Berliner Wasserbetriebe	**Notwendige Kontrollen beim Anziehen von Schraubverbindungen nach DIN EN 1090-2**	**WS 19563**

Klassifikation: Bautechnik, Verfahrens- und Maschinentechnik

Inhalt

1 Anwendungsbereich 1
2 Änderungen 1
3 Frühere Ausgaben 2
4 Begriffe 2
5 Symbole und Einheiten 2
6 Allgemeine Anforderungen 3
6.1 Arten von Schraubverbindungen 3
6.2 Kontrolle bei der Montage von Schraubverbindungen 4
6.3 Festigkeitsklasse 5
6.4 Zwischenbleche 5
7 Zusätzliche Anforderungen an nicht vorgespannte Schraubverbindungen 5
7.1 Anziehgeräte 5
7.2 Kontrolle der Kombination Schraube – Mutter – Scheibe 5
7.3 Anziehen nicht vorgespannter Schraubverbindungen 6
7.4 Restspalte 6
7.5 Wiederverwendung 6
8 Zusätzliche Anforderungen an vorgespannte Schraubverbindungen 7
8.1 Anziehgeräte für vorgespannte Schraubverbindungen 7
8.2 Kontrolle der Kombination Schraube – Mutter – Scheibe 7
8.3 Anziehen vorgespannter Schraubverbindungen 7
8.4 Gängige Anzugsverfahren 7
8.5 Restspalte 8
8.6 Nachziehen 8
8.7 Überprüfung von vorgespannten Schraubverbindungen 8
8.8 Wiederverwendung 11
9 Normative Verweisungen 12

1 Anwendungsbereich

Dieser Werke-Standard, WS 19563 gilt für die notwendigen Kontrollen beim Anziehen von geschraubten Verbindungen nach DIN EN 1090-2 bei der Errichtung von Stahl- und Aluminiumtragwerken.
Die Anforderungen an die Schraubverbindung nach WN 562/Rgbl. 281-2/WS 19562 sind zu beachten.

Dieser Werke-Standard ist vergaberelevant und darf Dritten zugänglich gemacht werden.

2 Änderungen

Gegenüber WS 19563:2025-09 wurde folgende Änderung vorgenommen:

a) ein Druckfehler in Abschnitt 8.2 wurde korrigiert.

Gesamtumfang 12 Seiten

Für diese Norm behalten wir uns alle Rechte vor.

3 Frühere Ausgaben

WS 19563:2025-09, Ersatz für „Arbeitsanweisung für nicht planmäßig und planmäßig vorgespannte Schraubverbindungen nach DIN EN 1090-2 (Stand Juli 2021)“.

4 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach WN 562/Rgbl. 281-2/WS 19562 und die folgenden Begriffe.

4.1
Anschluss
Bereich, in dem zwei Bauteile miteinander verbunden sind

[QUELLE: DIN EN 1993-1-8:2025-04, Abschnitt 3.1.1]

4.2
Gewindegang
über die axiale Länge des Gewindes schraubenlinienförmig verlaufende Gewindelücke oder Gewindezahn

[QUELLE: DIN 2244:2002-05]

4.3
handfest
das Anziehmoment, das von einer Person mit einem Schraubenschlüssel normaler Größe ohne Verlängerung erreicht werden kann bzw. der Arbeitspunkt an dem ein Schlagschrauber zu hämmern beginnt

[in Anlehnung an DIN 1090-2:2024-09, Abschnitt 8.3, Anmerkung 2]

4.4
Vorspannkraft
F_v [N]
beschreibt die axial zur Schraube wirkende Kraft, die aus dem Anziehmoment resultiert. Sie sorgt für die Verbindung der zu verbindenden Elemente.

5 Symbole und Einheiten

Für die Anwendung dieses Dokumentes gelten die in Tabelle 1 festgelegten Symbole und Einheiten.

Tabelle 1 – Symbole und Einheiten

Symbol	Größe	Einheit
Δd	zulässige Lochtoleranz (Nennlochspiel – Bohrloch größer als gefordert)	mm
F_Q	Belastungskraft quer zur Schraubenachse	N
F_S	Scherkraft in Schraubenachse	N
F_V	Vorab definierte Vorspannkraft	Nm
M_A	Anziehmoment	Nm
$Ü_a$	Gewindeüberstand außen	
$Ü_i$	Restgewindelänge innen	

6 Allgemeine Anforderungen

Es gelten die Vorgaben nach DIN EN 1090-2:2024-09, Abschnitt 8.2 sowie die folgenden Festlegungen.

6.1 Arten von Schraubverbindungen

Man unterscheidet grundsätzlich zwei Arten von Schraubverbindungen:
- nicht vorgespannte Schraubverbindungen („handfestes“ Anziehen) und
- vorgespannte Schraubverbindungen.

Wenn konstruktiv nichts Anderes verlangt wird, sind nicht vorgespannte Schraubverbindungen zu priorisieren.

6.1.1 Nicht vorgespannte Schraubverbindungen („handfestes“ Anziehen)

Nicht vorgespannte Schraubverbindungen werden vor allem für Bauteile mit vorwiegend ruhender Beanspruchung genutzt, wie zum Beispiel Bühnen oder Geländer. Diese Verbindungsart wird auch nach der Art der Beanspruchung, als Scher-/Lochleibungsverbindung (SL-Verbindung) bezeichnet. Die Übertragung der Belastungskräfte F_Q erfolgt quer zur Schraubenachse durch direkte Kraftübertragung von der Bohrungsinnenwand auf den Schaft der Schraube. Die wirkende Scherkraft F_S, kann bei einer Überbelastung zum Abscheren der Schraubverbindung führen. Bild 1 stellt schematisch die Belastungskräfte dar.

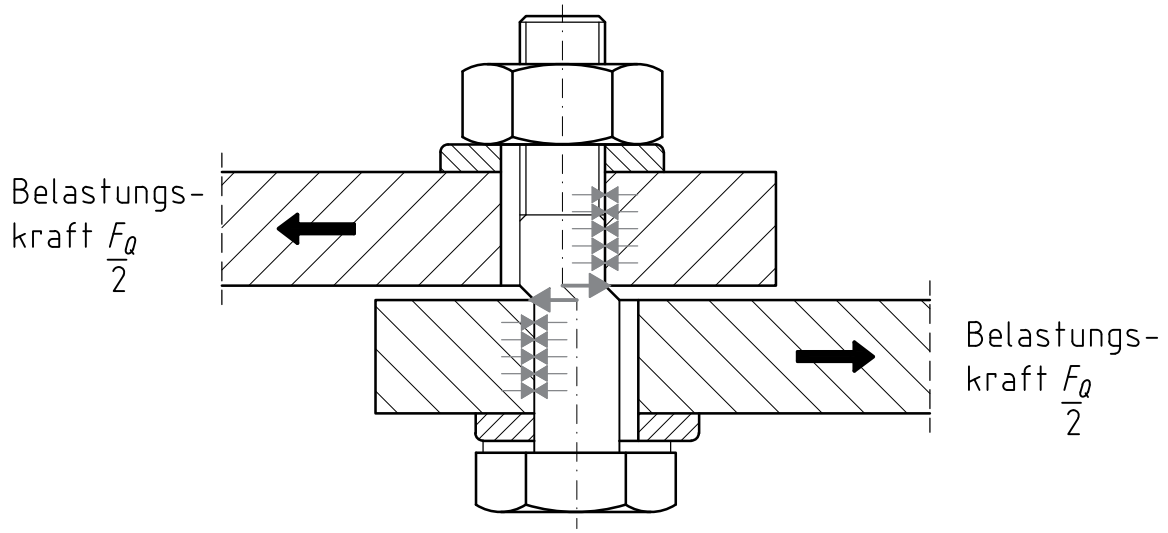


Bild 1 – Schematische Darstellung des Kraftflusses

6.1.2 Vorgespannte Schraubverbindungen

Der Nenndurchmesser der Schraube darf bei vorgespannten Schraubverbindungen nicht größer als M36 sein.
Vorgespannte Schraubverbindungen zeichnen sich dadurch aus, dass sie mit einem standardisierten Verfahren über ein Anziehmoment M_A (im einfachsten Falle realisiert mit einem Drehmomentschlüssel) mit einer vorab definierten Vorspannkraft F_V angezogen wurden.
Diese Vorspannkraft reicht aus, um sämtliche auf die Verbindung wirkenden Belastungen reib- und kraftschlüssig zu übertragen.
Derartige Verbindungen zeichnen sich dadurch aus, dass sie die Belastungskräfte F_Q reib- bzw. kraftschlüssig übertragen. Bild 2 stellt schematisch die Kraftübertragung dar.

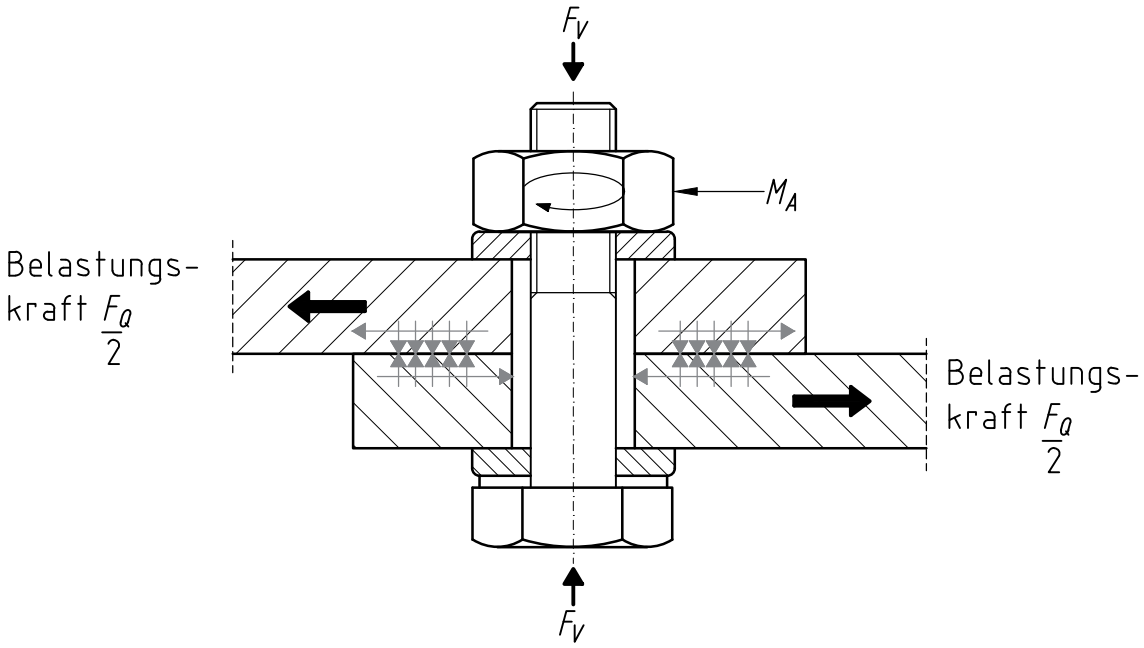


Bild 2 – Schematische Darstellung reibschlüssige Kraftübertragung

6.2 Kontrolle bei der Montage von Schraubverbindungen

6.2.1 Montagedokumentation

Anforderungen an die Montage sind in einer Montagedokumentation in Anlehnung an DIN EN 1090-2:2024-09, Abschnitt 9.3.2 zu dokumentieren. Die Erstellung ist vor und die Einhaltung während der Montage zu dokumentieren (siehe WS 19564).

6.2.2 Kontrolle der Schraubenlöcher vor der Montage

- die Anlageflächen müssen plan sein. Verhindern vorhandene Grate, lose Partikel und/oder dicke Farbanstriche einen festen, planebenen Sitz der zu verbindenden Teile, sind diese vor der Montage zu entfernen;
- zulässige Verfahren zur Herstellung der Schraubenlöcher sind:
  - bohren;
  - stanzen (sofern die Bauteildicke nicht größer ist als der Lochnenndurchmesser) und
  - thermisches Schneiden.
- die zulässigen Lochtoleranzen *Δd* (Nennlochspiel) sind in Tabelle 2 definiert;
- für die Ovalisierung von Schraubenlöchern gilt DIN EN 1090-2:2024-09, Tabelle B8, Zeile 6, Klasse 1. Die zulässige Abweichung beträgt ± 1 mm

Tabelle 2 – zulässige Lochtoleranzen

Schraubengröße	*Δd* [mm]
M12 und M14	1
M16 bis M24	2
≥ M27	3

6.2.3 Kontrolle der Schrauben vor der Montage

Der Schraubendurchmesser darf maximal ± 0,5 mm von der Vorgabe abweichen, vorausgesetzt die Schraube passt ohne Zwänge in das dafür vorgesehene Loch und lässt sich mit den vorgesehenen Verbindungsmitteln (Mutter, Gewindebohrung) verschrauben.

6.2.4 Kontrolle der Schraubengarnituren vor der Montage

- Lagerung:
  - Schraubengarnituren (Schrauben, Muttern und Scheiben vom selben Hersteller) sind bis zu ihrer Verwendung in der Originalverpackung des Herstellers geschützt zu lagern;
- Schadensfreiheit
  - Schraubengarnituren dürfen keine nennenswerten Oberflächenveränderungen (z. B. Verschmutzungen oder massive, voluminöse Korrosionsprodukte) aufweisen;
- Zertifizierung nicht vorgespannter Schraubengarnituren:
  - verwendete Schraubengarnituren müssen CE – zertifiziert sein und dem TYP „SB“ nach DIN EN 15048-1:2016-09 entsprechen;
- Zertifizierung vorgespannter Schraubengarnituren:
  - verwendete Schraubengarnituren müssen CE – zertifiziert sein.

6.2.5 Kontrolle der Einbauposition

- Steckrichtung:
  - vertikal angeordnete Schrauben von oben nach unten;
  - horizontal angeordnete Schrauben vom fixierten zum anschließenden Bauteil.
- die Kennzeichnungen der Schrauben und Muttern müssen sichtbar sein;
- die Mutter muss beim Aufschrauben frei drehbar sein.

6.2.6 Sichtprüfung nach der Montage

Auch bei der fertigen Schraubverbindung muss die Kennzeichnung der Mutter sichtbar sein. Nach DIN EN 1090-2:2024-09, Abschnitt 8.2.1 darf an Schrauben und Muttern nicht geschweißt werden, es sei denn es handelt sich um spezielle Schweißmuttern oder schweißgeeignete Bolzen.
Die Kontaktfläche zwischen den zu verbindenden Stahlbauteilen muss weitgehend flächig (geschlossen) sein.

6.3 Festigkeitsklasse

Die Festigkeitsklasse der Schraubverbindung muss 8.8 oder 10.9 nach DIN EN ISO 898-1:2019-05, Tabelle 3 (Sechskantschrauben), 8 (bei Festigkeitsklasse 8.8) bzw. 10 (bei Festigkeitsklasse 10.9) nach DIN EN ISO 898-2:2023-03, Tabelle 2 (Sechskantmuttern) sowie Härteklasse 200 HV nach DIN EN ISO 7089 bzw. DIN EN ISO 7093-1 (Unterlegscheiben) sein.
Werden Schrauben der Festigkeitsklasse 10.9 verwendet, ist kopfseitig sowie mutterseitig eine Scheibe anzuordnen.

6.4 Zwischenbleche

Zur Minimierung von Restspalten können maximal drei Zwischenbleche als Zwischenlage mit einer Mindestdicke von 2 mm eingesetzt werden. Die Zwischenbleche müssen mindestens die gleiche Korrosionsbeständigkeit wie die zu verschraubenden Bauteile aufweisen.
Bei vorgespannten Schraubverbindungen sind die Überprüfungsmaßnahmen nach Abschnitt 8.7 durchzuführen.

7 Zusätzliche Anforderungen an nicht vorgespannte Schraubverbindungen

7.1 Anziehgeräte

- Schraubenschlüssel;
- Drehmomentschlüssel mit geeignetem Arbeitsbereich (siehe Tabelle 3).

7.2 Kontrolle der Kombination Schraube – Mutter – Scheibe

Vor der Montage ist zu überprüfen, ob die Gewindeüberstände den folgenden Vorgaben entsprechen:

- Gewindeüberstand außen ($\ddot{U}_a$):
  - der äußere Gewindeüberstand muss nach dem Anziehen mindestens **einem** Gewindegang entsprechen (siehe Bild 3).

– Restgewindelänge innen ($Ü_i$):
  - die restliche innere Gewindelänge muss nach dem Anziehen mindestens **einem** Gewindegang entsprechen (siehe Bild 3).

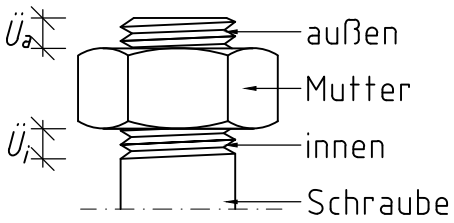


Bild 3 – Gewindeüberstand und Restgewindelänge (Prinzipskizze)

7.3 Anziehen nicht vorgespannter Schraubverbindungen

Nach DIN EN 1090-2:2024-09, Abschnitt 8.3 ist jede Schraubverbindung mindestens „handfest“ anzuziehen. „Handfest“ angezogene Schraubverbindungen gelten als nicht vorgespannt.
Tabelle 3 stellt die Anziehmomente $M_{A,\ Handfest}$ dar, die erfahrungsgemäß beim „handfesten“ Anziehen wirken.

Tabelle 3 – „Handfeste“ Anziehmomente

Schraubengröße	$M_{A,\ Handfest}$ [Nm]
M12	15
M16	35
M20	60
M22	90
M24	110
M27	165
M30	220
M36	350

Bis zu einer gewissen Belastungsgrenze gilt:
Je größer das Anziehmoment, desto größer ist die wirkende Vorspannkraft. Eine Überbeanspruchung mit gebräuchlichen Werkzeugen (z. B. Schraubenschlüssel) kann ausgeschlossen werden.

7.4 Restspalte

Ein Restspalt zwischen den Kontaktflächen von maximal 2 mm bei Blechen oder Blechprofilen bis 4 mm Dicke ist tolerierbar; bei Blechen und Blechprofilen von über 4 mm Dicke ist ein Restspalt von maximal 4 mm tolerierbar.
Bei Profilquerschnitten gilt DIN EN 1090-2:2024-09, Abschnitt 8.3.

7.5 Wiederverwendung

Da die Schraubverbindung in Folge der einwirkenden Vorspannkraft nicht plastisch, sondern nur elastisch verformt wurde, können Schraube, Mutter und etwaige Scheiben wiederverwendet werden.

8 Zusätzliche Anforderungen an vorgespannte Schraubverbindungen

8.1 Anziehgeräte für vorgespannte Schraubverbindungen

- Drehschrauber;
- Schlagschrauber für den ersten Anziehschritt;
- Drehmomentschlüssel mit geeignetem Arbeitsbereich (siehe Abschnitt 8.4.1).

8.2 Kontrolle der Kombination Schraube – Mutter – Scheibe

- Gewindeüberstand außen ($\ddot{U}_a$):
  - der äußere Gewindeüberstand muss nach dem Anziehen mindestens **einem** Gewindegang entsprechen (siehe Bild 3).
- Restgewindelänge innen ($\ddot{U}_i$):
  - die restliche innere Gewindelänge muss nach dem Anziehen mindestens **vier** Gewindegängen entsprechen (siehe Bild 3).

8.3 Anziehen vorgespannter Schraubverbindungen

Es gelten vorrangig die Vorgaben nach DIN EN 1090-2:2024-09, Abschnitt 8.5.
Verwendete Schrauben, Muttern und Scheiben müssen der DIN EN 14399-1 und 2 entsprechen.

Vor Beginn des planmäßigen Vorspannens müssen alle Schraubverbindungen handfest angezogen werden. Vor dem weiteren Vorspannen bzw. endgültigem Vorspannen dürfen sie nicht für längere Zeit der Witterung ausgesetzt werden.
Es wird grundsätzlich die Mutter gespannt.

Die zu verwendete Schraube (inklusive Herstellungsart und Angabe der Festigkeitsklasse) sowie das anzuwendende Anziehverfahren werden konstruktiv auftraggeberseitig bzw. durch die Planung (im folgenden nur Planung) vorgegeben. Das gängigste Anziehverfahren ist das „Drehmomentverfahren“.

Die Größe des aufzubringenden Anziehdrehmomentes wird von der Planung festgelegt und angegeben (z. B. „Die Schrauben an den Positionen 4 bis 6 laut Zeichnung xyz sind im Drehmomentverfahren planmäßig mit 500 Nm vorzuspannen.“) Die Ausführung ist in der Montageanweisung zu dokumentieren.

Das Anziehen ist schrittweise, ausgehend vom Bauteil mit der größten Steifigkeit hin zum nachgiebigsten Bauteil, durchzuführen. Um eine gleichmäßige Vorspannkraft zu erzielen, kann es notwendig sein, mehr als einen Anziehschritt durchzuführen.

Beim Einsatz von Schraubengarnituren aus nichtrostenden Stählen, sind besondere Anforderungen an Kontaktflächen und Oberflächenbehandlung durch die Planung festzulegen und zu beachten (z. B. Bestimmung der Vorspannkraftverluste bei dicken Oberflächenbeschichtungen der zu verbindenden Element nach DIN EN 1090-2:2024-09, Anhang I).

8.4 Gängige Anzugsverfahren

Die Klassen für Anziehverfahren sind nach DIN EN 1090-2:2024-09. Tabelle 19 geregelt.

8.4.1 Drehmomentverfahren (Klasse K2)

Die erforderliche Vorspannkraft F_V wird durch ein messbares Anziehmoment M_A erzeugt. Das verwendete Anziehgerät (z. B. ein Drehmomentschlüssel) darf maximal eine Toleranz von ± 4 % aufweisen. Für das Anziehgerät muss eine Kalibrierbescheinigung vorliegen.

Das Anziehmoment ist kontinuierlich und gleichmäßig aufzubringen. Nach dem Aufbringen ist die Verbindung zu markieren. Die Markierung muss über die Mutter bzw. den Schraubenkopf und über ggf. vorhandene Unterlegscheiben auf das zu verbindende Bauteil in einer Linie gehen.

8.4.2 Kombiniertes Vorspannverfahren (Klasse K1)

Im ersten Schritt sind 75 % des Anziehmomentes aufzubringen (siehe hierzu Tabelle 4).

Tabelle 4 – Anziehmoment $M_{A,1}$ in Nm nach DIN EN 1090-2:2024-09, Tabelle 20 für den ersten Schritt des kombinierten Verfahrens

Festigkeits-klasse	Schraubendurchmesser [mm]									
	12	**14**	**16**	**18**	**20**	**22**	**24**	**27**	**30**	**36**
8.8	53	85	132	182	258	351	446	652	886	1548
10.9	67	106	165	227	322	439	557	815	1107	1935

Im zweiten Schritt wird ein vordefinierter Weiterdrehwinkel auf den gedrehten Teil der Schraubverbindung (meistens die Mutter) aufgebracht. Dazu muss die Lage der Mutter nach dem ersten Anziehschritt markiert werden, so dass der Weiterdrehwinkel der Mutter im Verhältnis zur Schraube im zweiten Anziehschritt erkennbar ist. Tabelle 5 legt die Weiterdrehwinkel nach DIN EN 1020-2:2024-09, Abschnitt 8.5.4, b) für die Festigkeitsklassen 8.8 und 10.9 fest.
Nach dem zweiten Anziehschritt ist die Verbindung zu markieren. Die Markierung muss über die Mutter bzw. den Schraubenkopf und über ggf. vorhandene Unterlegscheiben auf das zu verbindende Bauteil in einer Linie gehen.

Tabelle 5 – Weiterdrehwinkel für den zweiten Schritt des kombinierten Verfahrens nach DIN EN 1090-2:2024-09, Tabelle 21

Gesamtnenndicke *t* der zu verbindenden Teile (einschl. aller Futterbleche und Scheiben) mit *d* = Schraubendurchmesser	**Während des zweiten Anziehschrittes aufzubringender Weiterdrehwinkel**	
	Grad	**Drehung**
$t < 2d$	60	1/6
$2d \leq t < 6d$	90	1/4
$6d \leq t \leq 10d$	120	1/3
ANMERKUNG Ist die Oberfläche unter dem Schraubenkopf oder der Mutter (unter Berücksichtigung von ggf. eingesetzten Keilscheiben) nicht senkrecht zur Schraubenachse, sollte der erforderliche Weiterdrehwinkel durch Versuche bestimmt werden.		

8.5 Restspalte

Ein Restspalt zwischen den Kontaktflächen von maximal 2 mm mittig sowie 4 mm außen bei Blechen oder Blechprofilen bis 4 mm Dicke ist tolerierbar.
Bei Profilquerschnitten gilt DIN EN 1090-2:2024-09, Abschnitt 8.3.

8.6 Nachziehen

In Anlehnung an DIN EN 1090-2:2024-09, Anhang I ist bei Kontaktflächen mit „dicker“ Beschichtung (> 100 µm) zum Ausgleich von Vorspannkraftverlusten die Überprüfung und ggf. das Nachziehen der Verbindung wenige Tage nach der Montage notwendig.

8.7 Überprüfung von vorgespannten Schraubverbindungen

8.7.1 Umfang der Überprüfung

Für stichprobenartige Kontrollen gelten die Vorgaben nach DIN EN 1090-2:2024-9, Anhang M (siehe Bild 4 und 5).
Bei ruhender Beanspruchung sind 5 % der Verbindungen zu überprüfen; bei nicht ruhender Beanspruchung 10 %.

Bei weniger als 20 Verbindungen sind mindestens zwei Schraubverbindungen bzw. bei nur einer Verbindung eine Schraubverbindung zu überprüfen.

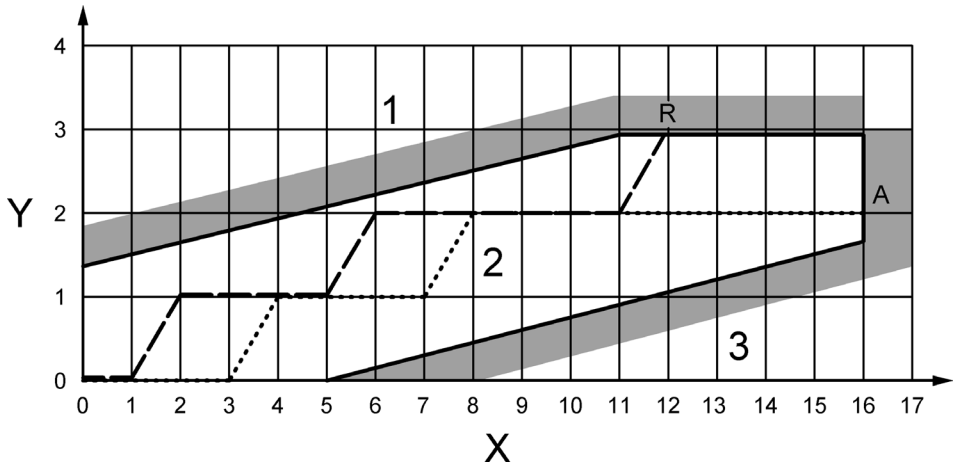
8.7.1.1 Sequentielles Verfahren

Für das sequentielle Verfahren zur stichprobenartigen Überprüfung gelten die Vorgaben nach ISO 2859-5.

Es wird das grafische Verfahren zur Inspektion von Verbindungsmitteln angewandt. Beim grafischen Verfahren beschreibt die horizontale Achse (X-Achse) die Anzahl der zu überprüfenden Verbindungen und die vertikale Achse (Y-Achse) die Anzahl der fehlerhaften Verbindungen.

Die Linien in der Grafik legen drei Bereiche fest:
a) den Annahmebereich (A);
b) den Rückweisungsbereich (R) und
c) den Unbestimmtheitsbereich.

Je nach Anzahl der Schraubverbindungen ist der Typ des sequentiellen Verfahrens zu wählen (Typ A oder Typ B). Die Diagramme in Bild 5 und 6 definieren die genannten Bereiche. Solange das Inspektionsergebnis im Unbestimmtheitsbereich liegt, wird die Überprüfung fortgesetzt, bis die fortschreitende Aufzeichnung entweder im Annahmebereich oder im Rückweisungsbereich landet. Annahme bedeutet, dass eine Fortsetzung der Stichprobeninspektion nicht erforderlich ist (siehe Beispiel in Bild 4).



Legende
X Anzahl inspizierter Verbindungsmittel
Y Anzahl fehlerhafter Verbindungsmittel
1 Rückweisungsbereich
2 Unbestimmtheitsbereich
3 Annahmebereich

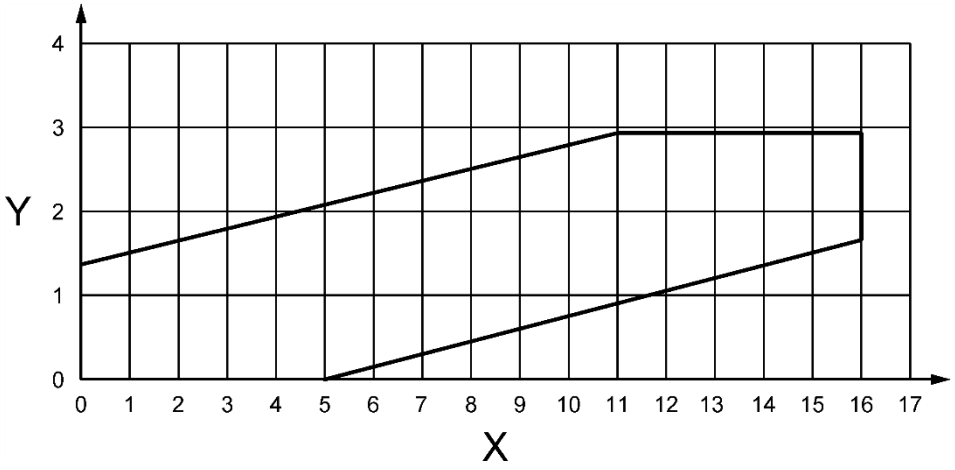
BEISPIEL
Gestrichelte Linie: Das zweite, sechste und zwölfte Verbindungsmittel werden als fehlerhaft erkannt. Der Austritt aus dem Unbestimmtheitsbereich erfolgt in den Rückweisungsbereich hinein. Das Ergebnis lautet „Rückweisung“.
Gepunktete Linie: Das vierte und das achte Verbindungsmittel werden als fehlerhaft erkannt. Die Inspektion wird fortgesetzt, bis die vertikale Begrenzungslinie gekreuzt wird. Das Ergebnis lautet „Annahme“.

QUELLE: DIN EN 1090-2:2024-09, Bild M.1

Bild 4 – Beispiel für das sequentielle Inspektionsdiagramm

8.7.1.2 Sequentieller Typ A

- Mindestanzahl zu überprüfender Schraubverbindungen: 5
- Maximalanzahl zu überprüfender Schraubverbindungen: 16



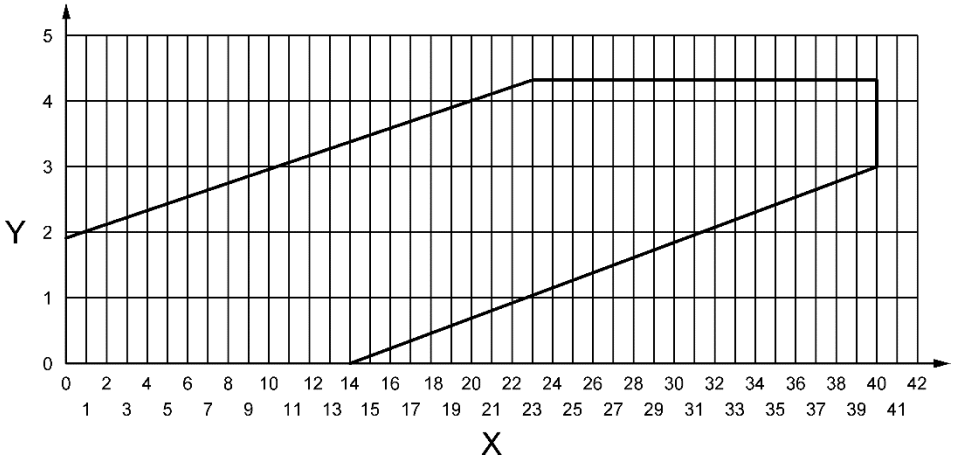
Legende
X Anzahl überprüfter Schraubverbindungen
Y Anzahl fehlerhafter Schraubverbindungen

QUELLE: DIN EN 1090-2:2024-09, Bild M.2

Bild 5 – Sequentieller Typ A

8.7.1.3 Sequentieller Typ B

- Mindestanzahl zu überprüfender Schraubverbindungen: 14
- Maximalanzahl zu überprüfender Schraubverbindungen: 40



Legende
X Anzahl überprüfter Schraubverbindungen
Y Anzahl fehlerhafter Schraubverbindungen

QUELLE: DIN EN 1090-2:2024-09, Bild M.3

Bild 6 – Sequentieller Typ B

8.7.2 Durchführung der Überprüfung

Vorgespannte Schraubverbindungen sind wenige Tage nach der Montage zu prüfen. Eine Schraubverbindung ist nach der Markierung (Lage der Mutter relativ zum Schraubenkopf) durch Weiteranziehen zu prüfen. Das Prüfgerät (z. B. Drehmomentschlüssel) muss dabei dem Anziehgerät entsprechen.
Das Prüfgerät ist auf einen Wert, der 5 % über dem ursprünglichen Anziehmoment liegt einzustellen.

8.7.3 Auswertung der Überprüfung

Ist eine zweifelsfreie Prüfung nicht möglich, d. h. befindet sich ein Großteil der Messungen im Unbestimmtheitsbereich, muss die Arbeitsweise an mindestens 10 % der Verbindungen überwacht werden. Werden dabei Abweichungen von den in der jeweiligen Verfahrensprüfung (siehe Abschnitt 8.7.1) festgelegten Vorgaben festgestellt, ist nach der Korrektur die gesamte Ausführung zu überprüfen und zu überwachen.

Lässt sich die Mutter (Schraube) im Bezug zur Schraube (Gewindebohrung) weiter als 15° und weniger als 30° drehen, dann ist die Garnitur (Schraube) nicht vollständig vorgespannt. Der Anziehvorgang ist zu wiederholen.
Weitere Prüfungen sind nicht erforderlich.

Tabelle 6 gibt an, welche weiteren Prüfungen notwendig werden, wenn sich bei der erstmaligen Prüfung einer Schraubenreihe / innerhalb eines Anschlusses Unregelmäßigkeiten (z. B. Weiterdrehwinkel ≥ 30°) ergeben.

Tabelle 6 – Weitere Prüfungen

Weiterdrehwinkel in Grad	Bewertung	weitere Prüfmaßnahmen
< 30	Vorspannung ausreichend durchgeführt	keine weitere Prüfung notwendig → nachspannen
≥ 30 < 60	Vorspannung bedingt ausreichend durchgeführt	betroffene Verbindung nachspannen und zwei benachbarte Verbindungen im gleichen Anschluss prüfen
≥ 60	Vorspannung nicht ausreichend	betroffene Verbindung auswechseln und zwei benachbarte Verbindungen im gleichen Anschluss prüfen

8.8 Wiederverwendung

Wird eine vorgespannte Schraubverbindung später wieder gelöst, muss sie ausgebaut und durch neue Verbindungsmittel ersetzt werden. Eine Wiederverwendbarkeit ist ausgeschlossen.

9 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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 2244, *Gewinde – Begriffe und Bestimmungsgrößen für zylindrische Gewinde*

DIN EN 1090-2, *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken – Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken*

DIN EN 1993-1-8*, Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 1-8: Anschlüsse*

DIN EN 14399-1, *Hochfeste vorspannbare Garnituren für Schraubverbindungen im Metallbau – Teil 1: Allgemeine Anforderungen*

DIN EN 14399-2, *Hochfeste vorspannbare Garnituren für Schraubverbindungen im Metallbau – Teil 2: Eignung zum Vorspannen*

DIN EN 15048-1, *Garnituren für nicht vorgespannte Schraubverbindungen im Metallbau – Teil 1: Allgemeine Anforderungen;*

DIN EN ISO 898-1, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl – Teil 1: Schrauben mit festgelegten Festigkeitsklassen - Regelgewinde und Feingewinde*

DIN EN ISO 898-2, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl – Teil 2: Muttern mit festgelegten Festigkeitsklassen*

DIN EN ISO 7089, *Flache Scheiben; Normale Reihe, Produktklasse*

DIN EN ISO 7093-1, *Flache Scheiben - Große Reihe – Teil 1: Produktklasse A*

ISO 2859-5, *Annahmestichprobenprüfung anhand der Anzahl fehlerhafter Einheiten oder Fehler (Attributprüfung) – Teil 5: System sequentieller Stichprobenpläne für losweise Prüfung, geordnet nach der annehmbaren Qualitätsgrenzlage (AQL)*

WN 562/Rgbl. 281-2/WS 19562, *Schraubverbindungen*

WS 19564, *Montageanweisung für Schraubverbindungen nach DIN EN 1090-2*