

Langspleiss bei Seilbahnseilen (4. Teil)



Der Seilexperte Bruno Longatti informiert in vier Teilen über seine Erfahrungen des Spleiss, der Spleiss-Geometrie und über den Einfluss des Spleisses auf die Lebensdauer der Seile. Diesmal wird über die Funktionsfähigkeit des Langspleisses berichtet.



Kurzpleiss mit Endsicherung.

Text und Bilder: Bruno Longatti

4. Berechnungen

4.1 Funktionsweise (statisch und ohne Biegung)

4.1.1 Der Langspleiss funktioniert auf der Basis von Reibung

Die Reibungskraft (F_R) ist das Produkt aus der Normalkraft (F_N), mit der die Aussenlitzen auf das Einsteckende drücken und des Reibungskoeffizienten (μ), der zwischen den Aussenlitzen und dem Gummiband bzw. zwischen dem Gummiband und der eingesteckten Litze herrscht (Kraftwirkung analog Bild 9, Längenschnitt Bild 11).

Die maximale Haltekraft wird durch die Reibungskraft (F_R) und der Länge der Einstecklitze bestimmt. Der Wert der Haltekraft nimmt in Richtung der Einsteckenden ab, wo sie zwingend Null sein muss. Wenn dies nicht der Fall sein sollte, wird die Einstecklitze ausgezogen und der Spleiss sich möglicherweise öffnen.

Der Zustand der Gewölbebildung, wie im Bild 10 dargestellt, ist zwingend zu verhindern, ansonsten wird die Haltekraft für

die Einsteckenden massgeblich reduziert! Dies hat Dr. Ing. Hans Overlach [1] 1931 schon festgestellt und mittels einer Versuchsreihe bestätigt bzw. mit einem entsprechenden «Minderfaktor» berücksichtigt.

Des Weiteren ist er davon ausgegangen und er hat auch experimentell versucht nachzuweisen, dass der Kraftabbau entlang dem Einsteckende exponentiell abnimmt sowie, dass für einen sicheren Spleiss der Abbau der auf die einzelnen Litzen wirkenden Seilkraft in ihrer ganzen Grösse durch Reibung erfolgt. Dazu gibt Overlach die nachstehende Formel für die Ausziehungskraft an:

$$S = s \cdot e^{((\cos^2 a) / (a \cdot \sin a)) \cdot \mu \cdot k \cdot x} \quad (1)$$

S = Ausziehungskraft
 s = Vorspannkraft
 a = Radius Seilmitte / Litzenmitte
 a = Schlag- bzw. Flechtwinkel
 μ = Reibwert Wickelmaterial / Einstecklitze
 x = Länge des Einsteckendes
 k = Minderfaktor bei fehlendem Seildurchmesser entlang der eingelegten Litze (gemäss Over-

lach [1], da immer eine gewisse Gewölbebildung vorkommen kann, mit 0.5 in die Berechnung einflussend!)

Aus der Betrachtung der oben angeführten Formel werden folgende Tatsachen ersichtlich:

- Die Seilschlaglänge bzw. der Schlag- bzw. Flechtwinkel wesentlichen Einfluss auf die Haltekraft sowie auf die Anzahl der Umwindungen der eingesteckten Litze haben. Somit darf die Seilschlaglänge, ohne das sich für den Spleiss negative Folgen ergeben, nicht ohne weiteres verlängert werden bzw. sollte mit entsprechender Vorsicht gewählt werden.
- Ein entsprechender Reibwert, des um die Einstecklitzen gewickelten Spleissmaterials muss als Minimalwert bekannt und eingesetzt werden. Wird unwissend ein Mittelwert eingesetzt und verändert sich dieser unerkannt auf den Minimalwert, so könnten die Einsteckenden unter den geänderten Bedingungen ausgezogen werden.

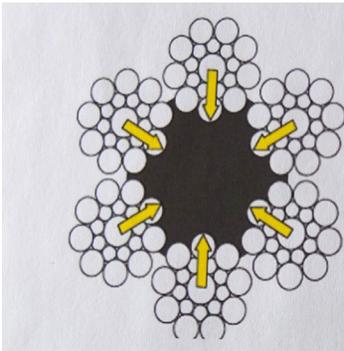


Bild 9: Ideale Schnürkraft in einem neuen Seil beziehungsweise im Bereich der Einsteckenden.

- Die durch das Spleissmaterial gewollte Aufdoppelung dauerhaft erhalten bleiben muss so dass eine nicht erwünschte, übermässige Setzung des Durchmessers durch eine entstehende Brückenbildung nicht zu einem übermässigen Minderfaktor k führt.

4.2 Funktionsweise (dynamisch und mit Biegung)

Gegenüber der statischen Beanspruchung, ist die dynamische Beanspruchung im Betrieb einer Seilbahn wesentlich anspruchsvoller und aus diesem Grund sind auch längere Einsteckenden notwendig.

Für diesen Fall wird nach Overlach [1] die Ausziehkraft «S» wie folgt berechnet:

$$S = s \cdot e^{\left(\frac{(\cos^2 a)}{a \cdot \sin^2 a} \right) \cdot \mu \cdot k \cdot x \cdot ?} \quad (2)$$

Gegenüber der Formel 1 für statische Anwendungen, ist bei der Formel 2 (dynamisch und mit Biegung) der Faktor «?» dazugekommen. Er berücksichtigt die Biegung sowie die durch den Betrieb entstehende Schwellbeanspruchung.

? = Minderfaktor gebogener Litzen / Seile (gemäss Overlach [1] 0.185 für Gleichschlag- bzw. 0.137 für Kreuzschlagseile)

Aus der Betrachtung der oben angeführten Formel werden folgende zusätzlichen Tatsachen ersichtlich. So ist zu berücksichtigen, dass:

- durch das Laufen des Seiles

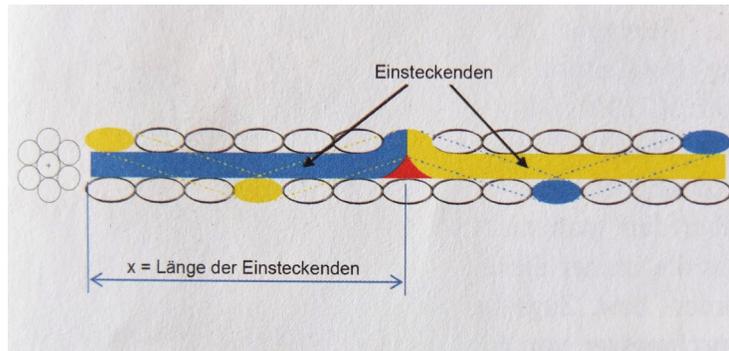


Bild 11: Teilbereich eines Spleisses mit einem Knoten und beidseitigen Einsteckenden.

insbesondere um Antriebsscheiben das Seil nebst einer Biegung auch eine Zugkraftänderung erfährt. Die Biegung verursacht eine zwingende Verschiebung der Litzen aus dem innenliegenden Seilbereich (Druckbereich) zum aussenliegenden Seilbereich (Zugbereich) und am Ende der Biegung wieder zurück. Da dieser Vorgang im Betrieb sich ständig wiederholt, wird bei einem ungenügend langen Einsteckende diese Litze schrittweise ausgezogen, wodurch ein welliger Bereich im Spleiss entsteht.

- bei der experimentellen Bestimmung des Faktors ? durch Overlach [1] wurde das Verhältnis von Scheiben- zu Seildurchmesser nicht berücksichtigt. Dadurch muss unter üblichen Betriebsverhältnissen mit einem gemäss EN-Norm $D/d = 80$ -Verhältnis ausgegangen werden. Sollte das Verhältnis unterschritten werden, würde dies eine Erhöhung der ausziehenden Kraft zur Folge haben bzw. müsste der Faktor ? kleiner werden. Bei einer Erhöhung des D/d Verhältnisses ist dementsprechend davon auszugehen, dass der Faktor ? grösser bzw. die ausziehende Kraft entsprechend kleiner werden dürfte.

4.3 Ergebnisse

Diverse durchgeführte Versuche bestätigen grösstenteils die schon bekannten Aussagen von Overlach [1] und Beck [2] bzw. lassen noch spezifischere Aussagen über das eigene Spleissverfahren machen.

So wurden folgende Versuche durchgeführt, detaillierte Aussagen müssen aber noch detaillierter ausgewertet und verarbeitet werden.

- Zerreiissversuch Seil mit Knoten und zwei Einsteckenden

Bei diesem Zerreiissversuch konnte die von Overlach [1] schon 1931 gemachte Aussage, dass ein Spleiss, bei genügend langen Einsteckenden, die Mindestbruchkraft des Seiles erreichen kann, bestätigt. Das Seil riss erst nach Überschreiten der für dieses Seil gültigen Mindestbruchkraft.

- Diverse Ausziehversuche mit unterschiedlich langen Einsteckenden, unterschiedlichen Bewicklungen und bei wesentlich dickeren Seilen (? 42 mm) wurden durchgeführt. Ihre Auswertung werden detailliertere Rückschlüsse auf die Reibkoeffizienten, den Einfluss der Einsteckendlänge und die Bewicklungsstabilität ergeben.

- Auf Grund dessen, dass Fatzler jahrelange, breite Felderfahrung mit kurzen Einsteckenden besitzt und auf seiner hauseigenen Testanlage Grenzversuche durchgeführt hat, liegen genügend Informationen vor um etwelche Grenzen bei der Länge der Einsteckenden zu setzen.

5. Diskussion

Wo liegen die Grenzen bezüglich der Längen der Einsteckenden sowie der Gesamtlänge eines Langspleisses wirklich?

Alle die oben beschriebenen Überlegungen und Erfahrungen

zeigen, dass man davon ausgehen kann, dass die aktuell vorgeschriebene Spleissgeometrie bei sehr vielen Fällen genügend Sicherheitsreserven hat. Es muss jedoch an dieser Stelle betont werden, dass wenn man die Gesamtlänge oder die Länge der Einsteckenden reduzieren möchte, man vorher die auf der spezifischen Anlage vorherrschenden Bedingungen gründlich analysieren müsste. Nur damit wäre es möglich bei gleich bleibender Sicherheit vereinzelt die vorgegebenen Längen zu unterschreiten. Insbesondere ist der Unterzeichnende überzeugt, dass eine Gesamtlänge des Spleisses von ca. 720–800 x d (entspricht 12 x 60 d) bei ausgewählten Anlagen möglich wäre.

Andererseits aber darf man nicht übersehen, dass die immer dicker werdenden Förder- bzw. Zugseile (mit einem Durchmesser von bis ca. 60–70 mm) sowie die immer grösseren Schwellbeanspruchungen, denen die Seile ausgesetzt sind, die Anforderungen an einen Spleiss erhöhen.

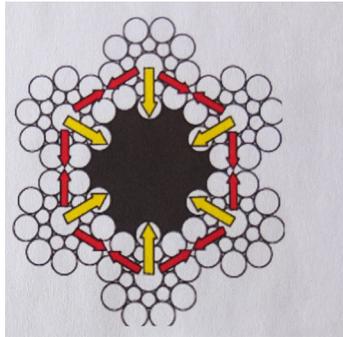


Bild 10: Gewölbebildung bei zu starker Setzung bzw. ungenügender Aufdoppelung durch das Wickelmaterial!

Deswegen müsste man mit Bedacht potenzielle Änderungen in diesem Bereich vornehmen.

Die stetige Entwicklung im Bereich der Seilbahntechnik verlangt nach einer kontinuierlichen Überprüfung und Verbesserung des Spleissprozesses als Ganzes. Der Spleiss als das schwächste «Glied» einer Seilschleife, darf nicht frühzeitig ausfallen und dadurch die Lebensdauer des gesamten Seiles unnötig beeinträchtigen.

Das Kennen und Verstehen der Einsatzgrenzen eines Langspleisses aus unterschiedlicher Herstellung und mit unterschiedlicher Geometrie ist von grosser Wichtigkeit und erlaubt die perfekte Ausnutzung bei den unterschiedlichsten Randbedingungen und Einsatzsituationen.

6. Danksagung

Der Autor möchte C. Nater (Fatzter AG) und seinem F & E-Team für die technische Unterstützung und engagierte Hilfe herzlich danken.

Bruno Longatti

7. Literatur

- [1] Dr. Ing. H. Overlach, 1931. Über Langspleissungen
- [2] Dipl. Ing. W. Beck, 1981. Ausführungsform und Verhalten des Langspleisses bei Dauerbeanspruchung
- [3] EN-standard 12927-3

Aus Schaden wird man klug

Eine «Klanke» zerstört das Seil

Beim talwärts fahrenden Wagen wurde eine Bremsprobe durchgeführt. Weil der Wagen einen kürzeren Bremsweg als der Antrieb hatte, ergab sich oberhalb des Wagens ein Schlaffseil und eine Schlinge konnte sich bilden. Damit bei der Anspannung des Seiles sich nicht eine «Klanke» bilden konnte, wurde die Schlinge manuell aufgelöst (Abb.1) und eine Schädigung des Seiles vermieden.



Abb. 1: Die Schleife muss in Handarbeit aufgelöst werden, damit sich bei neuer Belastung keine «Klanke» bildet und das Seil zerstört wird.

Autoren: Gabor Oplatka, Max Schärli

Was ist eine «Klanke»?

Eine «Klanke» (Abb. 3 und 5) ist eine bleibende, plastische Deformation der Drähte und eine Zerstörung der Struktur des Seiles. Dabei ist die Bruchkraft des Seiles unter die Hälfte reduziert. Eine Instandsetzung ist nicht möglich. Ein Seil mit einer «Klanke» muss abgelegt werden.

