

10 Schraub-, Niet- und Klemmverbindungen

Mit Hilfe des Fertigungsverfahrens Fügen werden Bauteile zu Fertigteilen oder Baugruppen verbunden.

Das Fügen der Werkstücke oder Bauteile kann entweder lösbar oder unlösbar erfolgen.

10.1 Fügeverfahren im Metall- und Stahlbau (Übersicht)

Zu den **lösbar**en Verbindungen zählen Schraub-, Stift-, Bolzen- und Klemmverbindungen.

Niet-, Kleb-, Löt- und Schweißverbindungen gelten als **unlösbar**, weil die Einzelteile nur durch Zerstören des Verbindungsmittels wieder voneinander getrennt werden können.

Nach der Wirkungsweise der Fügeverbindungen unterscheidet man den **Kraftschluss**, den **Formschluss** und den **Stoffschluss**.

Beim **Kraftschluss** erfolgt das Fügen durch Zusammenpressen der Werkstücke und Bauteile (Bild 1 a). Verbindungen dieser Art sind Klemm-, Press-, Schumpf- und Dehnverbindungen, vorgespannte Schraubverbindungen, Warmnietverbindungen sowie der Sitz des Morsekegels in der Bohrmaschine.

Beim **Formschluss** besitzen die Werkstücke oder Bauteile ineinanderpassende Formen. Beispiele hierfür sind Stift-, Bolzen- und Kaltnietverbindungen, sowie nicht vorgespannte Schraubverbindungen (Bild 1 b) und die Verbindungen von Blechen durch Falze.

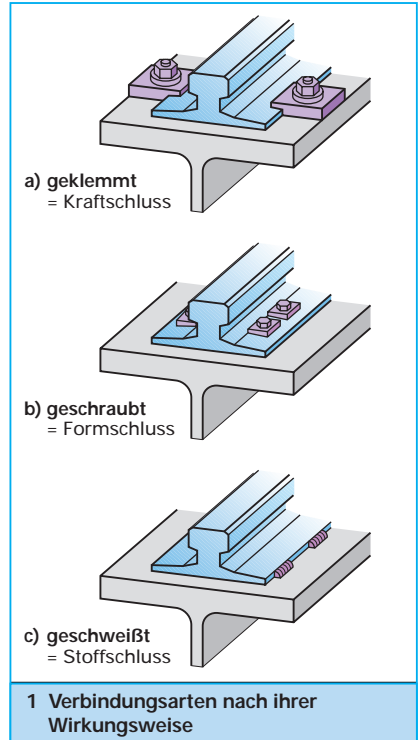
Beim **Stoffschluss** wird der Zusammenhalt der Bauteile durch Stoffbrücken erreicht. Zu dieser Verbindungsart zählen Schweiß-, Löt- und Klebverbindungen (Bild 1 c).

Die Auswahl einer geeigneten Fügeverbindung erfolgt nach verschiedenen Gesichtspunkten:

- Festigkeit
- Sicherheit
- Korrosionsbeständigkeit
- Lösbarkeit
- Dichtheit
- konstruktive Durchführbarkeit
- Wirtschaftlichkeit und
- dekoratives Aussehen

Beispiel:

Bei diesem Edelstahl-Geländer steht vor allem das dekorative Aussehen im Vordergrund. Deshalb hat es keine sichtbaren Schweißnähte. Die Glashalter wurden in das geschlitzte Rohr gesteckt und von der Gegenseite geschweißt und verschliffen. Durch die geschraubten Klemmen lässt sich das Glas ein- und ausbauen. Die Gläser benötigen keine Bohrungen. Der Anschluss des Handlaufs an den Pfosten wurde als geklebte Steckverbindung ausgeführt, sodass auch hier eine schlecht zu verschleifende Schweißnaht vermieden wurde.



10.2 Schraubverbindungen

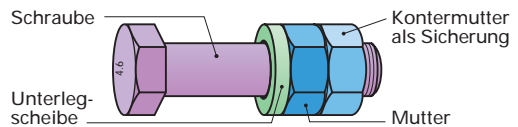
Schraubverbindungen sind sicher, weil sie aus industriell vorgefertigten Elementen, den Schrauben, Muttern und Unterlegscheiben bestehen. Sie können gegen Lockern gesichert werden, bleiben aber jederzeit lösbar. Besonders wenn feuerverzinkte Schrauben verwendet wurden, bleibt die Lösbarkeit über viele Jahre erhalten. Durch automatisiertes Bohren der Schraubenlöcher, die schnelle Montage und durch ihre Wiederverwendbarkeit sind sie sehr wirtschaftlich.

Es gibt hochfeste Schrauben, mit denen die Teilstücke einer Stahlkonstruktion auf der Baustelle zu großen Bauwerken verbunden werden können (Bild 1).

Eine Schraubverbindung besteht neben den zu verbindenden Bauteilen aus der Schraube, der Mutter, einer oder mehreren Unterlegscheiben und eventuell einer Schraubensicherung (Bild 2).



1 Schraubverbindung an einer transportablen Brücke

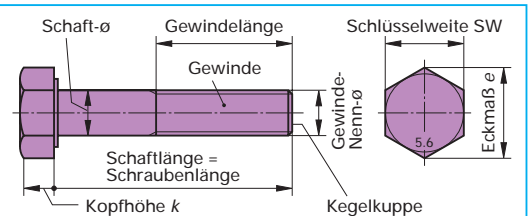


2 Elemente einer Schraubverbindung

10.2.1 Schraubenbezeichnung

Die Bezeichnungen an einer Schraube zeigt Bild 3. Schrauben und Muttern gibt es in sehr vielen Formen und aus verschiedenen Werkstoffen. Am häufigsten bestehen sie aus legiertem oder unlegiertem Vergütungsstahl unterschiedlicher Festigkeit.

Es ist notwendig, Schrauben eindeutig zu bezeichnen. Die Bezeichnung besteht aus dem Schraubennamen, der Normblattnummer, der Gewindeart, den Abmessungen, eventuell der Oberflächenbeschaffenheit und der Festigkeitsklasse bzw. dem Werkstoff bei Nichteisenmetallen (siehe nebenstehendes Bezeichnungsbeispiel).



Bezeichnungsbeispiel:

Sechskantschraube ISO 4014 – M 10 × 40 – 5.6

Benennung
 Normblatt-Nummer
 metrisches Gewinde
 Gewindeaußendurchmesser 10 mm
 Schaftlänge 40 mm
 Festigkeitsklasse (fünf Punkt sechs)

3 Bezeichnung an einer Schraube

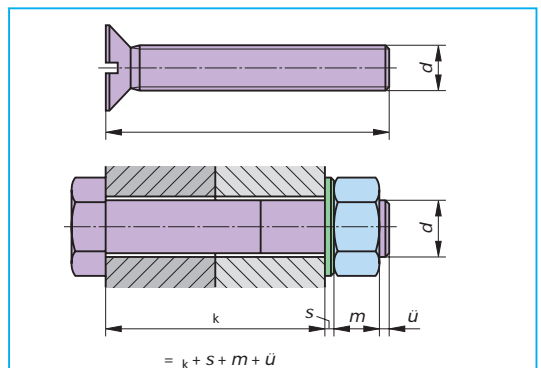
Schraubenlänge

Unter der Länge einer Sechskantschraube versteht man die Schaftlänge (Bild 4). Nur bei Senkschrauben gehört der Kopf zur Länge. Sie ergibt sich aus:

$$\begin{aligned} & \text{Klemmlänge } l_k \text{ (Werkstückdicke)} \\ & + \text{Scheibendicke } s \\ & + \text{Mutterdicke } m \text{ (} 0,8 \cdot \text{Gewindedurchmesser)} \\ & + \text{Überstand } \ddot{u} \text{ (2 Gewindegänge)} \\ & = \text{Schraubenlänge } l \end{aligned}$$

Summe aufrunden auf Normlänge!

Die Schraubenlänge kann auch mit einer Klemmlängentabelle (Tabellenbuch) bestimmt werden.



4 Bestimmung der Schraubenlänge

Festigkeitsklassen und mechanische Kennwerte der Schraubenwerkstoffe

Die Schraubenstähle sind in **Festigkeitsklassen** eingeteilt, die auf dem Kopf der Schrauben angegeben werden.

Aus der Festigkeitsklasse (z. B. 5.6 Bild 3, Seite 194) können die mechanischen Kennwerte des Schraubenstahls ermittelt werden.

● Die erste Zahl (z. B. 5) multipliziert mit 100 ergibt die Zugfestigkeit R_m , z. B. $100 \cdot 5 = 500 \text{ N/mm}^2$

● Die zweite Zahl (z. B. 6) geteilt durch 10 ergibt das **Streckgrenzenverhältnis** = $\frac{\text{Streckgrenze}}{\text{Zugfestigkeit}}$

z. B. $\frac{6}{10} = 0,6$. Die Streckgrenze R_e des Schraubenstahls erhält man durch Multiplizieren des Streckgrenzenverhältnisses mit der Zugfestigkeit, z. B. $R_e = 0,6 \cdot 500 \text{ N/mm}^2 = 300 \text{ N/mm}^2$. Man kann auch $5 \cdot 6 \cdot 10 = 300 \text{ N/mm}^2$ rechnen. Übliche Festigkeitsklassen im Metallbau sind 4.6, 5.6, 8.8, 10.9.

10.2.2 Handelsformen und Verwendung der Schrauben

Je nach Verwendungszweck benötigt der Metallbauer verschiedene Schrauben. Die wichtigsten Unterscheidungsmerkmale einer Schraube sind die Kopfform, die Gewindeart und der Werkstoff.

Die am häufigsten angewendeten Schrauben haben einen Sechskantkopf und ein metrisches Gewinde. Entweder ist es nur kurz wie in Bild 1 oder es geht annähernd bis zum Kopf.

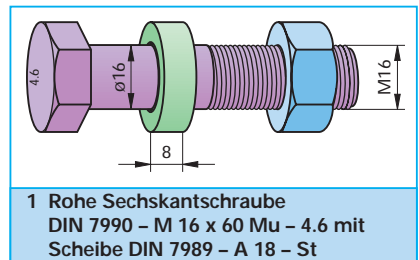
Rohe Sechskantschrauben für Stahlkonstruktionen nach DIN 7990 (Bild 1) haben Gewinde-Nenndurchmesser M 12 bis M 30. Es gibt sie in den Festigkeitsklassen 4.6 und 5.6. Das Nenn-Lochspiel zwischen Schaft und Bohrung darf $\Delta d_L = 2 \text{ mm}$ nicht überschreiten. In Anschlüssen und Stößen von Rahmen muss $\Delta d_L \leq 1 \text{ mm}$ eingehalten werden.

Bei **Sechskant-Pass-Schrauben** nach DIN 7968 ist der Schaft 1 mm dicker als der Gewinde-Nenndurchmesser (Bild 2). Sie werden verwendet, wenn die Stahlkonstruktion passgenau verschraubt werden muss, wie z. B. bei biegesteifen Stößen und Stützen-Stößen. Die Bohrungen müssen kleiner vorgebohrt und nach dem Zusammenbau aufgerieben werden, so dass $\Delta d_L \leq 0,3 \text{ mm}$ bleibt.

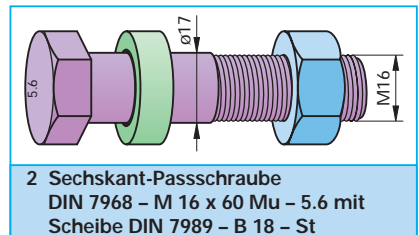
Hochfeste Schrauben (HV-Schrauben) mit der Festigkeitsklasse 10.9 und großen Schlüsselweiten werden statt der Rohe Sechskantschrauben eingesetzt, wenn große Kräfte übertragen werden müssen. (Näheres dazu ab Seite 200).

Senkschrauben DIN 7969 gibt es mit Schlitz (Bild 4 a), Kreuzschlitz oder mit Innensechskant. Mit ihnen werden begehbare Bleche wie Tränenbleche, Riffelbleche und Treppenstufen verschraubt. Das Spiel zwischen Schaft und Bohrung muss $\Delta d_L \leq 1 \text{ mm}$ betragen. Zylinderschrauben mit Innensechskant (Bild 4 b) gibt es mit normal hohem oder niedrigem Kopf. Sie werden an schwer zugänglichen Stellen eingesetzt, weil sie zum Anziehen oder Lösen wenig Platz benötigen.

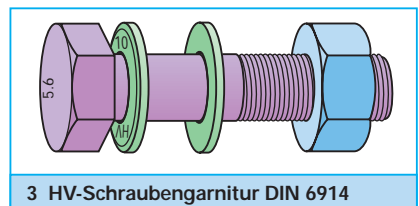
Flachrundschrauben (Bild 4 c) mit Vierkantansatz dienen zum Verbinden von Holz- mit Stahlteilen.



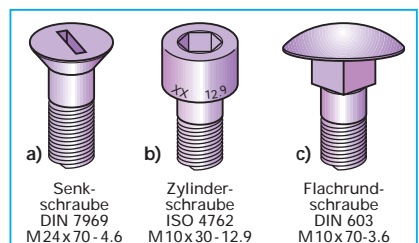
1 Rohe Sechskantschraube
DIN 7990 – M 16 x 60 Mu – 4.6 mit
Scheibe DIN 7989 – A 18 – St



2 Sechskant-Passschraube
DIN 7968 – M 16 x 60 Mu – 5.6 mit
Scheibe DIN 7989 – B 18 – St



3 HV-Schraubengarnitur DIN 6914



4 Weitere Kopfformen

Hammerschrauben mit großem Kopf werden für die biegesteife Verankerung von Stützen verwendet (Bild 1 a). Ebenso lassen sich **Ankerschrauben** mit beidseitigem Gewinde und Ankermuttern einsetzen (Bild 1 b). Beide Schraubarten sind bis zum Durchmesser M100 genormt.

Steinschrauben werden einbetoniert, um Torbänder zu befestigen (Bild 1 c). Inzwischen werden dazu meistens Klebeanker verwendet.

Schweißbolzen werden durch Bolzenschweißen an die Stahlkonstruktion von Glasfassaden und Wintergärten geschweißt, um die Druckleisten zum Einbau der Gläser befestigen zu können (Bild 2).

Stabanker aus Gusseisen mit Kugelgraphit dienen zum Verankern von Rundstäben an Knotenblechen mit Bolzen (Bild 3).

Sechskantholzschrauben sind für die Befestigung leichter Teile mit Nylondübeln ohne bauaufsichtliche Zulassung geeignet (Bild 4). Die **Stockschraube** wird verwendet, wenn statt des Sechskantkopfes ein metrisches Bolzengewinde erforderlich ist.

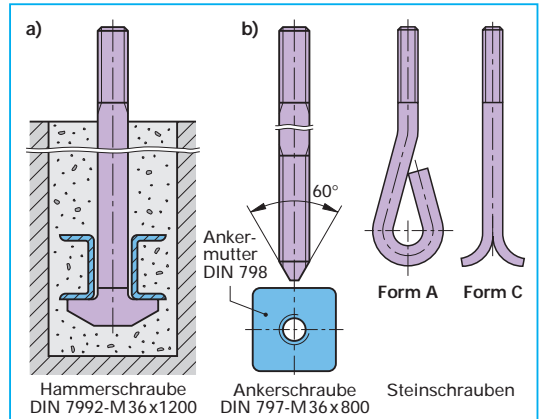
Schrauben für Sonderzwecke

Blechschraben sind gehärtet und formen ihr Gewinde im Blech selbst (Bild 5). Sie haben verschiedene Kopfformen und bis zu 6,3 mm Nenn Durchmesser für Blechdicken bis zu 2,5 mm. Die Bohrung im Blech soll nur wenig größer als der Schraubenkerndurchmesser sein. Dickere Bleche können arbeitssparend entweder mit **Gewinde-Schneidschrauben** (Bild 6) oder mit **gewindefurchenden Schrauben** verbunden werden.

Schneidschrauben stellen das Gewinde spanend her, gewindefurchende Blechschraben verdrängen den Werkstoff spanlos.

In so hergestellte Gewindelöcher dürfen auch andere passende Schrauben eingedreht werden. **Kombi-Schrauben** nach DIN 6900 sind Kombinationen von Schrauben und -scheiben, die unverlierbar aber drehbar mit der Schraube verbunden sind.

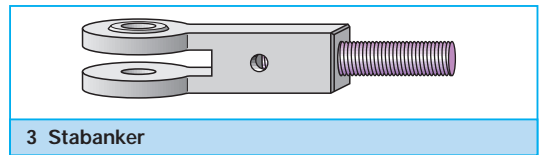
Für die Befestigung von Stahltrapezprofilen kann z. B. eine **Gewindefurchende Schraube** DIN 7500 mit einer Unterlegscheibe verwendet werden, auf deren Unterseite sich eine aufvulkanisierte Elastomer-Dichtung befindet (Bild 7 a). Sind die zu verbindenden Teile dünner als 10 mm, kann auch eine **Bohrschraube** DIN 7504 verwendet werden (Bild 7 b), die ihr Loch selbst bohrt und das Gewinde schneidet. Neben den genormten Schrauben gibt es eine Vielzahl von Schrauben mit **bauaufsichtlicher Zulassung** für Kaltprofile aus Stahlblech.



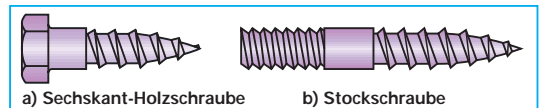
1 Schrauben zum Verankern



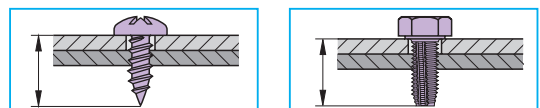
2 Schweißbolzen und -mutter



3 Stabanker

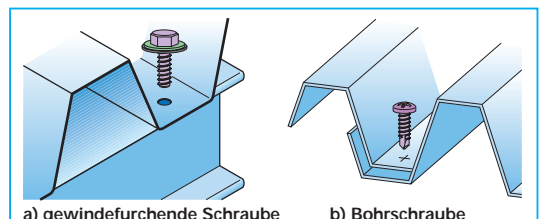


4 Holzschrauben



5 Blechschrabe ISO 7049 — St 2,9 x 13 - C - H

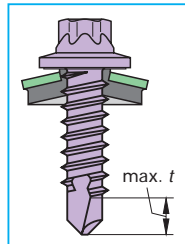
6 Gewinde- Schneidschraube DIN 7513 - AM 5 x 15



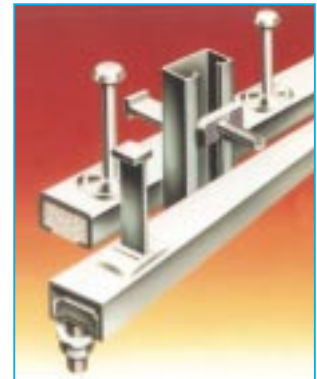
7 Kombi-Schrauben

Weil erst nach abgeschlossenem Bohrvorgang das Gewinde geschnitten werden darf, ist für jede Bohrschraube die „maximale Durchdringung t “ zu beachten, die sich aus der Länge der Bohrspitze bestimmt. **Kombi-Schrauben** aus nichtrostendem Stahl sind nicht so hart, deshalb besteht ihre Bohrspitze aus gehärtetem Stahl (Bild 1).

Ankerschienen-Schrauben haben einen rechteckigen Kopf (Bild 2). Er gestattet es, den Schraubenkopf mit der Schmalseite in die Schiene einzuführen, um 90° zu verdrehen und dann festzuschrauben. Die Ankerschienen werden angeschweißt oder beim Herstellen der Wand oder Decke mit einbetoniert. Sie bieten einen zuverlässigen, verstellbaren Halt.



1 Kombi-Schraube mit unverlierbarer Scheibe, bohrt, schneidet Gewinde, dichtet

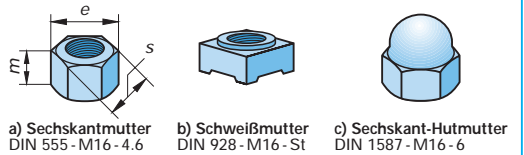


2 Ankerschienen-Schrauben

10.2.3 Muttern

Mit der Mutter wird die Schraubenverbindung festgedreht. Es gibt eine Vielzahl von Mutterarten. Der Metallbauer verwendet vor allem **Sechskantmuttern** (Bild 3 a).

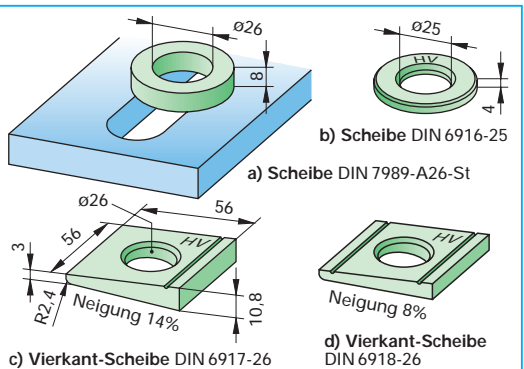
Vierkantmuttern haben eine größere Ansatzstelle für den Gabelschlüssel, sie sind aber für beengte Platzverhältnisse ungünstig (Bild 3 b). Sie werden für Flachrundschrauben und als Ankermuttern (DIN 798) für Ankerschrauben verwendet. **Hutmuttern** dienen zur Abdeckung von Gewindeenden (Bild 3 c).



3 Muttern

10.2.4 Unterlegscheiben

Sie haben die Aufgabe, die Oberfläche der Bauteile zu schützen, die Anpresskraft der Mutter oder des Schraubenkopfes besser zu verteilen und die Flanken von Langlöchern zu überbrücken. Dazu sind besonders die 8 mm dicken **Scheiben DIN 7989** geeignet (Bild 4 a). Außerdem verhindern diese Scheiben, dass das Schraubengewinde in das Bauteil hineinreicht. Typ A (roh) wird für Rohe Schrauben, Typ B (blank) wird für Passschrauben verwendet. **Scheiben DIN 6916** (Bild 4 b) sind dünner und gehärtet, sie liegen unter Kopf und Mutter von HV-Schrauben. Keilförmige Vierkantschrauben gleich Flanschneigungen aus. Für Schmale I-Träger gibt es I-Scheiben mit 14 % Neigung, erkennbar an einer Rille (Bild 4 c). Für U-Träger gibt es U-Scheiben mit 8 % Neigung, sie sind an zwei Rillen zu erkennen (Bild 4 d).

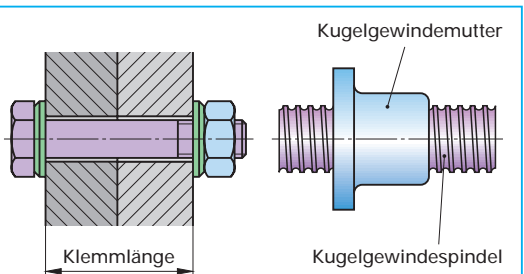


4 Stahlbau-Unterlegscheiben

Unterlegscheiben sind keine Schraubensicherung. Sie schützen nicht vor ungewolltem Lösen der Mutter!

10.2.5 Selbsthemmung von Gewinden

Selbsthemmung eines Gewindes liegt vor, wenn eine Mutter sich von einer Schraube nicht von selbst abdreht, sondern stehen bleibt (Bild 5 a). Befestigungsgewinde für Schrauben sind deshalb eingängige Spitzgewinde mit kleiner Steigung.



5 Befestigungs- und Bewegungsgewinde

Für Antriebe von Werkzeugmaschinentischen werden Trapezgewinde oder Kugelgewindespindeln mit großer Steigung und geringer Reibung ohne Selbsthemmung verwendet (Bild 5 b).

Die Haftreibungszahl μ_H zwischen zwei Werkstoffen kann durch einen Versuch ermittelt werden (Bild 1). Auf einer beweglichen schiefen Ebene aus Stahl liegt ein Stahlkörper. Die schiefe Ebene wird nun so lange angehoben, bis der Körper anfängt abzurutschen. Bis kurz vor dem Abrutschen sind die Hangabtriebskraft F_H und die Haftreibungskraft F_{RH} gleich groß. Nach geometrischen Gesetzen gilt: $\alpha_H = \gamma_H$. Die Haftreibungszahl μ_H ist definiert als

$$\mu_H = \frac{F_{RH}}{F_N} = \frac{F_H}{F_N} = \tan \gamma_H = \tan \alpha_H.$$

F_N = Normalkraft, α_H = Haftreibungswinkel. Bei glatten trockenen Stahlflächen erhält man etwa $\alpha_H \leq 11^\circ$ und daraus $\mu_H = \tan 11^\circ \leq 0,19$.

Befestigungsgewinde haben Steigungswinkel kleiner als 11° und sind deshalb selbsthemmend.

10.2.6 Spanschlösser

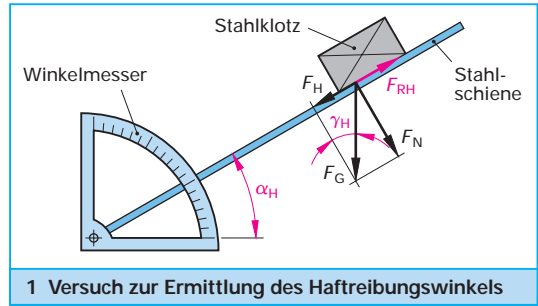
Spanschlösser gestatten das Nachspannen der Windverbände aus Rundstahl oder von Seilen im Stahlbau. Ein Spanschloss besteht aus einer Spanschlossmutter mit Rechts- und Linksgewinde, sowie einem Anschweißende mit Rechtsgewinde und einem Anschweißende mit Linksgewinde (Bild 2). Das Ende mit Linksgewinde hat eine Kennzeichnung durch „LH“ oder eine Rille über die Sechskantecken. Kontermuttern mit Rechts- und Linksgewinde nach DIN 555 fixieren das Spanschloss. Spanschlösser gibt es in verschiedenen Ausführungen: Geschmiedet, aus Sechskantstahl, aus Stahlrohr oder Rundstahl.

10.2.7 Schraubensicherungen

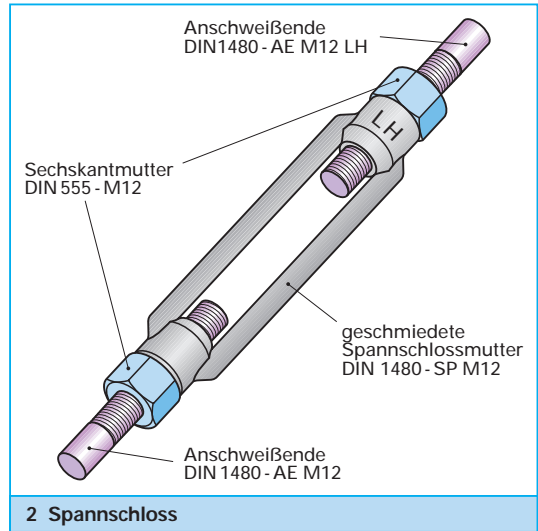
Durch fest angezogene Muttern wird im Schraubenschaft eine Vorspannkraft erzeugt, die die Normalkraft im Gewinde erhöht. Trotz der Selbsthemmung der Befestigungsgewinde können sich Schrauben lösen, wenn sie Erschütterungen ausgesetzt sind. Durch sie kann die Mutter momentan abheben. Außerdem kann sich durch Einebnen der Oberflächenrauheiten die Verbindung etwas setzen. Normalkraft und Reibung werden kleiner oder verschwinden ganz – die Mutter löst sich.

Wenn in verschraubten Bauteilen wechselnde Lasten oder Schwingungen auftreten können, müssen die Schrauben gesichert werden.

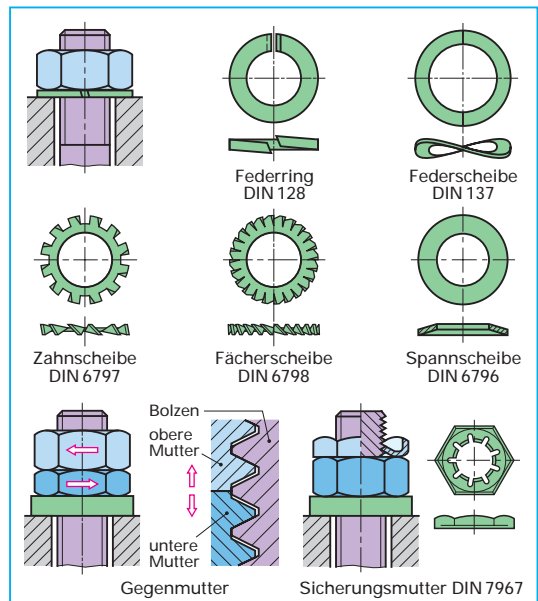
Eine Ausnahme bildet eine mit vorgeschriebenem Drehmoment angezogenen HV-Schraube und eine Dehnschraube. Ihr hochfester, federnder Schaft ist elastisch und gleicht Setzungen aus.



1 Versuch zur Ermittlung des Haftreibungswinkels



2 Spanschloss



3 Setsicherungen

Setzsicherungen enthalten ein federndes Element, das die Vorspannung der Schrauben weitgehend erhält. Dadurch bleiben Normalkraft und Reibung im Gewinde erhalten. Als federndes Element dienen Federring, Federscheibe, Zahnscheibe, Fächerscheibe und Spanscheibe (Bild 3, vorhergehende Seite). Kontermuttern werden gegeneinander verdreht und erzeugen in ihrem Bereich eine höhere Vorspannung und dadurch eine höhere Reibung. Sicherungsmuttern bestehen aus Federstahl und werden wie Kontermuttern verwendet. Setzsicherungen werden auch als **kraftschlüssige Schraubensicherungen** bezeichnet, weil sie die Normalkraft im Gewinde erhalten.

Setzsicherungen sind wieder verwendbar und bieten bei vorwiegend ruhender Beanspruchung gute Sicherheit gegen Lösen, falls die Schraubengüte niedriger als 8.8 ist.

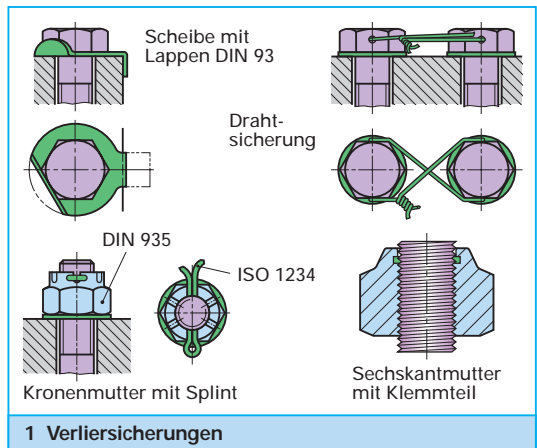
Für dynamische Beanspruchung sind sie unzureichend!

Verliersicherungen, die ein Element enthalten, das zerstört bzw. verbogen werden muss, bevor die Verbindung auseinander fällt, werden auch als **formschlüssige Schraubensicherung** bezeichnet. Als Verliersicherung werden das Sicherungsblech, die Drahtsicherung, die Kronenmutter mit Splint und Muttern mit Kunststoffringen eingebaut (Bild 1).

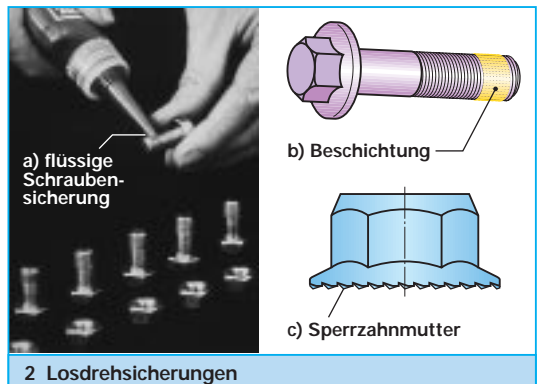
Verliersicherungen verhindern in der Regel auch bei dynamischer Beanspruchung den Verlust der Schrauben. Ein teilweises Lockern und Verlust an Vorspannung können sie nicht verhindern.

Losdrehsicherungen können durch Verkleben von Schrauben- und Muttergewinde mittels Einkomponentenklebstoffen hergestellt werden. Diese Sicherung wird auch als **stoffschlüssige Schraubensicherung** bezeichnet. Es gibt dickflüssige Sicherungsmittel für die Beschichtung vor dem Verschrauben (Bild 2 a), dünnflüssige für das nachträgliche Sichern und Mittel mit verschiedenen Losbrechfestigkeiten. Außerdem werden mit mikroverkapseltem Klebstoff vorbeschichtete Schrauben (Bild 2 b) angeboten. Auch Sperrzahnmuttern und -schrauben (Bild 2 c) werden als Losdrehsicherung eingesetzt. Sie besitzen gehärtete Verriegelungszähne, die sich in das Werkstück eingraben. Auf gehärteten Werkstücken finden sie allerdings keinen Halt.

Losdrehsicherungen verhindern das Losdrehen von Mutter- und Bolzengewinde auch bei dynamischer Belastung. Sie sind mit normalem Werkzeug lösbar.



1 Verliersicherungen



2 Losdrehsicherungen

Überprüfen Sie Ihre Kenntnisse

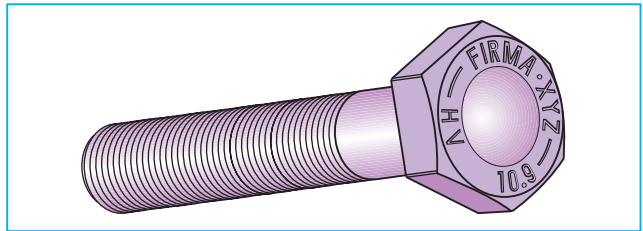
- 1 Welche 5 Eigenschaften sind bei Schraubverbindungen besonders wichtig?
- 2 Welche Schraubenlänge ist für eine Rohe Sechskantschraube DIN 7990-M16 erforderlich, wenn die Klemmlänge 30 mm beträgt?
- 3 Welche Zugfestigkeit und welche Streckgrenze hat eine Schraube der Festigkeitsklasse 8.8?
- 4 Warum werden Schrauben mit verschiedenen Kopfformen hergestellt?
- 5 Welche Vorteile bieten Kombi-Schrauben?
- 6 Wozu benötigt man Vierkant-Unterlegscheiben?
- 7 Was geschieht, wenn die maximale Durchdringung einer Bohrschraube für die vorliegende Klemmlänge nicht ausreicht?
- 8 Nennen und beurteilen Sie Beispiele für jede der 3 Arten von Schraubensicherungen!
- 9 Welche Schraubensicherungen lösen sich nicht, auch bei dynamischer Beanspruchung?

10.2.8 HV-Schrauben

Sie werden in DIN 6914 „Schrauben mit großen Schlüsselweiten“ genannt, in der Praxis hat sich jedoch die kürzere Bezeichnung HV-Schraube durchgesetzt. Sie tragen auf den Kopf neben dem Namen des Herstellers die beiden Buchstaben HV, sowie die Festigkeitsklasse 8.8 oder 10.9 (Bild 1). H bedeutet dabei hochfester Schraubenwerkstoff, V kommt ursprünglich von vorgespannt, weil HV-Schrauben häufig vorgespannt werden.

Sowohl der Kopf als auch die Mutter der HV-Schrauben sind um eine Stufe größer als bei normalen Schrauben. Zu jeder HV-Schraube gehören zwei vergütete Unterlegscheiben (Bild 2) oder U- bzw. I-Scheiben, die unter den Schraubenkopf und die Mutter gelegt werden. Die Fase der Unterlegscheibe soll bei der Montage stets nach außen zeigen, damit die Ausrundung am Schraubenkopf aufgenommen werden kann. In die zugehörige Mutter ist ebenso wie in die Scheiben die Festigkeitsklasse 10 und das Kennzeichen HV eingeprägt.

Es dürfen nur komplette HV-Schraubengarnituren vom selben Hersteller verwendet werden.



1 HV-Schraubenkopf



2 HV-Schraubengarnituren

10.2.9 Vorteile von Schraubverbindungen im Stahlbau

Stahlbauten werden in möglichst großen geschweißten Baugruppen zur Baustelle gefahren, um den Montageaufwand dort klein zu halten. Gegen zu große Baugruppen sprechen folgende Gründe:

Fertigungstechnische Gründe, z. B. lieferbare Trägerlängen, Werkstatt-Torgröße, Tragkraft der Werkstattkräne.

Transportgründe: Für Überlängen und Überbreiten sind Sondergenehmigungen und Polizeibegleitung erforderlich, zulässige Durchfahrtshöhen und Brückenlasten dürfen nicht überschritten werden.

Montagegründe: Platzverhältnisse und verfügbare Kräne auf der Baustelle sind zu beachten. Das Schweißen auf der Baustelle ist schwierig und teuer, die Verzinkung wird beschädigt, die Beschichtung muss erneuert werden.

Geschraubte Stöße lassen sich schneller montieren und leichter demontieren (Bild 3). Die Qualitätskontrolle ist einfach durchzuführen.

Für die **Wahl der Trennstellen** sind vor allem statische Gesichtspunkte maßgebend. Die Schraubverbindung wird in den Bereich mit der geringsten Belastung des Querschnitts gelegt, also bei Durchlaufträgern neben das Innen-Auflager und bei Rahmen wegen der Biegemomente nie direkt an der Rahmenecke. Stützen-Stöße können an beliebiger Stelle angeordnet werden.



3 Geschraubte Rahmenstöße

10.2.10 Schraubenabstände

Schrauben müssen genügend Abstand voneinander haben, damit der Schraubenschlüssel angesetzt werden kann. Außerdem muss ein ausreichend großer Werkstoffquerschnitt zur Übertragung der Kräfte zur Verfügung stehen. Ein zu kleiner Randabstand könnte bewirken, dass die Bleche ausreißen. Zu große Abstände bedeutet Werkstoffverschwendung und sie führen zu Klaffungen, in die Wasser eindringen kann. Es gibt zugelassene minimale, maximale und optimale Loch- und Randabstände (Tabelle 1).

Lochabstand	Zeichen	minimal	maximal	optimal
In Krafrichtung <i>gestanzte Löcher</i>	e	$2,2 d_L$ $3,0 d_L$	$6,0 d_L$ od. $12 t$	$3,5 d_L$
Vom Rand in Krafrichtung	e_1	$1,2 d_L$ $1,5 d_L$	$3,0 d_L$ od. $6 t$	$3,0 d_L$
Vom Rand quer Zur Krafrichtung	e_2	$1,2 d_L$ $1,5 d_L$	$3,0 d_L$ od. $6 t$	$1,5 d_L$
Quer Zur Krafrichtung	e_3	$2,4 d_L$ $3,0 d_L$	$6,0 d_L$ od. $12 t$	$3,0 d_L$

Es bedeuten: d_L = Lochdurchmesser, *kursiv*: gestanzt
 t = Dicke des dünnsten der außenliegenden Bleche

Nur bei Einhaltung der optimalen Rand- und Lochabstände werden die höchsten Grenzlochleibungskräfte erreicht!

Die zugelassenen minimalen Abstände ergeben nur etwa die halbe Tragfähigkeit, da die Grenzlochleibungskraft abgemindert wird. Gestanzte Löcher benötigen gegenüber gebohrten Löchern größere minimale Abstände, sie sind in die Tabelle *kursiv* eingetragen.

Minimale und optimale Abstände können auf das nächste durch 5 teilbare Maß aufgerundet werden. Maximale Abstände werden entsprechend abgerundet. Bei Stab- und Formstählen sind die Wurzelmaße w (Seite 415) einzuhalten. Alle Abstände sind auch bei versetzten Schraubenreihen von Lochmitte zu Lochmitte zu messen (Bild 1).

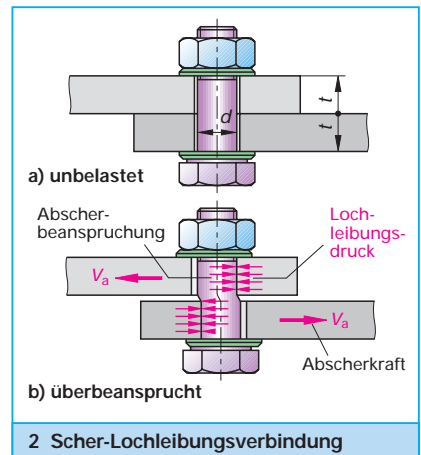
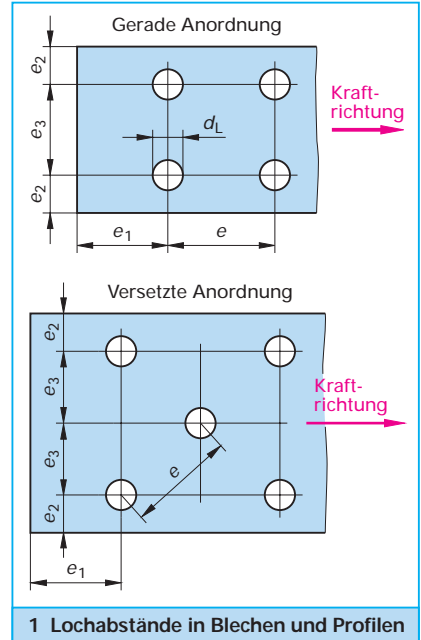
10.2.11 Scher-Lochleibungs-Schraubverbindung (SL-Verbindung)

Scher-Lochleibungs-Verbindungen, kurz SL-Verbindungen genannt, werden von Hand angezogen. Die Kräfte V_a werden über die **Lochleibung** des einen Blechs auf den Schraubenschaft und von dort auf die Lochleibung des anderen Blechs übertragen (Bild 2). Im Schaft entstehen dabei Scherspannungen. Die Reibungskräfte werden rechnerisch vernachlässigt.

Die Schrauben sind in Bohrungen eingesetzt, die 0,3 mm bis 2 mm größer als der Schraubenschaft sein dürfen. Dadurch kommt es vor, dass die Verbindung zunächst etwas nachgibt, bevor die Lochwandungen anliegen.

Alle formschlüssigen Verbindungen mit Stiften, Bolzen, Nieten und Schrauben sind Scher-Lochleibungsverbindungen. Auch 90 % aller HV-Schraubenverbindungen im Stahlbau sind SL-Verbindungen. Die SL-Verbindung mit HV-Schrauben darf nur bei vorwiegend **ruhender Belastung**, z. B. bei Gebäuden verwendet werden.

Bei Bauwerken, die auch einer **dynamischen Belastung** unterliegen, wie z. B. Kräne und Brücken, sind die Verbindungen als Sicherung der Mutter gegen Lösen planmäßig vorzuspannen. Dann liegt eine **SLV-Verbindung** vor.



Scher-Lochleibungs-Pass-Schraubenverbindung (SLP-Verbindung)

Die SLP-Verbindung ist eine Verbindung mit Sechskant-Pass-Schrauben DIN 7968 oder HV-Pass-Schrauben DIN 7999 (Aufschrift HVP) Bild 1. Der Schaft der Pass-Schrauben ist 1 mm dicker als ihr Gewindedurchmesser. Sie werden mit einem Lochspiel von höchstens 0,3 mm in aufgeriebene Bohrungen eingepasst und sind für stabilere und exaktere Verbindungen bestimmt.

Große Kräfte werden über die Lochleibung und Scherkräfte im Schraubenschaft übertragen.

Die SLP-Verbindung darf auch bei dynamischer Belastung, z. B. im Brückenbau, verwendet werden, wenn die Muttern z. B. durch Vorspannen (als SLVP-Verbindung) gegen Verlieren gesichert werden.

Falls die maximale zulässige Klemmlänge nicht ganz beansprucht wird, sind bei HVP-Schrauben zwei Scheiben unter die Mutter zu legen, damit die Mutter beim Anziehen nicht auf das innere Gewinde trifft und klemmt.

Übertragbare Scherkräfte von SL- und SLP-Verbindungen

Die übertragbaren Scherkräfte je Schraube für SL-Verbindungen können aus Tabellen abgelesen werden (Tabelle 1).

Wie die Tabelle 1 zeigt, beträgt die **Grenzabscherkraft** $V_{a,R,d}$ einer Rohen Schraube M12 der Güte 4.6 nur 24,68 kN, bei einer HV-Schraube gleicher Größe beträgt sie jedoch 56,55 kN. Das ist mehr als doppelt so viel! Dadurch müssen nur halb so viele HV-Schrauben eingebaut werden wie Rohe Schrauben. Das ist wirtschaftlicher, weil außerdem weniger Schraubenlöcher gebohrt und nur kleinere Anschlussbleche hergestellt werden müssen.

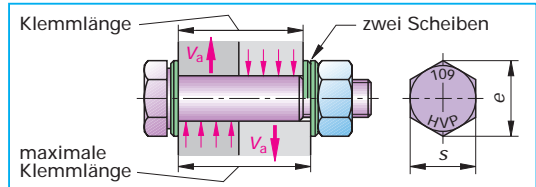
Beachte: Um die Grenzabscherkraft von 4 Schrauben zu erhalten, wird der Tabellenwert mit 4 multipliziert. Eine zweischnittige Schrauben-Verbindung (vergleiche Niete S. 206 Bild 4) trägt doppelt so viel wie eine einschnittige Verbindung. Im Normalfall greifen die Scherkräfte nicht am Gewinde, sondern am Schaft an.

Ablesebeispiel: Welche Grenzabscherkraft haben vier zweischnittige HV-Schrauben M16 einer SL-Verbindung, wenn die Scherkraft am Schaft angreifen?

Lösung: $V_{a,R,d} = 100,53 \text{ kN} \times 4 \times 2 = 804,24 \text{ kN}$

Anwendung von SL- und SLP-Verbindungen

Typische Anwendungsbeispiele sind alle Bauwerke mit vorwiegend ruhender Belastung wie Sendemaste, Kesselgerüste, Fabrik- und Sporthallen, Bürogebäude und Hochhäuser (Bild 2). Diese turmartige Rahmenkonstruktion ist geschweißt, alle lösbaren Anschlüsse wurden mit HV-Schrauben in SLV-Verbindungen hergestellt.



1 SLP-Verbindung

Tabelle 1: Grenzabscherkräfte

$V_{a,R,d}$ in kN je Scherfuge für ein- und mehrschnittige gestützte SL-Schraubenverbindungen mit Schrauben DIN 7969, DIN 7990 und DIN 6914.

Zeile	Schraubengröße	Festigkeitsklassen			
		4.6 Schaft kN	5.6 Schaft kN	8.8 Schaft kN	10.9 Schaft kN
1	M 5	4,28	5,35	8,57	9,82
2	M 6	6,17	7,71	12,34	14,14
3	M 8	10,97	13,71	21,93	25,13
4	M 10	17,14	21,42	34,27	39,27
5	M 12	24,68	30,84	49,35	56,55
6	M 16	43,87	54,84	87,74	100,53
7	M 20	68,54	85,68	137,09	157,08
8	M 22	82,94	103,67	165,88	190,07
9	M 24	98,70	123,38	197,41	226,19
10	M 27	124,92	156,15	249,84	286,28
11	M 30	154,22	192,78	306,45	353,43
12	M 36	222,08	277,60	444,16	508,94

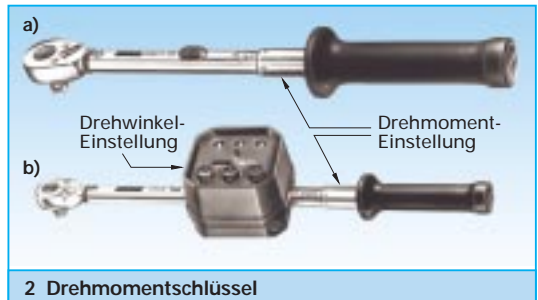
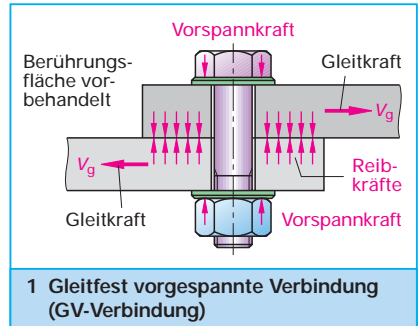


2 Praktische Ausführung von SLV-Verbindungen

10.2.12 Gleitfest vorgespannte Verbindung (GV-Verbindung)

Bei einer gleitfest vorgespannten Verbindung werden die HV-Schrauben fest angezogen und pressen die zu verbindenden Teile so fest zusammen, dass sie trotz Belastung nicht verrutschen können (Bild 1). Die HV-Schrauben werden nicht auf Abscheren beansprucht, sondern vorwiegend auf Zug und durch das Anziehen auch etwas auf Torsion. Lochleibungsdruck entsteht nicht. Die Kraft wird durch Reibung übertragen. **Gleitfest** wird die Verbindung dadurch, dass die im Stoß sich berührenden Flächen aufgeraut werden. Das geschieht durch **Sandstrahlen, Flammstrahlen** und Auftragen eines **gleitfesten Anstrichs**. Dabei entsteht die erforderliche Reibungszahl von $\mu = 0,5$ bei S235 JR. Sonstige Farbe, Fett, Öl oder Flugrost sind nicht erlaubt. Klaffungen, die durch Walztoleranzen oder Schweißverzug entstehen können, müssen ab 2 mm Spaltbreite durch beidseitig aufgeraute Futterbleche ausgeglichen werden.

Die erforderlichen Vorspannkraft bzw. die Anziehmomente sind aus der folgenden Tabelle zu entnehmen.



Beispiel: Eine feuerverzinkte HV-Schraube M 12 ist MoS₂ geschmiert und benötigt lt. Tabelle ein Anziehmoment von 100 Nm um 50 kN Vorspannkraft zu erreichen. Die Grenzgleitkraft beträgt 21,74 kN wenn keine Zugkraft N wirkt.

Tabelle 1: Anziehmomente, Drehwinkel und Grenzgleitkräfte in GV/GVP-Verbindungen

1	2	3		4	5	6	7	8	9	10		
Gewindebezeichnung	erforderliche Vorspannkraft F_v in der Schraube	Planmäßiges Vorspannen der Schraube nach dem		Aufzubringendes Vorspannkraft F_v	Aufzubringendes Voranziehmoment M_v	Klemmlänge I_k	Drehwinkel bzw. Umdrehungsmaß je nach Klemmlänge φ U			Grenzgleitkraft $V_{g,R,d}$ je Scherfuge für $N = 0$ und $\mu = 0,5$ mit Schraube DIN 6914 (HV) DIN 7999 (HVP)		
		a) Drehmoment-Verfahren									b) Drehimpuls-Verfahren	c) Drehwinkel-Verfahren
		Aufzubringendes Anziehmoment M_A	MoS ₂ geschmiert								leicht geölt	Aufzubringendes Anziehmoment M_A
mm	kN	Nm	Nm	kN	Nm	mm				kN		
M 12	50	100	120	60	10	0 bis 50	180°	1/2		21,74		
M 16	100	250	350	110	50					43,48		
M 20	160	450	600	175		51 bis 100	240°	2/3		69,57		
M 22	190	650	900	210	100					82,61		
M 24	220	800	1100	240						95,65		

Für das **Vorspannen** gibt es drei zugelassene Anziehverfahren:

- **Drehmomentverfahren:** Beim Anziehen mit dem Drehmomentschlüssel (Bild 2 a) wird die erforderliche Vorspannkraft (Spalte 2 der Tabelle) durch das gemessene Drehmoment erzeugt.
- **Drehimpulsverfahren:** Dazu wird ein typengeprüfter Schlagschrauber verwendet, der auf das vorgegebene Drehmoment eingestellt wird.
- **Drehwinkelverfahren:** Bei ihm wird nach dem Aufbringen eines Voranziehmoments nach Tabelle die Mutter oder der Kopf um einen Drehwinkel nach Spalte 8 weiter angezogen. Für dieses Verfahren gibt es einen Drehmomentschlüssel mit elektronischer Kontrolle des Drehwinkel und des Drehmoments (Bild 2 b).

Bei größerer Schraubenzahl sollen die Schrauben in überspringender Reihenfolge zunächst auf 60 % des Sollwertes angezogen werden. Die endgültige Vorspannung erfolgt in einem zweiten Arbeitsgang. Die an den Anschlüssen liegenden Schrauben werden jeweils zuletzt angezogen, weil sie am stärksten belastet werden.

- Löcher müssen aufeinander passen – notfalls sind sie gemeinsam aufzubohren oder aufzureiben!
- Schrauben stets rechtwinklig einbauen – eine Schiefstellung mindert die Vorspannung erheblich!

Prüfung der Vorspannung

Um sicherzustellen, dass die Schrauben in gleitfesten Verbindungen richtig angezogen sind, muss jede 20. Schraube (5 %) durch Weiteranziehen überprüft werden. Ausgangsstellung markieren (Bild 1)!

- Drehmomentverfahren: Zur Prüfung das Drehmoment 10 % höher einstellen als bei der Montage.
- Drehimpulsverfahren: Den mit gleicher Vorspannkraft eingestellten Schlagschrauber wieder ansetzen.
- Beim Drehwinkelverfahren ist je nach dem verwendeten Anziehgerät eine der obigen Prüfmethoden anzuwenden.

Bei einem Weiterdrehwinkel von bis zu 60° ist die Vorspannung ausreichend, jedoch müssen zwei weitere Schrauben im gleichen Stoß geprüft werden, falls 30° überschritten werden. Bei über 60° Weiterdrehwinkel müssen die Schrauben ausgewechselt werden.

Gleitfeste Verbindungen mit Pass-Schrauben (GVP-Verbindungen)

In gleitfesten Verbindungen können auch hochfeste Pass-Schrauben verwendet werden. Die zu verbindenden Teile können dadurch sehr genau und fest gefügt werden (Bild 2). Zusätzlich zu den Reibkräften wird die Verbindung dabei durch Scher- und Lochleibungskräfte aufrecht erhalten.

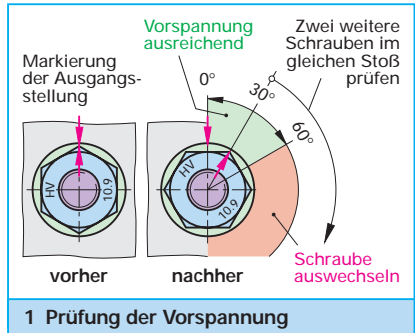
Vorteile, Nachteile, Verwendung

GV- und GVP-Verbindungen sind sowohl für statische als auch für dynamische Belastung geeignet und können deshalb für Brücken, Krane und Bagger verwendet werden. Wegen der hohen Vorspannung erübrigt sich eine Schraubensicherung. Der durch sie gebildete feste Kraftschluss ist weniger nachgiebig als der Formschluss der SL-Verbindung. Allerdings sind die Grenzleitkräfte $V_{g,R,d}$ kleiner als die Grenzscherkräfte der SL- und SLP-Verbindungen. Außerdem sind GV- und GVP-Verbindungen teuer. Solche passgenauen Verbindungen waren bei dem größten voll beweglichen 100 m-Radioteleskop in Effelsberg (Bild 3) erforderlich.

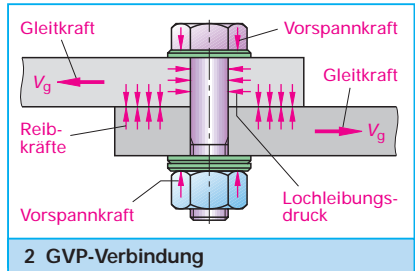
10.2.13 Korrosionsschutz der Schraubverbindungen

Der Schutzanstrich sollte unmittelbar nach der Montage der Schraubverbindung erfolgen, noch bevor Wasser in die Fugen eindringen konnte. Der Grundanstrich sollte so dickflüssig sein, dass er die Fugen verschließt, ohne durch Kapillarwirkung in sie einzudringen.

Für feuerverzinkte Stahlkonstruktionen werden feuerverzinkte hochfeste Schrauben verwendet. Da feuerverzinkte Reibflächen nur eine Reibungszahl von 0,1 bis 0,2 haben, müssen sie mit einem gleitfesten Anstrich, z. B. Silikat-Zinkstaubfarbe versehen werden. Die Oberfläche muss vorher gereinigt und entfettet werden.



1 Prüfung der Vorspannung



2 GVP-Verbindung



3 Radioteleskop mit GVP-Verbindungen

Überprüfen Sie Ihre Kenntnisse

- 1 Woran erkennen Sie HV-Schrauben?
- 2 Warum werden nicht alle Verbindungen geschweißt?
- 3 Berechnen Sie den optimalen Rand- und Lochabstand für HV-Schrauben M 16 ($d_L = 18 \text{ mm}$).
- 4 Erläutern Sie, was man unter einer SL-Verbindung versteht!
- 5 Welchen Vorteil hat die SLV-Verbindung gegenüber der SL-Verbindung?
- 6 Warum werden im Stahlbau zunehmend HV-Schrauben eingesetzt, obwohl sie teurer als Rohe Schrauben sind?
- 7 Welche zusätzlichen Arbeitsgänge sind bei einer GV- gegenüber einer SL-Verbindung erforderlich?

10.3 Trägerklemmverbindungen

Trägerklemmverbindungen ermöglichen, sich kreuzende Träger ohne Bohren oder Schweißen miteinander zu verbinden (Bild 1). Die Verbindung besteht aus einer Zwischenplatte, und vier Schrauben-Klemmeinheiten an den Ecken (Bild 2). Die Zwischenplatte ragt über die Trägerflansche hinaus und hat an den vier überstehenden Ecken jeweils eine Bohrung. Sie nimmt eine Schraube der Festigkeitsklasse 8.8 mit einem unteren Klemmteil (Typ A) und einem oberen Klemmteil (Typ B) auf.

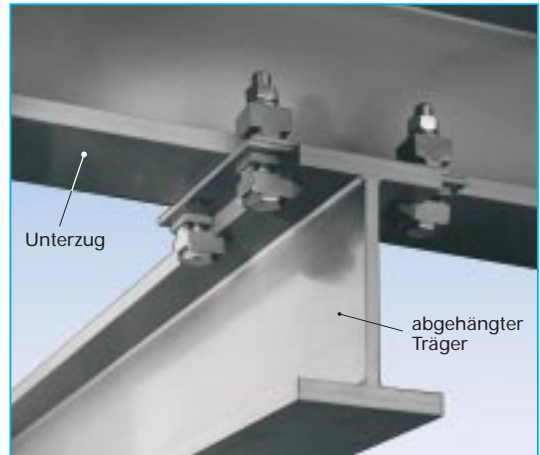
Diese Klemmteile sind aus weißem Tempermessing und gezahnt um die Reibung zu erhöhen. Typ A hat eine Aussparung die verhindert, dass sich der Schraubenkopf drehen kann. Gegenüber der Verzahnung ist eine Nocke angeordnet, mit der sich das Klemmteil auf der Zwischenplatte abstützt. Je nach Dicke des Trägerflansches, der geklemmt werden soll, gibt es Klemmteile mit verschiedenen dicken Nocken. Für dickere Flansche werden Ausgleichsscheiben Typ CW oder P unterlegt.

Das Klemmteil Typ B ist an der Oberseite glatt, damit sich die Mutter anziehen lässt. Es wird eine Unterlegscheibe DIN 125 verwendet. Zum Vorspannen der Schrauben muss ein Drehmomentschlüssel verwendet werden, damit das vorgeschriebene Anzugsmoment aufgebracht werden kann.

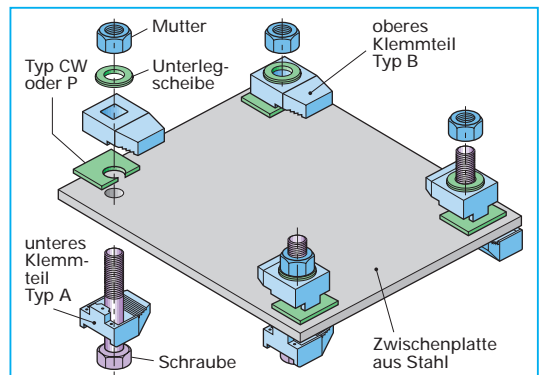
Die Tabelle 1 zeigt die erforderlichen Anzugsmomente und die zulässige Zugkraft einer Trägerklemmverbindung mit vier Schrauben. Die Klemmverbindung ist für ruhende und für vorwiegend nicht ruhende Belastung, z. B. eine angehängte Kranbahn, bauaufsichtlich zugelassen. Sie muss bei nicht ruhender Belastung aber alle 2 Jahre kontrolliert werden.

Vorteile von Klemmverbindungen:

- kein Bohren auf der Baustelle
- keine Querschnittsschwächung
- kein Schweißen – keine Oberflächenbeschädigung
- justierbar – kann angepasst werden
- wieder verwendbar – falls sie vorher ruhend belastet war.



1 Trägerklemmverbindung



2 Elemente der Trägerklemmverbindung

Tabelle 1: Tragkraft Klemmverbindung

Schraube	Dicke der Platte	Anzugsmoment (Nm)	Zugkraft (kN)
M 12	8 mm	69	18,2
M 16	10 mm	147	33,9
M 20	12 mm	285	52,9
M 24	15 mm	491	76,2

Überprüfen Sie Ihre Kenntnisse

- 1 Was bedeutet SLP-Verbindung und was GVP-Verbindung?
- 2 Welchen Durchmesser soll die Bohrung für eine HVP-Schraube M 16 haben?
- 3 Nennen Sie je zwei Vorteile und zwei Nachteile von GV-Verbindung!
- 4 Beschreiben Sie ein Vorspannverfahren für GV-Verbindungen!
- 5 Wie muss die Vorspannung der GV-Verbindungen überprüft werden?
- 6 Bestimmen Sie den Schraubendurchmesser und zeichnen Sie die Zwischenplatte, wenn an einen HE-B 200 ein kreuzender HE-B 140 angehängt werden soll, der den Aufhängepunkt mit 30 kN belastet. Die Schraubenlöcher tangieren die Flanschen der Träger. Wählen Sie den optimalen Randabstand!

10.4 Nietverbindungen

Die früher im Schiffbau und im Stahlbau herausragende Bedeutung des Nietens hat in den letzten Jahrzehnten stark abgenommen.

Durch das Nieten entstehen unlösbare Verbindungen.

Man unterscheidet die **Kaltnietung** für Niete aus Stahl und Nichteisenmetallen bis 9 mm Durchmesser und die **Warmnietung** für dickere Niete aus Stahl. Letztere wird heute nur noch für LKW-Chassis und Reparaturen ausgeführt.

10.4.1 Warmnietung

Warmnieten wird mit hellrot-warmen Niet (ca. 1000° C) durchgeführt. Der handelsübliche Niet hat einen Schaft mit einem **Setzkopf**. Der **Schließkopf** wird beim Nieten gebildet (Bild 1). Der Lochdurchmesser d_L wird stets 1 mm größer als der Rohnietdurchmesser d gebohrt. Die Nietlänge l berechnet man mit der Klemmlänge l_k und dem Durchmesser d (Bild 1):

Nietlänge für Halbrundkopf: $l = 1,1 \times l_k + 1,5 \times d$

Nietlänge für Senkkopf: $l = 1,1 \times l_k + 0,7 \times d$

Die Löcher für Niete können gebohrt oder gestanzt werden. Gebohrte Löcher werden entgratet, gestanzte Löcher müssen kleiner gestanzt und dann um 2 mm aufgerieben werden, wenn es sich um ein Stahlbauwerk mit nicht ruhender Belastung handelt oder wenn das gestanzte Bauteil über 16 mm dick ist und auf Zug beansprucht wird. Die Berührungsflächen der Bauteile erhalten einen Anstrich aus Eisenoxidrot, Zinkchromat oder Zinkstaubfarbe, um das Rosten der Fugen zu verhindern. Versetzungen der Bohrungen beim Zusammenbau werden durch Aufbohren oder Reiben ausgeglichen. Das Schließen der Nietverbindung erfolgt in vier Arbeitsgängen nach Bild 2.

Kontrolle: Die Nietköpfe müssen gut anliegen, mittig sitzen und voll ausgeschlagen sein. Verbrannte Niete oder Niete mit Rissen sind zu ersetzen. Mit dem Hammer angeschlagen sollen Niete klingen, nicht scheppern.

In Warmnietverbindungen steht der abgekühlte Niet unter hoher Zugspannung, deshalb dürfen diese Niete nicht auf Zug belastet werden. Im Gegensatz zur Schweißverbindung bleibt das Bauteil jedoch fast spannungsfrei.

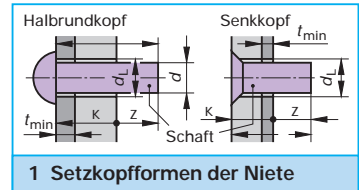
Einschnittige Nietverbindungen liegen vor, wenn der Nietschaft nur an einer Stelle auf Abscheren beansprucht wird (Bild 3).

Zweischchnittige Nietverbindungen entstehen durch die Doppelaschennietung (Bild 4). Sie trägt doppelt so viel, da die Kraft auf zwei Nietquerschnitte verteilt wird.

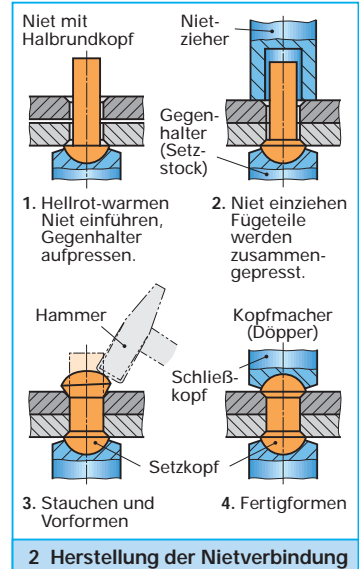
Jede Nietverbindung kann außerdem einreihig oder mehrreihig (Bild 5) sein. Dabei sind die Nietabstände wie die Schraubenabstände (Tabelle Seite 201) zu berechnen.

10.4.2 Kaltnietung

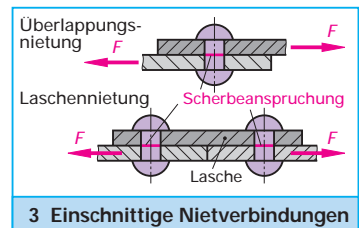
Während für die Warmnietung nur Niete aus Stahl verwendet werden, gibt es für die Kaltnietung auch Niete aus nichtrostendem Stahl sowie aus Kupfer und Aluminiumwerkstoffen. Die Nietlöcher sind etwa 5 % größer als der Schaftdurchmesser zu bohren. Die Kaltnietung wird meist mit Nietmaschinen durchgeführt, die hämmernd, quetschend, rollend, taumelnd oder in einer Kombination dieser Bewegungen arbeiten. Die Niete können beim Taumelnieten durch unterschiedliche Döpper mit verschiedenen Nietköpfen versehen werden (Bild 1, nächste Seite).



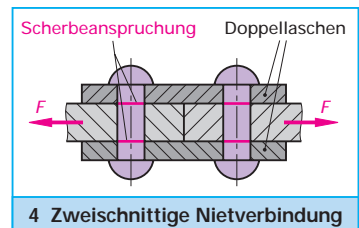
1 Setzkopfarten der Niete



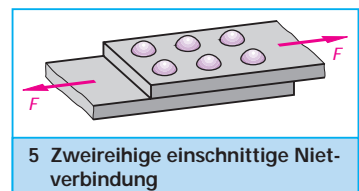
2 Herstellung der Nietverbindung



3 Einschnittige Nietverbindungen



4 Zweischchnittige Nietverbindung



5 Zweireihige einschnittige Nietverbindung

Um Kontaktkorrosion zu vermeiden, sollten die Niete aus dem gleichen Werkstoff sein wie die zu verbindenden Bauteile.

10.4.3 Blindniete

Sie bieten den besonderen Vorteil, dass sie nur von einer Seite her – der Setzkopfseite – gesetzt werden. Blindniete bestehen aus der **Niethülse** mit dem Setzkopf und dem **Nietdorn**, der in der Form einem Nagel gleicht (Bild 2). Blindniete werden aus Baustahl, nichtrostendem Stahl, Aluminium oder Kunststoff, sowie aus Aluminium mit verzinktem oder rostfreiem Stahldorn hergestellt. Sie werden mit hand- oder druckluftbetriebenen Werkzeugen (Bild 3) gesetzt:

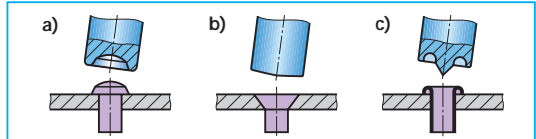
1. Das Nietloch wird 0,1 mm größer als der Blindniet gebohrt. Der Zugdorn des Blindniet mit passender Länge wird in die Nietzange geklemmt.
2. Der Blindniet wird bis zum Anschlag in das Nietloch eingesteckt (Bild 4 a).
3. Vom Werkzeug wird der Zugdorn angezogen, er staucht den Schaft und bildet den Schließkopf (Bild 4 b).
4. Der Zugdorn reißt an der Sollbruchstelle, (Bild 4 c) die Teile sind vernietet. Der Zugdornrest wird ausgestoßen.

Bei allen Blindnieten reißt der Kopf relativ leicht ab. Zugbeanspruchung sollte deshalb möglichst vermieden werden.

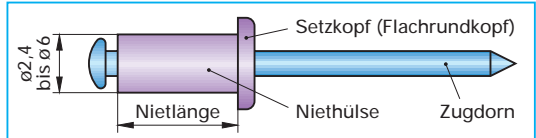
Anwendung:

Für Fensterbau, Flachdach-Isolierungen und für Grundlochnietungen sind Schaftlängen bis 80 mm lieferbar. Übliche Nietdurchmesser reichen von 2,4 mm bis 6 mm.

Für den Längsstoß von Stahltrapezprofilen gibt es bauaufsichtlich zugelassene wasserdichte Blindniete. **Blind-Einnietschrauben** ermöglichen das Anbringen eines Schraubenbolzens an Hohlkörpern oder an rückwärtig nicht zugänglichen Teilen (Bild 5 a). Das überstehende, verzinkte Schraubengewinde mit Nenndurchmessern M 4 bis M 8 gestattet die Befestigung weiterer Teile. **Blind-Einnietmuttern** verbinden zwei Teile und ermöglichen ein Innengewinde auch an dünnwandigen Profilen und Blechen (Bild 5 b). Die Verarbeitung erfolgt mit einem einfachen Handwerkzeug. Blindnietmuttern gibt es aus cadmiertem Stahl, Aluminium und Kupfer-Zink-Legierung. Das entstandene Innengewinde M 4, M 5 oder M 8 gestattet die lösbare Befestigung weiterer Bauteile mit normalen Gewindeschrauben.



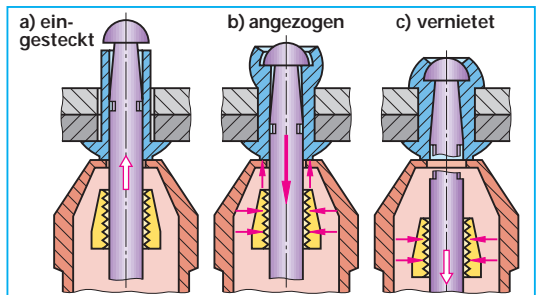
1 Kopfformen und Döpper beim Taumelnieten



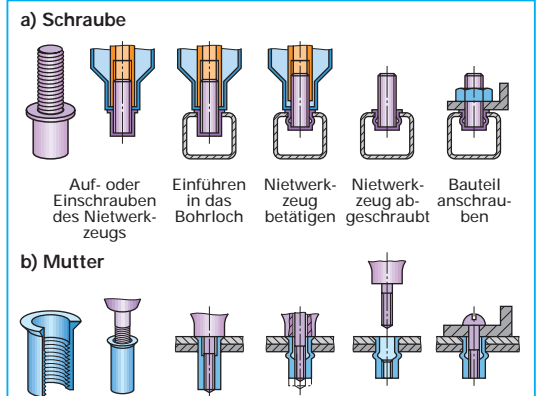
2 Blindniet



3 Blindnietwerkzeuge



4 Herstellung einer Blindnietverbindung



5 Verarbeiten einer Blind-Einnietschraube und der Mutter

Überprüfen Sie Ihre Kenntnisse

- Beschreiben Sie die Herstellung einer Warmniet-Verbindung!
- Warum trägt eine zweischnittige Nietverbindung doppelt so viel wie eine einschnittige?
- Warum werden Baustellen LKW's genietet und nicht geschweißt?
- Welches ist der wichtigste Vorteil der Blindniete?
- Für welche Anwendungen können Blindniete eingesetzt werden?
- Nach welchen drei Gesichtspunkten ist ein Blindniet auszuwählen?
- Wonach richtet sich die Länge eines Blindniets?
- Welche 2 besonderen Blindniete kennen Sie?

Projekt: Windverband aus S235 JR

Aufgaben

- Stellen Sie fest, welche beiden Wurzelmaße w_1 und w_2 (Anreißmaße) der Winkel 120×12 hat!
- Berechnen Sie den optimalen Randabstand e_1 und den Lochabstand e für die Schrauben M16 und den Lochdurchmesser 18 mm.
- Lochabstände werden bei versetzten Bohrungen schräg zwischen den Lochmitten gemessen. Berechnen Sie, wie groß die 3 gleichen Abstände zwischen den Schrauben, gemessen in Richtung der Winkelachse mindestens sein müssen, um den optimalen Abstand einzuhalten.
- Ermitteln Sie die Grenzabscherkraft $V_{a,R,d}$ und die Grenzlochleibungskraft $V_{l,R,d}$ für eine Schraube.
- Berechnen Sie die Grenznormalkraft $N_{R,d}$ im Blech, wenn es bei der letzten Schraube 160 mm breit ist und die Grenznormalspannung $\sigma_{R,d} = 218 \text{ N/mm}^2$ beträgt.
- Berechnen Sie die Grenznormalkraft im Winkelstahl. Beachten Sie dabei, dass durch den unsymmetrischen Anschluss die Grenznormalspannung nur zu 80 % ausgenutzt werden darf. Wie groß ist dann die Beanspruchbarkeit R_d ? Darf eine Beanspruchung von $S_d = 400 \text{ kN}$ auftreten?
- Durch welche Maßnahmen könnte die Beanspruchbarkeit auf 500 kN gesteigert werden?
- Zeichnen Sie die beiden Knotenbleche im Maßstab 1:2 und berechnen Sie die Masse der Bleche und der Winkel.

