

CASAR[®]

SPEZIALDRAHTSEILE



Seilendverbindungen

Seilendverbindungen

von Dipl.- Ing. Roland Verreet

1. Einleitung.....	2
2. Systematik	3
3. Die Drahtseilklemme	4
4. Die asymmetrische Keilendklemme	11
5. Die symmetrische Keilendklemme	20
6. Der Spleiß	22
7. Die Aluminiumpreßverbindung	28
8. Das Flämische Auge	40
9. Die Bolzenpreßverbindung	44
10. Der metallische Seilverguß.....	50
11. Der Kunststoffseilverguß	67
12. Ein Wort zu den Preisen.....	70

© 1996,2003 PR GmbH Werbeagentur & Verlag GmbH, Aachen.
Grafiken: Sandy Vonhoegen und Roland Verreet, Titel: Rolf Bunse, PR GmbH, Aachen.
Satz, Layout und Gestaltung: PR GmbH Werbeagentur & Verlag GmbH, Aachen.
Nachdruck, auch teilweise, nur mit Genehmigung des Verfassers.

1. Einleitung

“Man gebe mir einen festen Punkt im All, und ich hebe die Welt aus den Angeln.” Archimedes, von dem dieser Ausspruch überliefert ist, hat schon vor 2200 Jahren klar erkannt, daß oft nicht das Hebemittel und die im Hebemittel wirkende Kraft, sondern seine Verankerung und die Einleitung der Kraft in das Hebemittel das eigentliche Problem darstellen.

Die Einleitung der Kraft in ein Drahtseil erfolgt mit Hilfe der Seilendverbindung. Die Anforderungen an dieses Konstruktionsteil sind hoch: Die Seilendverbindung muß große statische und dynamische Kräfte übertragen und eventuell hohe Temperaturen ertragen können, in einer oder zwei Ebenen um einen Festpunkt drehbar sein, leicht anzubringen und gegebenenfalls zum Wechsel der Seileinscherung oder zu Inspektionszwecken auch problemlos wieder lösbar sein. Sie soll zudem kompakt, leicht und nicht zuletzt auch preiswert sein.

Natürlich gibt es keine Seilendverbindung, die alle diese Anforderungen in optimaler Weise erfüllt. Es gibt vielmehr eine sehr große Zahl verschiedener Seilendverbindungen, die jeweils einzelne dieser Anforderungen sehr gut erfüllen, dafür aber in Bezug auf andere Anforderungen zum Teil gravierende Nachteile aufweisen.

Die vorliegende Broschüre erklärt die Funktion der verschiedenen Endverbindungen und gibt Hinweise zu ihrer Herstellung, Anbringung und Inspektion. Sie soll dem Konstrukteur oder Betreiber von Kranen, Anlagen oder Bauwerken helfen, die für seinen Verwendungszweck geeignetste Seilendverbindung auszuwählen.

Sollten Sie ein spezielles Problem haben, welches in dieser Broschüre nicht behandelt wird, wenden Sie sich bitte direkt an

Casar Drahtseilwerk Saar GmbH
Casarstr. 1
D- 66459 Kirkel
Tel. 06841- 80910
Fax 06841- 8694

oder an den Autor dieser Schrift

Dipl.- Ing. Roland Verreet
Ingenieurbüro für Fördertechnik
Grünenthaler Str. 40a
D- 52072 Aachen
Tel. 0241- 173147
Fax 0241- 12982
e-Mail: R.Verreet@t-Online.de

Wir werden uns bemühen, Ihnen zu helfen.

2. Systematik

Wir unterscheiden zwischen reib- und *stoffschlüssigen* Seilendverbindungen, hierzu zählen die metallischen Seilvergüsse und die Kunststoffseilvergüsse, und reib- und *formschlüssigen* Seilendverbindungen. Zu diesen zählen die nicht lösbaren Preßverbindungen und Spleißverbindungen sowie die lösbaren Keil- und Schraubverbindungen. Bild 1 zeigt eine Systematik der Seilendverbindungen.

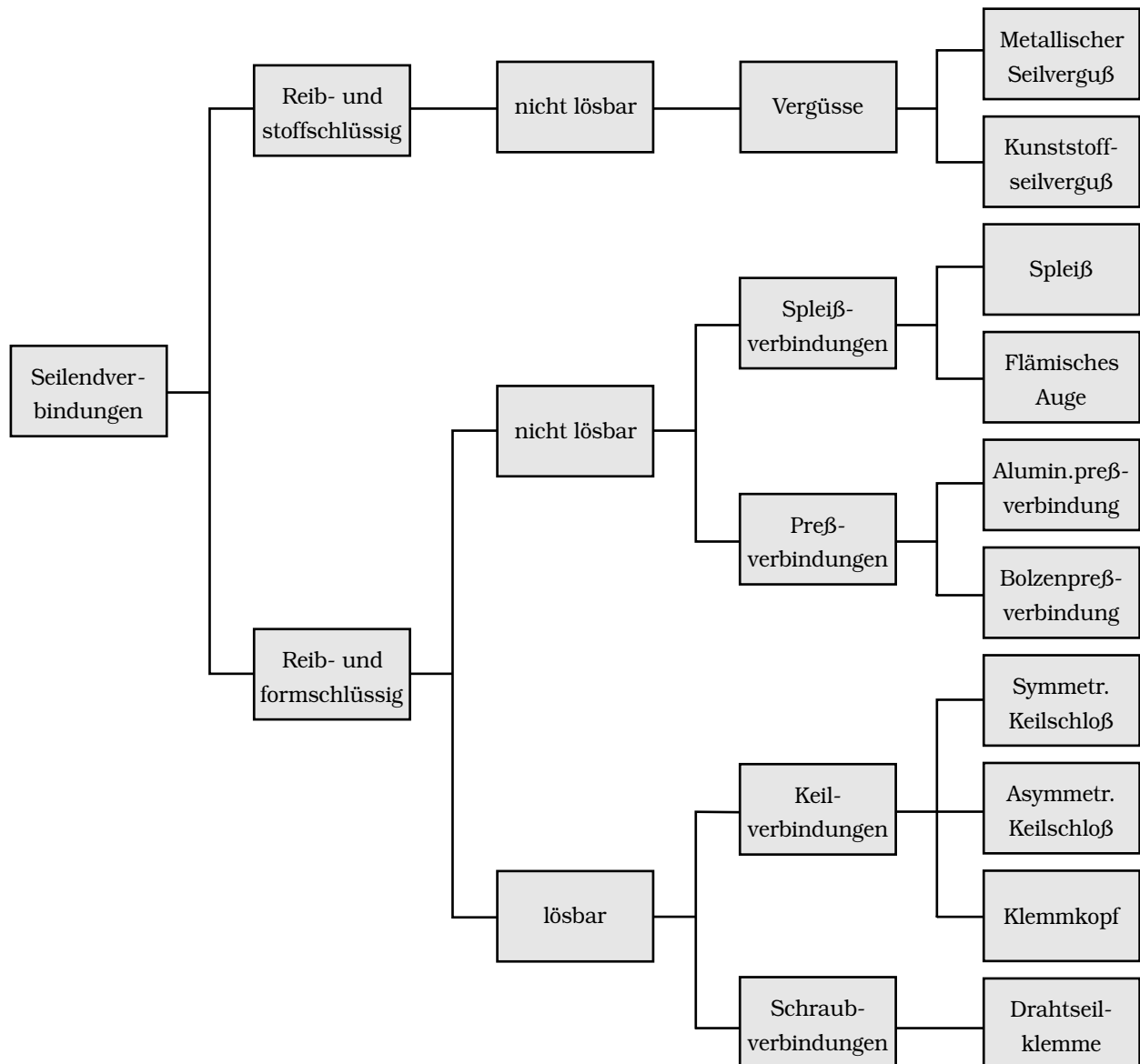


Bild 1: Systematik der Endverbindungen

3. Die Drahtseilklemme

Seilendverbindungen mit Hilfe von Drahtseilklemmen (Bild 2) sind sehr beliebt, weil sie mit äußerst geringem Aufwand vor Ort herzustellen und gleichzeitig sehr preiswert sind. Gegenüber vielen anderen Endverbindungen besitzen sie zudem den Vorteil, daß sie leicht lösbar und einfach zu überwachen sind.

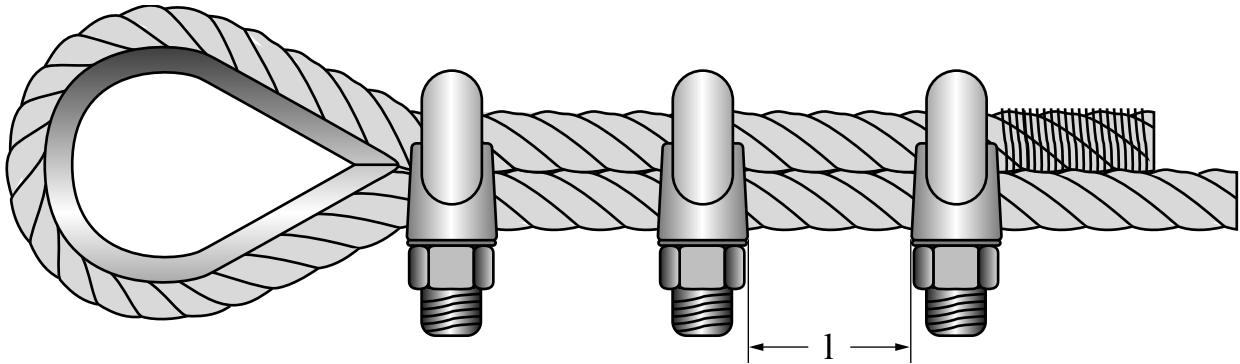


Bild 2: Seilendverbindung mit Hilfe von Drahtseilklemmen

Drahtseilklemmen nach DIN 1142 (Bild 3) dürfen nicht für Endverbindungen bei Lasthebeeinrichtungen im Hebezeugbetrieb eingesetzt werden. Eine Ausnahme bilden Anschlagmittel, die jeweils für eine spezielle, einmalige Verwendung hergestellt werden. Sie dürfen zudem nicht für Bergbauförderseile, in Seiltrieben für Hütten- und Walzwerkskrane und für die dauernde Befestigung von Seilen in anderen Seiltrieben, die nach DIN 15020 Teil 1, berechnet werden, eingesetzt werden.

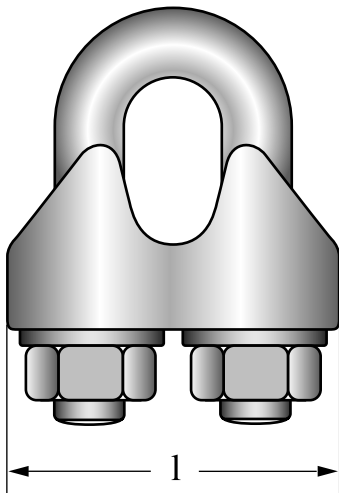


Bild 3: Drahtseilklemme nach DIN 1142

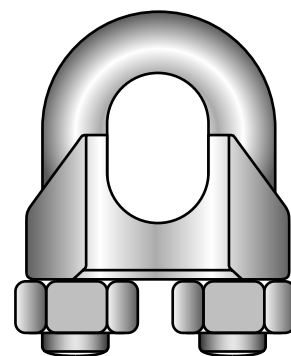


Bild 4: Drahtseilklemme nach DIN 741

3.1 Bruchkraft und Schwingspielzahl

Im quasistatischen Zerreiversuch übertragen Seilendverbindungen mit Hilfe von Seilklemmen etwa 90% der Bruchkraft des verwendeten Draht-

seiles. Im dynamischen Zugschwellversuch erreichen sie etwa die Hälfte der Schwingspielzahl von metallischen Seilvergüssen.

3.2 Normung

Drahtseilklemmen für lösbare Seilendverbindungen sind in DIN 1142 genormt, die Norm DIN 741 für eine erheblich schwächere Ausführungsform mit einfachen Muttern (Bild 4) wurde 1982 zurückgezogen. Eine Drahtseilklemme besteht aus einer Klemmbacke, die wegen ihrer Form auch "Sattel" genannt wird, einem Klemmbügel und zwei Bundmutter (Bild 3). Die Klemmen sind gemäß dem größten zulässigen Seilenddurchmesser gekennzeichnet. Eine vollständige Seilklemme für die Seilenddurchmesser 20mm bis 22mm wird beispielsweise in folgender Weise gekennzeichnet: Drahtseilklemme DIN 1142 - S 22. Die Bezeichnungen der Komponenten sind: Klemmbacke DIN 1142 - SB 22, Klemmbügel DIN 1142 - SA 22 und Bundmutter DIN 1142 - SC M 16.

3.3 Funktion

Die Klemmen pressen den "lebenden" auf den "toten" Seilstrang und erlauben somit eine Kraftübertragung zwischen den beiden Seilsträngen sowohl durch Reibschluß als auch durch Formschluß (Verzahnung). An jeder Klemme wird etwa die gleiche Kraft vom lebenden auf den toten Strang übertragen. Bei Verwendung von beispielsweise 5 Seilklemmen wird an jeder Klemme etwa 1/10, also etwa 10% der Zugkraft übertragen. Der lebende Strang ist also zunächst mit 100% der Zugkraft beaufschlagt und gibt an jeder Seilklemme 10% dieser Kraft an den toten Seilstrang ab. Im Bereich der Kausche hat sich dann die Seilkraft auf exakt 50% abgebaut (Bild 5).

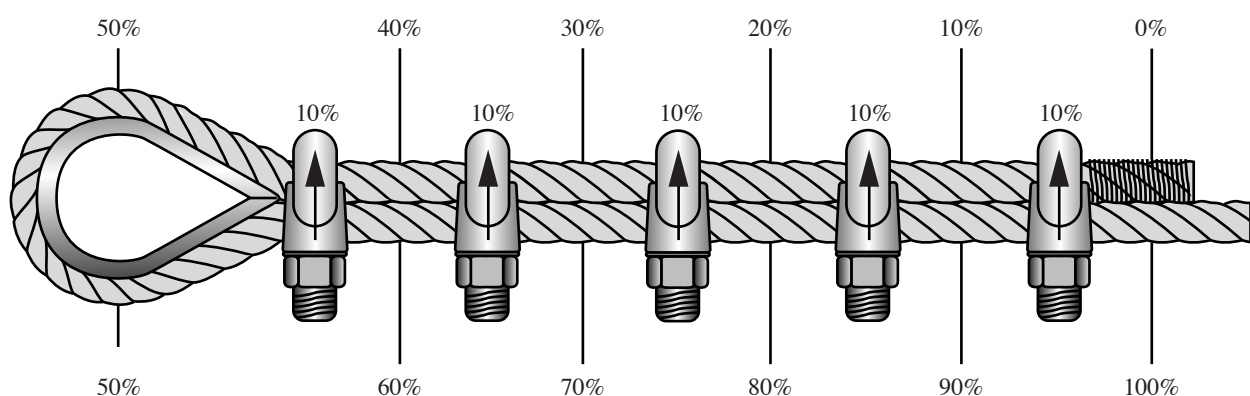


Bild 5: Kraftverlauf in einer Seilendverbindung mit Drahtseilklemmen

Der tote Seilstrang andererseits ist an seinem Ende unbelastet. An jeder Seilklemme übernimmt er 10% der Zugkraft des lebenden Strangs, bis sich die Zugkraft im Bereich der Kausche auf 50% aufgebaut hat.

3.4 Montage/Herstellung

Drahtseilklemmen als Seilendverbindung werden in folgender Weise befestigt: Zunächst werden die Gewinde der Klemmbügel und die Auflageflächen der Muttern geschmiert, um ein "reibungslloses" Anziehen zu gewährleisten. Anschließend wird das Seilende um eine Kausche gelegt und eine erste Klemme dicht an der Kausche aufgeschraubt. Bei einer Befestigung ohne Kausche sollte der Klemmenabstand etwa den dreifachen Bolzendurchmesser, mindestens aber den 15fachen Seildurchmesser, betragen.

Die Klemmbacke schmiegt sich der Seiloberfläche relativ gut an, während der runde Klemmbügel eine nahezu punktförmige Querkraft auf das Drahtseil ausübt und seine Bruchkraft im Auflagebereich stark reduziert. Es ist daher darauf zu achten, daß die Klemmbacke (der Sattel) auf dem "lebenden", höher belasteten Strang zu liegen kommt, der Klemmbügel auf dem "toten", niedriger belasteten Strang.

Offensichtlich können sich viele Benutzer von Seilklemmen nicht merken, auf welchen Strang der Sattel und auf welchen Strang der Bügel aufgebracht werden muß: Zwei von drei Endverbindungen mit Seilklemmen werden unsachgemäß ausgeführt (Bild 6).

Der Sattel gehört auf den lebenden, nicht auf den toten Strang:

Sattler nie ein totes Pferd!

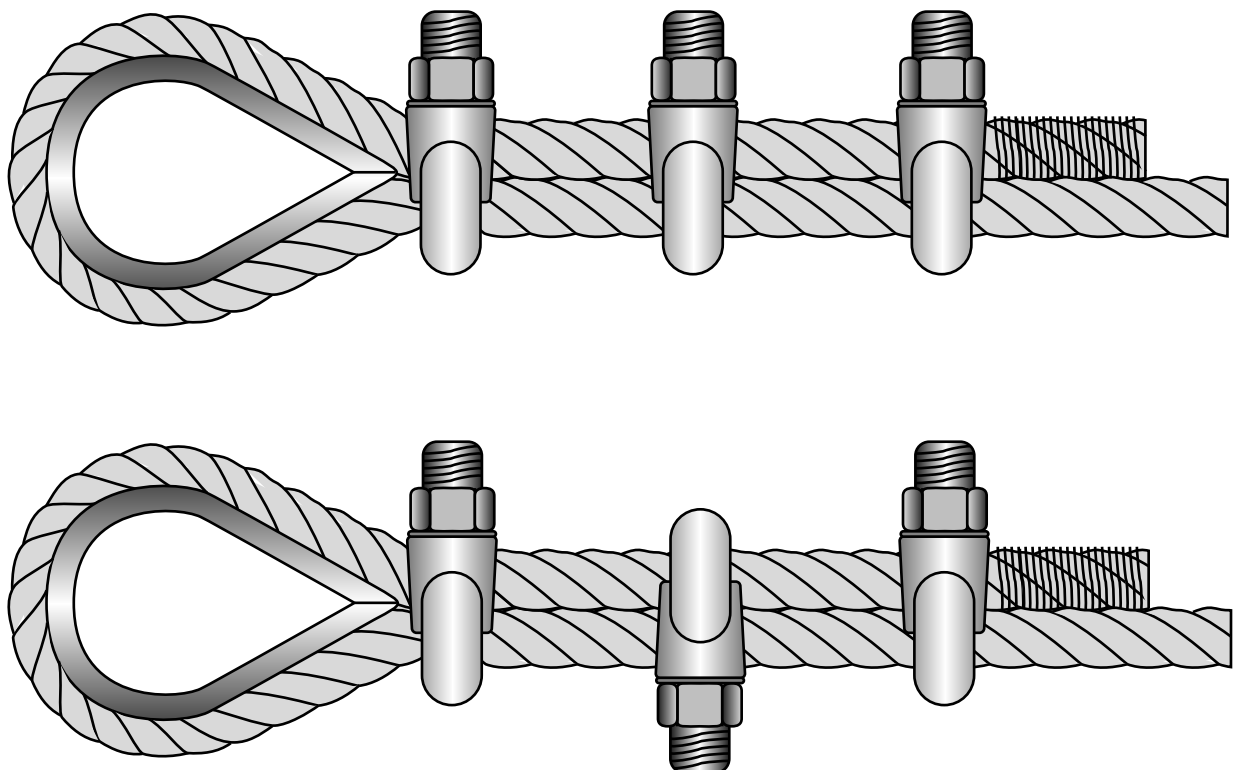


Bild 6: Unsachgemäß ausgeführte Endverbindungen mit Drahtseilklemmen

Je nach verwendetem Seildurchmesser werden in Abständen von jeweils mindestens einer Klemmenbreite 2 bis 5 weitere Klemmen aufgeschraubt. Bis zu einem Seilnennendurchmesser von 6,5mm werden insgesamt 3 Klemmen, bis 19mm 4, bis 26mm 5 und bis 40mm 6 Klemmen aufgebracht.

Nach einer Befestigung der Klemmen von Hand werden sie, beginnend bei der von der Kausche entferntesten, mit einem Drehmomentschlüssel angezogen. Wenn möglich, sollte die Endverbindung nach Anziehen der ersten, äußersten Klemme einmal leicht belastet werden.

Die erforderlichen Anziehungsmomente sind in Bild 7 angegeben. Für größere Seildurchmesser ergeben sie sich näherungsweise aus der Formel

$$\text{Anziehungsmoment [Nm]} = 0,22 \cdot (\text{Seildurchmesser [mm]})^2 .$$

Nenngröße	Anziehungsmoment [Nm]	Erforderliche Klemmenzahl [-]
5	2,0	3
6,5	3,5	3
8	6,0	4
10	9,0	4
13	33	4
16	49	4
19	67,7	4
22	107	5
26	147	5
30	212	6
34	296	6
40	363	6

Bild 7: Anziehungsmomente für Drahtseilklemmen

Unter Zugbeanspruchung verringert sich zeitabhängig der Seildurchmesser. Deshalb sind die Anziehungsmomente unmittelbar nach der ersten Belastung der Endverbindung und zu späteren Zeiten erneut zu überprüfen und die Bundmuttern gegebenenfalls nachzustellen.

Bild 8 zeigt eine unsachgemäß ausgeführte und ohne Drehmomentschlüssel vorgespannte Endverbindung. Die Verdrehung der Kausche zeigt deutlich, daß das Seil in den Klemmen gerutscht ist.



Bild 8: Unsachgemäß ausgeführte Seilendverbindung mit Drahtseilklemmen

Amerikanische Anwender empfehlen, eine Klemme mehr als die vorgeschriebene Zahl anzubringen und zwischen der letzten regulären Klemme und dieser zusätzlichen Klemme den toten Strang etwas länger zu fassen als den lebenden (Bild 9). Wenn diese Verbindung rutscht, erkennt man dies an einem Strammziehen des toten Seilstrangs (Bild 10). Wenn das Problem dennoch nicht erkannt wird, entlastet die zusätzliche Klemme die übrigen Klemmen und verhindert somit eventuell ein Weiterrutschen.

3.5 Inspektion

Bei der Inspektion einer Seilendverbindung mit Seilklemmen nach DIN 1142 werden zunächst die Drehmomente der Bundmuttern mit Hilfe eines Drehmomentschlüssels überprüft. Die Muttern werden nötigenfalls nachgezogen. Anschließend werden die freien Seilstücke, insbesondere im Bereich der Klemmen, einer Sichtprüfung auf Drahtbrüche und Korrosion unterzogen.

Insbesondere bei Drahtseilen, die starken Lastwechseln unterworfen werden, können Drahtbrüche in der Berührungszone zwischen den Seilsträngen im Bereich der Klemmen auftreten. Sollte ein solcher Verdacht bestehen, sollten die Klemmen völlig gelöst und die geklemmten Seilzonen genauestens untersucht werden.

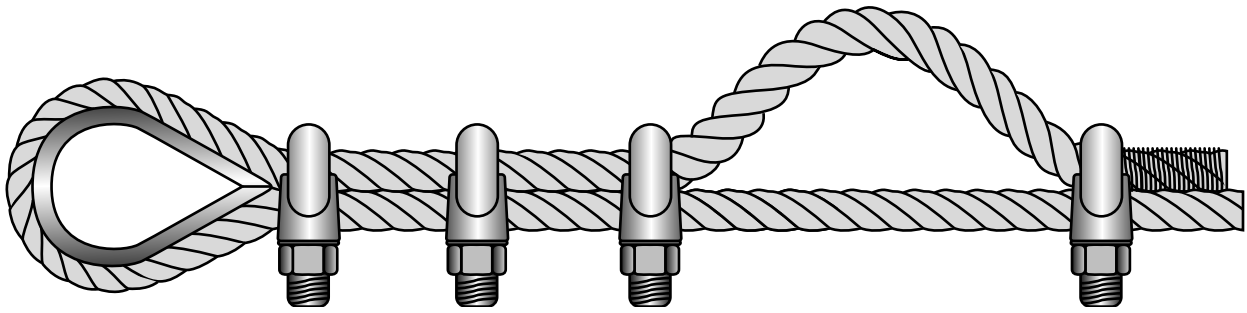


Bild 9: Die Schlaufe zeigt an, daß das Drahtseil nicht gerutscht ist.

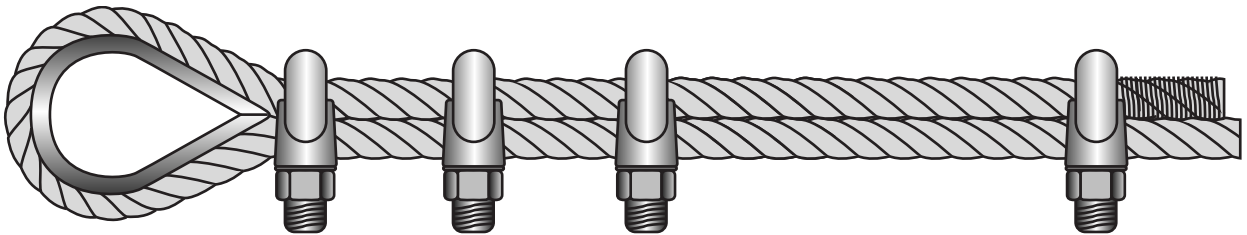


Bild 10: Die Schlaufe ist strammgezogen: Das Drahtseil ist gerutscht.

Ist eine Entlastung des Drahtseiles und somit ein Lösen der Seilklemmen nicht möglich, sollten zunächst eine oder mehrere zusätzliche Klemmen gesetzt werden. Anschließend können dann jeweils eine oder zwei Klemmen entfernt und die entsprechenden Bereiche untersucht werden.

3.6 Sonderformen

Eine Sonderform der Seilklemme ist die Rundseilklemme für den Bergbau (Bild 11), ähnlich der zurückgezogenen Norm DIN 21 260.

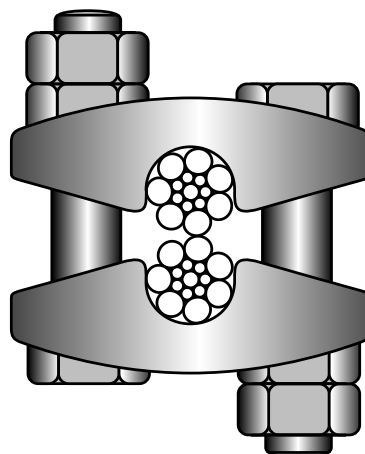


Bild 11: Rundseilklemme für den Bergbau

Diese Klemme hat gegenüber der Klemme nach DIN 1142 den Vorteil, daß beide Hälften der Klemme gleich aufgebaut sind, so daß eine falsche Zuordnung der Teile bei der Montage nicht möglich ist. Hier wird sowohl der "lebende" als auch der "tote" Strang gesattelt. Bild 12 zeigt die Endbefestigung eines Hubwindenseiles eines Schaufelradbaggers mit Hilfe dieser Rundseilklemmen.

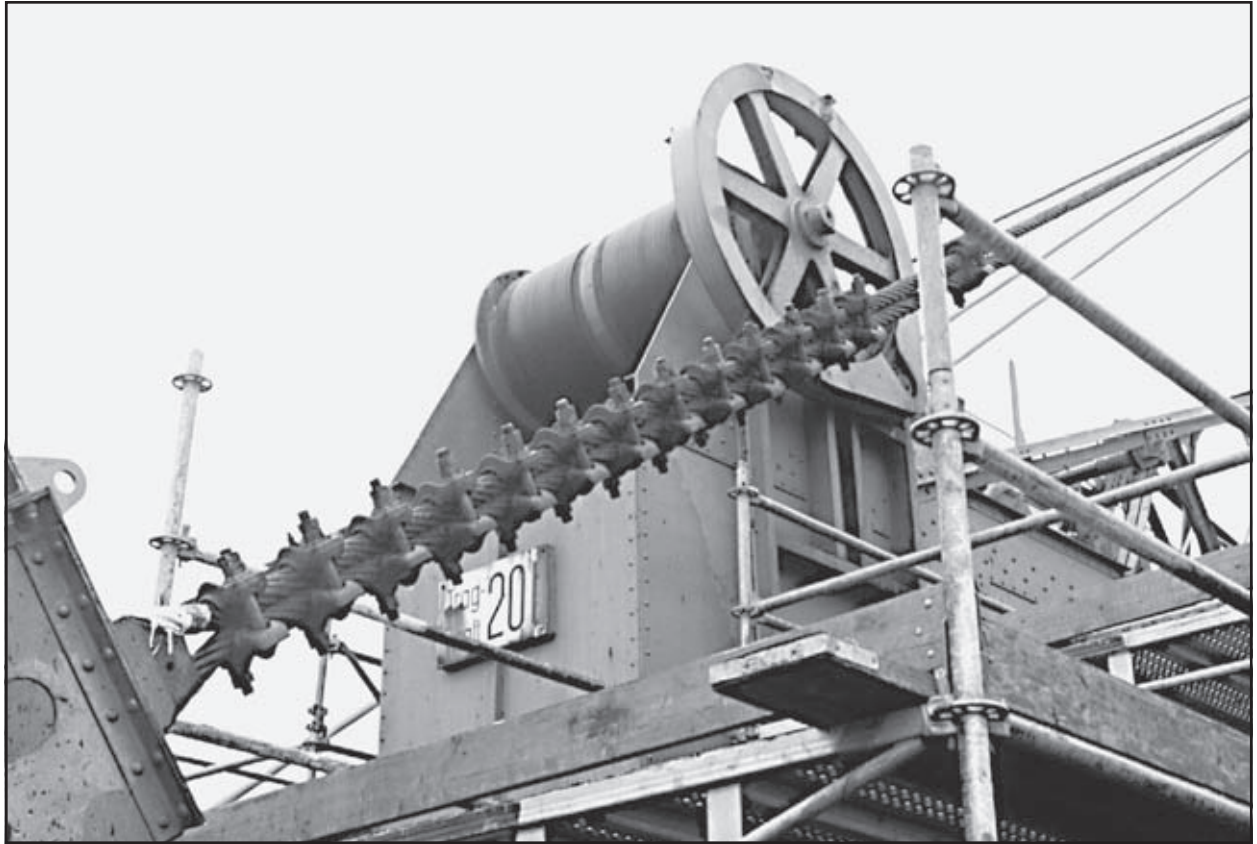


Bild 12: Seilendbefestigung mit Hilfe der Rundseilklemme für den Bergbau

Eine neue, in den USA patentierte Variante der Seilklemme ist der sogenannte "Piggy-Back Wedge Socket Clip", also die "Huckepack- Keilschloßklemme". Diese Seilklemme sieht aus wie eine Seilklemme nach DIN 1142, nur besitzt sie nicht einen, sondern zwei Klemmbacken (Sattel), die gemeinsam auf einem verlängerten Klemmbügel sitzen. Die Funktionsweise dieser Seilklemme wird im Zusammenhang mit der Sicherung der Keilendklemme erläutert.

4. Die asymmetrische Keilendklemme

Die asymmetrische Keilendklemme (Bild 13), auch asymmetrisches Keilschloß oder asymmetrisches Seilschloß genannt, erfreut sich insbesondere bei Mobilkränen größter Beliebtheit. Sie ist sehr leicht vor Ort anzubringen und ebenso leicht wieder zu lösen, was bei einem häufigem Wechsel der Einscherung von großem Vorteil ist.

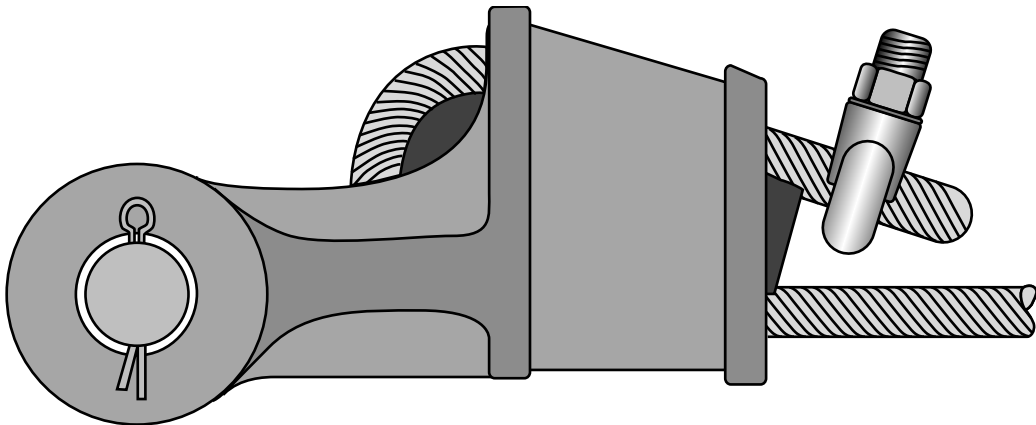


Bild 13: Asymmetrische Keilendklemme

4.1 Bruchkraft und Schwingenspielzahl

Im quasistatischen Zerreiversuch erreichen Drahtseile in asymmetrischen Keilendklemmen je nach deren Bauart zwischen 80 und 95% ihrer Bruchkraft. Im dynamischen Zugschwellversuch erreichen sie im Mittel etwa die Hälfte der Schwingenspielzahlen von metallischen Seilvergüssen. Asymmetrische Keilendklemmen werden nach Ablegen des Drahtseiles in der Regel wiederverwendet. Sie müssen daher so beschaffen sein, daß sie mehrere Zugschwellversuche bis zum Bruch der Drahtseile unbeschädigt überstehen.

4.2 Normung

Asymmetrische Keilendklemmen sind nicht genormt, und es findet sich eine Vielzahl von Ausführungsformen auf dem Markt.

4.3 Funktion

Das Seilende wird mit Hilfe eines Keiles in einer konischen Seiltasche geklemmt. Mit zunehmender Belastung wird der Keil tiefer in die Seiltasche eingezogen und erzeugt eine zunehmende Normalkraft (Klemmkraft) auf

das Drahtseil. Die Zugkraft im Drahtseil wird durch Reibung zwischen Seil und Keil sowie zwischen Seil und Seiltasche übertragen. Bild 14 zeigt einen Schnitt durch eine asymmetrische Keilendklemme.

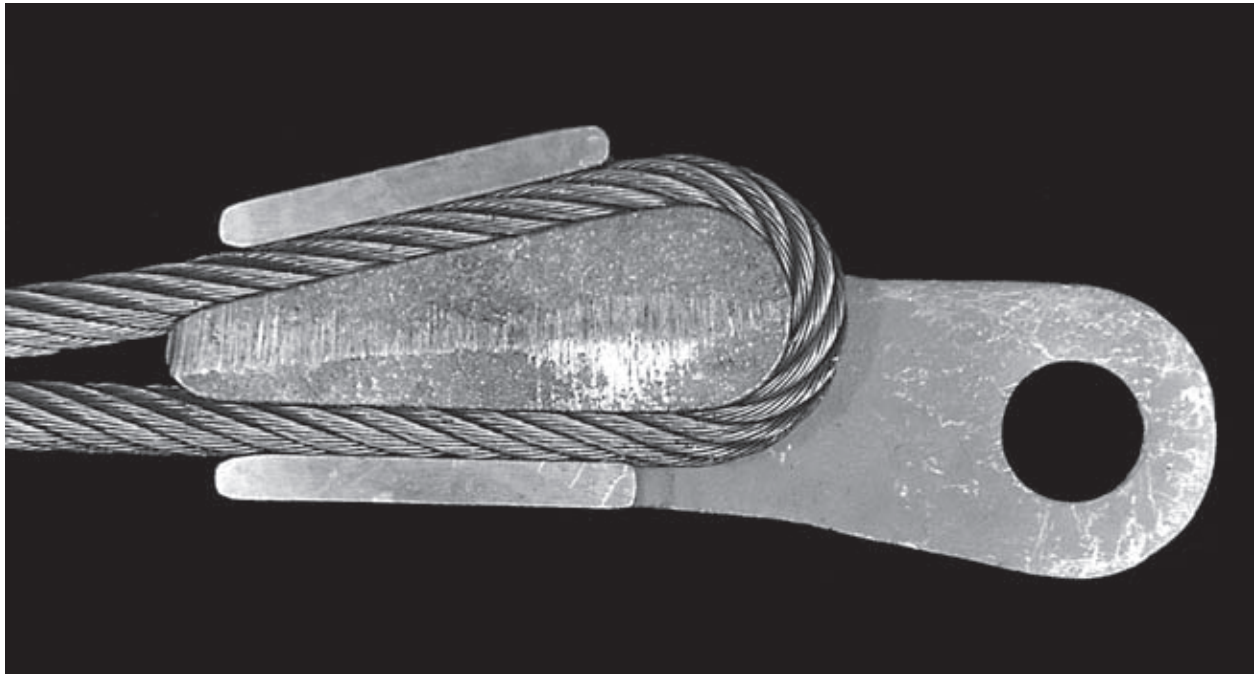


Bild 14: Schnitt durch eine asymmetrische Keilendklemme

4.4 Montage/ Herstellung

Bei der Anbringung der Keilendklemme wird zunächst das Seilende durch die konische Seiltasche gezogen, in eine Schlaufe gelegt und wieder aus der Seiltasche herausgeführt. Anschließend wird der Seilkeil in die Schlaufe eingelegt. Nun werden die aus der Seiltasche herausschauenden Seilenden weiter aus der Seiltasche herausgezogen, so daß der Keil weit in die konische Tasche eingezogen wird.

Das "tote" Seilende sollte nun mit einer Länge von mindestens einigen Seildurchmessern aus der Seiltasche heraus schauen. Es wird nun unmittelbar am Austritt aus der Keilendklemme mit einer Seilklemme gesichert, um bei schlagartiger Entlastung der Endverbindung ein Lösen und mögliches Herausfallen des Keiles zu verhindern (Bild 13).

Die Seilklemme darf nicht so angebracht werden, daß sie den lebenden und den toten Seilstrang miteinander verbindet (Bild 15). Zum einen würde die Bruchkraft des tragenden Seilstranges durch die Klemmkraft der Seilklemme deutlich herabgesetzt. Zum anderen würde der tragende Seilstrang bei jeder Laständerung seine Länge verändern wollen, woran er aber durch den unbelasteten, toten Seilstrang gehindert würde. Eine Längen-

änderung wäre somit nur dann möglich, wenn auch der tote Seilstrang sich in der Länge ändern und somit eine Teillast übernehmen würde. Dies aber hätte eine Schrägstellung der Klemme und zusätzliche Wechselbiegebeanspruchungen des Drahtseiles zur Folge.

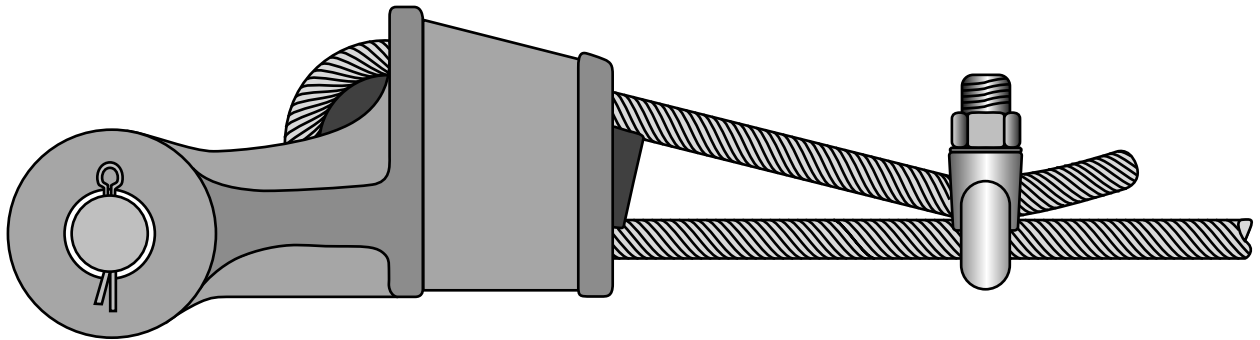


Bild 15: Unzulässige Verbindung des lebenden mit dem toten Strang

Bild 16 zeigt ein Auslegerverstellseil, welches mit einer asymmetrischen Keilendklemme befestigt und über beide Seilstränge mit einer Seilklemme gesichert worden war. Der lebende Strang des Drahtseiles ist an der Klemmstelle gerissen. Bild 17 zeigt die Bruchstelle.

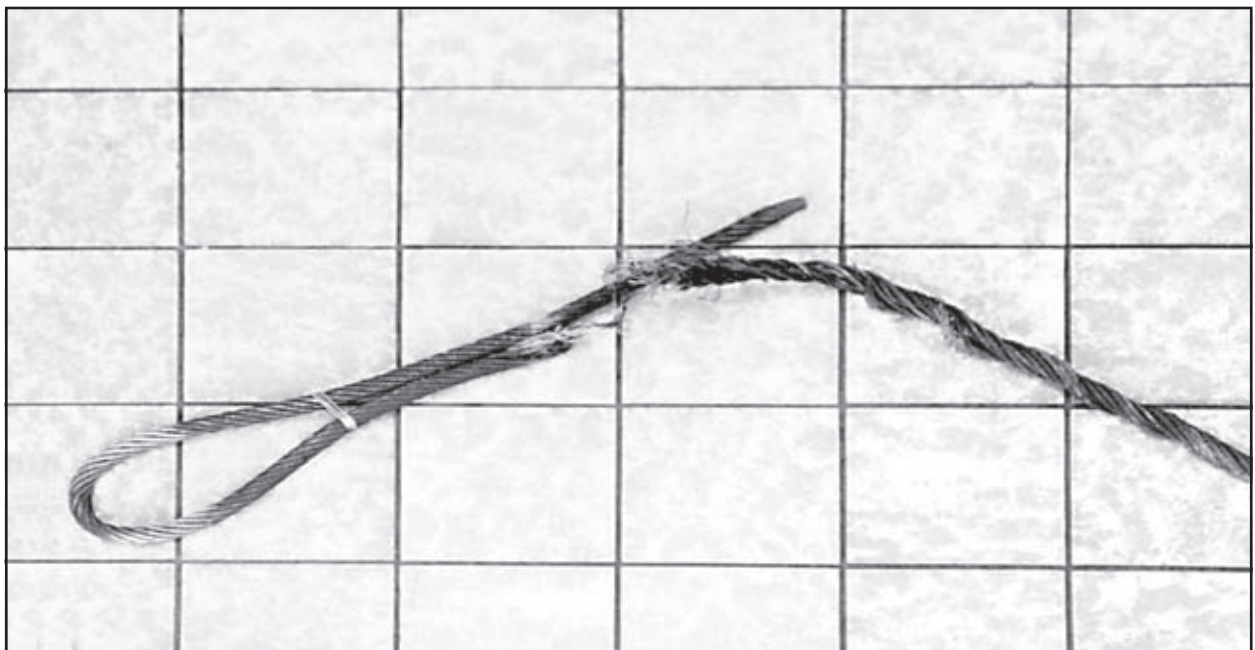


Bild 16: Seilbruch im lebenden Strang an der Klemmstelle



Bild 17: Seilbruch an der Klemmstelle

Nun ist aber die Gewindelänge einer Seilklemme nach DIN 1142 nicht lang genug, um nur einen einzelnen Seilstrang zu klemmen. Daher sieht sich der Monteur oft in seinen Zweifeln bestätigt und schraubt nun die Klemme doch über den "toten" und den "lebenden" Strang. Um dem Dilemma des zu kurzen Gewindes abzuhelpen, schreiben verschiedene ausländische Regeln vor, den "toten" Seilstrang gemeinsam mit einem kurzen Seilstück zu klemmen (Bild 18).

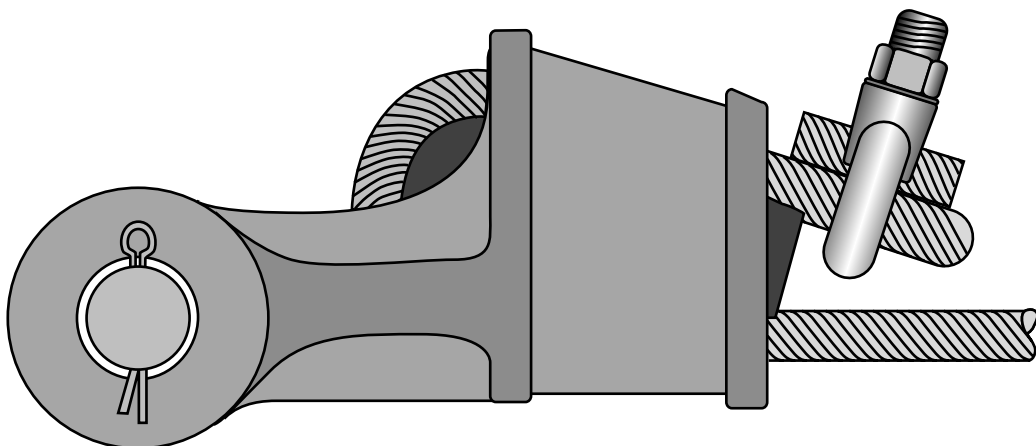


Bild 18: Klemmen des toten Seilstrangs mit einem weiteren Seilstück

Besser ist hier die Lösung, das "tote" Ende länger überstehen zu lassen und in einer Schlaufe zurückzulegen (Bild 19). So kann der "tote" Strang am Austritt aus der Seiltasche mit seinem eigenen Ende zusammengeklemmt werden.

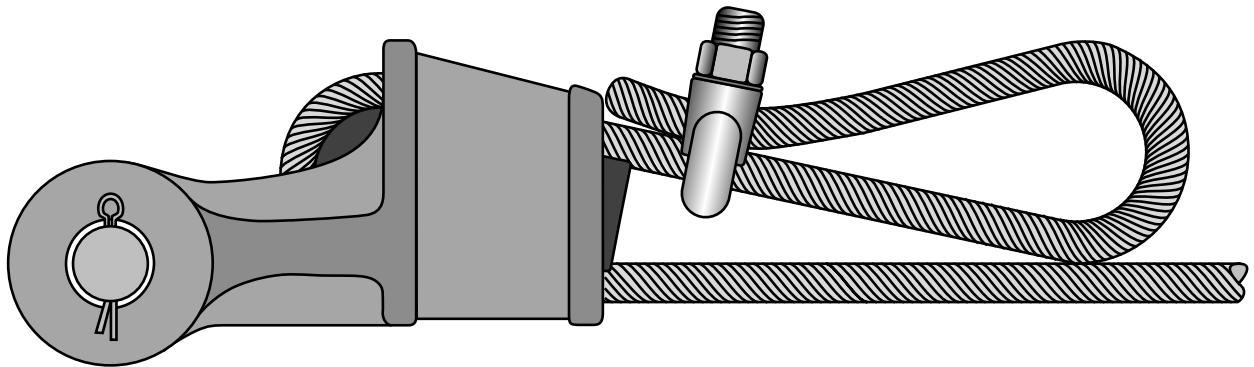


Bild 19: Empfohlene Klemmung des toten Strangs

Diese Vorgehensweise hat auch noch weitere Vorteile: Die Biegung um den sehr kleinen Radius des Keiles erzeugt im Drahtseil eine bleibende Verformung. Dieser Knick am Seilende erschwert das Durchstecken des Seilendes durch einen Rollenblock. Wenn daher zu erwarten ist, daß die Seilendverbindung häufig geöffnet wird, um die Seileinscherung zu verändern (beispielsweise beim Umscheren eines Mobilkranes von zweisträngiger zu viersträngiger Einscherung), sollte das tote Seilende nach Möglichkeit etwa einen Meter aus der Seiltasche herausschauen. Das Ende dieser Seillänge kann zurückgebogen werden und mit der Seilklemme am Austritt aus der Seiltasche befestigt werden.

Mit dieser Maßnahme wird erreicht, daß sich der Knick im Seil nun etwa einen Meter vom Seilende entfernt befindet. Hier stört er aber beim Umscheren nicht mehr: nun kann das unverformte Seilende problemlos durch den Rollenkasten gesteckt werden, bis der Knick ein weiteres Einschieben verhindert. Dann kann aber wieder am Seilende gezogen werden, welches bereits wieder an der anderen Seite aus dem Rollenkasten herausschaut.

Bei der Montage der asymmetrischen Keilendklemme ist darauf zu achten, daß der "lebende" Seilstrang so in die Tasche einläuft, so daß bei Belastung der Endverbindung die Wirklinie der Zugkraft ohne Abknicken des Drahtseiles genau durch den Befestigungsbolzen verläuft (Bild 20). Bei falscher Montage wird sich die Endverbindung bei jeder Belastung so ausrichten, daß die Wirklinie der Zugkraft durch den Befestigungsbolzen verläuft, und hierbei jedesmal den hochbelasteten "lebenden" Strang des Drahtseiles am Seiltaschenaustritt abknicken (Bild 21).

Hierdurch wird einerseits die maximal übertragbare Zugkraft der Endverbindung reduziert, andererseits erzeugt die Pressung gepaart mit den häufigen Biegungen um einen sehr kleinen Radius eine vorzeitige Er-

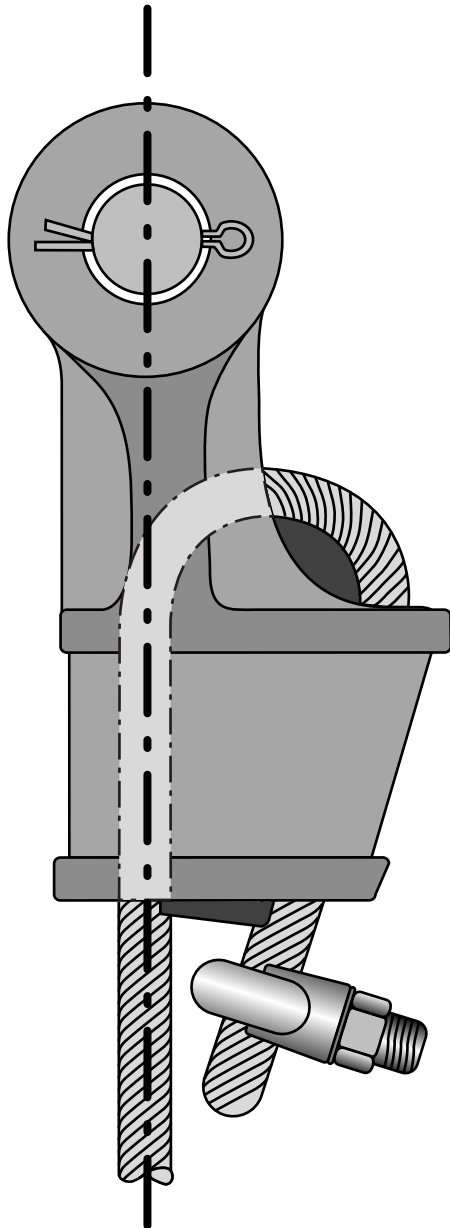


Bild 20: Richtige Montage
der Keilendklemme

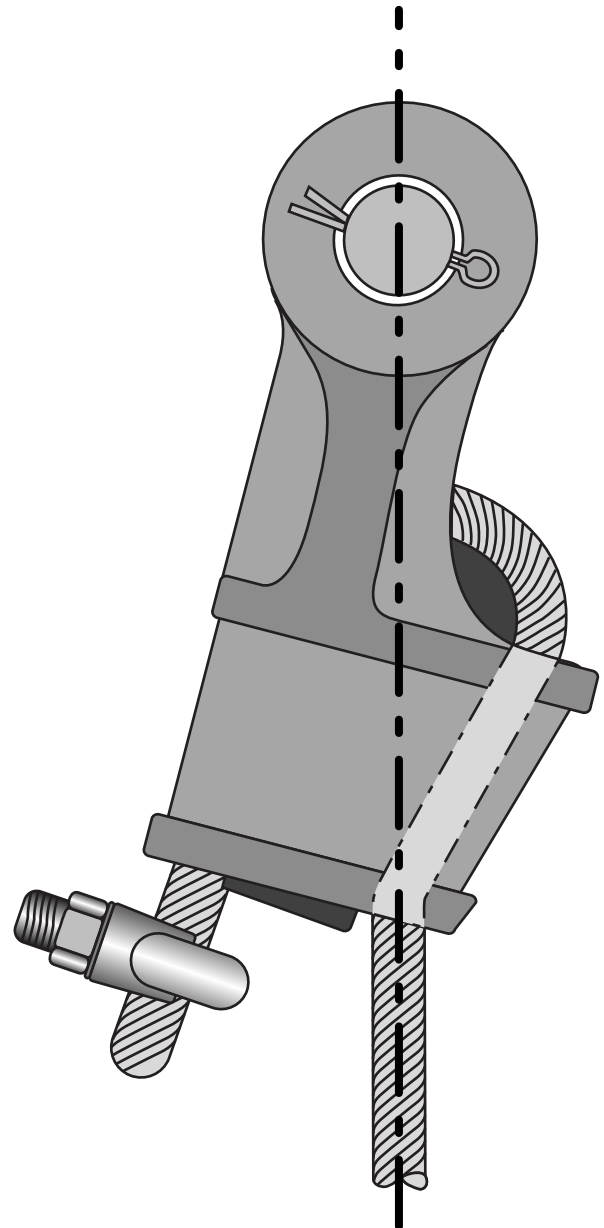


Bild 21: Falsche Montage
der Keilendklemme

müdung der Seildrähte in diesem Bereich, so daß die Endverbindung selbst bei Auftreten nur kleiner Zugkräfte vorzeitig versagen kann.

Infolge der starken Krümmung um den Einlegekeil "öffnet" sich das Drahtseil in der Regel an der Außenseite der Biegung, so daß hier häufig die Stahleinlage des Drahtseiles sichtbar wird. Dies ist normalerweise nicht kritisch. Wenn man Drahtbrüche in diesen Zonen findet, sind sie meistens bei der Montage erzeugt worden: Leider kommt es immer wieder vor, daß der Monteur versucht, das Drahtseil samt Keil mit Hilfe von Hammerschlägen in die Seiltasche hineinzutreiben. Hierbei werden dann die außen liegenden Seildrähte beschädigt.

4.5 Inspektion

Bei einer Inspektion der asymmetrischen Keilendklemme sollte zunächst festgestellt werden, ob dem verwendeten Seildurchmesser die richtige Seiltaschen- und Keilgröße zugeordnet wurde. Bei Verwendung einer zu großen Tasche oder eines zu kleinen Keils zieht sich letzterer bei Belastung übermäßig weit aus der Seiltasche heraus. Hilfreich ist hier, insbesondere bei häufig wiederverwendeten asymmetrischen Keilschlössern, eine vorherige Kennzeichnung der Teile mit Farbe oder Schlagzahlen.

Weiterhin sollte überprüft werden, ob das Keilschloß richtig montiert wurde und der tragende Strang bei Belastung nicht geknickt wird. Die Seilzone im Bereich der Klemme sollte auf Drahtbrüche untersucht werden, hierbei sollte die Klemme gegebenenfalls gelöst werden.

Nach Ablegen des Drahtseiles sollte die asymmetrische Keilendklemme vor einer Wiederverwendung genauestens auf mechanische Beschädigungen oder mögliche Anrisse untersucht werden.

4.6 Sonderformen

Die Zahl der Sonderformen asymmetrischer Keilendklemmen ist sehr groß. Die Ausführungen variieren nach Werkstoff, Herstellungsart (Guß- und Schweißkonstruktionen), Geometrie (Öffnungswinkel des Keiles zwischen 14° und 30°) und nach der Sicherung des "toten" Seilstrangs. Bild 22 zeigt zwei besonders große Keilendklemmen zur Befestigung der Hubseile eines Schürfkübelbaggers in Australien.



Bild 22: Mannsgröße Keilendklemmen auf einem Schürfkübelbagger

In den USA bietet ein Hersteller eine patentierte Seilklemme an, die den "toten" Seilstrang am Austritt aus der Keilendklemme festklemmt und gleichzeitig lose über dem "lebenden" Seilstrang liegt. Der sogenannte "Piggy-Back Wedge Socket Clip", also die "Huckepack- Keilschloßklemme", sieht aus wie eine Seilklemme nach DIN 1142, nur besitzt sie nicht einen, sondern zwei Klemmbacken (Sattel), die gemeinsam auf einem verlängerten Klemmbügel sitzen (Bild 23).

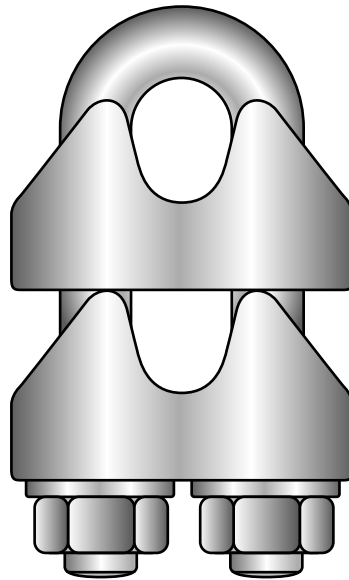


Bild 23: Die Huckepack- Keilschloßklemme

Ähnlich einer im Bergbau verwendeten Seilklemme befestigt eine Bauform der asymmetrischen Seilklemme das "tote" Seilende an der Seiltasche (Bild 24).

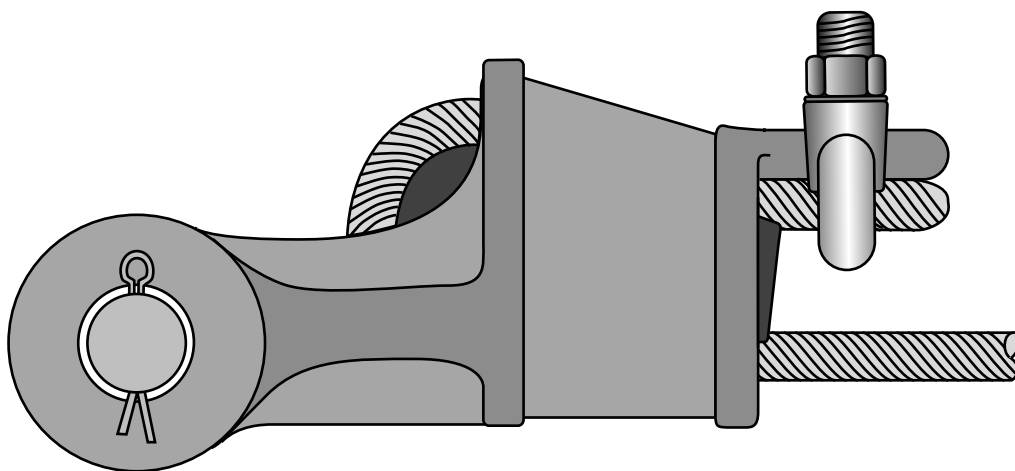


Bild 24: Befestigung des toten Seilendes an der Seiltasche

Neu auf dem Markt und sehr vielversprechend ist eine in den USA patentierte Keilendklemme mit verlängertem Keil, an den das "tote" Seilende angeklemt wird (Bild 25).

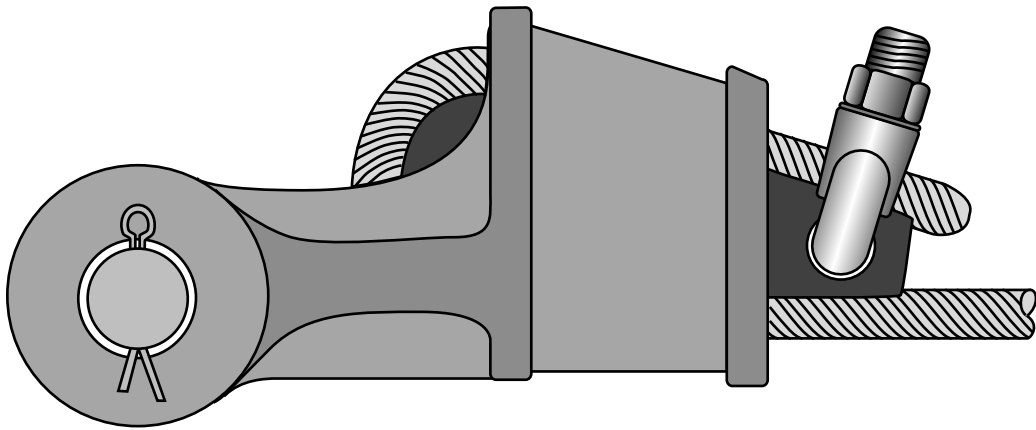


Bild 25: Befestigung des toten Seilendes am Keil

Bei der Verwendung von drehungsfreien Drahtseilen empfiehlt sich häufig die Anbringung eines Wirbels zwischen Seilendverbindung und Seilfestpunkt. Die Baulänge des Wirbels geht hierbei der Hubhöhe des Hebezeuges verloren. Hier ist die Verwendung einer asymmetrischen Keilendklemme mit eingebautem Wirbel von Vorteil (Bild 26).

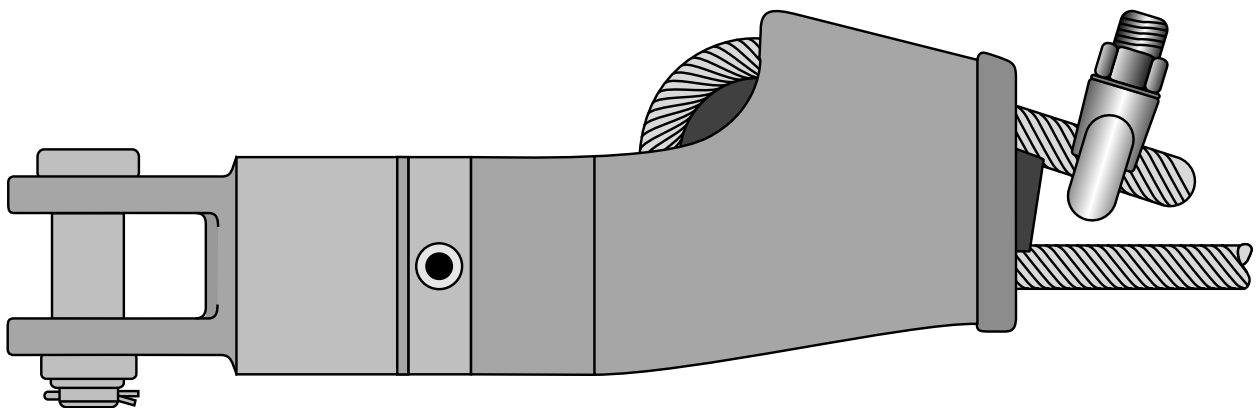


Bild 26: Keilendklemme mit eingebautem Wirbel

Diese Endverbindung beeinträchtigt die Hubhöhe nur unwesentlich und bietet zudem den Vorteil, daß sich der Wirbel immer automatisch in Richtung des Drahtseiles ausrichtet.

5. Die symmetrische Keilendklemme

Die symmetrische Keilendklemme, auch symmetrisches Keilschloß oder symmetrisches Seilschloß genannt (Bild 27), wird als Endbefestigung für Aufzugseile eingesetzt. Sie ist sehr leicht anzubringen und ebenso leicht wieder zu lösen, was beim manuellen Längenausgleich der Aufzugseile von großem Vorteil ist.

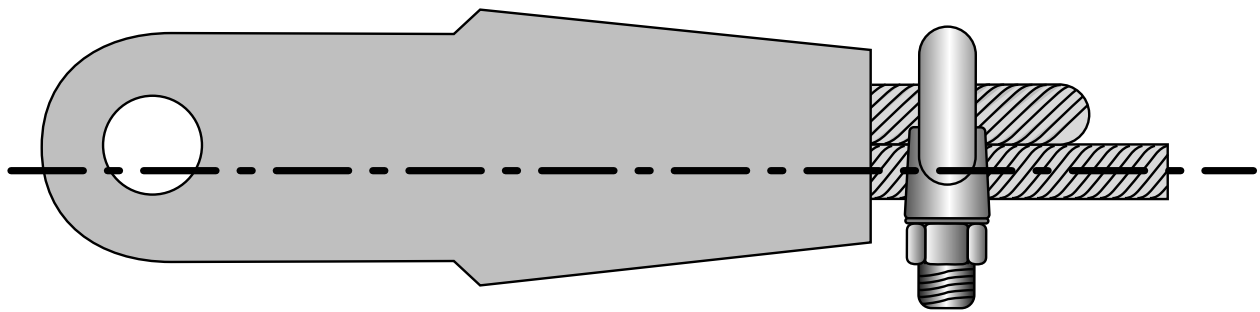


Bild 27: Symmetrische Keilendklemme nach DIN 15 315

5.1 Bruchkraft und Schwingspielzahl

Im quasistatischen Zerreiversuch erreichen Drahtseile in symmetrischen Keilendklemmen zwischen 80 und 85% ihrer Bruchkraft. Im dynamischen Zugschwellversuch erreichen sie im Mittel etwa die Hälfte der Schwingspielzahlen von metallischen Seilvergüssen. Symmetrische Keilendklemmen werden nach Ablegen des Drahtseiles in der Regel wiederverwendet. Sie müssen daher so beschaffen sein, daß sie mehrere Zugschwellversuche bis zum Bruch der Drahtseile unbeschädigt überstehen.

5.2 Normung

Symmetrische Keilendklemmen sind in DIN 15 315 genormt.

5.3 Funktion

Die Funktionsweise der symmetrischen Keilendklemme ist analog unter Punkt 3.3 nachzulesen. Abweichend zu einer richtig montierten asymmetrischen Keilendklemme läuft die Wirklinie der Zugkraft im tragenden Strang der symmetrischen Keilendklemme niemals exakt durch den Aufhngebolzen, weshalb sich die Endverbindung unter Belastung immer geringf-

gig schrägstellt. Dies ist aber bei Aufzugseilen mit hohen Sicherheitsbeiwerten und geringen Zugkraftänderungen von untergeordneter Bedeutung.

5.4 Montage/ Herstellung

Die Montage einer symmetrischen Keilendklemme erfolgt analog zur Montage einer asymmetrischen Keilendklemme, nachzulesen unter Punkt 4.4. Infolge der Symmetrie der Seiltasche besteht jedoch nicht die Gefahr einer falschen Montage. Der Keil wird nach dem Einsetzen mit einem Splint gegen Herausfallen gesichert. Die Seilklemme nach DIN 1142 muß im Gegensatz zur asymmetrischen Keilendklemme so angebracht werden, daß sie den tragenden mit dem "toten" Seilstrang verbindet.

5.5 Inspektion

Die Inspektion einer symmetrischen Keilendklemme ist analog zur Inspektion einer asymmetrischen Keilendklemme, nachzulesen unter Punkt 4.5, durchzuführen.

5.6 Sonderformen

Sonderformen zur symmetrischen Keilendklemme nach DIN 15 315 sind nicht bekannt.

6. Der Spleiß

Der Spleiß ist die älteste Endverbindung für Seile. Faserseile werden bereits seit Jahrtausenden gespleißt, und schon der Erfinder des Drahtseiles, Oberbergrat Albert, hat nachweislich Spleiße als Endverbindung für Drahtseile hergestellt. Der Spleiß wird zunehmend durch andere Seilendverbindungen abgelöst. In Hüttenwerksbetrieben, wo wegen des Temperatureinflusses verschiedene andere Endverbindungen nicht zugelassen sind, kommt dem Spleiß noch eine besondere Bedeutung zu. Einen Spleiß um eine Kausche (Bild 28) nennt man auch einen Kauschenspleiß, einen Spleiß, der ohne Einlage lediglich eine Schlaufe erzeugt, einen Schlaufenspleiß.

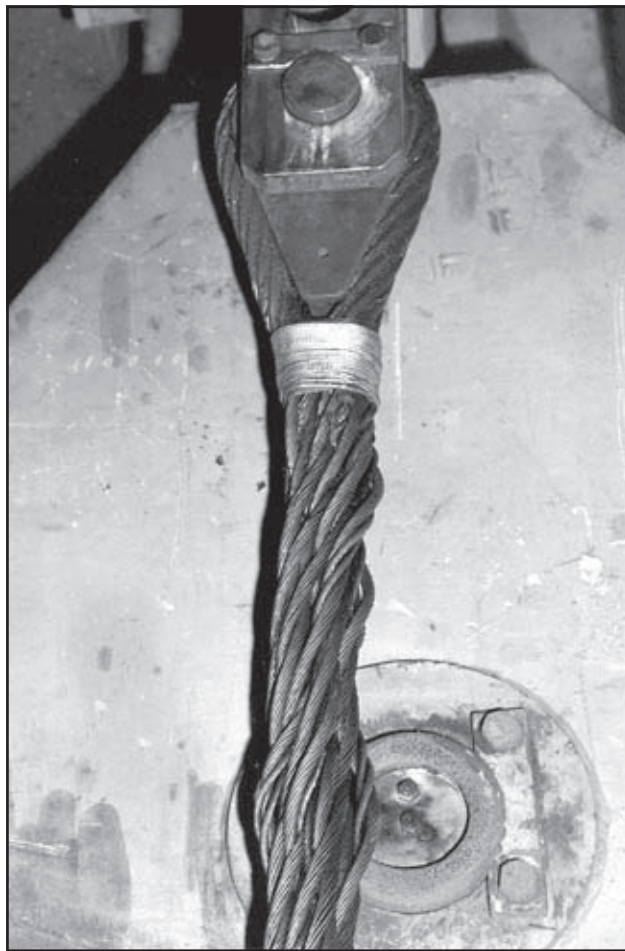


Bild 28: Kauschenspleiß

6.1 Bruchkraft, Schwingspielzahl und Einsatztemperaturen

Im quasistatischen Zerreiversuch übertragen Spleißendverbindungen nach DIN 3089 Teil 1 etwa 85% der Bruchkraft des verwendeten Drahtseiles. Bei Verwendung von Rundkauschen sinkt dieser Wert auf etwa 50% der Bruch-

kraft des verwendeten Drahtseiles. Im dynamischen Zugschwellversuch erreichen Spleißendverbindungen deutlich weniger als die Hälfte der Schwingspielzahlen von metallischen Seilvergüssen.

Spleißendverbindungen an Drahtseilen mit Fasereinlage dürfen bei Temperaturen zwischen -60° und $+100^{\circ}$ eingesetzt werden. Spleißendverbindungen an Drahtseilen mit Stahleinlage dürfen bei Temperaturen zwischen -60° und $+400^{\circ}$ eingesetzt werden. Bei Temperaturen zwischen $+250^{\circ}$ und $+400^{\circ}$ ist die Tragfähigkeit der Drahtseile auf 75% zu verringern.

6.2 Normung

Der Spleiß als Seilendverbindung ist in DIN 3089 Teil 1 für 6- und 8-litzige Drahtseile genormt.

6.3 Funktion

Ein Spleiß hält allein durch den Reibschluß zwischen den Litzen des Drahtseiles und den eingespleißten Litzenenden. Hierbei ist es natürlich sehr von Vorteil, daß das Drahtseil unter einer Zugbeanspruchung versucht, seinen Durchmesser zu verkleinern und somit einen Schnürdruck auf die eingespleißten Litzen ausübt. Wenn dieses Drahtseil aber im Betrieb häufig mit hohen Zugkräften (über 15% der Mindestbruchkraft) beaufschlagt und anschließend vollständig oder nahezu vollständig entlastet wird, besteht die Gefahr, daß sich der Spleiß lockert und sich die eingespleißten Litzenenden langsam herausarbeiten. Daher verbietet die DIN 3089 ausdrücklich den Spleiß als Endverbindung für Drahtseile mit einer derartigen Belastungscharakteristik, so z. B. für Hubseile auf Kranen mit geringen Totlasten.

6.4 Montage/ Herstellung

Die Herstellung eines Spleißes ist in DIN 3089, Teil 1 ausführlich beschrieben. Achtlitzige Seile werden etwas anders gespleißt als sechslitzige, Seile mit Stahleinlage anders als Seile mit Fasereinlage. Spleiße können mit der Schlagrichtung, aber auch gegen die Schlagrichtung des Drahtseiles durchgeführt werden.

Im folgenden sollen die wichtigsten Herstellungsschritte am Beispiel eines Schlaufenspleißes mit einem 6-litzigen Drahtseil mit Fasereinlage aufgezeigt werden.

Zunächst wird das zu spleißende Seil mit einer gewissen Überlänge in eine Schlaufe gelegt und am gewünschten Schlaufenende mit einem Abbund versehen. Die beiden Seilstücke werden mit einem weiteren Abbund aneinander befestigt (Bild 29). Anschließend werden die einzelnen Litzen des freien Endes bis zum Abbund aufgefächert und nach Vorschrift zwischen die Litzen des lebenden Stranges eingesteckt (Bild 30).

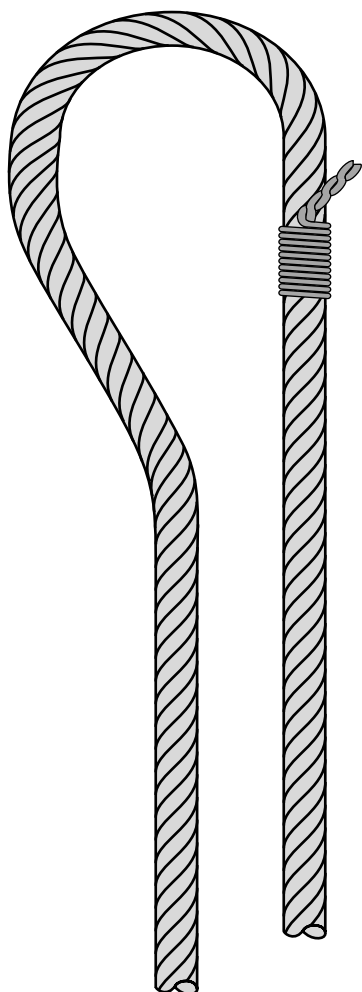


Bild 29: Abbund am Schlaufenende

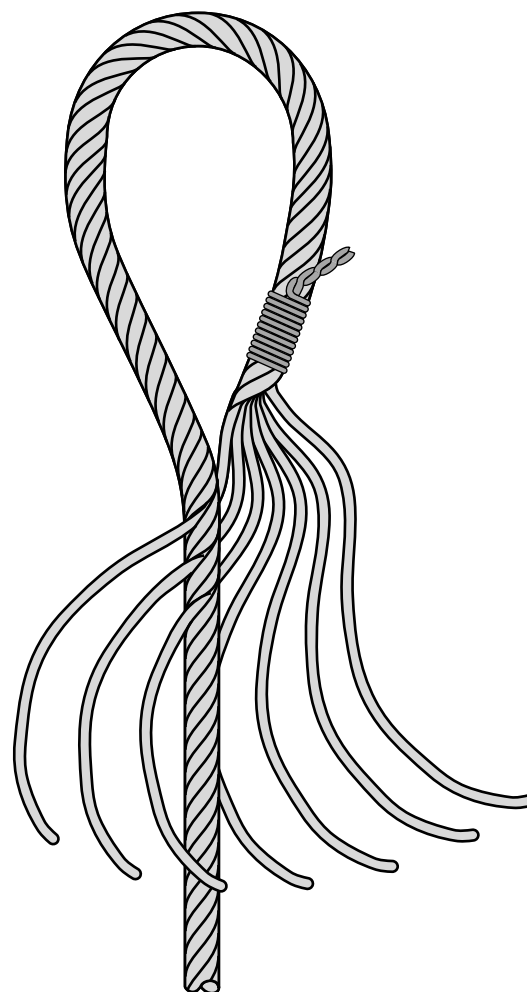


Bild 30: Eingesteckte Litzen

Um den gewünschten Platz zwischen diesen noch fest zusammenliegenden Litzen zu schaffen, bedient man sich in der Regel eines, vorzugsweise flachen, Spleißnagels oder Spleißdorns (Bild 31). Dieser wird zwischen die Litzen gesteckt und anschließend verdreht, wobei er die Litzen anhebt und den gewünschten Platz zum Einstecken der Litzenenden schafft. Die Bilder 32 und 33 zeigen einen Spleiß an einem achtlitzigen Drahtseil mit eingestecktem Spleißnagel.

Beim Spleißen von sehr dicken Drahtseilen reicht die menschliche Körperkraft alleine häufig nicht mehr aus, die Außenlitzen abzuheben. Deshalb werden beim Spleißen sehr dicker Drahtseile auch hydraulisch betätigte Spleißnägeln eingesetzt. Um das Abheben der Litzen zu erleichtern, werden die Drahtseile teilweise auch mechanisch aufgedreht und nach Durchstecken der Litzen jeweils wieder zugedreht. Bild 34 zeigt die Arbeit an einer Spleißvorrichtung mit motorisch verdrehbarem Seilende.

Wenn jede Litze gemäß der Anweisung einmal durchgesteckt und festgezogen oder auch festgeklopft wurde, ist ein Rundstich erfolgt. Nun muß zwischen jeweils zwei Außenlitzen des tragenden Seilstranges eine durchgesteckte Litze herausschauen.



Bild 31: Einschlagen des Spleißnagels

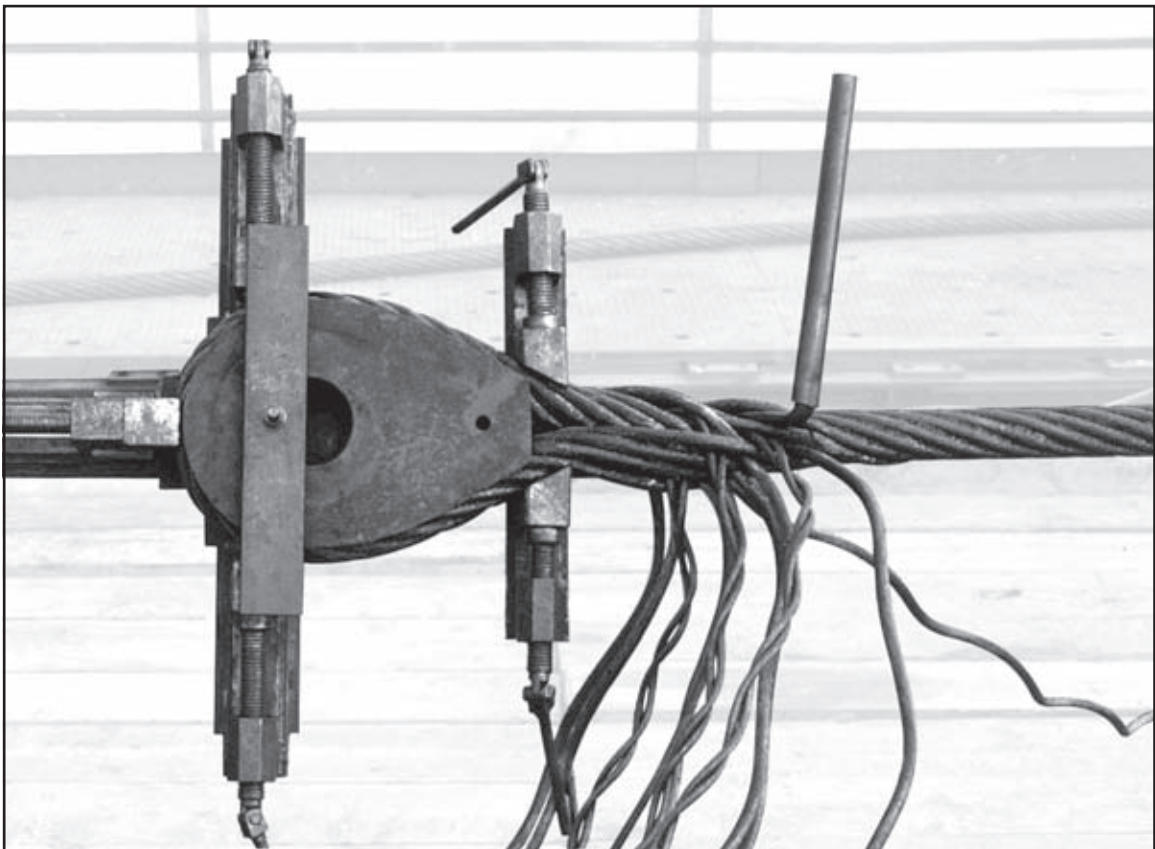


Bild 32: Spleiß an einem achtlitzigen Drahtseil mit Stahleinlage



Bild 33: Spleiß an einem achtlitzigen Drahtseil mit Stahleinlage

In gleicher Weise werden bei Kreuzschlagseilen weitere 5 oder bei Gleichschlagseilen und Kreuzschlagseilen, die überwiegend schwellender Beanspruchung ausgesetzt werden, weitere 7 Rundstiche durchgeführt. Nach dem vierten Durchstich wird die freiliegende Fasereinlage abgeschnitten.

Anschließend wird ein letzter, sogenannter halber Rundstich mit nur noch jeder zweiten Litze durchgeführt, um einen Übergang zwischen der deutlich dickeren Spleißzone und der ungespleißten Seillänge zu erzeugen.

Alle herausstehenden Litzenenden werden mit einem Überstand von etwa einem Litzendurchmesser abgetrennt. Zur Verringerung der Verletzungsgefahr werden anschließend die Litzenenden mit Hanf, Kunststoff oder Eisendraht umwickelt. Zuletzt wird noch der anfangs aufgebrachte Abbund entfernt.

6.5 Inspektion

Ein Spleiß läßt sich relativ gut visuell inspizieren. Er ist dann ablegereif, wenn Drahtbrüche auftreten oder die Litzen im Spleißbereich um die Länge eines Rundstichs herausgerutscht oder stark korrodiert sind. Verschiedene Anwender empfehlen, die Spleißzone nach Fertigstellung leicht mit Farbe einzusprühen, damit ein Rutschen der Litzen durch Freilegen vorher verdeckt liegender, nicht eingefärbter Zonen deutlicher erkennbar ist.



Bild 34: Spleißer bei der Arbeit

Zur besseren Beurteilung eines Spleißes kann es erforderlich sein, eventuell vorhandene Umwicklungen der Spleißzone mit Kunststoffbändern, Bindedrähten oder -litzen zu entfernen.

6.6 Sonderformen

Es gibt eine Vielzahl von nicht genormten Sonderformen des Spleißes als Endverbindung, auf die hier aber nicht näher eingegangen werden soll.

7. Die Aluminiumpreßverbindung

Die in Europa wahrscheinlich verbreitetste Endverbindung ist die Aluminiumpreßverbindung (Bild 35). In den USA wird diese Endverbindung "mechanischer Spleiß" genannt.



Bild 35: Aluminiumpreßverbindung mit Vollkausche

7.1 Bruchkraft, Schwingenspielzahl und Einsatztemperaturen

Im quasistatischen Zerreiversuch erreichen Aluminiumpreßverbindungen je nach Bauart zwischen 80 und 100% der Bruchkraft des verwendeten Drahtseiles. Im dynamischen Zugschwellversuch erreichen sie im Mittel etwa 60% der Schwingenspielzahlen von metallischen Seilvergüssen.

Aluminiumpreßverbindungen mit Drahtseilen mit Fasereinlage dürfen bei Temperaturen zwischen -60° und $+100^{\circ}$ eingesetzt werden, Aluminiumpreßverbindungen an Drahtseilen mit Stahleinlage bei Temperaturen zwischen -60° und $+150^{\circ}$.

7.2 Normung

Preßklemmen aus Aluminium- Knetlegierungen sind in DIN 3093 Teil 1 und 2 genormt.

7.3 Funktion

Die Preßklemmen pressen den "lebenden" auf den "toten" Seilstrang und erlauben somit eine Kraftübertragung zwischen den beiden Seilsträngen sowohl durch Reibschluß als auch durch Formschluß (durch Verzahnung der beiden Seilstränge miteinander und mit der Aluminiumhülse).

7.4 Montage/ Herstellung

Die zur Herstellung von Aluminiumpreßverbindungen benötigten Preßklemmen sind in DIN 3093 Teil 1 genormt.

Zunächst muß die gewünschte Form der Preßklemme ausgewählt werden. Wir unterscheiden die zylindrische Form A, die zylindrisch- abgerundete Form B und die zylindrisch- kegelige Form C (Bild 36).

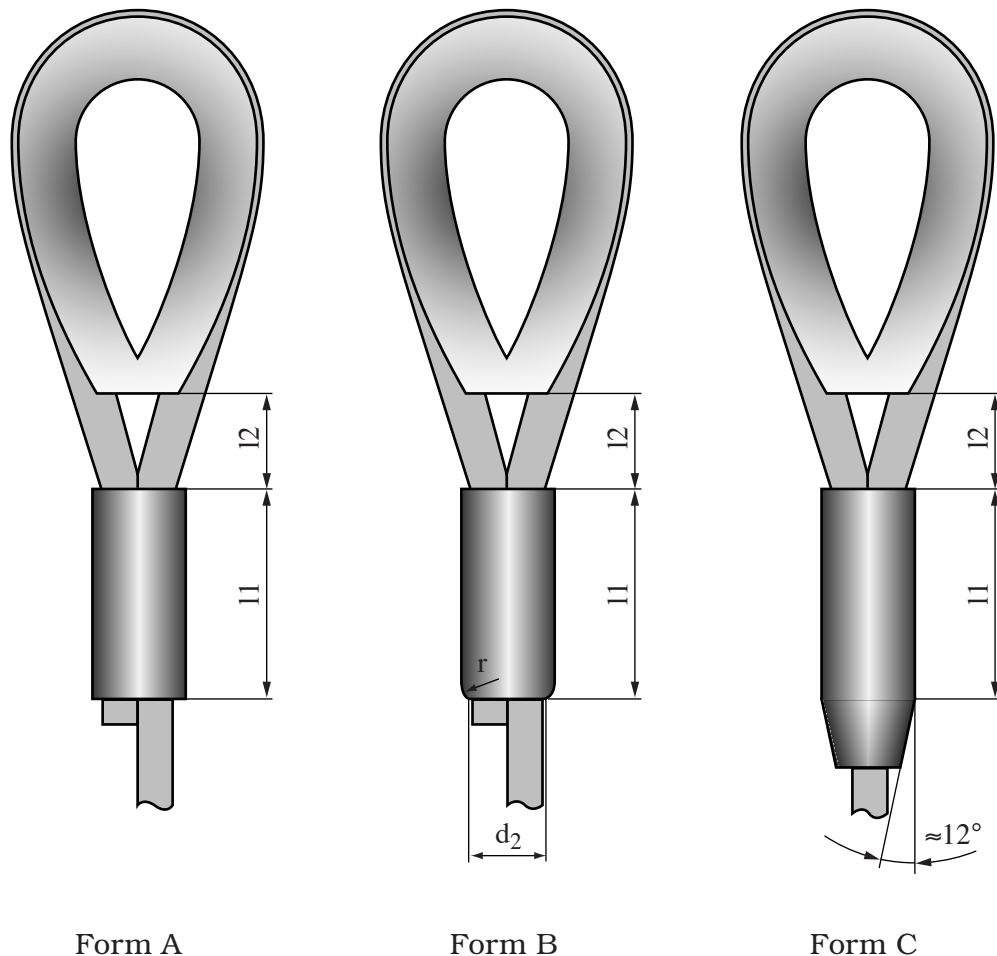


Bild 36: Preßklemmenformen

Die Formen A und B werden aus den gleichen Preßklemmen-Rohlingen hergestellt (Bild 37), die Form C aus Rohlingen gleicher Abmessung, die aber zusätzlich noch einen Kegelansatz und ein Sichtfenster aufweisen (Bild 38). Form C soll das Herausziehen von Seilenden unter einer Last erleichtern und durch Einschluß des Seilendes die Gefahr einer Verletzung an der Endverbindung verringern.

Die richtige Preßklemmengröße muß entsprechend dem Seilennendurchmesser, der Seilkonstruktion und dem Füllfaktor des Drahtseiles ausgewählt werden. Wir unterscheiden 4 Fälle (Bild 39):

Fall X für einlagige Rundlitzenseile mit Fasereinlage sowie für Kabelschlagseile mit Füllfaktoren von mindestens 0,36. Für diese Seile wird eine Preßklemmennummer gemäß dem Seilennendurchmesser gewählt. Ein Seil vom Nenndurchmesser 22mm wird beispielsweise mit einer Preßklemme Nummer 22 verpreßt.

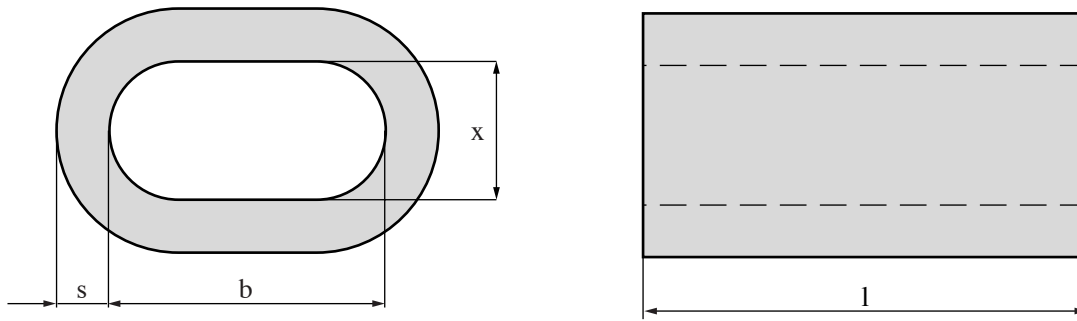


Bild 37: Preßklemmenrohling für Preßklemmen A und B

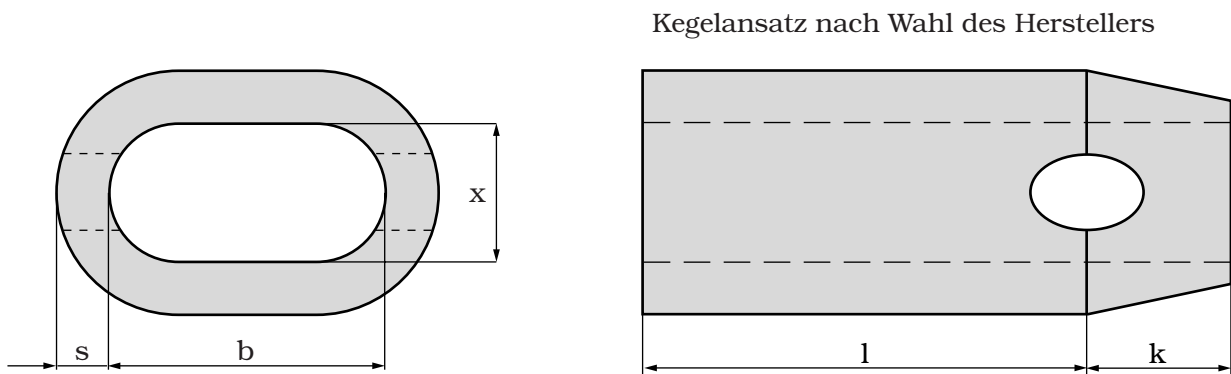


Bild 38: Preßklemmenrohling für Preßklemme C

Fall Y1 für einlagige Rundlitzenseile mit Stahleinlage und mehrlagige Rundlitzenseile (Spirallitzenseile) mit Füllfaktoren bis 0,62. Für diese Seile wird die Preßklemme eine Nummer größer gewählt als dem Seilennendurchmesser entspräche. Ein Seil vom Nenndurchmesser 22mm wird beispielsweise mit einer Preßklemme Nummer 24 verpreßt.

Fall Y2 für einlagige Rundlitzenseile mit Stahleinlage und mehrlagige Rundlitzenseile (Spirallitzenseile) mit Füllfaktoren von 0,62 bis 0,78. Für diese Seile wird die Preßklemme ebenfalls zwei Nummern größer gewählt als dem Seilennendurchmesser entspräche. Ein Seil vom Nenndurchmesser 22mm wird beispielsweise mit einer Preßklemme Nummer 26 verpreßt.

Fall Z für offene Spiralseile mit Füllfaktoren von mindestens 0,78. Für diese Seile wird die Preßklemme zwei Nummern größer gewählt als dem Seilennendurchmesser entspräche. Hier sind zwei Klemmen im Abstand des zweifachen Seildurchmessers aufzupressen. Ein Seil vom Nenndurchmesser 22mm wird beispielsweise mit zwei Preßklemmen Nummer 26 verpreßt.

Für verschiedene Spezialdrahtseile, so z. B. für die Seile mit Kunststoffzwischenlage und Seilkonstruktionen mit einem hohen Faseranteil in den Litzen gelten andere Zuordnungen als die, die man aufgrund des Füllfaktors erwarten würde. Die Klemmenzuordnungen für Casar Spezialdrahtseile finden sich auf Seite 31 am Tabellenende.

Drahtseil- Nenn- durch- messer	Grenzen des Seil- Istdurchmessers für Preßklemmen- auswahl		Preßklemmennummer (nach DIN 3093 Teil 1)			
			Einlagige Rundlitz- seile mit Fasereinlage und Kabelschlagseile	Einlagige Rundlitz- seile mit Stahleinlage und mehrlagige Rundlitzenseile		offene Spiralseile
			Fall X Füllfaktor f mindestens 0,36	Fall Y1 Füllf. f bis 0,62	Fall Y2 Füllfaktor f über 0,62 bis 0,78	Fall Z Füllfaktor f min. 78 (2 Klemmen)
d	von	bis				
2,5	2,5	2,7	2,5	3	-	-
3	2,8	3,2	3	3,5	-	-
3,5	3,3	3,7	3,5	4	-	-
4	3,8	4,3	4	4,5	-	5
4,5	4,4	4,8	4,5	5	-	6
5	4,9	5,4	5	6	-	6,5
-	5,5	5,9	6	6,5	-	7
6	6,0	6,4			7	
6,5	6,5	6,9	6,5	7	8	8
7	7,0	7,4	7	8	9	9
-	7,5	7,9	8	9	9	10
8	8,0	8,4			10	
-	8,5	8,9	9	10	10	11
9	9,0	9,5			11	
-	9,6	9,9	10	11	11	12
10	10,0	10,5			12	
-	10,6	10,9	11	12	12	13
11	11,0	11,6			13	
-	11,7	11,9	12	13	13	14
12	12,0	12,6			14	
-	12,7	12,9	13	14	14	16
13	13,0	13,7			16	
-	13,8	13,9	14	16	16	18
14	14,0	14,7			18	
-	14,8	15,9	16	18	18	20
16	16,0	16,8			20	
-	16,9	17,9	18	20	20	22
18	18,0	18,9			22	
-	19,0	19,9	20	22	22	24
20	20,0	21,0			24	
-	21,1	21,9	22	24	24	26
22	22,0	23,1			26	
-	23,2	23,9	24	26	26	28
24	24,0	25,2			28	
-	25,3	25,9	26	28	28	32
26	26,0	27,3			32	
-	27,4	27,9	28	32	32	36
28	28,0	29,4			36	
-	29,5	31,9	32	36	36	40
32	32,0	33,6			40	
-	33,7	35,9	36	40	40	44
36	36,0	37,8			44	
-	37,9	39,9	40	44	44	48
40	40,0	42,0			48	
-	42,1	43,9	44	48	48	52
44	44,0	46,2			52	
-	46,3	47,9	48	52	52	56
48	48,0	50,4			56	
-	50,5	51,9	52	56	56	60
52	52,0	54,6			60	
-	54,7	55,9	56	60	-	-
56	56,0	58,8			-	
-	58,9	59,9	60	-	-	-
60	60,0	63,0			-	

Casarseile, auch
Plastseile mit
Füllfaktor <0,62

Bild 39: Preßklemmenzuordnung nach DIN 3093 Teil 2. Die Preßklemmenzuordnungen für Casar Spezialdrahtseile finden sich unter der Tabelle.

Beim Ablängen der Drahtseile ist darauf zu achten, daß die Seile auf der Länge, die in der Preßklemme zu liegen kommt, nicht beschädigt und die Seilschlaglänge hier nicht verändert wird. Beim Ablängen durch Glüh-trennen ist darauf zu achten, daß die Glühlänge nicht größer ist als ein Seildurchmesser. Die Seilenden dürfen zudem nicht abgeschreckt werden. Seile zur Herstellung der zylindrisch-kegeligen Form C, bei der das Seilende in der Hülse zu liegen kommt, dürfen nicht glühgetrennt werden.

Wird der Abbund des Drahtseiles mitverpreßt, darf er lediglich aus Dräh-ten oder Litzen niedriger Festigkeit und Durchmessern von höchstens $1/20$ des Seildurchmessers bestehen.

Das Drahtseil wird durch die Preßhülse hindurchgeführt, in eine Schlaufe oder um eine Kausche gelegt und wieder zurück durch die Preßklemme geführt. Eine Schlaufe mit der Breite einer halben Schlaufenlänge (Bild 40) muß die Länge von drei Bolzendurchmessern aufweisen, mindestens jedoch eine Länge von 15 Seildurchmessern. Bei Verpressungen mit Kausche soll die Hülse im verpreßten Zustand einen Abstand von der Kausche von 2 Seildurchmessern aufweisen. Bei Hülsen der Typen A und B muß das Seilende aus der Hülse herausschauen, beim Typ C muß es mit dem zylindrischen Teil der Hülse abschließen und im Sichtfenster erkennbar sein.

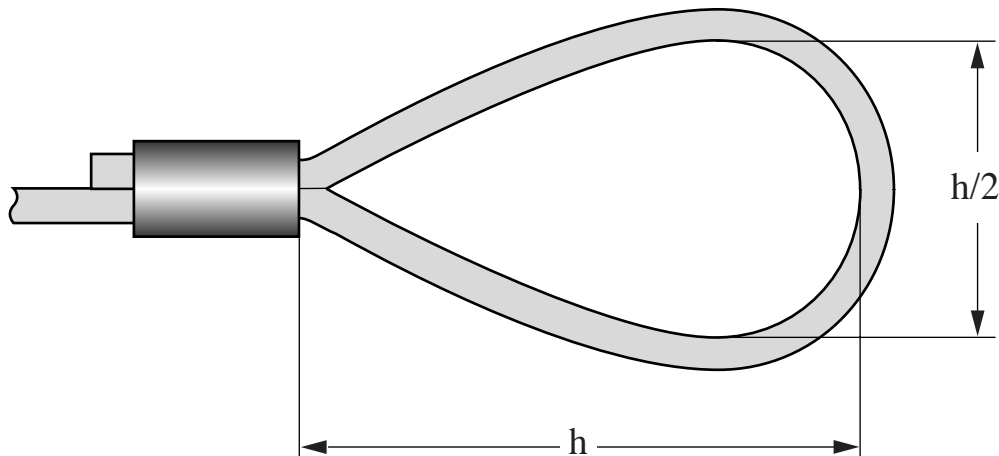


Bild 40: Schlaufenabmessungen

Häufig werden Drahtseile zunächst auf einer Werkbank für die Verpressung vorbereitet und anschließend zur Presse transportiert. Um zu verhindern, daß die Hülse während des Transportes verrutscht, kann diese mit Hilfe eines Hammers, durch einen Schraubstock oder durch eine hydraulische Vorrichtung zunächst provisorisch auf den Seilsträngen fixiert werden. Hierbei ist darauf zu achten, daß die Seiten der Hülsen nicht eingebault werden, da sie sonst während des Verpressungsvorgangs einknicken können (Bilder 41 und 42).

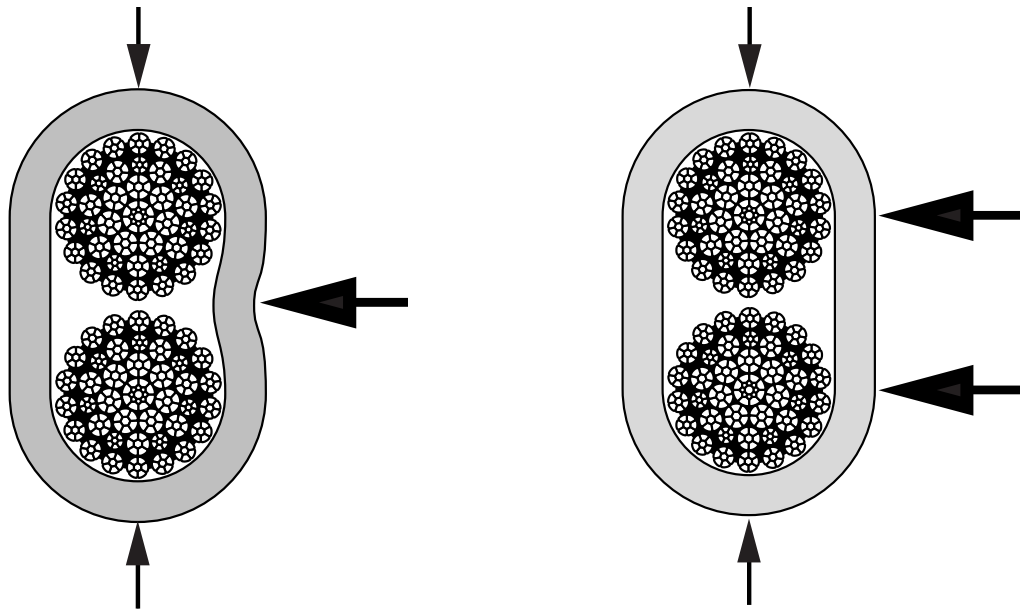


Bild 41: Unsachgemäße Befestigung der Klemme

Bild 42: Korrekte Befestigung der Klemme

Vor dem Verpressen müssen die Auflageflächen und die Innenflächen des Werkzeuges gesäubert und die Innenflächen gefettet werden, damit die Aluminiumhülse während des Verpreßvorgangs ungehindert fließen kann. Anschließend wird die vorbereitete, unverpreßte Hülse in das Werkzeug eingelegt, exakt in Preßrichtung ausgerichtet und in einem Durchgang verpreßt, bis die Auflageflächen der Werkzeughälften aufeinanderliegen (Bild 43). Nach dem Preßvorgang werden überstehende Grate an der Hülse mit einer Feile entfernt, um Verletzungen zu vermeiden.

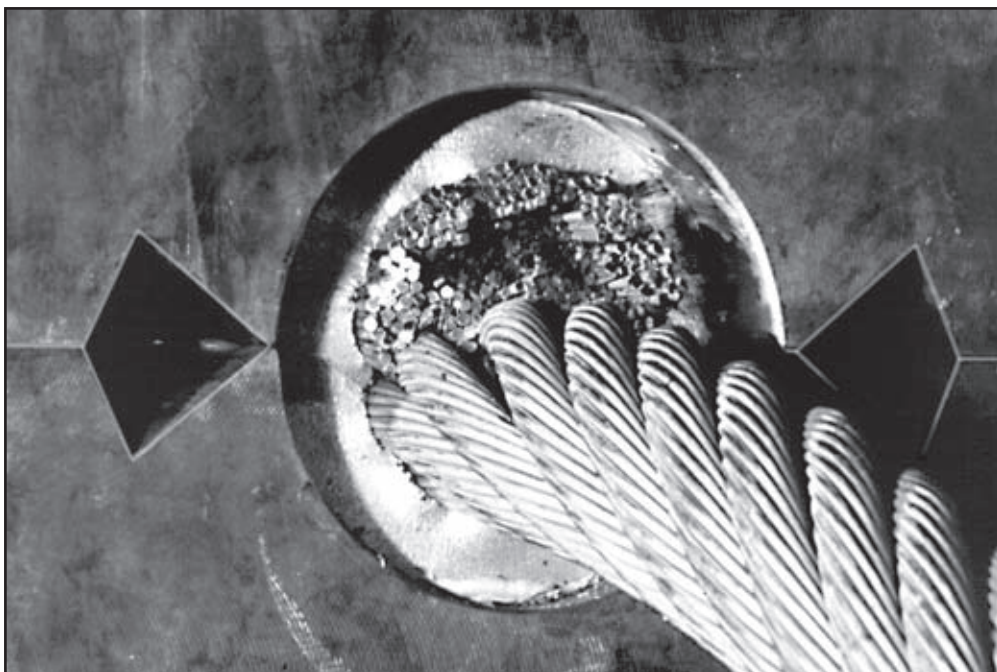


Bild 43: Preßvorgang: Die Werkzeughälften liegen aufeinander

Die fertig verpreßte Hülse muß über einen Bereich von 120° auf dem Umfang den in DIN 3093 Teil 2 festgelegten Durchmesser aufweisen, der der doppelten Hülsennummer in mm entspricht (Bild 44). Die Länge des zylindrischen Teiles der Preßklemme beträgt vor der Verpressung das 3,5-fache der Preßklemmennummer in mm, nach der Verpressung das 4,5-fache. Auf der Hülse muß das Zeichen des Verpressers (zwei Buchstaben) und das DIN- Zeichen angebracht werden.

		Grenzabmaße				
2,5	5	+ 0,1	-	12	5	-
3	6	0	-	14	6	-
3,5	7	0	-	16	7	-
4	8	+ 0,1	-	18	8	-
4,5	9	0	8	20	9	4,5
5	10	0	9	23	10	5
6	12	+ 0,15	11	27	12	6
6,5	13	0	12	29	13	6,5
7	14	0	13	32	14	7
8	16	+ 0,15	14,5	36	16	8
9	18	0	16,5	40	18	9
10	20	+ 0,2	18	45	20	10
		0				
11	22	+ 0,2	20	50	22	11
12	24	0	22	54	24	12
13	26	0	24	59	26	13
14	28	+ 0,3	25	63	28	14
16	32	0	29	72	32	16
18	36	+ 0,4	32	81	36	18
		0				
20	40	+ 0,4	36	90	40	20
22	44	0	39	99	44	22
24	48	+ 0,5	43	108	48	24
		0				
26	52	+ 0,5	46	117	52	26
28	56	0	50	126	56	28
32	64	+ 0,6	56	144	64	32
		0				
36	72	+ 0,6	63	162	72	36
		0				
40	80	+ 0,7	69	180	80	40
		0				
44	88	+ 0,8	75	198	88	44
		0				
48	96	+ 0,8	81	216	96	48
		0				
52	104	+ 0,9	87	234	104	52
		0				
56	112	+ 1,0	93	252	112	56
		0				
60	120	+ 1,1	99	270	120	60
		0				

Bild 44: Endmaße der Aluminiumverpressung nach DIN 3093 Teil 2

Im Bereich der Preßklemme werden der "lebende" und der "tote" Seilstrang stark gegeneinandergepreßt. Bei der Verpressung von Kreuzschlagseilen legen sich die Außendrähte, die etwa in Richtung der Seilachse verlaufen, parallel nebeneinander (Bild 46).

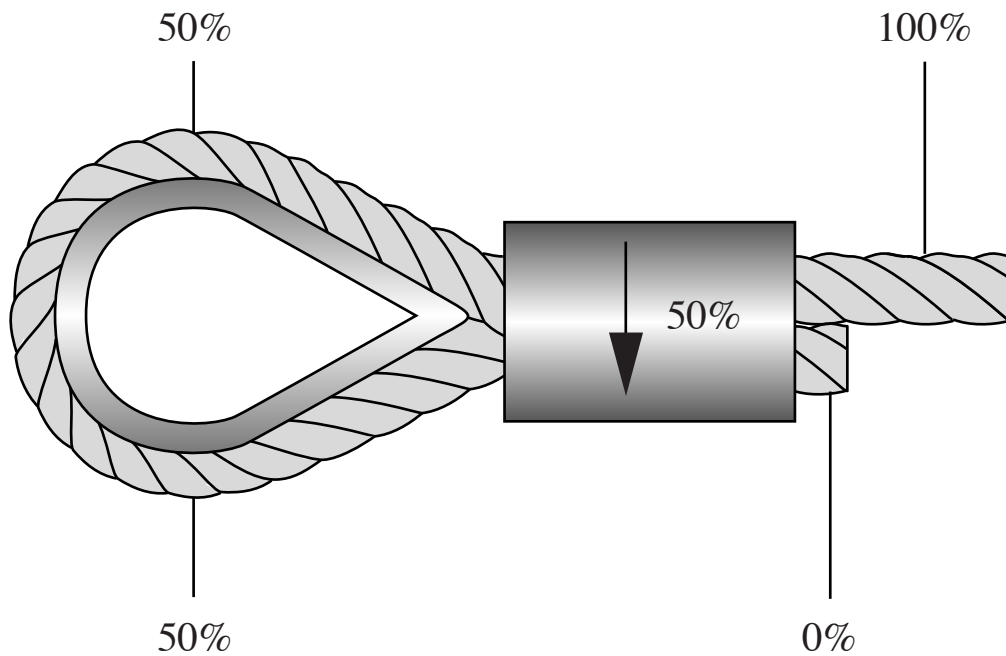


Bild 45: Kraftfluß in der Aluminiumverpressung

Bei der Verpressung von Gleichschlagseilen hingegen überkreuzen sich die Außendrähthe der benachbarten Seilstränge, so daß sie sich gegenseitig Kerben zufügen können (Bild 47). Untersuchungen haben jedoch gezeigt, daß dies in der Regel nicht zu großen Unterschieden in der Bruchkraft und im Dauerschwingverhalten zwischen Aluminiumverpressungen von Kreuzschlag- und Gleichschlagseilen führt.

Im Dauerschwingverhalten sind Kreuzschlagseile den Gleichschlagseilen im Bereich der Klemme leicht überlegen. Dies hat dennoch für laufende Seile in bezug auf die Wahl der Schlagart keinen Einfluß, da diese ohnehin aufgrund von Drahtbrüchen im Bereich der Laufzone und nicht durch Schädigungen im Bereich der Endverbindung abgelegt werden.

Vereinzelt sieht man auch Seilendverbindungen der Fälle X und Y mit zwei Aluminiumpreßklemmen (im Fall Z ist dies ja vorgeschrieben). Die zweite Klemme soll hier zusätzliche Sicherheit verschaffen. Sie macht aber im Gegenteil die Endverbindung unsicher: Im Bereich der Klemme überträgt normalerweise der "lebende" Seilstrang 50% der Seilzugkraft auf den "toten" Strang (Bild 45). Wenn nun eine zweite Klemme in unmittelbarer Nähe der ersten angebracht wird, kann es passieren, daß infolge von nicht kontrollierbaren Verschiebungen während des Preßvorganges im Bereich zwischen den Preßhülsen der tragende Strang etwas länger ausfällt als der "tote" Strang. Nun läuft der Kraftfluß über diese kurze Zone des "toten" Strangs mit der Folge, daß an jeder der beiden Klemmen nicht 50% der Seilzugkraft, sondern jeweils 100% übertragen werden müssen (Bild 48). Diesen Beanspruchungen ist die Hülse aber bei hohen Zugkräften nicht gewachsen. Aus diesen Gründen ist eine Seilendverbindung mit zwei Aluminiumpreßklemmen für die Fälle X und Y nicht zulässig.

Im Fall Z, der ja lediglich für Spiralseile gilt, also eigentlich für relativ

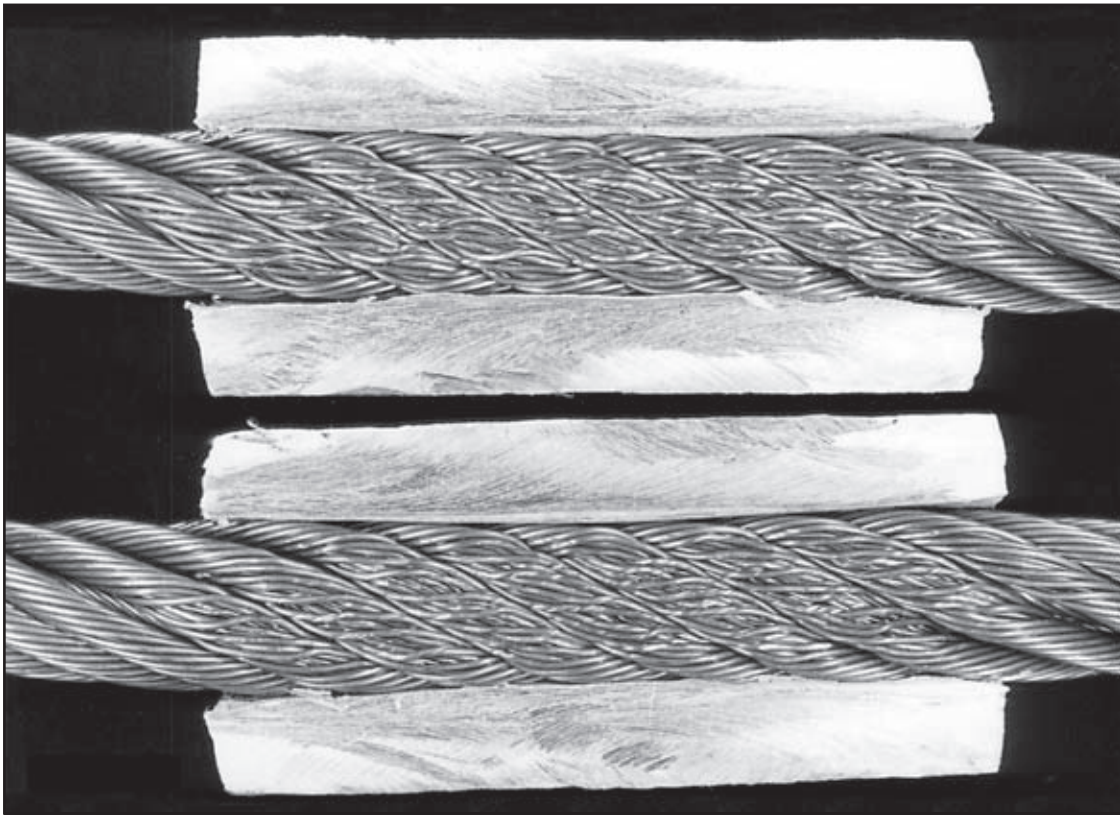


Bild 46: Aufgeschnittene Aluminiumklemmen mit Kreuzschlagseilen

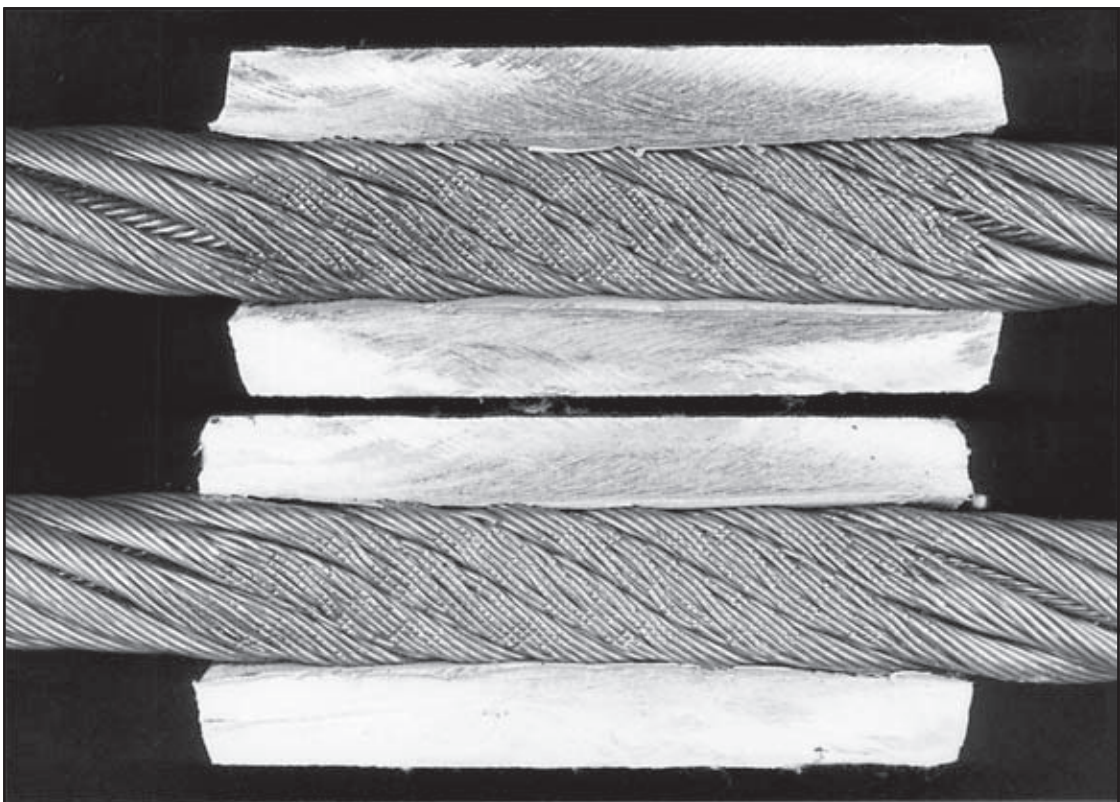


Bild 47: Aufgeschnittene Aluminiumklemmen mit Gleichschlagseilen

steife Litzen, ist die Gefahr der Längendifferenzen zwischen den Preßklemmen nicht gegeben.

Bild 49 zeigt eine Verlängerung eines Anschlagseiles mit Hilfe einer Aluminiumpreßklemme. Auch hier muß die Hülse auf ihrer Länge 100% der Seilkraft übertragen. Eine derartige Seilverlängerung ist nicht zulässig.

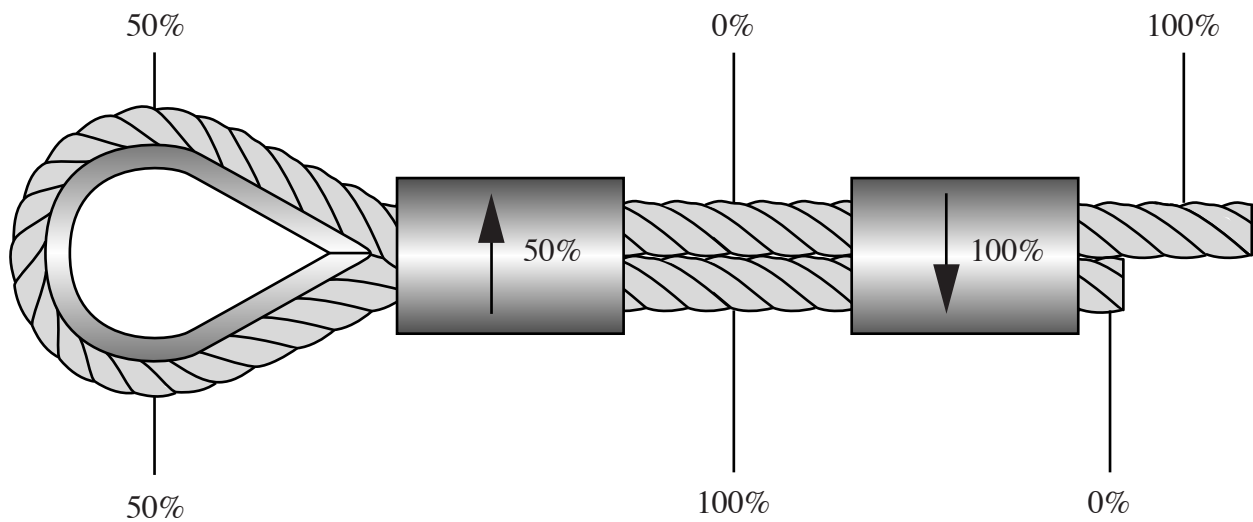


Bild 48: Kraftfluß in der Aluminiumverpressung bei Verwendung von zwei Klemmen

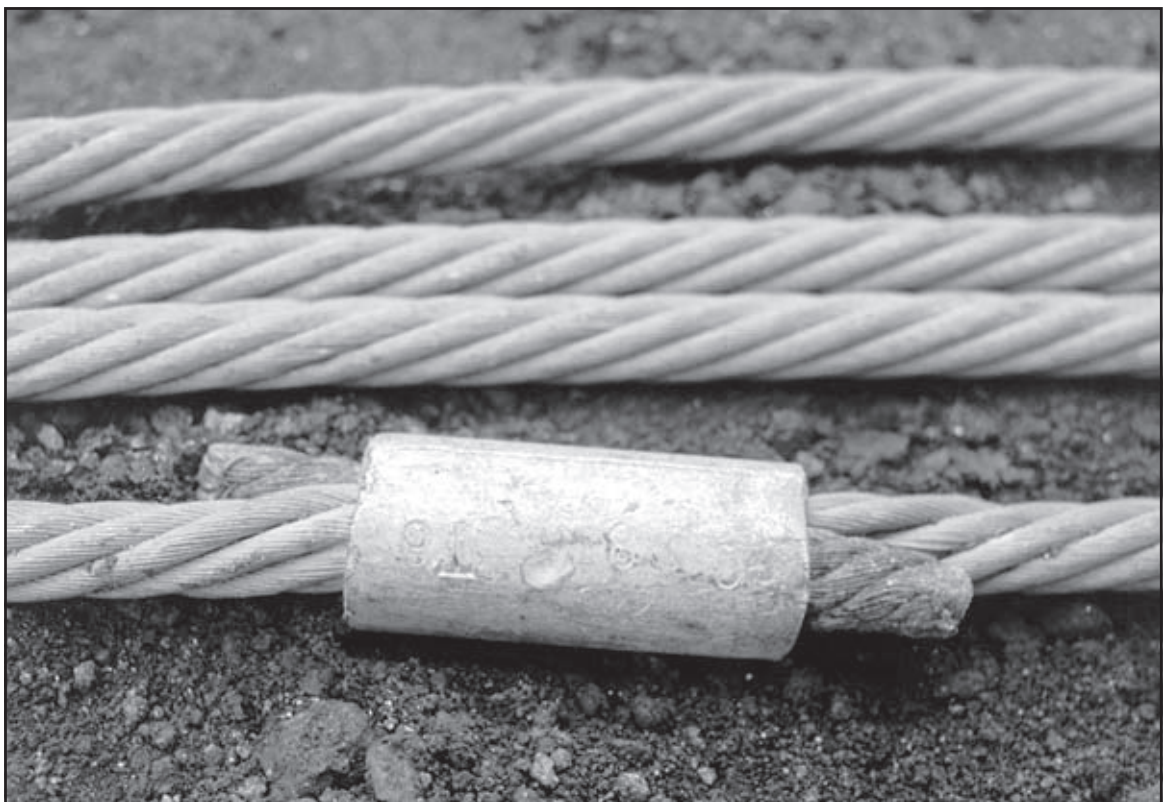


Bild 49: Unzulässige Verbindung im Seilstrang

7.5 Inspektion

Bei einer ersten Inspektion sollte die Maßhaltigkeit der Klemme und der Schlaufe geprüft werden. Später ist die Endverbindung jeweils auf Drahtbrüche und im Bereich der Aluminiumklemme auf Risse und mechanische Beschädigungen (Bild 50) zu untersuchen.



Bild 50: Mechanische Beschädigung der Aluminiumklemme

Da die Kräfteinleitung in die Endverbindung außermittig erfolgt, stellt sich die Hülse im Betrieb leicht schräg. Dies führt zu Beanspruchungen der Hülse und des Drahtseiles im Bereich des Seilaustritts. Hier können daher Risse und Drahtbrüche auftreten. Auf der gegenüberliegenden Seite versuchen die beiden austretenden Seilstränge die Hülse aufzuspreizen. Dies kann insbesondere dann, wenn die Preßklemme zu nahe an der Kausche angebracht wurde oder wenn die Schlaufe zu eng ausgeführt wurde, zu Rissen in der Preßklemme führen. Risse im kegeligen Teil der Form C beeinträchtigen die Tragkraft der Endverbindung nicht.

Bei jeder Inspektion ist zudem zu prüfen, ob sich die Lage des "toten" Seilstrangs verändert hat. Bei Einsatz in Seewasseratmosphäre sollte die Hülse zudem auf Korrosionsschäden untersucht werden. Bild 51 zeigt eine korrodierte Aluminiumklemme.

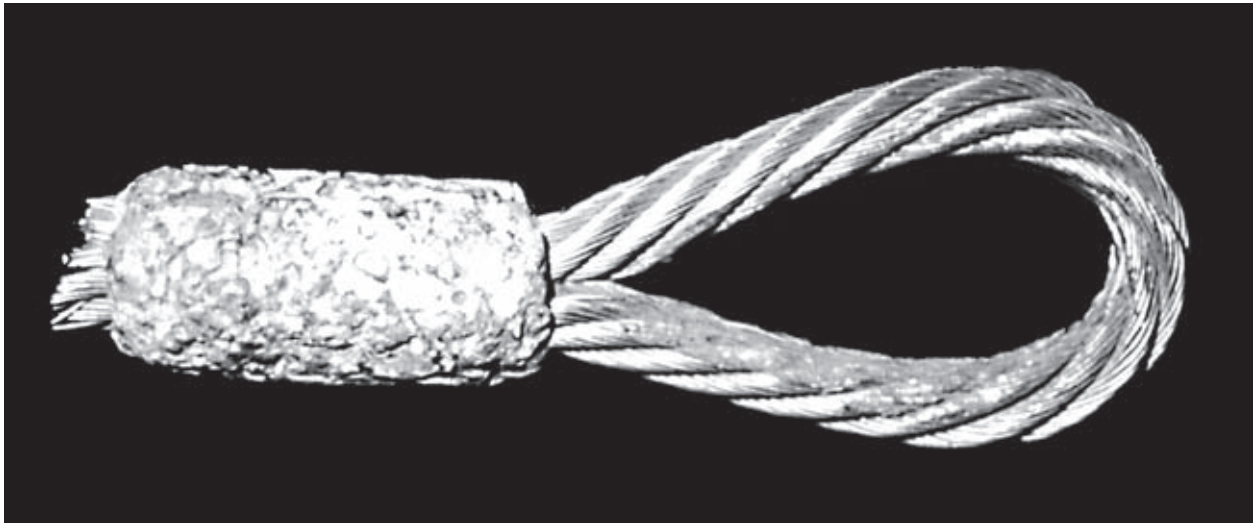


Bild 51: Korrodierte Aluminiumklemme

7.6 Sonderformen

Es existieren Sonderformen verschiedener Anbieter, auf die hier nicht im Detail eingegangen werden soll.

8. Das Flämische Auge

Das Flämische Auge ist eine relativ neue Endverbindung. Es besteht aus einer Kombination von Spleiß und Verpressung. Das Flämische Auge wird bevorzugt als Seilendverbindung im Warmbereich der Hüttenwerke als Ersatz für den Kauschenspleiß eingesetzt.

8.1 Bruchkraft, Schwingenspielzahl und Einsatztemperaturen

Im quasistatischen Zerreiversuch übertragen Seilendverbindungen mit Flämischen Auge zwischen 90 und 100% der Bruchkraft des verwendeten Drahtseiles. Im dynamischen Zugschwellversuch erreichen sie im Mittel etwa 70% der Schwingenspielzahl von metallischen Seilvergüssen.

Seilendverbindungen mit Flämischen Augen dürfen bei Temperaturen zwischen -60° und $+400^{\circ}$ eingesetzt werden. Bei Temperaturen zwischen $+250^{\circ}$ und $+400^{\circ}$ ist die Tragfähigkeit der Drahtseile auf 75% zu verringern.

8.2 Normung

Das Flämische Auge mit Stahlpreklemmen ist für einlagige Rundlitzen-seile mit Stahleinlage in DIN 3095, Teil 1 und Teil 2 genormt. Wir unterscheiden Flämische Augen ohne Kausche vom Typ PF und Flämische Augen mit Kausche der Typen PFKF und PFKV (Bild 52). KF bedeutet Kausche Formstahl, KV Kausche Vollstahl.

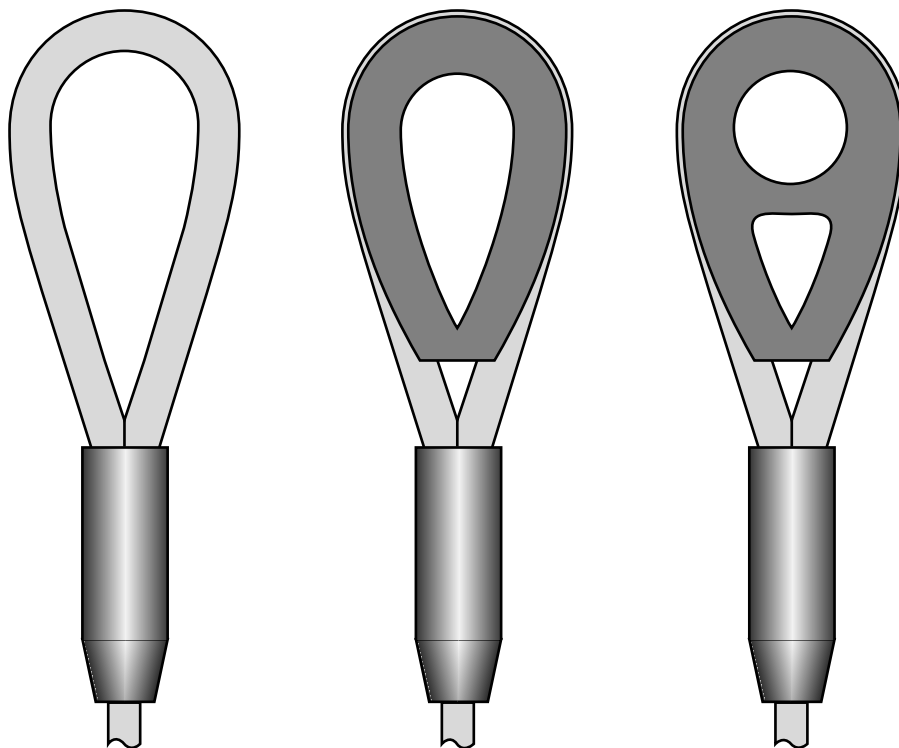


Bild 52: Ausführungsformen des Flämischen Auges

8.3 Funktion

Bereits ohne Verpressung überträgt ein Flämisches Auge schon etwa 70% der Bruchkraft des verwendeten Drahtseiles. Diese Leistung wird allein durch Reibschluß zwischen den Seilelementen erzielt. Die weitere Steigerung wird mit Hilfe der aufgepreßten Stahlhülse durch Reib- und Formschluß (Verzahnung) erzielt.

8.4 Montage/ Herstellung

Zunächst muß geklärt werden, ob die Stahleinlage des Seiles mitverpreßt werden soll oder nicht. Im ersten Fall muß eine Hülse Typ A nach DIN 3095 Teil 1 verwendet werden, ansonsten eine Hülse vom Typ B. Beide Typen sind in zylindrischer Form und in zylindrisch-konischer Form erhältlich. Letztere soll ein Hängenbleiben der Hülse beim Durchziehen unter einer Last vermeiden soll, erschwert aber die Inspektion.

Zunächst wird die gewünschte Stahlhülse auf das noch unbearbeitete Drahtseil aufgezogen. Anschließend werden die Außenlitzen des Seiles in der erforderlichen Länge in zwei Hälften auseinandergedreht (Bild 53 B).

Die Seillänge muß hierbei so gewählt werden, daß die Schlaufenlänge eines Flämischen Auges ohne Kausche (Form PF) das dreifache des Bolzendurchmessers, mindestens aber 20 Seildurchmesser beträgt (Bild 54). Bei der Herstellung eines Flämischen Auges mit Kausche der Formen PFKF und PFKV muß die aufgelöste Seillänge mindestens 4 Seilschlaglängen betragen.

Die Seileinlage wird zurückgebogen und in die Form einer Schlaufe gebracht. Anschließend werden die aufgedrehten Seilhälften zurück um die Seileinlage gedreht. Zunächst wird somit beispielsweise die Einlage eines achtlitzigen Seiles jeweils von rechts und links mit jeweils nur vier Litzen umwickelt, bis sich dann am Kopf der Schlaufe die Litzen der beiden Seiten treffen. Beim Weiterdrehen der Litzen entsteht somit, am Kopf beginnend, im Bereich der Schlaufe wieder ein vollständiges Drahtseil (Bild 53 C). Wenn die Außenlitzen des Drahtseiles wieder ganz um die Seileinlage gedreht worden sind (Bild 53 D), werden sie gemeinsam noch über ein Stück unaufgelöstes Drahtseil unterhalb der Schlaufe gedreht. Anschließend wird die Stahlhülse über die Litzenenden geschoben und gemäß Vorschrift in mehreren Preßschritten verpreßt. Wenn eine Stahlhülse vom Typ B verwendet wird, muß jedoch zuvor die Stahleinlage im Bereich der Preßhülse entfernt werden.

In einer Variante des Verfahrens wird zunächst die Stahleinlage geteilt und in gleicher Weise um die Kernlitze zusammengedreht. Anschließend werden die Außenlitzen um die so entstandene Schlaufe gedreht und mit einer Stahlhülse verpreßt.

Die Preßklemme muß folgende Kennzeichnungen aufweisen: den Kennbuchstaben F, die Tragfähigkeit, das Zeichen des Verpressers (zwei Buchstaben) und das DIN-Zeichen.

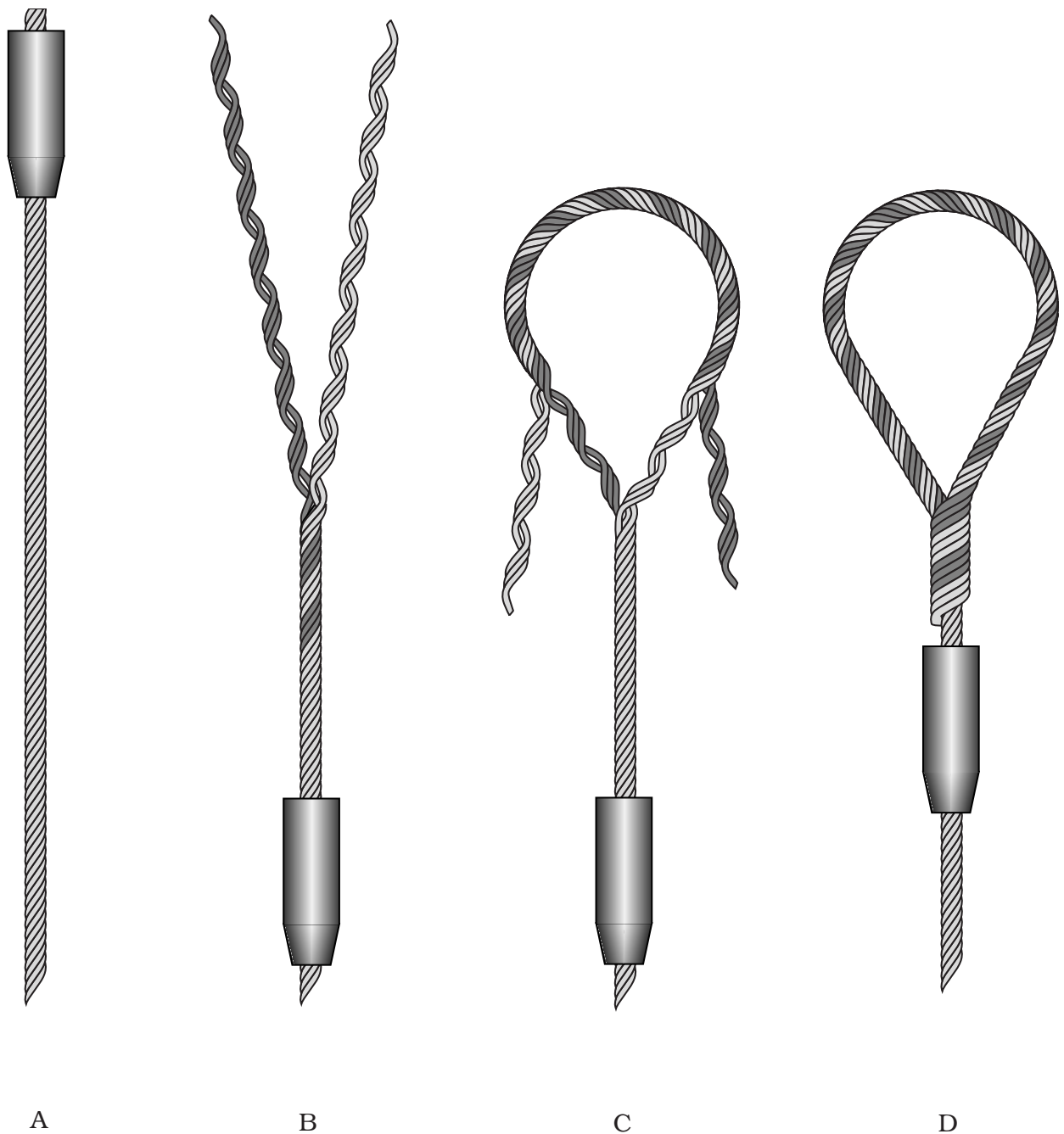


Bild 53: Die Herstellung des Flämischen Auges

8.5 Inspektion

Die Inspektion von Flämischen Augen mit zylindrisch-kegeliger Stahlpreßklemme ist schwierig, da eventuelle Litzenverschiebungen innerhalb der Preßklemme nicht erkannt werden können. Bei Flämischen Augen der Form PFKV mit zylindrischer Stahlpreßklemme ragen die Litzenenden aus der Preßhülse heraus. Hier kann ein Verschieben gegebenenfalls erkannt werden. Flämische Augen sollten insbesondere in der Nähe der Preßhülse auf Drahtbrüche untersucht werden.

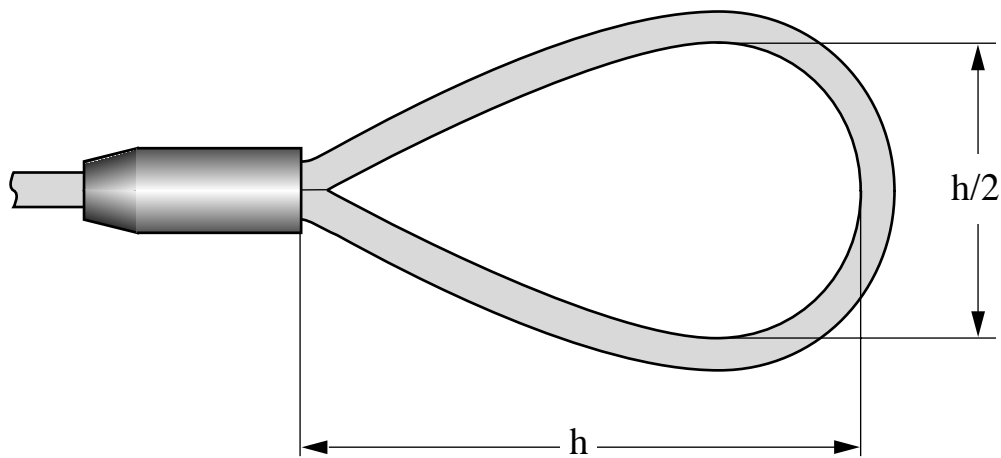


Bild 54: Schlaufenabmessungen

8.6 Sonderformen

Flämische Augen werden auch mit Aluminiumhülsen mit zufriedenstellenden Ergebnissen ausgeführt. Diese Variante, die sich aber nicht für Wärmebetrieb eignet, ist nicht genormt.

Ein kanadischer Hersteller bietet eine weitere Variante des Flämischen Auges an, die statt mit einer Stahlklemme mit Hilfe eines Kunststoffvergusses gesichert wird. Hierzu wird nach dem Zusammendrehen der Außenlitzen eine dünnwandige Aluminiumhülse über die Litzenenden geschoben und mit einem aushärtenden Zweikomponentenkunststoff vergossen. Auch diese Variante ist natürlich nicht für den Heißbetrieb geeignet, hat aber den Vorteil, daß sie von Hand auf jeder Baustelle oder Bohrinsel ohne Zuhilfenahme von großen Pressen ausgeführt werden kann. Casar hat im quasistatischen Zerreiversuch mit dieser Ausführungsform sehr hohe Bruchkräfte erzielt.

9. Die Bolzenpreßverbindung

Eine Bolzenpreßverbindung, auch “Swaged terminal” genannt, ist eine Endverbindung, bei der ein Bolzen, das Terminal, auf das Seilende aufgesteckt und durch Pressen, durch Walzen oder durch Hämmern auf diesem befestigt wird (Bild 55). Ihr Vorteil besteht in der mittigen Krafteinleitung und der leichten Herstellbarkeit. Die Bolzenpreßverbindung wird in Europa hauptsächlich für Drahtseile kleinen Durchmessers, beispielsweise für Bowdenzüge, Steuerseile und für die Edelstahlwanten von Segelbooten verwendet. In den USA erfreut sich das “Swaged terminal” hingegen auch als Endverbindung für Abspannseile und Hubseile von Kranen sehr großer Beliebtheit.



Bild 55: Bolzenpreßverbindung, Swaged terminal

9.1 Bruchkraft und Schwingspielzahl

Im quasistatischen Zerreiversuch ¼bertragen Bolzenpreverbindungen je nach Bauart und Befestigungsmethode zwischen 90 und 100% der Bruchkraft des verwendeten Drahtseiles. Im dynamischen Zugschwellversuch erreichen sie im Mittel etwa 75% der Schwingspielzahlen von metallischen Seilverg¼ssen. Aufgewalzte Terminals erreichen sogar h¼here Schwingspielzahlen als metallische Seilverg¼sse.

9.2 Normung

Bolzenpreverbindungen sind in Deutschland mit Ausnahme von Luftfahrt-normen f¼r kleine Seildurchmesser nicht genormt. Man findet eine Vielzahl von (vorwiegend ausl¼ndischen) Ausf¼hrungsformen auf dem Markt.

9.3 Funktion

Das Drahtseil wird in die Bohrung des Bolzens eingesteckt. Anschließend wird der Bolzen durch Pressen, Walzen oder durch H¼mmern auf dem Drahtseil befestigt. Die Kraft¼bertragung vom Drahtseil auf den Bolzen, das Terminal, erfolgt im wesentlichen durch Formschlul (Verzahnung).

9.4 Montage/ Herstellung

Auf dem Markt wird eine große Zahl von Formen der Bolzenpreßverbindung angeboten. Bild 56 zeigt jeweils eine Ausführungsform mit Gabel und Laste, ein Schraubterminal und eine Ausführungsform mit Kugelkopf.

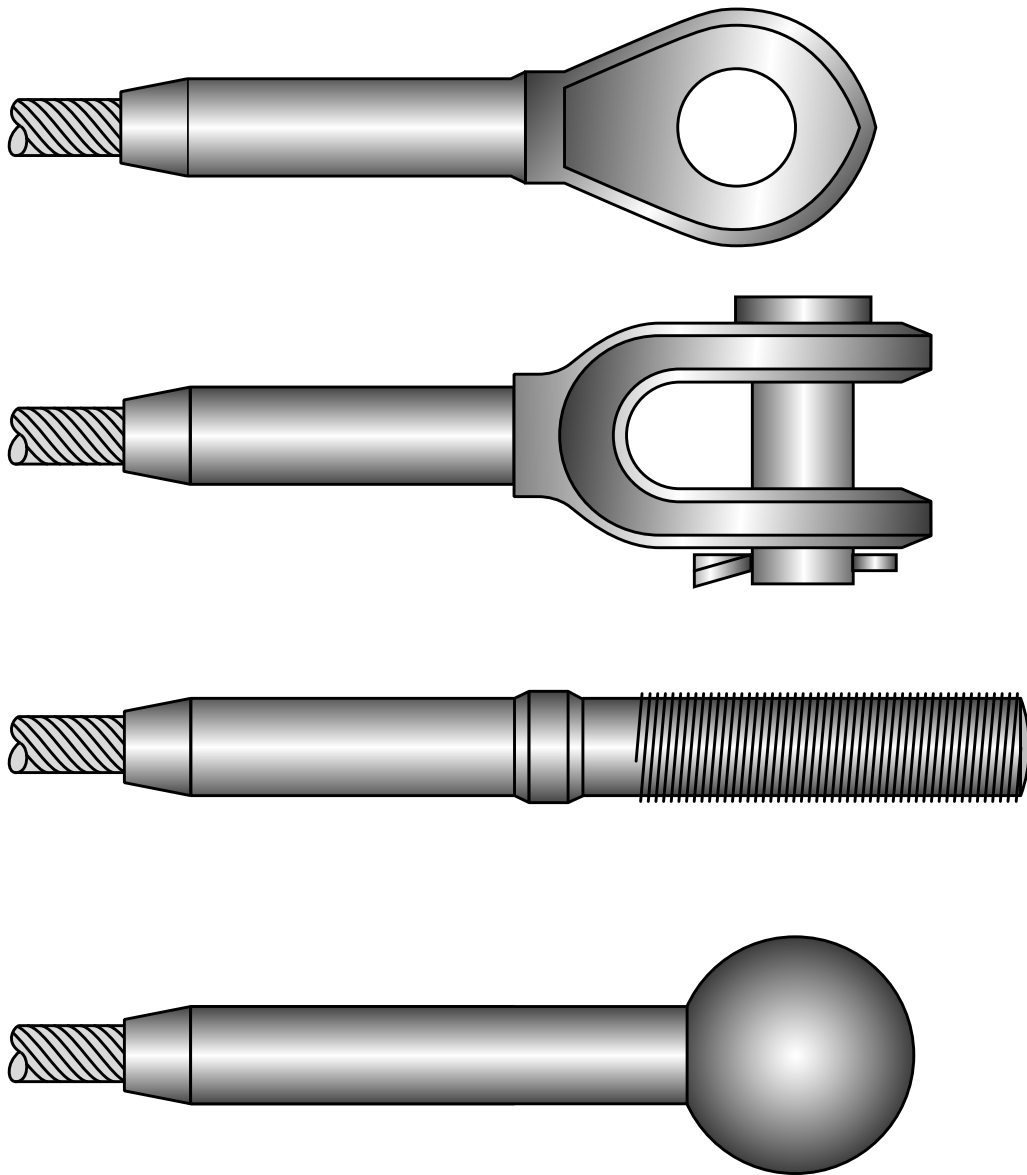


Bild 56: Ausführungsformen der Bolzenpreßverbindung

Vor dem Aufpressen, Aufhämmern oder Aufwalzen des Terminals wird zunächst geprüft, ob die Bohrung des Bolzens frei von Rückständen ist. Wenn zum Beispiel Grate in der Bohrung verblieben sind, besteht die Gefahr, daß das Drahtseil nicht weit genug hineingesteckt und der Bolzen in diesem Zustand aufgepreßt wird. Die Einstecklänge des Drahtseiles beträgt in der Regel etwa das 4- bis 6-fache des Seildurchmessers.

Um sicherzugehen, daß das Drahtseil tatsächlich weit genug in den Bolzen eingesteckt wird, hält man das Seil zunächst neben den Bolzen und markiert die Einstecklänge mit einem Farb- oder Filzstift. Anschließend wird das Drahtseil bis zum Anschlag eingeführt. Die Markierung sollte nun nahe am Austritt aus dem Bolzen liegen. Nun wird der Bolzen auf einer stationären Kniehebelpresse oder einer hydraulischen Presse nacheinander in zwei senkrecht zueinander stehenden Ebenen verpreßt (Bild 57).

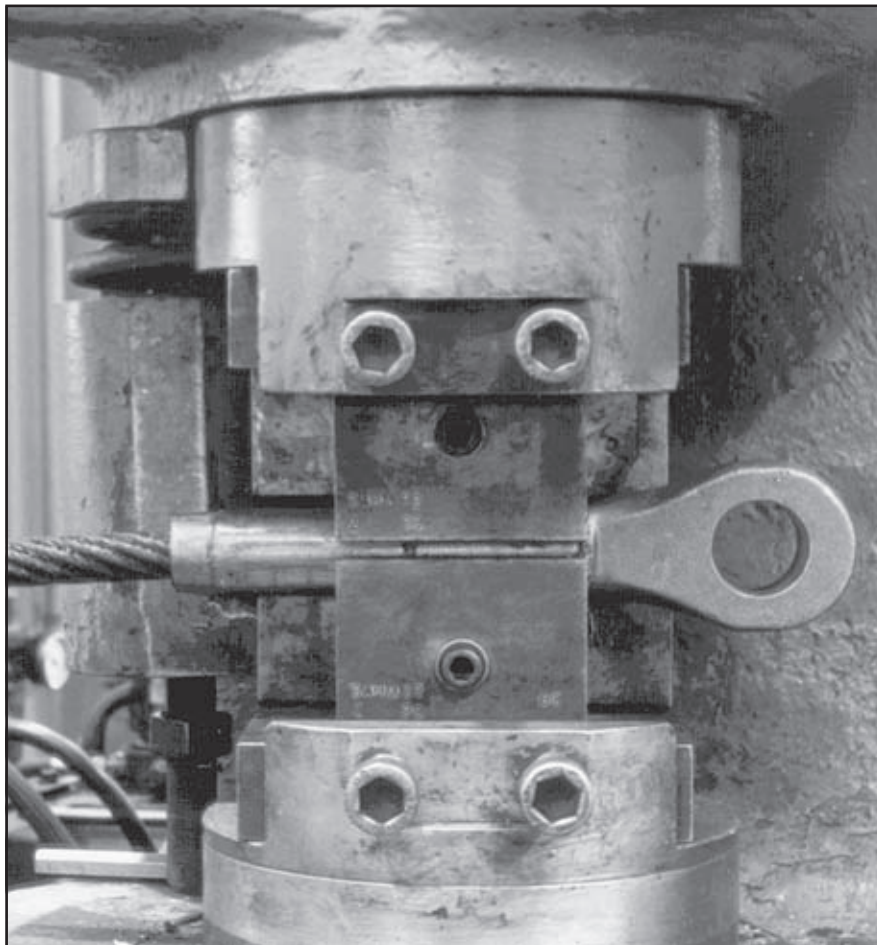


Bild 57: Preßvorgang

Beim Verpressen in einem Hammerwerk schlagen in sehr kurzen Zeitabständen zwei oder vier stationäre Hämmer auf den Bolzen ein (Bild 58). Hier muß der Bolzen beim Hämmern ebenfalls einmal um 90° gedreht, zusätzlich aber auch längs bewegt werden.

Die Hersteller der Bolzen geben für ihre Produkte in der Regel einen zulässigen Seildurchmesser sowie den Bolzendurchmesser im unverpreßten und verpreßten Zustand an. Beim Verpressen wird der Bolzendurchmesser um etwa 15% bis 20% verringert. Das Erreichen des vorgeschriebenen Enddurchmessers gilt als Nachweis für den erfolgreich durchgeführten Verpressungsvorgang.

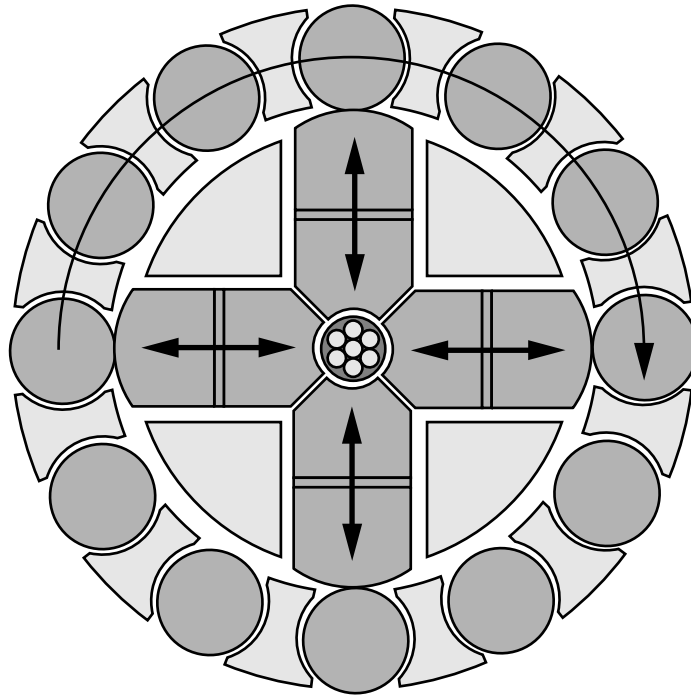


Bild 58: Schnitt durch ein Hammerwerk zum Aufhämmern von Endverbindungen

Dipl.-Ing. Hemminger, Universität Stuttgart, gibt für den Mindestdurchmesser des Bolzens nach dem Verpressen folgende Formel an:

$$D_{\min} = d \sqrt{\frac{f R_{p \text{ câble}}}{R_{p \text{ manchon}}} + 1}$$

Hierbei ist

d	der Seilennendurchmesser,
f	der Füllfaktor des Seiles,
$R_o \text{ Seil}$	die Festigkeit des Seildrahtes und
$R_o \text{ Bolzen}$	die Festigkeit des Bolzenmaterials.

Die Bohrung des unverpreßten Bolzens sollte nach Hemminger für Drahtseile mit Durchmessern von Seilennendurchmesser -0% bis +5% höchstens einen Durchmesser von Seilennendurchmesser +10% besitzen.

Achtlitzige Drahtseile mit Fasereinlage sollten nicht mit Bolzen verpreßt werden. Bei sechslitzigen Drahtseilen mit Fasereinlage sollte die Einlage im Bereich der Einstecklänge entfernt und durch ein gleichlanges Stück Außenlitze ersetzt werden.

9.5 Inspektion

Die Bolzenpreßverbindung ist im Bereich der Aufhängung auf Risse und mechanische Beschädigungen zu untersuchen, das Drahtseil am Austritt des Bolzens auf Korrosionseinwirkung oder Drahtbrüche.

9.6 Aufgewalzte Bolzenendverbindungen

Bolzenendverbindungen können auch auf Drahtseile aufgewalzt werden. Der Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, daß der Bolzen nicht in seiner gesamten Länge auf einmal aufgepreßt wird. Die Walzen pressen vielmehr nacheinander jeweils nur eine kurze Länge des Terminals (Bild 59) auf das Drahtseil auf. Hierdurch ist der Kraftbedarf der Maschinen relativ gering, weshalb sie auch als kompakte, transportable Einheiten gebaut werden können (Bild 60).

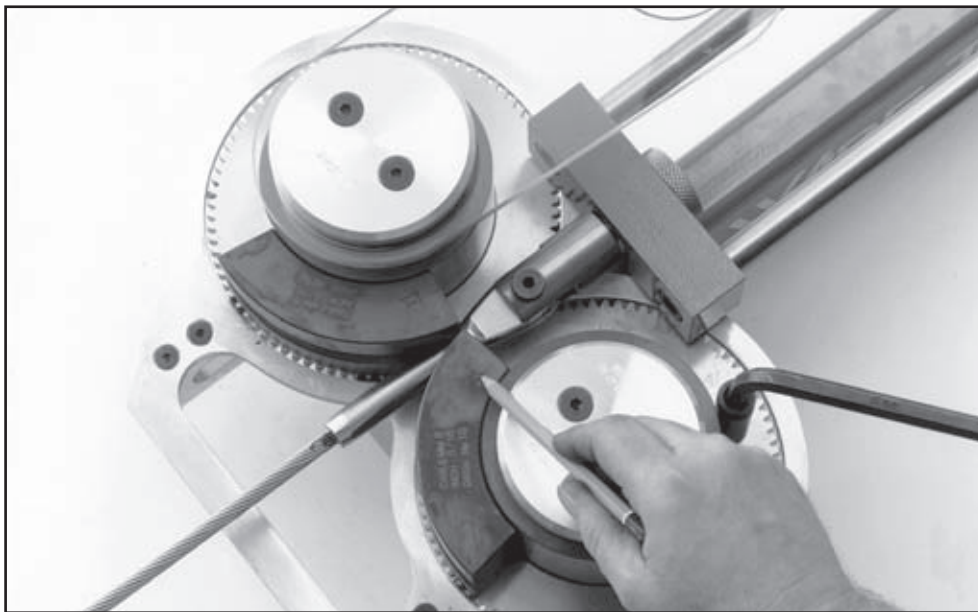


Bild 59: Sukzessives Aufpressen kurzer Zonen der Endverbindung

Mit Terminalwalzmaschinen können so die Endverbindungen direkt auf der Baustelle oder der Bohrinsel angebracht werden. Sehr vorteilhaft ist dies insbesondere dort, wo die benötigten Seillängen vorher nicht exakt bekannt sind, weshalb diese Maschinen im Jachtbereich zum Anbringen der Wanten besonders beliebt sind.

Der Vorteil des Walzens liegt aber nicht nur in der Kompaktheit der Maschinen. Beim Aufpressen oder Aufhämmern des Bolzens auf das Drahtseil wird der Stahl des Bolzenmantels zunächst in die Täler zwischen die Außenlitzen des Drahtseiles gepreßt. Hierbei entsteht eine Verzahnung zwischen Bolzen und Drahtseil. Beim weiteren Pressen stehen keine Hohlräume mehr zu Verfügung, in die der Stahl gepreßt werden kann. Der Widerstand nimmt zu, und der Bolzen verlängert sich. Da aber das Drahtseil bereits stark mit dem Bolzenmantel verzahnt ist, muß es die Verlängerung mitmachen. In der fertigen Bolzenpreßverbindung ist das Drahtseil im Bereich des Bolzens somit selbst im unbelasteten Zustand neben hohen Anpreßkräften auch permanent starken Zugkräften durch diese Verlängerung ausgesetzt.

Nicht aber in einem aufgewalzten Terminal: Hier wird der Bolzen Stück für Stück angepreßt und verlängert. Die Verlängerung des Bolzens kann sich aber noch völlig frei über die unverpreßten Seilzonen verschieben. Hier wird somit die Hülse aufgepreßt, ohne das Drahtseil stark zu verlängern. Aufgrund dieser Tatsache erzielen aufgewalzte Bolzenendverbindungen in Zugschwellversuchen erheblich höhere Schwingenspielzahlen als aufgepreßte.

Wir unterscheiden zwei Bauarten von Terminalwalzmaschinen. Im einen Fall wird das Terminal mit Hilfe zweier motorisch angetriebener Walzen verpreßt. Hierbei hat der Bolzen die Tendenz, sich ähnlich wie ein Teig beim Rollen um eine der beiden Walzen zu schmiegen. Das Resultat ist eine gebogene Endverbindung, die unter hoher Zugschwellbeanspruchung aufreißen kann.



Bild 60: Kompakte, transportable Terminalwalzmaschine

Im anderen Fall wird die Endverbindung hydraulisch durch ein mit Zahnrädern synchronisiertes, nicht angetriebenes Walzenpaar gezogen (Bild 59). Da während des gesamten Verpressungsvorgangs eine Zugkraft in der späteren Belastungsrichtung des Terminals wirkt, ist das Resultat hier eine perfekt ausgerichtete Endverbindung.

9.7 Sonderformen

Es existiert eine sehr große Zahl von Sonderformen der Bolzenpreßverbindungen. In jedem Fall sollten die Verarbeitungshinweise der Anbieter studiert werden.

10. Der metallische Seilverguß

Der metallische Drahtseilverguß ist eine sehr zuverlässige und effiziente Seilendverbindung. Mit ihm werden im Zerreiversuch die höchsten Bruchkräfte erzielt, und auch sein Dauerschwingverhalten ist hervorragend. Er bietet sich daher für alle Anwendungen an, bei denen Abminderungen der Seilbruchkraft durch die Endverbindung in der Dimensionierung der Drahtseile berücksichtigt werden müssen sowie für Anwendungen, bei denen die Endverbindung hohen Zugschwellbeanspruchungen ausgesetzt wird, beispielsweise also für Abspannseile von Kranauslegern (Bild 61) oder Tragwerken (Bild 62).



Bild 61: Abspannseile für Gittermastkrane

10.1 Bruchkraft und Schwingspielzahl

Im quasistatischen Zerreiversuch übertragen Seilvergsse mit Metall die volle Bruchkraft des verwendeten Drahtseiles. Im dynamischen Zugschwellversuch erreichen sie die höchsten Schwingspielzahlen aller Seilendverbindungen.

10.2 Normung

Metallische Drahtseilvergsse sind in DIN 3092 Teil 1 genormt, Seilhülsen in DIN 83 313.

10.3 Funktion

Das Drahtseil wird am Ende besenförmig aufgefächert und in einer Seilhülse konusförmig vergossen. Mit zunehmender Belastung zieht sich der Metallkonus tiefer in die Seilhülse hinein und erzeugt somit immer größere Klemmkräfte. Die Kraftübertragung vom Drahtseil auf den metallischen Konus erfolgt durch Kraftschluß und Stoffschluß. Die Kraftübertragung zwischen dem metallischen Konus und der Seilhülse erfolgt durch Kraftschluß.

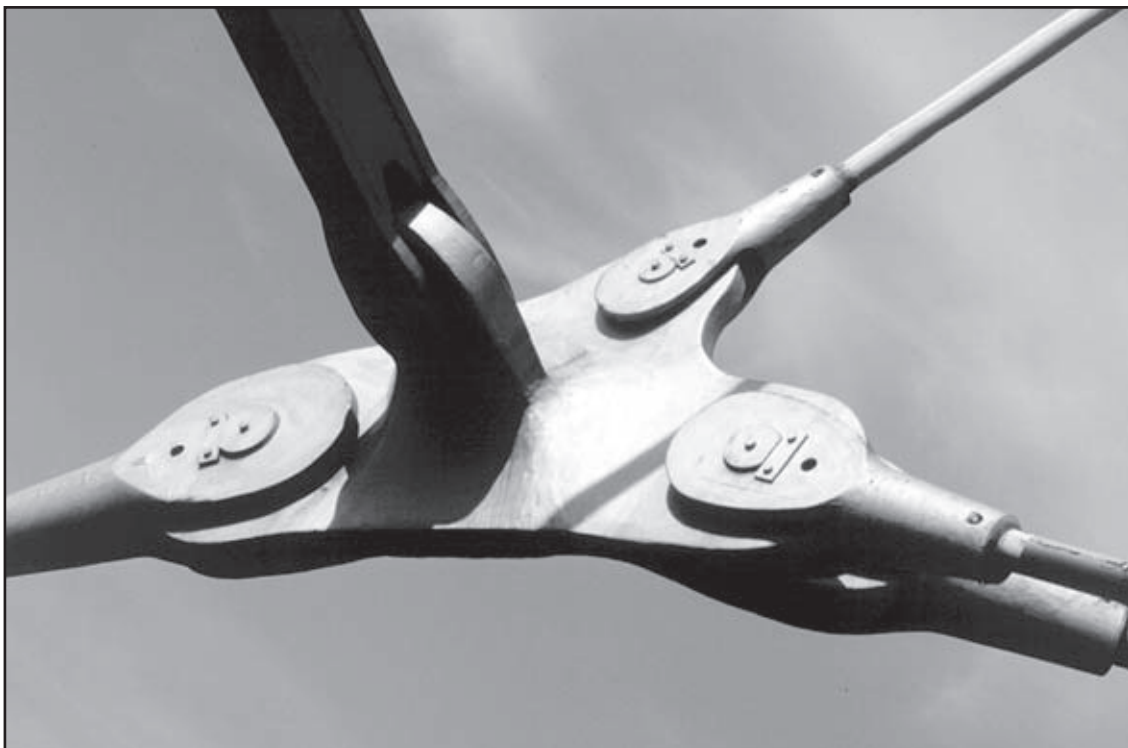


Bild 62: Abspannseile an Tragwerken

10.4 Montage/ Herstellung

10.4.1 Auswahl der Seilhülse

Wir unterscheiden zunächst zwischen Gabelseilhülsen und Bügelseilhülsen.

Bild 63 zeigt eine Gabelseilhülse nach DIN 83 313. Gabelseilhülsen weisen eine konische Hülse zur Aufnahme des Vergußkegels und an zwei Seiten Befestigungslaschen mit Bohrungen für den Befestigungsbolzen auf. Gabelseilhülsen werden um Befestigungsbolzen drehbar befestigt. Einer Seilauslenkung senkrecht zur Drehebene können sie nicht folgen.

Bild 64 zeigt eine Bügelseilhülse nach DIN 83 313. Bügelseilhülsen wei-

sen eine konische Hülse zur Aufnahme des Drahtseilvergusses und in der Mitte über der Hülse einen Befestigungsbügel auf. Bügelseilhülsen werden um Befestigungsbolzen drehbar befestigt. Bei entsprechender Ausgestaltung der Auflagefläche des Bügels, wie beispielsweise in Bild 64, können Bügelseilhülsen auch Seilauslenkungen senkrecht zur Drehebene in gewissen Grenzen folgen.

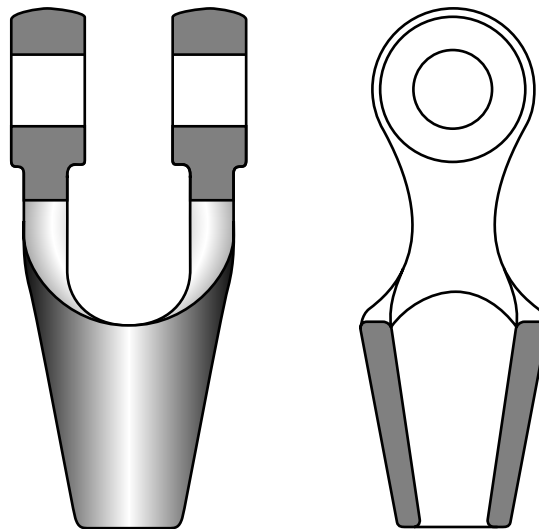


Bild 63: Gabelseilhülse nach DIN 83 313

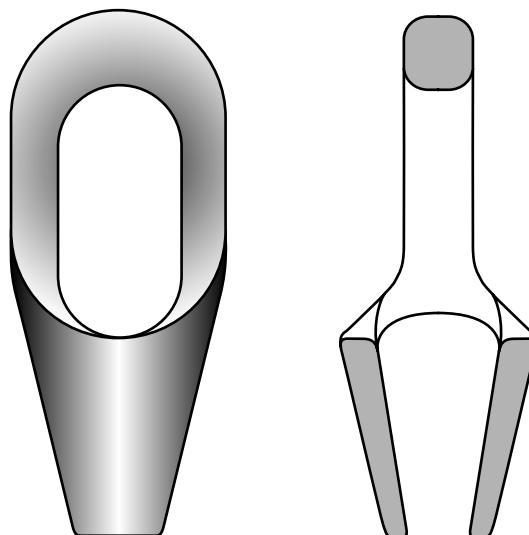


Bild 64: Bügelseilhülse nach DIN 83 313

Seilhülsen dienen nicht nur zur Befestigung von Drahtseilen an Konstruktionsteilen, sondern auch zum Aneinanderkoppeln von Drahtseilen, beispielsweise um die Länge der Halteseile eines Kranes der jeweiligen Länge des Auslegers anzupassen. In einem solchen Fall werden jeweils eine Gabel- und eine Bügelseilhülse miteinander verbolzt.

Der Vergußkegel von Seilhülsen nach DIN 83 313 hat eine Vergußlänge des 5-fachen Seilnennendurchmessers und ein Öffnungsverhältnis von 1:3. Dies entspricht einem Öffnungswinkel von $18,4^\circ$. Auf dem Markt ist eine Vielzahl anderer, nicht genormter Vergußhülsen erhältlich, die den Vorteil haben, erheblich kleinere Baumaße aufzuweisen und erheblich leichter zu sein als die genormten Seilhülsen.

Nach DIN 3092 sollte der Öffnungswinkel einer Seilhülse zwischen 5° und 18° betragen, der Vergußkegel sollte eine Vergußlänge des 5-fachen Seilnennendurchmessers aufweisen. Zerreißversuche zeigen, daß auch mit kürzeren Vergußlngen noch die volle Seilbruchkraft übertragen werden kann.

Der kleinste Kegeldurchmesser soll mindestens den 1,2-fachen Seilnennendurchmesser + 3mm betragen, um der Plustoleranz des Drahtseiles Rechnung zu tragen und ein Einstecken des mit Abbund versehenen Seilendes zu ermöglichen. Die kleinsten Öffnungen der Seilhhlen nach DIN 83 313 sind oft kleiner als der größte für diese Höhle zulässige Seilnennendurchmesser. In derartigen Fällen dürfen die Höhlen am Ausgang aufgebohrt werden.

10.4.2 Das Problem des Seildrehmomentes

Das Drehmoment eines Drahtseiles wächst bei gleicher Zugbelastung linear mit dem Seildurchmesser, die Zugbelastung wiederum wächst bei gleichartiger Beanspruchung des Seilquerschnitts mit dem Quadrat des Seildurchmessers. Dies hat zur Folge, daß die Drehmomente, die Drahtseile auf ihre Endverbindungen ausüben, in der dritten Potenz des Seildurchmessers anwachsen. Gleichzeitig wachsen die Reibkräfte zwischen Vergußkegel und Seilhhle linear mit der Zugkraft und somit lediglich im Quadrat des Seildurchmessers. Was hat das für Folgen?

Betrachten wir zunächst ein Seil von 10mm Durchmesser. Es übt unter einer Zugkraft von beispielsweise 20.000N und einem Drehmomentfaktor von 0,1 ein Drehmoment von 20 Nm auf seine Endverbindung aus. Die Reibkräfte zwischen Vergußkegel und Seilhhle verhindern ein Drehen des Seiles in der Höhle und geben das Drehmoment an die Seilhhle ab. Die Seilhhle wiederum überträgt das Drehmoment auf die Konstruktion.

Betrachten wir nun ein gleichartiges Seil vom 6-fachen Durchmesser. Wenn es mit dem gleichen Prozentsatz seiner Bruchkraft beaufschlagt wird, steigt die Zugkraft auf den 36-fachen Wert (=720.000N). Das Drehmoment des Drahtseiles nimmt aber gewaltige Ausmaße an, es steigt auf 4320 Nm, den 216-fachen Wert!!

Diese überproportionale Anstieg des Drehmomentes muß aber nicht nur bei der Dimensionierung der Befestigung berücksichtigt werden. Die Reibkräfte zwischen Vergußkegel und Seilhhle, die ein Drehen des Seiles in der Höhle verhindern sollen, sind (proportional zur Zugkraft und quadratisch mit dem Seildurchmesser) nur auf den 36-fachen Wert gestiegen. Hier besteht die Gefahr, daß sich der Vergußkegel unter Last innerhalb der Höhle dreht.

Bild 65 zeigt eine im Hause Casar durchgeführte spannungsoptische Untersuchung an einer Seilhülse. Mit Hilfe eines dünnen Kunststoffüberzuges werden hier Verformungen des Bauteiles unter einer hohen Zugkraft und einem großen Drehmoment durch polarisiertes Licht sichtbar gemacht. Man erkennt sehr deutlich, daß die völlig symmetrische Seilhülse asymmetrisch verformt wird. Auf der einen Seite vergrößert das Drehmoment die durch die Zugkräfte hervorgerufenen Verformungen, auf der anderen Seite verkleinert es sie.

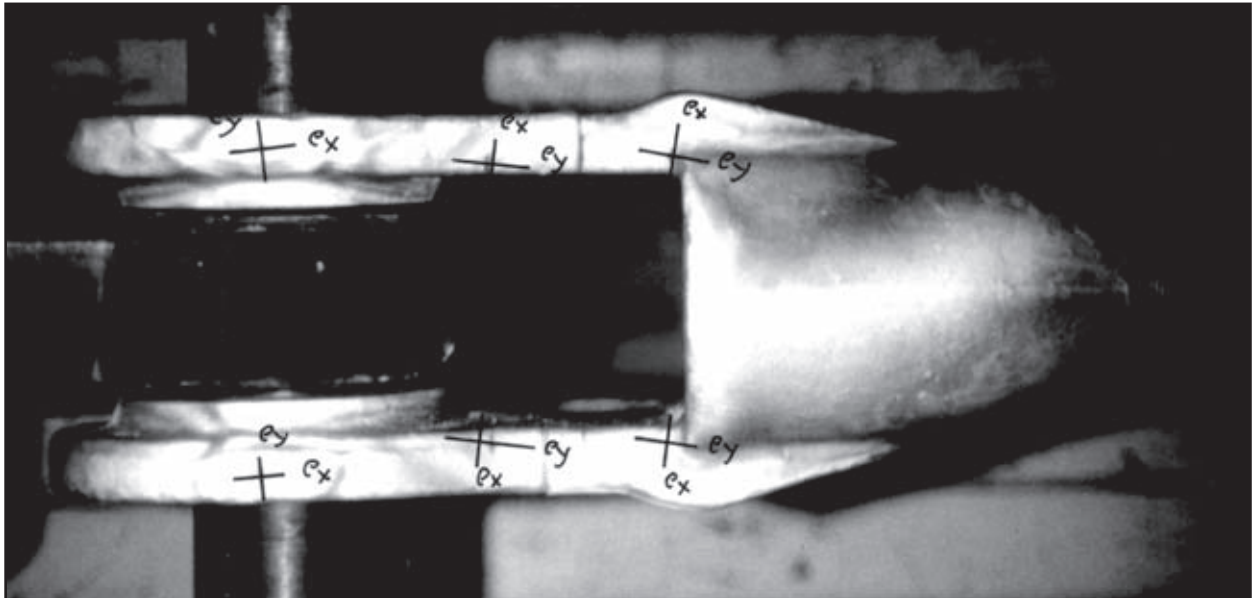


Bild 65: Spannungsoptische Untersuchung an einer Gabelseilhülse

Um ein Verdrehen des Vergußkonus zu verhindern, werden Seilhülsen für Seile großen Durchmessers häufig mit nicht-runden, z. B. ovalen, Querschnitten ausgeführt. Eine andere Möglichkeit besteht darin, Nuten in der Hülse anzubringen, in die sich der Vergußkegel verzahnen kann (Bild 66 A) oder Vorsprünge vorzusehen, die sich in das Vergußmaterial verzahnen (Bild 66 B).

Die Nuten oder Vorsprünge müssen aber innerhalb der Hülse von oben nach unten verlaufen, um ein Setzen des Kegels zu erlauben. Nur wenn der Kegel sich einziehen kann, kann er die erforderlichen Klemmkräfte aufbauen und die Seilzugkraft sicher übertragen.

Bild 66 C zeigt eine Seilhülse mit in das Vergußmetall hineinragenden Vorsprüngen. Die Vorsprünge verhindern ein Setzen des Konus. Bei einem Belastungstest mit einer derartigen Hülse und einem Seil großen Durchmessers wurde der Kegel zunächst von den Vorsprüngen festgehalten, so daß die gesamte Seilzugkraft nicht über den Konus, sondern über die Vorsprünge übertragen wurde. Die Zugkraft wurde nun stetig weiter erhöht, bis schließlich der Vergußkonus zwischen den Vorsprüngen brach. Der

untere Teil des Konus wurde hierdurch frei und zog sich schlagartig fest, während das gesamte Vergußmetall oberhalb der Vorsprünge mit lautem Knall weggesprengt wurde.

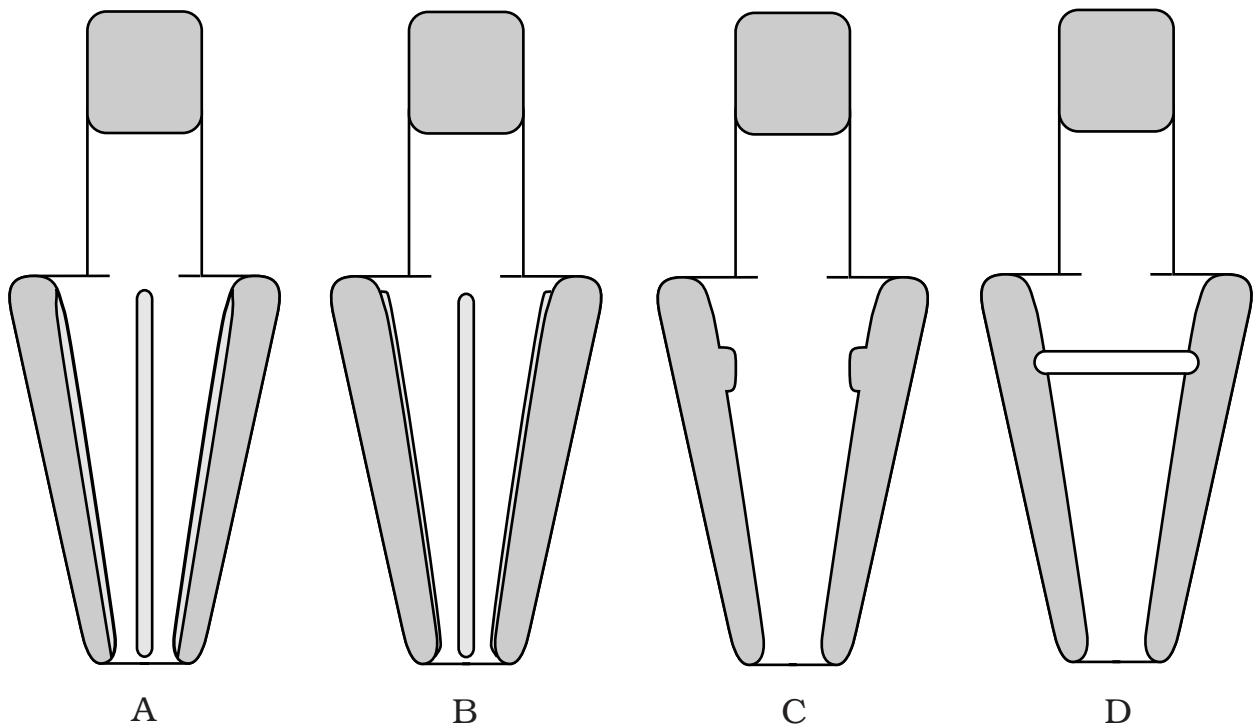


Bild 66: Ausführungsformen von Verdrehsicherungen

Bild 66 D zeigt eine völlig unsinnige amerikanische Ausführung nach den "Military specifications" mit umlaufender Nut. Die Nut verhindert nicht das Verdrehen des Konus. Sie soll verhindern, daß der Vergußkegel bei schlagartiger Entlastung des Seiles herausspringt. In Wirklichkeit verhindert sie aber das *Einziehen* des Konus, der somit seine Funktion überhaupt nicht ausüben kann.

10.4.3 Herstellung des Vergusses

Vor der Anbringung einer Seilhülse ist diese auf ihren einwandfreien Zustand hin zu überprüfen. Als Beispiel für einen möglichen Fehler zeigt Bild 67 eine Oberflächenverletzung (Gußfehler) an einer Gabel. Manganhartstahlhülsen sind mit Hilfe eines Magneten auf Gefügeveränderungen durch Temperatureinfluß zu untersuchen.

Das zu befestigende Drahtseil wird im Bereich der Trennstelle und am Ende des späteren Vergußkegels vorschriftsmäßig abgebunden und durchtrennt. Hierbei dürfen nur Trennverfahren angewendet werden, durch die die Trennstelle nicht verschweißt wird. Anschließend wird das Seilende durch die Vergußhülse gesteckt.

Nun wird das Drahtseilende und anschließend jedes einzelne Litzenende aufgedreht, bis sich ein Drahtbesen geformt hat (Bild 68). Bei Drahtseilen mit Stahleinlage wird diese ebenfalls mit aufgedreht, eine Fasereinlage wird



Bild 67: Gußfehler an einer Gabelseilhülse

bis zur Abbindung herausgeschnitten. Bei Drahtseilen mit Kunststoffzwischenlage wird der Kunststoff bis zur Abbindung herausgeschnitten, die Stahleinlage des Seiles wird dann ebenfalls aufgedreht.

Die früher empfohlene Vorgehensweise, die Drahtenden umzubiegen, hat sich nicht bewährt: Im oberen Bereich des Vergußkegels verdoppelt sich so das Drahtvolumen, ohne zu einer Erhöhung der Tragkraft beizutragen. Das vergrößerte Drahtvolumen hindert lediglich das Vergußmetall am Einlaufen in den Konus.



Bild 68: Seilbesen

Der Drahtbesen wird mit einem Kaltentfettungsmittel, z. B. Eskapon S 143, sorgfältig gereinigt und entfettet. Toxische Reinigungsmittel oder solche, die Korrosion fördern, dürfen nicht verwendet werden.

Blanke, nicht verzinkte Seildrähte werden anschließend zur Aufrauung der Oberfläche mit einem Beizmittel (z. B. der Zinkchloridlösung Tego® Roptin) behandelt. Salzsäure oder Löt看wasser dürfen nicht verwendet werden, weil die Gefahr besteht, daß Reste des Beizmittels in das Seil eindringen und dort Korrosion hervorrufen. Der Drahtbesen wird zu maximal 2/3 seiner Länge in das Beizmittel eingetaucht und anschließend gut abgeschüttelt oder abgeblasen (Bild 69).



Bild 69: Abblasen des Seilbesens

Dann wird der Drahtbesen des blanken Drahtseiles mit Löt看zinn nach DIN 1707 verzinkt. Die Temperatur des Zinns sollte 280° bis 300° betragen. Eine derartige Verzinnung wird auch bei verzinkten Drähten durchgeführt, die später mit Tego® VG 3 vergossen werden sollen. Beim Beizen und Verzinnen muß der Drahtbesen immer nach unten gehalten werden, damit keine Beizflüssigkeit in das Seilinnere fließen kann.

Der Drahtbesen wird nun zurück in die Seilhülse gezogen und am Hülsenaustritt mechanisch fixiert. Hierdurch wird die korrekte Seillänge eingestellt und sichergestellt, daß sich der Drahtbesen beim Vergießen nicht bewegt. Außerdem vermeidet ein Abschluß unterhalb der Seilhülse ein übermäßiges Austreten von Vergußmetall beim Vergießen.

Die Seilhülse wird nun vorzugsweise in großer Höhe aufgehängt, so daß das Drahtseil völlig gerade aus der Seilhülse heraustritt und in diesem gestreckten Zustand vergossen werden kann (Bild 70). Bild 71 zeigt ein vor dem Vergießen nicht ordnungsgemäß ausgerichtetes Drahtseil.

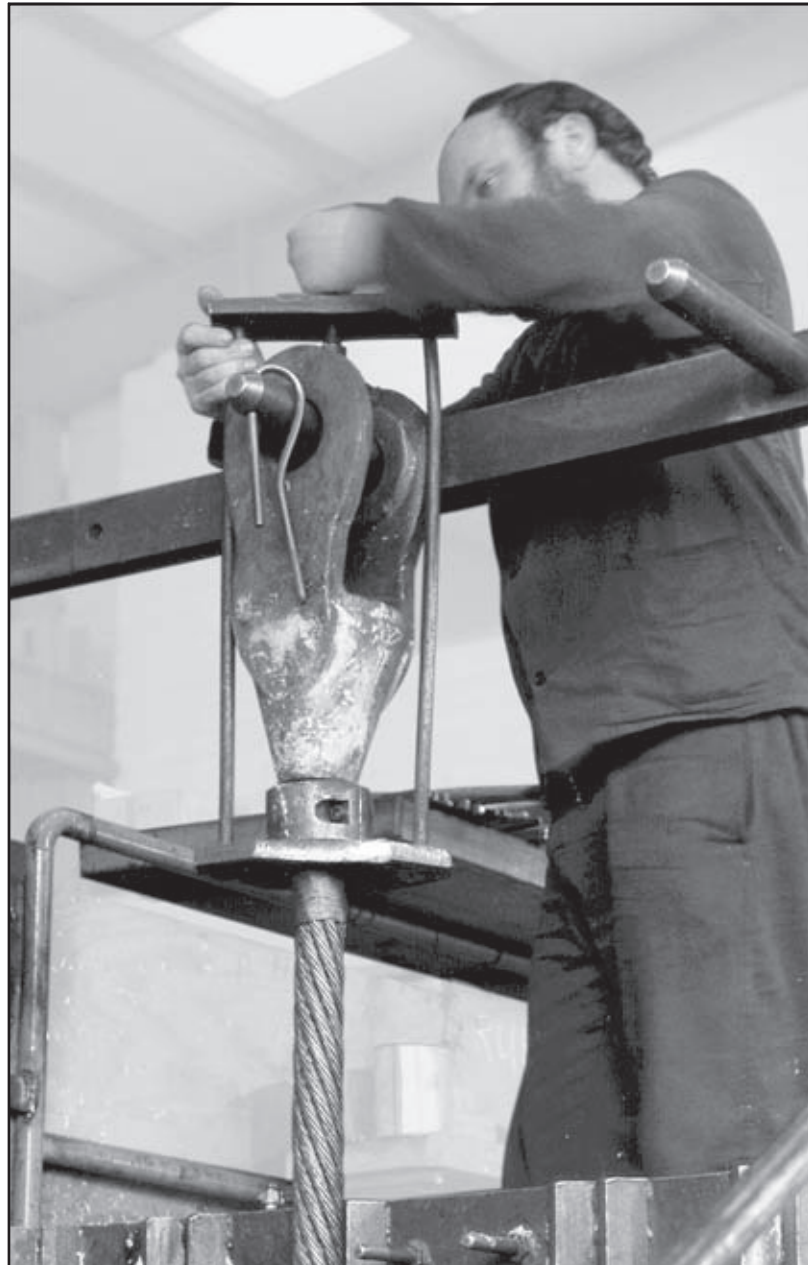


Bild 70: Ausrichtung des Drahtseiles und der Hülse

Vor dem Vergießen wird etwa die 1,5-fache Menge des benötigten Vergußmetalls auf die vorgeschriebene Temperatur gebracht. Die Gießtemperatur des Vergußmetalls richtet sich nach dessen Zusammensetzung. Bild 72 gibt einen Überblick über die Zusammensetzung in Gewichtsprozenten, die Schmelzpunkte bzw. Erstarrungsbereiche und die Vergußtemperaturen verschiedener gebräuchlicher Vergußmetalle.

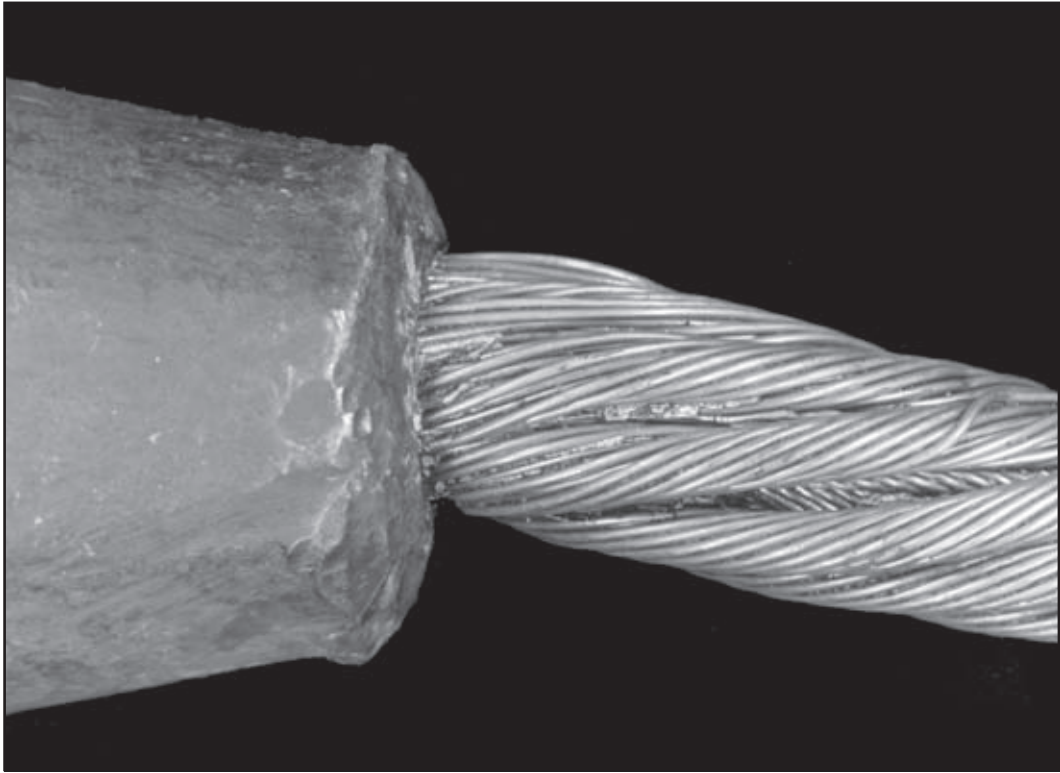


Bild 71: Verguß mit einem nicht ordnungsgemäß ausgerichteten Drahtseil und den hieraus resultierenden Folgeschäden

	Tego VG 3	LgPb Sn 10	WM 20	LgSn 80	Hartblei	Bi-Lot	Hüttenzink	Feinzink	ZnAl-6Cu1	Zn-Verg.-Legierung	Cd-Legierung
Pb	77,0	73,5	64,0	2,0	87,0	32,0	max 2,4	-	-	3,0	-
Sn	10,0	10,0	20,0	80,0	13,0	15,0	-	-	-	3,0	0,2
Sb	10,0	15,5	14,0	12,0	-	-	-	-	-	1,6	0,3
Cd	2,0	(0,2)	-	-	-	-	-	-	-	-	65,4
Cu	0,5	1,0	2,0	6,0	-	-	-	-	1,4	-	-
As	0,5	(0,2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn	-	-	-	-	-	-	97,5	99,99	92,6	92,4	34,0
Al	-	-	-	-	-	-	-	-	6,0	-	-
Bi	-	-	-	-	-	53,0	-	-	-	-	-
Schmelzpunkt [°C]	242	235-370	182-400	183-400	252	96	319-419	419	380	188-406	266-305
Gießtemp.[°C]	320-350	420-450	440-450	440-460	320-350	125	450-480	450-480	420-450	450-480	360-380

Bild 72: Zusammensetzung, Schmelzpunkte und Verarbeitungstemperaturen gebräuchlicher Vergußmetalle

Beim Vergießen besteht die Gefahr, daß das schmelzflüssige Vergußmetall beim Kontakt mit der kalten Seilhülse und den Seildrähten schon in den oberen Zonen der Hülse erstarrt und ein Durchfließen des nachfolgenden Materials in die unteren Zonen verhindert. Hierdurch können Hohlräume im Vergußkegel entstehen, die nicht mit Vergußmetall gefüllt sind. Daher wird die Seilhülse vor dem Vergießen mit Hilfe von regelbaren Brennern (z. B. Gasringbrennern) auf eine Temperatur in Höhe der Schmelztemperatur des Vergußmetalls gebracht (Bild 73).

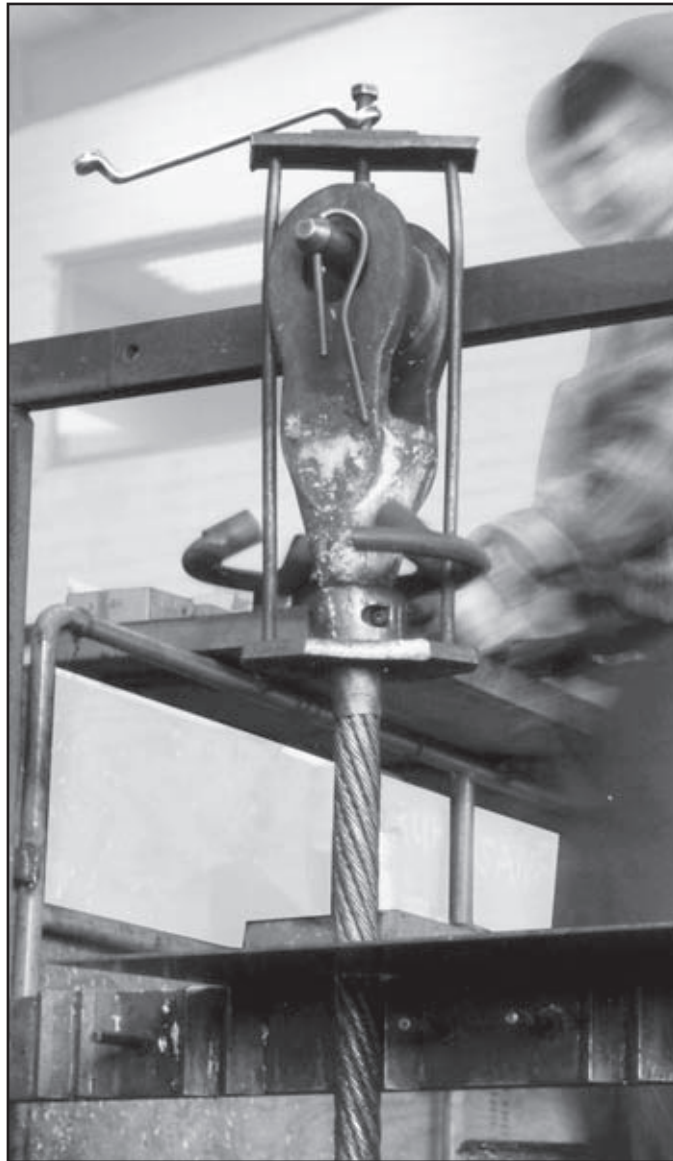


Bild 73: Vorwärmen der Seilhülse

Die Temperatur sollte mit Hilfe von Thermoelementen oder Thermostiften, die in bestimmten Temperaturbereichen definierte Farbänderungen vornehmen, überwacht werden.

Nun erfolgt der eigentliche Vergußvorgang. Die Vergußmasse muß lang-

sam und stetig in die Seilhülse eingegossen werden, damit sich keine Luft-einschlüsse bilden können (Bild 74). Die Oxydhaut muß zurückgehalten werden. Bei entsprechend gestaltetem Abschluß unterhalb der Seilhülse kann hier durch Austritt geringer Mengen des Vergußmetalls in den Tälern zwischen den Außenlitzen des Drahtseiles festgestellt werden, daß das Vergußmetall tatsächlich bis in den tiefsten Grund der Seilhülse geflossen ist.

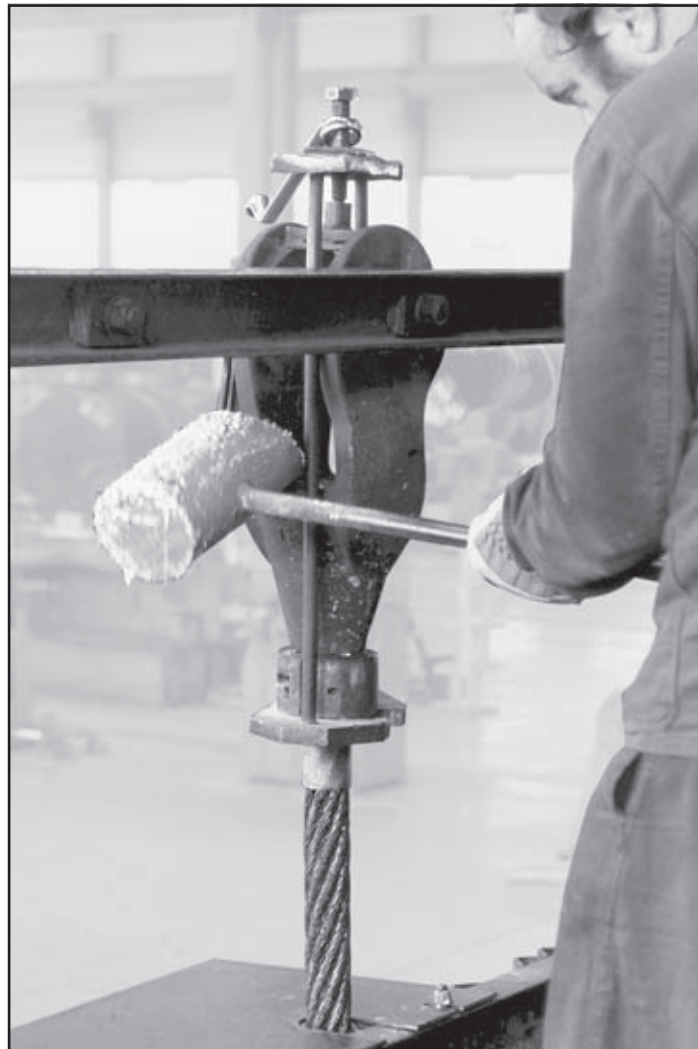


Bild 74: Langsames Eingießen des Vergußmetalls

Nach dem Vergießen sollte die Stirnfläche des Vergußkegels mit einem Brenner nachgeheizt werden, damit im Kegel keine Lunker entstehen. Anschließend kann Vergußmetall nachgegossen werden, um das Volumen aufzufüllen und einen sauberen Abschluß zu erzielen.

Zuletzt erfolgt eine Kennzeichnung der Endverbindung durch Einschlagen von Schlagzahlen in das Vergußmetall. In besonderen Fällen kann ein Metallstift mit einer entsprechenden Information mit vergossen werden.

Nach dem Erstarren und Abkühlen des Vergußmetalls wird der Abbund

am Hülsenausstritt entfernt. Der Austritt des Drahtseiles aus der Seilhülse muß nun erneut sorgfältig konserviert werden. Dies kann durch Aufstreichen oder Eintauchen in ein geeignetes Rostschutz- oder Nachkonservierungsmittel erfolgen.

10.5 Inspektion

Die Seilhülsen sollten bei einer Inspektion, insbesondere im Bereich des Bügels oder der Gabel, auf Risse untersucht werden. Das Seil ist am Austritt aus der Hülse auf Drahtbrüche oder, insbesondere bei häufig demontierten Abspannseilen von Kranen, auch auf Knicke oder Schlaglängenänderungen zu untersuchen. Vereinzelt treten, verursacht durch das Abknicken der Seilhülsen beim Handling, durch Fehlen von Vergußmetall in diesem Bereich oder durch mangelhafte Nachkonservierung, Drahtbrüche unmittelbar an oder auf den ersten Zentimetern innerhalb der Seilhülse auf. Dieser Bereich muß daher besonders sorgfältig inspiziert werden.

Nach Ablegen des Drahtseiles sollte die Seilhülse vor einer Wiederverwendung genauestens auf mechanische Beschädigungen oder mögliche Anrisse untersucht werden.

10.6 Sonderformen

Bei der Verwendung von drehungsfreien Drahtseilen empfiehlt sich häufig die Anbringung eines Wirbels zwischen Seilendverbindung und Seilfestpunkt. Die Baulänge des Wirbels geht hierbei der Hubhöhe des Hebezeuges verloren. Hier ist die Verwendung einer Vergußhülse mit eingebautem Wirbel von Vorteil (Bild 75).

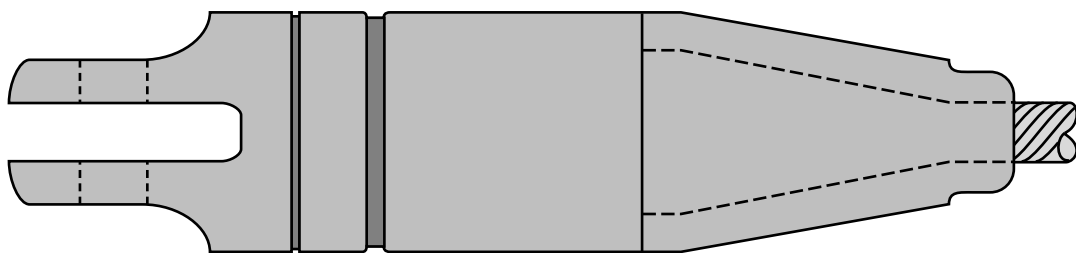


Bild 75: Vergußhülse mit eingebautem Wirbel

Diese Endverbindung beeinträchtigt die Hubhöhe nur unwesentlich und bietet zudem den Vorteil, daß sich der Wirbel immer automatisch in Richtung des Drahtseiles ausrichtet.

10.7 Die Schnabelrollenbirne

Unter gewissen Umständen müssen Verbindungen von Drahtseilen über speziell geformte Seilscheiben oder auf eine Trommel auflaufen können. Ein Beispiel hierfür ist die Seilverbindung mit Hilfe zweier Demag- Schnabelrollenbirnen und einem schraubbaren Kettenglied (Bild 76). Eine derartige Seilverbindung ist dann von Vorteil, wenn eine kurze Seilzone erheblich früher versagt als die übrige Seillänge. In einem solchen Fall muß nicht die gesamte Seillänge abgelegt werden, sondern lediglich die verschlissene Zone. Das Ersatzstück wird dann mit der noch intakten Seillänge verschraubt.

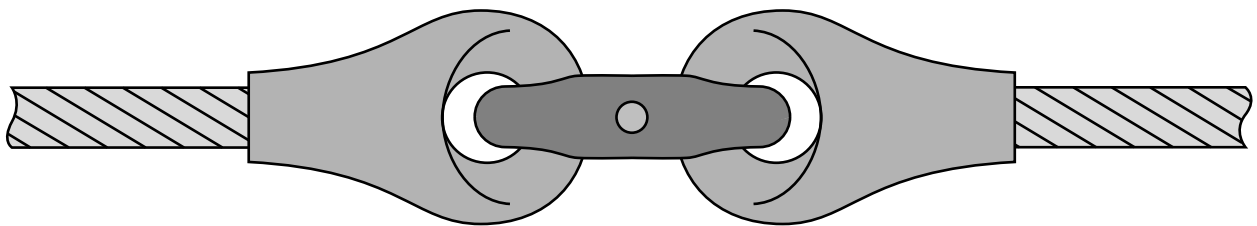


Bild 76: Schnabelrollenbirnen mit Kupplung

In einem Zwei- oder Vierseilgreifer beispielsweise verschleißt die kurze Seillänge im Greifer aufgrund hoher Biegewechselzahlen auf relativ kleinen Seilscheiben sowie unter der abrasiven Wirkung der Schüttgüter sehr schnell. In diesem Fall wird nicht das gesamte Schließseil, sondern jeweils nur die kurze Seillänge im Greifer ausgetauscht.

Bild 77 zeigt eine Kopplung von Drahtseilen mit Hilfe von Schnabelrollenbirnen auf einer Seiltrommel. Damit die Seilverbindung der Krümmung der Seilscheibe (Schnabelrolle) oder der Trommel folgen kann, muß sie zum einen von sehr kurzer Baulänge sein, zum anderen eine spezielle Form aufweisen. Bild 78 zeigt den Schnitt durch eine Schnabelrollenbirne mit einem Seilschaden am Birnenaustritt. Wie man sieht, ist die Vergußlänge sehr kurz. Dennoch übertragen diese Seilendverbindungen die volle Seilbruchkraft.

Schnabelrollenbirnen aus Manganhartstahl verlieren bei Überschreiten der beim Vergießen zulässigen Temperatur aufgrund von Versprödung durch Zerfall des austenitischen Gefüges ihre Festigkeit und dürfen dann nicht wieder verwendet werden. Mit dem Verlust der Festigkeit wird das Metall stark magnetisch, so daß durch eine Prüfung der Birne an mehreren Stellen mit Hilfe eines Permanentmagneten ihre Wiederverwendbarkeit geprüft werden kann. Verwendet werden dürfen Birnen, an denen der Magnet maximal 30% seiner normalen Haftkraft auf unlegiertem Stahl ausübt.

Schnabelrollenbirnen weisen am Austritt aus der Hülse eine trompetenförmige Aufweitung auf. Dieser Bereich wird beim Vergießen zunächst mit



Bild 77: Schnabelrollenbirnen mit Kupplung auf einer Seiltrommel



Bild 78: Schnitt durch eine Schnabelrollenbirne mit Seilschaden

Vergußmetall gefüllt. Beim Lauf über die Schnabelrolle wird das Drahtseil genau in dieser Zone stark gebogen. Gleichzeitig wird das Seil in diesem Moment schlagartig auf einen höheren Rollendurchmesser angehoben. Dies erzeugt eine zusätzliche dynamische Belastung für die kritische Seilzone. Hierdurch können im Laufe der Zeit Drahtbrüche am Birnenaustritt entstehen.

Bei jeder Biegung übt das Drahtseil in der trompetenförmigen Zone großen Druck auf das umgebende Vergußmetall aus. Im Laufe der Einsatzzeit entstehen hierdurch Risse im Metall (Bild 79), bis dieses schließlich infolge der Keilwirkung in Form von Bruchstücken herausgeschoben wird. Nach einer gewissen Zeit liegt dann das Drahtseil im Bereich der trompetenförmigen Aufweitung völlig frei und ungeschützt. In einer nach unten hängenden Seilbirne kann sich nun im nicht mehr mit Vergußmetall gefüllten Bereich Wasser ansammeln. Die freigelegte Seilzone war vor dem Vergießen angeätzt, nach dem Vergießen aber nicht konserviert worden, weil sie ja von Vergußmetall umschlossen war. Sie wird nun aufgrund von starker Korrosion und hoher mechanischer Beanspruchung sehr schnell versagen und muß deshalb besonders beobachtet werden. Bild 80 zeigt eine aufgeschnittene Schnabelrollenbirne mit einem typischen Versagensbild, Bild 81 ein weiteres Beispiel.

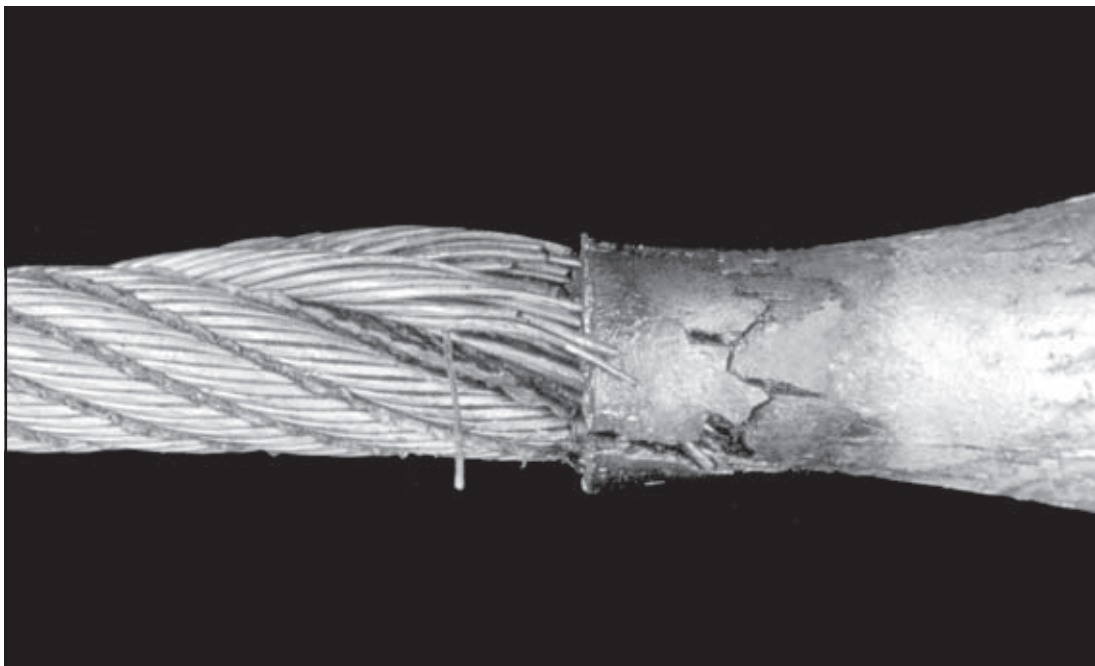


Bild 79: Risse im Vergußmetall am Birnenaustritt

Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, den trompetenförmigen Bereich durch Aufbohren der Seilbirne zumindest teilweise zu beseitigen.

Bei Verwendung von Kunststoffvergußmassen werden mit Schnabelrollenbirnen in der Regel deutlich bessere Ergebnisse erzielt als mit Metallvergüssen. Zum einen scheinen Kunststoffe die dynamischen Stöße besser abzufangen, zum anderen widerstehen sie offenbar den Beanspruchungen im Seilaustrittsbereich besser. Auch besteht bei Verwendung von Kunststoffvergußmassen nicht die Gefahr der Überhitzung der Birne beim Vergießen.

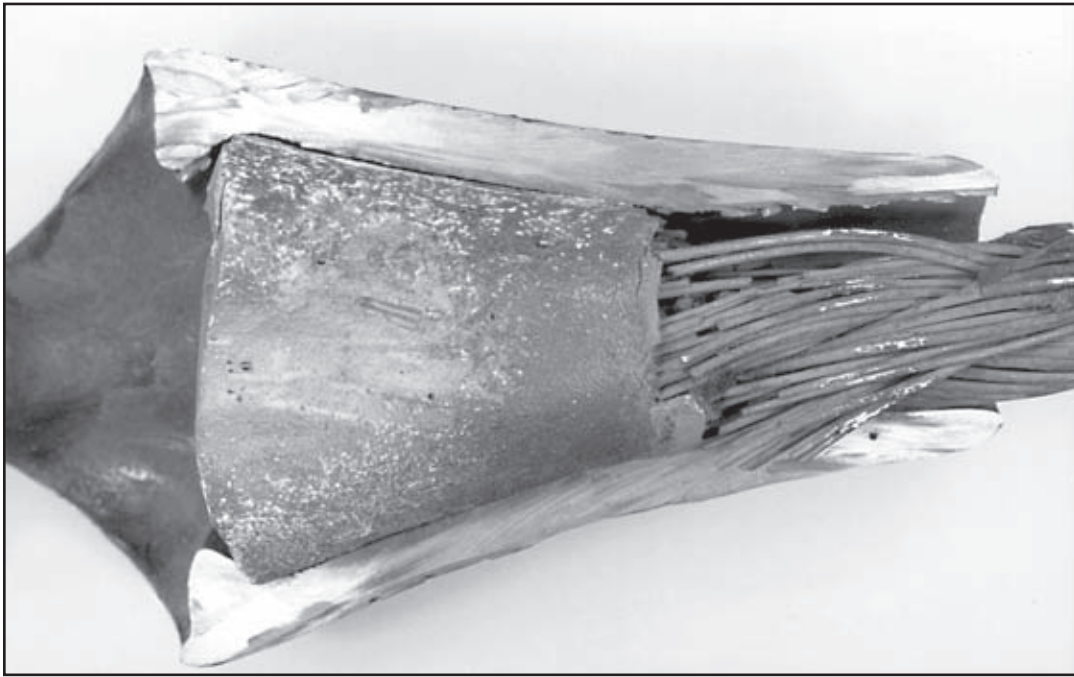


Bild 80: Korrosion und Drahtbrüche am Birnenaustritt

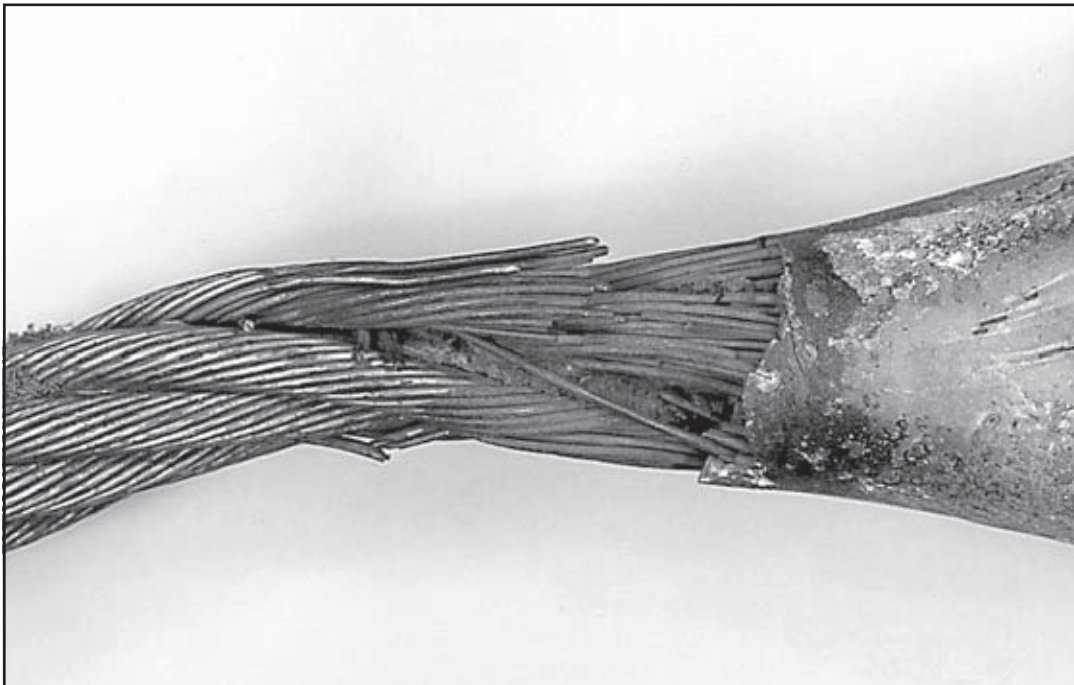


Bild 81: Korrosion und Drahtbrüche am Birnenaustritt

Nachteilig ist hingegen, daß der Kunststoffverguß nach Ablegen des Drahtseiles nicht so leicht aus der Birne entfernt werden kann. Während der Metallverguß lediglich wieder verflüssigt wird, muß der Kunststoff mechanisch aus der Birne entfernt werden.

11. Der Kunststoffseilverguß

Der Kunststoffseilverguß ist eine sehr zuverlässige und effiziente Seilendverbindung. Mit ihm werden im Zerreiversuch die höchsten Bruchkräfte erzielt, und auch sein Dauerschwingverhalten ist hervorragend. Ein besonderer Vorteil des Kunststoffvergusses gegenüber dem Metallverguß besteht darin, daß er auch auf der Baustelle ohne besondere Hilfsmittel ausgeführt werden kann. Zudem ist die fertige Endverbindung leichter als bei Verwendung von Vergumetallen.

Der Kunststoffseilverguß bietet sich für alle Anwendungen an, bei denen Abminderungen der Seilbruchkraft durch die Endverbindung in der Dimensionierung der Drahtseile berücksichtigt werden müssen sowie für Anwendungen, wo die Endverbindung „vor Ort“ angebracht werden muß. Als Vergußmaterial für Schnabelrollenbirnen hat der Kunststoff die Metalle fast vollständig verdrängt.

Das Langzeitverhalten der Kunststoffe ist für Einsatzzeiten von mehr als 10 Jahren noch nicht hinreichend untersucht. Daher ist der Kunststoffverguß als Endverbindung für Abspannseile nicht sehr verbreitet.

11.1 Bruchkraft, Schwingspielzahl und Einsatztemperaturen

Im quasistatischen Zerreiversuch übertragen Seilvergsse mit Kunststoff die volle Bruchkraft des verwendeten Drahtseiles. Im dynamischen Zugschwellversuch erreichen sie die höchsten Schwingspielzahlen aller Seilendverbindungen. Der Hersteller von Wirelock[®] empfiehlt Einsatztemperaturen unterhalb 115°C.

11.2 Normung

Drahtseilvergsse mit Kunststoffen sind nicht genormt.

11.3 Funktion

Das Drahtseil wird am Ende besenfrmig aufgefächert und in einer Seilhülse konusförmig vergossen. Mit zunehmender Belastung zieht sich der Kunststoffkonus tiefer in die Seilhülse hinein und erzeugt somit immer grössere Klemmkräfte. Die Kraftübertragung vom Drahtseil auf den Kunststoffkonus erfolgt durch Kraftschluß und Stoffschlu. Die Kraftübertragung zwischen dem Kunststoffkonus und der Seilhülse erfolgt durch Kraftschluß.

11.4 Montage/ Herstellung

Das Vergußmaterial besteht aus einem Kunststoff, in der Regel Polyester- oder Epoxidharz, einem Härter und einem Füllstoff. Der Härter dient der Vernetzung des Kunststoffes. Der Füllstoff nimmt während der Vernetzungsreaktion einen Teil der Reaktionswärme auf und verhindert somit eine Überhitzung des Kunststoffkegels und eine anschließende Rißbildung. Er

verringert zudem die Schwindung des Vergußkegels beim Erkalten und reduziert die Kosten der Vergußmasse. Als Vergußmaterial hat sich das Markenprodukt Wirelock® auf Polyesterbasis besonders bewährt.

Die Auswahl der Seilhülse, die Vorbereitung und Entfettung des Drahtseilbesens und das Aufhängen der Hülse erfolgen zunächst, wie unter Punkt 10.4.3 für den metallischen Seilverguß beschrieben. Eine Reinigung in einem Ultraschallbad wird empfohlen.

Vor dem Vergießen werden zunächst die benötigten Mengen Kunststoff und Härter bereitgestellt. Anschließend wird das Verfalldatum dieser Materialien überprüft. Einige Komponenten haben ein Verfalldatum von etwa 9 Monaten. Eine Verarbeitung nach Ablauf dieser Zeit ist sehr gefährlich: der Verguß könnte lediglich an der Oberfläche ausgehärtet sein und später im Einsatz unter höherer Belastung versagen.

Die benötigte Kunststoffmenge wird mit der entsprechenden Menge Härter zusammengeschüttet und über die vorgeschriebene Dauer, in der Regel 2 bis 5 Minuten, verrührt. Anschließend erfolgt der eigentliche Vergußvorgang.

Die Vergußmasse muß langsam und stetig in die Seilhülse eingegossen werden. Das Eingießen sollte mehrmals unterbrochen werden, um eventuell eingeschlossene Luftblasen entweichen zu lassen. Bei entsprechend gestaltetem Abschluß unterhalb der Seilhülse kann hier durch Austritt geringer Mengen des Kunststoffes in den Tälern zwischen den Außenlitzen des Drahtseiles festgestellt werden, daß das Vergußmaterial tatsächlich bis in den tiefsten Grund der Seilhülse geflossen ist.

Zuletzt erfolgt eine Kennzeichnung der Endverbindung durch Einschlagen von Schlagzahlen in das Vergußmaterial. In besonderen Fällen kann ein Metallstift oder ein Metallplättchen mit einer entsprechenden Information mit vergossen werden.

Nach dem Erstarren und Durchhärten des Kunststoffes nach etwa 30 Minuten wird der Abbund am Hülsenausstritt entfernt. Der Austritt des Drahtseiles aus der Seilhülse muß nun erneut sorgfältig konserviert werden. Dies kann durch Aufstreichen oder Eintauchen in ein geeignetes Rostschutz- oder Nachkonservierungsmittel erfolgen. Nach etwa 1 1/2 Stunden können Kunststoffvergüsse in der Regel mit Last beaufschlagt werden.

11.4.1 Kunststoffvergüsse mit Schnabelrollenbirnen

Bei Verwendung von Vergußmetallen in Schnabelrollenbirnen platzt immer wieder, wie unter Punkt 10.7 beschrieben, das Vergußmaterial am Birnenausstritt ab. Dies führt mit zunehmender Betriebszeit zu Drahtbrüchen und Korrosion in diesem Bereich. Bei Kunststoffvergüssen tritt dieses Phänomen aufgrund der höheren Elastizität des Kunststoffes nicht auf.

Auch besteht beim Vergießen mit Kunststoffen nicht die Gefahr der Überhitzung der Manganhartstahlbirnen, die hierdurch ihre Festigkeit verlieren würden. Aus diesen Gründen hat beim Einsatz von Schnabelrollenbirnen der Kunststoffverguß den Metallverguß fast vollständig verdrängt.

11.4.2 Die Wiederverwendung der Seilhülse

Bei einem erneuten Vergießen einer Seilhülse erweist es sich als nachteilig, daß sich der Kunststoffkegel nur mit großem Aufwand wieder aus der Hülse entfernen läßt. Während der Metallverguß wieder erhitzt werden kann, bis das Metall aus der Hülse geflossen ist, ist eine Plastifizierung des ausgehärteten Kunststoffes mittels Wärme nicht mehr möglich. Der Vergußkegel muß hier mechanisch entfernt werden. Einige Anwender von Kunststoffvergüssen haben hydraulische Vorrichtungen geschaffen, mit deren Hilfe sie den Kunststoffkegel aus der Hülse herausdrücken können (Bild 82).

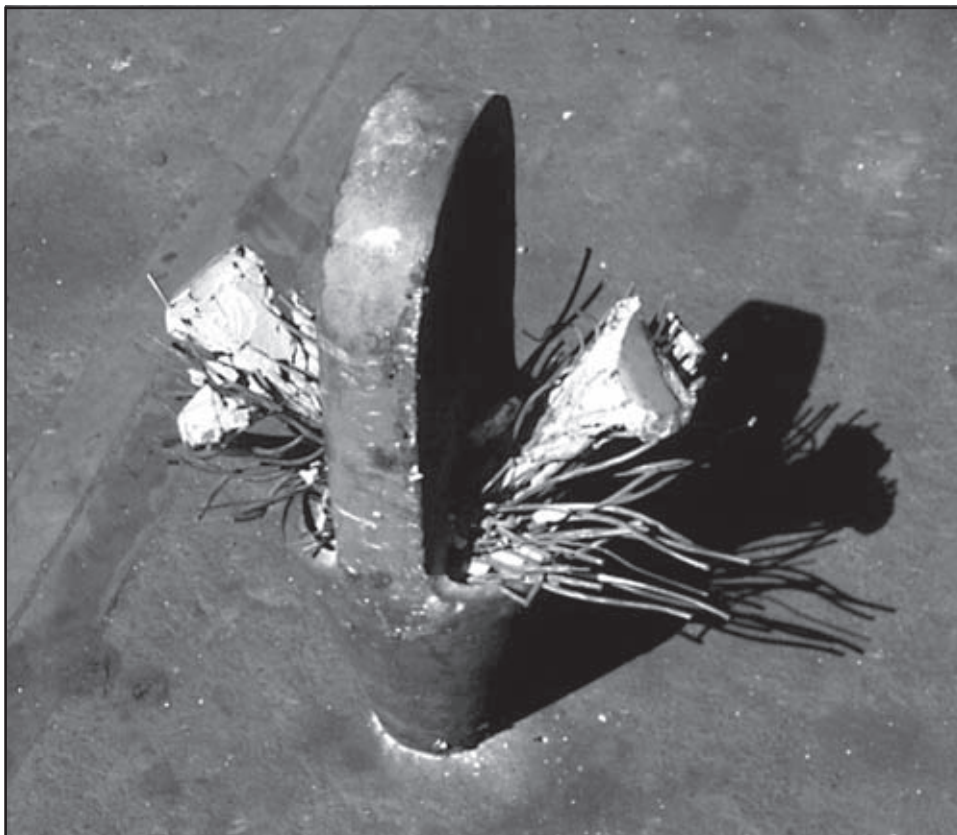


Bild 82: Mechanisch herausgedrückter Kunststoffverguß

11.5 Inspektion

Siehe Punkt 10.5

11.6 Sonderformen

Siehe Punkt 10.6

12. Ein Wort zu den Preisen

Natürlich spielt auch der Preis bei der Auswahl der Seilendverbindung eine große Rolle. So ist beispielsweise eine Aluminiumpreßverbindung eine preiswerte Endverbindung für kleine Seilennendurchmesser, ein Spleiß oder ein metallischer Seilverguß kann hier ein Vielfaches kosten.

Mit zunehmendem Seilennendurchmesser nehmen die prozentualen Preisunterschiede allerdings ab, und oberhalb eines bestimmten Seilennendurchmessers ist der metallische Verguß sogar die preiswerteste Lösung.

Die im folgenden gemachten Aussagen sollen im wesentlichen qualitativ verstanden werden. Die Zahlenwerte können sich abhängig von der gewählten Endverbindung, vom verwendeten Drahtseil, durch Marktpreisveränderungen und durch unterschiedliche Rabattstaffeln verändern.

12.1 Der Preis der Endverbindung für ein Hubseil

Die durchgezogene Kurve in Bild 83 zeigt das Verhältnis der Preise einer Aluminiumpreßverbindung mit Kausche nach DIN 3091 und eines metallischen Seilvergusses im Abhängigkeit vom Seilennendurchmesser. Wie man sieht, ist der Verguß für ein Seil vom Nenndurchmesser 12mm viermal so teuer wie die Verpressung. Mit zunehmendem Seilennendurchmesser nimmt der prozentuale Unterschied zwar ab, aber für ein Seil vom Nenndurchmesser 44mm ist der Verguß immer noch zweimal so teuer wie die Verpressung. Dies ist einer der Gründe, warum gerade beispielsweise bei Serienkränen die Aluminiumpreßverbindung dem metallischen Seilverguß vorgezogen wird.

12.2 Der Preis der Endverbindung für ein Abspannseil

Während bei laufenden Drahtseilen keine Unterschiede hinsichtlich der Tragkraft zwischen den verschiedenen zur Auswahl stehenden Endverbindungen gemacht werden, muß bei stehenden Seilen, also beispielsweise bei Abspannseilen von Kränen, der Bruchkraftverlust durch die Endverbindung in der Auslegung berücksichtigt werden.

Nach DIN 15018 darf bei einem metallischen Seilverguß oder einem Poller als Endbefestigung mit 100% der Seilbruchkraft gerechnet werden. Bei Preßklemmen dürfen nur 90%, bei Keilendklemmen und Spleißen sogar nur 80% der Seilbruchkraft in Ansatz gebracht werden.

Der Konstrukteur muß daher bei Verwendung von Aluminiumpreßverbindungen, Keilendklemmen oder Spleißen den Seildurchmesser vergrößern, um den Bruchkraftverlust durch die Endverbindung zu kompensieren. Durch die Vergrößerung des Seildurchmessers steigen aber auch die Größe, das Gewicht und der Preis der Seilendverbindung.

Die gestrichelte Kurve in Bild 83 zeigt das Verhältnis der Preise von Aluminiumpreßverbindungen zu metallischen Seilvergüssen unter Berücksichtigung der Größen- und Preiszunahme im Falle der Preßverbindung. Wie man sieht, ist der Preisunterschied nun nicht mehr so groß, die Alumini-

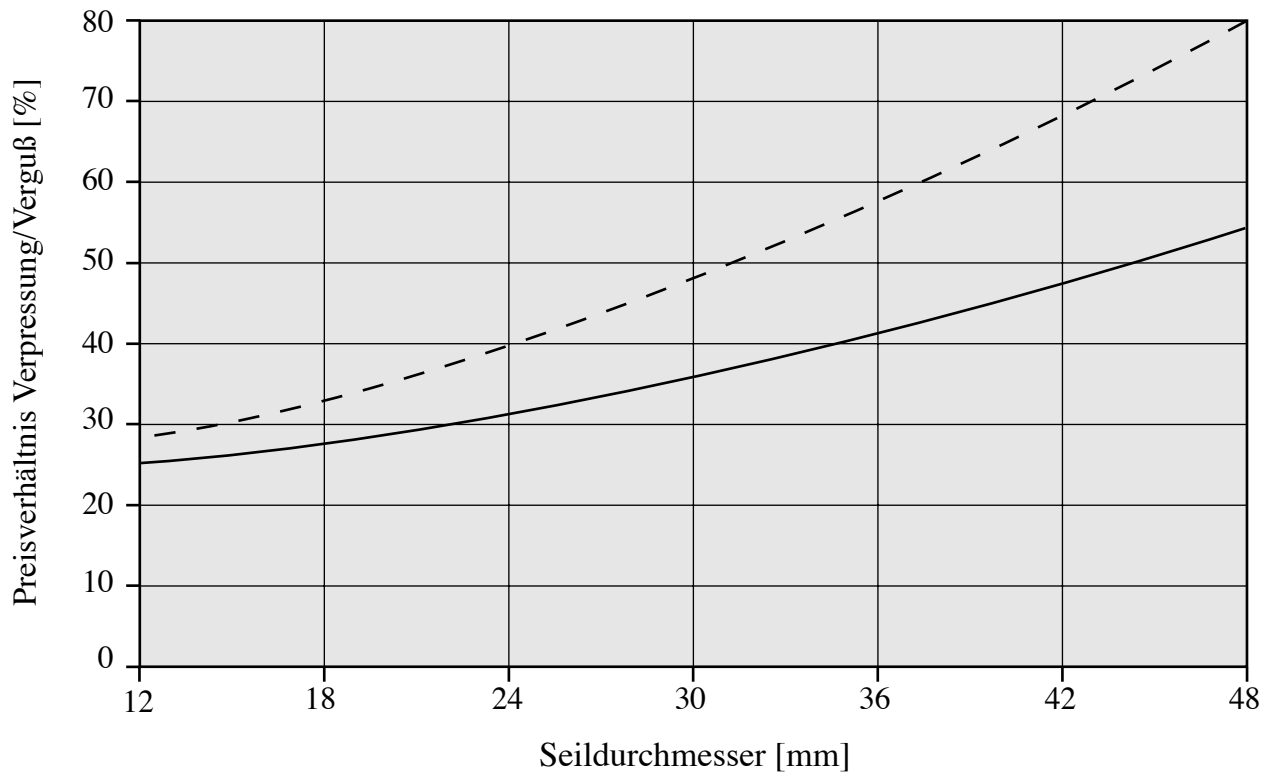


Bild 83: Preisverhältnis Aluminiumverpressung zu Verguß ohne und mit Berücksichtigung der Zunahme des Seilenddurchmessers

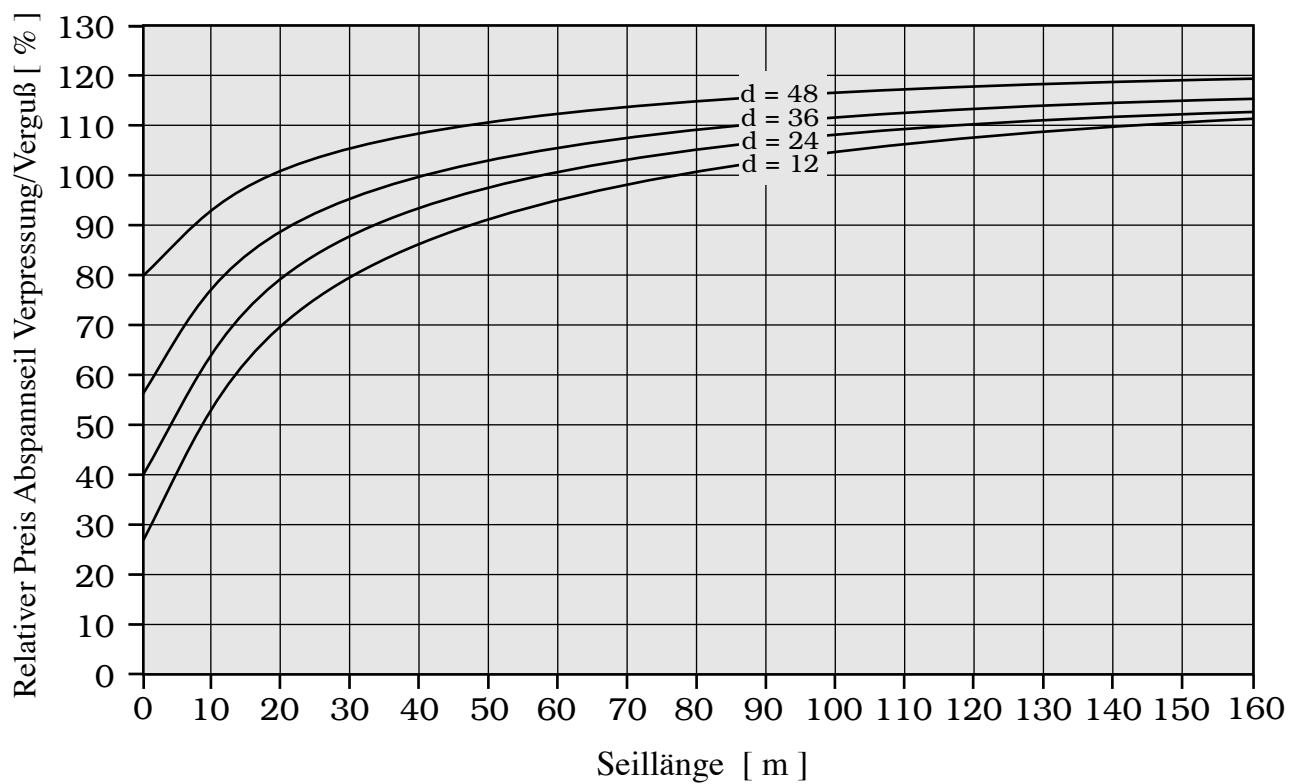


Bild 84: Preisverhältnis Aluminiumverpressung zu Verguß unter Berücksichtigung der Zunahme des Seilenddurchmessers und des Seilpreises

umpreßverbindung ist aber immer noch über das gesamte betrachtete Durchmesserpektrum die preiswertere Endverbindung.

Nun steigt aber bei Verwendung von Aluminiumpreßverbindungen, Keilendklemmen und Spleißen mit dem Seilennendurchmesser auch der Meterpreis des verwendeten Drahtseiles an. Dies bedeutet, daß oberhalb einer gewissen Länge des Abspannseiles der höhere Drahtseilpreis den Preisvorteil der Endverbindung überkompensieren wird.

Bild 84 zeigt das Verhältnis der Preise von Abspannseilen mit Aluminiumpreßverbindungen und metallischen Seilvergüssen in Abhängigkeit von der Seillänge. Ein 5m langes Abspannseil vom Nenndurchmesser 12mm mit Aluminiumpreßverbindung kostet beispielsweise nur 40% des Preises eines vergleichbaren Seiles mit metallischem Seilerguß. Bei einer Länge von 78m sind die beiden Abspannseile aber gleich teuer, und oberhalb 78m ist das Abspannseil mit metallischem Seilerguß preisgünstiger. Mit zunehmendem Seilennendurchmesser wird die Preisgleichheit bei immer kürzeren Seillängen erreicht. Für ein Seil vom Nenndurchmesser 48mm ist die Aluminiumpreßverbindung lediglich bis zu einer Seillänge von 19m die günstigere Lösung.

Trägt man die Seillänge, bei der die Abspannseile mit den beiden Endverbindungen im Preis gleich sind, über dem Seilennendurchmesser auf, ergibt sich interessanterweise ein linearer Zusammenhang (Bild 85).

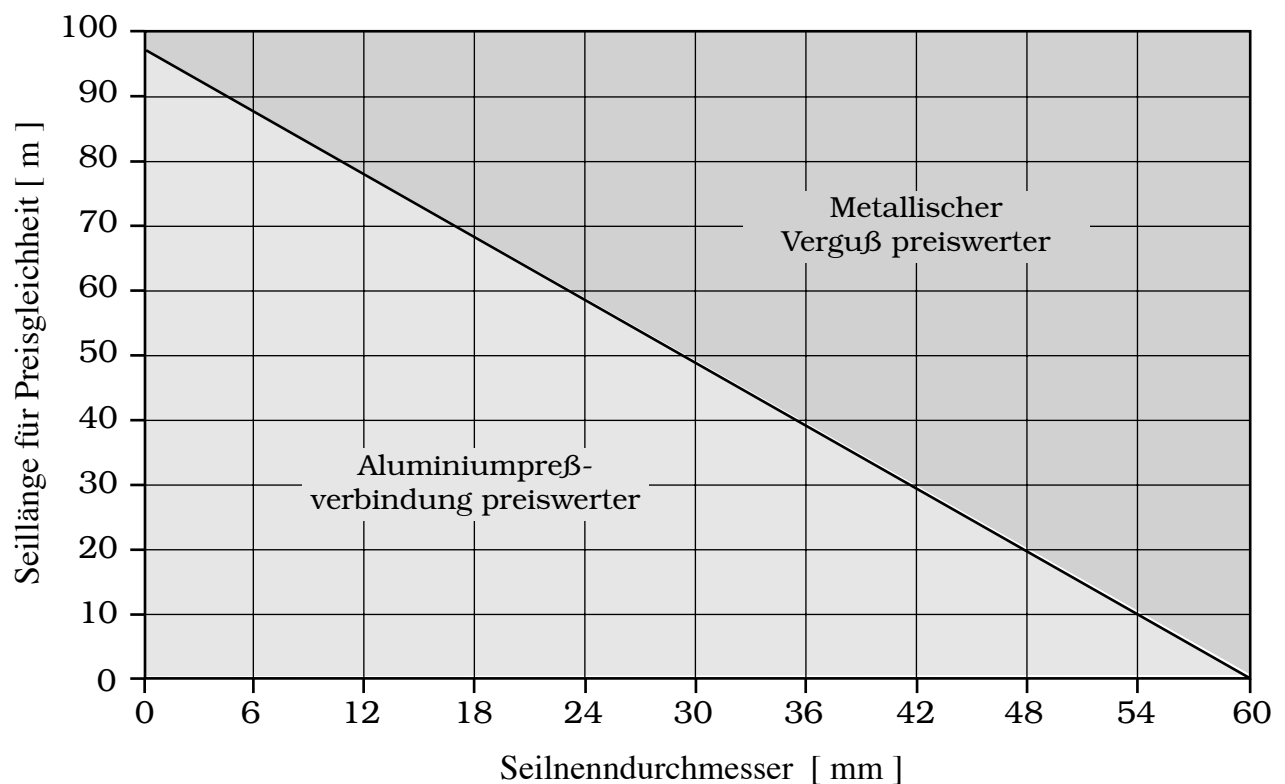
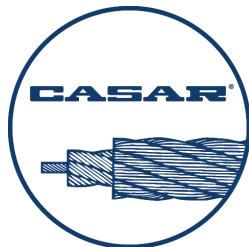


Bild 85: Seillänge für Preisgleichheit. Oberhalb der angegebenen Seillängen ist ein Abspannseil mit metallischem Verguß preiswerter als mit Aluminiumverpressung.



**Lloyd's
Register**



CASAR

CASAR DRAHTSEILWERK SAAR GMBH

Casarstrasse 1 • D-66459 Kirkel

Postfach 1187 • D-66454 Kirkel

Verkauf Inland:

Tel.: + 49-(0)6841 / 8091-320

Fax: + 49-(0)6841 / 8091-329

Verkauf Export:

Tel.: + 49-(0)6841 / 8091-350

Fax: + 49-(0)6841 / 8091-359

E-mail: sales.export@casar.de

<http://www.casar.de>