



## Neueste Erkenntnisse zu den Möglichkeiten und Grenzen der visuellen Seilinspektion

Marina Härtel, B. Sc., IFT Universität Stuttgart  
Dipl.-Ing. Sven Winter, IFT Universität Stuttgart  
Dipl.-Ing. Konstantin Kühner, IFT Universität Stuttgart  
Urs Amiet, Bundesamt für Verkehr

## Einführung und Hintergrund

Die Stiftung für Unterstützung und Forschung im Bereich Seilbahnen (SUFS) in der Schweiz hat das Institut für Fördertechnik und Logistik (IFT) damit beauftragt, Lösungen für offene Aufgabenstellungen im Bereich visuelle Seilinspektion zu erforschen und entwickeln. Dieses Forschungsvorhaben läuft unter der Aufsicht, Mitwirkung und Leitung des Studienausschuss II der OITAF. Im Anschluss an das Forschungsprojekt wird der Studienausschuss eine Empfehlung zur visuellen Seilinspektion erarbeiten.

Das Ziel des Forschungsvorhabens ist ein systematisches Verfahren zur visuellen Seilinspektion von Seilbahnen. Die Zuverlässigkeit der visuellen Seilinspektion Typ A und Typ C (siehe Tabelle 1) soll mittels Feldversuchen ermittelt werden. Kein Gegenstand des Projektes sind Zeitintervalle und Inspektionsfristen.

Tabelle 1: Inspektionsfristen nach PrEN 12927:2016 [1]

Parameter	Typ A	Typ B	Typ C
Geschwindigkeit	< 0,3 m/s	0	< 1 m/s
Stopp auf Befehl	ja	nicht zutreffend	ja

## Notwendigkeit der visuellen Seilinspektion

Die visuelle Seilinspektion ist ein unbestreitbar notwendiges Hilfsmittel zur zerstörungsfreien Prüfung von Drahtseilen. Sie trägt wesentlich dazu bei einen sicheren Betrieb und daher eine höhere Verfügbarkeit der Anlagen zu gewährleisten.

Im Folgenden sind zwei Beispiele dargestellt, die die Notwendigkeit der visuellen Seilinspektion darlegen.

Die Abbildungen 1 und 2 zeigen, dass eine gerutschte Klemmplatte durch Reibmartensit und Oberflächen Versprödung große Schäden anrichten kann, wenn der Schaden nicht rechtzeitig entdeckt wird. Aufgrund von nicht durchgeführten visuellen Inspektionen wurde dieser Schaden auf einer Länge von 41 cm erst bei der nächsten MRT-Prüfung bekannt. Der Querschnittsverlust lag zu diesem Zeitpunkt bereits bei ca. 40 %.

Blitzschläge, wie in den Abbildungen 3 und 4 dargestellt, können zu Materialverlust am Draht, scharfkantigen Oberflächen und Gefügeänderungen wie Martensit und somit langfristig zu Drahtbrüchen führen. Ist bekannt, dass Blitze häufig in die Anlage einschlagen, so ist nach einem Gewitter eine außerordentliche Inspektion durchzuführen, um eventuelle Schäden festzustellen und frühzeitig eine präventive Sanierung durchzuführen.



*Abbildung 1: Folgeschäden von gerutschter Klemmplatte*



*Abbildung 2: Folgeschäden von gerutschter Klemmplatte*



*Abbildung 3: Einschlagstelle an Seilunterseite*



*Abbildung 4: Einschlag-/Austrittsstelle an der Seite des Seils*

### Abgrenzung zur magnetinduktiven Seilprüfung

Während die visuelle Inspektion dazu eingesetzt wird Oberflächenschädigungen des Seils zu entdecken, dient die magnetinduktive Prüfung (MRT) zur Identifizierung von inneren Drahtbrüchen oder nicht sichtbaren Drahtbrüchen, vor allem in den Litzengassen, geeignet. Dazu wird das Seil bis zur magnetischen Sättigung aufmagnetisiert. Dabei verursachen Störungen im Seil, beispielsweise Drahtbrüche oder lokale Fehlstellen, eine Streufeldänderung. [2] Die visuelle Inspektion kann einen präventiven Charakter besitzen, da Schäden vor dem Drahtbruch, als letztes Stadium, erkannt werden können. [3 ,4]

Um eine lange Lebensdauer des Seiles zu gewährleisten ist also eine Kombination aus visueller Inspektion und MRT-Seilprüfung anzustreben. [5]

Tabelle 2: Kombination aus visueller Inspektion und MRT-Prüfung

MRT-Prüfung	Kombination	Visuelle Inspektion
Innere Drahtbrüche	Starke Korrosion Starke Drahtbeschädigung	Verbogene Drähte Riefen, Kerben, Kratzer Litzenberührungen
Drahtbrüche in Litzengasse	Äußere Drahtbrüche Ehemalige Klemmenbereiche Blitzschläge	Beginnende Korrosion Drahtverwerfungen Störungen der Seilsymmetrie

### Inspektion mit einer Vorrichtung zur optischen Seilinspektion

Vorrichtungen zur optischen Seilinspektion (OID) existieren inzwischen seit fast 10 Jahren auf dem Markt und sind in einigen Ländern als technische Unterstützung im Seilbahnbereich zugelassen. Neben Betreibern setzen auch Prüfdienstleister solche Geräte ein.

Vorrichtungen zur optischen Seilinspektion ermöglichen die wesentlichen Einschränkungen der magnetinduktiven Prüfung in Bezug auf die Detektion von Oberflächenschäden zu umgehen und können damit zu einer erheblichen Verbesserung der Seilprüfung beitragen. Sie haben außerdem den Vorteil, dass auffällige Stellen dokumentiert und vermessen sind, so dass sie später besser lokalisiert werden können. Durch den Einsatz einer Vorrichtung zur optischen Seilinspektion ist zudem möglich, die Inspektionsintervalle zu erhöhen. Dies ist jedoch abhängig von den Regulationen der jeweiligen Länder.

In Tabelle 3 werden die Nachteile und die Vorteile einer Vorrichtung zur optischen Seilinspektion im Vergleich zur manuellen Inspektion sowie deren Übereinstimmungen aufgezählt.

Tabelle 3: Vergleich der manuellen Inspektion mit einer Vorrichtung zur optischen Seilinspektion

Nachteile zur manuellen Inspektion	Übereinstimmung zur manuellen Inspektion	Zugewinn zur manuellen Inspektion
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswertung erfolgt zeitversetzt zur Prüfung, manuelle Nachkontrolle auf der Anlage erst später möglich</li> <li>• Verlust von Farbinformationen bei Schwarzweißaufnahmen</li> <li>• Handkontakt zum Seil entfällt</li> <li>• Qualitative Eindrücke (z.B. Schmiermittelzustand) können entfallen</li> <li>• Anschaffungskosten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erkennbarkeit der klassischen Fehlertypen wie Drahtbruch, Blitzschlag, Verwerfung und Riefen</li> <li>• Ähnliche Fehlerentdeckungsquoten</li> <li>• Ähnliche physikalische Grenzen der Sichtbarkeit (Blickwinkel, Reflektionen, Schmutz / Eis,...)</li> <li>• Abhängigkeit der Prüfqualität von Vibrationen, Reflektionen, Witterungseinflüssen</li> <li>• Für spätere Nachkontrollen sollte an einem definierten Punkt (beispielsweise Spleiß) begonnen werden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Weniger Abhängigkeit vom „Faktor Mensch“</li> <li>• Weniger Fachpersonal nötig</li> <li>• Zeitersparnis in Bezug auf Anlagenverfügbarkeit</li> <li>• Dokumentation</li> <li>• Aufzeichnung Durchmesser und Schlaglängenverlauf möglich, evtl. Gefahren aus lokalen Abweichungen können rechtzeitig erkannt werden</li> <li>• Verbesserter Arbeitsschutz</li> </ul>

### **Aktuelle Situation der Inspektionsbedingungen**

Die Inspektionsbedingungen sind aktuell vor allem in Bezug auf die Arbeitsplatzsituation oft unzureichend.

- Es herrschen teilweise sehr beengte Verhältnisse am Seil (siehe Abbildung 5) oder es muss auf Leitern inspiziert werden (siehe Abbildung 7)
- Es müssen oft unbequeme Steh-/Sitzpositionen eingehalten werden (siehe Abbildung 5)
- Teilweise wird mit nur einer Person plus Spiegel (um das Seil von unten einzusehen) geprüft (siehe Abbildung 6)
- Bei der Inspektion von Trageseilen müssen besondere Sicherheitsvorkehrungen beachtet
- Es herrschen schlechte Lichtverhältnisse - die Wetterlage kann die Inspektion durch Sonne, Nebel, Schnee oder Regen negativ beeinflussen

Die Inspektion von Trageseilen wird auf der Kabine, dem Laufwerk oder speziellen Vorrichtungen zum Sitzen oder Liegen durchgeführt (siehe Abbildung 8). Dabei müssen besondere Sicherheitsvorkehrungen beachtet werden, damit die Mitarbeiter nicht in eine Gefahrensituation geraten können.

An standardisierten Modulstationen für Einseilumlaufbahnen (EUB) wird die Inspektion, je nach Hersteller, mit einem zusätzlichen Spiegel innerhalb der Station durchgeführt (siehe Abbildung 9). Die Mitarbeiter positionieren sich während der Inspektion beide über dem Seil, wobei ein Mitarbeiter das Seil direkt von oben betrachtet, während der zweite Mitarbeiter das Seil über den Spiegel von unten inspiziert (siehe Abbildung 10).



*Abbildung 5: Unbequeme Sitzposition bei der Inspektion*



*Abbildung 6: Inspektion mit einer Person plus Spiegel*



*Abbildung 7: Visuelle Inspektion auf einer Leiter und einer kleinen Plattform*



*Abbildung 8: Visuelle Inspektion von Tragseilen auf einer Plattform und dem Laufwerk*



Abbildung 9: Spiegel an standardisierter Modulstation für Einseilumlaufbahnen (Blick von außerhalb der Station)



Abbildung 10: Mögliche Positionierung der Mitarbeiter an einer Modulstation für EUB

Neben den Platzverhältnissen besteht zudem das Problem, dass bei einer Inspektion mit zwei Personen nicht die komplette Seiloberfläche eingesehen werden kann. Dies ist in Abbildung 11 zur Verdeutlichung grafisch dargestellt. Dabei bedeutet grün, dass dieser Seilbereich einsehbar ist, während rot im toten Winkel der beiden inspizierenden Personen liegt.

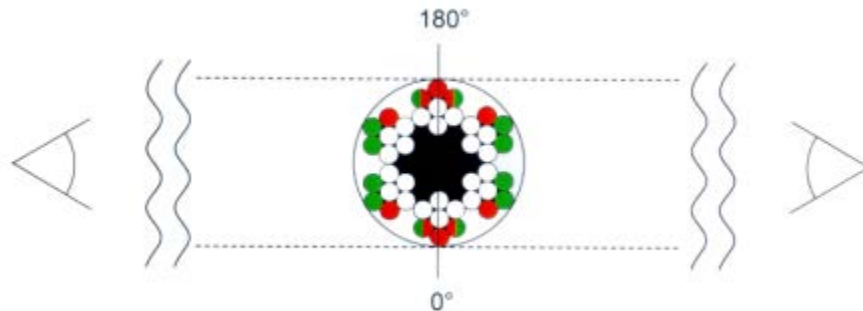


Abbildung 11: Sichtbarer Teil der Seiloberfläche bei der visuellen Seilinspektion



## Feldversuche

Für die Durchführung der Feldversuche, die dazu dienten, die Zuverlässigkeit der visuellen Inspektion zu ermitteln, wurde eine künstliche Nachbildung der Fehler, die am häufigsten zu einer Ablegereife des Seiles führen, angestrebt. Die Fehlerbilder Blitzschlag, Schädigung mehrerer Drähte, Riefen, Litzengassenkorrosion, Korrosion und Drahtbruch wurden abstrahiert und die Nachbildungen bei systematischen Tests am IFT optimiert. In Abbildung 12 bis Abbildung 15 sind einige Beispiele dargestellt.



Abbildung 12: Künstliche Nachbildung Korrosion



Abbildung 13: Künstliche Nachbildung Riefen



Abbildung 14: Künstliche Nachbildung Drahtbruchhäufung

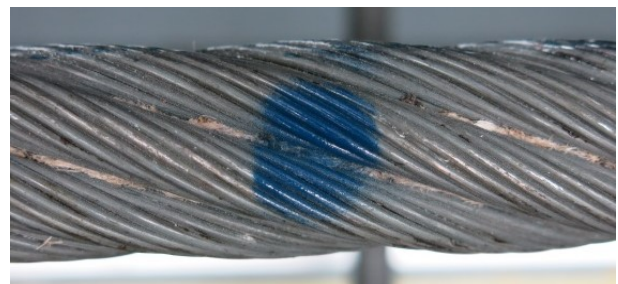


Abbildung 15: Künstliche Nachbildung Blitzschlag

Am ersten Feldversuch, an dem 20 Personen teilnahmen, wurden unterschiedliche Arbeitsplatzsituationen und verschiedene Arten der Inspektion durchgeführt. Dabei wurden Inspektionen mit oder ohne Pause, mit oder ohne Hilfsmittel und bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten, an offenen Stationen fix geklemmter Sesselbahnen, durchgeführt. Die Teilnehmer konnten während des Versuches Ihre bisherigen Erfahrungen und eine Selbsteinschätzung in Fragebögen mitteilen. Der zweite Feldversuch, an dem die Mitglieder der Projektgruppe teilnahmen, konzentrierte sich auf standardisierte Modulstationen für Einseilumlaufbahnen sowie die Inspektion von Tragseilen.

## Auswertung der Feldversuche

Für die Auswertung der Feldversuche wurden neben den Inspektionsergebnissen auch die Fragebögen, die die Teilnehmer ausfüllten sowie Ergebnisse aus Diskussionsrunden, ausgewertet. Im Folgenden sind die wichtigsten Ergebnisse zusammengefasst.

### Ermittlung von Fehlerentdeckungsquoten

Durch die Feldversuche mit präparierten Fehlerbildern können nun erstmalig Fehlerentdeckungsquoten zur visuellen Inspektion ermittelt und ausgewertet werden.

Dabei wird zunächst definiert welche Schädigungen ein besonderes Risikopotential darstellen und welche Fehler ein eher niedriges Risikopotential besitzen. Schädigungen mit einem hohen Risikopotential können weitaus schneller zu einer Ablegereife des Seiles führen. Das Risikopotential der Schädigungen lautet, in absteigender Reihenfolge, wie folgt:

- Blitzschlag
- Schädigung mehrerer Drähte
- Riefen
- Litzengassenkorrosion
- Einzeldrahtbruch
- Korrosion



Die Fehlerentdeckungsquote der einzelnen Schädigungen ist in Abbildung 16 dargestellt. Dabei wurden alle durchgeführten Versuche während beider Feldversuche berücksichtigt.

Während der Schadensfall Blitzschlag das höchste Risikopotential hat liegt die Fehlerentdeckungsquote bei nur 64 %. Auch der Schadensfall Schädigung mehrerer Drähte liegt bei 68 %. Beide Schadensfälle treten als dunkle Schatten auf dem Seil auf und sind daher für das Auge teilweise schwer erkennbar. Dies ist besonders dann der Fall, wenn der Schaden in der Litzengasse liegt.

Die Schadensfälle Litzengassenkorrosion und Korrosion allgemein liegen bei einer Fehlerentdeckungsquote von ca. 80 %. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Schadensfall Korrosion als orange-braune Farbe auftritt und sich daher deutlicher vom Seil abhebt als die Schadensfälle Schädigung mehrerer Litzen und Blitzschlag. Wie zu erwarten haben die Schadensfälle Riefen und Einzeldrahtbruch die geringste Fehlerentdeckungsquote, da diese auf dem Seil nur schwer zu erkennen sind. Hier sei noch einmal darauf hingewiesen, dass es kein alleiniges Ziel der visuellen Inspektion ist Einzeldrahtbrüche zu erkennen.

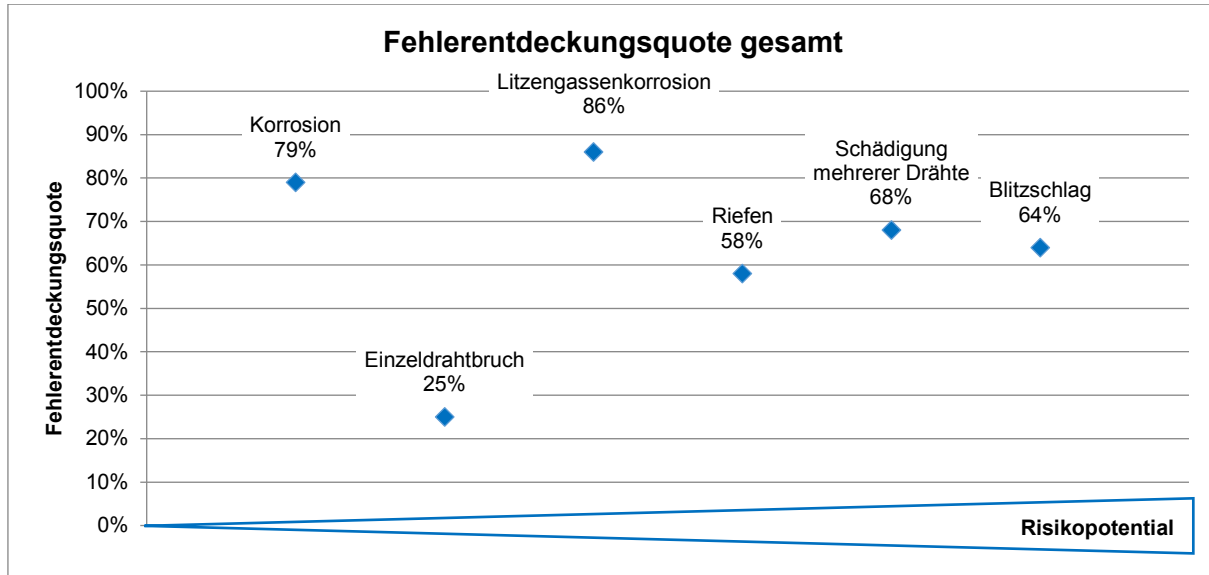


Abbildung 16: Fehlerentdeckungsquote nach Fehlerart

Wird die Fehlerentdeckungsquote bei einer Inspektion nach Typ A getrennt nach Stationen ausgewertet (siehe Abbildung 17), wird deutlich welche Faktoren einen Einfluss auf die Entdeckungsquote nehmen.

Die Lichtverhältnisse sowie der Hintergrund während der Inspektion haben einen starken Einfluss auf die Fehlerentdeckungsquote. Bei blendender Sonne oder bei einer Inspektion, bei der der Blick gegen den Himmel gerichtet ist, werden vor allem Fehlerbilder, die keinen deutlichen Kontrast zum Seil bilden, wie beispielsweise Blitzschlag oder die Schädigung mehrerer Drähte, häufig nicht gefunden. Ein unregelmäßiger Hintergrund, beispielsweise ein Werbeplakat, bietet keinen guten Kontrast zum Seil und lenkt den Prüfer während der Inspektion ab. Eine einfache Möglichkeit, in diesen Fällen die Fehlersuche zu vereinfachen, ist es, einen farbigen Hintergrund hinter dem Seil anzubringen. Versuche haben ergeben, dass sich vor allem dunkle Farben, wie dunkelgrün, grau oder dunkelblau anbieten. Grelle Farben, wie weiß oder rot sind ungeeignet.

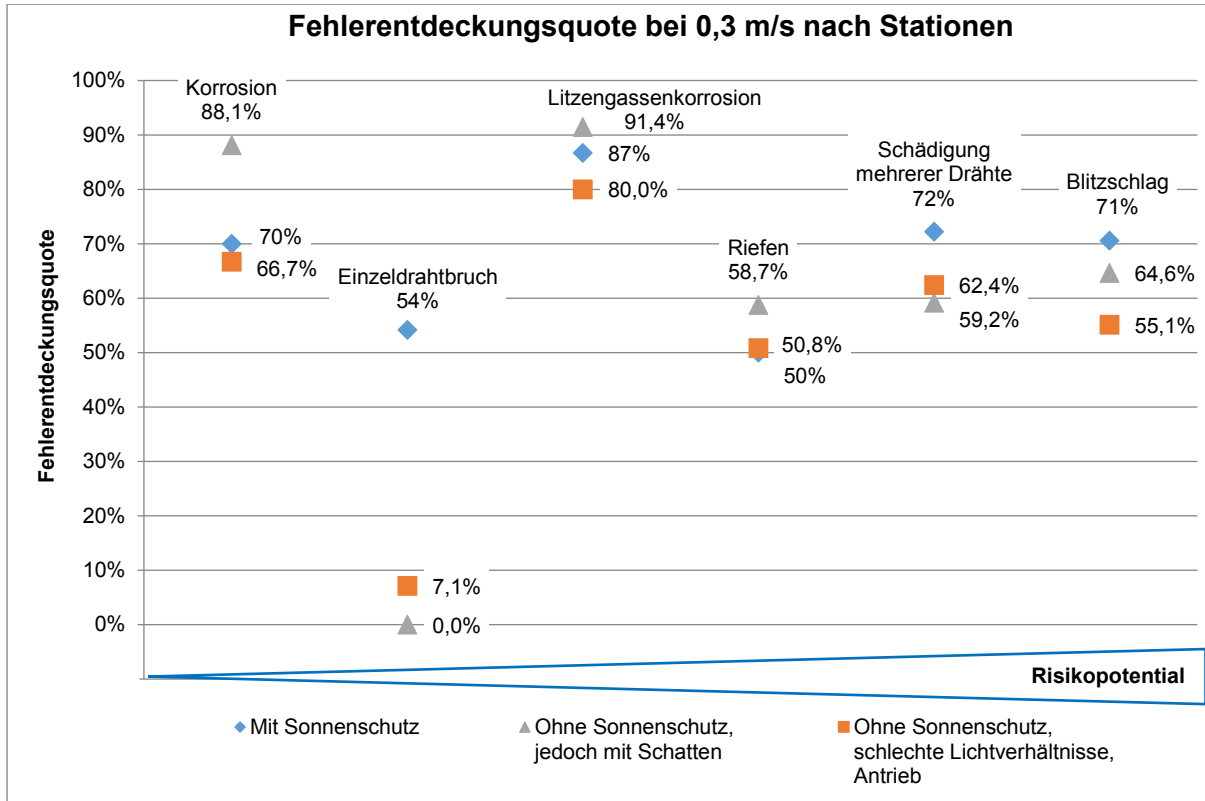


Abbildung 17: Fehlerentdeckungsquote bei 0,3 m/s nach Stationen

### Zusammenhang zwischen Fehlerentdeckungsquote und bisheriger Erfahrung

Eine weitere Erkenntnis aus den Feldversuchen ist in Abbildung 18 dargestellt. Dabei wird deutlich, dass eine langjährige Erfahrung im Durchschnitt keinen Vorteil bezüglich der Fehlerentdeckungsquote bietet. Jedoch ist darauf hinzuweisen, dass auf jeden Fall eine Grundkenntnis über die Fehlerbilder, die im Seil auftreten können, vorliegen muss. Neue Mitarbeiter sind also unbedingt vor ihrer ersten Inspektion gründlich einzuweisen. Auf die Fehlerbilder, die ein Mitarbeiter, der eine Inspektion durchführt, kennen muss, wird auch im Bewertungssystem, das im Folgenden vorgestellt wird, aufmerksam gemacht. Deutlich wird jedoch, dass die Wiederholgenauigkeit mit steigender Inspektionserfahrung besser wird. Die Streuung der Fehlerentdeckungsquote wird mit steigender Erfahrung geringer.

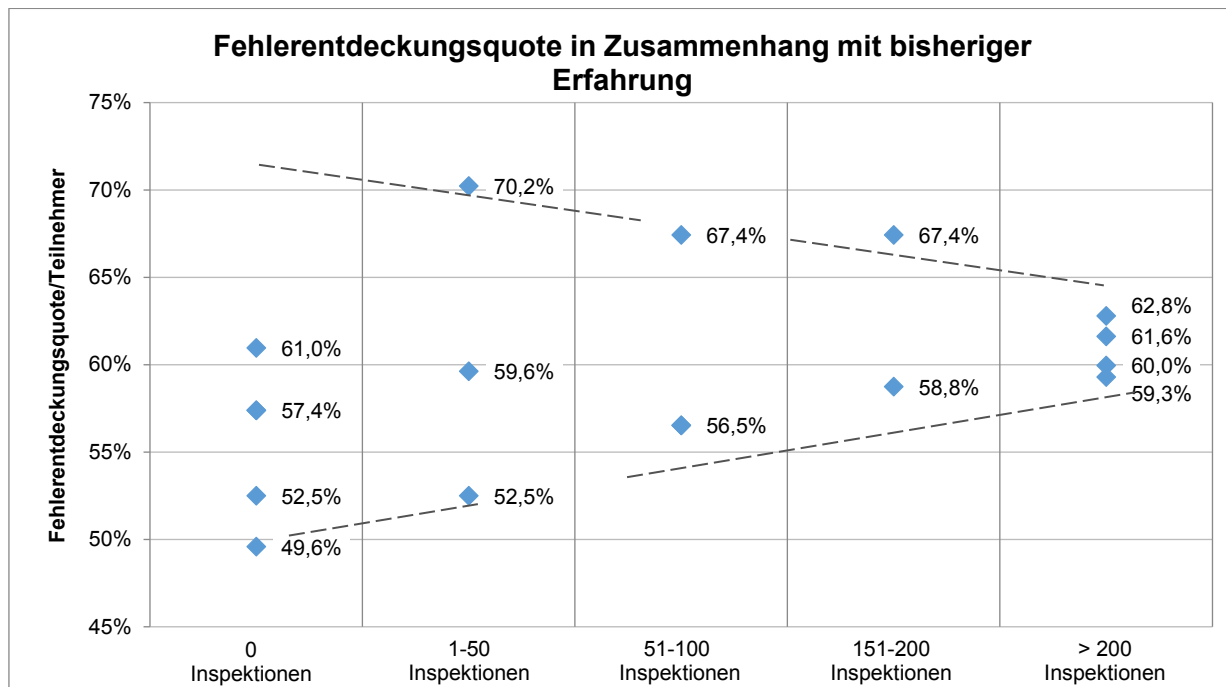


Abbildung 18: Fehlerentdeckungsquote in Zusammenhang mit der bisherigen Erfahrung

### Inspektion mit Spiegel

Die Fehlerentdeckungsquote der durchgeführten Inspektionen mit Spiegel betragen im Schnitt 64 % und decken sich somit mit den durchschnittlichen Ergebnissen der Inspektionen bei 0,3 m/s ohne Spiegel, die etwa 65 % lagen.

Während der Versuche war es für die Teilnehmer, die die Inspektion über den Spiegel vornahmen teilweise schwer, Schmutz oder Fett von Fehlerbildern, die als Schatten auftreten (beispielsweise Drahtbrüche) zu unterscheiden. Der Spiegel stellt also eine höhere Konzentrationsbeanspruchung für die Mitarbeiter dar. Die Fehlerentdeckungsquote zeigt jedoch, dass ein Spiegel, bei ausreichender Länge (also einsehbarer Seillänge) und korrektem Einsatz, eine gute Möglichkeit ist, bei beengten Platzverhältnissen eine Inspektion durchzuführen, die dieselbe Qualität aufweist, wie eine Inspektion ohne Spiegel.

### Inspektion mit einem Nylonstrumpf

Während des ersten Feldversuches wurden einige Inspektionen mit einem Nylonstrumpf durchgeführt. Nylonstrümpfe (oder auch Putzklappen) werden dazu eingesetzt um Drahtbrüche im Seil zu finden, da sich die Strümpfe in den Drahtbrüchen verfangen können [6]. Diese Methode wird, vor allem von Skiliftbetreibern, auch bei hohen Geschwindigkeiten angewandt.

Der Strumpf ist durchaus eine Möglichkeit um Oberflächenschäden wie Drahtbrüche, Aufschmelzungen nach einem Blitzschlag oder Riefen zu entdecken. Allerdings wird der Mitarbeiter, der die Inspektion mit dem Strumpf durchführt, durch diesen abgelenkt und in der Konzentration gestört. Es ist daher unbedingt zu beachten, dass der Nylonstrumpf als ergänzende Methode, zusätzlich zur regulären visuellen Inspektion, eingesetzt wird. Das sichere Halten eines Nylonstrumpfes ist in Abbildung 19 dargestellt.



*Abbildung 19: Sicheres Halten eines Nylonstrumpfes*

### Inspektion von Tragseilen

Auch bei der Tragseilinspektion spielen die Lichtverhältnisse eine große Rolle. Blendet die Sonne, können vor allem beim Blick von unten auf das Seil so gut wie keine Schäden mehr erkannt werden. Der Blick von unten kann durch die Inspektion mit einem Spiegel, der unter dem Tragseil angebracht wird, verhindert werden. Dabei inspiziert eine Person zunächst das Seil von oben direkt und im Anschluss bei einer zweiten Inspektion über den Spiegel von unten (oder umgekehrt). Auch schlechtes Wetter stellt bei der Tragseilinspektion eine Herausforderung dar. Zum einen wird die Sicht durch Nebel, Schnee oder Wind erschwert und zum anderen erschweren Schnee und Wasser auf dem Seil die Fehlersuche. Es ist daher möglich, dass Schäden übersehen werden, da diese als Wassertropfen oder Schnee interpretiert werden.

Während der Inspektion von Tragseilen ist es schwer bis unmöglich, eine saubere Dokumentation der Schäden durchzuführen. Es ist daher meist eine weitere Person (Maschinist) per Funk zugeschaltet, die die Dokumentation durchführt.

Ein wichtiger Punkt während der visuellen Tragseilinspektion ist die Sicherheit der Mitarbeiter. Es ist unbedingt darauf zu achten, dass während der Inspektion ein sicherer Arbeitsplatz zur Verfügung steht und der Mitarbeiter mit einer persönlichen Schutzausrüstung ausgestattet ist (siehe Abbildung 20 und Abbildung 21). Während der Inspektion dürfen sich keine Gurte der Ausrüstung in den Rollen, den Stützen oder Teilen der Kabine verfangen. Zudem sind neue Mitarbeiter gründlich darin einzuweisen, wie sie sich fachgemäß sichern, um einen reibungslosen Ablauf der Inspektion zu gewährleisten. Werden diese Punkte gewissenhaft eingehalten, so besteht während der Inspektion keine Gefahr für die Sicherheit der Mitarbeiter.

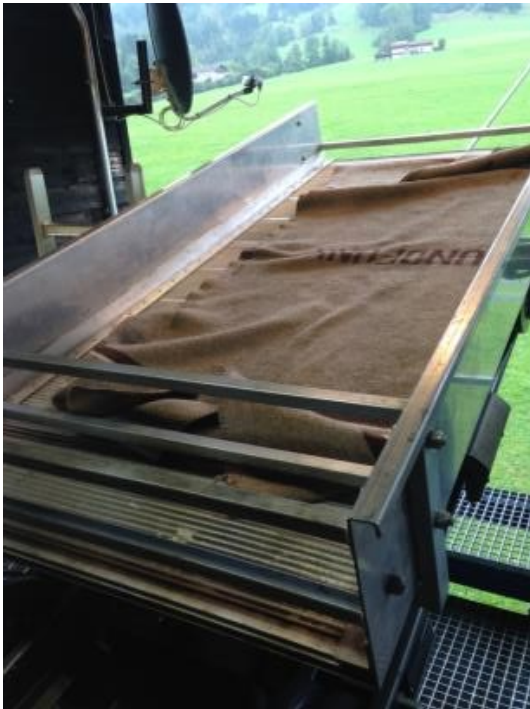


Abbildung 20: Liege zur visuellen Inspektion des Tragseiles an der Grüntenseilbahn



Abbildung 21: Sichere Durchführung der visuellen Inspektion von Tragseilen

## Bewertungssystem für die visuelle Seilinspektion

Die Ergebnisse der Feldversuche und deren Auswertungen sollen in einem Bewertungssystem für die Evaluierung eines Arbeitsplatzes der visuellen Seilinspektion umgesetzt werden.

Das Bewertungssystem ermöglicht es dem Betreiber, jeden Arbeitsplatz, der während einer visuellen Inspektion des Typs A (0,3 m/s) zur Verfügung steht, bezüglich der Arbeitsplatzsituation, der Inspektionsbedingungen und der Prüfperson zu bewerten und so einen Eindruck der Qualität der Inspektionsdurchführung zu erhalten. Dabei wird ein Kriterienkatalog mit Faktoren, die die Inspektion beeinflussen, mit Punkten bewertet und am Ende summiert. Dabei sind maximal 30 Punkte zu erreichen. Die dabei zu bewertenden Punkte sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Kriterienkatalog des Bewertungssystems

Nr.	Kriterienkatalog	max. Punkte
1	Schutz vor Witterungseinflüssen	1
2	Sonnenschutz/Blendschutz	4
3	Beleuchtung	4
4	Hintergrund	4
5	Sitzmöglichkeit	2
6	Abschaltmöglichkeit an Inspektionsplatz	1
7	Lärmpegel	1
8	Abstand zum Seil	2
9	Einsehbare Seillänge	2
10	Inspektionsdauer bis zu einer Pause bei 0,3 m/s	2
11	Seilzustand	4
12	Seillauf	2
13	Prüfperson	1
	<b>Summe</b>	<b>30</b>

Das Ergebnis der Auswertung ist im Anschluss in eine der in Tabelle 5 dargestellten Kategorien einzuordnen.

Tabelle 5: Kategorien des Bewertungssystems

23-30 Punkte Kategorie 1	17-23 Punkte Kategorie 2	Weniger als 17 Punkte Kategorie 3
Keine Verbesserungen notwendig	Verbesserungen möglich um Fehlerentdeckungsquote zu erhöhen	Verbesserungen empfohlen, Fehlerentdeckungsquote nicht ausreichend

Erreicht die Bewertung die Kategorie 1, so sind keine Verbesserungen der Inspektionsbedingungen notwendig. Bei Erreichen der Kategorie 2 ist es möglich, dass die Inspektionsbedingungen verbessert werden, da diese noch nicht optimal sind und daher auch die zu erwartende Feh-



lerentdeckungsquote geringer ausfallen wird als in Kategorie 1. Wird die Kategorie 3 erreicht, werden Verbesserungen der Inspektionsbedingungen empfohlen, da die zu erwartende Fehlerentdeckungsquote nicht ausreichend ist, um eine erfolgreiche Inspektion durchzuführen. Verbesserungen werden idealerweise bei den Faktoren durchgeführt, bei denen die geringste Punktzahl erreicht wird. Das Bewertungssystem bietet zu diesem Zweck zusätzliche Hinweise und Empfehlungen bezüglich der möglichen Verbesserung der Inspektionsdurchführung. Diese werden durch Illustrationen verdeutlicht. Das komplette Bewertungssystem ist im Anhang aufgeführt.

## **Zusammenfassung**

Das Projekt zur visuellen Seilinspektion liefert erstmalig Erkenntnisse und Quoten zum Einfluss von Faktoren wie beispielsweise Arbeitsplatzsituation oder Lichtverhältnissen auf die Inspektionsergebnisse. Aus den Ergebnissen wurde ein Bewertungssystem entwickelt, das es den Betreibern ermöglicht ihre Arbeitsplätze bezüglich dieser Punkte zu bewerten und gegebenenfalls Verbesserungen durchzuführen (siehe Anhang).

Das Bewertungssystem geht dabei auf Punkte wie Schutz vor Witterungseinflüssen, Lichtverhältnisse, Hintergrund, einsehbare Seillänge, Inspektionsdauer oder die Prüfperson ein. Es sind dabei maximal 30 Punkte zu erreichen und das Ergebnis ist im Anschluss in eine von drei Kategorien einzuteilen, die einen Aufschluss darüber geben, ob eine Verbesserung des Arbeitsplatzes notwendig ist. Zudem gibt das Bewertungssystem mit Hilfe von Bildern Empfehlungen bezüglich der Verschmutzung vom Seil und den erforderlichen Grundkenntnissen, die eine Prüfperson aufweisen muss. Grafiken und Hinweise erleichtern dem Betreiber die Beurteilung sowie die anschließende Verbesserung der Arbeitsplätze.

## Literatur

- [1] prEN 12927 - Rev. 2016-06-17, Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für den Personenverkehr - Seile, Ziffer 13.3.6.
- [2] Karl-Heinz Wehking, Laufende Seile: Bemessung und Überwachung, 4. Aufl. Renningen: Expert Verlag, 2014.
- [3] Georg A. Kopanakis, "Über die visuelle Inspektion von Seilbahnseilen," Internationale Seilbahnrundschau.
- [4] Internationale Organisation für das Seilbahnwesen (OITAF) - Studienausschuss II, Heft 3: Überblick über die magnetinduktive Seilprüfung an Stahldrahtseilen. Bozen, 2015.
- [5] Dr. Stefan Messmer, "Seilprüfung heute," Wallisellen, 2008
  
- [6] A. H. Peyerl, "Seilkontrolle durch Augenschein," Internationale Berg- und Seilbahn-Rundschau, 1968, S. 50, 1968.

## Anhang – Bewertungssystem für die visuelle Seilinspektion

Ort:		Datum:	
Anlage:			
Seil:		Inspektionsplatz:	
Bewertet von:			
Kriterienkatalog			Erreichte Punkte
Schutz vor Witterungseinflüssen			
1	0	Nicht vorhanden	
	1	Vorhanden	
Sonnenschutz/Blendschutz			
4	0	Keiner	
	2	Sonnenschutz, der teilweise verdeckt, Bäume etc.	
	4	Manuell einstellbar – je nach Sonnenlage <u>oder</u> kompletter Sonnenschutz (keine Sonneneinstrahlung)	
Beleuchtung			
4	0	weniger 300 Lux	
	2	300 – 500 Lux	
	4	mehr als 500 Lux	
Hintergrund			
4	0	Unregelmäßiger Hintergrund, spiegelnder Hintergrund (Bsp. Werbeplakate, glänzende Fläche) oder gegen den Himmel	
	2	Gleichmäßiger, heller Hintergrund	
	4	Gleichmäßiger, dunkler Hintergrund	
Sitzmöglichkeit			
2	0	Keine	
	1	Bequeme Stehmöglichkeit	
	2	Sitzmöglichkeit	
Abschaltmöglichkeit an Inspektionsplatz			
1	0	Nicht vorhanden	
	1	Vorhanden	
Lärmpegel			
1	0	Störende Geräusche	
	1	Ruhe	
Abstand zum Seil			
2		Seildurchmesser > 25 mm	Seildurchmesser < 25 mm
	0	> 1,5 m bis max. 2 m	> 1,2 m bis max. 1,8 m
	1	1,0 – 1,5 m	0,7 – 1,2 m
	2	< 1 m (optimaler Abstand)	< 0,7 m (optimaler Abstand)
Einsehbare Seillänge			
2	0	< 1 m	
	1	1 – 2 m	
	2	> 2 m	
Inspektionsdauer bis zu einer Pause bei 0,3 m/s			
2	0	Über 90 min ohne Pause	
	1	Bis 90 min ohne Pause	
	2	Bis 45 min	
Seilzustand			
4	0	Fett und Schmutz punktuell vorhanden	
	2	Oberfläche mittelmäßig sauber	
	4	Oberfläche sauber	
Seillauf			
2	0	Unruhiger Seillauf	
	2	Ruhiger Seillauf	
Prüfperson			
1	0	Einweisung / Kenntnisse über Schadensbilder	
	1	Erfahrener Prüfer	
<b>Summe</b>			<b>/30</b>

**Wichtige Hinweise zur Durchführung der Bewertung der Inspektionsbedingungen**

Die Bewertung ist für jeden Arbeitsplatz (also jede Prüfperson und deren Arbeitsplatz) gesondert durchzuführen!

Das Ergebnis der Auswertung ist im Anschluss in eine der folgenden Kategorien einzuordnen.

23-30 Punkte Kategorie 1	17-23 Punkte Kategorie 2	Weniger als 17 Punkte Kategorie 3
Keine Verbesserungen notwendig	Verbesserungen möglich um Fehlerentdeckungsquote zu erhöhen	Verbesserungen empfohlen, Fehlerentdeckungsquote nicht ausreichend

Sonnenschutz/Blendschutz

Ist nur teilweise ein Sonnenschutz vorhanden, ist der Schutz abhängig von der Sonnenlage, also abhängig vom Tageszeitpunkt, an dem die Inspektion stattfindet.

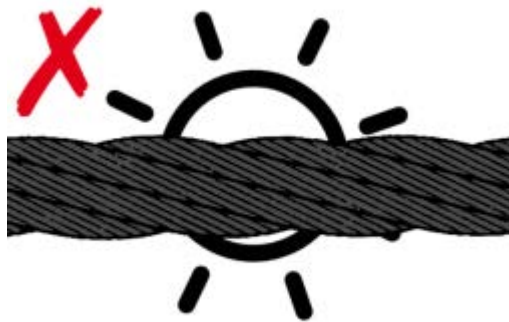


Abbildung 1: Blendende Sonne im Hintergrund, kein guter Kontrast zum Seil

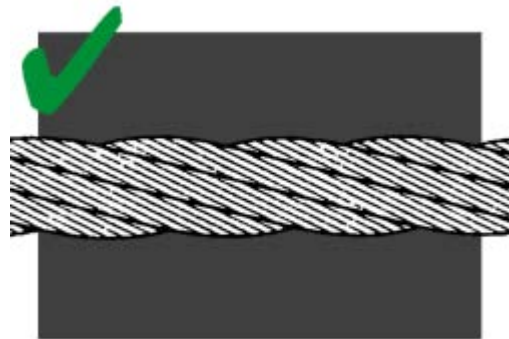


Abbildung 2: Sonnenschutz verdeckt blendende Sonne, Seil gut erkennbar

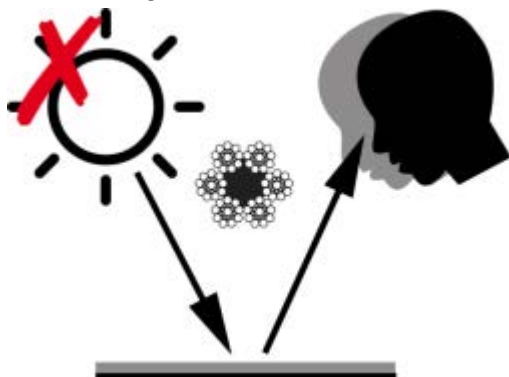


Abbildung 3: Sonne blendet über den Spiegel



Abbildung 4: Sonnenschutz verhindert blenden über Spiegel

Beleuchtung:

- Tageslicht wird als > 500 lx bewertet
- Künstliche Lichtquellen sind so auszurichten, dass Mitarbeiter nicht geblendet werden.

- Die Beleuchtung muss während der Inspektion gleichmäßig bleiben (Ungleichmäßige Beleuchtung entsteht zum Beispiel durch vorbeziehende Wolken).

### Hintergrund

Unregelmäßige sowie blendende Hintergründe stören die Konzentrationsfähigkeit.

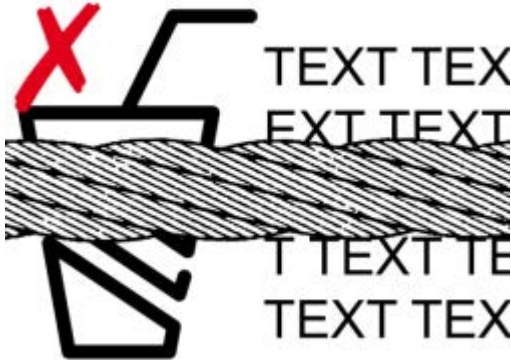


Abbildung 5: Werbepлакat im Hintergrund

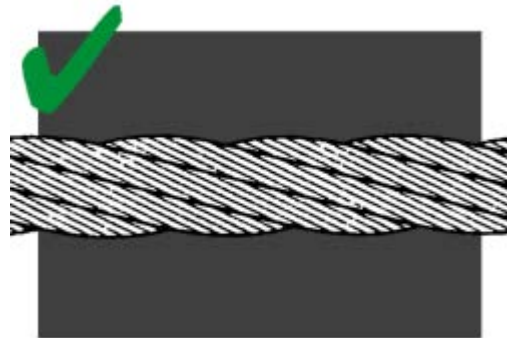


Abbildung 6: Optimaler Hintergrund

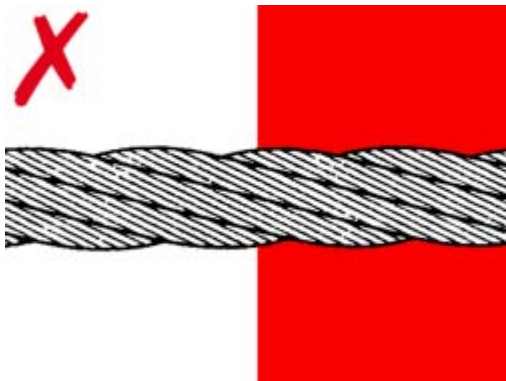


Abbildung 7: Nicht geeignete Hintergrundfarben

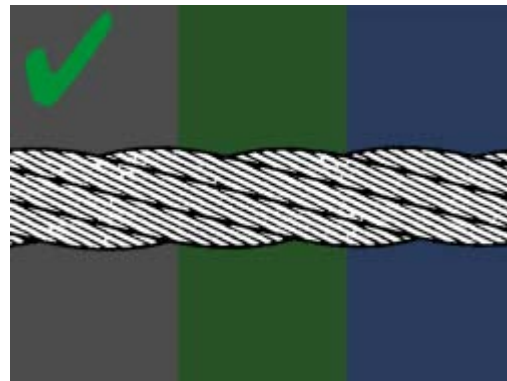


Abbildung 8: Optimale Hintergrundfarben

### Sitzmöglichkeit

Leitern sind mit 0 Punkten zu bewerten.



Abbildung 9: Nicht empfohlene Verwendung einer Leiter

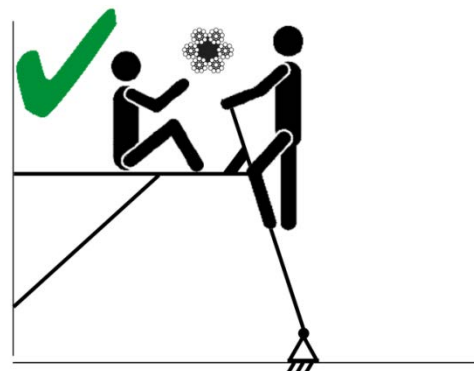


Abbildung 10: Empfohlene Verwendung einer Leiter

### Abschaltmöglichkeit

Eine Abschaltmöglichkeit ermöglicht es, bei entdeckten Schadensbildern sofort anzuhalten.

### Lärmpegel:

Neben dem Antrieb sind auch Lärmquellen wie beispielsweise der Notdiesel oder ein störendes Radio mit 0 Punkten zu bewerten.

### Abstand zum Seil

Sitz-/ Stehmöglichkeiten sind, wenn möglich, so auszurichten, dass ein optimaler Abstand zum Seil eingehalten wird. Ein optimaler Abstand ist erreicht, wenn die Einzeldrähte der Außenlage deutlich zu erkennen sind.

### Einsehbare Seillänge

- Sitz-/ Steh- / Liegemöglichkeiten sind, wenn möglich, so auszurichten, dass so viel Seillänge wie möglich einsehbar ist.
- Spiegellänge unter 1m oder eine einsehbare Seillänge unter 1m, bedingt durch die Stationsausführung sind mit 0 Punkten zu bewerten.

### Seilzustand

- Das Seil muss ausreichend sauber sein, um eine erfolgreiche Inspektion zu ermöglichen. Ein Seil, das mit Fett/Schmutz überzogen ist, ist nicht inspizierbar!
- Beispielbilder des Seilzustandes sind in den folgenden Abbildungen zu finden



Abbildung 11: Verschmutztes Seil – Inspektion nicht möglich



Abbildung 12: Schmutz in Litzengassen – schwer zu inspizieren



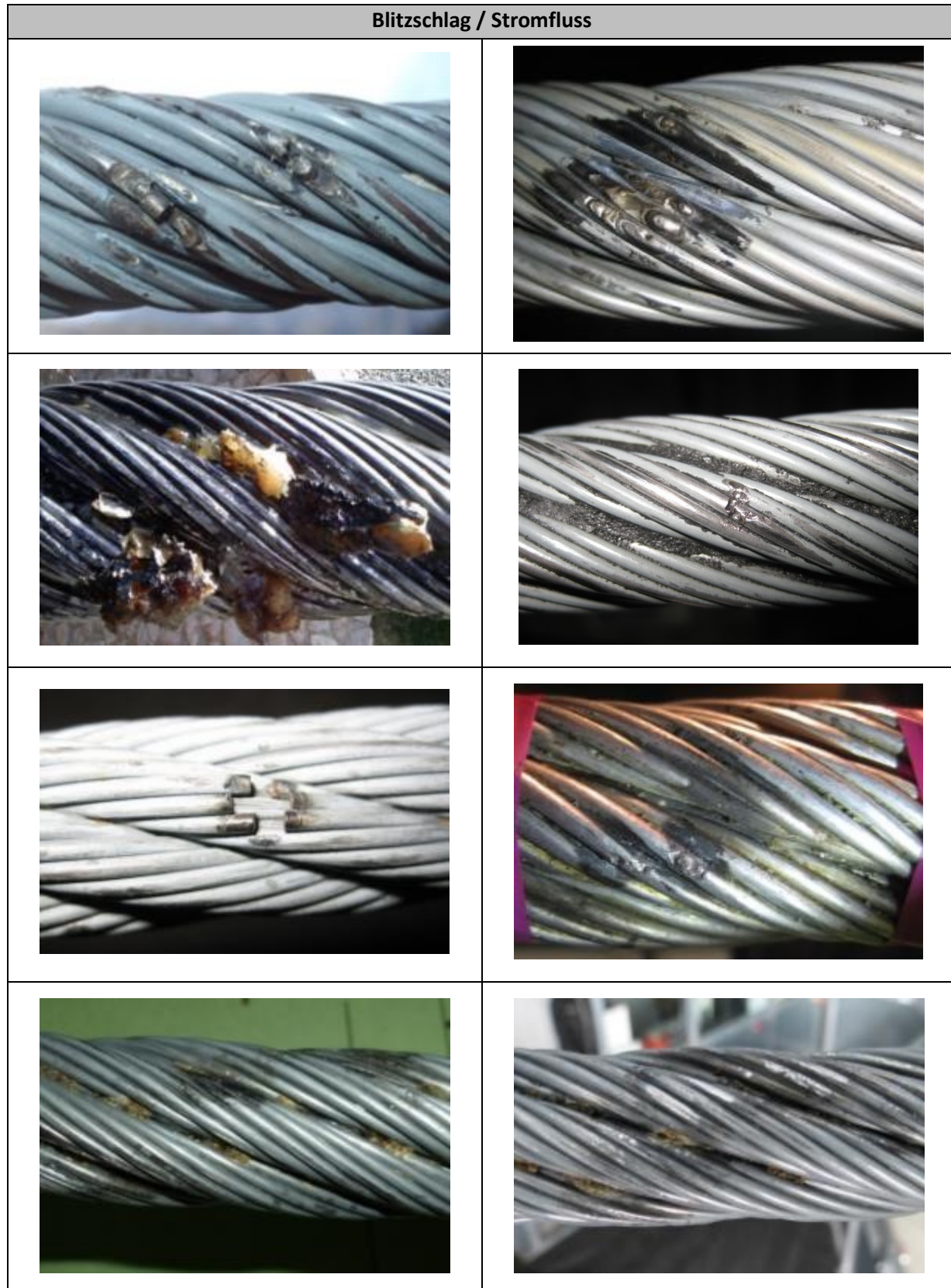
Abbildung 13: Sauberes Seil



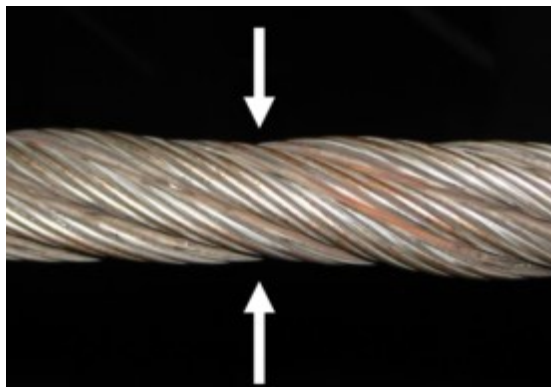
### Anforderungen an die Prüfperson

- Eine geeignete Prüfperson ist eine Person, die physisch und mental in der Lage ist eine zerstörungsfreie Kontrolle durchzuführen. Dazu gehören:
  - Genügende Sehfähigkeit
  - Hohe Zuverlässigkeit
  - Gute, länger andauernde Konzentrationsfähigkeit
  - Entsprechende Fitness
  - Entsprechende Motivation
  - Hohes Sicherheitsbewusstsein
- Die Prüfperson ist über das Inspektionsziel aufzuklären
  - Erkennen von äußeren Beschädigungen (Überwachung der Entwicklung des Verschleißes, der Korrosion und Beschädigungen der Oberfläche)
  - Überwachung örtlicher Veränderungen der Abmessungen
- Ein Grundwissen über die verschiedenen Arten der Drahtseile und deren Besonderheiten ist von Vorteil. Dabei ist besonders auf das Seil der jeweiligen Anlage einzugehen
  - Seil-/Litzenaufbau, Einlage, Schlagart, Schlagrichtung
  - Spleiß (Knoten, Stoßstellen, Einsteckenden)
  - Seilendbefestigungen
- Die Prüfperson muss mit allem notwendigen Material für die Inspektion ausgerüstet sein.
- Dazu gehören:
  - Messmittel (Messschieber - optimal mit breiten Backen, Schlaglängenmessmittel)
  - Markierungsmaterial (Farbe, Klebeband, etc.)
  - Dokumentationsmaterial (Prüfprotokoll)
  - Kamera
  - Informationen über bekannte Seilschädigungen aus vorherigen Prüfprotokollen (oder MRT-Berichten)
- Es müssen die wichtigen Fehlerarten, die während der Inspektionen gefunden werden müssen, bekannt sein. Diese sind auf der folgenden Seite dargestellt.

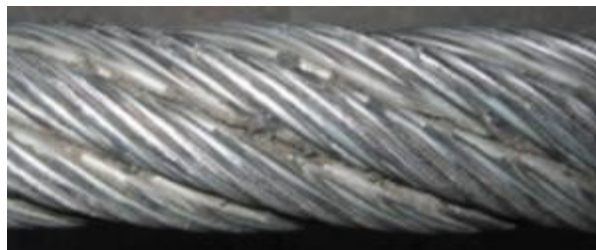
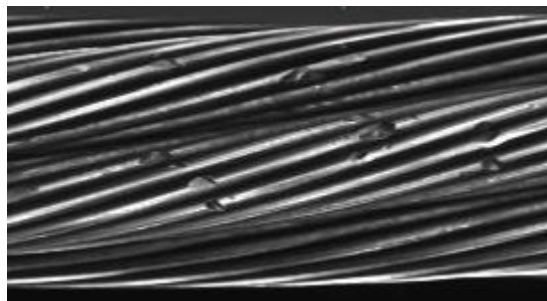
Beispiele Seilschädigungen am Litzenseil



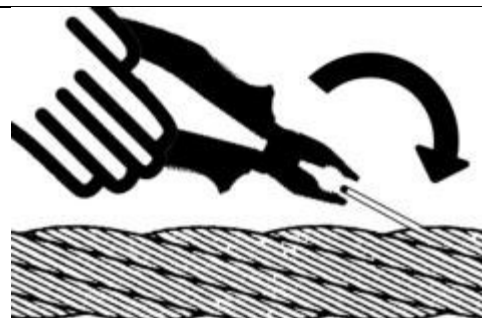
Korrosion



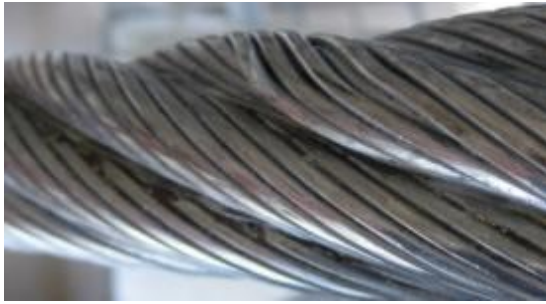
Riefen/Kerben



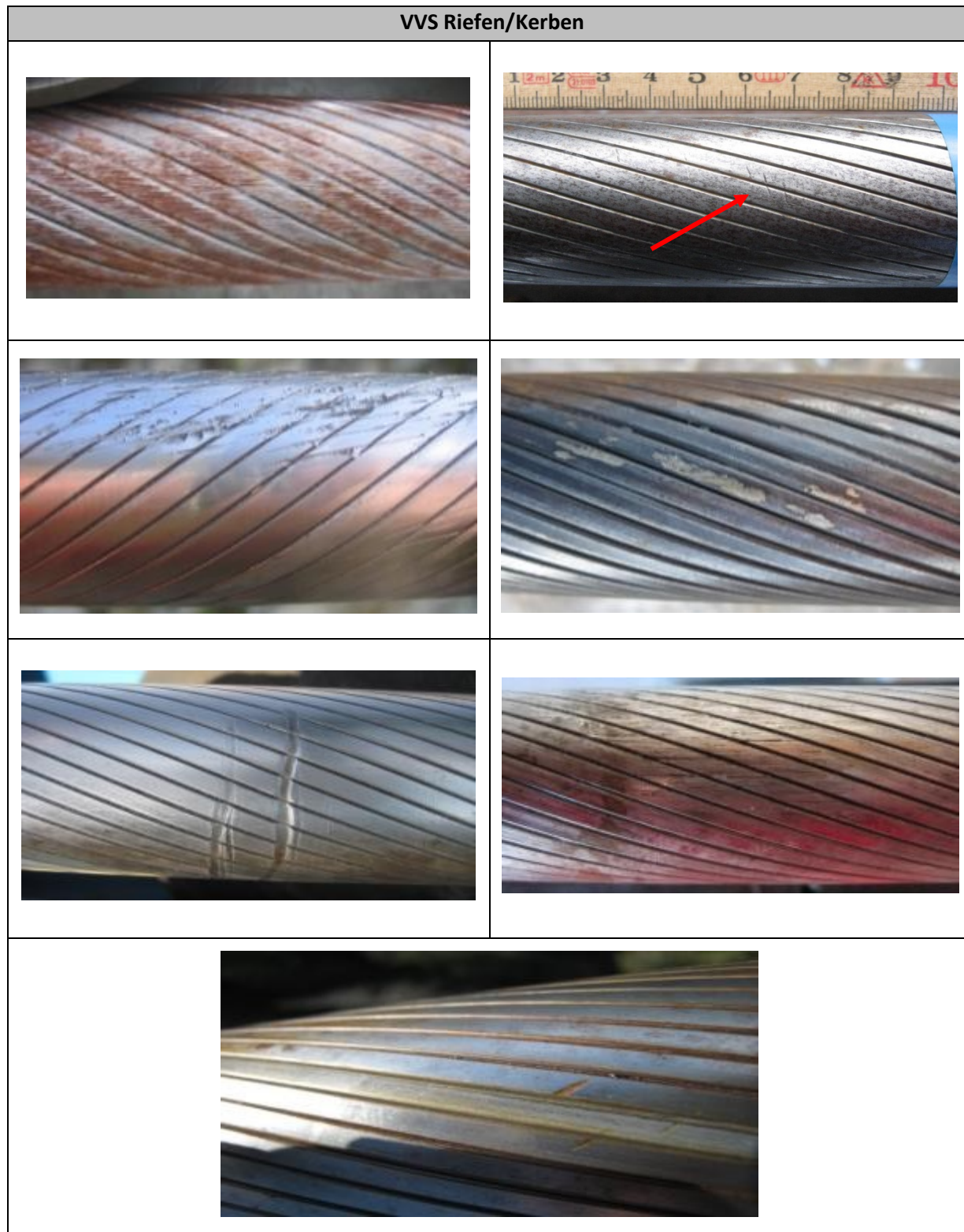
Drahtbrüche



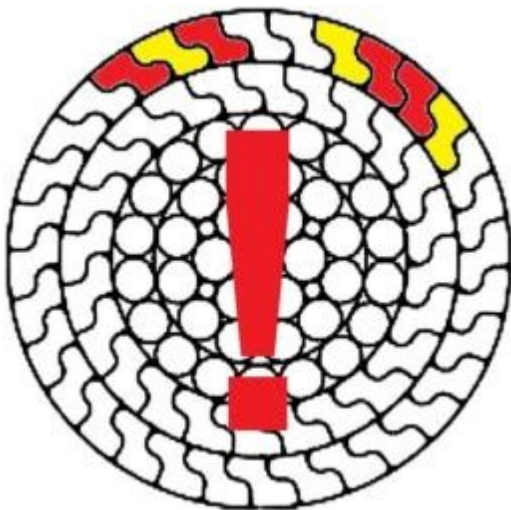
**Verwerfung**



Beispiele Seilschädigungen am Tragseil



VVS Drahtbrüche



EN12927-6:2004 „Ablegekriterien“, §6.1.4: **Örtlich begrenzte Verschlechterung**

„Zwei benachbarte außen liegende Drähte eines verschlossenen Spiraltragseils (Tragseils) oder zwei gebrochene Drähte, die durch einen einzelnen unbeschädigten Draht voneinander getrennt sind.“