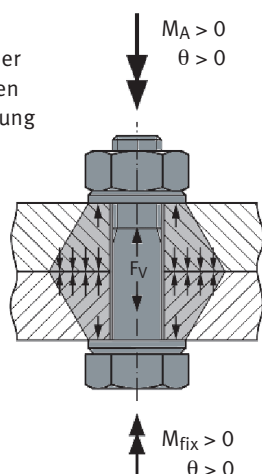


Allgemeines

Das Vorspannen von Schraubenverbindungen aus Garnituren mit Schraube, Mutter und Scheiben erfolgt in der Regel durch Anziehen, d. h. durch das Drehen der Mutter. Durch das Vorspannen der Schraubenverbindung werden die zu verbindenden Bleche zusammengepresst. Es entsteht ausgehend von den Kreisringflächen der Scheiben ein Verspannungskörper, der unter Druckspannungen steht. Eine oder mehrere Trennfugen der zu verbindenden Bleche werden geschlossen. Die Schraube wird durch das Anziehen gelängt. Die dadurch entstehende Zugkraft in der Schraube steht im Gleichgewicht mit der resultierenden Druckkraft des Verspannungskörpers, siehe **Bild 1**.

Bild 1:
Verspannungskörper einer vorgespannten Schraubenverbindung



Solange sich die Schraubenverbindung elastisch verhält und die Reibungsverhältnisse in den gepaarten Gewindeflanken und in der Auflagefläche der Mutter konstant bleiben, besteht zwischen dem Anziehdrehmoment M_A und der Vorspannkraft F_V ein linearer Zusammenhang. Die Proportionalität der beiden Anziehgrößen wird über den k-Faktor entsprechend Gleichung (1) bestimmt. Neben der Vorspannkraft F_V auf einem festgelegten Niveau und dem zugehörigen Anziehdrehmoment M_A wird der Nenndurchmesser d der betrachteten Schraube bei der Berechnung des k-Faktors berücksichtigt.

$$k = \frac{M_A}{F_V \cdot d} \quad (1)$$

Der k-Faktor ist ein Maß für die vorherrschenden Reibungsverhältnisse in der Schraubenverbindung. Die statistische Auswertung von k-Faktoren nominell identischer Schraubengarnituren gibt Aufschluss über die Streuung des Anziehverhaltens, insbesondere der Reibungsverhältnisse bzw. der Schmierung. Die Erfassung der k-Faktoren von Versuchsgarnituren bzw. deren statistische Auswertung sind die Voraussetzung für die Klassifizierung von Garnituren in die k-Klassen K2, K1 oder K0. Die k-Klasse beschreibt die Kalibrierung der Garnitur im Anlieferungszustand, die nur für das Anziehen durch Drehen der Mutter gültig ist. Die k-Klasse einer Garnitur entscheidet über die einsetzbaren Anziehverfahren. Die Festlegung eines Anziehverfahrens setzt die Verwendung von Garnituren bestimmter k-Klassen voraus. Die k-Klasse

sowie die zugehörigen Informationen müssen auf der Verpackung der Garnituren angegeben werden.

Für planmäßig vorgespannte Verbindungen im Stahlbau müssen hochfeste Schraubengarnituren der Festigkeitsklassen 8.8 oder 10.9 verwendet werden. Vorspannbare Garnituren aus Sechskantschrauben und -mutter sind in der Schirm-Produktnorm DIN EN 14399-1 geregelt, siehe hierzu Arbeitshilfe 2.3.

Zielsetzung des Vorspannens – Zielebenen

Das Vorspannen von Schraubenverbindungen kann unterschiedlichen Zwecken dienen. DIN EN 1993-1-8 unterscheidet Verbindungen mit planmäßig vorgespannten Schrauben in Scherverbindungen:

- Kategorie B: Gleitfeste Verbindung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit und
 - Kategorie C: Gleitfeste Verbindung im Grenzzustand der Tragfähigkeit
- sowie Zugverbindungen:
- Kategorie E: vorgespannt.

Für den Einsatz von planmäßig vorgespannten Schrauben in diesen Kategorien gelten höchste Anforderungen, da es sich um eine sicherheitsrelevante Verwendung der planmäßigen Vorspannung handelt, die direkt in die Bemessung einfließt.

Verbindungen der Kategorien B und C übertragen Scherkräfte zwischen Bauteilen, die durch die reibungsbehafteten und vorgespannten Trennfugen der Bauteile hindurchgeleitet werden. Die Vorspannkraft der Schraubenverbindung und die Haftreibungszahl der Oberflächenausführung definieren den Bemessungswert des Gleitwiderstandes der Verbindung. Planmäßig vorgespannte Verbindungen der Kategorie E werden zumeist bei ermüdungswirksamer Zugbeanspruchung von Verbindungen eingesetzt, um durch Ausnutzung der Steifigkeitsverhältnisse der vorgespannten Verbindung die Ermüdungsdauer der Schrauben erheblich zu erhöhen. Entsprechend [1] handelt es sich in diesen Fällen um die Anwendung der Vorspannung in **Zielebene I: Planmäßiges Vorspannen zur Erhöhung der Tragsicherheit**.

Demgegenüber ist die **Zielebene II: Planmäßiges Vorspannen zur qualitativen Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit** definiert, siehe [1]. Verbindungen ohne planmäßige Vorspannung werden nach DIN EN 1993-1-8 unterschieden in Scherverbindungen:

- Kategorie A: Scher-/Lochleibungsverbindung und Zugverbindungen;
- Kategorie D: nicht vorgespannt.

Die Verbindungen beider Kategorien A und D werden ohne Vorspannung bemessen, können aber dennoch zur qualitativen Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit unter Einhaltung der Regeln für vorgespannte Verbindungen mit planmäßiger Vorspannung ausgeführt werden. Sie werden daher der **Zielebene II** zugeordnet. Die Vorspannung dient bei diesen Verbindungen zum Beispiel zum Schließen von Klaffungen, zur Minimierung von Schlupf oder zur Erhöhung der Verformungssteifigkeit, insgesamt also als Qualitätssicherungsmaßnahme.

FK	Vorspannkraft [kN]								
		Gewinde							
		M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
10.9	$F_{p,C}$	59	110	172	212	247	321	393	572
	F_{p,C^*}	50	100	160	190	220	290	350	510
8.8	$F_{p,C}$	47	88	137	170	198	257	314	458
	F_{p,C^*}	35	70	110	130	150	200	245	355

$F_{p,C}$ Mindestvorspannkraft (volle Vorspannkraft) nach DIN EN 1090-2.

F_{p,C^*} Regel-Vorspannkraft (reduzierte Vorspannkraft) nach DIN EN 1993-1-8/NA, Anhang NA.A.

Tabelle 1: Vorspannkraften nach DIN EN 1090-2 und DIN EN 1993-1-8/NA

Zielebene der Vorspannung	Kategorie (entsprechend Bemessung)	Vorspannkraft (entsprechend Ausführung)	Garnituren		k-Kl.	Anziehverfahren ³⁾	Anziehparameter ⁴⁾	Kontrollanforderungen				
			Produktnorm (Oberfläche)	FK								
I Quantitative Erhöhung der Tragsicherheit	B ¹⁾ C	$F_{p,C}$	EN 14399-1	10.9	K2	KV	EN 1090-2	EN 1090-2				
				8.8 ⁵⁾	K1							
	E	$F_V < F_{p,C}$	Tab. NA.A.2 ⁶⁾	10.9	K1	MKV MDV DI	Tab. NA.A.2 ⁶⁾ Tab. NA.A.3 ⁶⁾	EN 1090-2				
									Tab. NA.A.1 ⁶⁾	8.8	MDV DI	Tab. NA.A.1 ⁶⁾
									Tab. NA.A.1 ⁶⁾	8.8	proportional zu Tab. NA.A.1 ⁶⁾	
II Quantitative Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit	A D	$F_{p,C}$	EN 14399-1	10.9	K2	KV	EN 1090-2	EN 1090-2				
				8.8 ⁵⁾	K1							
	nicht bemessungsrelevant	$F_V < F_{p,C}$	Tab. NA.A.2 ⁶⁾	10.9	K1	MKV MDV DI	Tab. NA.A.2 ⁶⁾ Tab. NA.A.3 ⁶⁾	EN 1090-2 – Empfehlungen in [1] beachten				
									Tab. NA.A.1 ⁶⁾	8.8	MDV DI	Tab. NA.A.1 ⁶⁾
									Tab. NA.A.1 ⁶⁾	8.8	proportional zu Tab. NA.A.1 ⁶⁾	

Diese **Vorspannkraftniveaus** sind für die jeweilige Zielebene und Kategorie obligatorisch bzw. sehr zu empfehlen, siehe [1].

¹⁾ In diesem Fall zur Gewährleistung einer quantitativ definierbaren Gebrauchstauglichkeit.

²⁾ Grundsätzlich sieht DIN EN 1090-2 neben der detailliert geregelten Mindestvorspannkraft $F_{p,C}$ (vollen Vorspannkraft) auch die Möglichkeit zur Festlegung eines geringeren Vorspannkraftniveaus vor. Dabei ist nicht nur der Nennwert der Vorspannkraft anzugeben, sondern es müssen insbesondere die dazu zu verwendenden Garnituren, die Anziehverfahren, die Anziehparameter und die Kontrollanforderungen festgelegt werden.

³⁾ Abkürzungen der Anziehverfahren:

KV Kombiniertes Vorspannverfahren nach DIN EN 1090-2,

DV Drehmoment-Vorspannverfahren nach DIN EN 1090-2,

DI Drehimpuls-Vorspannverfahren nach DIN EN 1993-1-8/NA,

MDV Modifiziertes Drehmoment-Vorspannverfahren nach DIN EN 1993-1-8/NA,

MKV Modifiziertes kombiniertes Vorspannverfahren nach DIN EN 1993-1-8/NA.

⁴⁾ Anziehparameter sind z. B. Referenz-Drehmomente, aufzubringende Anziehmomente, Voranziehmomente und Weiterdrehwinkel, die überwiegend in tabellierter Form vorliegen.

⁵⁾ Die Verwendung von Schrauben der Festigkeitsklasse 8.8 wird nicht empfohlen, siehe [1].

⁶⁾ Tabellen nach DIN EN 1993-1-8/NA, Anhang NA.A.

Tabelle 2: Ausführung planmäßig vorgespannter Verbindungen nach DIN EN 1090-2 und DIN EN 1993-1-8/NA

Vorspannkraft

Die Mindestvorspannkraft $F_{p,C}$ nach DIN EN 1090-2 ist entsprechend Gleichung (2) definiert. Im Nationalen Anhang DIN EN 1993-1-8/NA wird die Mindestvorspannkraft $F_{p,C}$ auch als volle Vorspannkraft bezeichnet. Die Mindestvorspannkraft $F_{p,C}$ ist in **Tabelle 1** für die üblichen Schraubendurchmesser und zulässigen Festigkeitsklassen zusammengestellt.

$$F_{p,C} = 0,7 \cdot f_{ub} \cdot A_s \quad (2)$$

Für die Ausführung von planmäßig vorgespannten Verbindungen der Kategorien B und C ist die Verwendung der Mindestvorspannkraft $F_{p,C}$ als Nennwert für die Bemessung verbindlich vorgeschrieben. Dementsprechend muss dieser Mindestwert bei der Ausführung mit großer Zuverlässigkeit erreicht werden. Planmäßig vorgespannte Verbindungen der Kategorie E sollten unter Ermüdungsbeanspruchung ebenso auf die Mindestvorspannkraft $F_{p,C}$ vorgespannt werden, um mit einer möglichst großen Vorspannkraft ein Aufklaffen der Trennfuge unter Betriebslasten zuverlässig zu vermeiden. Die Anwendung der Vorspannung betrifft in diesen Fällen *Zielebene I*.

Planmäßig vorgespannte Verbindungen der Kategorie E dürfen auch mit einem geringeren Vorspannkraftniveau als $F_{p,C}$ bemessen und ausgeführt werden. Für ein geringeres Vorspannkraftniveau müssen die Garnituren, die Anziehverfahren, die Anziehparameter und die Kontrollanforderungen festgelegt werden. Ein geringeres Vorspannkraftniveau als $F_{p,C}$ ist allerdings für Verbindungen der Kategorie E nicht zu empfehlen, siehe [1].

Der Nationale Anhang DIN EN 1993-1-8/NA legt diese erforderlichen Angaben, mit Ausnahme der Kontrollanforderungen, für nicht voll vorgespannte Verbindungen der Kategorie E bis zu einer reduzierten Vorspannkraft $F_{p,C}^*$ fest. Der rechnerische Nennwert der sogenannten Regel-Vorspannkraft $F_{p,C}^*$ wird nach Gleichung (3) bestimmt. Die Regel-Vorspannkraft $F_{p,C}^*$ ist in **Tabelle 1** für die üblichen Schraubendurchmesser und zulässigen Festigkeitsklassen zusammengestellt. Die Regel-Vorspannkraft $F_{p,C}^*$ sollte aber nur als Qualitätssicherungsmaßnahme im Anwendungsbereich der *Zielebene II* ausgeführt werden, siehe [1].

$$F_{p,C}^* = 0,7 \cdot f_{yb} \cdot A_s \quad (3)$$

Anziehverfahren

Allgemeines

In DIN EN 1090-2 sind ausschließlich Anziehverfahren geregelt, die durch Drehen der Mutter oder in Ausnahmesituationen durch Drehen des Schraubenkopfes die Schraubenverbindung vorspannen. Der Nationale Anhang DIN EN 1993-1-8/NA regelt ausdrücklich, dass zum Vorspannen einer voll vorgespannten Verbindung auf die Mindestvorspannkraft $F_{p,C}$ ausschließlich das kombinierte Vorspannverfahren nach DIN EN 1090-2 angewendet werden darf. Für nicht voll vorgespannte Verbindungen der Kategorie E mit einer reduzierten Vorspannkraft (*Zielebene I*) oder für die Vorspannung als Qualitätssicherungsmaßnahme (*Zielebene II*) dürfen entweder das Drehimpuls-, das modifizierte Drehmoment- oder das modifizierte kombinierte Vorspannverfahren angewendet werden.

Die in Deutschland derzeitig verwendbaren Vorspannverfahren sind in **Tabelle 3** zusammengestellt. Die zu diesen Vorspannverfahren zugehörigen Anziehparameter sind in **Tabelle 4** für die Verwendung von HV-Garnituren (FK 10.9) in k-Klasse K1 zusammengefasst. Zur Verwendung von Garnituren der Festigkeitsklasse 8.8 und/oder in k-Klasse K2 siehe DIN EN 1090-2 und DIN EN 1993-1-8/NA.

Abweichungen von den geregelten Vorspannverfahren bzw. andersartige Vorspannverfahren dürfen durch Verfahrensprüfung, allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder Zustimmung im Einzelfall angewendet werden.

Kombiniertes Vorspannverfahren nach DIN EN 1090-2

Das Anziehen mittels kombiniertem Vorspannverfahren besteht aus zwei Schritten:

- einem 1. Anziehschritt mit einem Anziehgerät, das einen geeigneten Arbeitsbereich bietet. Der Drehschrauber wird auf ein Anziehmoment von etwa $0,75 M_{r,i}$ eingestellt, siehe **Tabelle 3**. Dieser erste Anziehschritt muss für alle Schrauben in einer Verbindung vollständig durchgeführt sein, bevor mit dem zweiten Anziehschritt begonnen wird;
- einem 2. Anziehschritt, in dem ein festgelegter Weiterdrehwinkel $\Delta\theta_{KV}$ auf den gedrehten Teil der Garnitur aufgebracht wird. Die Lage der Mutter relativ zum Schraubengewinde muss nach dem ersten Anziehschritt mittels Markierkreide oder Markierfarbe gekennzeichnet werden, so dass der Weiterdrehwinkel der Mutter relativ zum Schraubengewinde in diesem zweiten Anziehschritt leicht bestimmt werden kann.

Anziehverfahren		k-Kl.	Vorspannkraft	Anziehparameter		Anziehschritt	
						1.	2.
DIN EN 1090-2	Kombiniertes Vorspannverfahren	K2	$F_{p,C}$	$M_{r,2} = k_m d F_{p,C}$	$\Delta\theta_{KV}$	0,75 $M_{r,2}$	Weiterdrehwinkel
		K1				$M_{r,1} = 0,13 d F_{p,C}$	0,75 $M_{r,1}$ (für FK 10.9 in Tab. 4)
DIN EN 1993-1-8/NA	Modifiziertes kombiniertes Verfahren	K1	$F_{p,C}^*$	$M_{A,MKV}$ (Tab. 4)	$\Delta\theta_{MKV}$	Voranziehmoment $M_{A,MKV}$ (Tab. 4)	Weiterdrehwinkel $\Delta\theta_{MKV}$ (Tab. 5)
	Modifiziertes Drehmoment-Verfahren		$F_{p,C}^*$	M_A (Tab. 4)		$M < M_A$	M_A (Tab. 4)
		$F_V < F_{p,C}^*$	$M(F_V) = M_A \cdot [F_V / F_{p,C}^*]$	$M < M(F_V)$	$M(F_V)$		
	Drehimpuls-Verfahren	$F_{p,C}^*$	$F_{V,DI}$ (Tab. 4)	Erreichen des Abschaltpunkts, kalibriert an Vorspannkraft $F_{V,DI}$ nach Tab. 4			
		$F_V < F_{p,C}^*$	$F_{V,DI} = 1,1 F_V$	Erreichen des Abschaltpunkts, kalibriert an Vorspannkraft $F_{V,DI}$			

Tabelle 3: Verwendbare Anziehverfahren nach DIN EN 1090-2 und DIN EN 1993-1-8/NA

Anziehverfahren		FK k-Kl.	Vorspannkraft	Anziehparameter	Gewinde							
					M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
DIN EN 1090-2	Kombiniertes Vorspannverfahren	10.9 K1	$F_{p,C}$	$0,75 M_{r,1}$ [Nm]	69	172	335	455	578	845	1150	2008
DIN EN 1993-1-8/NA	Modifiziertes kombiniertes Verfahren	10.9 K1	$F_{p,C}^*$	$M_{A,MKV}$ [Nm]	75	190	340	490	600	940	1240	2100
	Modifiziertes Drehmoment-Verfahren			$M_{A,MKV}$ [Nm]	100	250	450	650	800	1250	1650	2800
	Drehimpuls-Verfahren			$F_{V,DI}$ [kN]	60	110	175	210	240	320	390	560

Tabelle 4: Anziehparameter nach DIN EN 1090-2 und DIN EN 1993-1-8/NA für HV-Garnituren (FK 10.9) in k-Klasse K1 nach DIN EN 14399-4 oder -8

Der zweite Anziehschritt muss in Übereinstimmung mit den in **Tabelle 5** angegebenen Weiterdrehwinkeln $\Delta\theta_{KV}$ durchgeführt werden, sofern nichts anderes festgelegt wird. In **Tabelle 6** sind die Nennlängen von HV-Schrauben für die einzuhaltenden Klemmlängen von HV-Garnituren nach DIN EN 14399-4, Tabelle A.1 zugehörig zu den anzuwendenden Weiterdrehwinkeln $\Delta\theta_{KV}$ entsprechend **Tabelle 5** zusammengestellt.

Modifiziertes kombiniertes Vorspannverfahren nach DIN EN 1993-1-8/NA

Das Anziehen mittels modifiziertem kombinierten Vorspannverfahren besteht aus zwei Schritten:

- einem 1. Anziehschritt mit einem Anziehgerät, das einen geeigneten Arbeitsbereich bietet. Der Dreh-, Impuls- oder Schlag-schrauber wird auf ein Anziehmoment $M_{A, MKV}$ (Voranziehmoment) nach **Tabelle 4** eingestellt, wobei das modifizierte Drehmoment-Vorspannverfahren oder das Drehimpuls-Vorspannverfahren angewendet werden können. Dieser erste

Gesamtstärke Σt der zu verbindenden Teile (einschließlich aller Futterbleche und Scheiben) d = Schraubendurchmesser	Im 2. Anziehschritt aufzubringender Weiterdrehwinkel	
	$\Delta\theta_{KV}$ Kombiniertes Vorspannverfahren nach DIN EN 1090-2	$\Delta\theta_{MKV}$ Modifiziertes kombiniertes Vorspannverfahren nach DIN EN 1993-1-8/NA
	FK 8.8 und 10.9	FK 10.9
$\Sigma t < 2 d$	60°	45°
$2 d \leq \Sigma t < 6 d$	90°	60°
$6 d \leq \Sigma t \leq 10 d$	120°	90°
$10 d < \Sigma t$	keine Empfehlung	

Tabelle 5: Weiterdrehwinkel im 2. Anziehschritt für das kombinierte und modifizierte kombinierte Vorspannverfahren

Weiterdrehwinkel		Nennlänge l_{nom} [mm] von HV-Schrauben nach DIN EN 14399-4 mit Klemmlängen nach DIN EN 14399-4, Tab. A.1							
		Gewinde							
$\Delta\theta_{KV}$	$\Delta\theta_{MKV}$	M12	M16	M20	M22	M24	M27	M30	M36
60°	45°	≤ 35	≤ 45	≤ 60	≤ 65	≤ 70	≤ 80	≤ 90	≤ 105
90°	60°	45...85	55...110	70...140	75...150	80...165	90...190	100...210	115...250
120°	90°	≥ 95	≥ 120	≥ 150	≥ 160	≥ 175	≥ 200	≥ 220	≥ 260

Für die nicht aufgeführten Nennlängen von HV-Schrauben ist der anzuwendende Weiterdrehwinkel in Abhängigkeit von der tatsächlichen Klemmlänge zu bestimmen.

$\Delta\theta_{KV}$ Weiterdrehwinkel für das kombinierte Vorspannverfahren nach DIN EN 1090-2,

$\Delta\theta_{MKV}$ Weiterdrehwinkel für das modifizierte kombinierte Vorspannverfahren nach DIN EN 1993-1-8/NA.

Tabelle 6: Nennlängen und zugehörige Weiterdrehwinkel für das kombinierte und modifizierte kombinierte Vorspannverfahren unter Verwendung von HV-Garnituren nach DIN EN 14399-4 und -8

Anziehschritt muss für alle Schrauben in einer Verbindung vollständig durchgeführt sein, bevor mit dem zweiten Anziehschritt begonnen wird;

- einem 2. Anziehschritt, in dem ein festgelegter Weiterdrehwinkel $\Delta\vartheta_{MKV}$ auf den gedrehten Teil der Garnitur aufgebracht wird. Die Lage der Mutter relativ zum Schraubengewinde muss nach dem ersten Anziehschritt mittels Markierkreide oder Markierfarbe gekennzeichnet werden, so dass der Weiterdrehwinkel der Mutter relativ zum Schraubengewinde in diesem zweiten Anziehschritt leicht bestimmt werden kann.

Der zweite Anziehschritt muss in Übereinstimmung mit den in **Tabelle 5** angegebenen Werten durchgeführt werden, sofern nichts anderes festgelegt wird.

Modifiziertes Drehmoment-Vorspannverfahren nach DIN EN 1993-1-8/NA

Die Schrauben müssen mit einem Anziehgerät angezogen werden, das einen geeigneten Arbeitsbereich bietet. Handbetriebene oder automatische Drehschrauber können verwendet werden. Schlagschrauber dürfen nur für den ersten Anziehschritt eingesetzt werden. Das Anziehmoment muss kontinuierlich und gleichmäßig aufgebracht werden.

Der Anziehvorgang mit dem modifizierten Drehmomentverfahren besteht mindestens aus den beiden folgenden Schritten:

- einem 1. Anziehschritt der beliebig gewählt werden kann. Dieser 1. Anziehschritt muss für alle Schrauben in einer Verbindung vollständig durchgeführt sein, bevor mit dem zweiten Anziehschritt begonnen wird;
- soll auf die Regelvorspannkraft $F_{p,C}^*$ nach **Tabelle 1** vorgespannt werden, so muss im 2. Anziehschritt das in **Tabelle 4** angegebene Anziehmoment M_A mit einem Drehschrauber aufgebracht werden. Bei kleinerer planmäßiger Vorspannkraft als der Regelvorspannkraft $F_{p,C}^*$ ist das Anziehmoment proportional zu reduzieren.

Dieses Verfahren ermöglicht ein beliebiges stufenweises Vorspannen in Anschlüssen mit vielen Schrauben sowie ein Nachziehen als Kontrolle oder zum Ausgleich von Vorspannkraftverlusten nach wenigen Tagen.

Drehimpuls-Vorspannverfahren nach DIN EN 1993-1-8/NA

Die Garnituren müssen mit Hilfe eines vorher auf geeignete Weise eingestellten Impuls- oder Schlagschraubers mit einer Unsicherheit von weniger als 4 % angezogen werden. Jedes hierfür benutzte Einstellgerät ist hinsichtlich seiner Messgenauigkeit regelmäßig nach Angaben des Geräteherstellers zu überprüfen. Soll auf die Regel-Vorspannkraft $F_{p,C}^*$ nach **Tabelle 1** vorgespannt wer-

den, so muss der Schrauber auf den um etwa 10 % gegenüber $F_{p,C}^*$ höheren Vorspannkraftwert $F_{V,DI}$ nach **Tabelle 4** eingestellt werden. Bei kleinerer planmäßiger Vorspannkraft als der Regel-Vorspannkraft $F_{p,C}^*$ sind die Einstell-Vorspannkraftwerte proportional zu reduzieren.

Kontrolle und Prüfung

Zur Kontrolle und Prüfung planmäßig vorgespannter Verbindungen siehe DIN EN 1090-2 und [1].

Normen

- DIN EN 1090-2:2008-12, Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken – Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken; Deutsche Fassung EN 1090-2:2008
- DIN EN 1993-1-8:2010-12, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen; Deutsche Fassung EN 1993-1-8:2005 + AC:2009
- DIN EN 1993-1-8/NA:2010-12, Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen
- DIN EN 14399-1:2006-06, Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau – Teil 1: Allgemeine Anforderungen; Deutsche Fassung EN 14399-1:2005
- DIN EN 14399-4:2006-06, Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau – Teil 4: System HV – Garnituren aus Sechskantschrauben und -muttern; Deutsche Fassung EN 14399-4:2005
- DIN EN 14399-8:2008-03, Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau – Teil 8: System HV – Garnituren aus Sechskant-Passschrauben und Muttern; Deutsche Fassung EN 14399-8:2007

Literatur

- [1] Schmidt, H., Zwätz, R., Bär, L., Kathage, K., Hüller, V., Kammel, C., Volz, M., Ausführung von Stahlbauten – Kommentar zu DIN EN 1090-1 und DIN EN 1090-2, Beuth Verlag GmbH, Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Berlin, 2012.
- [2] Schmidt, H., Stranghöner, N., Ausführung geschraubter Verbindungen nach DIN EN 1090-2, in: Stahlbau-Kalender 2011, Hrsg.: Kuhlmann, U., Verlag: Ernst & Sohn GmbH & Co. KG, Berlin, 2011.
- [3] Hasselmann, U., Valtinat, G., Geschraubte Verbindungen, in: Stahlbau-Kalender 2002, Hrsg.: Kuhlmann, U., Verlag: Ernst & Sohn GmbH & Co. KG, Berlin, 2002.
- [4] Wiegand, H., Kloos, K. H., Thomala, W., Schraubenverbindungen – Grundlagen, Berechnung, Eigenschaften, Handhabung; 5. Auflage. Berlin: Springer Verlag 2007.