

**Allgemeine
bauaufsichtliche
Zulassung/
Allgemeine
Bauartgenehmigung**

Zulassungsstelle für Bauprodukte und Bauarten

Bautechnisches Prüfamt

Eine vom Bund und den Ländern
gemeinsam getragene Anstalt des öffentlichen Rechts

Mitglied der EOTA, der UEAtc und der WFTAO

Datum:

03.05.2019

Geschäftszeichen:

I 33-1.14.4-18/19

Nummer:

Z-14.4-10

Geltungsdauer

vom: **3. Mai 2019**

bis: **9. Mai 2024**

Antragsteller:

MERO-TSK International GmbH & Co. KG

Max-Mengeringhausen-Straße 5
97084 Würzburg

Gegenstand dieses Bescheides:

MERO-Raumfachwerk und seine Komponenten

Der oben genannte Regelungsgegenstand wird hiermit allgemein bauaufsichtlich
zugelassen/ genehmigt.

Dieser Bescheid umfasst 15 Seiten und 13 Anlagen.

Diese allgemeine bauaufsichtliche Zulassung/allgemeine Bauartgenehmigung ersetzt die allgemeine
bauaufsichtliche Zulassung Nr.Z-14.4-10 vom 9. Mai 2014.

I ALLGEMEINE BESTIMMUNGEN

- 1 Mit diesem Bescheid ist die Verwendbarkeit bzw. Anwendbarkeit des Regelungsgegenstandes im Sinne der Landesbauordnungen nachgewiesen.
- 2 Dieser Bescheid ersetzt nicht die für die Durchführung von Bauvorhaben gesetzlich vorgeschriebenen Genehmigungen, Zustimmungen und Bescheinigungen.
- 3 Dieser Bescheid wird unbeschadet der Rechte Dritter, insbesondere privater Schutzrechte, erteilt.
- 4 Dem Verwender bzw. Anwender des Regelungsgegenstandes sind, unbeschadet weiter gehender Regelungen in den "Besonderen Bestimmungen", Kopien dieses Bescheides zur Verfügung zu stellen. Zudem ist der Verwender bzw. Anwender des Regelungsgegenstandes darauf hinzuweisen, dass dieser Bescheid an der Verwendungs- bzw. Anwendungsstelle vorliegen muss. Auf Anforderung sind den beteiligten Behörden ebenfalls Kopien zur Verfügung zu stellen.
- 5 Dieser Bescheid darf nur vollständig vervielfältigt werden. Eine auszugsweise Veröffentlichung bedarf der Zustimmung des Deutschen Instituts für Bautechnik. Texte und Zeichnungen von Werbeschriften dürfen diesem Bescheid nicht widersprechen, Übersetzungen müssen den Hinweis "Vom Deutschen Institut für Bautechnik nicht geprüfte Übersetzung der deutschen Originalfassung" enthalten.
- 6 Dieser Bescheid wird widerruflich erteilt. Die Bestimmungen können nachträglich ergänzt und geändert werden, insbesondere, wenn neue technische Erkenntnisse dies erfordern.
- 7 Dieser Bescheid bezieht sich auf die von dem Antragsteller gemachten Angaben und vorgelegten Dokumente. Eine Änderung dieser Grundlagen wird von diesem Bescheid nicht erfasst und ist dem Deutschen Institut für Bautechnik unverzüglich offenzulegen.
- 8 Die von diesem Bescheid umfasste allgemeine Bauartgenehmigung gilt zugleich als allgemeine bauaufsichtliche Zulassung für die Bauart.

II BESONDERE BESTIMMUNGEN

1 Regelungsgegenstand und Verwendungs- bzw. Anwendungsbereich

Zulassungsgegenstand sind Rohre mit angeschweißten kegelstumpfförmigen Bauelementen (Kegelstücke), Muffen, Bolzen, Kerbstifte und Knoten. Das Rohr mit Kegelstücken, Bolzen und Muffen wird im Weiteren auch als Stab bezeichnet. Die Stabwerksknoten sind kugelförmig oder stabförmig ausgebildete Knotenstücke mit eben gefrästen Flächen, in die Anschlussgewinde geschnitten sind.

Genehmigungsgegenstand ist eine Bauart von ebenen und räumlichen Stabwerken aus o. g. Stäben und Knoten nach Anlage 1. Die Anschlusskonstruktion der Stäbe kann Normalkräfte, Querkkräfte und Biegemomente übertragen.

Dieser Bescheid gilt für Stabwerke, die das Bildungsgesetz für Fachwerke erfüllen, so dass auch bei Vernachlässigung von in den Systemknoten auftretenden Biegemomenten ein Gleichgewichtszustand möglich ist, es sei denn, die Aufnahme und Weiterleitung der Biegemomente wird separat nachgewiesen.

Dieser Bescheid gilt für statische oder quasi-statische Einwirkungen mit Bezug auf DIN EN 1990:2010-12 in Verbindung mit dem Nationalen Anhang. Konstruktionen mit dieser Bauart unter ermüdungsrelevanten Beanspruchungen sind nicht zulässig.

2 Bestimmungen für die Bauprodukte

2.1 Eigenschaften und Zusammensetzung

2.1.1 Rohre mit Kegelstücken

Die Rohre nach DIN EN 10296-1:2004-02, DIN EN 10297-1:2003-06, DIN EN 10219-1:2006-07 oder DIN EN 10210-1:2006-07 sind aus Stahl S235 oder S355 zu fertigen. Bei der Auswahl der Stahlgüte ist DIN EN 1993-1-10:2010-12 in Verbindung mit dem Nationalen Anhang zu beachten. Die Kegelstücke sind aus Stahl S355J2 nach DIN EN 10025-2:2005-04 zu fertigen.

Die Form der Rohre mit den angeschweißten Kegelstücken muss den Anlagen 1 bis 4 entsprechen. Die Rohre dürfen keine sichtbaren Vorkrümmungen und keine sichtbaren Vorbeulen oder sonstige Fehler aufweisen. Für den Anschluss an nicht rechtwinklig geschnittene Rohre der ReD-Stäbe nach Anlage 3 und 4 dürfen Kegelstücke mit kreisförmigem Querschnitt verwendet werden.

Die größte zulässige Abweichung von der Stablänge (Systemlänge abzüglich Knoten) beträgt $\pm 1,5$ mm oder $\pm 1,0$ ‰; der kleinere Wert ist maßgebend.

Bei Ausführung lasergeschweißter I-Nähte (vgl. Abschnitt 2.2.1) gilt für die Toleranzen der Stirnflächen der Rohre und Kegelstücke ein maximaler Planschlag von $\pm 0,1$ mm.

2.1.2 Bolzen, Muffen und Kerbstifte

Die Werkstoffe der Bolzen nach Anlage 5, der Muffen nach Anlage 6 und der Kerbstifte müssen den Werten der Tabelle 2 (Anlage 9) entsprechen.

Die Kerbschlagzähigkeit der Bolzen ist an Werkstoffproben zu bestimmen, die aus dem Schaft verzinkter Bolzen nahe der Oberfläche zu entnehmen sind. Dabei müssen die Werte der Tabelle 3 (Anlage 9) erreicht werden.

Die Bolzen müssen metrische ISO-Gewinde nach DIN 13-1:1999-11 (Regelgewinde) oder DIN 13-9:1999-11 (Feingewinde, Steigung 4 mm) haben. Die Abmessungen sind Tabelle 1 (Anlage 5) zu entnehmen. Der Gewindenennendurchmesser darf nicht größer als M 90 sein. Die Abmessungen der Muffen sind Anlage 6 zu entnehmen.

2.1.3 Knotenstücke

Kugelförmige Knotenstücke nach Anlage 7 müssen warmgepresste Stahlschmiedeteile aus Stahl C45, normalgeglüht oder vergütet, nach DIN EN ISO 683-1:2018-09 oder DIN EN 10343:2009-07 sein. Für Knotenstücke nach Anlage 8 muss Stahl der Sorte S355J2 nach DIN EN 10025-2:2005-04 verwendet werden; gleiches gilt für Knotenstücke, an denen geschweißt wird.

Die Zugfestigkeit R_m muss den beim Deutschen Institut für Bautechnik hinterlegten Angaben entsprechen.

Die Form der Knotenstücke muss den Anlagen 7 oder 8 entsprechen. Die Anschlussgewinde der kugelförmigen Knotenstücke nach Anlage 7 müssen metrische ISO-Gewinde nach DIN 13-1:1999-11 oder DIN 13-9:1999-11 sein. Die Zahl der Anschlussgewinde ist bei einem Knotenstück auf 18, in einer Ebene auf 8 begrenzt.

Die größte zulässige Abweichung vom Abstand $2 f_h$ der Anlageflächen (siehe Anlage 7) beträgt $\pm 0,2$ mm.

2.2 Herstellung und Kennzeichnung

2.2.1 Herstellung

Die Bauteile sind, abhängig von der in Abstimmung mit dem Tragwerksplaner und der Genehmigungsbehörde geforderten Ausführungsklasse, nach den Regeln von DIN EN 1090-1:2012-2 und DIN EN 1090-2:2018-09 herzustellen.

Für die Schweißverbindung von Rohr und Kegelstück ist Anlage 2 maßgebend. Lichtbogen-geschweißte HV-Nähte und Überlappnähte sind zulässig, wenn die Wanddicke der Rohre mindestens 1,6 mm beträgt und mechanisch geschweißt wird. Lasergeschweißte I-Nähte sind möglich, wenn die Schweißparameter für die betreffenden Rohrdurchmesser und Wanddicken nach einer Verfahrensprüfung an der Schweißanlage festgelegt sind.

2.2.2 Kennzeichnung

Der Lieferschein der Stäbe (Rohre mit Kegelstücken, Bolzen und Muffen) und der Knotenstücke muss vom Hersteller mit dem Übereinstimmungszeichen (Ü-Zeichen) nach den Übereinstimmungszeichen-Verordnungen der Länder gekennzeichnet werden. Die Kennzeichnung darf nur erfolgen, wenn die Voraussetzungen nach Abschnitt 2.3 erfüllt sind.

Jeder Stab ist zusätzlich im Bereich der Kegelstücke oder an einer anderen geeigneten Stelle zu kennzeichnen. Der Außendurchmesser des Rohres, die Wanddicke und die Länge des Stabes sind anzugeben. Diese Kennzeichnung darf bei Vorliegen einer besonderen Stückliste durch Symbole ersetzt werden.

Die Bolzen sind zusätzlich entsprechend Tabelle 6 (Anlage 10) zu kennzeichnen.

Bauteile mit abgeminderter Beanspruchbarkeit (vgl. Abschnitt 2.3.2.1) müssen besonders gekennzeichnet werden.

2.3 Übereinstimmungsbestätigung

2.3.1 Allgemeines

Die Bestätigung der Übereinstimmung der Bauprodukte mit den Bestimmungen der von diesem Bescheid erfassten allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung muss für jedes Herstellwerk mit einem Übereinstimmungszertifikat auf der Grundlage einer werkseigenen Produktionskontrolle und einer regelmäßigen Fremdüberwachung einschließlich einer Erstprüfung der Bauprodukte nach Maßgabe der folgenden Bestimmungen erfolgen.

Für die Erteilung des Übereinstimmungszertifikats und die Fremdüberwachung einschließlich der dabei durchzuführenden Produktprüfungen hat der Hersteller der Bauprodukte eine hierfür anerkannte Zertifizierungsstelle sowie eine hierfür anerkannte Überwachungsstelle einzuschalten.

Die Erklärung, dass ein Übereinstimmungszertifikat erteilt ist, hat der Hersteller durch Kennzeichnung der Bauprodukte mit dem Übereinstimmungszeichen (Ü-Zeichen) unter Hinweis auf den Verwendungszweck abzugeben.

Dem Deutschen Institut für Bautechnik ist von der Zertifizierungsstelle eine Kopie des von ihr erteilten Übereinstimmungszertifikats zur Kenntnis zu geben.

2.3.2 Werkseigene Produktionskontrolle

In jedem Herstellwerk ist eine werkseigene Produktionskontrolle einzurichten und durchzuführen. Unter werkseigener Produktionskontrolle wird die vom Hersteller vorzunehmende kontinuierliche Überwachung der Produktion verstanden, mit der dieser sicherstellt, dass die von ihm hergestellten Bauprodukte den Bestimmungen der von diesem Bescheid erfassten allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung entsprechen.

Die werkseigene Produktionskontrolle soll mindestens die in den Abschnitten 2.3.2.1 bis 2.3.2.4 aufgeführten Maßnahmen einschließen.

Die Ergebnisse der werkseigenen Produktionskontrolle sind aufzuzeichnen und auszuwerten. Die Aufzeichnungen müssen mindestens folgende Angaben enthalten:

- Bezeichnung des Bauprodukts und des Ausgangsmaterials und der Bestandteile
- Art der Kontrolle oder Prüfung
- Datum der Herstellung und der Prüfung des Bauprodukts und des Ausgangsmaterials oder der Bestandteile
- Ergebnis der Kontrollen und Prüfungen und Vergleich mit den Anforderungen
- Unterschrift des für die werkseigene Produktionskontrolle Verantwortlichen.

Die Aufzeichnungen sind mindestens fünf Jahre aufzubewahren und der für die Fremdüberwachung eingeschalteten Überwachungsstelle vorzulegen. Sie sind dem Deutschen Institut für Bautechnik und der zuständigen obersten Bauaufsichtsbehörde auf Verlangen vorzulegen.

Bei ungenügendem Prüfergebnis sind vom Hersteller unverzüglich die erforderlichen Maßnahmen zur Abstellung des Mangels zu treffen. Bauprodukte, die den Anforderungen nicht entsprechen, sind so zu handhaben, dass Verwechslungen mit übereinstimmenden ausgeschlossen werden. Nach Abstellung des Mangels ist - soweit technisch möglich und zum Nachweis der Mängelbeseitigung erforderlich - die betreffende Prüfung unverzüglich zu wiederholen.

2.3.2.1 Traglastversuche

Es sind Versuche an Knoten, an mit den Rohren verschweißten Kegelstücken, an Bolzen und an Muffen durchzuführen. Die Versuchsstücke sollen ein repräsentativer Querschnitt der laufenden Herstellung sein.

- a) Auf je 1.000 gefertigte Knoten ist ein Zugversuch an einem Knoten und zwei Bolzen durchzuführen.
- b) Auf je 2.000 gefertigte Stäbe sind Zugversuche an zwei Stabanschlüssen (Kegelstück) mit je einem Bolzen durchzuführen.
- c) Auf je 5000 gefertigte Stäbe sind Druckversuche an zwei Stabanschlüssen durchzuführen.
- d) An Muffen mit einem Nennmaß ≥ 70 mm ist für jedes Nennmaß pro 500 Muffen einer Lieferung ein Druckversuch durchzuführen.

Die Traglasten oder Prüflasten der Versuchsstücke müssen mindestens die folgenden Werte erreichen:

- a) bei den Zugversuchen mit Knoten aus C 45 und
 - Bolzen 5.6 die 1,1-fache oder
 - Bolzen 8.8 oder 10.9 die 1,375-fache

Grenzzugkraft $Z_{R,d}$ nach Abschnitt 3.2.4.2.1.

Bei Zugversuchen mit Knoten aus der Stahlsorte S355 müssen für Bolzen der Festigkeitsklassen 8.8 und 10.9 mindestens 85 % der zuvor genannten Werte erreicht werden.

- b) bei den Zug- und Druckversuchen mit Stabanschlüssen den für das Versagen maßgebenden Wert:
 - den Wert nach a) (nur bei Zugversuchen), wenn der Bolzen versagt oder
 - die 1,1-fache Grenzdruckkraft $D_{R,d}$ der Muffe nach Abschnitt 3.2.4.2.2, wenn die Muffe versagt oder
 - die $(1,33 \cdot 1,1)$ -fache Grenznormalkraft im Schweißnahtquerschnitt, berechnet nach Abschnitt 3.2.4.3, wenn die Schweißnaht versagt oder
 - die 1,1-fache Grenznormalkraft im ungeschwächten Rohrquerschnitt oder an einer Lochschwächung (z. B. Montageloch), berechnet nach Abschnitt 3.2.4.1, wenn der Rohrquerschnitt versagt.
- c) bei den Druckversuchen mit Muffen mit einem Nennmaß ≥ 70 mm den 1,1-fachen Wert der Grenzdruckkraft $D_{R,d}$ nach Abschnitt 3.2.4.2.2 bei einer maximalen Stauchung von 10 %.

Werden die nach a) und b) geforderten Trag- oder Prüflasten infolge vorzeitigen Versagens nicht erreicht, so muss für jeden Versuch mit geringerer Trag- oder Prüflast eine ausreichende Anzahl weiterer Versuche mit Teilen aus der gleichen Lieferung durchgeführt werden. Dabei müssen die 5 %-Fraktile (siehe DIN EN 1990:2010-12, Anhang D) die o. g. Werte erreichen. Ist dies nicht der Fall, so muss die gesamte Lieferung verworfen werden, es sei denn, die Ursache für das vorzeitige Versagen ist geklärt. Dann dürfen die Teile mit geringerer Beanspruchbarkeit verwendet werden, wenn die zuständige Bauaufsichtsbehörde zustimmt.

Wird für Muffen die nach c) geforderte Prüflast nicht erreicht, so muss für diese Lieferung entweder

- für jeden nicht bestandenen Versuch die 5 %-Fraktile (siehe DIN EN 1990:2010-12, Anhang D) aus einer ausreichenden Anzahl weiterer Versuche die geforderte Prüflast erreichen oder
- die Grenzdruckkraft auf 90 % der kleinsten erreichten Prüflast abgemindert werden.

2.3.2.2 Zusätzliche Forderungen für Bolzen

Jeder Bolzenlieferung sind beizufügen:

- a) Abnahmeprüfzeugnisse 3.1. nach DIN EN 10204:2005-01 über die chemische Zusammensetzung und die mechanischen Eigenschaften der Bolzen, wobei die Kerbschlagzähigkeit der Bolzen entsprechend Abschnitt 2.1.2 geprüft werden muss,
- b) eine Bescheinigung darüber, dass alle Bolzen einer Prüfung auf Risse unterzogen wurden (z. B. durch Ultraschall oder magnetische Durchflutung),
- c) eine Bescheinigung darüber, dass die Gewinde der Bolzen die Toleranzforderungen in Anlehnung an DIN 267-2:2017-06 und an die Normenreihe DIN 13 erfüllen.

Für Bolzen mit galvanischer Verzinkung gemäß DIN 50961:2012-04 oder DIN EN ISO 19598:2017-04 sind folgende Unterlagen beizufügen:

- a) eine Bescheinigung, dass die Verzinkung in Übereinstimmung mit DIN 50969-1:2009-06 zur Vermeidung von Wasserstoffversprödung durchgeführt wurde,
- b) für Bolzen der Festigkeitsklasse 8.8 und 10.9 eine Bescheinigung, dass unmittelbar nach dem Verzinken eine zusätzliche Nachbehandlung zur Wasserstoffaustreibung durchgeführt wurde.

Zur Sicherung der im Abschnitt 2.1.2 geforderten Kerbschlagzähigkeiten sind Kerbschlagbiegeversuche nach DIN EN ISO 148-1:2017-05 durchzuführen (s. Anlage 9, Tabelle 3).

Für jede Lieferung sind mindestens 6 Proben aus mindestens 3 Bolzen zu prüfen. Die Zahl der Proben ist zu verdoppeln, wenn eine Lieferung aus mehr als 20.000 Bolzen besteht. Im Sinne dieser Vorschrift kann eine Lieferung nur Bolzen einer Festigkeitsklasse und eines Durchmessers enthalten.

2.3.2.3 Zusätzliche Forderungen für Knotenstücke

Für die Knotenstücke sind für jede Lieferung folgende Unterlagen beizufügen:

- a) Abnahmeprüfzeugnisse 3.1 nach DIN EN 10204:2005-01 über die chemische Zusammensetzung und die mechanischen Eigenschaften der Knotenstückrohlinge,
- b) Bescheinigungen über die Bearbeitung und Wärmebehandlung der Knotenstückrohlinge.

Bei allen Gewinden in den Knotenstücken muss vom Herstellwerk kontrolliert werden, ob die Toleranzforderungen in Anlehnung an DIN 267-2:2017-06 und an die Normenreihe DIN 13 eingehalten sind.

2.3.2.4 Zusätzliche Forderungen für Muffen

Für die Muffen sind für jede Lieferung Abnahmeprüfzeugnisse 3.1 nach DIN EN 10204:2005-01 über die chemische Zusammensetzung und die mechanischen Eigenschaften der Muffen beizufügen.

2.3.3 Fremdüberwachung

In jedem Herstellwerk ist die werkseigene Produktionskontrolle durch eine Fremdüberwachung regelmäßig nach 50.000 gefertigten Stäben zu überprüfen, mindestens jedoch zweimal im Jahr.

Im Rahmen der Fremdüberwachung ist eine Erstprüfung der Bauprodukte durchzuführen und es sind stichprobenartige Prüfungen der Abmessungen und der mechanischen Werkstoffeigenschaften der verwendeten Bauteile sowie der Tragfähigkeit der Schweißnähte durchzuführen. Die Probenahme und Prüfungen obliegen jeweils der anerkannten Stelle. Die Ergebnisse der Zertifizierung und Fremdüberwachung sind mindestens fünf Jahre aufzubewahren. Sie sind von der Zertifizierungsstelle bzw. der Überwachungsstelle dem Deutschen Institut für Bautechnik und der obersten Bauaufsichtsbehörde auf Verlangen vorzulegen.

3 Bestimmungen für Planung, Bemessung und Ausführung

3.1 Planung

Soweit nachfolgend nichts anderes bestimmt ist, gelten für Entwurf und Bemessung die Technischen Baubestimmungen.

Durch eine statische Berechnung ist in jedem Einzelfall die Tragsicherheit nachzuweisen.

Wenn für das Gesamttragwerk eine Berechnung nach Theorie II. Ordnung erforderlich ist (vgl. Abschnitt 3.2.3.1), so muss im Einzelfall entschieden werden, ob die Ausnutzung von plastischen Grenzschnittgrößen zulässig ist oder die Gefahr eines Ermüdungsbruchs durch wiederholtes Plastizieren besteht.

Diese Bauart darf nicht verwendet werden,

- wenn Tragwerke durch Wind beansprucht werden,
 - die schwingungsanfällig im Sinne von DIN EN 1991-1-4/NA:2010-12 (die Beurteilung der Schwingungsanfälligkeit kann nach Anhang NA.C erfolgen) sind oder
 - bei denen winderregte Querschwingungen des ganzen Tragwerkes auftreten können;
- wenn ohne Berücksichtigung von Windeinwirkungen die Verbindungen mehr als 2.000 mal durch veränderliche Einwirkungen so beansprucht werden, dass ein Druckstab eine größere Zugkraft als $0,1 \cdot Z_{R,d}$ oder ein Zugstab eine größere Druckkraft als $0,1 \cdot Z_{R,d}$ erhält ($Z_{R,d}$ = Grenzzugkraft der Bolzen; vgl. auch Abschnitt 3.2.4.2.1).

Tragwerke dieser Bauart dürfen an den Stäben und Knoten mit anderen Bauteilen verbunden werden (z. B. an den Lasteintragungspunkten und an den Auflagerpunkten). Dabei muss die Biegung der Stabanschlüsse nachgewiesen werden.

Im Bereich der Muffen dürfen keine Querlasten eingeleitet werden.

Schweißanschlüsse dürfen nur an Knotenstücken nach den Anlagen 7 und 8 ausgeführt werden, sofern diese aus der Stahlsorte S355J2 bestehen.

Die Abstufung der verschiedenen Bolzendurchmesser in einem Bauwerk muss so erfolgen, dass der Gewindenenddurchmesser eines Bolzens kleiner ist als der Kerndurchmesser des nächst größeren Bolzens. Deshalb dürfen innerhalb eines Bauwerks Bolzen mit folgenden Gewindenenddurchmessern (in mm) nicht zusammen verwendet werden:

24 + 27; 27 + 30; 30 + 33; 33 + 36; 48 + 52 und 52 + 56.

Bei Tragwerken im Freien können durch Wind angefachte Querschwingungen der Rohrstäbe infolge Kármánscher Wirbelstraßen auftreten. Dies ist durch geeignete Maßnahmen (z. B. durch Wahl eines geeigneten Schlankheitsgrades der Stäbe) zu verhindern. Hierbei sind die für den Aufstellungsort der Konstruktion häufigsten Windgeschwindigkeiten und -richtungen zu berücksichtigen.

Der Korrosionsschutz der Rohre, der Kegelstücke, der Knotenstücke, der Muffen und der Bolzen ist gemäß DIN EN 1090-2:2018-09 auszuführen.

Die Tragwerke sind nach Fertigstellung sorgfältig daraufhin zu überprüfen, ob die Korrosionsschutzmaßnahmen fehlerfrei ausgeführt worden sind. Das Ergebnis der Überprüfung ist in einem Vermerk festzuhalten.

3.2 Bemessung

3.2.1 Einwirkungen

Für Stäbe mit weniger als 30° Neigung gegen die Horizontale ist außer den ständigen und veränderlichen Einwirkungen, die die Beanspruchungen erhöhen, eine an ungünstigster Stelle am Stab angreifende vertikale Montagelast (Personenlast) von 1,0 kN (charakteristischer Wert) anzunehmen. Bei Tragwerken im Freien darf zusammen mit dieser Montagelast der Staudruck aus Wind, der unmittelbar auf die Windangriffsfläche der Stäbe wirkt, mit einem charakteristischen Wert von 0,3 kN/m² angesetzt werden.

3.2.2 Montagezustand

Für die Ermittlung der Bemessungswerte aller gleichzeitig mit der Personenlast nach Abschnitt 3.2.1 zu berücksichtigenden ungünstig wirkenden Einwirkungen gilt abweichend von DIN EN 1990:2010-12 ein Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_F = 1,25$.

3.2.3 Schnittgrößenermittlung

3.2.3.1 Gesamttragwerk

Die Stabnormalkräfte dürfen am idealen Fachwerk ermittelt werden. Dies kann im Allgemeinen nach der Elastizitätstheorie I. Ordnung und mit der Annahme erfolgen, dass die Stabdehnsteifigkeit über die Stablänge konstant und gleich der Rohrdehnsteifigkeit ist.

Ist es jedoch erforderlich, die Stabnormalkräfte nach der Elastizitätstheorie II. Ordnung zu berechnen (DIN EN 1993-1-1:2010-12, Abschnitt 5.2, in Verbindung mit dem Nationalen Anhang), kann es notwendig sein, eine gegenüber der Rohrdehnsteifigkeit verminderte Steifigkeit, die Lochschwächungen sowie Anschluss- und Kegelstückverformungen erfasst, zu berücksichtigen.

Der Ansatz der Imperfektionen darf nach DIN EN 1993-1-1:2010-12, Abschnitt 5.3.2(11), in Verbindung mit dem Nationalen Anhang gewählt werden.

Bei einer Berechnung des Gesamtsystems nach der Elastizitätstheorie II. Ordnung muss zusätzlich an Lochschwächungen nachgewiesen werden, dass die mit einem Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_F = 1,0$ berechneten Schnittgrößen die elastischen Grenzschnittgrößen nicht überschreiten.

Systembedingte Gelenke (z. B. Scheitलगelenk eines Dreigelenkbogens oder Auflagergelenk) müssen als konstruktive Gelenke ausgeführt werden, sofern die Verträglichkeit der Verformungen nicht gesondert nachgewiesen wird. Für den Nachweis ist Abschnitt 3.2.5.3 zu beachten.

3.2.3.2 Einzelstab

Biegemomente und Querkräfte aus Querlasten und aus Abtriebskräften der Normalkräfte sind am gelenkig gelagerten Einfeldstab mit der Stablänge = Systemlänge (Knotenmittelpunktabstand) zu ermitteln.

Abtriebskräfte sind bei Druckstäben in Form einer Vorkrümmung mit dem Stich $w_0 = \text{Systemlänge}/800$ anzusetzen.

Für Druckstäbe sind die Schnittgrößen ggf. nach der Elastizitätstheorie II. Ordnung zu ermitteln (vgl. DIN EN 1993-1-1:2010-12, Abschnitt 5.2, in Verbindung mit dem Nationalen Anhang). Dabei ist die gegenüber der Rohrbiegesteifigkeit verminderte Biegesteifigkeit des Anschlusses durch ein Gelenk mit Drehfeder am kegelbodenseitigen Ende der Muffe zu berücksichtigen. Die Federsteifigkeit der Drehfeder ist mit $C = 20 M_{R,d}^*$ ($M_{R,d}^* = \text{Grenzbiegemoment des Anschlusses}$; siehe Abschnitt 3.2.4.2.3) anzusetzen.

Die Anschlussschnittgrößen sind am kegelbodenseitigen Ende der Muffe zu bestimmen.

Die Schnittgrößen an der Schweißnaht zwischen Kegelstück und Rohr dürfen immer nach Theorie I. Ordnung und ohne Berücksichtigung von Ersatzimperfektionen ermittelt werden.

Auch im Bereich von Lochschwächungen darf die Biegesteifigkeit des ungeschwächten Rohres berücksichtigt werden.

3.2.4 Berechnung der Beanspruchbarkeiten (Grenzschnittgrößen) aus den charakteristischen Werten der Widerstandsgrößen

3.2.4.1 Grenzschnittgrößen der Rohre

Für den ungeschwächten Rohrquerschnitt von Zugstäben dürfen plastische Grenzschnittgrößen berücksichtigt werden. Für den ungeschwächten Rohrquerschnitt von Druckstäben dürfen nur elastische Grenzschnittgrößen berücksichtigt werden.

Im Bereich von Lochschwächungen dürfen plastische Grenzschnittgrößen nur dann berücksichtigt werden, wenn folgende Bedingungen eingehalten werden:

- bei Druckstäben: $d_n \leq 0,5 d_R$; $d_R \leq 40 \text{ s}$
- bei Zugstäben: $d_n \leq 0,5 d_R$

d_n, d_R und s nach Anlagen 1 bis 4.

Ist dies der Fall, darf die durch das Loch vorhandene Exzentrizität dadurch berücksichtigt werden, indem für die Berechnung vereinfachend ein dem vorhandenen Loch gegenüberliegendes zweites, gleichgroßes Loch angenommen wird.

**Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung/
Allgemeine Bauartgenehmigung
Nr. Z-14.4-10**

Seite 10 von 15 | 3. Mai 2019

3.2.4.2 Grenzschnittgrößen der Stabanschlüsse

3.2.4.2.1 Grenzzugkraft der Bolzen

Die Grenzzugkraft ist für Bolzen der

- Festigkeitsklasse 5.6
- Festigkeitsklassen 8.8 und 10.9

$$Z_{R,d} = f_{y,b,k} / 1,1 \cdot \text{maßgeb. } A_b$$

$$Z_{R,d} = f_{u,b,k} / 1,375 \cdot \text{maßgeb. } A_b$$

mit

maßgeb. $A_b = \min \{A_{Sp}; A_n\}$,

A_{Sp} = Spannungsquerschnitt und

A_n = Nettoquerschnitt am Kerbstiftloch (vgl. Anlage 5)

Bei Zugstäben ist die Grenzzugkraft $Z_{R,d}$ von Bolzen der Festigkeitsklassen 8.8 und 10.9 auf 85 % abzumindern, wenn die Bolzen in Knotenstücke aus der Stahlsorte S355 geschraubt werden.

3.2.4.2.2 Grenzdruckkraft der Muffen

Die Grenzdruckkraft ist

$$D_{R,d} = f_{u,M,k} / 1,1 \cdot \text{maßgeb. } A_M$$

mit

maßgeb. $A_M = \min \{A_{M,n}; A_{M,a}\}$,

$A_{M,n}$ und $A_{M,a}$ nach Anlage 6 und $f_{u,M,k}$ nach Tabelle 2 (Anlage 9).

3.2.4.2.3 Grenzbiegemoment und Grenzquerkraft

Das Grenzbiegemoment $M_{R,d}^*$ ist nach Tabelle 7 (Anlage 11) und die Grenzquerkraft $V_{R,d}^*$ nach Tabelle 8 (Anlage 12) zu ermitteln.

3.2.4.3 Grenzschnittgrößen der Schweißnähte

Die Grenznormalkraft $N_{R,d} = \alpha_w \cdot f_{y,k} / 1,1 \cdot A$ (mit A nach Abschnitt 3.2.5.4) ist mit den in Tabelle 9 (Anlage 12) festgelegten α_w -Werten zu ermitteln.

3.2.5 Nachweise

3.2.5.1 Erlaubte Vernachlässigungen beim Tragsicherheitsnachweis

3.2.5.1.1 Biegebeanspruchungen

Kleine Querlasten (z. B. Eigenlasten oder Montagelasten nach Abschnitt 3.2) dürfen beim Nachweis der Rohre, Stabanschlüsse und Schweißnähte vernachlässigt werden, wenn die nachfolgend aufgeführten Bedingungen eingehalten sind.

Ausgangswerte:

$$M_g = g_d \cdot \ell \cdot \ell_H / 8$$

Biegemoment infolge g_d

$$V_g = g_d \cdot \ell_H / 2$$

Querkraft infolge g_d

g_d

Bemessungswert der Gewichtslast je Längeneinheit

ℓ_H

auf die waagerechte Ebene projizierte Systemlänge ℓ

M, V

betragsmäßig größtes Biegemoment und betragsmäßig größte Querkraft infolge Kombination ständiger und veränderlicher Einwirkungen nach Theorie I. Ordnung

$$\delta = \frac{M \cdot \lambda \cdot \ell_H}{M_g \cdot f_{y,k}}$$

Kenngröße für Einwirkungen mit ℓ_H in m und $f_{y,k}$ in N/mm²

$$\lambda = \ell / i$$

Schlankheitsgrad

$f_{y,k}$

charakteristischer Wert der Streckgrenze des Rohres

Bei Zugstäben dürfen die Beanspruchungen M_g oder M und V_g oder V beim Nachweis vernachlässigt werden:

- für Rohre und Schweißnähte, wenn $\leq 2,5$ ist,
- für Stabanschlüsse, wenn $V \leq 0,0025 Z_{R,d}$ ist (nur Gewichtslast: $V = V_g$).

Bei Druckstäben dürfen die Beanspruchungen M_g oder M und V_g oder V beim Nachweis vernachlässigt werden:

- für Rohre, Schweißnähte und Stabanschlüsse, wenn gleichzeitig $\delta \leq 1,0$ und $M / M_g \leq 2,0$ (nur Gewichtslast: immer erfüllt) und $V \leq 0,01 Z_{R,d}$ (nur Gewichtslast: $V = V_g$) sind.

3.2.5.1.2 Lochschwächungen

Montage- und Entwässerungslöcher in den Rohren müssen als Schwächung entsprechend berücksichtigt werden.

3.2.5.2 Nachweis der Rohre, Schweißnähte und Stabanschlüsse

Darf eine Lochschwächung entsprechend Abschnitt 3.2.5.1.2 nicht vernachlässigt werden, so muss der Abstand c_1 des Loches von der Schweißnaht die Bedingung $1,5 d_n \leq c_1 \leq 1,1 d_R$ erfüllen (d_n , c_1 und d_R nach Anlagen 1, 3 und 4) und für die Lochschwächung die ungünstigste Lage in Stabumfangsrichtung berücksichtigt werden.

Druckstäbe müssen aus konstruktiven Gründen in Abhängigkeit von ihrer Grenzdruckkraft mit Bolzen nach Tabelle 4 (Anlage 10) angeschlossen werden.

Querbelastete Druckstäbe, deren Querlasten entsprechend Abschnitt 3.2.5.1.1 nicht vernachlässigt werden dürfen, müssen zusätzlich mit der Annahme, dass die Druckkraft $D = 0$ ist, nachgewiesen werden.

3.2.5.3 Nachweis der Verdrehungen der Stabenden

Um auszuschließen, dass im Bereich der Anschlüsse (ggf. wiederholt) Verdrehungen auftreten, die die Verdrehfähigkeit (Rotationskapazität) der Anschlüsse überschreiten oder zu Ermüdungsbrüchen führen können, sind folgende Nachweise zu führen:

$$\Delta\varphi \leq 2 \cdot \varphi_d \cdot \frac{\varphi_s - \max \varphi}{\varphi_s - \varphi_d} \quad \text{und}$$

$$\max \varphi \leq \varphi_s$$

Es bedeuten:

$\Delta\varphi$	Schwingbreite der Endtangentialwinkel querbelasteter Stäbe infolge wiederholt auftretender Bemessungswerte der Einwirkungen. Als solche gelten Windlasten und andere veränderliche Lasten (mit Ausnahme von Schnee), bei denen die Wahrscheinlichkeit besteht, dass sie im langjährigen Mittel mindestens 10-mal im Jahr auftreten
$\max \varphi$	Maximalwert der Endtangentialwinkel unter statischen und wiederholt auftretenden Bemessungswerten der Einwirkungen
$\varphi_s = 1/(3 \cdot \sqrt{d_{M,a}})$	die statisch ertragbaren Endtangentialwinkel mit $d_{M,a}$ = Außendurchmesser der knotenseitigen Muffenaufstandsfläche in mm
φ_d	die wiederholt mit wechselndem Vorzeichen ertragbaren Endtangentialwinkel (bei Wirkung einer Druckkraft ist $Z = 0$ zu setzen)

**Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung/
Allgemeine Bauartgenehmigung
Nr. Z-14.4-10**

Seite 12 von 15 | 3. Mai 2019

$$\varphi_d = 0,01 (Z_{R,d} - Z) / Z_{R,d} \quad \text{für } Z_{R,d} > \frac{1}{2} D_{R,d} \text{ und}$$

$$\varphi_d = 0,01 (Z_{R,d} - Z) / \frac{1}{2} D_{R,d} \quad \text{für } Z_{R,d} \leq \frac{1}{2} D_{R,d}$$

Z Maximalwert der Zugkraft, die bei $\max \varphi$ oder $(\max \varphi - \Delta \varphi)$ auftreten kann

Die Endtangentialwinkel $\max \varphi$ und $\Delta \varphi$ sind am gelenkig gelagerten Einfeldstab zu ermitteln. Dabei darf mit einer reduzierten Stablänge (= Rohr + Kegelstücke) und ungeschwächtem Rohr gerechnet werden. Auf der sicheren Seite liegend darf φ wie folgt ermittelt werden:

$$\varphi = \lambda \sigma_m^{II} / 70000$$

mit

λ Schlankheitsgrad des Stabes und

σ_m^{II} maximale Biegespannung in kN/cm^2 des ungeschwächten Rohres nach Theorie II. Ordnung infolge der Einwirkungen, für die φ nachgewiesen werden muss.

3.2.5.4 Nachweis der Kegelstücke

Der Nachweis gilt als erbracht, wenn die Bedingungen der Tabelle 10 (Anlage 13) eingehalten sind. Hierfür gelten die Bezeichnungen der Anlage 2 sowie die folgenden Parameter:

$$\psi = 2 \cdot A_n / A - 1 \geq 2/3; \quad \beta = Z_{R,d} / N_{pl,d}$$

A ungeschwächter Rohrquerschnitt

A_n Nettoquerschnitt des Rohres im Bereich der Lochschwächung

$N_{pl,d}$ plastische Grenznormalkraft des ungeschwächten Rohres

$Z_{R,d}$ Grenzzugkraft des Bolzens

3.2.5.5 Nachweis der Knotenstücke

3.2.5.5.1 Allgemeines

Die Knotenmaße sind von der gegenseitigen Lage und von den Durchmessern der Anschlussgewinde, den Festigkeitsklassen der Bolzen und den Abmessungen der Muffen abhängig. Für Leergewinde ist ein Bolzen der Festigkeitsklasse 5.6 anzunehmen.

Der Nachweis der Tragsicherheit der Knotenstücke gilt als erbracht, wenn die nachfolgend aufgeführten Bedingungen eingehalten sind.

Die verwendeten Bezeichnungen sind in den Anlagen 7 und 8 oder nachstehend erläutert. Die Indizes h und d kennzeichnen Achsen und sind Laufindizes:

$h = 1 \dots n$; n = Anzahl der Anschlüsse am Knoten

$d = 1 \dots n_{hd}$; n_{hd} = Anzahl der Anschlussachsen mit $\alpha_{hd} \leq 90^\circ$.

3.2.5.5.2 Bolzeneinschraubtiefe b_{eh}

Die Bolzeneinschraubtiefe b_{eh} in Achse h muss Tabelle 5 (Anlage 10) entsprechen.

3.2.5.5.3 Abstand f_h

Der Abstand f_h in Achse h muss mindestens betragen:

$$f_{h,M} = ((M_d + M_h \cdot \cos \alpha_{hd}) / (2 \cdot \sin \alpha_{hd})) + g_{hd}$$

$$f_{h,M} \geq 1,4 \cdot \max M$$

$$f_{h,Ma} = (d_{Ma,d} + d_{Ma,h} \cdot \cos \alpha_{hd}) / (2 \cdot \sin \alpha_{hd}) \quad \text{mit}$$

g_{hd} Tiefe des Gewindes h zum Gewinde d nach Abschnitt 3.2.5.5.4

$\max M$ Nenndurchmesser des größten Knotengewindes

Der größere der beiden Abstände $f_{h,M}$ und $f_{h,Ma}$ ist maßgebend.

**Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung/
Allgemeine Bauartgenehmigung
Nr. Z-14.4-10**

Seite 13 von 15 | 3. Mai 2019

3.2.5.5.4 Gewindetiefe g_{hd}

Die Gewindetiefe g_{hd} muss mindestens betragen:

$$g_{hd} = b_{eh} + (p_h - q_{hd}) \cdot M_h \quad \text{mit}$$

b_{eh} Bolzeneinschraubtiefe nach Abschnitt 3.2.5.5.2

p_h Vergrößerung nach Abschnitt 3.2.5.5.5

q_{hd} Verringerung nach Abschnitt 3.2.5.5.6

3.2.5.5.5 Vergrößerung p_h

Die Vergrößerung p_h muss mindestens betragen:

$$p_h = \chi_h \cdot K$$

mit

χ_h Faktor, abhängig von der Festigkeitsklasse des Bolzens h nach Tabelle 5 (Anlage 10)

K von allen Bolzen abhängiger Kennwert

$$K = \sum_{j=7}^n (\beta \cdot M^2)_j / \sum_{i=1}^6 (\beta \cdot M^2)_i$$

mit

β Faktor, abhängig von der Festigkeitsklasse des jeweiligen Bolzens nach Tabelle 5 (Anlage 10)

Zähler und Nenner dürfen so gewählt werden, dass K minimal wird.

Ist $n \leq 6$, darf $K = 0$ gesetzt werden.

Ist $n > 6$, darf ebenfalls $K = 0$ gesetzt werden, wenn für eine beliebig zu wählende Ebene die Bedingung

$$K = \sum_{j=k+1}^n (\beta \cdot M^2)_j / \sum_{i=1}^k (\beta \cdot M^2)_i \leq 0,4$$

erfüllt ist.

Es bedeuten:

$$\sum_{i=1}^k (\beta \cdot M^2)_i \quad \text{Summe } \beta \cdot M^2 \text{ aller } k \text{ Bolzen, deren Achsen in einer Knotenebene liegen}$$

$$\sum_{j=k+1}^n (\beta \cdot M^2)_j \quad \text{Summe } \beta \cdot M^2 \text{ der restlichen } n - k \text{ Bolzen, die in den durch die Knotenebene gebildeten zwei Knotenhälften liegen.}$$

3.2.5.5.6 Verringerung q_{hd}

Eine Verringerung $q_{hd} > 0$ ist nur dann zulässig, wenn der vorhandene Abstand f_i aller Gewindeachsen i des Knotens mindestens gleich dem größten Abstand $f_{i,M}$ nach Abschnitt 3.2.5.5.3 ist. Außerdem muss $M_d \leq M_h$ sein. Ist eine der beiden Bedingungen nicht erfüllt, so ist $q_{hd} = 0$.

Die Verringerung darf betragen:

$$q_{hd} = q_{hd,1} + q_{hd,2}$$

mit

$$q_{hd,1} = \lambda_h \cdot M_d / M_h \cdot (1 - M_d / M_h)^2$$

und

λ_h Faktor, abhängig von der Festigkeitsklasse des Bolzens in Achse h nach Tabelle 5 (Anlage 10)

- $q_{hd,2} = 0,05 \cdot M_d / M_h$ für Bolzen in Achse h mit einer höheren Festigkeitsklasse als in Achse d und
 $q_{hd,2} = 0$ für Bolzen in Achse h mit gleicher oder geringerer Festigkeitsklasse als in Achse d.

3.2.5.6 Nachweis der Verbindungen mit anderen Bauteilen

Für Knotenstücke, die an andere Bauteile angeschweißt werden, gelten in Verbindung mit der Anlage 8 folgende Bemessungsregeln:

- Achsen angeschraubter Stäbe dürfen nur im Stabanschlussbereich liegen,
- für den Schweißnahtabstand f_s müssen die vier Bedingungen

$$f_s \geq r/2$$

$$f_s \geq 1,5 \cdot \max M$$

$$f_s \geq 0,75 \cdot \max d_{M,a}$$

$$r_1 \leq 2 \cdot r_2$$

erfüllt sein. Dabei sind für $\max M$ und $\max d_{M,a}$ die Größtwerte der Gewindenenn Durchmesser und Außendurchmesser der Muffenaufstandsfläche aller Anschlüsse, die an das Knotenstück anschließen, einzusetzen.

3.3 Ausführung

3.3.1 Allgemeines

Tragwerke dieser Bauart mit Stabnormalkräften $> 500 \text{ kN}$ sind bauliche Anlagen, bei denen besondere Sachkenntnis und Erfahrung der ausführenden Firmen erforderlich ist. Die ausführenden Firmen müssen insbesondere Erfahrungen in der Montage ähnlicher Konstruktionen nachweisen.

3.3.2 Montage

Die Tragwerke dürfen nur von Fachkräften des Antragstellers oder durch von ihm entsprechend angeleitete und bevollmächtigte Firmen gebaut werden (siehe Abschnitt 3.3.1).

Vor dem Einbau müssen alle Bauteile auf ihre einwandfreie Beschaffenheit hin geprüft werden. Beschädigte Bauteile dürfen nicht verwendet werden.

Bei der Reihenfolge der Montage muss darauf geachtet werden, dass die Stäbe nicht unter Zwang eingebaut werden.

Horizontale und schwach geneigte Stäbe müssen so eingebaut werden, dass die Montage- und Entwässerungslöcher nach unten mit einer Toleranz von $\pm 45^\circ$ zeigen. Dies gilt nicht für zeitlich befristete Gerüstbauten.

Im Kegelboden befindet sich ein Loch, durch das ein Bolzen gesteckt wird. Der Bolzenschaft ist von einer Muffe (Schlüsselmuffe oder Rundmuffe) umgeben. Bolzenschaft und Muffe sind durch einen Kerbstift verbunden. Der Bolzen wird durch Drehen der Muffe in das Knotenstück geschraubt. Die Bolzen müssen so in die Knotenstücke eingeschraubt werden, dass der Kerbstift

- bei Kerbstiftschlitzen in der Mitte der knotenstückseitigen Endausrundung des Kerbstiftschlitzes und
- bei Kerbstiftlöchern in der Mitte des Kerbstiftloches liegt.

Diese Bedingung muss mit $\pm 2 \text{ mm}$ Genauigkeit eingehalten werden.

Anschlüsse von Stäben, deren Querlasten beim Tragsicherheitsnachweis nicht entsprechend Abschnitt 3.2.5.1.1 vernachlässigbar sind, dürfen für die Montage nicht geschmiert werden. Die betreffenden Anschlüsse sind dementsprechend deutlich zu kennzeichnen.

Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung/
Allgemeine Bauartgenehmigung
Nr. Z-14.4-10

Seite 15 von 15 | 3. Mai 2019

Die bauausführende Firma hat zur Bestätigung der Übereinstimmung der Ausführung der Raumfachwerke mit den Bestimmungen der von diesem Bescheid erfassten allgemeinen Bauartgenehmigung eine Übereinstimmungserklärung gemäß §§16a Absatz 5, 21 Absatz 2 MBO abzugeben.

4 Bestimmungen für Nutzung, Unterhalt und Wartung

Der Eigentümer/Verfügungsberechtigte trägt die Verantwortung für die ordnungsgemäße Instandhaltung, d.h. Wartung, Überprüfung und ggf. Instandsetzung sowie für die Verkehrssicherheit der baulichen Anlage.

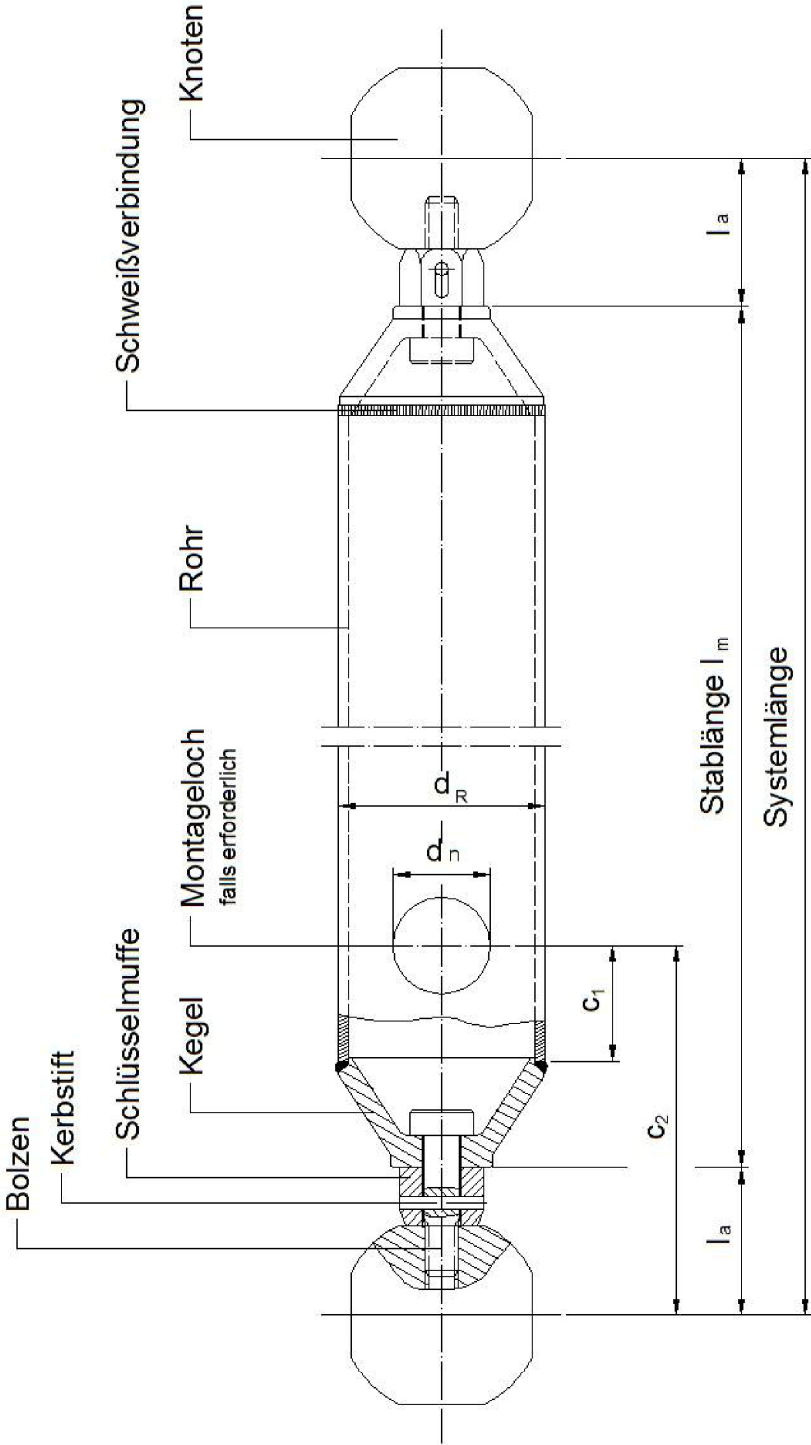
Hierzu wird auf die "Hinweise für die Überprüfung der Standsicherheit von baulichen Anlagen durch den Eigentümer/Verfügungsberechtigten", herausgegeben von der Bauministerkonferenz - Konferenz der für Städtebau, Bau- und Wohnungswesen zuständigen Minister und Senatoren der Länder (ARGEBAU) vom September 2006, verwiesen.

Der Hersteller hat den für die bauliche Anlage Verantwortlichen auf die o. g. Verpflichtung schriftlich hinzuweisen und eine Durchschrift dieses Schreibens zu den Bauakten bei der Bauaufsichtsbehörde zu geben.

Andreas Schult
Referatsleiter

Beglaubigt

MERO - Bauart



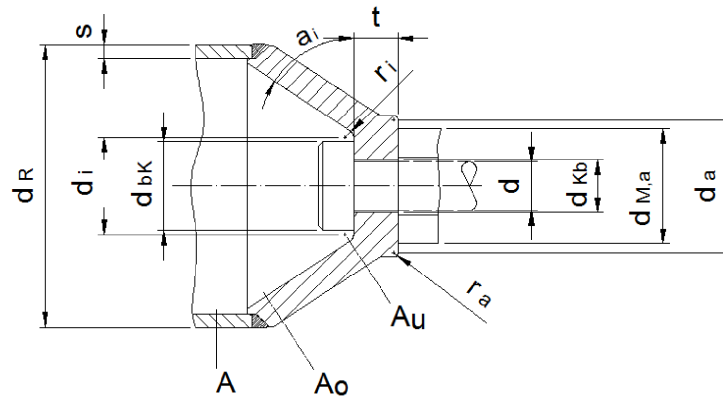
MERO Raumfachwerk und seine Komponenten

Systemübersicht

Anlage 1

Kegelstück

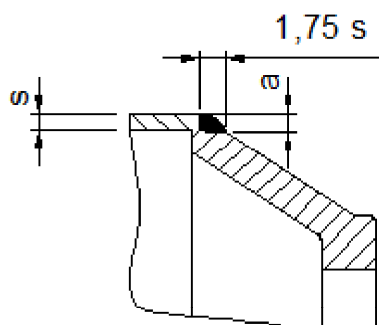
Kegelstück



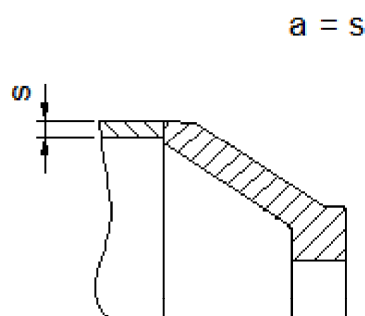
d_i	= Kegelbodeninnendurchmesser	A_u	= Kegelquerschnitt am Kegelbodenanschnitt
d_R	= Rohrdurchmesser		
d_a	= Kegelbodenaussendurchmesser		
s	= Rohrwanddicke	A_o	= Kegelquerschnitt neben der Schweißnaht
d_{kb}	= Kegelbohrung		
r_i	= Ausrundungsradius innen		
r_a	= Ausrundungsradius aussen		
α_i	= Kegelwandinnenwinkel	t	= Kegelbodendicke
a	= Schweißnahtdicke	A	= ungeschwächter Rohrquerschnitt
d, d_{bk}	= nach Anlage 5		
$d_{M,a}$	= nach Anlage 6	ω	= Öffnungswinkel

Verbindung Rohr mit Kegelstück

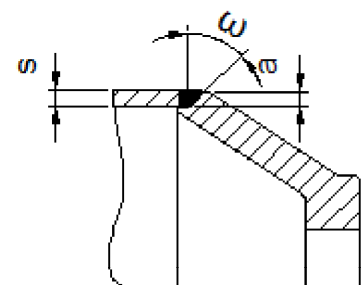
Überlappnaht



Lasernaht, I-Naht



HV-Naht

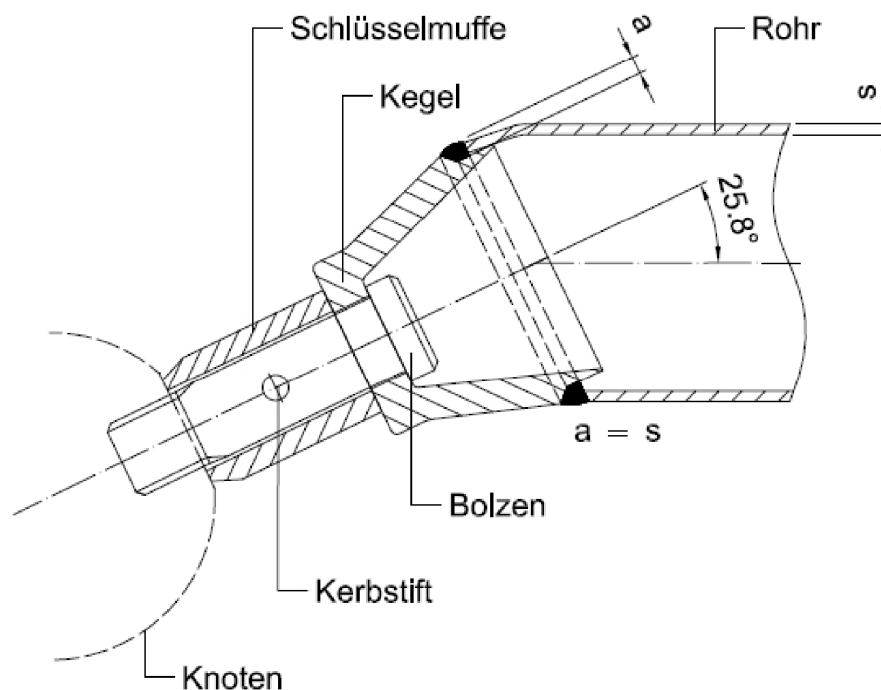
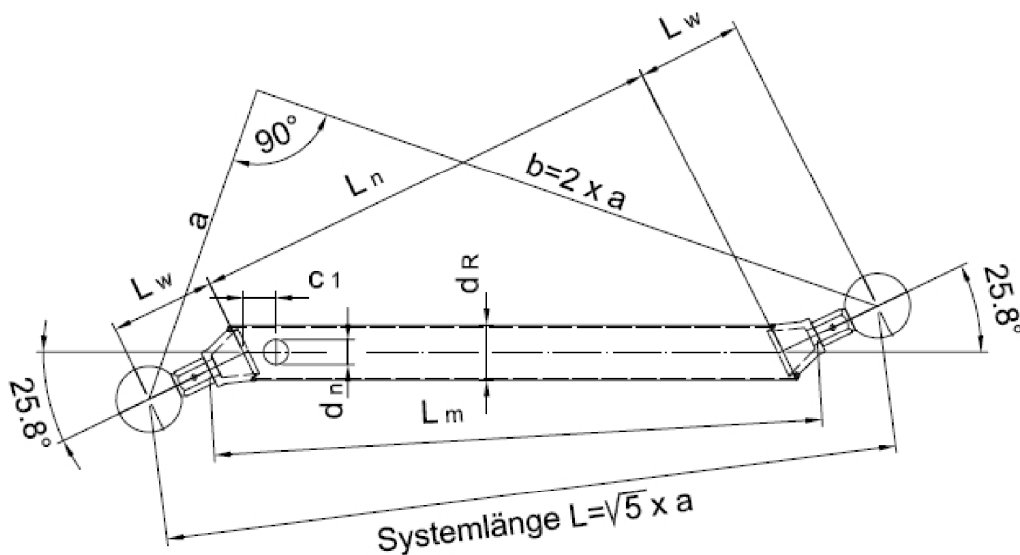


MERO Raumfachwerk und seine Komponenten

Kegelstück
Schweißnähte

Anlage 2

ReD - Stab $b/a = 2$

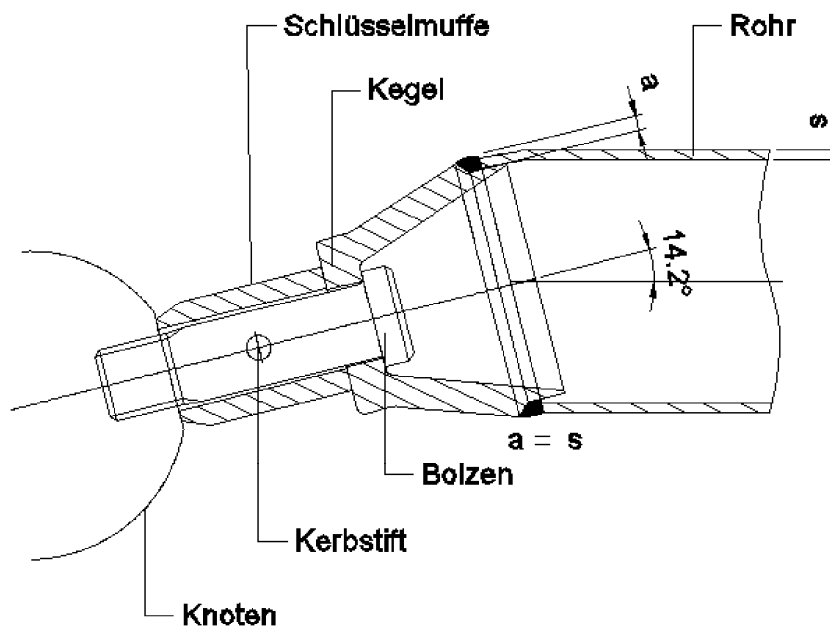
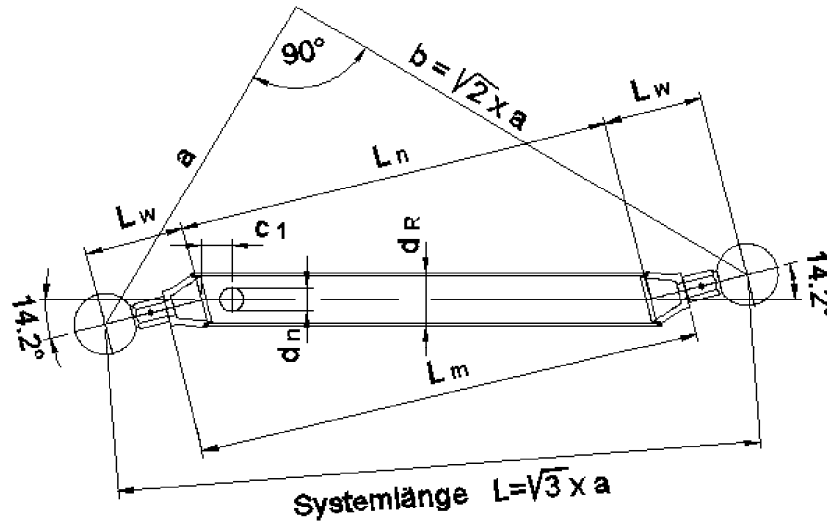


MERO Raumfachwerk und seine Komponenten

ReD - Stab $b/a = 2$

Anlage 3

ReD - Stab $b/a = \sqrt{2}$

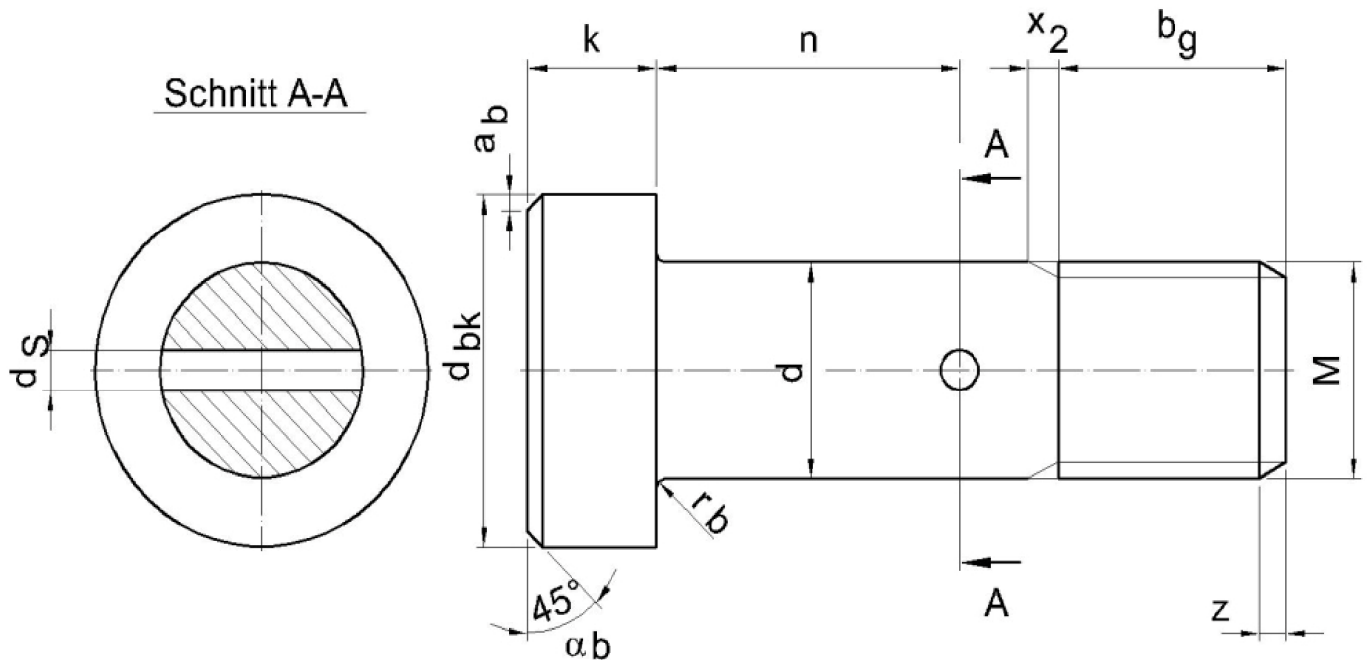


MERO Raumfachwerk und seine Komponenten

ReD - Stab $b/a = \sqrt{2}$

Anlage 4

Bolzen



M	=	Gewindedurchmesser	x ₂	=	Gewindeauslauf nach DIN 76-1
d	=	Schaftdurchmesser	z	=	Gewindeende nach DIN EN ISO 4753
d _s	=	Durchmesser des Kerbstiftloches	r _b	=	Ausrundungsradius
d _{bk}	=	Kopfdurchmesser	a _b	=	Kopfanfasung
k	=	Kopfdicke	α _b	=	Anfaswinkel
b _g	=	Gewindelänge	n	=	Abstand Stiftlochmitte-Kopf
			A _{Sp}	=	Spannungsquerschnitt
			A _n	=	Nettoquerschnitt im Kerbstiftloch

Tabelle 1: Abmessungen der Bolzen in mm

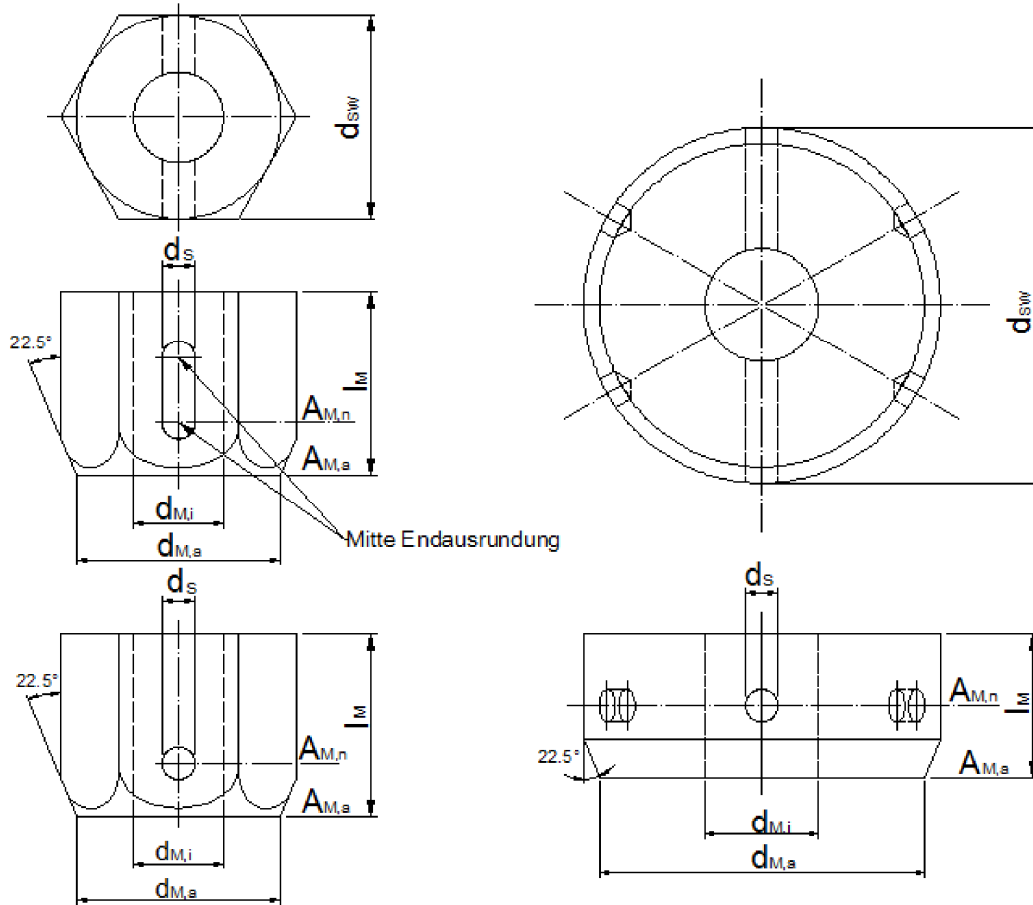
	Festigkeitsklasse																		
	5.6	8.8	10.9	5.6	8.8	10.9	5.6	8.8	10.9	5.6	8.8	10.9	5.6	8.8	10.9	5.6	8.8	10.9	5.6
M	20	12	20	12	16	20	24	27	30	33	36	42	48	52	56	64x4	72x4	80x4	90x4
d	21	12,4	21	12,4	17,5	21	25	27	30	33	36	42	48	52	56	64	72	80	90
d_{bk}	27	16	29	20	27	32	38	44	48	51	54	63	72	76	86	98	112	122	140
k	8	5	10	8	9	12	15	17	19	20	23	26	30	33	35	40	45	56	63
b_g	16	12	20	13	18	22	26	30	33	36	40	46	53	57	62	72	80	88	100
d_s	5	4	5	4	5	5	5	5,1	5,1	5,1	5,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	6,1	8,1	8,1
z	3,5	1	3,5	1	2	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	4	4,5	5	5	5,5	4,5	4,5	4,5	7

MERO Raumfachwerk und seine Komponenten

Bolzen Tabelle 1

Anlage 5

Schlüsselmuffe bzw. Rundmuffe



l_M	=	Länge der Muffe (Schlüsselmuffe bzw. Rundmuffe)
d_{SW}	=	(Schlüsselweiten) - Nennmaß $\geq 1,2 \times d_{M,i}$
d_S	=	Stiftlochdurchmesser oder Schlitzbreite
$d_{M,i}$	=	Innendurchmesser der (Schlüssel) - Muffenaufstandsfläche
$d_{M,a}$	=	Aussendurchmesser der (Schlüssel) - Muffenaufstandsfläche
$A_{M,n}$	=	Nettoquerschnittsfläche am Stiftloch oder Schlitz
$A_{M,a}$	=	Muffenaufstandsfläche am knotenseitigen Ende

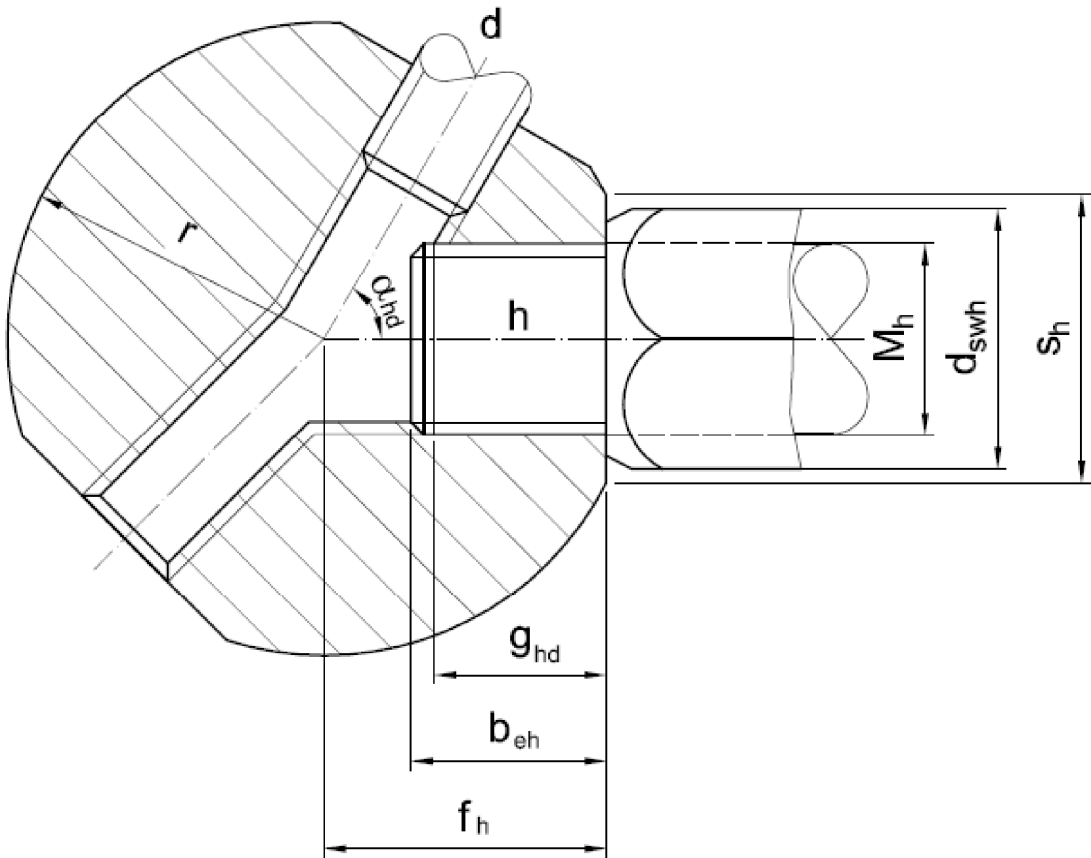
Für Rohre d_R (mm)	$30 \leq d_R \leq 88,9$	$101,6 \leq d_R \leq 219,1$	$d_R \geq 219,1$
am Gewinde M	M12 - M27	M20 - M80	M42 - M90
l_M (mm)	28 - 45	45 - 80	45 - 120
d_S (mm)	5 - 8	8 - 10	8 - 10

MERO Raumfachwerk und seine Komponenten

Schlüsselmuffe bzw. Rundmuffe

Anlage 6

Kugelförmiges Knotenstück



- r = Knotenradius
- h, d = Achsenbezeichnung
- α_{hd} = Winkel zwischen den Achsen h und d

Für den Anschluss in Achse h sind:

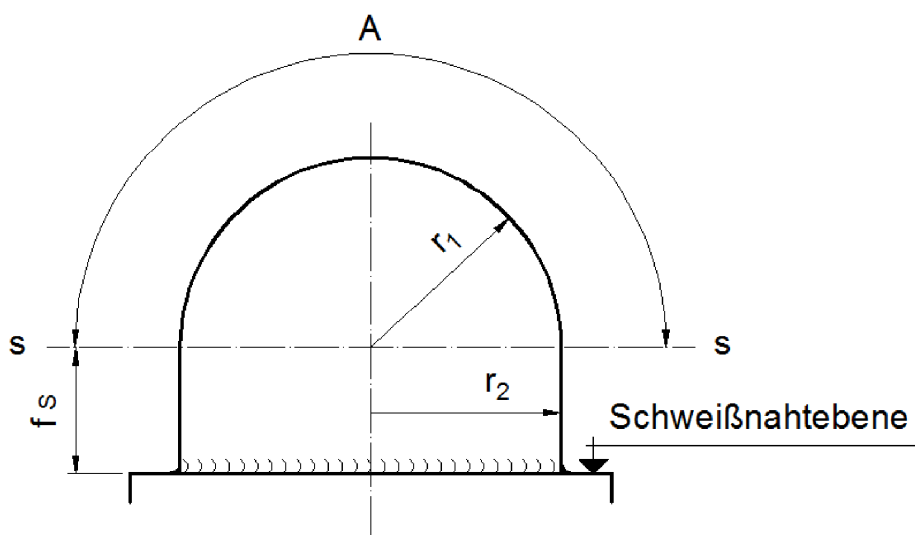
- M_h = Gewindenennendurchmesser
- g_{hd} = Gewindetiefe
- $d_{sw,h}$ = (Schlüsselweiten) Nennmaß ($\geq d_{M,a}$ nach Anlage 6)
- f_h = Abstand der Anlagefläche vom Knotenmittelpunkt
- s_h = Durchmesser der Anlagefläche ($\geq d_{M,a}$ nach Anlage 6)
- b_{eh} = Bolzeneinschraubtiefe

MERO Raumfachwerk und seine Komponenten

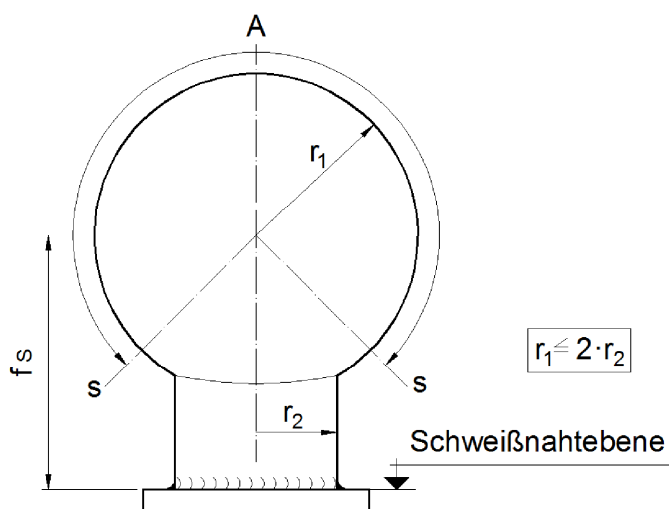
Kugelförmiges Knotenstück

Anlage 7

Auflagerknotenstücke aus S355 mit Schweißanschluss



r_1	=	Halbkugelradius
f_s	=	Abstand der Schweißnahtebene vom Knotenmittelpunkt
s	=	Stabachse
r_2	=	Schaftradius
A	=	Anschlussbereich für Stäbe



MERO Raumfachwerk und seine Komponenten

Auflagerknotenstücke

Anlage 8

Tabelle 2: Erforderliche mechanische Eigenschaften der Stabanschlussteile und festgelegte charakteristische Werte und Werkstoffe

	Stabanschlussteil		
	Bolzen	Muffen	Kerbstift
Stahlsorte oder Festigkeitsklasse	5.6 8.8 10.9	11SMn30 / C35 / 11SMnPb30 / C45 / S355	X8CrNiS 18-9 X6CrNiCuS 18-19-2
Werkstoff-Nummer:		1.0715 / 1.0501 / 1.0718 / 1.0503 / 1.0577	1.4305 / 1.4570
erforderliche mechanische Eigenschaften nach DIN Ausgabe	DIN EN ISO 898-1: 2013-05	DIN EN ISO 683-2: 2018-09 DIN EN ISO 683-4: 2018-09 DIN EN 10025-2: 2005-04 DIN EN 10343:2009-07	DIN EN 10088-3: 2014-12
erhöhte Bruchdehnung der Bolzen (%)	25 18 12		
festgelegter charakteristischer Wert der Festigkeit	DIN EN 1993-1-8: 2010-12 Tabelle 3.1	Druckfestigkeit $f_{u,M,k} = 500 \text{ N/mm}^2$; für Nennmaß $\geq 70 \text{ mm}$ Abschnitt 2.3.2.1 beachten!	

Tabelle 3: Erforderliche Kerbschlagarbeit der Bolzen in Joule

Bolzen	Mittelwert aus 3 Proben (J) ISO-U /MERO Sonderprobe*	Kleinster Einzelwert (J) ISO-U /MERO Sonderprobe*	Prüftemperatur
M12 bis M16	- 14	- 12	-90°
M20 bis M33	34 -	29 -	-30°
M36 bis M90	29 -	25 -	-30°

* genaue Angaben zur Sonderprobe sind beim DIBt hinterlegt

MERO Raumfachwerk und seine Komponenten

Erforderliche mechanische Eigenschaften der Stabanschlussteile und festgelegte charakteristische Werte und Werkstoffe
Erforderliche Kerbschlagarbeit der Bolzen in Joule

Anlage 9

Tabelle 4: Kleinste zulässige Bolzengröße in Abhängigkeit von der Grenzdruckkraft

Grenzdruckkraft der Stäbe in KN	kleinster zulässiger Bolzen
≤ 300	M 12
≤ 700	M 16
≤ 900	M 20
≤ 1200	M 24
≤ 1500	M 27
≤ 2300	M 30
≤ 3000	M 33
≤ 3500	M 36
> 3500	M 42

Tabelle 5: Einschraubtiefe b_{eh}/M und Faktoren χ, β und λ der Bolzen

Festigkeitsklasse	5.6	8.8	10.9	im Zähler bei Druck
Einschraubtiefe b_{eh}/M	0.70	0.95	1.10	---
Faktoren χ	0.10	0.10	0.15	---
Faktoren β	0.50	0.80	1.00	0.50
Faktoren λ	0.75	1.20	1.50	---

Tabelle 6: Kennzeichnung der Bolzen

Festigkeitsklasse	am Bolzenkopf	am gewindeseitigen Ende
5.6	Herstellerstempel mit Angabe der Festigkeitsklasse und der Chargennummer	glatte Fläche (ohne Kennzeichnung)
8.8		Kegelstumpfförmige Vertiefung
10.9		Kegelförmige Vertiefung

MERO Raumfachwerk und seine Komponenten

Kleinste zulässige Bolzengröße in Abhängigkeit von der Grenzdruckkraft
Einschraubtiefe
Kennzeichnung der Bolzen

Anlage 10

Tabelle 7: Grenzbiegemoment des Stabanschlusses

Grenzbiegemoment des Bolzens $M_{R,d,b} = \frac{4}{3} (A_{Sp} / \pi)^{1,5} \cdot \min \left\{ f_{y,b,k} / 1,1; f_{u,b,k} / (1,25 \cdot 1,1) \right\}$

mit A_{Sp} Spannungsquerschnitt; $f_{u,b,k}$ charakteristischer Wert der Zugfestigkeit des Bolzens
 $f_{y,b,k}$ charakteristischer Wert der Streckgrenze des Bolzens

Grundgrößen: $M_{R,d,1} = Z_{R,d} \cdot \left[\frac{1}{2} d_{SM,a} \cdot \left(1 - \frac{Z_{R,d}}{\frac{1}{2} D_{R,d}} \right) + e \cdot \frac{Z_{R,d}}{\frac{1}{2} D_{R,d}} \right]$

$$M_{R,d,2} = M_{R,d,b} \cdot \left(1 - \frac{\frac{1}{2} D_{R,d}}{Z_{R,d}} \right) + \frac{1}{2} D_{R,d} \cdot e$$

Normalkraft	Bereich	Grenzbiegemoment des Stabanschlusses bei Wirkung der Beanspruchungsgrößen Z oder D
$0 \leq \frac{Z}{Z_{R,d}} \leq 1$	$\frac{Z_{R,d} - Z}{\frac{1}{2} D_{R,d}} \leq 1$ $\frac{\frac{1}{2} D_{R,d} + Z}{Z_{R,d}} \leq 1$	$M_{R,d} = M_{R,d,1} - Z \cdot \left[\frac{M_{R,d,1}}{Z_{R,d}} - \frac{Z_{R,d} - Z}{\frac{1}{2} D_{R,d}} \cdot \left(\frac{1}{2} d_{M,a} - e \right) \right]$ $M_{R,d} = M_{R,d,2} - Z \cdot \frac{M_{R,d,b}}{Z_{R,d}}$
$0 \leq \frac{D}{D_{R,d}} \leq \frac{1}{2}$	$\frac{Z_{R,d} + D}{\frac{1}{2} D_{R,d}} \leq 1$ $\frac{\frac{1}{2} D_{R,d} - D}{Z_{R,d}} \leq 0,1$ $0,1 < \frac{\frac{1}{2} D_{R,d} - D}{Z_{R,d}} \leq 1$	$M_{R,d} = M_{R,d,1} + D \cdot \left[\frac{M_{R,d,1}}{Z_{R,d}} - \frac{Z_{R,d} + D}{\frac{1}{2} D_{R,d}} \cdot \left(\frac{1}{2} d_{M,a} - e \right) \right]$ $M_{R,d} = 0,9 M_{R,d,b} + \frac{1}{2} D_{R,d} \cdot e$ $M_{R,d} = M_{R,d,2} + D \cdot \frac{M_{R,d,b}}{Z_{R,d}}$
$\frac{1}{2} \leq \frac{D}{D_{R,d}} \leq 1$		$M_{R,d} = 0,9 M_{R,d,b} + 2 \cdot D \cdot e \cdot \left(1 - \frac{D}{D_{R,d}} \right)$
$e = \frac{2}{3\pi} \cdot \frac{d^3_{M,a} - d^3_{M,i}}{d^2_{M,a} - d^2_{M,i}}$ Schwerpunktastab der halben Aufstandsfläche von der Stabachse ($d_{M,a}$ $d_{M,i}$ nach Anlage 6)		
MERO Raumfachwerk und seine Komponenten		Anlage 11
Grenzbiegemoment des Stabanschlusses		

Tabelle 8: Grenzquerkraft des Stabanschlusses

Grenzquerkraft des Bolzens $V_{R,d,b} = M_{R,d,b} / h_B$

$M_{R,d,b}$ Grenzbiegemoment des Bolzens nach Anlage 11

$h_B = l_M + t / 2$ Hebelarm am Anschluss

l_M Muffenlänge nach Anlage 6

t Kegelbodendicke nach Anlage 2

Grenzquerkraft des Stabanschlusses

$$V_{R,d,A} = \min \left\{ 0,9 \cdot V_{R,d,b}; \quad 0,1 \cdot Z_{R,d} \right\}$$

Grenzquerkraft des Stabanschlusses bei Wirkung der Beanspruchungsgrößen Z oder D

$$V_{R,d} = V_{R,d,A} \cdot \left(1 - \frac{Z}{Z_{R,d}} \right) \quad \text{für} \quad 0 \leq \frac{Z}{Z_{R,d}} \leq 1 \quad \text{Zug}$$

$$V_{R,d} = V_{R,d,A} + 0,1D \quad \text{für} \quad 0 \leq \frac{D}{D_{R,d}} \leq 1 \quad \text{Druck}$$

Tabelle 9: α_w - Werte für den Nachweis der Schweißnähte zur Verbindung der Rohre mit den Kegelstücken aus S235 oder S355

Schweißnaht nach Anlage 2	Druck	Zug
Überlappnaht	0,88	0,79
Lasernaht, I - Naht	1,00	1,00
HV - Naht	1,00	1,00

MERO Raumfachwerk und seine Komponenten

Grenzquerkraft des Stabanschlusses

α_w - Werte für den Nachweis der Schweißnähte zur Verbindung der Rohre mit den Kegelstücken aus S235 oder S355

Anlage 12

Tabelle 10: Bemessungsregeln für Kegelstücke
(Längen in mm, Flächen in cm²)

Stahlsorte	Bezeichnung der Abmessungen nach Anlage 2
S235 und S355	$\beta \leq 0,6 \quad A_u \geq 0,625 \cdot (0,6 + 2\psi) \cdot A$ $\beta > 0,6 \quad A_u \geq 0,625 \cdot (\beta + 2\psi) \cdot A$
	$d_i \leq 1,25 \quad d_{bk}$
	$d_i \leq 1,25 \quad d_{M,a}$ $d_a \geq 1,15 \quad d_{M,a}$
	$A_o \geq 1,20 \quad \text{zugehörig} \quad A_u$ $d_{kb} \geq d + 2$ $r_i \quad \text{und} \quad r_a \geq 1$ $\alpha_i \geq 55^\circ$
S235	$t \geq 3,40 \cdot \sqrt{\text{zugehörig} \quad A_u}$
S355	$t \geq 4,20 \cdot \sqrt{\text{zugehörig} \quad A_u}$
MERO Raumfachwerk und seine Komponenten	
Bemessungsregeln für Kegelstücke	
Anlage 13	