



Guten Tag meine Damen und Herren,

Ich darf Sie zu meinem Vortrag „Holen Sie das Beste aus Ihren Seilen“ ganz herzlich begrüßen.

Zum einen enthält der Vortrag die Ergebnisse der Studienkommission II „Seile“ und zum anderen wird durch den Vortragenden die Ergebnisse des mit dem Innovationspreis geehrten neuartigen Seilprüfgerät unserer Firma und der Möglichkeiten der Seilprüfung in der Zukunft beinhalten.

Introduction



- Work Committee (WC) II “Ropes”
- Operational aspects influencing the life of round stranded ropes
- Calculation method of rope life calculation based on the Feyrer method
- Service life predictions based on Magnetic Rope Test (MRT) in practice
- Progress made in MRT technologies and analyses

Einleitung:

Personenseilbahnen haben in den letzten Jahrzehnten eine enorme Leistungssteigerung erfahren: aus Ausflugsbahnen haben sich moderne Verkehrsmittel mit hohen Fahrgeschwindigkeiten und langen Betriebszeiten entwickelt. Die Förderseile der Bahnen und deren Spleißverbindungen müssen dieser Entwicklung folgen, wofür ein hohes Wissen des technischen Personals über die Lebensdauer der Seile, verschleißfördernde Einflüsse, die richtige Prüfung sowie die Planung von Instandhaltungsmaßnahmen notwendig ist.

Aus diesem Grund wird der Vortrag folgende Themen behandeln:

- Kurzvorstellung der OITAF Studienkommission II „Seile“
- Betriebliche Lebensdauereinflüsse auf Rundlitzenseile
- Eine Berechnungsmethode zur Seillebensdauerabschätzung mit der Methode Feyrer
- Lebensdauervorhersage mit MRT in der Praxis
- Fortschritte in der MRT-Technologie und Analyse

Introduction of Work Committee (WC) II «Ropes»



Chairman: Sven Winter, ROTEC GmbH
Vice Chair / Protocol: Konstantin Kühner, Jakob AG

- **Manufacturers:** Doppelmayr, Leitner Ropeways, Fatzer, Jakob Rope Systems, Teufelberger-Redaelli, Usha Martin
- **Testing Bodies:** IFT University of Stuttgart, IWM, Letscan, ROTEC, TÜV SÜD, TVFA
- **Authorities:** BAV, BMVIT, IKSS, INTI, STRMTG
- **Operators:** Bayerische Zugspitzbahn, Sommerbergbahn Bad Wildbad, Sandia Peak Tramway

Interested guests or new members with rope experience are welcome!

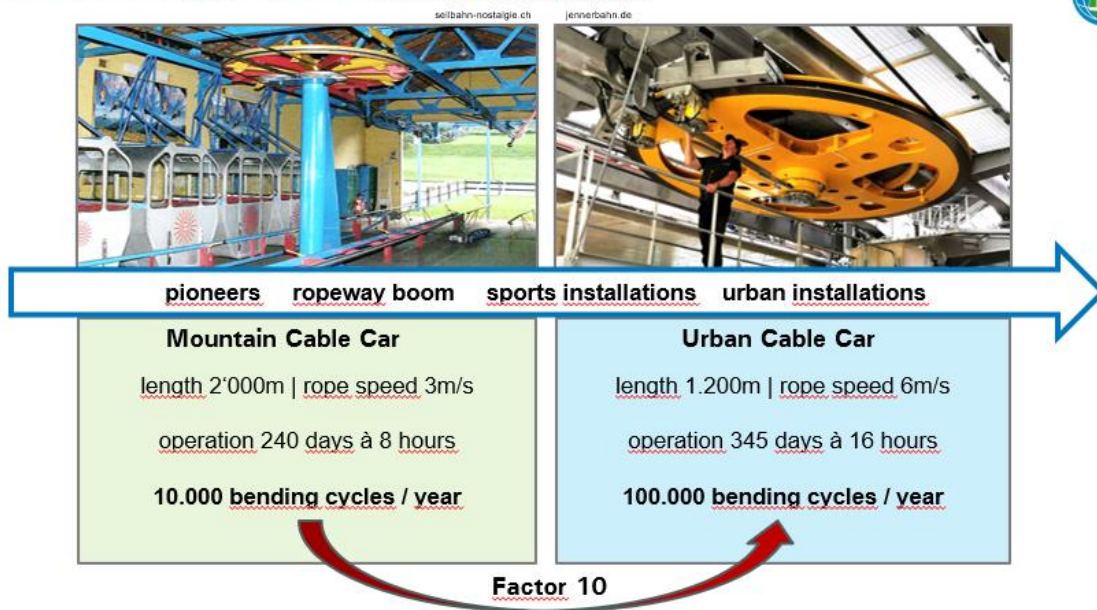


3

Mit dieser Folie möchte ich unsere Gruppe vorstellen. Den Vorsitz habe ich und ich bin von der ROTEC GmbH aus Stuttgart einer Sachverständigenstelle für Seilbahnen, als Sekretär ist Konstantin Kühner von Jakob AG in Schweiz tätig. Die Gruppe setzt sich aus knapp 20 Personen aus der Seilbahnbranche zusammen. Neben Herstellern für Seilbahnen und Seile sind Prüfgesellschaften, Behörden und Betreiber in der Gruppe vertreten.

Interessierte Gäste oder neue Mitglieder mit Seilerfahrung sind bei uns stets willkommen!

Development of Ropeway bending cycles



4

Die Seilbahnbranche hat sich in den über 100 Jahren stark weiterentwickelt.

Früher waren die Seilbahnen meist Sportbahnen oder Ausflugsbahnen in den Bergen. Durch den heutigen Trend Bahnen immer mehr auch als öffentliche Transportmittel einzusetzen ist seit der Einführung der europäischen Norm die Tendenz von urbanen Seilbahnen vorhanden.

Der Trend ist deutlich: schneller Fahrgeschwindigkeiten, größere Fahrzeuge, längere Betriebszeiten, mehr Betriebstage pro Jahr. Die Länge einer einzelnen Sektion hingegen ist zum Teil eher kürzer geworden.

Dies wirkt sich auf die Anzahl der Biegewechsel aus, die ein Seil in einer Seilbahn der 1960er/70er pro Jahr leisten musste im Vergleich zu einer modernen urbanen Seilbahn. Dies ist nur ein Beispiel, aber der Effekt wird deutlich:

Während das Förderseil einer alten Ausflugsbahn mit Sommer und Winterbetrieb bei 2km Länge und 3m/s Fahrgeschwindigkeit ca. 10.000 Biegewechsel im Jahr leisten musste, kann die Beanspruchung einer modernen urbanen Anlage leicht das 10fache betragen.

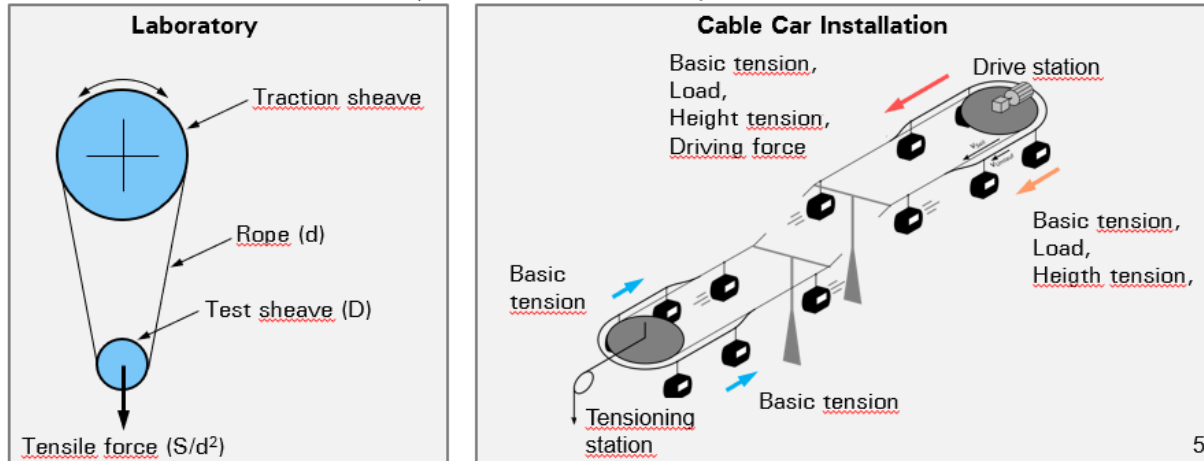
In diesem Beispiel ist die urbane Seilbahn nur 1,2km lang, fährt 6m/s und hat deutlich mehr Tage im Jahr und mehr Stunden pro Tag geöffnet.

Angemerkt sei, dass ein Biegewechsel auftritt wenn ein Seil über eine Scheibe in der Station fährt und vom geraden zum gekrümmten und wieder zum geraden Zustand wechselt.

Life time estimation formula

Formula of Prof. K. Feyrer from IFT, University of Stuttgart

$$\lg N = b_0 + \left(b_1 + b_3 \cdot \lg \left(\frac{D}{d} \right) \right) \cdot \left(\lg \left(\frac{S}{d^2} \right) - 0,4 \cdot \lg \left(\frac{R_0}{1770} \right) \right) + b_2 \cdot \lg \left(\frac{D}{d} \right) + \lg(f_a) + \lg(f_L) + \lg(f_c)$$



Hier sehen wir die **Lebensdauerformel von Prof. Feyrer** und eine **schematische Darstellung einer Dauerbiegemaschine auf der linken Folienseite**.

Die Formel von Prof. Feyrer basiert auf tausenden von Dauerbiegeversuchen (Bending over sheave tests), die im Labor des IFT der Universität Stuttgart durchgeführt wurden.

Keine Angst die Formel ist in einem Exceltabellenblatt hinterlegt und somit können Berechnungen einfach durchgeführt werden. Dies sehen Sie gleich in der nächsten Folie.

Anhand der Versuchsergebnisse der Dauerbiegeversuche wurde die Lebensdauerformel erstellt mit der es möglich ist eine Lebensdauervorhersage zu berechnen.

Somit können mit den Koeffizienten aus der Seilkonstruktion und der Seilbahnanlagendaten, siehe rechte Folienseite, eine Berechnung für jeden Lastfall und jede Scheibe durchgeführt werden.

Example: Calculation for Bullwheel (Mountain Ropeway)

Application area		(ZA10; ZAm; Z10; Zm)		Zam	
Number of working cycles				WS	
Rope construction	(S; F; W; WS)	(Spiral)		FC	
Number of strands	(6; 8)	(18; 34)		zZ	
Rope core	(FC; IWRC; PWRC; ESWRC)	(FC; WSC)			
Lay direction	(sZ; zZ)				
Rope tensile force (effective, collective)		S in kN	420		
Diameter sheave, drum and traction sheave		D in mm	4800		
Nominal rope diameter (not for d < 6 mm)		d in mm	50		
Nominal strength		R ₀ in N/mm ²	1960		
Bending length (not for l < 10d)		l in mm	16000		
Rel. tensile force difference		deltaS / S = (S - S ₀) / S	0.262		
Simple bendings per working cycle		w sim	0		
Reverse bendings per working cycle		w rev	0		
Comb. fluctuating tension and bendings per working cycle		w _{com}	1		

Results:		N _{sim}	
S/d ² in N/mm ² =	168.0	Number of simple bendings	556'900
D/d =	96.00	Number of reverse bendings	254'200
l/d =	320.0	Numb. of fluctuating tension and bendings	126'600
fS5 =	1.458	Number of working cycles	126'600
Sequ in N	612380	Discarding number of wire breaks *)	5

$$N_{korrr} = N \cdot f_{N1} \cdot f_{N2} \cdot f_{N3} \cdot \dots \cdot f_{Ni}$$

$$N_{korrr} = 126600 \cdot 1 \cdot 1.3398 = 169612$$

Factor f_{N3} for "soft" groove material

Lubrication factor f_{N1}
 Laboratory: 1.0
 Reality: 0.4 – 0.8

<https://www.ift.uni-stuttgart.de/forschung/img/feyrer/Seilleb2.xls>

6

Für jede Scheibe einer Seilbahn ist eine Berechnung der zu ertragenden Biegewechsel bis zur Erreichung des Zeitpunktes, bei dem 50% der Seile die Ablegereife erreicht haben durchzuführen.

In diesem Beispiel ist die Berechnung für die Antriebsscheibe einer klassischen Seilbahn in den Bergen durchgeführt.

Die gelben Felder sind die Eingabefelder und die meisten Eingabedaten sind ihnen aus der Seillinienberechnung des Herstellers bekannt.

Als Ergebnis bekommen wir eine Arbeitsspielzahl / Biegewechselzahl im Cyan hinterlegten Feld mit 126000. Dieses Berechnungsergebnis ist basierend auf den Laborversuchen und muss noch mit Korrekturfaktoren multipliziert werden damit man die Arbeitsspielzahl einer realen Seilbahn erreicht. Hierbei ist der Schmiermittelzustand des Seiles zu berücksichtigen. Der Schmierzustand hat einen wesentlichen Einfluss auf die Seillebensdauer, vor allem wenn die Seile im Betrieb nachgeschmiert werden. Ein weiterer Faktor berücksichtigt das Scheibenfütterungsmaterial. Somit erreicht man bei einem sehr gut geschmierten Seil die Arbeitsspielzahl an der Antriebsscheibe mit 169.612

Diese Berechnung muss nun für jede Scheibe einer Seilbahn durchgeführt werden.

Calculation of rope life time

Mountain Cable Car	
Bull wheel	$Z_{Am} = 169'612$
Return wheel	$Z_{Am} = 12'781'376$
Results in Bendingcycles !	
Palmgren-Miner Accumulation:	
$Z_{Am \text{ acc.}} = \frac{1}{\frac{1}{169612} + \frac{1}{12781376}} = 167391$	
Results in Years	
10.000 bending cycles / year	
Estimated rope life time: 17 years	

Urban Cable Car	
Bull wheel	$Z_{Am} = 237'806$
Return wheel	$Z_{Am} = 1'944'359$
Results in Bendingcycles !	
Palmgren-Miner Accumulation:	
$Z_{Am \text{ acc.}} = \frac{1}{\frac{1}{237806} + \frac{1}{1944359}} = 211890$	
Results in Years	
100.000 bending cycles / year	
Estimated rope life time: 2 years	

7

Für die Ausflugsseilbahn und die urbane Seilbahn aus unserem vorigen Beispiel wurden die Berechnungen durchgeführt.

Am Beispiel der Ausflugsseilbahn auf der linken Seite wurde die Arbeitsspielzahl für die Antriebsscheibe (169612 Biegewechsel) und Umlenkscheibe (12781376 Biegewechsel) separat durchgeführt.

Der große Lebensdauerunterschied der Antrieb- zur Umlenkscheibe ist zum einen durch den Kräfteunterschied an der Antriebsscheibe und zusätzlich durch die Höhenspannung, welche in der Bergstation zusätzlich wirkt, begründet.

Da jedes Seilstück über beide Scheiben im Betrieb läuft wird die Schadensakkumulation nach Palmgren-Miner angewendet, um die gesamte Biegewechselzahl von 167391 zu berechnen.

Da bei dem Beispiel der Touristischen Seilbahn das Seil 10000 Biegewechsel pro Jahr erfährt ergibt sich somit eine zu erwartende Seillebensdauer von 17 Jahren.

Im Falle der urbanen Seilbahn wurden die Werte Äquivalent berechnet und hierbei ist die zu erwartende Seillebensdauer nur 2 Jahre!

Somit ist dies auch bei der Festlegung der magnetischen Seilprüfintervalle zu berücksichtigen da ein 3 jähriger Prüfintervall zu lange wäre! Auf die Prüfintervalle und Methoden werde ich im zweiten Teil meines Vortrages eingehen.

Published recommendations of the working group «Ropes»



Paper 28 / 2014

General recommendations for the manufacturers lubrication and the re-lubrication of steel wire ropes use in ropeway installations for Passengers

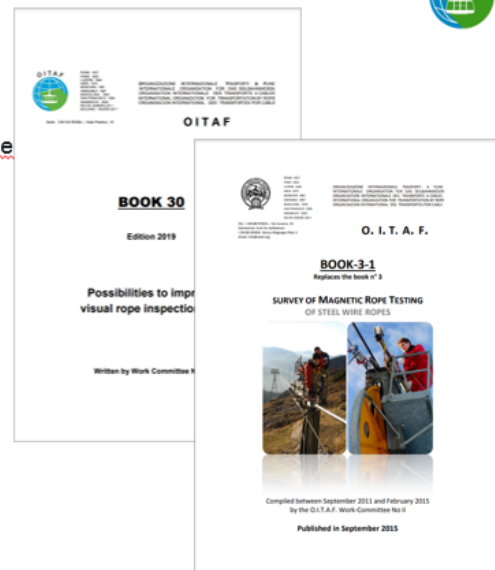
Paper 3-1 / 2015

Survey of **magnetic rope testing** of steel wire ropes

Paper 30 / 2019

Possibilities to improve **visual rope inspection** (VI)

Close to finishing and publishing: **Ropelifetime**



8

An dieser Stelle bin ich mit der Vorstellung der neuesten Ergebnisse unser Studienkommission II „Seile“ am Ende und aus diesem Grunde stelle ich die in den letzten Jahren aktualisierten oder neu erstellten Empfehlungen unserer Studienkommission vor:

Heft 29 / 2014: Allgemeine Empfehlungen zur Grund- und Nachschmierung von Stahldrahtseilen für Seilbahnanwendungen mit Personentransport

Heft 3-1 / 2015: Überblick über die magnetinduktive Seilprüfung an Stahldrahtseilen

Heft 30 / 2019: Möglichkeiten zur Verbesserung der visuellen Seilinspektion (VI)

Fast abgeschlossen und demnächst bereit zur Veröffentlichung ist nun die neue Empfehlung zum Thema **Seillebensdauer**. Welche Nummer das Heft bekommen wird, wird in der nächsten internen OITAF Sitzung festgelegt.

Also wer das Thema Seil vertiefen möchte, kann sich die Empfehlungen herunterladen und zum Selbststudium heranziehen. Falls es Fragen hierzu gibt dürfen Sie sich gerne an mich wenden.

Today: Safety concept of rope monitoring

Operator

Visual rope test

Interval: 1-6 month



Independent rope expert

Magnetic Rope Test (MRT)

Interval: max. 3 years



9

Die visuelle und magnetische Inspektion kann als ergänzend angesehen werden.

Beide Prüfverfahren haben ihre Vorteile.

Bei der visuellen Seilprüfung, wie es auf der linken Seite zu sehen ist, können folgende Seilschäden festgestellt werden.

Lose Drähte, Riefen, Litzenberührstellen, Korrosion, Drahtverwerfungen und Anomalien in der Seilgeometrie festgestellt werden. Diese Arten der Schäden können durch die konventionelle magnetische Prüfung nur bei einem größeren Schadensausmaß detektiert werden.

Der Vorteil dieser Prüfung ist, dass diese der Betreiber selbst durchführen kann.

Die genannten Seilschäden sind nicht direkt sicherheitsrelevant. Erst wenn sich solch ein Schaden durch den weiteren Betrieb verstärkt, ist mit der Erreichung der Seilablegereife zu rechnen.

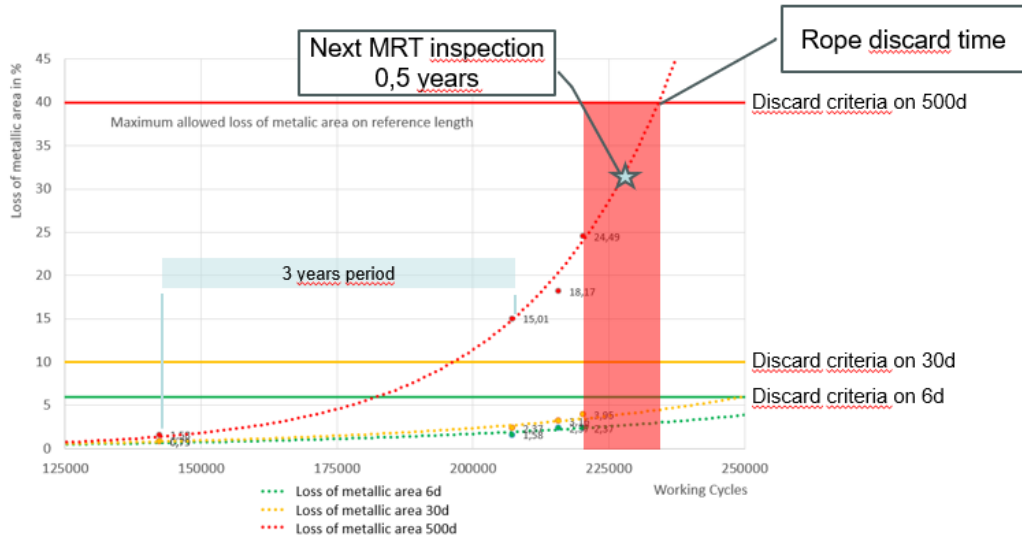
Die visuelle Prüfung muss in einem Intervall, abhängig der Beanspruchung, zwischen 1 und 6 Monaten durchgeführt werden.

Bei der magnetischen Prüfung werden vor allem innere Drahtbrüche, wie sie durch klassische Ermüdung stattfinden, detektiert. Diese Drahtbrüche können mit der visuellen Seilprüfung nicht festgestellt werden.

Diese Art der Prüfung wird durch Experten, welche sich sehr gut mit Seilen und der Seilprüfung auskennen, unabhängig vom Betreiber ausgeführt, mit Prüfbescheinigungen der Seilzustand bewertet und die nächste Prüfung entsprechend dem Seilzustand anberaumt.

Der maximale Prüfintervall bei Förderseilen beträgt nach den europäischen Standards 3 Jahre ist jedoch entsprechend dem Drahtbruchentwicklungsverlauf zu reduzieren. Da dies immer wieder zu Schwierigkeiten führt wird hierauf in der folgenden Folie eingegangen.

Shortening of MRT inspection intervall in practise



10

Dauerdrahtbrüche aufgrund von Biegewechseln entstehen logarithmisch. Hierunter ist zu verstehen, dass am Anfang der Lebensdauer wenig Drahtbrüche entstehen und mit zunehmendem Alter des Seiles die Drahtbrüche immer schneller zunehmen. Anhand des Diagramms ist die Entstehung der Drahtbrüche auf den unterschiedlichen Bezugsängen (6d 30d und 500d) abgebildet. Ab der letzten Messung kann durch die logarithmische Skalierung eine Vorhersage getroffen werden, wie lange das Seil noch im Betrieb bleiben kann vor Erreichen der Ablegereife des Seiles. Das nächste Prüfintervall muss so gewählt werden, sodass noch mindestens 2 Prüfintervalle vor Erreichen der Ablegereife sind. In diesem Fall wurde 0,5 Jahre gewählt.

Safety concept of permanent rope monitoring

Operator
Visual rope test
Interval: yearly

Independent expert / machine
Permanent Magnetic Rope Test (PMRT)
Interval: permanent



ROTEC PMRT in Florida USA FATZER TRUSCAN in Porto Portugal

11

Durch die fortschreitende Digitalisierung, welche eine Digitalisierung und Analyse bereits im Prüfgerät in Realtime ermöglicht bietet sich ein neues Sicherheitskonzept der Seilprüfung in der Zukunft.

Die visuelle Prüfung kann auf jährlich erhöht werden, bedingt durch die Installation einer permanenten magnetischen Seilprüfung, welche den Seilzustand kontinuierlich erfasst und bewertet. Hierdurch können Schäden wie zum Beispiel Blitzschäden mit einem größeren Schadensausmaß sofort erfasst werden und eine visuelle und taktile Sonderprüfung direkt nach dem Ereignis durchgeführt werden.

Abgebildet sind 2 permanent installierte Seilprüfgeräte von den Herstellern Fatzer und unserer Firma ROTEC.

Permanent rope monitoring



1. Inner and outer defects can be detected
2. Saves you time
3. No bad surprises
4. Defects can be detected as long as they are small:
You can react early in time
5. In the event of incidents: statement on the condition of the rope is **immediately** available
6. Rope data is available to a competent **partner** at any time



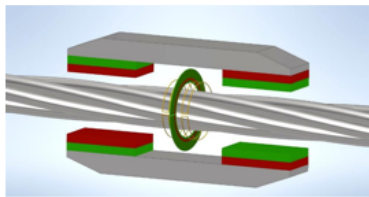
12

Mit dieser permanenten Prüfgeräteinstallation ergeben sich die folgenden Vorteile

1. Innere und äußere Fehlstellen werden detektiert
2. Reduziert den Zeitaufwand des Betreibers
3. Keine bösen Überraschungen
4. Defekte können erkannt werden, solange sie klein sind: Sie können rechtzeitig reagieren und ggf. sanieren
5. Bei Zwischenfällen wie zum Beispiel Gewitter ist eine Aussage über den Seilzustand sofort verfügbar
6. Die Messdaten des Seiles sind jederzeit für einen kompetenten Partner verfügbar

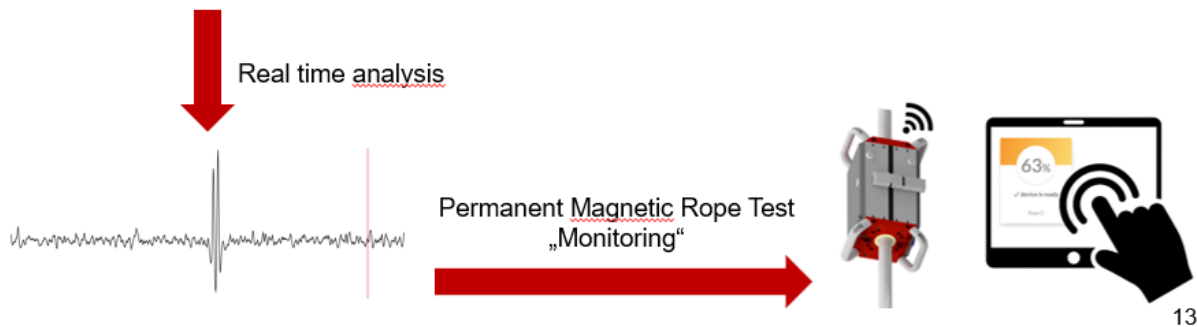
Somit ergeben sich viele Vorteile zum bisherigen Konzept der Seilprüfung

Permanent rope monitoring



Function and procedure of a magnetic rope test

1. Magnetization of the rope with the testing device
2. Record and real time analysis of the resulting stray field
3. Evaluation of the rope condition
4. Output of the overall rope condition to the operator

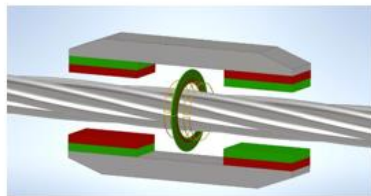


Wie erwähnt werden die prozessierten Daten in Echtzeit verarbeitet und dem Seilbahnbetreiber der Seilzustand in Summe angezeigt.

Funktion und Ablauf einer magnetischen Seilprüfung

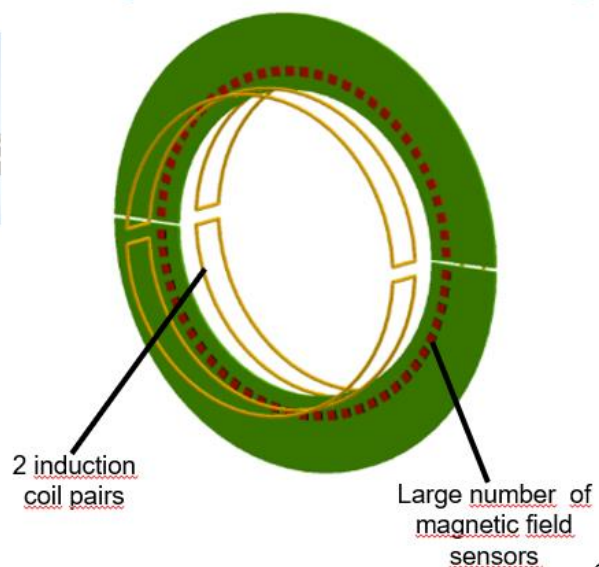
1. Magnetisierung des Seils mit dem Prüfgerät
2. Aufzeichnung und Echtzeitanalyse des resultierenden Streufeldes
3. Bewertung des Seilzustandes
4. Ausgabe des Gesamtseilzustandes an den Betreiber

Diverse Multi Channel Sensor Concept



multichannel systems examines:

- Local faults (LF) such as broken wires
- Locally resolved thanks to 3D heatmap
- Corrosion and wear
- Loss of metallic area (LMA)
- Lay length
- Changes in geometry



Die Echtzeitauswertung aus der vorhergehenden Folie wird durch das neue Sensorkonzept realisiert. Die konventionellen Spulenpaare sind in Seilrichtung versetzt angeordnet um eine redundante Messung zu haben.

In den Standardgeräten sind eine große Anzahl an Magnetfeldsensoren, sogenannte Hallsensoren am Seilumfang verbaut. Durch die Magnetfeldsensoren ergeben sich 2 weitere Vorteile. Da die Magnetfeldsensoren eine Spannung linear zum vorhandenen Magnetfeld ausgeben sind diese Geschwindigkeitsunabhängig und somit kann auch mit sehr geringen Geschwindigkeiten gemessen werden.

Der zweite wesentliche Vorteil besteht darin, dass durch die seilumfassende Anordnung das Seil quasi 3-Dimensional vermessen werden kann. Dies wird im Folgenden an Beispielen noch verdeutlicht.

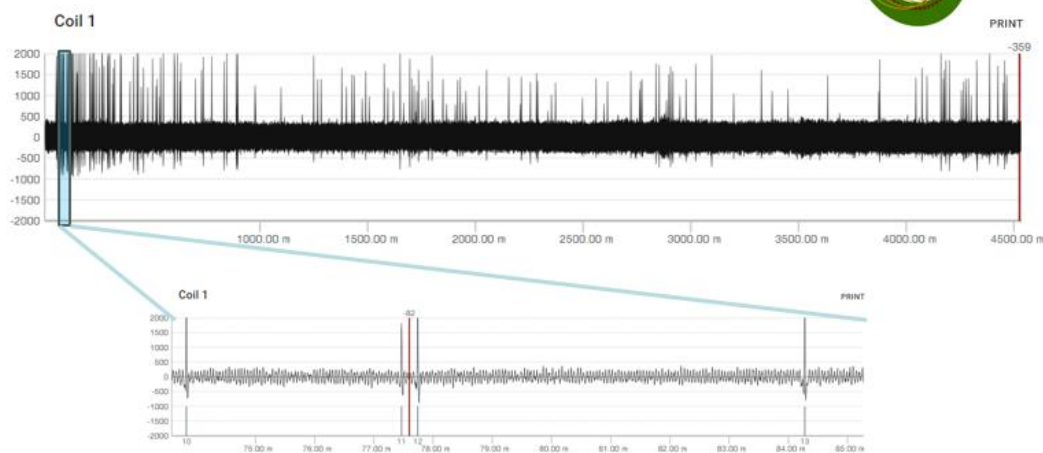
Das Grundprinzip der hochauflösenden Messung ist nicht neu. Dies wurde bereits durch August Haller von der damaligen EMPA in der Schweiz 1997 und durch eine Dissertation an der Universität Stuttgart von Jörg Nussbaum in 1999 veröffentlicht. Damals konnte dies aber aufgrund der hohen Anforderungen an die Messdatenerfassung noch nicht in Standardgeräte verbaut werden.

In den nachfolgenden Folien werde ich auf die Vorteile der Seilprüfung dieser Art eingehen.

Permanent rope monitoring new features



Local faults (LF) with coil sensors; such as broken wires

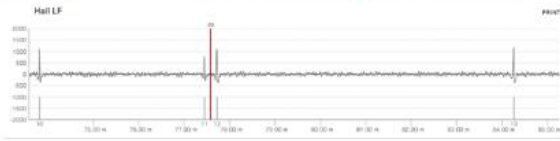


15

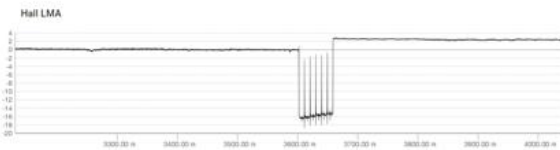
Als erstes wird das konventionelle Spulensignal, welches seit mehr als 100 Jahren eingesetzt wird, verwendet. Mit diesen Messspulen können gebrochene Drähte zuverlässig erfasst werden. Im oberen Bild ist eine Gesamtansicht eines Zugseiles abgebildet und im unteren Bild ist das Signal in einem Detaillierungsgrad zu sehen, wie es von Menschen analysiert werden kann. Hierbei sind 4 gebrochene Drähte in diesem Seilabschnitt zu sehen.

Permanent rope monitoring new features

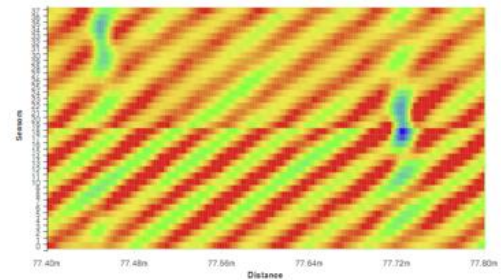
Local faults (LF) with magnetic field sensors



Loss of metallic area (LMA) in %



3D Heatmap



16

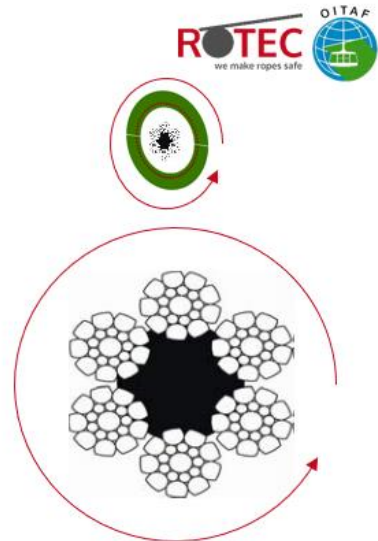
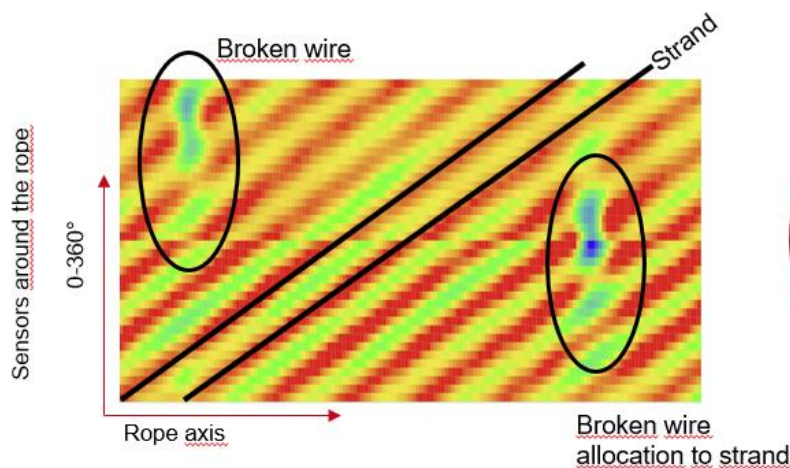
Als zweites wird aus dem Summensignal aller Magnetfeldsensoren ein Spulensignal generiert, um ebenso Drahtbrüche und andere Fehlstellen im Seil aufzufinden.

Als drittes ist es durch die Art und Anordnung der verwendeten Magnetfeldsensoren auch möglich den metallischen Querschnittsverlust (LMA) in Echtzeit zu erfassen und auszugeben. Das Resultat ist im unteren Bild abgebildet bei dem 2 zusammengespleißte Seilstücke zu erkennen sind.

Als vierte Möglichkeit gibt es die hochauflösende 3D Heatmap Darstellung, welche in den nachfolgenden Folien behandelt wird.

Multi Channel Sensor Concept

3D Heatmap "High resolution broken wire detection"



17

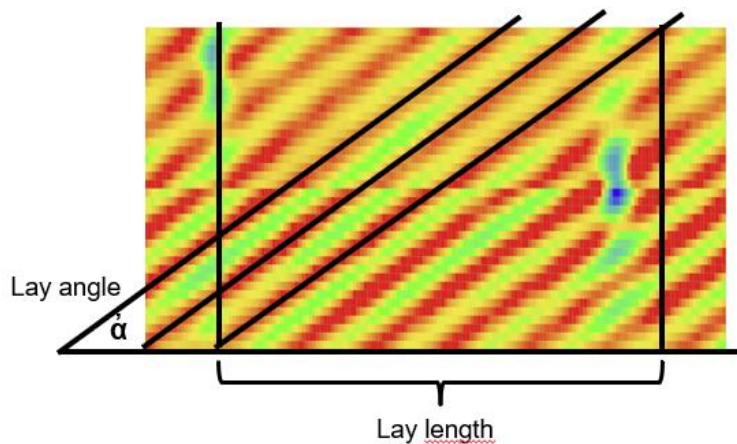
Bei der Heatmap Darstellung ist auf der X-Achse die Seilrichtung dargestellt und auf der Y-Achse ist der Umfang des Seiles abgerollt dargestellt.

In der Darstellung sind die einzelnen Litzen bei einem Förderseil eindeutig zu erkennen. Dies ist durch den ändernden Abstand der Litzen zu den Magnetfeldsensoren und das somit etwas größere und kleinere resultierende Magnetfeld begründet.

Drahtbrüche werden somit auch 3-dimensional dargestellt. Es können die Drahtbrüche sogar den einzelnen Litzen zugeordnet werden.

Multi Channel Sensor Concept: Lay length

Calculation of Lay length

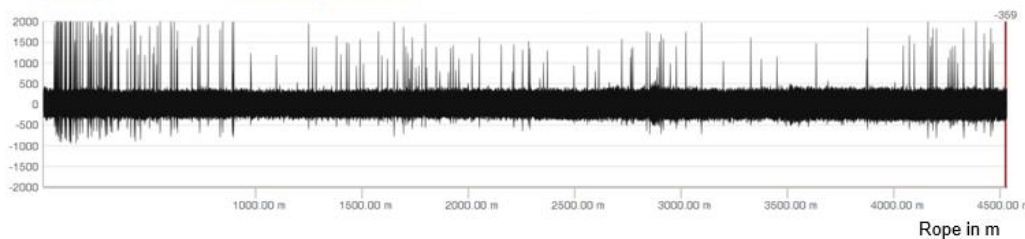


18

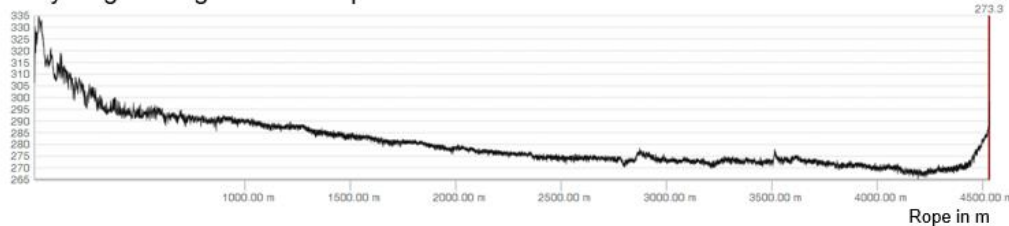
Bei Litzenseilen kann mit der hochauflösenden Messung auch durch die Detektion der Litzen und der Schlagwinkel direkt die Schlaglänge punktuell an jeder Seilstelle analysiert werden. Somit ist über der gesamten Seillänge die Schlaglänge bekannt und kann somit bei Ursachen von Drahtbruchhäufungen ggf. direkt zur Aufklärung dienen. Dies wird derzeit bereits bei Zugseilen von Zweiseilpendelbahnen und Standseilbahnen wie bei Umlaufbahnen mit großem Höhenunterschied zur Ursachenanalyse von Drahtbruchverteilungen eingesetzt. Hieraus wurde bereits nachgewiesen, warum Drahtbrüche bei auf oder zugeordneten Seilen rascher entstehen als bei Seilen, die eine kontinuierliche Schlaglänge entlang des Seiles aufweisen.

Multi Channel Sensor Concept: Lay length

Local faults (LF) with coil sensors



Lay length along the entire rope in mm



19

Im Folgenden ein Beispiel für die Ursachenanalyse von Drahtbruchhäufungen:

Im oberen Bild sind die vorhandenen Drahtbrüche vom Spulensignal ersichtlich. Bei Betrachtung der Schlaglänge ist eindeutig ersichtlich, dass auf der linken Seite das Seil aufgedreht ist und die Nennschlaglänge von 285 mm um 50 mm verlängert ist. Durch die Verlängerung der Schlaglänge sind die Drahtspannungen im Seilquerschnitt ungleichmäßig verteilt und hierdurch entstehen Drahtbrüche beim Lauf über Scheiben schneller als in den unverdrehten Seilbereichen.

Summary

- Rope service life calculation as early as the planning phase (Feyrer method)
- Magnetic Rope Testing at intervals
- Permanent Magnetic Rope Testing with live analysis
- Additional new measuring methods such as lay length, localisation (strand assignment) of broken wires, 3D heat map
- Improved plannability of maintenance
- Increased cable car availability
- Reduced costs through remote monitoring
- Increased safety through permanent testing
- Improved measurement method through further development

20

Zum Abschluss noch eine Zusammenfassung:

- Berechnung der Seillebensdauer bereits in der Planungsphase einer Seilbahn mit der Feyrer-Methode
- Seither findet eine Magnetische Seilprüfung in Intervallen statt

- In der Zukunft wird die Permanente magnetische Seilprüfung mit Live-Analyse immer häufiger zum Einsatz kommen
- Zusätzliche neue Messmethoden wie Schlaglänge, Lokalisierung (Litzenzuordnung) von Drahtbrüchen, 3D Heatmap

Hierdurch ändert sich für den Seilbahnbetreiber einiges im positiven Sinne:

- Verbesserte Planbarkeit der Instandhaltung
- Erhöhte Verfügbarkeit von Seilbahnen
- Geringere Kosten durch Fernüberwachung
- Erhöhte Sicherheit durch permanente Seilprüfung
- Verbesserte Messmethode durch die vorgestellte Weiterentwicklung