

# Betriebliche Aspekte welche die Lebensdauer von Litzenseilen beeinflussen



Urs Bürgi, Abteilung Sicherheit BAV, Seiltechnik.

Seilbahnanlagen in der Umgebung von Vulkanen sind atmosphärischen Einflüssen sehr stark ausgesetzt.

Am 20. April 2023 fand während der InterAlpin ein OITAF-Seminar mit dem Thema «Holen Sie das Beste aus ihren Seilen» statt. In diesem Seminar referierte auch Urs Bürgi (BAV) und erläuterte die betrieblichen Lebensdauereinflüsse auf Litzenseile.



auf die Lebensdauer eines Seiles. Die Entwicklung der Biegewechsel über die Zeit ist in der Tabelle dargestellt. Es ist in der angeführten Tabelle gut zu erkennen, dass sich die Biegewechselzahl, welche ein Seil pro Jahr erfährt stark zugenommen hat. Ebenso wird der Einfluss der Länge der Installation und die Anzahl der Scheiben erkennbar.

## Das Seil erfordert eine aufmerksame Behandlung

Bereits während der Seilmontage können sich Missgeschicke ereignen. Das Seil sollte niemals während des Transportes und der Montage scharfkantige Umgebung (Stahlstrukturen, Steine, Felsen, etc.) berühren. Sollte es dennoch zu einer Berührung kommen, kann ein Abrieb oder eine starke Pressung am Seil entstehen und somit die Aussendrähte beschädigt werden. Sind mehrere Litzen beschädigt muss oft ein Reparaturstück eingespleisst werden. Der Ersatz einer einzelnen Litze genügt in diesem Falle nicht

Text und Bilder: Urs Bürgi

Die Lebensdauer eines Seiles hängt im Wesentlichen von der technischen Ausführung der Seilbahn, den betrieblichen Gegebenheiten, von der Wartung sowie der Ausführung und Pflege des Spleisses ab. In diesem Vortrag wird auf die kaum planbaren, äusseren Einflüsse auf die Lebensdauer des Seils eingegangen. In den letzten 20 Jahren haben sich die Einsatzgebiete und die Anwendungen von Seilen stark

entwickelt. Ein wichtiger Vorteil eines Seils ist die Tatsache, dass es sich um ein gutmütiges Konstruktionsteil handelt, das einen drohenden Schaden relativ früh ankündigt. Wenn der Betreiber die Schädigungen richtig erkennt und interpretiert, sind Katastrophen beinahe ausgeschlossen. Diese Erkenntnisse haben die Entwicklungen unter den Begriffen grösser, schneller, leichter, länger, effizienter, günstiger, etc. ermöglicht. Die Anzahl Biegewechsel ist die hauptsächliche Einflussgrösse

Year	Installation Length [m]	Number of Sheaves	Max Speed [m/s]	Operation hours per day	Operation days per year	Max bendings per year	Increase Factor
1953	2390	2	2.5	7	120	3163	1
1999	932	2	5.5	8	270	45888	15
2010	805	2	6	18	365	176288	56
2022	2800	4	7.5	19.25	365	135506	43



Das Seil sollte niemals während des Transportes und der Montage scharfkantige Umgebung berühren.

mehr. Weiter ist zu beachten, dass Klemmplatten korrekt verwendet werden, den eine falsch montierte Klemmplatte fügt dem Seil immer einen Schaden zu.

Beim Seilzug ist zu beachten, dass die Ablenkscheiben genau auf den Seilzug ausgerichtet sind. Es versteht sich von selbst, dass schräg ablenkende Seilscheiben dem Seil Schäden zufügen. Aber auch unterschiedliche Seilzugkräfte führen zu Änderung der Schlaglänge, des Drehmoments und der Verdrehung, oder zu unterschiedlichen Querkraften. Dadurch können zusätzliche Ermüdungen und Abnützungen entstehen.

Unterschiedliche Seilspannungen können aus folgenden Gründen entstehen: – der zu überwindende Höhenunterschied zwischen Talstation und Bergstation, insbesondere bei den Zugseilen, – wegen der Differenz der Seilspannung vor und nach dem Antriebsrad, aus dem Lastzustand, sowie aus dynamischen Kräften der Beschleunigung und Verzögerung, aber auch meteorologische

Einflüsse wie Windböen, Eisabwurf oder starken Sturm können dazu führen.

Für kuppelbare Klemmen ist es wichtig, beim Kuppelvorgang keine Differenzen zu haben, zwischen der Seilgeschwindigkeit und derjenigen der Klemmen. Die Klemmen und das Seil müssen korrekt ausgerichtet sein, um Abrieb an den Klemmen und am Seil zu vermeiden. Bei fixen Klemmen ist unbedingt darauf zu achten, dass die Klemmkraft genau eingehalten wird. Die Kontrolle der Abziehkräfte ist empfohlen. Zudem ist das Versetzen der Klemmen im richtigen Intervall einzuhalten. Hierbei ist auch wichtig, dass die Klemmen entgegen der Fahrtrichtung des Seiles versetzt werden. Drahtbrüche entstehen am Seil, wenn die Klemmen nicht oder zu spät verschoben werden.

Punktbelastungen am Seilumfang führen zu Torsion und Abrieb. Zu enge Rillen quetschen das Seil. Zu grosse Rillen bewirken eine zu kleine Auflagefläche und bewirken hohe Flächenpressungen und Abrieb. Schnürspannungen

gen bei Antriebssystemen mit mehreren Antriebsscheiben und Gegenscheiben mit unterschiedlichen Durchmessern führen zu einseitigem Abrieb und hohen Zusatzspannungen am Seil.

Laufende Seile sollen nur die relativ weichen Einlageringe der Seilrollen und Seilscheiben berühren sowie die Klemmen. Andere Kontakte mit harten Oberflächen, wie Bordscheiben, Stahlrillen, Schienen bei Ausweichstellen von Standseilbahnen sind unbedingt zu vermeiden.

## Vorsicht bei Umwelteinflüssen

Blitzschläge stellen die grösste Gefährdung dar, weil sie die Seilschädigungen nicht ankündigen. Es sind nicht planbare, und unvorhersehbare Ereignisse, die unter Umständen erst bei der nächsten Visuellen Seilinspektion bemerkt werden. In der Regel verursachen sie Martensitbildung mit später resultierenden Drahtbrüchen. Man muss sich auch bewusst sein, dass sie unter Umständen



Ein gewöhnlicher Drahtbruch.



Beschädigung durch einen Blitzschlag.



*Drahtbruch unter fixer Klemme.*



*Seilschaden infolge Korrosion.*

auch mit MRT-Prüfungen nicht erkannt werden.

Hitze eines Feuers beschädigt die Aussendrähte ab etwa 2000 C. Ein Versagen des Kerns bedeutet, dass der Seilverbund seinen Halt verliert, was zu Litzenberührungen, Verschleiss, Korrosion und Drahtbrüchen führt. Schmiermittel können ab ca. 600 C schmelzen und bei ca. 1000 C ihre Eigenschaften verlieren. Seile sollten in Bewegung gehalten werden, um lokale Seilabschnitte vor Hitzeschäden zu schützen. Nach einer Hitzeeinwirkung auf Seile müssen diese unbedingt von kompetenten Personen begutachtet werden.

Die Wärmeeinwirkung von direkter Sonnenbestrahlung der Stützen kann zu geometrischen Veränderungen der Stützenköpfe führen. Dies kann sich zu einem nicht korrekten Seillauf auf den Rollenbatterien auswirken. Um diesem Phänomen entgegenwirken zu können, sollten Sonnenschutzpaneele an den Stützenschäften befestigt werden.

Auch das Schmelzen von Permafrost und anderen Erdbebewegungen im Bereich der Fundamente können zu einer nicht korrekten Seilführung auf den Rollenbatterien führen. Um das Eindringen von Wärme in den Permafrost zu vermeiden, werden ganze Stationen gegenüber dem Erdreich wärmeisoliert. Dies hilft, die richtige Ausrichtung der Seilschlaufe beizubehalten.

Ein sich bewegendes Seil in einem elektromagnetischen Feld erzeugt eine elektrostatische Aufladung des Seils. An elektrisch ge-

erdeten Berührungspunkten mit dem Seil können sich die Drähte lokal überhitzen. Erhöhter Drahtbruch und reduzierte Lebensdauer des Seils sind die Folge. Das ergibt die Schlussfolgerung, dass Seilbahnen nicht in der Nähe von Hochspannungsleitungen und Sendemasten gebaut werden sollten. In der Regel reagiert die Seilbahnsteuerung empfindlicher als das Seil.

Seilbahnanlagen in der Umgebung von Vulkanen sind atmosphärischen Einflüssen wie Kohlenstoff, Schwefel, Salzwasser, etc. sehr stark ausgesetzt. Unter diesen besonderen Umgebungsbedingungen sind die blanken Seile den verzinkten Seilen vorzuziehen. Die freigesetzten Schwefeldämpfe können sich nämlich mit dem Zink verbinden und eine spröde Struktur bilden. Ohne adäquate Seilreinigung wird die Lebensdauer des Seiles stark verkürzt.



*Sonnenschutzpaneele.*

## Seilüberschläge und Korrosion

Zugseilüberschläge können durch Schwingungen infolge einer Notbremsung und durch den Wind verursacht werden. Sowohl das Tragseil als auch das Zugseil sollten nach einem solchen Vorfall zumindest einer Seilprüfung unterzogen werden. Auch Entgleisungen von Standseilbahnseilen kommen gelegentlich vor. Vor allem bei konkaver Trasse kann sich das Seil, in Kombination mit Querwind, nicht in die Laufrollen zurücklegen. Wenn Entgleisungen in der Ausweichstelle auftreten, können die Rollen unzureichend eingestellt oder abgenutzt sein. In diesem Fall kann das Seil über eine längere Strecke beschädigt werden. In jedem Fall sollte bei Entgleisungen eine sachkundige Person hinzugezogen werden.

Bezüglich Korrosion ist folgendes zu beachten: Die Litzen dürfen sich nicht berühren. Wenn die Stützwirkung des Kerns verloren geht, berühren sich aber die Litzen. Es kommt zum Abrieb, zur Korrosion und zu noch mehr Abrieb bis die Drahtbrüche einsetzen und das Seil ablegereift wird. Erkennen kann man diesen Schaden am verminderten Durchmesser, an einer längeren Schlaglänge und natürlich an der sichtbaren Korrosion oder gar den Drahtbrüchen.

Unbestritten wichtig für die Lebensdauer eines Seils ist der Zustand des Spleisses. Nebst dem ist die Anzahl Biegewechsel und das Durchmesserverhältnis

# Wissen



*Schaden durch Wärmeeinwirkung.*



*Trag- sowie Zugseil sind nach Seilüberschlag zu prüfen.*

von grösster Bedeutung für die Lebensdauer eines Seiles. Die CEN-Norm 12927 empfiehlt das Durchmesser Verhältnis von 80.

Bezüglich der Möglichkeit, die Lebensdauer eines Seiles rechnerisch abzuschätzen: Ich sage absichtlich nicht «zu berechnen», sonst würden Sie meinen, da käme eine genaue, etwa noch garantierte Lebensdauer heraus! Nein, es ist eine gute Abschät-

zung! Berücksichtigt wird dabei unter anderem: die Wartung/ Instandhaltung z. B. mit der Seilschmierung, – das Durchmesser Verhältnis der Seilscheiben zum Seildurchmesser, die technischen Aspekte wie die Anzahl der Biegewechsel pro Umlauf. Das sind die drei wichtigsten, berücksichtigten Parameter für die Lebensdauerabschätzung eines Seiles. Dazu gibt es im folgenden Vortrag mehr.

Es versteht sich von selbst, dass diese Ausführungen nicht vollständig sein konnten. Vielleicht wurde aber das Eine oder andere wieder ins Bewusstsein gerufen.



*Seil nach einem Vulkanausbruch.*