

Bedeutung und Zuverlässigkeit der visuellen Seilinspektion



Dr. Stefan Messmer, IWM AG

Die visuelle Seilinspektion sorgt immer wieder für angeregte Diskussionen unter Seilbahn-Fachleuten. Der Grund dafür ist relativ einleuchtend: Die seriöse visuelle Inspektion von Seilen erfordert viel Zeit, ist damit teuer und sie überfordert scheinbar den Menschen. Es ist schlicht nicht möglich, bei einer Kontrolle eines mehrere Kilometer langen Seiles alles zu sehen und zu dokumentieren.

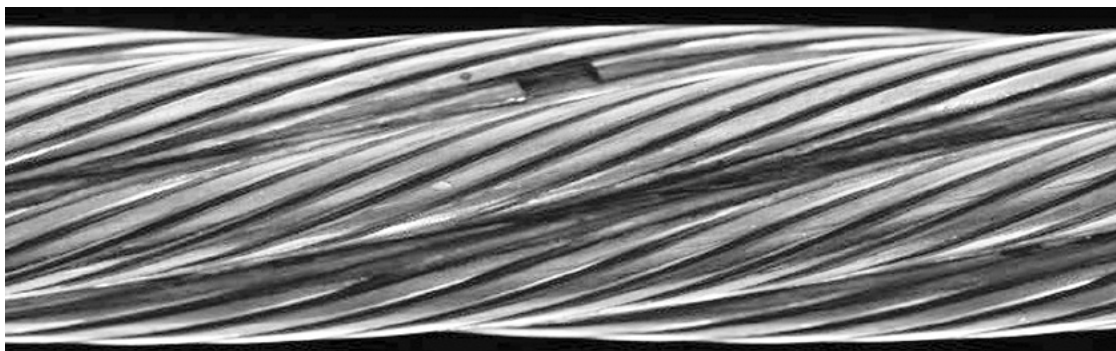


Bild 1: Gebrochener Draht (magnet-induktiv problemlos zu detektieren) bei einem 6 x 25 Filler Wire Seil.

Text und Bilder: Dr. Stefan Messmer

Trotzdem ist die visuelle Kontrolle für den sicheren Betrieb von Seilbahnen von entscheidender Bedeutung und hat denselben Stellenwert wie die magnet-induktive Kontrolle. Und bei richtiger Durchführung ist die Qualität der Kontrolle viel besser, als man gemeinhin annehmen würde.

Ich möchte mit diesem Artikel auf ein paar einfache Zusammenhänge hinweisen, die für die Beurteilung und die Verbesserung der Qualität von visuellen Seilinspektionen wichtig sind. Als Grundlage dafür dient der Abschlussbericht

des Forschungsprojektes «Visuelle Seilinspektion» des Institut für Fördertechnik und Logistik (IFT) der Universität Stuttgart.

«Erkennungswahrscheinlichkeit»

Bei der visuellen Inspektion, egal ob sie von blossem Auge oder mit maschineller Unterstützung durchgeführt wird, findet man nicht alle Fehler in einem Seil. Bei der Durchführung von blossem Auge ist dieser Sachverhalt jedem klar. Wird eine Seilprüfung wie empfohlen von 2 Personen durchgeführt, gibt es Bereiche, die von keinem

der beiden Prüfer eingesehen werden können. Zudem sind die beiden Prüfer Ablenkungen ausgesetzt, die eine lückenlose, ununterbrochene Beobachtung und Beurteilung der Seiloberfläche verunmöglichen. Die beiden Prüfer werden von allen Fehlern im Seil nur einen Anteil finden. Die Erkennungswahrscheinlichkeit definieren wir als das Verhältnis von erkannten Fehlern zu total vorhandenen Fehlern. Dieses Mass ist direkt ein Qualitätsmerkmal der visuellen Kontrolle.

Eine Erkennungswahrscheinlichkeit von 1 (100%) charakterisiert eine «perfekte» visuelle

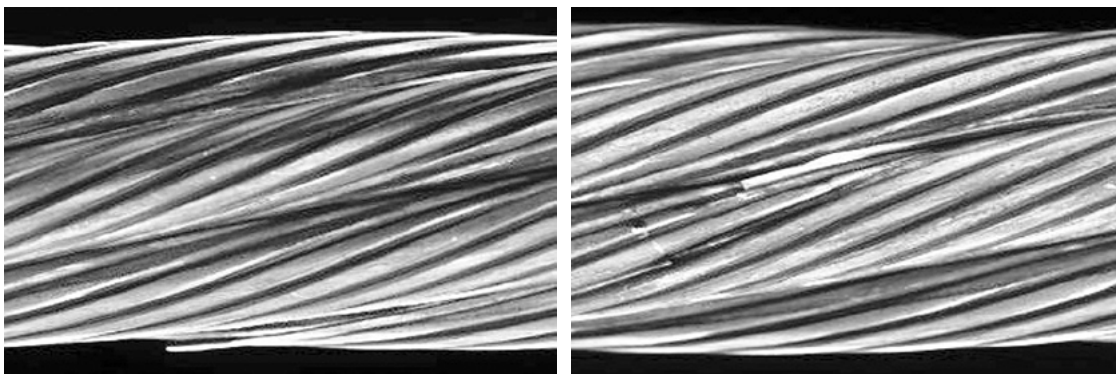


Bild 2: Gebrochener Filler Draht beim gleichen Seil (magnet-induktiv nicht zu detektieren).

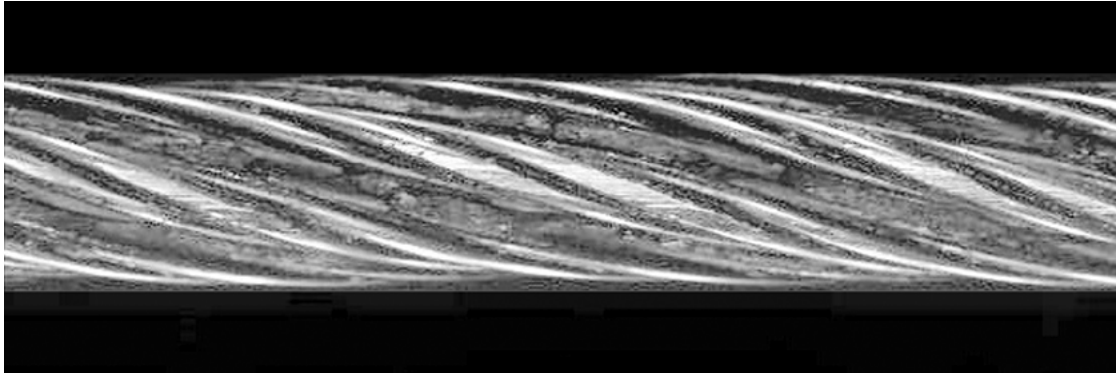


Bild 3: Einseitiger Verschleiss auf einem Zugseil, vermutlich durch Strukturkontakt verursacht (magnet-induktiv nicht zu detektieren).

Inspektion, und je geringer die Erkennungswahrscheinlichkeit ist, desto schlechter ist die Qualität der visuellen Inspektion.

Es ist offensichtlich, dass die beiden Prüfer grössere Fehler, zum Beispiel «Drahtbruchnester», leichter finden als zum Beispiel sauber ausgebrochene Drähte, bei denen keine Drahtenden mehr sichtbar sind. Die Erkennungswahrscheinlichkeit hängt also offensichtlich nicht nur von der Aufmerksamkeit der beiden Prüfer, sondern auch von von der Art der Fehler ab. Im Schlussbericht des Forschungsprojektes ist die Erkennungswahrscheinlichkeit für verschiedene Kategorien von

Fehlern ermittelt worden:

- Korrosion 79%
- Einzeldrahtbruch 25%
- Litzengassenkorrosion 86%
- Riefen 58%
- Schädigung mehrer Drähte 68%
- Blitzschlag 64%

Die Fehlerkategorien sind von oben nach unten nach steigendem Risikopotenzial geordnet. Schäden mit hohem Risikopotenzial werden bei der konventionellen, von blossen Auge durchgeführten visuellen Inspektion relativ zuverlässig gefunden. Die geringe Erkennungswahrscheinlichkeit von Einzeldrahtbrüchen erstaunt aber. Da die magnet-in-

duktive Seilprüfung gerade bei der Erkennung von Drahtbrüchen ausserordentlich zuverlässig ist, wird das Manko der visuellen Inspektion in idealer Weise kompensiert.

Seit wir visuelle Inspektionen durchführen, begleitet uns die Frage nach der Zuverlässigkeit der visuellen Inspektion. Im Gegensatz zu einem Versuch mit präparierten Fehlern kennt man die Anzahl im Seil befindlicher Fehler natürlich nicht. Die Zuverlässigkeit der visuellen Inspektion muss deshalb auf andere Weise abgeschätzt werden.

Wiederholt man eine visuelle

		N_b (wiedergefundene Fehler)						
		1	2	5	10	20	50	100
N_i (nicht wiedergefunden)	0	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
	1	50%	67%	83%	91%	95%	98%	99%
	2	33%	50%	71%	83%	91%	96%	98%
	5	17%	29%	50%	67%	80%	91%	95%
	10	9%	17%	33%	50%	67%	83%	91%
	20	5%	9%	20%	33%	50%	71%	83%
	50	2%	4%	9%	17%	29%	50%	67%
	100	1%	2%	5%	9%	17%	33%	50%

Tabelle 1: Abschätzung der Erkennungswahrscheinlichkeit aus Resultaten von visuellen Inspektionen.

	1	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%
	2	19%	36%	51%	64%	75%	84%	91%	96%	99%
Anzahl Inspektionen	3	27%	49%	66%	78%	88%	94%	97%	99%	100%
	4	34%	59%	76%	87%	94%	97%	99%	100%	100%
	5	41%	67%	83%	92%	97%	99%	100%	100%	100%

Tabelle 2: Erkennungswahrscheinlichkeiten bei wiederholten Prüfungen.

Inspektion, der Zeitabstand spielt hier keine Rolle, und vergleicht die Resultate beider visuellen Inspektionen, so wird man Folgendes feststellen².

- Eine gewisse Anzahl Fehler werden mit beiden visuellen Inspektionen gefunden (N_b)
- Eine gewisse Anzahl Fehler werden nur mit der ersten visuellen Inspektion gefunden (N_1)
- Eine gewisse Anzahl Fehler werden nur mit der zweiten visuellen Inspektion gefunden (Diese Kategorie brauchen wir für die folgenden Überlegungen nicht).

Diejenigen Fehler, die nur mit der ersten visuellen Inspektion gefunden wurden, sind natürlich noch vorhanden. Je kleiner diese Anzahl ist, desto zuverlässiger sind die visuellen Inspektionen ausgeführt worden. Diese Aussage lässt sich noch etwas systematisieren. Man findet folgenden Zusammenhang für die Erkennungswahrscheinlichkeit p :

$$p = \frac{N_b}{N_b + N_1}$$

Diese Überlegungen sind innerhalb von Fehlerkategorien allgemeingültig und auf alle visuellen Kontrollen anwendbar. Besonders interessant und einfach auszuführen sind solche Abschätzungen, wenn man Computer-unterstützte Verfahren wie zum Beispiel Winspect® einsetzt. Eines muss allerdings beachtet werden: Belastbare Zahlenwerte erhält man erst dann, wenn eine genügende Anzahl Fehler in einem Seil vorhanden sind.

Verbesserung der Qualität durch Wiederholungen

Die Erkennungswahrscheinlichkeit von Fehlern in Seilen ist bei der visuellen Inspektion nicht so hoch, wie man es sich von den klassischen Prüfver-

fahren her gewohnt ist. Um eine gute Qualität zu bekommen, sind Wiederholungen notwendig. Man geht dabei von der berechtigten Hoffnung aus, dass bei einer von zahlreichen Wiederholungen ein Fehler «zufällig» vom Prüfer entdeckt wird. Je mehr Wiederholungen, desto grösser ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein bestimmter Fehler von einem Prüfer entdeckt wird. Die Tabelle 2 zeigt die Zusammenhang zwischen der Erkennungswahrscheinlichkeit bei einer Prüfung und der Anzahl Wiederholungen auf.

Nehmen wir zum Beispiel eine Fehlerkategorie mit Erkennungswahrscheinlichkeit 50%, hat man nach drei Wiederholungen bereits 88% der Fehler dieses Typs in einem Seil mindestens einmal gesehen. Bei den drei wichtigsten Fehlerkategorien gemäss Forschungsbericht des IFT erhält man nach drei Wiederholungen bereits eine Erkennungswahrscheinlichkeit von mindestens



Bild 4: Spontan gebrochene Z-Drähte (frische Restbruchflächen deutlich sichtbar).



Bild 5: Bremspuren einer Fangbremsung, eine der möglichen Ursachen einer Schädigung wie in Bild 4 gezeigt.

93%. Und das ist doch schon eine ganz respektable Zuverlässigkeit.

Ergänzung zur magnet-induktiven Prüfung

Die Forschungsarbeit des IFT der Uni Stuttgart zeigt die Stärken und Schwächen der visuellen Seilinspektion klar auf: Die magnet-induktive Prüfung ist dort stark, wo die visuelle Inspektion Schwächen hat und umgekehrt. Diese beiden Prüfmethoden ergänzen sich in idealer Weise. Ihre Bedeutung für den sicheren Betrieb von Seilbahnen ist gleichwertig. Nur wenn beide Prüfungen mit derselben Sorgfalt ausgeführt werden, kann ein sicherer und unterbruchsfreier Betrieb gewährleistet werden. Während die magnet-induktive Prüfung vor allem versteckte Fehler detektieren kann, ist die visuelle Kontrolle für die Erkennung von äusseren Schäden wichtig. Wir haben vor ein paar Tagen eine Kontrolle eines älteren Tragseils gemacht bei dem unmittelbar nach der Prüfung 8 Z-Drähte spontan gebrochen sind.

Schäden dieser Art können, wenn überhaupt, nur mit einer visuellen Inspektion gefunden werden.

Da die Erkennungswahrscheinlichkeit von Fehlern bei der visuellen Inspektion generell

geringer ist, als bei der magnet-induktiven Prüfung, muss diese Kontrolle häufiger ausgeführt werden als die magnet-induktive Kontrolle. Bei einem Verhältnis von drei visuellen Inspektionen zu einer magnet-induktiven Kontrolle ist die Zuverlässigkeit beider Prüfmethoden durchaus vergleichbar.

Zusammenfassung

Aufbauend auf den Ergebnissen des Forschungsprojektes «Visuelle Seilinspektion» des IFT der Uni Stuttgart lassen sich verschiedene Konzepte entwickeln und realisieren, mit denen man:

- Die Qualität einer visuellen Inspektion ermitteln kann und
- Die Qualität einer visuellen Inspektion verbessern kann.

Mit der Wiederholung von visuellen Inspektionen und der Auswertung ihrer Resultate kann man deren Qualität auf einfache Art und Weise überprüfen. Je mehr Fehler bei der Wiederholungsprüfung bestätigt werden, desto besser ist die Qualität der visuellen Inspektion. Werden hingegen viele bereits bekannte Fehler nicht mehr gefunden, ist die Qualität der visuellen Inspektion mangelhaft.

Je öfter eine visuelle Inspektion wiederholt wird, desto besser kennt man den Gesamtzustand des Seiles. Wie oft man eine visuelle Inspektion wiederholen muss, um eine mit der magnet-in-

duktiven Kontrolle vergleichbare Qualität zu erreichen hängt von verschiedenen Faktoren ab, unter anderem von der Art des Fehlers. Für die wichtigsten, bei der magnet-induktiven Kontrolle kaum sichtbaren Fehler (Riefen, mehrere beschädigte Drähte und Blitzschläge) genügen drei Kontrollen, um eine vergleichbare Qualität zu bekommen. Dabei wird von den Zahlen im Forschungsbericht des IFT ausgegangen und eine Erkennungswahrscheinlichkeit von mindestens 90% vorausgesetzt.

Entgegen der weit verbreiteten Ansicht, dass die visuelle Inspektion, insbesondere von blossen Auge, unzureichend sei, weist die Forschungsarbeit des IFT die Zuverlässigkeit der visuellen Inspektion detailliert nach. Mittels Wiederholungen ist es zudem möglich, deren Qualität direkt zu überprüfen und gleichzeitig auch noch zu verbessern. Mit wenigen Wiederholungen erreicht man eine zur magnet-induktiven Kontrolle vergleichbare Qualität. Damit hat die visuelle Inspektion den gleichen Status wie die magnet-induktive Kontrolle und muss ergänzend zu dieser mit der gleichen Sorgfalt ausgeführt werden.

² Die visuellen Inspektionen müssen vollständig unabhängig voneinander ausgeführt werden. Insbesondere dürfen keine Schadenstellen markiert werden.