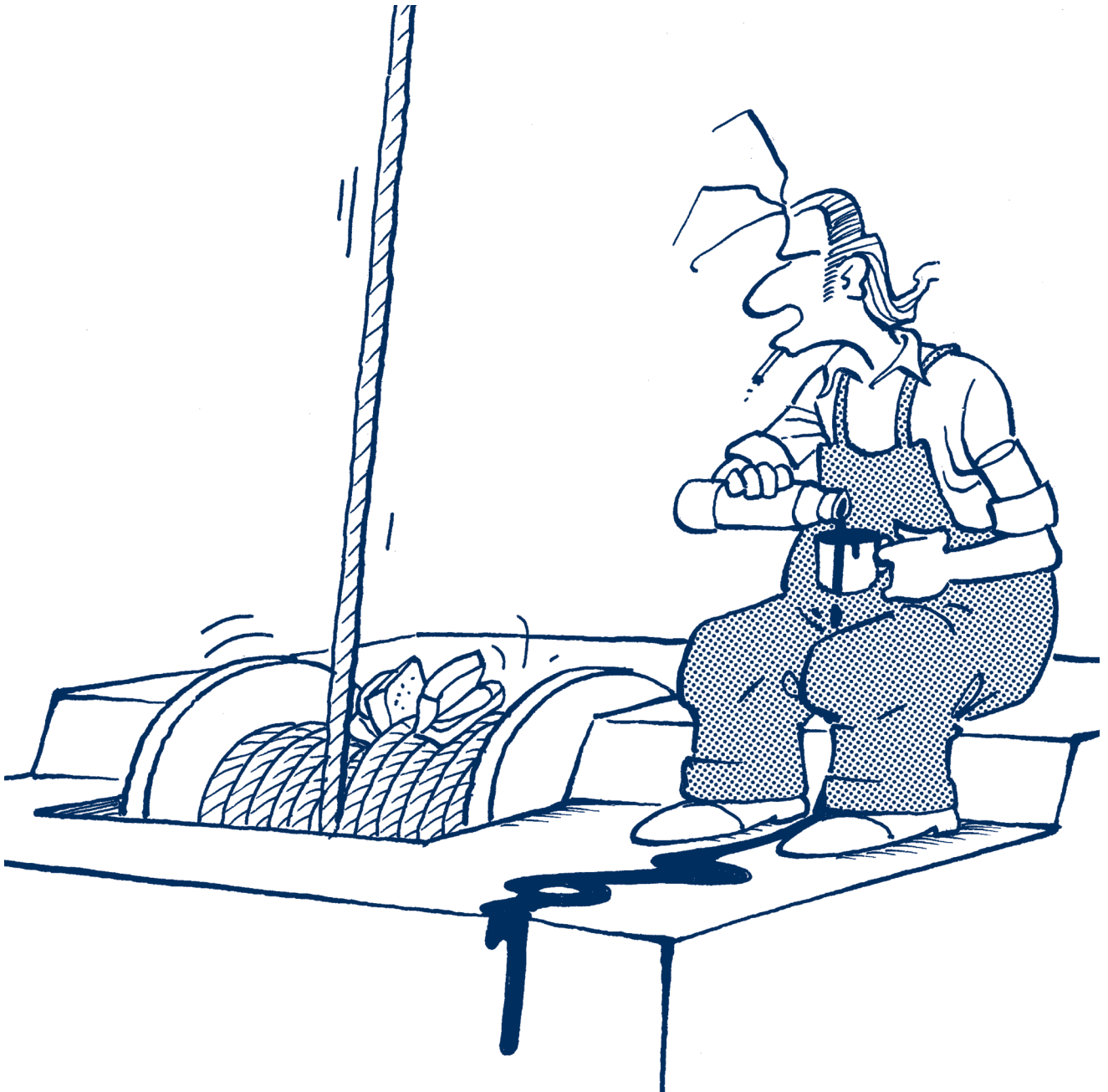


CASAR®

SPEZIALDRAHTSEILE



**Spezialseile für mehrlagig
bewickelte Seiltrommeln**

Spezialdrahtseile für mehrlagig bewickelte Seiltrommeln

von Dipl.- Ing. Roland Verreet

Inhaltsverzeichnis

| | |
|----|---|
| 2 | Seilzerstörung durch Ermüdung und mechanische Beschädigung |
| 2 | Der Mechanismus der Seilermüdung |
| 2 | Biegewechsel über Seilscheiben |
| 4 | Biegewechsel auf einlagigen, gerillten Trommeln |
| 4 | Biegewechsel auf mehrlagig bewickelten Seiltrommeln |
| 6 | Die Verteilung der Seilschädigung infolge von Ermüdung in Seiltrieben mit einlagig bewickelter Seiltrommel |
| 7 | Die Verteilung der Seilschädigung infolge von Ermüdung in Seiltrieben mit mehrlagig bewickelter Seiltrommel |
| 8 | Mehrlagenspulung auf helicoidal geschnittenen Seiltrommeln |
| 10 | Mehrlagige Bewicklung von <i>Lebus</i> -Seiltrommeln |
| 13 | Der Einfluß des D/d-Verhältnisses |
| 13 | Der Einfluß der Seilvorspannung |
| 16 | Der Einfluß der Seildurchmessertoleranz |
| 18 | Maßnahme 1: Versetzen der Überkreuzungszonen |
| 19 | Maßnahme 2: Spulhilfen |
| 19 | Seillösungen |
| 19 | Seillösung 1: Gleichschlagseile |
| 19 | Seillösung 2: Drahtseile mit dickeren Außendrähten |
| 21 | Seillösung 3: Seile mit verdichteten Außenlitzen |
| 21 | Seillösung 4: Gehämmerte Seile |
| 23 | Faktorentabelle, Ablegedrahtbruchzahlen |
| 24 | Seildaten Casar Starfit |
| 26 | Seildaten Casar Ultrafit |
| 28 | Seildaten Casar Parafit |
| 30 | Weitere Casar-Broschüren |

Der Autor: Dipl.-Ing. Roland Verreet • Ingenieurbüro für Fördertechnik Aachen • Grünenthaler Str. 40 a
D - 52072 Aachen • Tel. + 49 (0)241 / 173147 • Fax + 49 (0)241 / 12982 • e-mail: R.Verreet@t-online.de

© 2006 PR GmbH, Aachen • Erste Auflage September 2003 • Layout und Satz: PR GmbH, 52072 Aachen
Cartoons: Rolf Bunse, PR GmbH • Alexander Frings, danke für die Hilfe beim Setzen • Nachdruck, auch teilweise, nur mit schriftlicher Genehmigung des Autors • Casar und Lebus sind eingetragene Warenzeichen.

Spezialdrahtseile für mehrlagig bewickelte Seiltrommeln

von Dipl.-Ing. Roland Verreet

Seilzerstörung durch Ermüdung und mechanische Beschädigung

Das Drahtseil eines korrekt ausgelegten und instandgehaltenen Kranes sollte eine hinreichend große Lebensdauer haben und eines Tages aufgrund von Ermüdung (dem Drahtseiläquivalent von Altersschwäche) abgelegt werden.

Aber oft werden Drahtseile nicht sehr alt: Sie sterben einen vorzeitigen Tod als Folge von übermäßigem Abrieb oder starker Korrosion (den Drahtseiläquivalenten von Hautkrebs). Hier könnte eventuell eine regelmäßige Nachschmierung weiterhelfen.

Auch sterben Drahtseile oft einen frühzeitigen Tod als Folge von mechanischen Beschädigungen oder Strukturveränderungen (den Drahtseiläquivalenten einer Überrollung durch einen Omnibus). Eine Verbesserung der Krankonstruktion sowie der vorschriftsgemäße Einsatz des Drahtseiles und des Kranes werden helfen, auch diese Probleme zu vermeiden.

Wie sieht es nun aus mit der Seilzerstörung auf der Trommel? Wenn ein Seil beim Auf- und Abspulen von der Seiltrommel mechanische Beschädigungen erleidet, ist das dann Teil eines normalen Drahtseillebens? Viele Krankonstrukteure und Kranbetreiber glauben dies.

Aber sie irren sich: Wenn mechanische Beschädigungen auf der Seiltrommel auftreten, beschädigt sich das Drahtseil selbst. Mechanische Beschädigungen auf der Seiltrommel sind das Drahtseiläquivalent von Selbstmord. Dieses Papier erklärt die Mechanismen und zeigt auf, wie mechanische Beschädigungen auf der Seiltrommel vermieden werden können.

Der Mechanismus der Seilermüdung

Wenn ein Drahtseil einer großen Zahl von Biegewechseln unterworfen wird, bilden sich Risse auf der Oberfläche einzelner Seildrähte, insbesondere an den Kontaktstellen mit anderen Drähten oder mit der Oberfläche von Seilscheiben oder Seiltrommeln. Mit zunehmender Zahl der Biegewechsel wird der Riss wachsen und die Belastung des verbleibenden Drahtquerschnittes größer. Wenn der verbleibende Drahtquerschnitt nicht mehr in der Lage ist, seinen Anteil an der äußeren Last zu tragen, wird der Draht brechen. Ein typischer Ermüdungsbruch weist eine Bruchfläche senkrecht zur Drahtachse auf. Bild 1 zeigt 2 Drahtseile mit Ermüdungsdrahtbrüchen. Bild 2 zeigt die Bruchfläche eines Drahtes, der infolge von Ermüdung gerissen ist.

Biegewechsel über Seilscheiben

Ein Biegewechsel ist definiert als ein Wechsel vom geraden in den gebogenen und zurück in den geraden Zustand (Bild 3a) oder von einem gebogenen in den geraden und zurück in den gebogenen Zustand (Bild 3b). Jedes Mal, wenn ein Drahtseil über eine Seilscheibe läuft, wird es einem Biegewechsel unterworfen.



Bild 1: Drahtseile mit Ermüdungsdrahtbrüchen

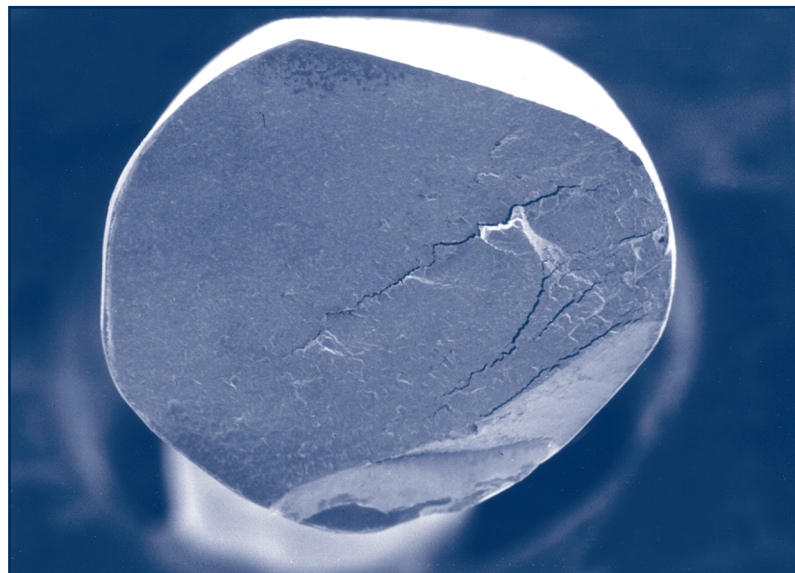


Bild 2: Bruchfläche eines infolge von Ermüdung gebrochenen Seildrahtes



Bild 3: Definition eines Biegewechsels

Während eines typischen Hubvorgangs werden nicht alle Seilzonen über die gleiche Zahl von Seilscheiben und auf die Trommel auflaufen. Deshalb wird das Drahtseil zuerst in den Zonen versagen, die über die größte Zahl von Seilscheiben laufen, d. h. in den Zonen, die der größten Zahl von Biegewechselsn unterworfen werden.

Biegewechsel auf einlagigen, gerillten Trommeln

Wenn eine Seilzone auf eine einlagige, gerillte Trommel auf und von dieser wieder abläuft, wird sie ebenfalls vom geraden in den gebogenen und wieder zurück in den geraden Zustand gebogen, d. h. sie wird gemäß der Definition einem Biegewechsel unterworfen.

Aber ist ein Biegewechsel auf einer Seiltrommel vergleichbar mit einem Biegewechsel auf einer Seilscheibe? Für eine gerillte einlagige Trommel ist die Antwort *Ja*. Versuche und praktische Erfahrungen haben gezeigt, dass ein Biegewechsel auf einer einlagigen, gerillten Trommel das gleiche Maß an Ermüdung erzeugt wie ein Biegewechsel über eine Seilscheibe, vorausgesetzt, die Zugkraft und die Durchmesser sind gleich. In beiden Fällen wird das Seil um eine glatte, gekrümmte Oberfläche der gleichen Geometrie gebogen. Wir können davon ausgehen, daß das Drahtseil "nicht weiß", ob es um eine Seilscheibe oder um eine Trommel gebogen wird.

Biegewechsel auf mehrlagig bewickelten Seiltrommeln

Wenn ein Drahtseil auf eine gerillte mehrlagig bewickelte Seiltrommel auf und von dieser wieder abläuft, wird es ebenfalls einem Wechsel vom geraden in den gebogenen und zurück in den geraden Zustand unterworfen, d. h. gemäß der Definition wird es ebenfalls einem Biegewechsel unterworfen. Aber hier sind die Bedingungen anders (Bild 4): Seilzonen, die auf die erste Lage der Seiltrommel gewickelt werden, werden zwar auch um eine glatte Trommeloberfläche gebogen, aber wenn die zweite Lage aufgewickelt wird, werden sie überwickelt, zusammengedrückt und auf ihrer Oberfläche von den Seilsträngen der zweiten Lage beschädigt werden.

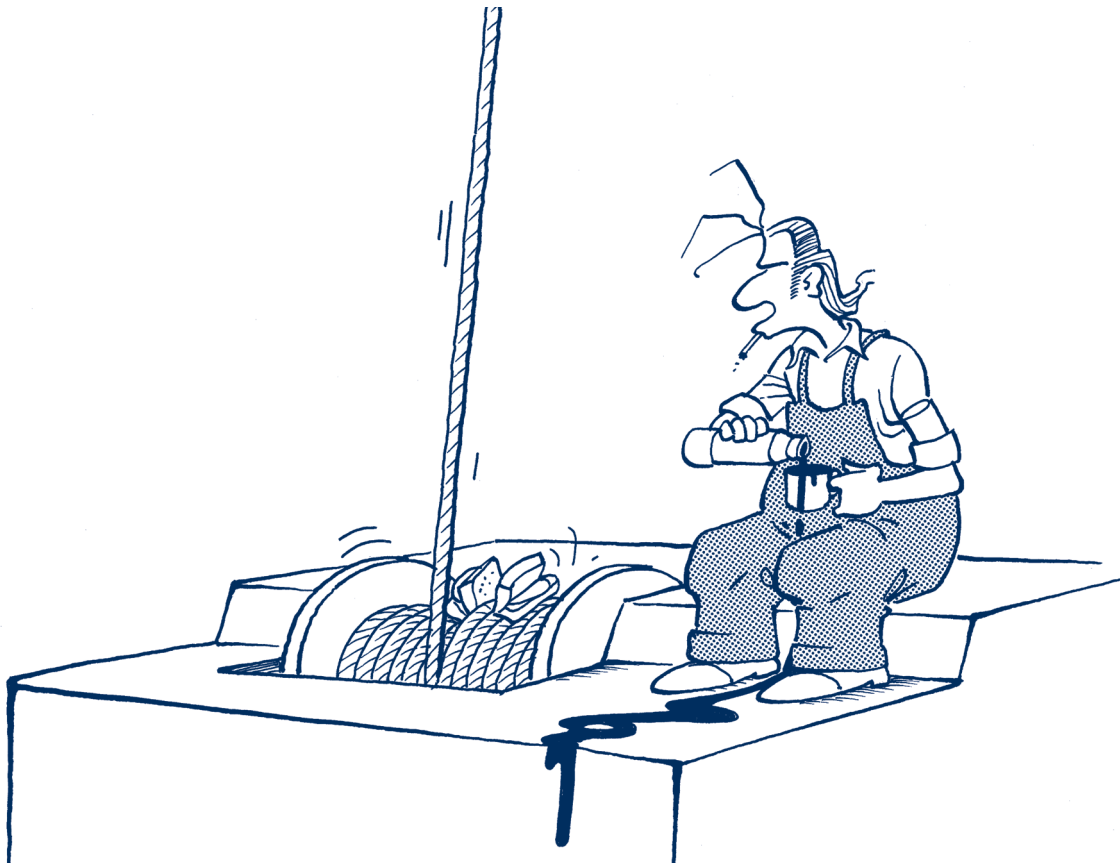


Bild 4: Mehrlagig bewickelte Seiltrommel

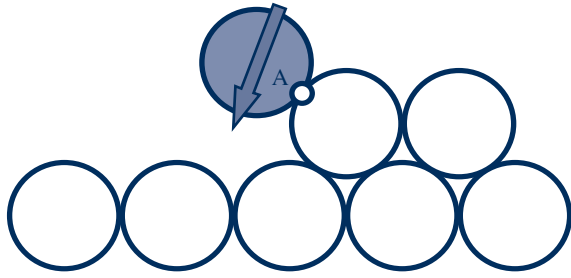


Bild 5: Erste Beschädigung

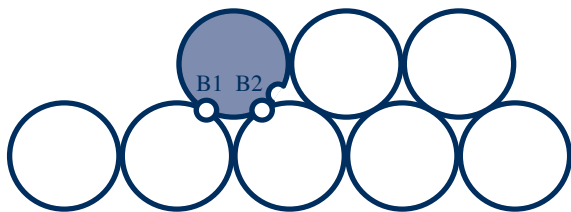


Bild 6: Zweite Beschädigung

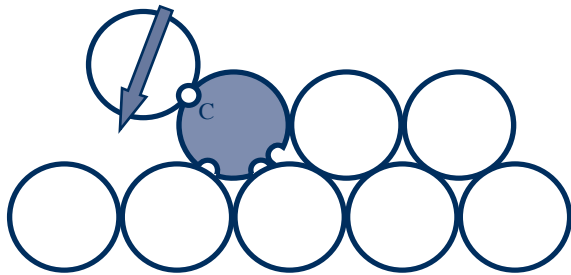


Bild 7: Dritte Beschädigung

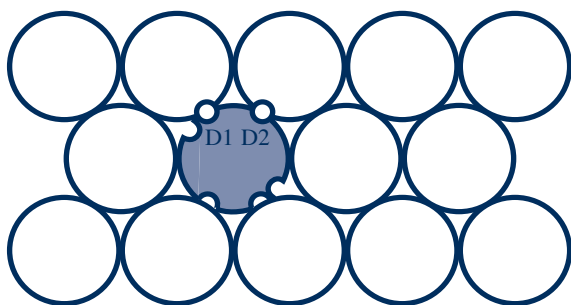


Bild 8: Vierte Beschädigung

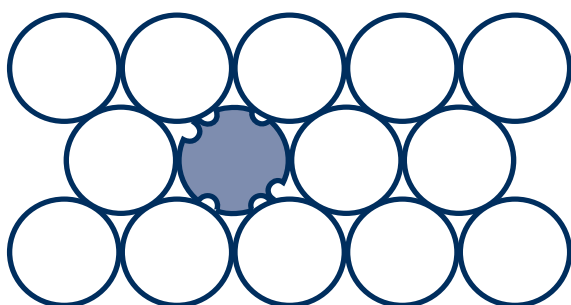


Bild 9: Endzustand

Seilzonen, die auf die zweite oder eine höhere Lage aufgewickelt werden, werden auf allen Seiten beschädigt: Zuerst werden sie in Zone A beschädigt, wenn sie beim Auflaufen auf die Trommel die Nachbarwindung berühren (Bild 5). Dann werden sie um eine sehr rauhe Oberfläche gebogen, die von der vorherigen Seillage gebildet wird. Dies führt zu Drahtbeschädigungen in den Zonen B1 und B2 (Bild 6).

Dann wird die nächste Windung auf die Trommel auflaufen und die Seilzone in Punkt C beschädigen. Das auflaufende Seil wird auch die bereits auf der Unterlage aufliegende Nachbarwindung verschieben und weitere Beschädigungen in den Punkten B1 und B2 erzeugen (Bild 7).

Die nächste Seillage wird anschließend das Seil in den Zonen D1 und D2 an den seitlichen Flanken beschädigen oder, wenn wir uns in einer Überkreuzungszone auf der Seiltrommel befinden, auf dem höchsten Punkt des Seiles (Bild 8).

Es ist offensichtlich, daß diese Mechanismen das Seil sehr viel stärker schädigen als ein Biegewechsel auf einer einlagig bewickelten Trommel (Bild 9). Aber um wieviel mehr? Um diese Frage zu klären, wurden in Deutschland 2 Mehrlagenversuchsstände gebaut, einer an der Universität Stuttgart und der andere im Hause Casar Drahtseilwerk Saar GmbH. Bild 10 zeigt den Mehrlagenprüfstand von Casar.

Zur Bewertung der Seilschädigung bei Mehrlagenspulung wollen wir einen Mehrlagenschädigungsfaktor einführen. Dieser ist definiert als die Zahl der Biegewechsel bis Ablegereife auf einer einlagig bewickelten Seiltrommel oder auf einer Seilscheibe bezogen auf die Zahl der Biegewechsel bis Ablegereife auf einer mehrlagig gewickelten Seiltrommel.

Erste Versuche, die in Stuttgart und bei Casar durchgeführt wurden, zeigen, dass (überraschenderweise?) der Mehrlagenschädigungsfaktor mit zunehmendem Sicherheitsbeiwert, d. h. mit abnehmender Seilzugkraft ansteigt.

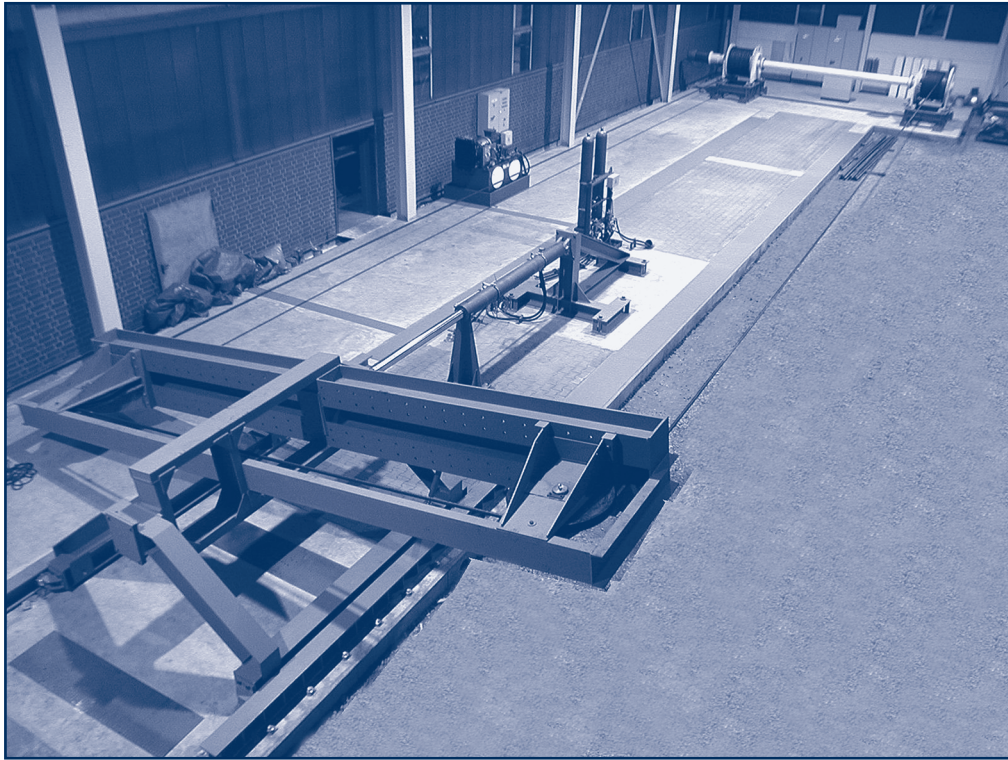


Bild 10: Mehrlagenprüfstand im Hause Casar. Im Hintergrund sind zwei mehrlagig bewickelte Seiltrommeln zu sehen. Das Seil spult von der einen Trommel über die Umlenkscheiben der 45t-Spannvorrichtung im Vordergrund auf die andere Trommel. Die Spannvorrichtung sorgt für den Seillängenausgleich und korrigiert den Auflaufwinkel bei Lagenwechsel. Durch Versatz der Umlenkscheiben kann der Ablenkwinkel auf den Seiltrommeln variiert werden.

Bild 11 zeigt den Mehrlagenschädigungsfaktor als eine Funktion des Seilsicherheitsbeiwertes. Auf der Basis der ersten Versuchsergebnisse kann der Mehrlagenschädigungsfaktor (oder „Selbstmordfaktor“) für ein D/d-Verhältnis von 25 durch folgende Gleichung angenähert werden:

$$\text{Mehrlagenschädigungsfaktor} = 2,85 + 0,65 \cdot \text{Seilsicherheitsbeiwert.}$$

Die Verteilung der Seilschädigung infolge von Ermüdung in Seiltrieben mit einlagig bewickelter Seiltrommel

Ohne eine genaue Kenntnis der Arbeitsbedingungen ist es nicht möglich, die Verteilung der Seilermüdung entlang der Seillänge selbst für einen einfachen Kran mit 4-facher Einsicherung und einer Seiltrommel vorherzusagen. Deshalb wollen wir annehmen, dass der Kran in tiefster Hakenstellung eine Last aufnimmt (Bild 12a), die Last in die höchste Position hebt (Bild 12b) und dann wieder in die Startposition abläßt. (Die Gegenbiegewechsel in Bild 12 dienen nur zu Illustrationszwecken).

Dieser Hubvorgang wird eine Ermüdungsverteilung erzeugen, wie sie in Bild 13 dargestellt ist. Die höchste Ermüdung tritt (entgegen einer häufig vertretenen Meinung) nicht im schnellsten Seilstrang auf (dem Seilstrang der zur Trommel geht), sondern am entgegengesetzten Ende: Sie akkumuliert auf den langsameren Seilsträngen, die in der Einsicherung verbleiben und niemals auf die Seiltrommel auflaufen.

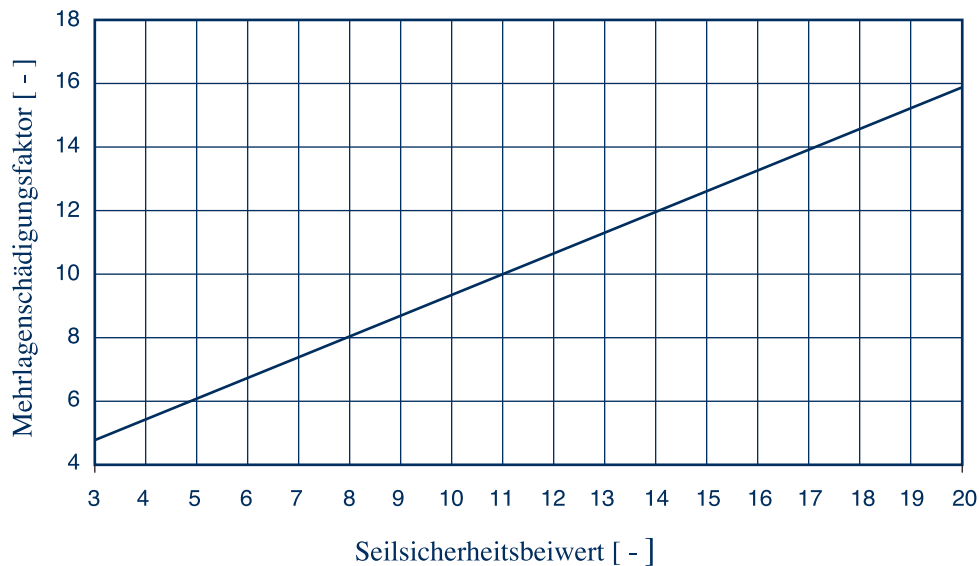


Bild 11: Mehrlagenschädigungsfaktor in Abhängigkeit vom Sicherheitsbeiwert

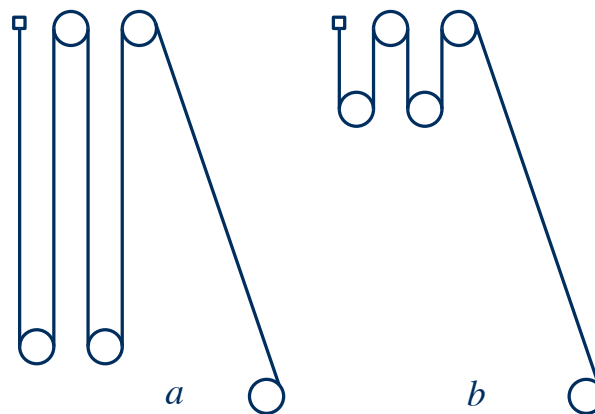


Bild 12: Seileinscherung, tiefste (a) und höchste (b) Hakenstellung

Wenn der gleiche Kran nach einer Zufallsfunktion variierende Lasten in immer andere Höhen hebt, kann die Ermüdungsverteilung natürlich vollständig anders aussehen. Die Zone der höchsten Ermüdung wird dann sehr schwierig zu lokalisieren sein, aber sie wird normalerweise ebenfalls nicht in einer Seilzone liegen, die auch auf die Seiltrommel aufläuft.

Die Verteilung der Seilschädigung infolge von Ermüdung in Seiltrieben mit mehrlagig bewickelter Seiltrommel

Wenn der obige Kran eine mehrlagig bewickelte Seiltrommel aufweist, wird jeder Biegewechsel auf der Seiltrommel 4 bis 40 mal so schädigend für das Drahseil sein wie ein Biegewechsel auf einer einlagig bewickelten Seiltrommel oder einer Seilscheibe. Wenn nun die Seilschädigungen, die durch die Biegewechsel erzeugt werden, aufaddiert werden, müssen die auf der mehrlagig bewickelten Seiltrommel erzeugten Biegewechsel mit dem Mehrlagenschädigungsfaktor multipliziert werden, und das wird die Schädigungsverteilung vollständig verändern.

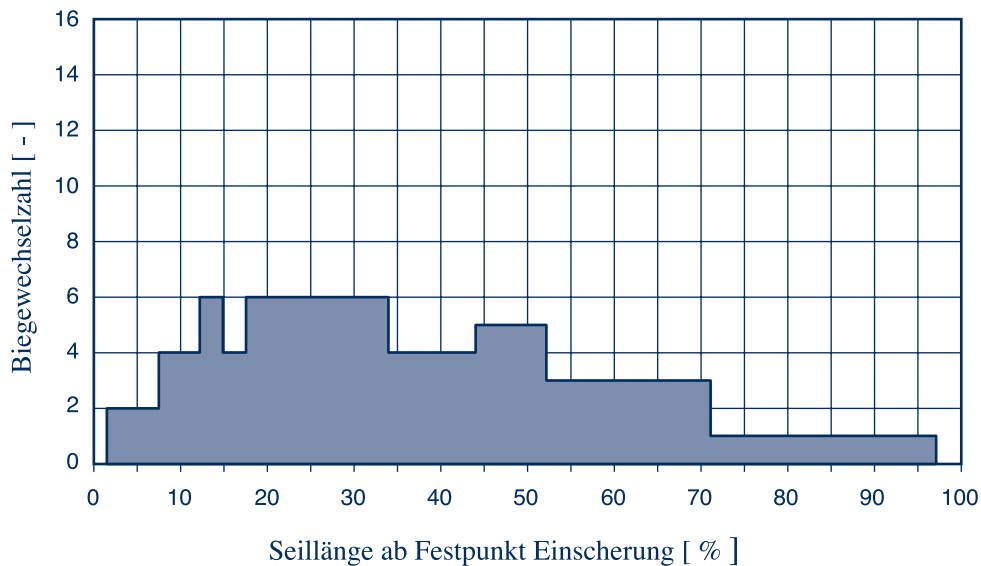


Bild 13: Schädigungsverteilung über der Seillänge (einlagig bewickelte Trommel)

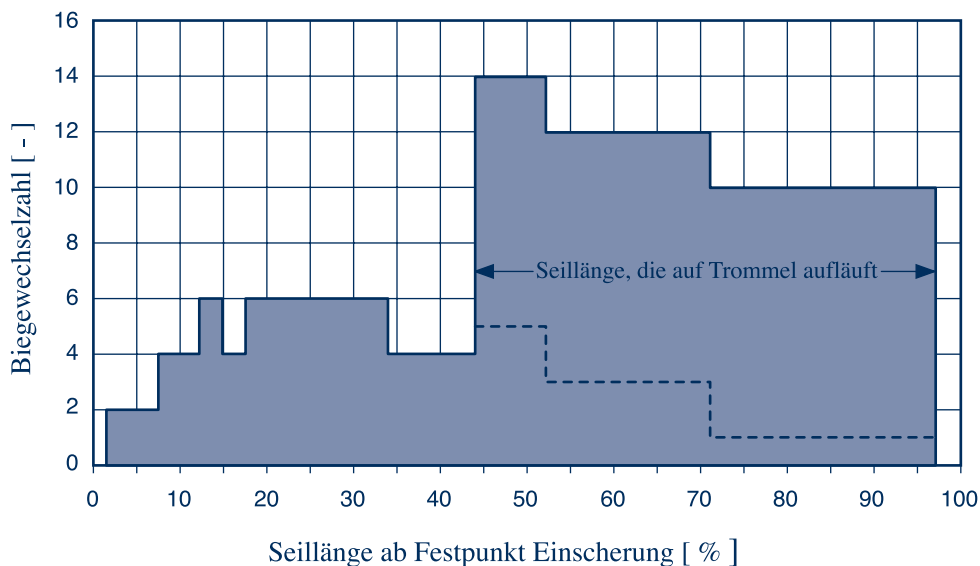


Bild 14: Schädigungsverteilung über der Seillänge (mehrlagig bewickelte Trommel)

Als Beispiel zeigt Bild 14 die Schädigungsverteilung für den oben gezeigten Kran für einen Mehrlagenschädigungsfaktor von 10. Wie wir sehen, liegt nun die Zone mit der größten Schädigung in dem Seilbereich, der die Einscherung verläßt und auf die Trommel aufläuft.

Mehrlagenspulgung auf helikoidal geschnittenen Seiltrommeln

Auf helikoidal geschnittenen Seiltrommeln spult das Seil in der ersten Lage vom einen Trommelflansch zum anderen in einer perfekten Schraubenlinie (Helix). Dann klettert das Seil in die zweite Lage und man erwartet, dass es wiederum in einer perfekten Helix in die entgegengesetzte Richtung spult (Bild 15).

Das Seil wird sich jedoch ganz anders verhalten (Bild 16): Nachdem es in einer perfekten Schraubenlinie von einem Flansch zum anderen gespult ist, wird das Seil in die zweite Lage klettern und über eine kurze Distanz vom Flansch wegspulen. Hierbei wird es eine Windung der ersten Lage überkreuzen und in das Tal zwischen zwei benachbarte Windungen hineinfallen. Bei weiterer Drehung der Trommel wird das Seil nun diesem durch zwei benachbarte Windungen der ersten Lage geformten Tal folgen. Leider läuft dieses Tal der ersten Lage jedoch in die falsche Richtung, und so wird das Seil wieder zurück zum Flansch spulen. Hier wird es gegen den Seilstrang der ersten Lage spulen, der in die zweite Lage aufsteigt, und von diesem zur Seite geworfen werden. So wird es eine weitere Wicklung überkreuzen, wiederum in ein Tal zwischen zwei benachbarte Windungen fallen und wiederum für nahezu einen halben Trommelumfang in die falsche Richtung spulen. Dieser Vorgang wird sich bei jeder Trommelumdrehung zweimal wiederholen.

Auf diese Weise wird sich das Drahtseil in einem Zickzack-Kurs um den Trommelkern herumbewegen: Während jeder Trommelumdrehung wird das Seil

- um einen Seildurchmesser zur Seite geworfen werden ($= -1d$),
- um einen halben Seildurchmesser in die falsche Richtung zur Seite spulen ($= + 1/2d$),
- um einen Seildurchmesser zur Seite geworfen werden ($= -1d$),
- um einen halben Seildurchmesser in die falsche Richtung zur Seite spulen ($= + 1/2d$).

Wenn wir den seitlichen Versatz während einer Umdrehung zusammenzählen, erhalten wir

$$- 1 d + 1/2 d - 1 d + 1/2 d = - 1 d !!!$$

Wie gewünscht spult also das Seil in der zweiten Lage bei jeder Trommelumdrehung um einen Seildurchmesser zur Seite. Aber könnte man das nicht einfacher gestalten?

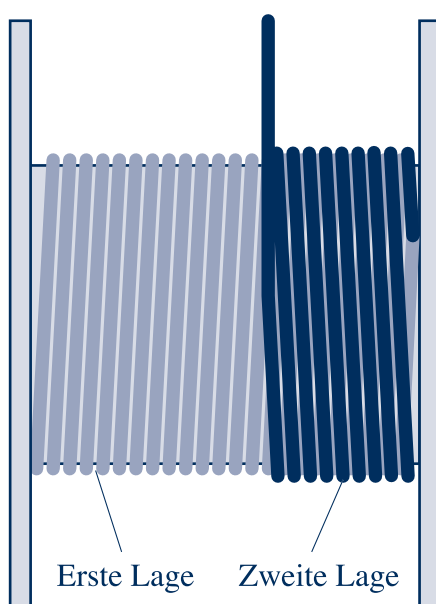


Bild 15: Helicoidale Trommel, theoretisches Spulverhalten

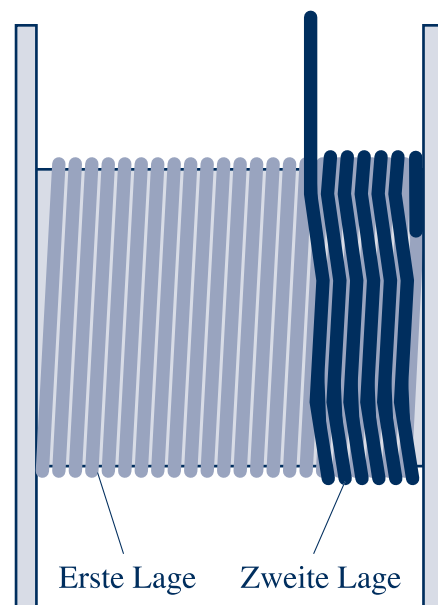


Bild 16: Helicoidale Trommel, wirkliches Spulverhalten

Mehrlagige Bewicklung von Lebus Seiltrommeln

Der Trommelspezialist Lebus hat das Spulverhalten von mehrlagig bewickelten Seiltrommeln dadurch verbessert, dass er die Schraubenlinie in der ersten Trommellage eliminiert hat. Auf Lebusstrommeln spult das Seil in der ersten Lage zunächst parallel zum Flansch und wird dann um einen halben Seildurchmesser zur Seite geführt (Bild 17). Anschließend spult es wieder parallel zum Flansch, um dann noch einmal (exakt auf der gegenüber liegenden Seite des ersten Versatzes) um einen halben Seildurchmesser zur Seite geführt zu werden.

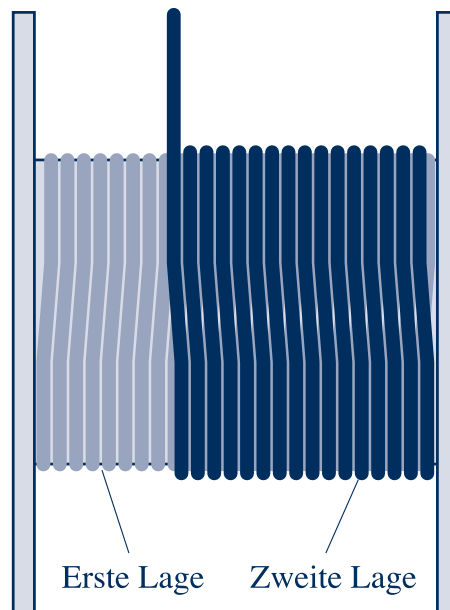


Bild 17: Lebus-Trommel

Während jeder Trommelumdrehung wird das Seil in der ersten Lage

- parallel zum Flansch spulen ($= \pm 0 d$),
- um einen halben Seildurchmesser zur Seite geführt werden ($= + 1/2 d$),
- parallel zum Flansch spulen ($= \pm 0 d$),
- um einen halben Seildurchmesser zur Seite geführt werden ($= + 1/2 d$).

Wenn wir den seitlichen Versatz während einer Umdrehung zusammenzählen, erhalten wir

$$\pm 0 d + 1/2 d \pm 0 d + 1/2 d = +1 d !!!$$

Während jeder Umdrehung der Trommel wird das Seil also um einen Seildurchmesser zur Seite bewegt! Der Vorteil der Lebusspulung zeigt sich jedoch erst in der zweiten und in den folgenden Lagen:

Nachdem das Seil in die zweite Lage geklettert ist, spult es zunächst parallel zum Flansch, bis es die letzte Windung in der ersten Lage genau an der Stelle überkreuzt, wo diese sich um einen halben Seildurchmesser seitlich in Richtung Flansch bewegt. Nachdem es diese Windung überkreuzt hat, wird das Seil auf der anderen Seite herunterfallen und hierbei um einen weiteren halben Seildurchmesser zur Seite versetzt werden. Dieser Vorgang wird sich bei jeder halben Trommelumdrehung noch einmal wiederholen.

Während jeder Trommelumdrehung wird das Seil in der zweiten Lage

- parallel zum Flansch spulen ($= \pm 0 d$),
- um einen halben Seildurchmesser zur Seite geworfen werden ($= - 1/2d$),
- parallel zum Flansch spulen ($= \pm 0 d$),
- um einen halben Seildurchmesser zur Seite geworfen werden ($= - 1/2d$).

Wenn wir den seitlichen Versatz während einer Umdrehung zusammenzählen, erhalten wir

$$\pm 0 d - 1/2 d \pm 0 d - 1/2 d = -1 d !!!$$

Während jeder Umdrehung der Seiltrommel wird das Seil also in der zweiten Lage um einen Seildurchmesser zurückspulen. Aber was ist der Unterschied zur helicoidal geschnittenen Seiltrommel? Dort wird das Seil doch auch bei jeder Trommelumdrehung zweimal zur Seite geworfen!



Bild 18: Lebus-Trommel. Das Seil spult im Parallelbereich

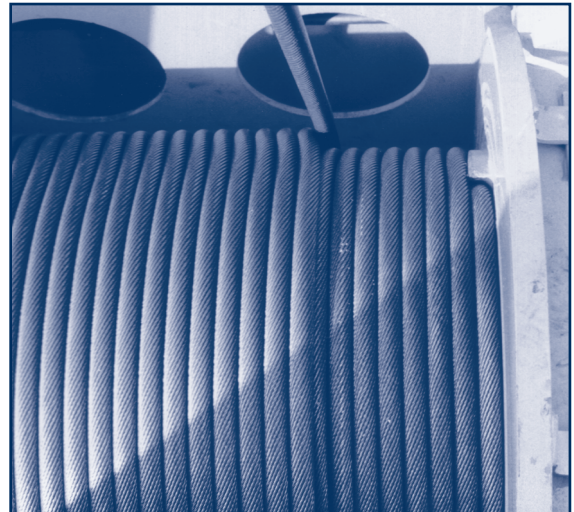


Bild 19: Lebus-Trommel. Das Seil spult im Überkreuzungsbereich

Schauen Sie sich die Zahlen noch einmal an: Auf der helicoidal geschnittenen Seiltrommel wird das Seil bei jedem Vorgang um einen *ganzen* Seildurchmesser zur Seite geworfen. Bei der Lebusstrommel wird es lediglich um einen *halben* Seildurchmesser zur Seite geworfen, die darunter liegende Lage sorgt für den Versatz um den zweiten halben Seildurchmesser.

Die Zonen, bei denen das Seil zur Seite geworfen wird, nennt man die Überkreuzungszonen, weil hier der auflaufende oder ablaufende Seilstrang das stabile Bett zwischen zwei Seilsträngen der darunter liegenden Lage verläßt und einen dieser beiden Seilstränge überkreuzt. Bild 18 zeigt ein Drahtseil, welches in der Parallelzone einer Lebusstrommel abspult. Bild 19 zeigt das gleiche Seil beim Eintritt in die Überkreuzungszone.

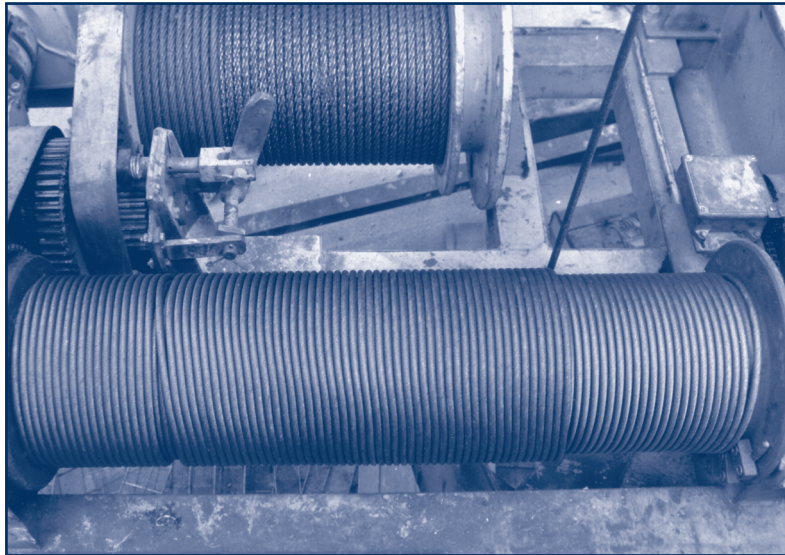


Bild 20: Die schlechteste Lösung: Kleiner Trommeldurchmesser, große Breite

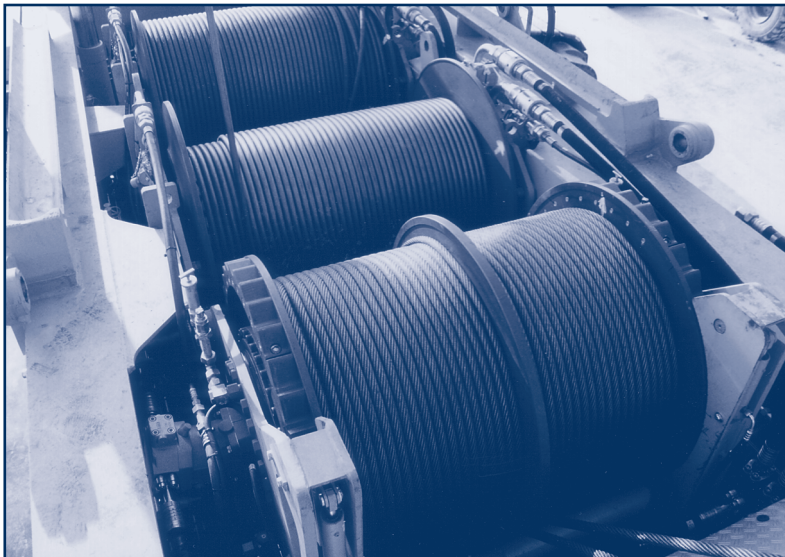


Bild 21: Moderne Krane arbeiten mit D/d -Verhältnissen zwischen 20 und 30.



Bild 22: Im Bergbau sind D/d -Verhältnisse über 100 üblich.

Der Einfluß des D/d-Verhältnisses

Der Einfluß des D/d-Verhältnisses (d. h. des Verhältnisses vom Trommeldurchmesser zum Seildurchmesser) auf die Seilbeschädigung bei Mehrlagenbewicklung ist noch nicht im Labor getestet worden. Praktische Erfahrungen deuten jedoch darauf hin, daß die Seilbeschädigung mit abnehmendem D/d-Verhältnis deutlich zunimmt.

Wegen der Biegesteifigkeit von Drahtseilen sollen D/d-Verhältnisse unter 20 vermieden werden, besonders, wenn das Seil mit geringer Zugkraft in den unteren Trommellagen spulen kann.

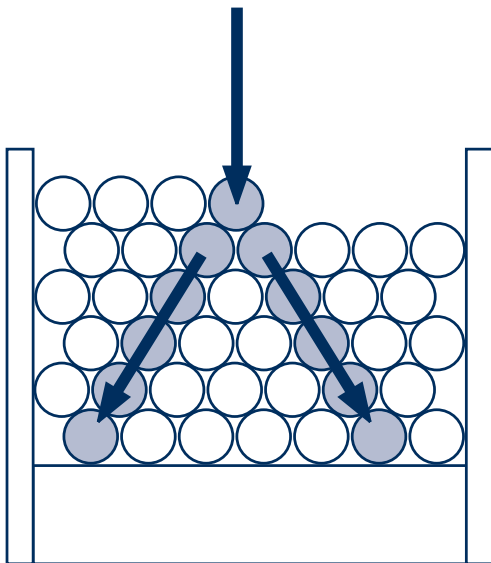


Bild 23: Kraftpyramide auf einer ungerillten Trommel

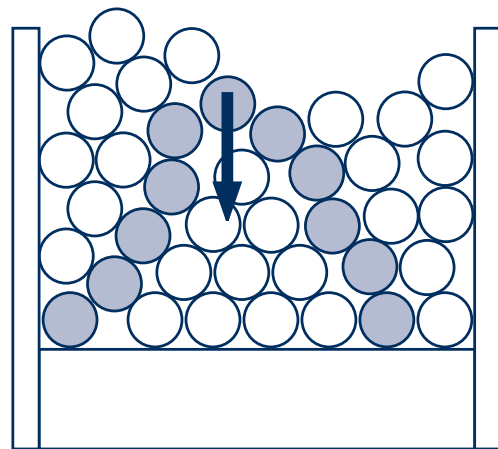


Bild 24: Die Pyramide kollabiert und das auflaufende Seil schneidet ein

Bild 20 zeigt eine zweilagig bewickelte Seiltrommel mit einem kleinen D/d-Verhältnis. Die Trommel ist sehr breit und erzeugt somit große Ablenkwinkel, die das Seil verdrehen. Als Folge der Seilverdrehung springt das Seil auf der Seiltrommel.

Bild 21 zeigt einen modernen Kran mit mehrlagig bewickelten Seiltrommeln, das D/d-Verhältnis in der ersten Lage ist ungefähr 20.

Bild 22 zeigt den Autor vor einem Double Drum Winder eines Bergwerks in Südafrika. Die D/d-Verhältnisse von über 100 reduzieren das Maß der Seilbeschädigung durch die Mehrlagenwicklung und erlauben deutlich höhere Seilgeschwindigkeiten.

Der Einfluß der Seilvorspannung

Wenn die Seilwindungen der unteren Lagen der Seiltrommel unter geringer Vorspannung aufgetrommelt wurden, können sie durch einen mit hoher Zugkraft auflaufenden Seilstrang zur Seite verschoben werden. Dies erlaubt dem auflaufenden Seilstrang, sich zwischen zwei benachbarte Seilwindungen einzuziehen. Ein solcher Vorgang führt zu starker Seilzerstörung.

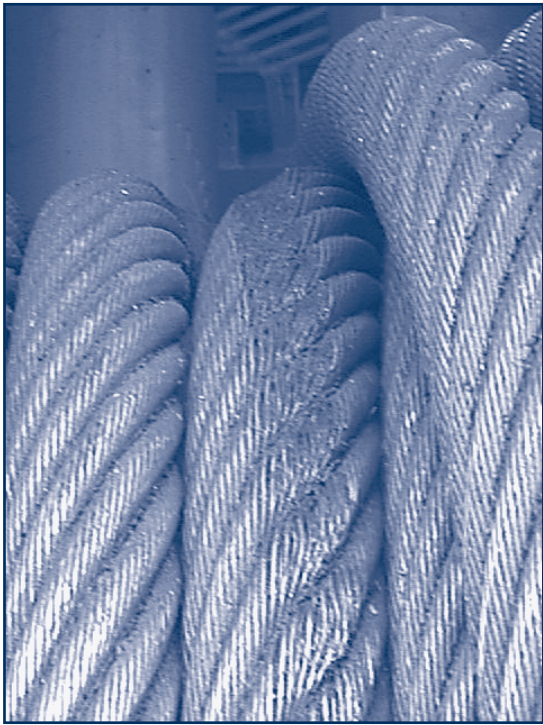


Bild 25: Eine starke Relativbewegung hat das Seil beim ersten Hub zerstört



Bild 26: Die Folgen des "Einschneidens"



Bild 27: Eingeschnittenes Drahtseil

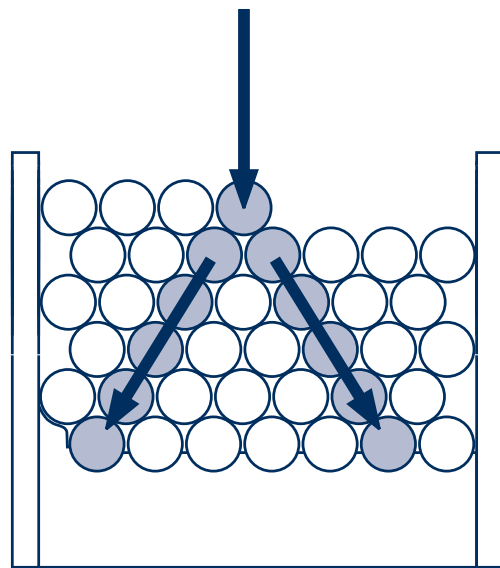


Bild 28: Korrekte Trommelgestaltung

Die Gefahr des Einziehens von Seilsträngen in tiefere Trommellagen ist insbesondere bei ungerillten mehrlagig bewickelten Seiltrommeln gegeben. Bild 23 zeigt die Kraftpyramide einer ungerillten Seiltrommel. Wenn die unteren Lagen nicht hinreichend vorgespannt sind, wird das auflaufende Seil zunächst in Umfangsrichtung auf der Seiltrommel rutschen und versuchen, die benachbarten Seilwindungen stramm zu ziehen. Gleichzeitig zieht sich das Seil hierbei in die tieferen Lagen ein (Bild 24).

Bilder 25 und 26 zeigen Seilbeschädigungen tieferer, nicht vorgespannter Seillagen durch ein mit hoher Zugspannung auflaufendes Drahtseil. Die Photos zeigen den Seilzustand nach jeweils nur einem einzigen Hubvorgang!

Nicht immer bemerkt der Kranführer, dass sich sein auflaufender Seilstrang in die tieferen Lagen eingegraben hat. So kann er z. B. beim weiteren Anheben der Last das Problem mit zwei weiteren Seillagen bedecken, den Kran schwenken und schließlich die Last wieder absenken. Nachdem er die zwei obersten Seillagen abgewickelt hat, kommt der Zeitpunkt, wo das eingeschnittene Seil von der Trommel abwickeln müsste. Dieses Seilstück ist aber durch die benachbarten Seilwindungen festgeklemmt und verhält sich wie ein neuer Festpunkt. Das Seil wird deshalb nicht von der Trommel abspulen.

Wenn nun die Trommel weiter dreht, wird die Abwärtsbewegung der Last schlagartig in eine Aufwärtsbewegung umgekehrt. Dies führt zu einer dynamischen Belastung, die das Drahtseil stark beschädigen und im schlimmsten Fall sogar zerreißen kann. Bild 27 zeigt ein eingezogenes und festgeklemmtes Drahtseil.

Bild 28 zeigt eine korrekte Lastpyramide: Die Trommel ist mit einer Rillung versehen, die das Seil in der ersten Lage führt und seitlich stabilisiert. Die Hohlräume an den Flanschen sind mit einem Auflaufkeil gefüllt, der dem Seil das Klettern in die zweite Lage erleichtert. Die unteren Seillagen sind mit Vorspannung aufgewickelt worden.

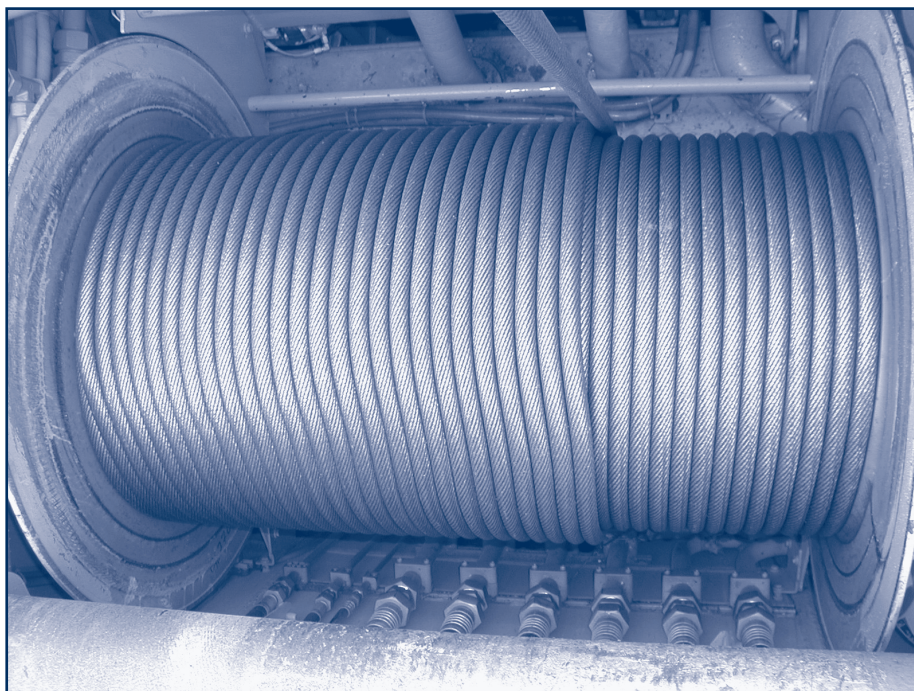


Bild 29: Passender Seildurchmesser: Die Überkreuzungszone ist parallel zur Trommelachse.

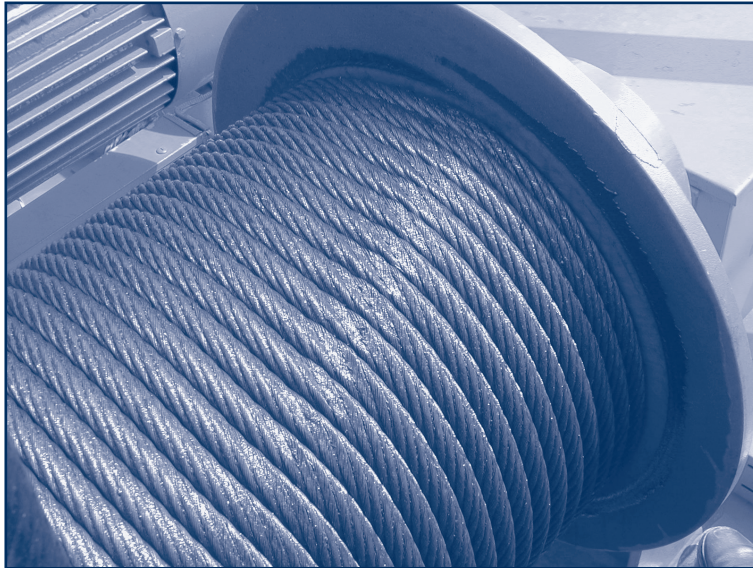


Bild 30: Zu kleiner Seildurchmesser: Die Überkreuzungszone ist zur Trommelachse geneigt und erzeugt große Seilbeschädigung

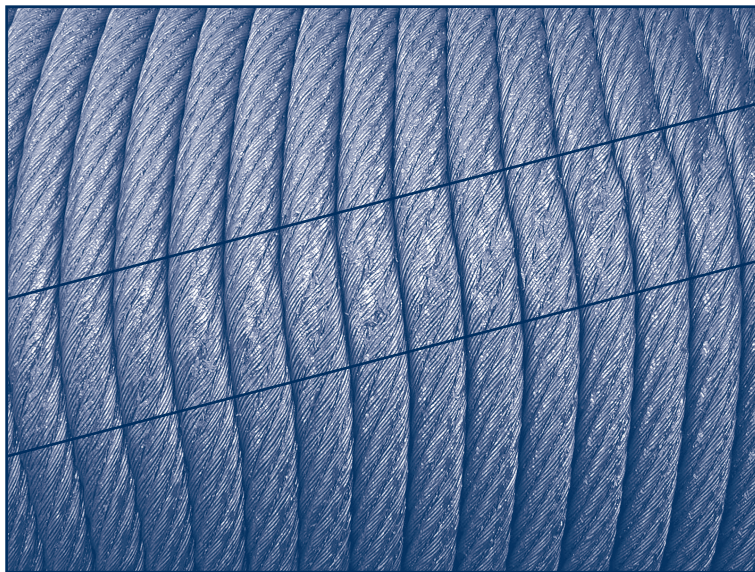


Bild 31: Seilbeschädigung durch mangelnde Unterstützung (die Überkreuzungszone ist nicht parallel zur Trommelachse)

Der Einfluß der Seildurchmessertoleranz

In der ersten Trommellage und in den “parallelen Zonen“ der folgenden Lagen wird das Seil durch die Rillung oder die parallelen Seilzonen unabhängig von seiner Durchmesser-toleranz geführt. In den Überkreuzungszonen wird es jedoch nur durch eine Nachbarwindung geführt. Wenn der Seildurchmesser an die Trommelsteigung angepaßt ist, wird die Seilüberkreuzung in einem schmalen Band parallel zur Trommelachse stattfinden (Bild 29).

Wenn jedoch der Seildurchmesser zu klein ist, wird die zweite Windung ein klein bißchen weiter spulen als geplant, bevor sie durch die erste Windung zur Seite geworfen wird. Die dritte Windung wird ebenso ein klein wenig weiter spulen als geplant, bevor sie von der zweiten zur Seite geworfen wird etc.. Dieser Vorgang führt zu einer geneigten Überkreuzungszone (Bild 30 und 31). Die nächste Trommellage wird sich nun nicht an den Überkreuzungsstellen der darunter liegenden Lage orientieren. Als Folge werden Seilverschiebungen, starke Seilbeschädigungen und Spulprobleme auftreten.

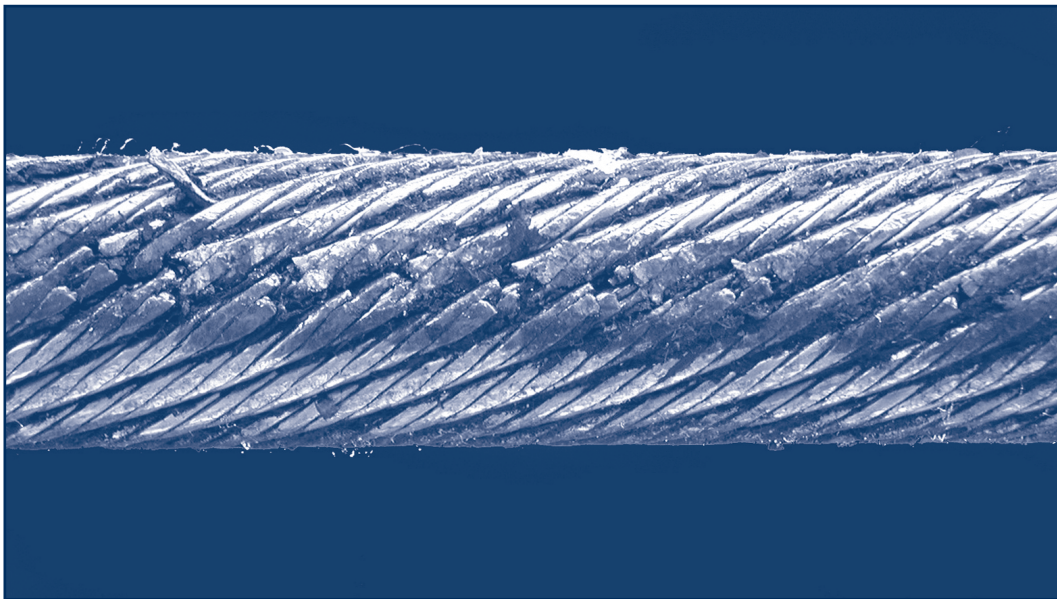


Bild 32: Typische Seilbeschädigung in der Überkreuzungszone

Wenn jedoch der Seildurchmesser zu groß für die Trommelsteigung ist, wird die zweite Windung durch die erste Windung ein wenig früher als geplant zur Seite geworfen. Die dritte Windung wird ebenso ein wenig früher als geplant zur Seite geworfen etc.. Dieser Vorgang führt zu einer in die entgegengesetzte Richtung geneigten Überkreuzungszone.

Die normale Bandbreite der Seildurchmesser-Toleranz beträgt 5%. Die internationale Norm ISO erlaubt Seildurchmessertoleranzen von Nominaldurchmesser -1% bis Nominaldurchmesser +4%. Die deutsche DIN- Norm erlaubt Seildurchmesser-Toleranzen von Nominaldurchmesser +0% bis Nominaldurchmesser +5%. Damit ein Drahtseil auf einer mehrlagig bewickelten Seiltrommel noch ordnungsgemäß spult, muß dieser Toleranzbereich von 5% auf etwa 2% reduziert werden.

Lebus benutzt üblicherweise Seiltrommeln mit einer Steigung von

$$\text{Trommelsteigung} = 1,04 \div 1,05 \cdot \text{Nominalseildurchmesser.}$$

Die Seildurchmessertoleranz ist hier limitiert auf 2% (Nominalseildurchmesser +2% bis Nominalseildurchmesser +4%).

Maßnahme 1: Versetzen der Überkreuzungszonen

Wie oben gezeigt wurde, wird das Seil selbst bei korrektem Seildurchmesser und selbst bei Verwendung hochwertiger Spulsysteme bei jeder Trommelumdrehung zweimal um einen halben Seildurchmesser zur Seite geworfen. Dies führt unweigerlich zu Seilbeschädigungen.

Die schlechte Nachricht ist, dass diese Beschädigung sehr stark auf den Überkreuzungsbereich konzentriert ist. Bild 32 zeigt eine typische Seilzone aus dem Überkreuzungsbereich (Zone A von Bild 5 eines Seiles, welches auf dem Casar Mehrlagenprüfstand getestet wurde).

Die gute Nachricht ist jedoch, daß sich diese Seilbeschädigung periodisch wiederholt: Wir haben immer eine kurze beschädigte Zone, der eine lange unbeschädigte Zone folgt, der dann wiederum eine kurze beschädigte Zone folgt etc.. Dieser Umstand ermöglicht es uns, die Seilbeschädigung durch Kürzen des Seiles um etwa 1/3 des Trommelumfangs (= ca. 1 Trommeldurchmesser) in eine andere, bisher nicht beschädigte Zone zu verlagern, bevor der Ablegereifezustand unseres Drahtseiles erreicht ist (Bild 33).

Diese Maßnahme wird alle beschädigten Seilzonen aus der Schädigungszone der Überkreuzungsbereiche heraus verlagern in komfortable Positionen in den Parallelbereichen.

Gleichzeitig werden bisher unbeschädigte Seilzonen in die Überkreuzungsbereiche hinein verschoben. Derartige Maßnahmen können zweimal wiederholt werden und so die Seillebensdauer verdoppeln oder verdreifachen.

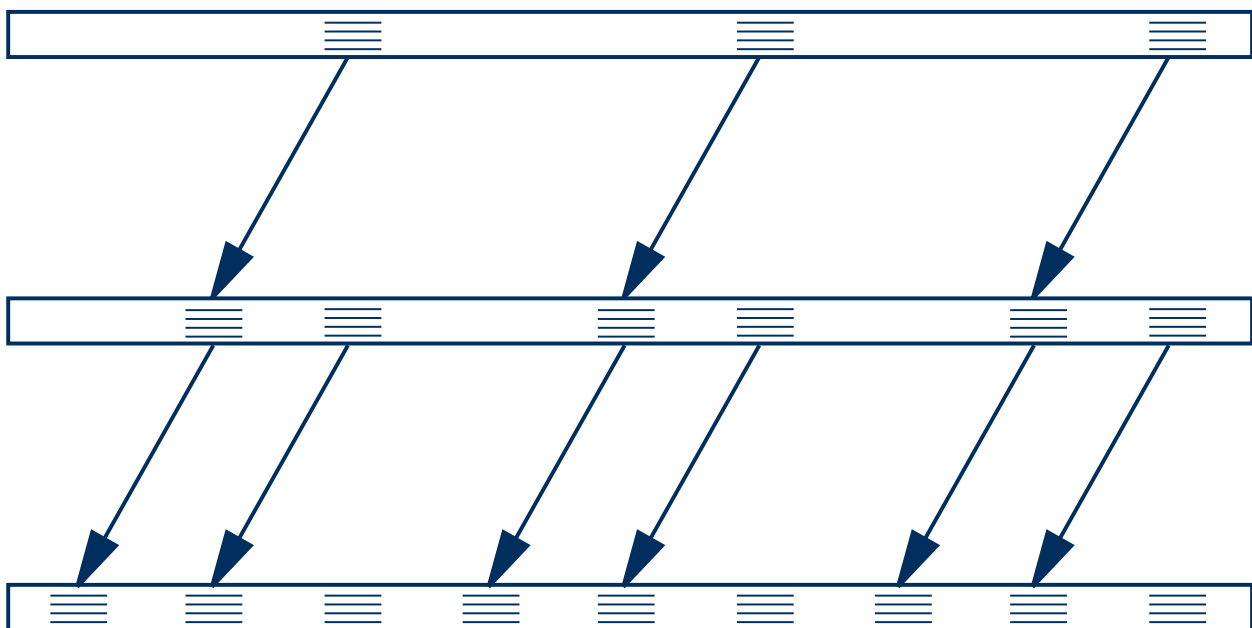


Bild 33: Versetzen der Beschädigungszonen auf der Seiltrommel

Maßnahme 2: Spulhilfen

Wie oben gezeigt, wird das Seil im wesentlichen dadurch beschädigt, dass es gegen benachbarte Seilzonen gewickelt wird. Eine Spulhilfe kann das Seil beim Aufwickeln führen und so verhindern, daß es permanent auf den Nachbarstrang aufläuft.

Hier muss jedoch sicher gestellt werden, dass die Spulhilfe auf den effektiven Seildurchmesser kalibriert ist. Eine nicht exakt eingestellte Spulhilfe kann im Einzelfall genau das Gegenteil von dem tun, was sie tun soll: Sie könnte das auflaufende Seil permanent gegen die Nachbarwindung drücken und so das Seil in kürzester Zeit zerstören.

Und vergessen Sie nicht: Die Seildurchmesser werden sich im Laufe der Zeit verändern!!

Seillösungen

Wir haben gesehen, dass die mechanischen Beschädigungen von Drahtseilen auf mehrlagig gewickelten Seiltrommeln nicht von Fremdkörpern hervorgerufen werden. Nein, das Seil zerstört sich selbst, indem immer wieder aufeinander liegende Windungen gegen-einander verschoben werden und auflaufende Seilstränge an Nachbarsträngen entlangreiben. Hierbei verhaken Außendrähte ineinander und zerstören sich gegenseitig. Die mechanische Seilbeschädigung bei mehrlagenbewickelten Seiltrommeln ist wirklich das Drahtseiläquivalent zu einem Selbstmord!!!!

Wie können wir diese Selbstzerstörung verhindern?

Seillösung 1: Gleichschlagseile

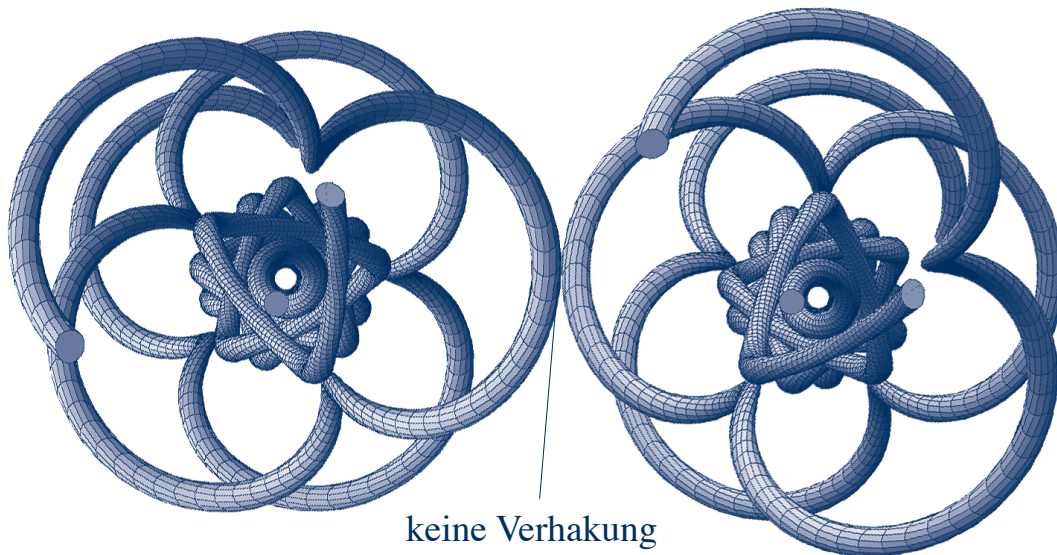
Die praktische Erfahrung der Vergangenheit hat gezeigt, dass sich Gleichschlagseile (Bild 34) auf mehrlagig bewickelten Seiltrommeln deutlich besser verhalten als Kreuzschlagseile (Bild 35). Dies kommt daher, dass die Außendrähte zweier benachbarter Seilwindungen bei Gleichschlagseilen im Gegensatz zu Kreuzschlagseilen nicht parallel zu einander liegen und deshalb keinerlei Verzahnungen miteinander herstellen können.

Diese Verzahnungen würden beim Abheben eines der beiden Seilstränge sofort zu gegenseitigen Beschädigungen führen. Die führenden europäischen Kranhersteller setzen daher bei mehrlagig bewickelten Seiltrommeln ausschließlich Gleichschlagseile ein.

Seillösung 2: Drahtseile mit dickeren Außendrähten

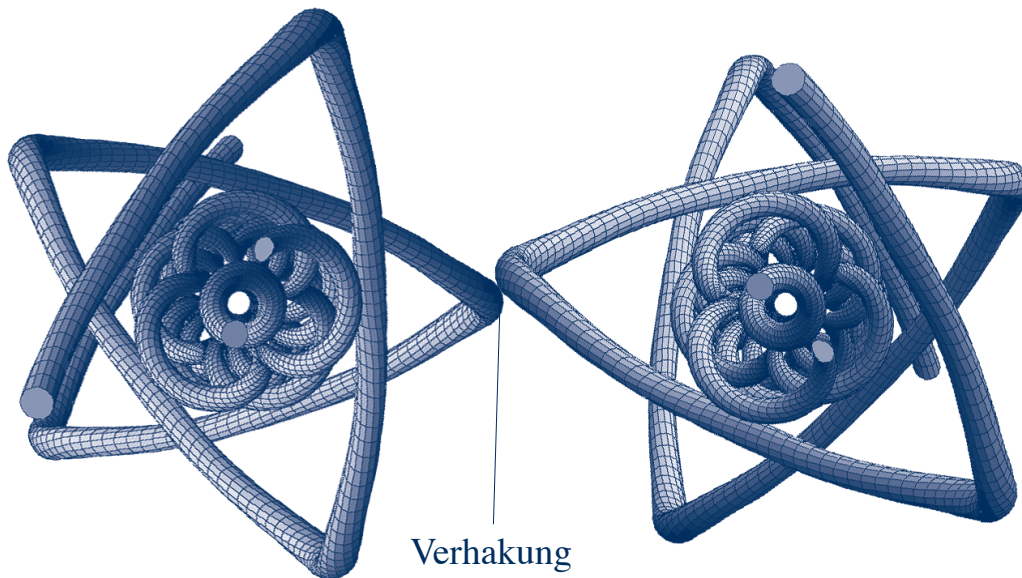
Es ist auch eine bekannte Tatsache, dass Drahtseile mit dickeren, robusteren Außendrähten sich unter den schwierigen Bedingungen der Mehrlagenspulung deutlich besser verhalten als Seile mit dünnen Außendrähten. Der Außendraht einer Litze Seale 19 (Bild 36) ist 42% dicker als der einer Litze Warrington-Seale 36 (Bild 37). Sein Metallquerschnitt ist 100% größer und deshalb sehr viel robuster und widerstandsfähiger gegen Abrieb.

Natürlich ist die Ermüdungsfestigkeit einer Litze Seale 19 geringer als die einer Litze Warrington-Seale 36, aber wen stört das, wenn nicht Ermüdung das Problem ist, sondern eine mechanische Seilzerstörung auf der mehrlagig bewickelten Seiltrommel?



keine Verhakung

Bild 34: Keine Verhakung der Außendrähte bei Gleichschlagseilen



Verhakung

Bild 35: Verhakung der Außendrähte bei Kreuzschlagseilen

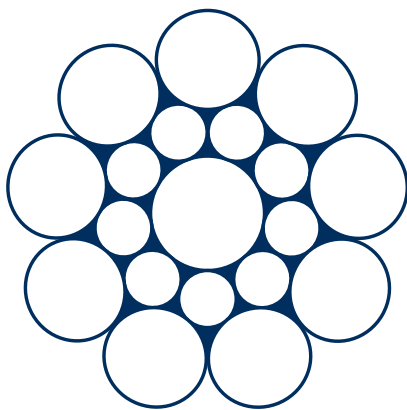


Bild 36: Litze Seale 19, eine sehr robuste Machart

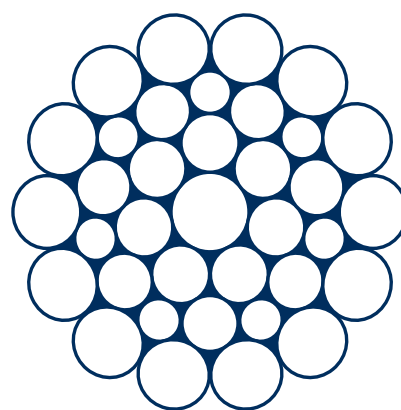


Bild 37: Litze Warrington- Seale 36, eine sehr ermüdungsfeste Machart

Seillösung 3: Seile mit verdichteten Außenlitzen

Wie bereits erwähnt, ist ein Großteil der Seilbeschädigung auf mehrlagig bewickelten Seiltrommeln durch die Verzahnung der Außendrähte zweier benachbarter Seilstränge (Bild 38) begründet. Wenn jedoch das Seil verdichtete Außenlitzen hat (Bild 39), können derartige Verzahnungen von Außendrähten nicht entstehen. Durch Verwendung von verdichteten Außenlitzen wird daher das Maß der mechanischen Beschädigung deutlich herabgesetzt.

Seillösung 4: Gehämmerte Seile

Wie wir oben gesehen haben, wird ein Großteil der mechanischen Beschädigung dadurch hervorgerufen, dass ein Drahtseil mit rauher Oberfläche auf einen benachbarten Seilstrang mit ebenso rauher Oberfläche aufläuft, so dass sich diese beiden Seilstränge gegenseitig beschädigen. Logischerweise müsste sich daher das Maß der gegenseitigen Zerstörung durch eine Glättung der Seiloberfläche dramatisch reduzieren lassen.

Seilquerschnitte werden oft als "rund" bezeichnet, aber sie sind überhaupt nicht rund!! Abhängig von der Zahl der Außenlitzen des Seiles ähnelt der Seilquerschnitt einem Sechseck oder einem Achteck sehr viel mehr als einem Kreis. Die abwechselnde Folge von Bergen und Tälern entlang des Umfangs ist der Hauptgrund für alle Probleme, die wir oben diskutiert haben!

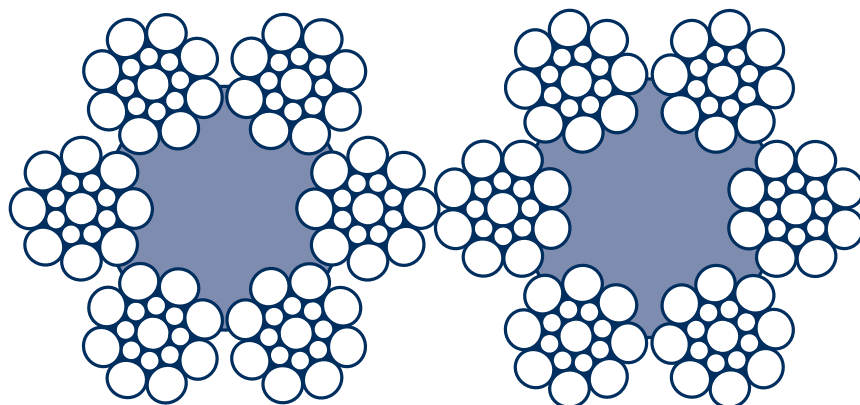


Bild 38: Konventionelle Außenlitzen erlauben Verhakungen der Außendrähte

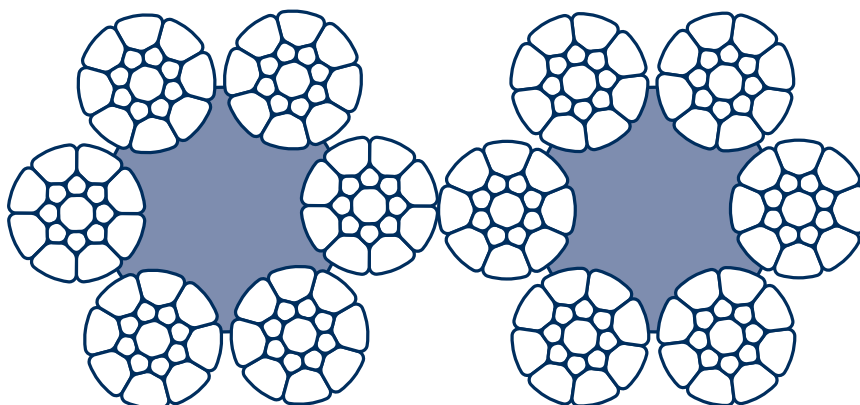


Bild 39: Bei verdichteten Außenlitzen sind Verhakungen der Außendrähte nicht möglich

Deshalb müssen wir, um diese Probleme abzustellen, den Seilquerschnitt wirklich rund machen! Casar Drahtseilwerk Saar GmbH nutzt zur Herstellung von Drahtseilen mit wirklich runden Seilquerschnitten ein Hammerwerk. Die Seilgeometrie ist so optimiert worden, dass beim Hämmern keinerlei Beschädigung im Seilinneren auftritt. Bild 40 zeigt ein konventionelles Drahtseil vor dem Hämmern (oben) und mit zwei unterschiedlichen Prozentsätzen der Durchmesserreduktion.

Die gehämmerten Seile wurden auf normalen Ermüdungsprüfmaschinen und auf dem Casar Mehrlagenprüfstand (Bild 10) geprüft. Auf den normalen Ermüdungsprüfmaschinen zeigen die Drahtseile die gleiche Ermüdungsfestigkeit wie ihre nicht gehämmerten Varianten. Auf dem Mehrlagenprüfstand zeigen sie jedoch im Mittel die dreifache Lebensdauer der nicht gehämmerten Drahtseile.

Aufgrund der gegenüber konventionellen Seilen mit "rauher" Oberfläche deutlich niedrigeren Flächenpressung auf Seiltrommeln und Seilscheiben zeigt sich bei Verwendung gehämmelter Drahtseile ein deutlich niedrigerer Trommel- und Seilscheibenverschleiß.

Casar bietet verschiedene gehämmerte Seilkonstruktionen an und benennt diese mit dem Namenszusatz "fit". Im Folgenden sollen eine drehungsarme Seilkonstruktion mit 14 Außenlitzen (Casar Starfit) und zwei nicht drehungsarme Konstruktionen (Casar Ultrafit und Casar Parafit) vorgestellt werden. Diese Drahtseile zeichnen sich gegenüber vergleichbaren, nicht gehämmerten Seilkonstruktionen durch eine deutlich gesteigerte Bruchkraft und durch eine hervorragende Lebensdauer auf mehrlagig bewickelten Seiltrommeln aus.

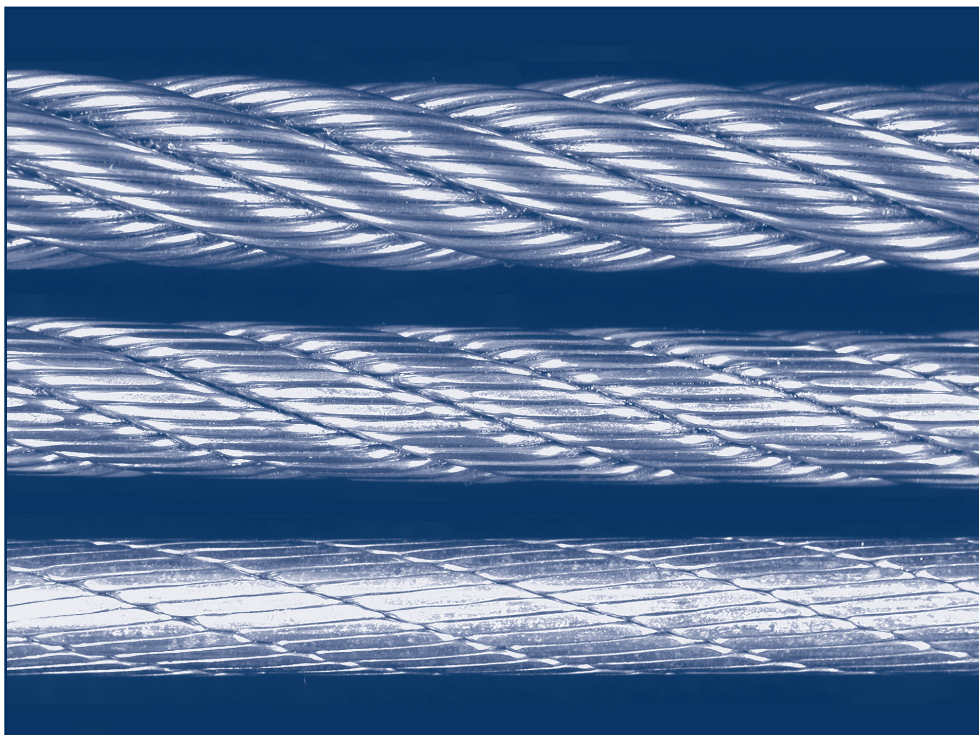


Bild 40: Das gleiche Seil vor dem Hämmern (oben), nach dem Hämmern (normale Durchmesserreduktion, Mitte) und nach dem Hämmern (starke Durchmesserreduktion, unten).



CASAR

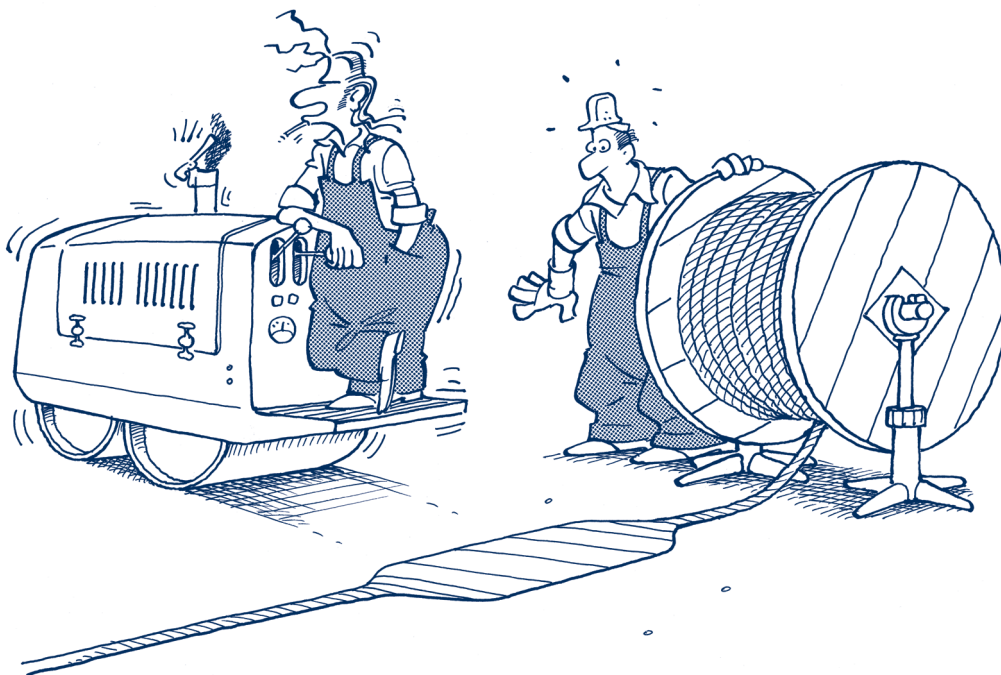
STARFIT

ULTRAFIT

PARAFIT

| | | | |
|--------------------------------------|------|------|------|
| Mittlerer Füllfaktor | 0,73 | 0,70 | 0,74 |
| Verseilfaktor 1960 N/mm ² | 0,84 | 0,85 | 0,87 |
| Verseilfaktor 2160 N/mm ² | 0,84 | 0,84 | 0,86 |
| Mittlerer Gewichsfaktor | 0,87 | 0,88 | 0,85 |
| Gesamtdrahtzahl | 183 | 182 | 298 |
| Zahl der tr. Drähte in Außenlitzen | 96 | 133 | 208 |
| Ablegedrahtbruchzahl auf 6 x d * | 8 | 11 | 18 |
| Ablegedrahtbruchzahl auf 30 x d * | 16 | 22 | 35 |

* DIN 15020, Triebwerksgruppen 2m - 5m, Kreuzschlag



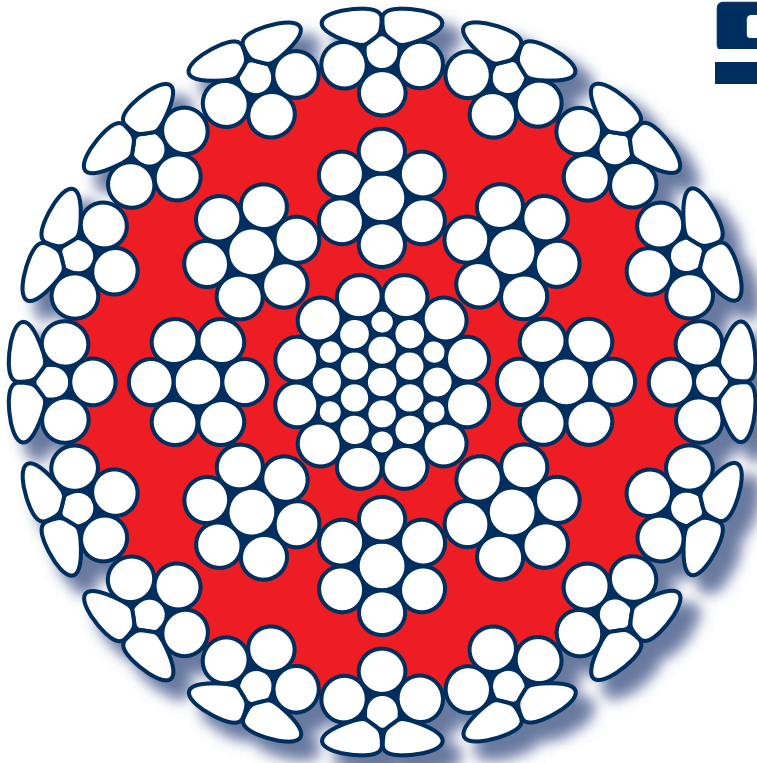
April 27, 2000. Joe Bloggs (links) erfindet das gehämmerte Seil.

| Seil-Nenn- durch- messer | Gesamt- Metall- querschnitt | Längen- gewicht | Rechnerische Bruchkraft | | | | Mindestbruchkraft | | | |
|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|
| | | | bei einer Nennfestigkeit der Drähte von | | | | | | | |
| | | | 1960 N/mm ² (200kp/mm ²) | | 2160 N/mm ² (220kp/mm ²) | | 1960 N/mm ² (200kp/mm ²) | | 2160 N/mm ² (220kp/mm ²) | |
| mm | mm ² | kg/%m | kN | t | kN | t | kN | t | kN | t |
| 11 | 68,13 | 59,1 | 133,5 | 13,62 | 147,2 | 15,01 | 111,6 | 11,38 | 123,0 | 12,55 |
| 12 | 82,92 | 71,9 | 162,5 | 16,57 | 179,1 | 18,26 | 135,9 | 13,85 | 149,7 | 15,27 |
| 13 | 96,56 | 83,7 | 189,3 | 19,30 | 208,6 | 21,27 | 158,2 | 16,13 | 174,4 | 17,78 |
| 14 | 113,88 | 98,7 | 223,2 | 22,76 | 246,0 | 25,08 | 186,6 | 19,03 | 205,6 | 20,97 |
| 15 | 128,02 | 111,0 | 250,9 | 25,59 | 276,5 | 28,20 | 209,8 | 21,39 | 231,2 | 23,57 |
| 16 | 147,75 | 128,1 | 289,6 | 29,53 | 319,1 | 32,54 | 242,1 | 24,69 | 266,8 | 27,21 |
| 17 | 165,57 | 143,5 | 324,5 | 33,09 | 357,6 | 36,47 | 271,3 | 27,66 | 299,0 | 30,49 |
| 18 | 187,90 | 162,9 | 368,3 | 37,55 | 405,9 | 41,39 | 307,9 | 31,40 | 339,3 | 34,60 |
| 19 | 206,39 | 178,9 | 404,5 | 41,25 | 445,8 | 45,46 | 338,2 | 34,49 | 372,7 | 38,00 |
| 20 | 227,28 | 197,1 | 445,5 | 45,43 | 490,9 | 50,06 | 372,4 | 37,98 | 410,4 | 41,85 |
| 21 | 253,62 | 219,9 | 497,1 | 50,69 | 547,8 | 55,86 | 415,6 | 42,38 | 458,0 | 46,70 |
| 22 | 273,33 | 237,0 | 535,7 | 54,63 | 590,4 | 60,20 | 447,9 | 45,67 | 493,6 | 50,33 |
| 23 | 309,36 | 268,2 | 606,3 | 61,83 | 668,2 | 68,14 | 506,9 | 51,69 | 558,6 | 56,96 |
| 24 | 331,99 | 287,8 | 650,7 | 66,35 | 717,1 | 73,12 | 544,0 | 55,47 | 599,5 | 61,13 |
| 25 | 354,46 | 307,3 | 694,7 | 70,84 | 765,6 | 78,07 | 580,8 | 59,23 | 640,1 | 65,27 |
| 26 | 385,51 | 334,2 | 755,6 | 77,05 | 832,7 | 84,91 | 631,7 | 64,41 | 696,1 | 70,99 |
| 27 | 421,59 | 365,5 | 826,3 | 84,26 | 910,6 | 92,86 | 690,8 | 70,44 | 761,3 | 77,63 |
| 28 | 455,52 | 394,9 | 892,8 | 91,04 | 983,9 | 100,33 | 746,4 | 76,11 | 822,6 | 83,88 |
| 29 | 483,54 | 419,2 | 947,7 | 96,64 | 1044,4 | 106,50 | 792,3 | 80,79 | 873,2 | 89,04 |
| 30 | 511,94 | 443,9 | 1003,4 | 102,32 | 1105,8 | 112,76 | 838,8 | 85,54 | 924,4 | 94,27 |
| 31 | 559,51 | 485,1 | 1096,6 | 111,83 | 1208,5 | 123,24 | 916,8 | 93,49 | 1010,3 | 103,03 |
| 32 | 590,53 | 512,0 | 1157,4 | 118,03 | 1275,5 | 130,07 | 967,6 | 98,67 | 1066,4 | 108,74 |
| 33 | 630,43 | 546,6 | 1235,6 | 126,00 | 1361,7 | 138,86 | 1033,0 | 105,34 | 1138,4 | 116,09 |
| 34 | 662,28 | 574,2 | 1298,1 | 132,37 | 1430,5 | 145,87 | 1085,2 | 110,66 | 1195,9 | 121,95 |
| 35 | 709,27 | 614,9 | 1390,2 | 141,76 | 1532,0 | 156,22 | 1162,2 | 118,51 | 1280,8 | 130,60 |
| 36 | 751,76 | 651,8 | 1473,4 | 150,25 | 1623,8 | 165,58 | 1231,8 | 125,61 | 1357,5 | 138,43 |
| 37 | 789,95 | 684,9 | 1548,3 | 157,88 | 1706,3 | 173,99 | 1294,4 | 131,99 | 1426,5 | 145,46 |
| 38 | 825,58 | 715,8 | 1618,1 | 165,00 | 1783,3 | 181,84 | 1352,8 | 137,94 | 1490,8 | 152,02 |
| 40 | 925,83 | 802,7 | 1814,6 | 185,04 | 1999,8 | 203,92 | 1517,0 | 154,69 | 1671,8 | 170,48 |
| 42 | 1014,50 | 879,6 | 1988,4 | 202,76 | 2191,3 | 223,45 | 1662,3 | 169,51 | 1831,9 | 186,81 |
| 44 | 1125,52 | 975,8 | 2206,0 | 224,95 | 2431,1 | 247,91 | 1844,2 | 188,06 | 2032,4 | 207,25 |
| 46 | 1220,05 | 1057,8 | 2391,3 | 243,84 | 2635,3 | 268,73 | 1999,1 | 203,85 | 2203,1 | 224,66 |
| 48 | 1332,25 | 1155,1 | 2611,2 | 266,27 | 2877,7 | 293,44 | 2183,0 | 222,60 | 2405,7 | 245,32 |
| 50 | 1438,43 | 1247,1 | 2819,3 | 287,49 | 3107,0 | 316,83 | 2357,0 | 240,34 | 2597,5 | 264,87 |

Weitere Durchmesser auf Anfrage!

CASAR[®]

STARFIT



Längsschlag

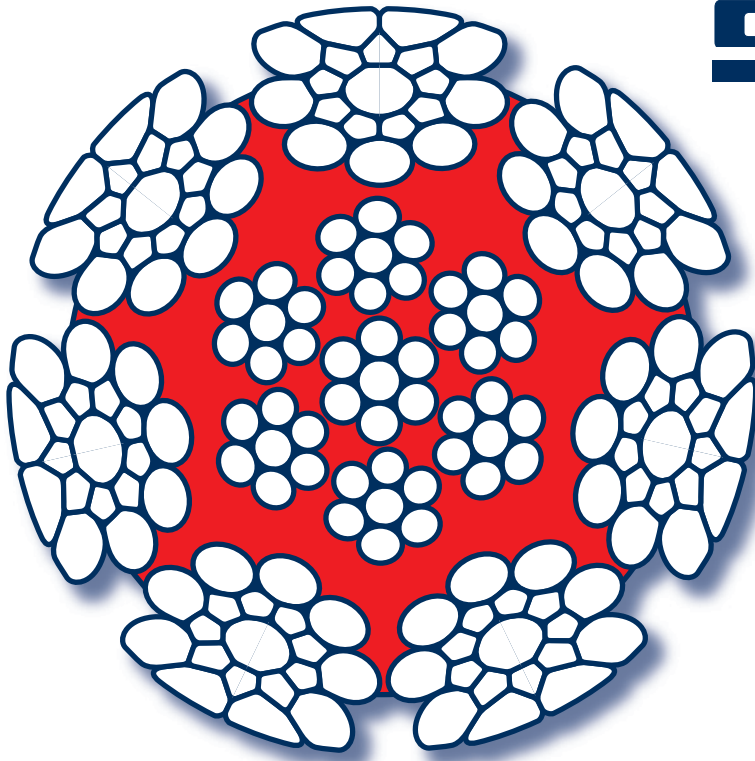
CASAR[®]

STARFIT

- ist ein 16 - litziges drehungsarmes, gehämmertes Seil.
- ist intensiv geschmiert.
- hat eine Kunststofflage zwischen Stahlseilseele und Außenlitzen.
- hat eine sehr hohe Bruchkraft.
- ist besonders gut für Mehrlagenspulung geeignet.

| Seil-Nenn- durch- messer | Gesamt- Metall- querschnitt | Längen- gewicht | Rechnerische Bruchkraft | | | | Mindestbruchkraft | | | |
|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|
| | | | bei einer Nennfestigkeit der Drähte von | | | | | | | |
| | | | 1960 N/mm ² (200kp/mm ²) | | 2160 N/mm ² (220kp/mm ²) | | 1960 N/mm ² (200kp/mm ²) | | 2160 N/mm ² (220kp/mm ²) | |
| mm | mm ² | kg/%m | kN | t | kN | t | kN | t | kN | t |
| 8 | 34,2 | 30,1 | 67,1 | 6,84 | 73,9 | 7,54 | 57,0 | 5,81 | 62,1 | 6,33 |
| 9 | 45,8 | 40,3 | 89,8 | 9,16 | 99,0 | 10,09 | 76,3 | 7,78 | 83,1 | 8,48 |
| 10 | 56,7 | 49,9 | 111,2 | 11,33 | 122,5 | 12,49 | 94,5 | 9,63 | 102,9 | 10,49 |
| 11 | 67,1 | 59,0 | 131,4 | 13,40 | 144,8 | 14,77 | 111,7 | 11,39 | 121,7 | 12,41 |
| 12 | 78,1 | 68,7 | 153,1 | 15,61 | 168,7 | 17,20 | 130,1 | 13,27 | 141,7 | 14,45 |
| 13 | 93,5 | 82,3 | 183,2 | 18,68 | 201,9 | 20,59 | 155,7 | 15,88 | 169,6 | 17,30 |
| 14 | 107,7 | 94,8 | 211,1 | 21,52 | 232,6 | 23,72 | 179,4 | 18,29 | 195,4 | 19,92 |
| 15 | 123,6 | 108,8 | 242,2 | 24,70 | 267,0 | 27,22 | 205,9 | 21,00 | 224,2 | 22,87 |
| 16 | 144,2 | 126,9 | 282,6 | 28,81 | 311,4 | 31,75 | 240,2 | 24,49 | 261,6 | 26,67 |
| 17 | 160,6 | 141,3 | 314,8 | 32,10 | 346,9 | 35,38 | 267,6 | 27,29 | 291,4 | 29,72 |
| 18 | 180,8 | 159,1 | 354,4 | 36,14 | 390,5 | 39,82 | 301,2 | 30,72 | 328,1 | 33,45 |
| 19 | 198,3 | 174,5 | 388,7 | 39,63 | 428,3 | 43,68 | 330,4 | 33,69 | 359,8 | 36,69 |
| 20 | 223,5 | 196,7 | 438,1 | 44,67 | 482,8 | 49,23 | 372,4 | 37,97 | 405,5 | 41,35 |
| 21 | 241,6 | 212,6 | 473,5 | 48,28 | 521,8 | 53,21 | 402,5 | 41,04 | 438,3 | 44,70 |
| 22 | 267,3 | 235,2 | 523,9 | 53,42 | 577,3 | 58,87 | 445,3 | 45,41 | 485,0 | 49,45 |
| 23 | 291,9 | 256,9 | 572,2 | 58,35 | 630,6 | 64,30 | 486,4 | 49,60 | 529,7 | 54,01 |
| 24 | 322,5 | 283,8 | 632,0 | 64,45 | 696,5 | 71,02 | 537,2 | 54,78 | 585,1 | 59,66 |
| 25 | 354,4 | 311,9 | 694,6 | 70,83 | 765,5 | 78,06 | 590,4 | 60,20 | 643,0 | 65,57 |
| 26 | 373,9 | 329,0 | 732,8 | 74,73 | 807,6 | 82,35 | 622,9 | 63,52 | 678,4 | 69,18 |
| 27 | 399,5 | 351,6 | 783,1 | 79,85 | 863,0 | 88,00 | 665,6 | 67,87 | 724,9 | 73,92 |
| 28 | 430,6 | 378,9 | 844,0 | 86,06 | 930,1 | 94,85 | 717,4 | 73,15 | 781,3 | 79,67 |
| 29 | 456,5 | 401,8 | 894,8 | 91,25 | 986,1 | 100,56 | 760,6 | 77,56 | 828,3 | 84,47 |
| 30 | 494,4 | 435,0 | 969,0 | 98,81 | 1067,8 | 108,89 | 823,6 | 83,99 | 897,0 | 91,47 |
| 32 | 564,4 | 496,7 | 1106,3 | 112,81 | 1219,1 | 124,32 | 940,3 | 95,89 | 1024,1 | 104,43 |
| 34 | 655,3 | 576,6 | 1284,3 | 130,97 | 1415,4 | 144,33 | 1091,7 | 111,32 | 1188,9 | 121,24 |
| 36 | 709,6 | 624,4 | 1390,7 | 141,81 | 1532,6 | 156,28 | 1182,1 | 120,54 | 1287,4 | 131,28 |
| 38 | 791,9 | 696,8 | 1552,1 | 158,27 | 1710,4 | 174,42 | 1319,3 | 134,53 | 1436,8 | 146,51 |
| 40 | 876,9 | 771,6 | 1718,6 | 175,25 | 1894,0 | 193,14 | 1460,8 | 148,97 | 1591,0 | 162,23 |
| 42 | 964,5 | 848,8 | 1890,5 | 192,77 | 2083,4 | 212,44 | 1606,9 | 163,86 | 1750,0 | 178,45 |
| 44 | 1059,1 | 932,0 | 2075,7 | 211,67 | 2287,5 | 233,26 | 1764,4 | 179,92 | 1921,5 | 195,94 |
| 46 | 1158,1 | 1019,1 | 2269,8 | 231,46 | 2501,5 | 255,08 | 1929,4 | 196,74 | 2101,2 | 214,26 |
| 48 | 1261,5 | 1110,1 | 2472,5 | 252,13 | 2724,8 | 277,86 | 2101,7 | 214,31 | 2288,9 | 233,40 |
| 50 | 1358,4 | 1195,4 | 2662,4 | 271,49 | 2934,1 | 299,20 | 2263,1 | 230,77 | 2464,7 | 251,33 |

Weitere Durchmesser auf Anfrage!



CASAR[®]

ULTRAFIT

Kreuzschlag

CASAR[®]

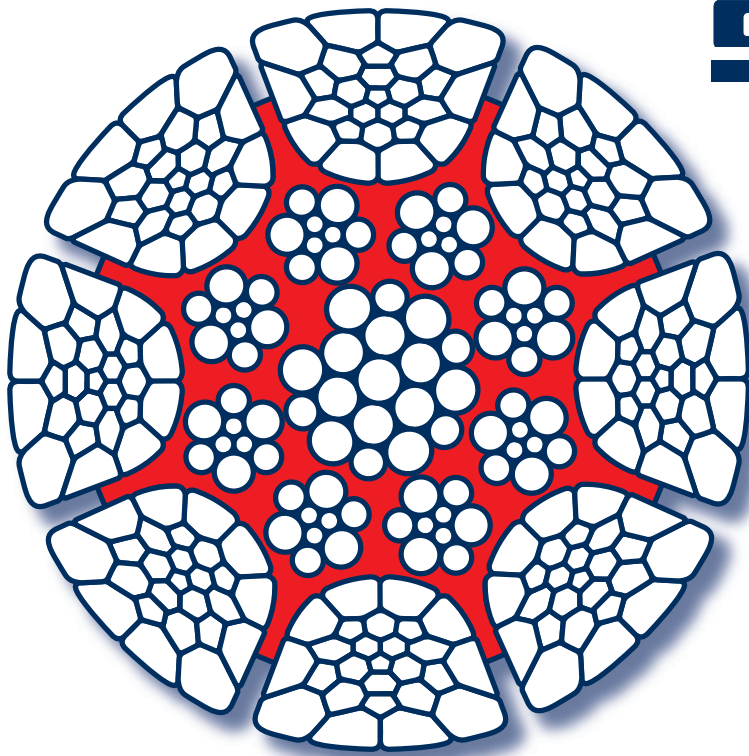
ULTRAFIT

- ist ein 7 - litziges gehämmertes Seil.
- ist intensiv geschmiert.
- hat eine Kunststofflage zwischen Stahlseilseele und Außenlitzen.
- hat eine sehr hohe Bruchkraft.
- ist besonders gut für Mehrlagenspaltung geeignet.

CASAR[®] ULTRAFIT darf nicht mit Wirbel arbeiten.

| Seil-Nenn- durch- messer | Gesamt- Metall- querschnitt | Längen- gewicht | Rechnerische Bruchkraft | | | | Mindestbruchkraft | | | |
|--------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--|--------|--|--------|--|--------|--|--------|
| | | | bei einer Nennfestigkeit der Drähte von | | | | | | | |
| | | | 1960 N/mm ² (200kp/mm ²) | | 2160 N/mm ² (220kp/mm ²) | | 1960 N/mm ² (200kp/mm ²) | | 2160 N/mm ² (220kp/mm ²) | |
| mm | mm ² | kg/%m | kN | t | kN | t | kN | t | kN | t |
| 8 | 37,0 | 31,4 | 72,5 | 7,39 | 79,9 | 8,14 | 63,05 | 6,43 | 68,68 | 7,00 |
| 9 | 46,6 | 39,6 | 91,3 | 9,31 | 100,6 | 10,26 | 79,40 | 8,10 | 86,49 | 8,82 |
| 10 | 57,1 | 48,5 | 111,9 | 11,41 | 123,3 | 12,57 | 97,34 | 9,93 | 106,04 | 10,81 |
| 11 | 71,2 | 60,6 | 139,6 | 14,24 | 153,9 | 15,69 | 121,49 | 12,39 | 132,35 | 13,50 |
| 12 | 82,7 | 70,3 | 162,0 | 16,52 | 178,6 | 18,21 | 140,96 | 14,37 | 153,55 | 15,66 |
| 13 | 97,9 | 83,2 | 191,9 | 19,56 | 211,4 | 21,56 | 166,91 | 17,02 | 181,83 | 18,54 |
| 14 | 114,9 | 97,6 | 225,1 | 22,95 | 248,1 | 25,30 | 195,84 | 19,97 | 213,35 | 21,76 |
| 15 | 130,9 | 111,2 | 256,5 | 26,16 | 282,7 | 28,83 | 223,16 | 22,76 | 243,10 | 24,79 |
| 16 | 149,6 | 127,1 | 293,2 | 29,89 | 323,1 | 32,95 | 255,06 | 26,01 | 277,85 | 28,33 |
| 17 | 171,1 | 145,4 | 335,3 | 34,20 | 369,6 | 37,68 | 291,75 | 29,75 | 317,82 | 32,41 |
| 18 | 189,2 | 160,8 | 370,9 | 37,82 | 408,7 | 41,68 | 322,68 | 32,90 | 351,51 | 35,84 |
| 19 | 213,7 | 181,6 | 418,9 | 42,71 | 461,6 | 47,07 | 364,41 | 37,16 | 396,97 | 40,48 |
| 20 | 233,7 | 198,6 | 458,0 | 46,70 | 504,7 | 51,47 | 398,45 | 40,63 | 434,06 | 44,26 |
| 21 | 256,5 | 218,1 | 502,8 | 51,27 | 554,1 | 56,50 | 437,45 | 44,61 | 476,54 | 48,59 |
| 22 | 284,5 | 241,8 | 557,6 | 56,86 | 614,5 | 62,67 | 485,15 | 49,47 | 528,51 | 53,89 |
| 23 | 309,8 | 263,3 | 607,2 | 61,92 | 669,2 | 68,24 | 528,29 | 53,87 | 575,51 | 58,69 |
| 24 | 337,9 | 287,2 | 662,2 | 67,53 | 729,8 | 74,42 | 576,12 | 58,75 | 627,61 | 64,00 |
| 25 | 366,2 | 311,2 | 717,7 | 73,19 | 790,9 | 80,65 | 624,40 | 63,67 | 680,21 | 69,36 |
| 26 | 393,9 | 334,8 | 772,1 | 78,73 | 850,9 | 86,76 | 671,71 | 68,50 | 731,74 | 74,62 |
| 27 | 426,5 | 362,5 | 835,9 | 85,24 | 921,2 | 93,93 | 727,21 | 74,15 | 792,20 | 80,78 |
| 28 | 459,1 | 390,2 | 899,8 | 91,75 | 991,6 | 101,11 | 782,78 | 79,82 | 852,74 | 86,96 |
| 29 | 491,5 | 417,7 | 963,3 | 98,23 | 1061,6 | 108,25 | 838,04 | 85,46 | 912,94 | 93,09 |
| 30 | 529,1 | 449,7 | 1037,1 | 105,75 | 1142,9 | 116,54 | 902,24 | 92,00 | 982,88 | 100,23 |
| 32 | 597,5 | 507,9 | 1171,2 | 119,43 | 1290,7 | 131,61 | 1018,93 | 103,90 | 1109,99 | 113,19 |
| 34 | 678,7 | 576,9 | 1330,2 | 135,65 | 1466,0 | 149,49 | 1157,31 | 118,01 | 1260,74 | 128,56 |
| 36 | 757,5 | 643,8 | 1484,6 | 151,39 | 1636,1 | 166,84 | 1291,61 | 131,71 | 1407,04 | 143,48 |
| 38 | 848,2 | 721,0 | 1662,5 | 169,52 | 1832,1 | 186,82 | 1446,35 | 147,49 | 1575,62 | 160,67 |
| 40 | 934,7 | 794,5 | 1832,0 | 186,81 | 2018,9 | 205,87 | 1593,84 | 162,53 | 1736,29 | 177,05 |
| 42 | 1030,5 | 875,9 | 2019,8 | 205,96 | 2225,9 | 226,97 | 1757,19 | 179,18 | 1914,24 | 195,20 |
| 44 | 1137,6 | 967,0 | 2229,7 | 227,36 | 2457,2 | 250,56 | 1939,82 | 197,81 | 2113,19 | 215,49 |
| 46 | 1240,8 | 1054,7 | 2431,9 | 247,99 | 2680,1 | 273,29 | 2115,76 | 215,75 | 2304,85 | 235,03 |
| 48 | 1351,3 | 1148,6 | 2648,5 | 270,07 | 2918,7 | 297,63 | 2304,16 | 234,96 | 2510,09 | 255,96 |
| 50 | 1454,6 | 1236,4 | 2850,9 | 290,71 | 3141,8 | 320,38 | 2480,29 | 252,92 | 2701,97 | 275,52 |

Weitere Durchmesser auf Anfrage!



CASAR[®]

PARAFIT

Kreuzschlag

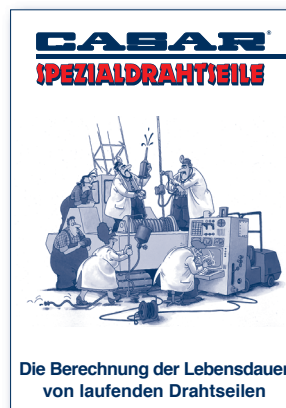
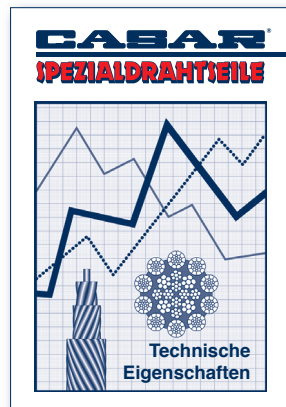
CASAR[®]

PARAFIT

- ist ein 8- litziges gehämmertes Seil in Doppelparallelkonstruktion aus verdichteten Außenlitzen.
- ist intensiv geschmiert.
- ist mit Kunststoff verfüllt.
- hat eine extrem hohe Bruchkraft.
- ist besonders gut für Mehrlagenspulung geeignet.

CASAR[®] PARAFIT darf nicht mit Wirbel arbeiten.

Weitere CASAR-Broschüren



CASAR

Bestellformular für Casar-Broschüren

Mit Hilfe dieser Fax- Vorlage können Sie kostenlos und unverbindlich weitere Casar-Broschüren bestellen. Kopieren Sie einfach diese Seite, füllen das Formular aus und schicken es uns per Post (Adresse auf Rückseite der Broschüre) oder faxen es an:

Fax Nr. +49 (0)6841 / 8091 329

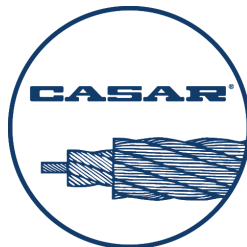
Bitte schicken Sie mir die folgenden kostenlosen Broschüren:

- Stück Seilkatalog Casar Spezialdrahtseile
- Stück Drahtseile vor Gericht
- Stück Drahtseile für Krane: Probleme und Lösungen
- Stück Spezialeise für mehrlagig bewickelte Seiltrommeln
- Stück Geld sparen mit Casar Spezialdrahtseilen
- Stück Die Handhabung, Montage und Wartung von Drahtseilen
- Stück Technische Eigenschaften
- Stück Seilendverbindungen
- Stück Eine kurze Geschichte des Drahtseils
- Stück Die Inspektion von Drahtseilen
- Stück Die Berechnung der Lebensdauer von laufenden Drahtseilen
- Stück Über das Drehverhalten von Drahtseilen
- Stück Eine Analyse der Biegewechselverteilung 1- bis 8- strängiger Hubwerke
- Stück Casar Literatur CD

| |
|-----------------|
| Absender: _____ |
| |
| |
| |
| |



**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>