

INSTITUT FÜR FÖRDERTECHNIK UND LOGISTIK

Institutsleiter Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. K.-H. Wehking

Abt. Seiltechnologie

Abteilungsleiter Dipl.- Ing. Sven Winter

Bearbeiter: M. Härtel

Durchwahl: +49 711/ 685-83759

E-mail: marina.haertel@ift.uni-stuttgart.de

Internet: <http://www.uni-stuttgart.de/ift/>

Stuttgart, den 31.01.2017

Abschlussbericht Forschungsprojekt Visuelle Seilinspektion

Auftraggeber:	Stiftung für Unterstützung und Forschung im Bereich Seilbahnen Bergstraße 9 6410 Goldau, Schweiz
Auftragsgegenstand:	Forschungsprojekt zur „Erforschung und Entwicklung von Lösungen für offene Aufgabenstellungen im Bereich der visuellen Seilinspektion“
Umfang Abschlussbericht:	67 Seiten
Umfang Anhang:	32 Seiten

Inhalt

Abstract.....	4
1 Gegenstand der Untersuchung.....	5
2 Übersicht Arbeitsschritte.....	5
3 Stand der Technik	7
3.1 Normen-/Gesetzlage	7
3.2 Abgrenzung zur magnetinduktiven Seilprüfung (MRT)	8
3.3 Inspektion mit einer Vorrichtung zur optischen Seilinspektion	8
4 Notwendigkeit der visuellen Seilinspektion	13
5 Aktuelle Situation der Inspektionsbedingungen	18
5.1 Allgemein	18
5.2 Situation an Tragseilen.....	21
5.3 Situation an standardisierten Modulstationen für Einseilumlaufbahnen	23
6 Vorbereitung der Feldversuche	24
6.1 Erster Feldversuch	24
6.2 Zweiter Feldversuch.....	24
6.3 Künstliche Nachbildung von Schadensbildern	25
6.3.1 Künstliche Nachbildung Blitzschlag	25
6.3.2 Künstliche Nachbildung Drahtbruch	27
6.3.3 Künstliche Nachbildung Korrosion.....	28
6.3.4 Künstliche Nachbildung Riefen.....	29
6.3.5 Aufbringen der künstlichen Fehler für den Feldversuch.....	30
6.4 Erstellung von Fragebögen	31
6.5 Auswahl Versuchsdurchführungen.....	31
7 Auswertung und Erkenntnisse der Feldversuche.....	34
7.1 Auswertung Vorher-Fragebogen	34
7.2 Ermittlung der Fehlerentdeckungsquote	39
7.2.1 Fehlerentdeckungsquote nach Inspektionsart	39
7.2.2 Fehlerentdeckungsquote nach Fehlerart	40
7.2.3 Zusammenhang Fehlerentdeckungsquote und bisherige Erfahrung.....	43
7.3 Messung von Durchmesser und Schlaglänge.....	45
7.4 Inspektion mit Nylonstrumpf	48
7.5 Inspektion mit Spiegel	51
7.6 Einfluss der Hintergrundfarbe während der Inspektion	54

7.7	Inspektion von Tragseilen	54
8	Bewertungssystem für die visuelle Inspektion	56
9	Prüfprotokoll für die visuelle Inspektion	64
10	Zusammenfassung	65
11	Literaturverzeichnis.....	68
Anhang.....		69
	Präparierte Fehler an der Anlage Hexenkessel.....	69
	Präparierte Fehler an der Anlage Längenfelder	71
	Präparierte Fehler an der Anlage Oberjoch Schwandenbahn	73
	Fragebogen Vorher.....	74
	Fragebogen Nachher	81
	Teilnehmer der Feldversuche	85
	Prüfprotokoll	87
	Bewertung der Inspektionsbedingungen von Litzenseilen	88

Abstract

Das Ziel des Forschungsprojektes ist es, ein systematisches Verfahren für die visuelle Seilinspektion zu entwickeln. Basierend auf dem aktuellen Stand der Normen, vorhandenen Arbeitsplatzsituationen und einer Kategorisierung der wichtigsten Fehlerarten, wurden zwei Feldversuche durchgeführt, bei denen Inspektionen an unterschiedliche Anlagen- und Seiltypen, mit verschiedenen Geschwindigkeiten und Inspektionstypen, durchgeführt wurden. Es liegen nun erstmalig Fehlerentdeckungsquoten vor, die einen Aufschluss darüber geben, wie zuverlässig einzelne Fehlerbilder während einer Inspektion gefunden werden. Im Mittel liegen die Erfolgsquoten bei einer Geschwindigkeit von 0,3 m/s bei 63 %. Die Ergebnisqualität hängt signifikant von der Strategie und der Art der Durchführung der Inspektion ab.

Basierend auf den Ergebnissen der Feldversuche, der Auswertung von Fragebögen, die die Teilnehmer während der Feldversuche ausfüllten und Expertengesprächen, wurde ein Bewertungssystem entwickelt, das die Möglichkeit bietet, die Inspektion bezüglich der Arbeitsplatzsituation, der Inspektionsbedingungen und der Prüfperson zu bewerten und somit einen Eindruck der Qualität der Inspektionsdurchführung zu erhalten.

Ein auf Basis der Ergebnisse erarbeitetes Prüfprotokoll bietet zudem die Möglichkeit, die Inspektion und deren Ergebnisse zu dokumentieren und gegebenenfalls benötigte Reparaturmaßnahmen festzuhalten.

1 Gegenstand der Untersuchung

Die Stiftung für Unterstützung und Forschung im Bereich Seilbahnen (SUFS) in der Schweiz hat das Institut für Fördertechnik und Logistik (IFT) damit beauftragt, die 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. Die Organisation des Projektes ist in Abbildung 1.1 dargestellt.

Das Ziel des Forschungsvorhabens ist ein systematisches Verfahren zur visuellen Seilinspektion von Seilbahnen. Die Zuverlässigkeit der visuellen Seilinspektion soll mittels Feldversuchen ermittelt werden. Kein Gegenstand des Projektes sind Zeitintervalle und Inspektionsfristen.

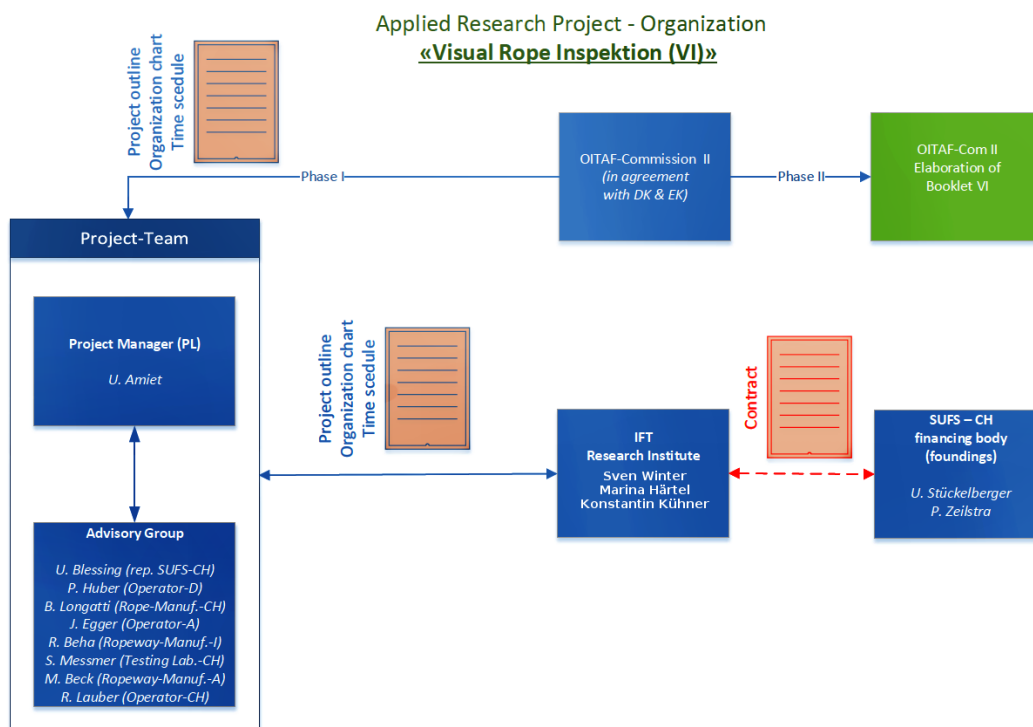


Abbildung 1.1: Organisation des Projektes

2 Übersicht Arbeitsschritte

Das Forschungsvorhaben gliedert sich in zehn Meilensteine:

Tabelle 2.1: Meilensteine

Meilensteine
Mandate / Wahl 1) Diskussion der Projektbeschreibung 2) Projektteam wählen 3) Mandate BAV/IFT festlegen 4) Finanzielle Möglichkeiten abklären 5) Veröffentlichung Zeitplan
Meilenstein 1: Aufgaben und Spezifikationen definieren / Finanziellen Rahmen festlegen

<p>Meilenstein 2: Diskussion und Zustimmung Generalsekretär OITAF (M. Pitscheider, Bozen)</p>
<p>Meilenstein 3: 1) Projektbeschreibung finalisieren 2) Ausarbeitung des Forschungsvertrags basierend auf der Projektbeschreibung und des Zeitplans</p>
<p>Meilenstein 4: 1) Veröffentlichung der Projektbeschreibung, des Zeitplanes sowie des Organigramms 2) Formulieren der Projekt- und Finanzierungsanfrage an die SUFS</p>
<p>Meilenstein 5: Einreichen der Projekt- und Finanzierungsanfrage bei der SUFS</p>
<p>Meilenstein 6: Entscheidung über Finanzierung / Veröffentlichung des angewandten Forschungsvertrages mit dem IFT / Unterschreiben des Vertrags von SUFS und IFT</p>
<p>Projektstart am 01.04.2016 Forschungsaktivitäten</p>
<p>Meilenstein 7: Feldversuch Visuelle Inspektion in Garmisch-Partenkirchen</p>
<p>Auswertung Feldversuch</p>
<p>Meilenstein 8: Bearbeiten und Einreichen des ersten Zwischenberichtes an das Projektteam, inklusive einer überarbeiteten Kostenübersicht</p>
<p>Meilenstein 9: Vorstellen des Projektstandes beim OITAF-COM-II Meeting in Bergen</p>
<p>Meilenstein 10: Zweiter Feldversuch Visuelle Inspektion im Allgäu</p>
<p>Auswertung Feldversuch II</p>
<p>Meilenstein 11: Einreichen des zweiten Zwischenberichtes an das Projektteam, inklusive einer überarbeiteten Kostenübersicht</p>
<p>Ende des Projektes Bearbeiten des Abschlussberichts mit Vorstellung der Resultate beim OITAF-Com-II Meeting</p>
<p>Präsentation des Forschungsprojektes Internationaler Weltseilbahnkongress der OITAF Juni 2017 in Bozen</p>

3 Stand der Technik

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. Jedoch ist es ebenfalls bekannt, dass die Durchführung der visuellen Inspektion in vielen Fällen sehr schwer umzusetzen und mitunter auch gefährlich sein kann. Die Durchführung und die Fristen der Inspektionen werden in den europäischen Staaten unterschiedlich gehandhabt.

Um einen aktuellen Stand der Technik zu erhalten sowie den Feldversuch optimal zu planen wird zunächst eine Literaturrecherche durchgeführt. Dabei wird vor allem auf die Gesetz- und Normsituation in Deutschland, Österreich und der Schweiz eingegangen. Es wird zudem eine Abgrenzung zur magnetinduktiven Prüfung (MRT) von Seilen aufgezeigt sowie ein Vergleich zwischen der manuellen Inspektion und der Inspektion mit einer Vorrichtung zur optischen Seilinspektion (OID) aufgestellt.

3.1 Normen-/Gesetzlage

Die aktuelle Situation in den Ländern unterscheidet sich vor allem in Bezug auf die Inspektionsintervalle. Während die visuelle Inspektion von Förderseilen in der Schweiz mindestens einmal jährlich vorgeschrieben ist (diese Frist muss verkürzt werden, wenn dies „aufgrund von entsprechenden Erkenntnissen, Nutzungsintensität bzw. Gefährdungspotenzial erforderlich ist“ [1]), müssen z.B. Förderseile in Deutschland und Österreich monatlich visuell kontrolliert werden. Diese Intervalle betreffen jeweils nur die regelmäßigen visuellen Inspektionen. In besonderen Fällen, wie beispielsweise Blitzschlag oder Entgleisungen, müssen zusätzliche Inspektionen durchgeführt werden.

Regelmäßige Inspektionen sind dabei mit maximal 0,5m/s durchzuführen während außerplanmäßige Inspektionen auch bei 1m/s durchgeführt werden können. [2]

Ein weiterer Unterschied ist, dass in der Schweiz das Personal „entsprechend ausgebildet und auf Eignung geprüft sein“ [1] muss.

Zukünftig wird es laut prEN 12927 drei Inspektionstypen geben, die die Geschwindigkeit während der Inspektion vorgeben. Diese sind in Tabelle 3.1 dargestellt. Dabei wird Inspektionstyp A bei 0,3 m/s bei der regelmäßigen Inspektion und Typ C mit 1 m/s bei außerordentlichen Inspektionen, also beispielsweise nach einem Gewitter oder einer Entgleisung angewandt. In diesem Forschungsprojekt werden die Typen A und C behandelt wobei der Fokus auf Zug-, Trag- und Förderseile gelegt wird und beispielsweise Infrastrukturseile nicht behandelt werden.

Tabelle 3.1: Inspektionstypen nach prEN 12927:2016 [2]

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

Die Inspektionsfristen für Zug-/ Förderseile und Tragseile werden zukünftig „auf den Schweregrad von spezifischen Parametern bezogen“ [3]. Dazu gehören beispielsweise Biegewechsel pro Jahr bei Litzenseilen, Überrollungen pro Jahr bei Tragseilen, die Umgebungsbedin-

gungen oder die Personalsituation vor Ort, die in eine Punktbewertung eingehen. Daraus ergeben sich Intervalle von einem Monat, zwei Monaten, drei Monaten, sechs Monaten oder einem Jahr.

3.2 Abgrenzung zur magnetinduktiven Seilprüfung (MRT)

Die visuelle Inspektion wird dazu eingesetzt, Oberflächenbeschädigungen zu entdecken und den aktuellen Zustand der äußeren Lage des Seiles festzustellen. Oberflächenschäden, die bei der visuellen Inspektion festgestellt werden sollten sowie deren Ursachen und Auswirkungen sind in den folgenden Kapiteln näher erläutert. Die magnetinduktive Seilprüfung hingegen ist dazu geeignet innere Drahtbrüche und Drahtbrüche, die verdeckt in den Litzengassen liegen zu erkennen. Dazu wird das Seil bis zur magnetischen Sättigung aufmagnetisiert. Dabei verursachen Störungen im Seil, beispielsweise Drahtbrüche oder lokale Fehlstellen, eine Streufeldänderung. [4] Die visuelle Inspektion kann einen präventiven Charakter besitzen, da Schäden vor dem Drahtbruch, als letztes Stadium, erkannt werden können. [5, 6]

Um eine lange Lebensdauer des Seiles zu gewährleisten ist also eine Kombination aus visueller Inspektion und MRT-Seilprüfung anzustreben (siehe Abbildung 3.1). [7]


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

Abbildung 3.1: Kombination aus visueller Inspektion und MRT-Prüfung [8]

3.3 Inspektion mit einer Vorrichtung zur optischen Seilinspektion

Autoren: Stefan Messmer, Institut für Werkstofftechnologie AG;
 Diverse Seilbahnbetreiber und Winspect-Nutzer im Interview

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, deren

jährliche Prüferfahrten zum Teil im Bereich von über 100km geprüfter Seillänge liegen. Die folgenden Ausführungen wurden aus den Erfahrungen beider Anwendergruppen gebildet.

Initiatoren für die Entwicklung solcher Geräte waren ursprünglich die Berufsgenossenschaften, da durch technische Hilfsmittel die Anzahl der benötigten Mitarbeiter und deren Kontakt mit dem Gefahrenbereich des laufenden Seils reduziert werden. Der heutige Entwicklungsstand von Hard- und Software der digitalen Bildverarbeitung erlaubt zudem rasche Aufnahmeprozesse, so dass die Blockierung der Anlage gegenüber einer konventionellen Prüfung um einiges kürzer ausfällt. Viele Betreiber empfinden es zudem als Vorteil, dass durch das technische Hilfsmittel gegenüber der manuellen Prüfung mit einer großen Gruppe an Teilnehmern nur noch wenige, erfahrene Mitarbeiter mit der Seilprüfung betraut sind. Dabei steigt die Erfahrung der Mitarbeiter mit jeder Auswertung, wodurch sich die Zeit verringert, die für die Auswertung benötigt wird.

Die Qualität der Aufzeichnung erfüllt den Anwendungszweck der visuellen Inspektion von Litzenseilen und voll-verschlossenen Spiralseilen. Selbst kleinere Fehler, wie zum Beispiel Einschlüsse in den Drähten oder Kratzer sind in der Aufzeichnung für das menschliche Auge sichtbar.

Die Aufzeichnung erreicht jedoch noch nicht die Qualität eines hochauflösenden Fotos einer guten Makrokamera. Bilder können, im Gegensatz zu einer Makroaufnahme, nicht mehr beliebig vergrößert werden. Die Qualität der Aufnahme erlaubt jedoch eine wesentlich bessere visuelle Inspektion als sie bei der Inspektion mit einer Geschwindigkeit von 0.3 m/s von bloßem Auge erreicht werden kann. Jedoch kann es während einer Beschleunigungs- oder Verzögerungsfahrt zu Verzerrungen in den Aufnahmen kommen. Diese Stellen müssen dann manuell nachträglich inspiziert werden.

Teilautomatisierte Auswertung

Eine Bild-Analysesoftware versucht mit verschiedenen Methoden, Unregelmäßigkeiten im Bild zu erkennen und kann als Resultat eine Liste von Auffälligkeiten liefern, die meist durch einen Anwender klassifiziert werden müssen, wie es intuitiv bei der augenscheinlichen Kontrolle auch durch den Prüfer geschieht.

- **Drahtbrüche und fehlende Drähte:** Die Erkennbarkeit von Drahtbrüchen und fehlenden Drähten hängt vom Seilzustand und von der Qualität der Aufnahme (Beleuchtung, Schärfe und eventuellen Reflexionen) ab und ist bei fachgerechter Durchführung mindestens mit einer konventionell ausgeführten visuellen Inspektion vergleichbar. Durch die Rundumsicht der Kameras kann die Entdeckungsquote höher liegen als bei der Inspektion mit zwei Augenpaaren aus nur zwei Richtungen.
- **Riefen und Kerben, äußere Beschädigungen:** Bei bereits ausgeführten teilautomatisierten visuellen Inspektionen konnten zahlreiche Schadenstellen dieser Art gefunden werden, die den Betreibern und den Seilprüfstellen nicht bekannt waren.
- **Blitzschläge:** Hier fehlen aufgrund der Seltenheit dieses Ereignisses gegenüber konventionellen Drahtbrüchen zuverlässige Vergleichszahlen. In der täglichen Praxis einer Seilprüfstelle wurden einige bisher unbekannte Blitzschlagstellen gefunden.

- **Verbogene Drähte, Verwerfungen:** Diese werden durch die Software in der Regel markiert, über die Zuverlässigkeit sind wie beim Blitzschlag jedoch noch keine quantitativen Angaben möglich.

In der Regel liefert die Software eine Vielzahl von Stellen, die durch den Anwender gelöscht werden können:

- **Farbtupfer und Fettflecken:** Neue Seile werden bei der Herstellung zum Teil mit einer farbigen Linie versehen, die auf eine einfache Art und Weise die Beobachtung der Schlaglängenänderung bei der Montage und im Betrieb ermöglicht. Die automatische Auswertung markiert gelegentlich Farbtupfer, so dass pro Schlaglänge bis zu 6 Auffälligkeiten markiert werden können. Ähnliche Probleme ergeben sich, wenn Fettflecken auf dem Seil sichtbar sind.
Das Seil sollte daher wie bei der konventionellen Prüfung auch eine möglichst saubere Oberfläche haben.
- **Glanzstellen:** Verzinkte Seile neigen dazu, bei der Beleuchtung in Fotos Glanzstellen zu zeigen. Auch mit einer nahezu gleichmäßigen Ausleuchtung sind diese Glanzstellen nicht vollständig zu vermeiden. In der Regel werden diese Glanzstellen als Auffälligkeiten markiert.

Die Software liefert bei Litzenseilen auch einen durchgehenden Durchmesser- und Schlaglängenverlauf über die gesamte Seillänge. Solche umfangreichen Daten liegen bei einer konventionellen Prüfung nicht vor und sind bei der Dokumentation und Beurteilung des Seilzustandes von großem Nutzen. Hier können zum Beispiel folgende Ereignisse erkannt werden:

Schlaglänge:

- Übermäßiger Drallstau zum Seilende hin
- Drall zwischen Fahrzeugen bei unzureichend gespurten Stationen (siehe Abbildung 3.2)
- Produktionsereignisse (z.B. Stopp der Verseilmaschine, siehe Abbildung 3.3)

Durchmesser:

- Lokaler Verschleiß der Seileinlage
- Abrieb und Querschnittsdeformation, insbesondere bei Windenanlagen
- Spleißlänge und Durchmesserbereiche im Spleiß

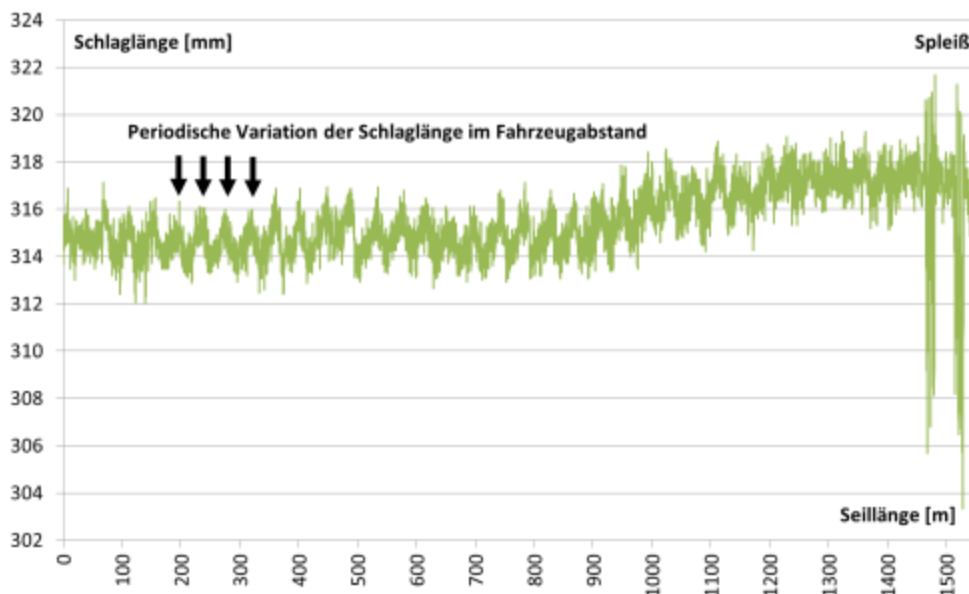


Abbildung 3.2: Drall an einer kuppelbaren Einseilumlaufbahn mit unzureichend gespurter Station – die Schlaglänge weist eine periodische Variation im Abstand der Fahrzeuge auf

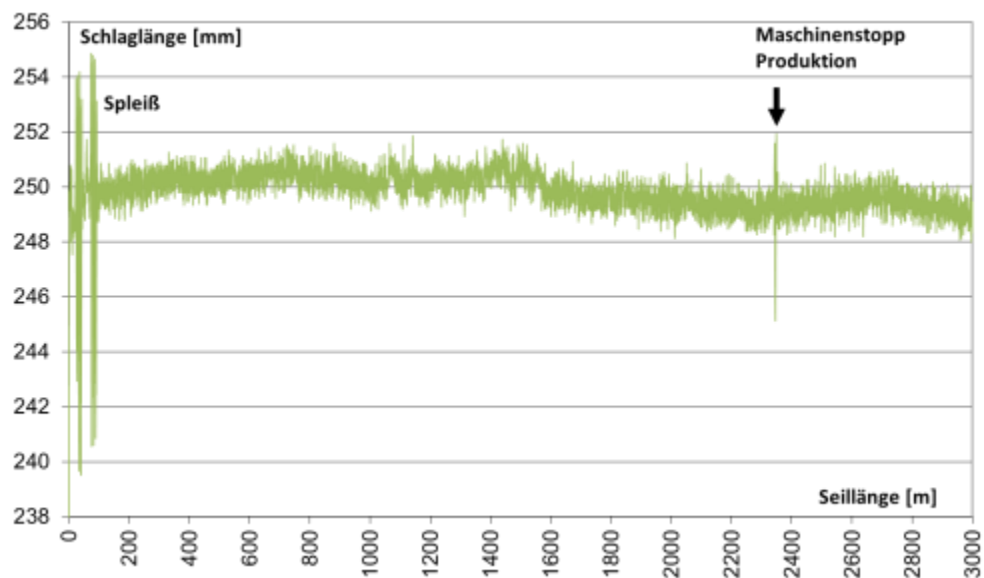


Abbildung 3.3: Sichtbarer Maschinenstopp aus der Produktion des Seils an einer kuppelbaren Einseilumlaufbahn

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.

In Tabelle 3.2 werden die Nachteile und die Vorteile einer Vorrichtung zur optischen Seilinspektion im Vergleich zur manuellen Inspektion sowie deren Übereinstimmungen aufgezählt.

Tabelle 3.2: 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"> • Auswertung erfolgt zeitversetzt zur Prüfung, manuelle Nachkontrolle auf der Anlage erst später möglich • Verlust von Farbinformationen bei Schwarzweißaufnahmen • Handkontakt zum Seil entfällt • Qualitative Eindrücke (z.B. Schmiermittelzustand) können entfallen • Anschaffungskosten 	<ul style="list-style-type: none"> • Erkennbarkeit der klassischen Fehlertypen wie Drahtbruch, Blitzschlag, Verwerfung und Riefen • Ähnliche Fehlerentdeckungsquoten • Ähnliche physikalische Grenzen der Sichtbarkeit (Blickwinkel, Reflektionen, Schmutz / Eis,...) • Abhängigkeit der Prüfqualität von Vibrationen, Reflektionen, Witterungseinflüssen • Für spätere Nachkontrollen sollte an einem definierten Punkt (beispielsweise Spleiß) begonnen werden 	<ul style="list-style-type: none"> • Weniger Abhängigkeit vom „Faktor Mensch“ • Weniger Fachpersonal nötig • Zeitersparnis in Bezug auf Anlagenverfügbarkeit • Dokumentation • Aufzeichnung Durchmesser und Schlaglängenverlauf möglich, evtl. Gefahren aus lokalen Abweichungen können rechtzeitig erkannt werden • Verbesserter Arbeitsschutz

4 Notwendigkeit der visuellen Seilinspektion

Wie bereits im vorherigen Kapitel erwähnt ist die visuelle Inspektion dazu geeignet Veränderungen und Schäden an der Seiloberfläche zu entdecken. Wie in Abbildung 3.1 dargestellt sind nicht alle Schäden, die an der Seiloberfläche auftreten können, mit Hilfe der MRT-Prüfung zu entdecken bevor sie ein großes Schadensausmaß erreichen. Welche Gefahren von Oberflächenbeschädigungen ausgehen können und welche Folgen daraus entstehen, ist im Folgenden an einigen Beispielen dargestellt.

Fall 1: Gerutschte Klemmplatte



Abbildung 4.1: Schäden von gerutschter Klemmplatte



Abbildung 4.2: Schäden von gerutschter Klemmplatte

Dieser Fall zeigt, 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 %.

Fall 2: Eingefallene Stoßstelle



Abbildung 4.3: Eingefallene Stoßstelle mit einigen Drahtbrüchen

In diesem Fall führte eine nicht entdeckte eingefallene Stoßstelle zu Drahtbrüchen im Bereich der Litzengasse. Als der Schaden festgestellt wurde, war es für eine normale Sanierung bereits zu spät, es musste eine Litze eingespleißt und wenig später das Seil getauscht werden.

Fall 3: Schäden durch Stromfluss



Abbildung 4.4: Schaden durch Stromfluss

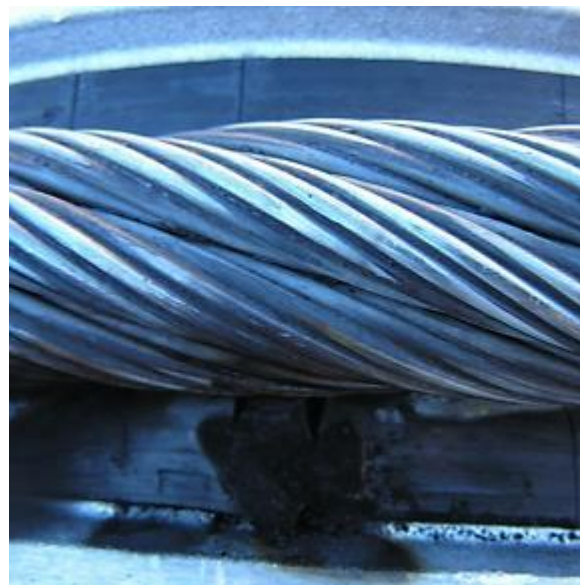


Abbildung 4.5: Schaden durch Stromfluss



Abbildung 4.6: Schaden durch Stromfluss



Abbildung 4.7: Schaden durch Stromfluss

Stromfluss kann enorme Schäden am Seil anrichten. Während in Abbildung 4.4 und Abbildung 4.5 die Größe der Schäden relativ gering ausfällt sind die Schadensausmaße in Abbildung 4.6 und Abbildung 4.7 enorm. Nach einem Stromfluss ist immer eine außerordentliche Inspektion durchzuführen, um mögliche Schäden sofort zu erkennen und gegebenenfalls Reparaturmaßnahmen einzuleiten. Auch vermeintlich kleine Schäden können, wenn sie unentdeckt bleiben, große Auswirkungen haben, die bis zur Ablegereife führen können.

Fall 4: Tragseilschaden



Abbildung 4.8: Tragseilschaden [9]



Abbildung 4.9: Tragseilschaden - Detailaufnahme [9]

In Abbildung 4.8 ist ein Tragseilschaden zu sehen, bei dem Profildrähte aus dem Seilverbund herausgetreten sind. Dieser entstand, als das Tragseil während des Verschiebevorgangs über einen Stahlsattel mit kleinem D/d -Verhältnis ruckartig gerutscht ist. Dabei wurde das Seil mechanisch geschädigt. In Abbildung 4.9 sind Fress-, Schleif- und Korrosionsspuren zu sehen. Durch wasserstoffinduzierte Spannungskorrosion im Bereich der Schädigung entstanden Gewaltbrüche durch Mikroanrisse. Diese Schäden wurden während den MRT-

Prüfungen nicht auf den Messungen sichtbar. [9] Die wichtigste Erkenntnis aus diesem Unfall ist, dass die Seiloberfläche nach jedem Verschieben des Seiles gründlich visuell kontrolliert werden sollte, um Schädigungen frühzeitig zu erkennen und beheben zu können.

Fall 5: Blitzschäden



Abbildung 4.10: Blitzschaden an Litzenseil



Abbildung 4.11: Blitzschaden an VVS



Abbildung 4.12: Blitzschaden mit großer Beschädigung an Litzenseil

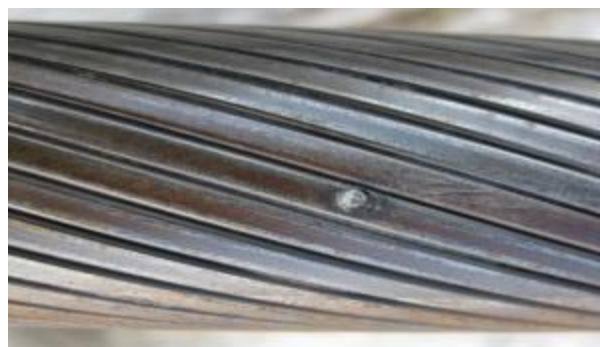


Abbildung 4.13: Kleiner Blitzschaden an VVS

Abbildung 4.10, Abbildung 4.11, Abbildung 4.12 und Abbildung 4.13 zeigen Blitzschäden in unterschiedlichem Ausmaß an Litzenseilen und vollverschlossenen Seilen.

Abbildung 4.14 zeigt die Eintrittsstelle eines Blitzschlages an einem Trageil an der Seilunterseite. Die Austrittsstelle des Blitzschlages ist in Abbildung 4.15 dargestellt. An beiden Stellen traten an den Drähten keine Schädigungen auf, jedoch erschien bei der magnet-induktiven Prüfung ein nicht separierbarer, unsymmetrischer Ausschlag, der auf zwei Innen-drahtbrüche hindeuten würde. Obwohl diese Stelle im Bericht der Prüfung erwähnt wurde, wurde deren Risikopotential erst bei einer zweiten magnet-induktiven Prüfung erkannt. Diese beinhaltete auch eine stichprobenartige visuelle Inspektion. Der Betrieb musste im Anschluss eingestellt und das Seil gewechselt werden, da ein Sanierungsversuch gescheitert war.



Abbildung 4.14: Einschlagstelle an Seilunterseite



Abbildung 4.15: Einschlag-/Austrittsstelle an der Seite des Seils

Blitzschläge können zu Materialverlust am Draht, scharfkantigen Oberflächen und Gefügeänderungen wie Martensit und somit langfristig zu Drahtbrüchen führen (Genaue Erläuterung siehe Kapitel 6.3.1). Ist bekannt, dass Blitze häufig in die Anlage einschlagen, so ist nach einem Gewitter eine außerordentliche Inspektion durchzuführen, um eventuelle Schäden festzustellen.

5 Aktuelle Situation der Inspektionsbedingungen

5.1 Allgemein

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

- Es herrschen teilweise sehr beengte Verhältnisse am Seil (siehe Abbildung 5.1) oder es muss auf Leitern inspiziert werden (siehe Abbildung 5.3)
- Es müssen oft unbequeme Steh-/Sitzpositionen eingehalten werden (siehe Abbildung 5.1)
- Teilweise wird mit nur einer Person plus Spiegel (um das Seil von unten einzusehen) geprüft (siehe Abbildung 5.2)
- Bei der Inspektion von Tragseilen müssen besondere Sicherheitsvorkehrungen beachtet werden (siehe Abbildung 5.9 bis Abbildung 5.12)
- Es herrschen schlechte Lichtverhältnisse - die Wetterlage kann die Inspektion durch Sonne, Nebel, Schnee oder Regen negativ beeinflussen (siehe Abbildung 5.4)

Zudem werden die Inspektionen häufig ohne Pausen durchgeführt. Dies beansprucht die Konzentrationsfähigkeit eines Prüfers enorm. Durch Konzentrationsverlust besteht die Gefahr, dass Schadstellen, die bei weiterem Betrieb zur Ablegereife führen würden, übersehen werden könnten.



Abbildung 5.1: Unbequeme Sitzposition bei der Inspektion



Abbildung 5.2: Inspektion mit einer Person plus Spiegel



Abbildung 5.3: Visuelle Inspektion auf einer Leiter und einer kleinen Plattform



Abbildung 5.4: Nebel bei Tragseilinspektion

Neben den beengten Platzverhältnissen, die in Abbildung 5.1 und Abbildung 5.3 zu sehen sind, existieren auch Anlagen, die für die visuelle Inspektion mit Bänken oder Sitzen ausgestattet sind und so ein bequemerer Arbeiten ermöglichen. Beispiele hierfür sind in Abbildung 5.5 und Abbildung 5.6 zu sehen.



Abbildung 5.5: Prüfsitz an einer Anlage



Abbildung 5.6: Vorrichtungen zur visuellen Seilinspektion

Die visuelle Inspektion eines Trag-, Förder- oder Zugseiles wird meist durch zwei Personen durchgeführt. Jedoch besteht auch bei der Inspektion mit zwei Personen das Problem, dass nicht die komplette Seiloberfläche eingesehen werden kann. Dies ist in Abbildung 5.7 zur Verdeutlichung grafisch dargestellt. Dabei bedeutet grün, dass dieser Seilbereich einsehbar ist während rot im toten Winkel der beiden inspizierenden Personen liegt.

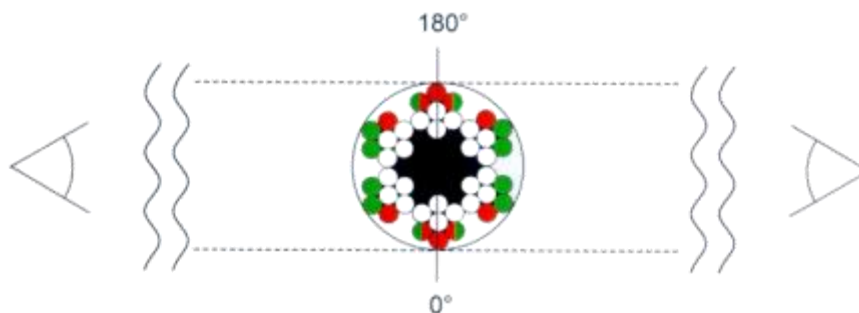


Abbildung 5.7: Sichtbarer Teil der Seiloberfläche bei der visuellen Seilinspektion

Zusätzlich zur Inspektion mit zwei Personen werden die Methoden, dass eine der zwei Personen zusätzlich einen Spiegel verwendet sowie, dass eine Person alleine mit Hilfe eines Spiegels prüft, angewandt. Alle drei Fälle sind in Abbildung 5.8 zusammenfassend dargestellt. Der rechte Fall, bei dem nur eine Person das Seil inspiziert, kann nur so ausgeführt werden, wenn diese Person das Seil in zwei Schritten inspiziert. Dabei wird zunächst die eine Seite (siehe (1) in Abbildung 5.8) und in einer zweiten Inspektion, die gegenüberliegende Seite des Seils (2) inspiziert.

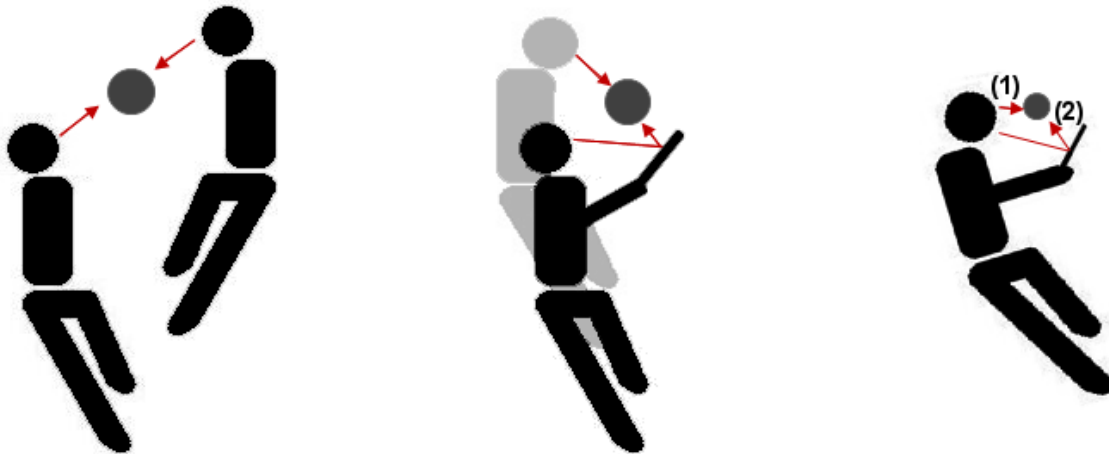


Abbildung 5.8: Mögliche Blickpositionen der Prüfer bei der Inspektion

In einem Land wird, vor allem von Skiliftbetreibern, die Methode angewandt ausschließlich mit dem taktilen Hilfsmittel Nylonstrumpf die Inspektion durchzuführen. Bei dieser Methode wird ein Nylonstrumpf um das Förderseil gewickelt und anschließend, bei teilweise hohen Geschwindigkeiten, das Seil durch den Strumpf gezogen. Dabei sollen vor allem abstehende Drähte oder Drahtbruchhäufungen gefunden werden, da die Drähte sich im Strumpf verhaften.

5.2 Situation an Tragseilen

Tragseile unterscheiden sich bei der visuellen Inspektion bezüglich der Arbeitsbedingungen deutlich von der visuellen Inspektion von Zug- und Förderseilen.

Während die visuelle Inspektion von Zug- und Förderseilen an einem festen Arbeitsplatz durchgeführt werden kann und das Seil sich dabei bewegt, muss die Inspektion von Tragseilen auf der Kabine, dem Laufwerk oder speziellen Vorrichtungen zum Sitzen oder Liegen durchgeführt werden. Die verschiedenen Situationen sind in den folgenden Abbildungen dargestellt. Dabei müssen besondere Sicherheitsvorkehrungen beachtet werden, damit die Mitarbeiter nicht in eine Gefahrensituation geraten können.



Abbildung 5.9: Visuelle Inspektion von Tragseilen auf der Leiter, einer Plattform, einem Sitz und dem Laufwerk



Abbildung 5.10: Visuelle Inspektion von Tragseilen auf einer Plattform und dem Laufwerk



Abbildung 5.11: Visuelle Inspektion von Tragseilen mit Vorrichtung zum Sitzen und Liegen



Abbildung 5.12: Visuelle Inspektion von Tragseilen mit Vorrichtung zum Sitzen

5.3 Situation an standardisierten Modulstationen für Einseilumlaufbahnen

An standardisierten Modulstationen für Einseilumlaufbahnen (EUB) herrschen andere Platzbedingungen als an offenen Stationen, von beispielsweise fix geklemmten Sesselbahnen. An Modulstationen wird die Inspektion, je nach Hersteller, mit einem zusätzlichen Spiegel innerhalb der Station durchgeführt. Dieser ist in Abbildung 5.13 dargestellt. 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 5.14)



Abbildung 5.13: Spiegel an standardisierter Modulstation für Einseilumlaufbahnen (Blick von außerhalb der Station)



Abbildung 5.14: Mögliche Positionierung der Mitarbeiter an einer Modulstation für EUB

6 Vorbereitung der Feldversuche

Um die Grenzen bei der visuellen Inspektion zu ermitteln wurden zwei Feldversuche durchgeführt, bei dem die in Kapitel 5 ermittelten aktuellen Prüfsituationen, soweit möglich, nachgebildet wurden, um im Anschluss aus den Ergebnissen eine optimale Prüfmethode für die visuelle Inspektion zu erarbeiten.

6.1 Erster Feldversuch

Der erste Feldversuch fand an den Anlagen „Längenfelder“ und „Hexenkessel“ im Classic-Gebiet der Bayerischen Zugspitzbahn AG in Garmisch-Partenkirchen statt. Beide Anlagen sind fix geklemmte Sesselbahnen. Die technischen Daten der Anlagen sind Tabelle 6.1 zu entnehmen. An diesen Anlagen fanden Inspektionen an den im Voraus präparierten Seilen statt. Die Präparierung der Seile ist in Kapitel 6.3 erläutert.

Tabelle 6.1: Technische Daten der Anlagen des ersten Feldversuches

	Hexenkessel	Längenfelder
Seillänge	938m	1634m
Seilkonstruktion	6x19 S	6x26 WS
Seildurchmesser	34 mm	36 mm
Art der Anlage	Sesselbahn, fix geklemmt	Sesselbahn, fix geklemmt
Inbetriebnahme	1992	2000

6.2 Zweiter Feldversuch

Der zweite Feldversuch konzentrierte sich auf die Themen visuelle Inspektion an standardisierten Modulstationen für Einseilumlaufbahnen sowie die visuelle Inspektion an Tragseilen. Während an einer Modulstation in Oberjoch ebenfalls ein Teil des Seiles präpariert wurde, fand eine Inspektion an einem nicht präparierten Seil, das aber echte Schadstellen aufweist, statt. Außerdem fand an der Grüntenseilbahn in Rettenberg eine Diskussionsrunde zum Thema Inspektion von Tragseilen statt. Hier wurden keine Inspektionen am Tragseil durchgeführt.

Tabelle 6.2: Technische Daten der Anlagen des zweiten Feldversuches in Oberjoch

	Schwandenbahn	Iselerbahn
Seillänge	1013 m	2945 m
Seilkonstruktion	6x36 WS	6x36 WS
Seildurchmesser	45 mm	47 mm
Art der Anlage	Sessellift, kuppelbar	Sessellift, kuppelbar
Inbetriebnahme	2015	2001

6.3 Künstliche Nachbildung von Schadensbildern

Da die Förderseile an den Anlagen nur wenig oder keine vorhandenen Schadstellen aufweisen wurde im Voraus entschieden, die Seile mittels Lack mit künstlich erzeugten Schadstellen zu versehen. Dazu wurden die einzelnen möglichen Schadensbildersystematisch abstrahiert und mit Lack nachgebildet.

Es wurden die folgenden Fehlerbilder berücksichtigt:

- Blitzschlag
- Drahtbruch
- Korrosion
- Riefen/Kerben

Die künstlichen Fehlerbilder wurden im Vorfeld am Institut für Fördertechnik und Logistik nach ihrer Abstrahierung in Vorversuchen geprüft, um sie so realistisch wie möglich zu gestalten.

6.3.1 Künstliche Nachbildung Blitzschlag

Schlägt ein Blitz in ein Seil ein, so entstehen meist an den Ein- und Austrittsstellen Martensitstrukturen. Diese entstehen wenn sich das Drahtmaterial sehr schnell erwärmt/verflüssigt und wieder erstarrt. Da es sich bei Martensit um eine spröde Materialform handelt kann es bei weiterem Betrieb schnell zum Drahtbruch führen. Martensit zeigt sich auf dem Seil durch leicht bläuliche, metallisch glänzende Verfärbungen (siehe Abbildung 6.1). Ein abstrahiertes Schadensbild ist in Abbildung 6.3 dargestellt.



Abbildung 6.1: Blitzschlag bläulich verfärbt



Abbildung 6.2: Martensitstrukturen mit geschmolzenen Drähten



Abbildung 6.3: Abstrahierung Blitzschlag

Um diesen Schadensfall künstlich nachzubilden wurden ein schwarzer Metalliclack sowie ein blauer Lack gewählt. Um zu ermitteln bis zu welcher minimalen Schadensgröße die Fehler entdeckt werden können, wurden Punkte in verschiedenen Größen auf das Seil aufgebracht. Dabei wurden die Durchmesser 0,5 x Litzendurchmesser, 1 x Litzendurchmesser und 1,5 x Litzendurchmesser gewählt.



Abbildung 6.4: Blitzschlag 1,5 x Litzendurchmesser

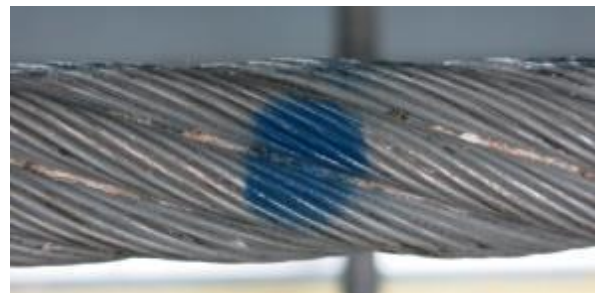


Abbildung 6.5: Blitzschlag 1,5 x Litzendurchmesser

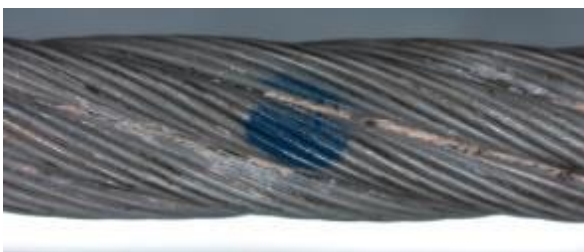


Abbildung 6.6: Blitzschlag 1 x Litzendurchmesser

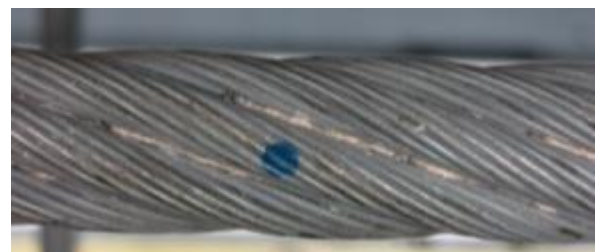


Abbildung 6.7: Blitzschlag 0,5 x Litzendurchmesser

6.3.2 Künstliche Nachbildung Drahtbruch

Bei Drahtbrüchen sind mehrere Schadensfälle zu unterscheiden. Dazu gehören der Einzeldrahtbruch (siehe Abbildung 6.8 und Abbildung 6.10), Brüche mehrerer nebeneinander liegender Drähte (siehe Abbildung 6.11) sowie der Bruch einer kompletten Litze (siehe Abbildung 6.12). Drahtbrüche zeigen sich bei der visuellen Inspektion als dunkle Schatten auf der Seiloberfläche. Dabei sind besonders Einzeldrahtbrüche, die in den Litzengassen liegen, nur schwer bei der visuellen Inspektion zu entdecken. Jedoch ist es auch kein Anspruch der visuellen Inspektion, diese Einzeldrahtbrüche an Litzenseilen durch die visuelle Inspektion zu entdecken.



Abbildung 6.8: Einzeldrahtbruch



Abbildung 6.9: Drahtbruch mit abstehendem Draht



Abbildung 6.10: Einzeldrahtbruch abstrahiert

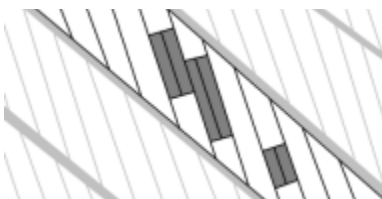


Abbildung 6.11: Bruch mehrerer Drähte abstrahiert



Abbildung 6.12: Bruch komplette Litze abstrahiert

Auch hier wurden die Durchmesser 0,5 x Litzendurchmesser, 1 x Litzendurchmesser und 1,5 x Litzendurchmesser sowie der Einzeldrahtbruch für die künstliche Nachbildung der Schadensfälle gewählt. Diese sind in den folgenden Abbildungen dargestellt.



Abbildung 6.13: Einzeldrahtbruch in Litzengasse

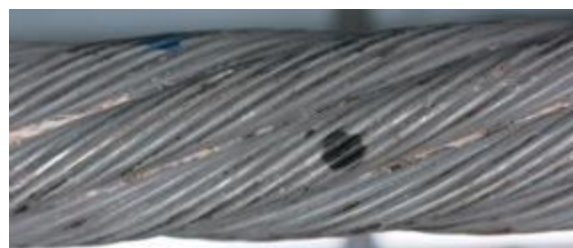


Abbildung 6.14: Drahtbruch 0,5 x Litzendurchmesser



Abbildung 6.15: Drahtbruch 1 x Litzendurchmesser

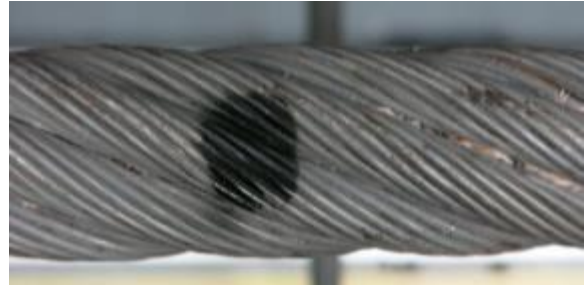


Abbildung 6.16: Drahtbruch 1,5 x Litzendurchmesser

6.3.3 Künstliche Nachbildung Korrosion

Tritt am Seil ein Schaden auf, der die Zinkoberfläche beschädigt hat, so ist Korrosion meist die Folge. Die Korrosion ist ein schleicher Prozess, bei dem die Drähte verschleifen und ein Querschnittsverlust entsteht, der zu Gewaltdrahtbrüchen führen kann. Besonders häufig tritt die Korrosion in den Litzengassen auf.



Abbildung 6.17: Litzengassenkorrosion (mit Drahtbrüchen)



Abbildung 6.18: Korrosion bei einem vollverschlossenen Seil

Für die künstliche Nachbildung wird ein orangener Lack gewählt. Um die Korrosion in den Litzengassen so realistisch wie möglich wirken zu lassen wird der Lack nach dem Aufsprühen mit einer Drahtbürste bearbeitet um die harten Übergänge zu entfernen. Neben der Korrosion in den Litzengassen wurden wieder Punkte mit 0,5 x Litzendurchmesser, 1 x Litzendurchmesser und 1,5 x Litzendurchmesser auf die Seile aufgebracht.



Abbildung 6.19: Korrosion in Litzengasse abstrahiert



Abbildung 6.20: Korrosion über mehrere Litzen abstrahiert



Abbildung 6.21: Korrosion in Litzen-gasse

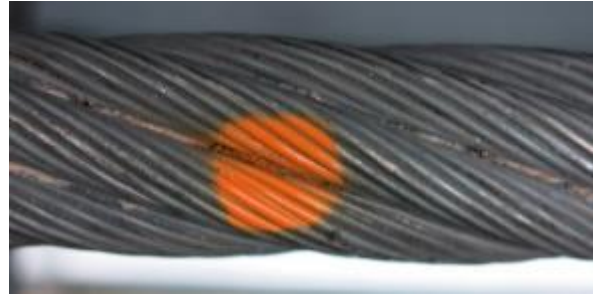


Abbildung 6.22: Korrosion 1,5 x Litzen-durchmes-ser

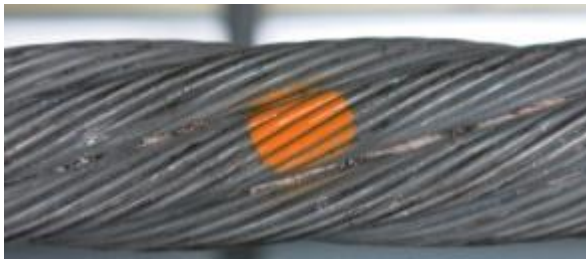


Abbildung 6.23: Korrosion 1 x Litzen-durchmesser



Abbildung 6.24: Korrosion 0,5 x Litzen-durchmesser

6.3.4 Künstliche Nachbildung Riefen

Bei Riefen und Kerben handelt es sich um Oberflächenschäden, die die Außenfläche des Drahtes verändern, jedoch nicht die Seil- oder Drahtstruktur. Kerben entstehen durch lokale mechanische Beanspruchungen und Riefen durch Relativbewegungen mit harten Körpern. Riefen treten dabei als sehr feine Reibspuren über eine größere Länge auf der Oberfläche auf, die teilweise nur sehr schwer erkennbar sind und durch Reflexion des Umgebungsmaterials unter Umständen bei der visuellen Inspektion nicht erkannt werden (siehe Abbildung 6.26). Eine Kerbe tritt meist nur lokal am Punkt der mechanischen Einwirkung auf (siehe Abbildung 6.25).

Bei der visuellen Inspektion sind Riefen und Kerben oft nur sehr schwer unterscheidbar. Bei der künstlichen Nachbildung der Schäden wird also auf eine Unterscheidung der beiden Schäden verzichtet und das Ziel ist es, dass diese feinen Schäden überhaupt von den Prüfern erkannt werden.

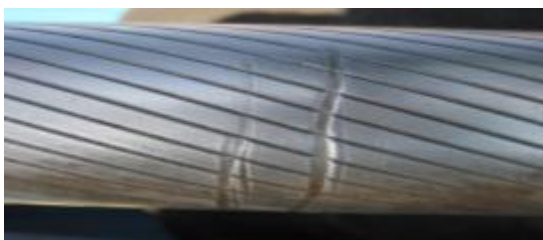


Abbildung 6.25: Kerben auf einem Tragseil



Abbildung 6.26: Riefen auf einem Zugseil

Für die künstliche Nachbildung von Riefen und Kerben werden kleine weiße Lackstriche auf der Litzenkuppe gewählt.

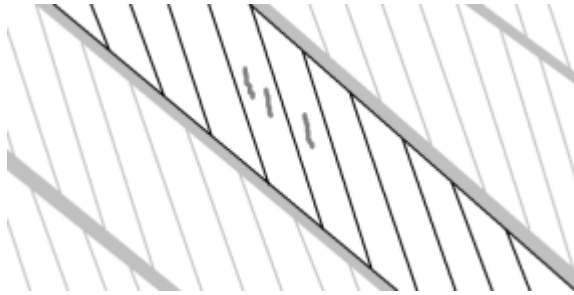


Abbildung 6.27: Riefen/Kerben abstrahiert



Abbildung 6.28: Riefen/Kerben nachgebildet

6.3.5 Aufbringen der künstlichen Fehler für den Feldversuch

Das Ziel beim Aufbringen der künstlichen Fehler auf das Seil war es, die Fehler ohne System auf dem Seil zu verteilen.

Um beim Feldversuch eine einfache Protokollierung zu gewährleisten wurden im Vorfeld Punkte festgelegt, die Abstände von 5m, 10m, 20m, 25m, 30m, 40m und 50m besitzen, an denen zufällig gewählte Fehler aufgebracht wurden. Dabei wurden an manchen Stellen auch mehrere Fehler aufgebracht um zu ermitteln ob die Prüfer sich von Fehlern ablenken lassen (beispielsweise dem Fehler mit den Augen folgen) und somit kurz darauf kommende Fehler übersehen. Die unterschiedlichen Abstände von 5-50 Metern wurden gewählt um zu ermitteln, ob es einen Konzentrationsabfall der Prüfer gibt wenn für längere Zeit (beispielsweise 50m) kein Fehler entdeckt wird.

Die Fehler wurden beim ersten Feldversuch in vier Abschnitten von jeweils 200m aufgebracht, so dass am ersten Feldversuch an beiden Anlagen je 800m Seil zur Inspektion zur Verfügung standen. Beim zweiten Feldversuch wurden zwei Abschnitte, also 400 m Seil präpariert.

6.4 Erstellung von Fragebögen

Für die spätere Auswertung der Feldversuche wurden Fragebögen erstellt, die die Teilnehmer vor beziehungsweise während der Versuche ausfüllen.

Der „Vorher-Fragebogen“ behandelt die bisherige Erfahrung bezüglich visueller Inspektionen. Es wird dabei auf die Häufigkeit und die Art der Durchführung eingegangen. Zusätzlich wird eine eigene Einschätzung abgefragt, bei der die Teilnehmer einschätzen sollen wie viel Prozent der in Kapitel 6.3 vorgestellten Fehlerbilder sie während den Inspektionen finden werden. Auch eine Einschätzung bis zu welcher minimalen Größe die Fehlerbilder entdeckt werden soll abgegeben werden.

Der komplette Fragebogen ist im Anhang zu finden.

Der „Nachher-Fragebogen“ sollte von den Teilnehmern nach jeder Durchführung einer Inspektion ausgefüllt werden. Im „Nachher-Fragebogen“ wird unter anderem die Art der Durchführung beschrieben (Inspektion mit oder ohne Pausen), der Teilnehmer kann Angaben dazu machen wie die Arbeitsplatzsituation war, ob er Konzentrationsschwierigkeiten hatte, ob Hilfsmittel (Nylonstrumpf, Spiegel) verwendet wurden und Kritik an der Art der Durchführung äußern.

Der komplette Fragebogen ist im Anhang zu finden.

6.5 Auswahl Versuchsdurchführungen

Bei der Auswahl der unterschiedlichen Versuchsdurchführungen für den ersten Feldversuch wurden in Gesprächen mit der Projektgruppe sowie Mitarbeitern des Instituts für Fördertechnik und Logistik (IFT) unterschiedliche Arten der Durchführung in der Praxis ermittelt. Dabei wurde sowohl auf die Geschwindigkeit, die Arbeitsplatzbedingungen, auf Pausen sowie auf verwendete Hilfsmittel geachtet. Die folgenden Arten der Inspektionsdurchführungen wurden ermittelt:

- komplettes Seil ohne Pause bei 0,3m/s
- komplettes Seil ohne Pause bei 0,6m/s
- komplettes Seil ohne Pause bei 1,0m/s
- alle 20min 5min Pause bei 0,3m/s
- alle 15min 5min Pause bei 0,3m/s
- alle 10min 5min Pause bei 0,3m/s
- Hilfsmittel Nylonstrumpf
- Hilfsmittel Spiegel, alle 10min 5min Pause bei 0,3m/s
- Inspektion mit 3 Personen bei 0,3m/s

Hinsichtlich der ermittelten Arbeitsbedingungen, in Verbindung mit den zur Verfügung stehenden Anlagen beim ersten Feldversuch, bestand die Möglichkeit die folgenden Arbeitsplatzbedingungen umzusetzen. An der Anlage Längenfelder stand ein Prüfer auf einer installierten Plattform während der zweite auf einer Leiter stand (siehe Abbildung 6.29). An der Hexenkessel Talstation sind beide Prüfer auf einer Leiter. Es besteht außerdem für einen Prüfer die Möglichkeit auf eine kleine Plattform zu sitzen (siehe Abbildung 6.30). An der Hexenkessel Bergstation konnten beide Prüfer auf einer fest installierten Plattform die Inspektion durchführen (siehe Abbildung 6.31). Beim zweiten Feldversuch wurde die Inspektion an

einer standardisierten Modulstation für Einseilumlaufbahnen durchgeführt, bei der mit einem Spiegel unter dem Seil inspiziert wird (siehe Kapitel 5.3).

An allen Stationen wurden die Inspektionen von einem Mitarbeiter des IFT begleitet und die Ergebnisse, Randbedingungen, Kommentare der Teilnehmer während der Inspektion und besondere Ereignisse protokolliert.



Abbildung 6.29: Arbeitsplatzbedingungen an der Anlage Längenfelder



Abbildung 6.30: Arbeitsplatzbedingungen Hexenkessel Talstation



Abbildung 6.31: Arbeitsplatzbedingungen Hexenkessel Bergstation

7 Auswertung und Erkenntnisse der Feldversuche

Im Anschluss an den Feldversuch folgt die Auswertung. Dabei wird zunächst der Vorher-Fragebogen ausgewertet. Im Anschluss folgt eine Auswertung der Fehlerentdeckungsquoten, die während der Inspektionen erreicht wurden. Mit Hilfe der Nachher-Fragebögen werden die beiden verwendeten Hilfsmittel Spiegel und Nylonstrumpf bewertet. Die Diskussionsrunde zum Thema Inspektion von Tragseilen des zweiten Feldversuches liefert unter anderem Erkenntnisse über die Sicherheitsanforderungen während der Inspektion. Aus den Auswertungen und Erkenntnissen wird im Anschluss ein Punktesystem zur Bewertung der visuellen Inspektion erstellt, das in Kapitel 8 vorgestellt wird.

7.1 Auswertung Vorher-Fragebogen

Wie bereits erläutert konnten die Teilnehmer im Vorher-Fragebogen Angaben zu ihrer bisherigen Erfahrung, Selbsteinschätzungen sowie ihre eigene Meinung bezüglich der visuellen Inspektion darlegen.

Abbildung 7.1 zeigt die bisherige Erfahrung der Teilnehmer. Es ist deutlich zu sehen, dass die Teilnehmer ein breites Spektrum an bisherigen Erfahrungen mitbringen. Im Anschluss an die Auswertung der Fehlerentdeckungsquote ist in Kapitel 7.2.3 zu sehen, ob ein Zusammenhang zwischen der Erfahrung der Teilnehmer und deren Fehlerentdeckungsquote besteht.

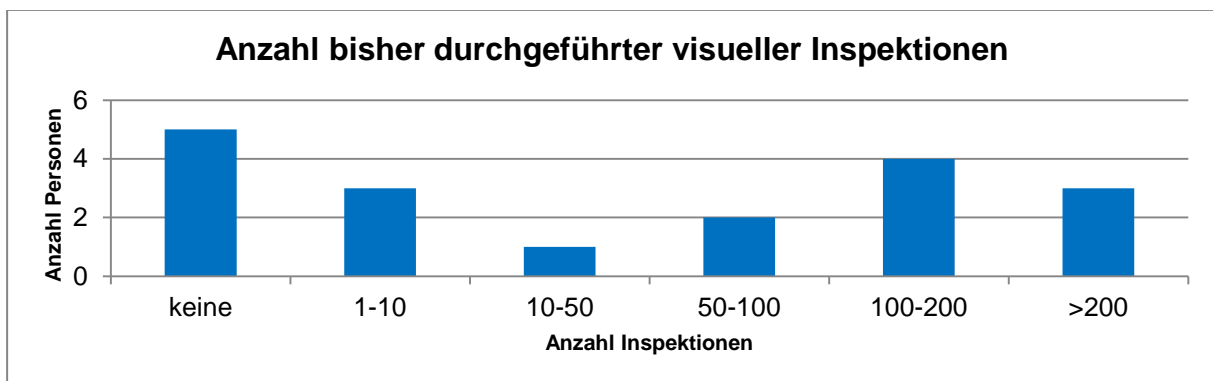


Abbildung 7.1: Übersicht Anzahl bisher durchgeführter visueller Inspektionen der Teilnehmer

Die Selbsteinschätzung bezüglich der Erfolgsquote ist in Abbildung 7.2 dargestellt. Nur ca. ein Viertel der Teilnehmer schätzt sich mit einer Erfolgsquote von unter 50% ein. Auch hier ist es interessant zu sehen, ob die Selbsteinschätzung mit der realen Fehlerentdeckungsquote übereinstimmt.

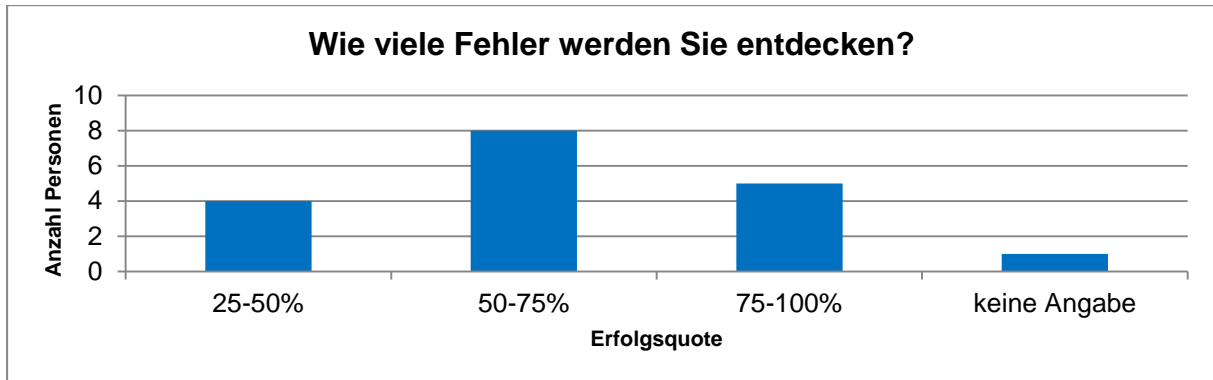






Abbildung 7.2: Selbsteinschätzung der Teilnehmer bezüglich der Erfolgsquote

Die Selbsteinschätzung bis zu welcher minimalen Größe die Fehler während der Inspektion gefunden werden, liefert das in Tabelle 7.1 dargestellte Ergebnis. Die Auswahlmöglichkeiten, die den Teilnehmern im Fragebogen gegeben waren, sind dem Anhang zu entnehmen.

Wie zu erwarten, schätzten sich die meisten Teilnehmer so ein, dass sie die kleinsten Fehler, also Drahtbrüche, Korrosion oder Blitzschlag in 0,5 x Litzendurchmesser sowie Riefen nicht finden werden. Nur knapp ein Drittel der Teilnehmer schätzt sich selbst so ein, dass alle Fehlergrößen entdeckt werden.

Tabelle 7.1: Selbsteinschätzung bis zu welcher minimalen Größe Fehler gefunden werden

Welche Fehler werden nicht entdeckt?	Anzahl Personen
Alle Fehlergrößen werden gefunden	5 Personen
 Alle Fehlergrößen bis auf 0,5 x Litzendurchmesser	4 Personen
  Alle Fehler bis auf 0,5 x Litzendurchmesser und Riefen	7 Personen
 Alle Fehler bis auf Riefen	2 Personen

Die acht häufigsten Antworten der Teilnehmer auf die Frage „Welche Fehler sind Ihrer Meinung nach besonders wichtig und sollten unbedingt gefunden werden?“ sind in Abbildung 7.3 dargestellt. Am häufigsten werden die Fehler Blitzschlag, Korrosion, Schädigung mehrerer Drähte, Drahtbrüche sowie Riefen genannt. Diese Aussagen decken sich also mit den Fehlerbildern, die für den Feldversuch künstlich nachgebildet wurden (siehe Kapitel 6.3).

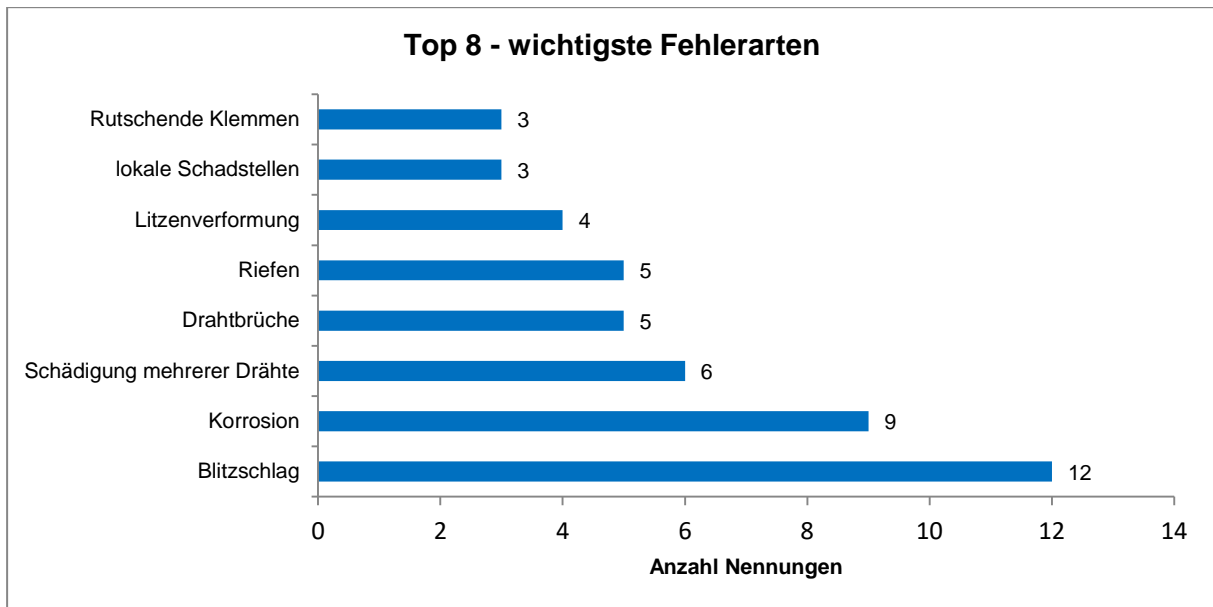


Abbildung 7.3: Top 8 - wichtigste Fehlerarten

Die für als wichtig eingestuft Eigenschaften der Mitarbeiter während einer Inspektion sind in Abbildung 7.4 dargestellt. Am häufigsten werden dabei die Punkte langes Konzentrationsvermögen und eine gute Sehkraft genannt. Es folgen die Motivation der Mitarbeiter sowie eine gute Instruktion der Mitarbeiter.

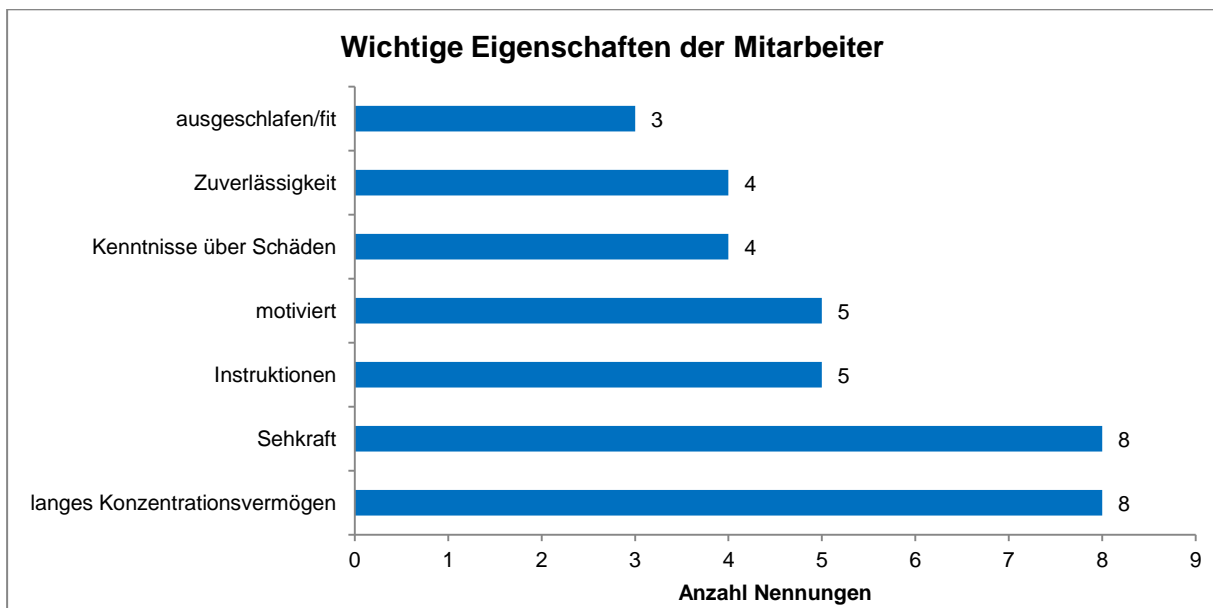


Abbildung 7.4: Wichtige Eigenschaften der Mitarbeiter während der Inspektion

Die wichtigsten Anforderungen an die Umgebung und den Arbeitsplatz während der Inspektion sind in Abbildung 7.5 dargestellt. Die Hälfte der Teilnehmer stellt genügend Licht als eine der wichtigsten Anforderungen an die Umgebung.

Die Teilnehmer wurden im Fragebogen ebenfalls befragt, ob ihre bisherigen Inspektionen vorwiegend bei Tag oder bei Nacht durchgeführt wurden und welche Lichtquelle gegebenenfalls verwendet wird. Dabei gaben 13 der Teilnehmer, also über die Hälfte, an, bei Tag zu

prüfen. Nur ein Teilnehmer prüft bei Nacht, beziehungsweise in den frühen Morgenstunden. Der Rest hat keine Erfahrung oder enthält sich der Angabe. Dies bestätigt die Anforderungen an eine gute Lichtsituation während der Inspektion. Obwohl die Teilnehmer bei Tageslicht prüfen, nutzen einige eine zusätzliche Lichtquelle. Dies kann vor allem in dunkleren Stationen von Vorteil sein, bei denen nicht ausreichend Tageslicht an das Seil gelangt. Durch eine künstliche Lichtquelle wird zudem für gleichbleibende Lichtbedingungen während jeder Inspektion gesorgt.

Eine (bequeme) Sitz-/Liegegelegenheit steht an zweiter Stelle der am häufigsten genannten Anforderungen. Eine unbequeme Sitzposition kann die Konzentrationsfähigkeit während der Inspektion senken und somit dazu führen, dass Schäden im Seil übersehen werden. Ein trockenes Seil tritt an dritter Stelle auf. Sind Wassertropfen auf dem Seil können diese zu Spiegelungen führen, die Schäden überdecken. Zudem ist Wasser (und Schmutz/Eis) am Seil eine zusätzliche Belastung für die Augen und können die Konzentrationsfähigkeit senken. Ist eine Prüfung bei Feuchtigkeit unvermeidbar, ist es eine Möglichkeit das Seil abzuwischen bzw. trocken zu wischen oder mit einem Gebläse abzublasen.

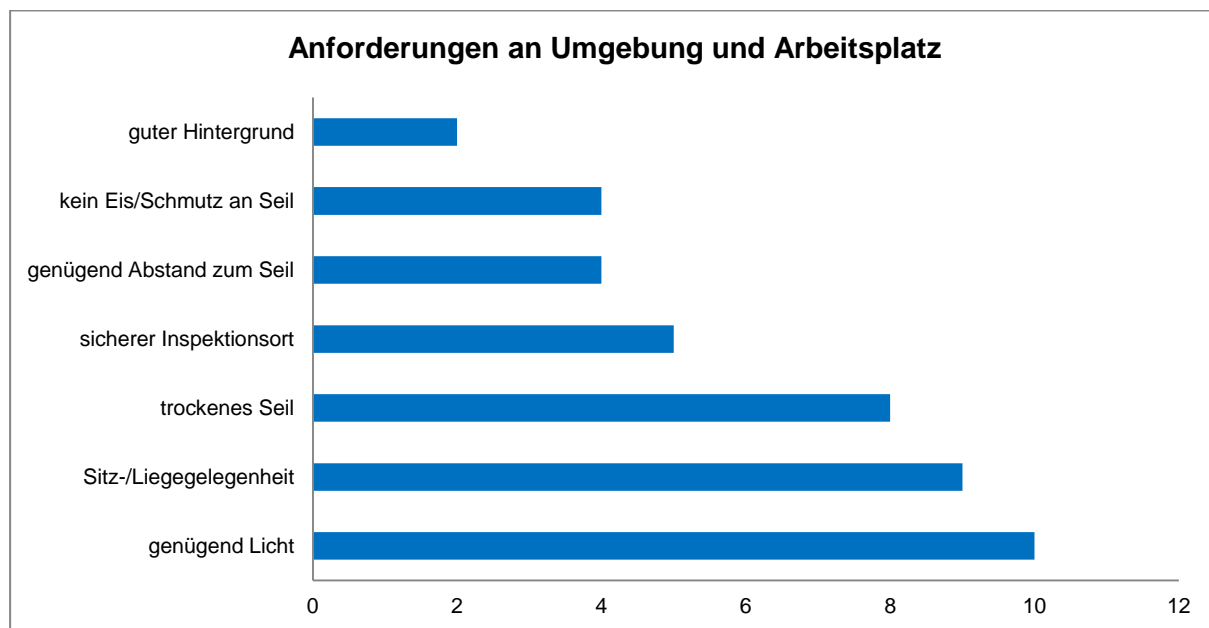


Abbildung 7.5: Anforderungen an Umgebung und Arbeitsplatz

Auf die Frage was bei der Inspektion, bezogen auf die Umgebungsbedingungen und den Arbeitsplatz, besonders unangenehm ist, nannten die Teilnehmer die in Abbildung 7.6 dargestellten Punkte. Die Aussagen decken sich zum Großteil mit den in Abbildung 7.5 genannten Punkten.

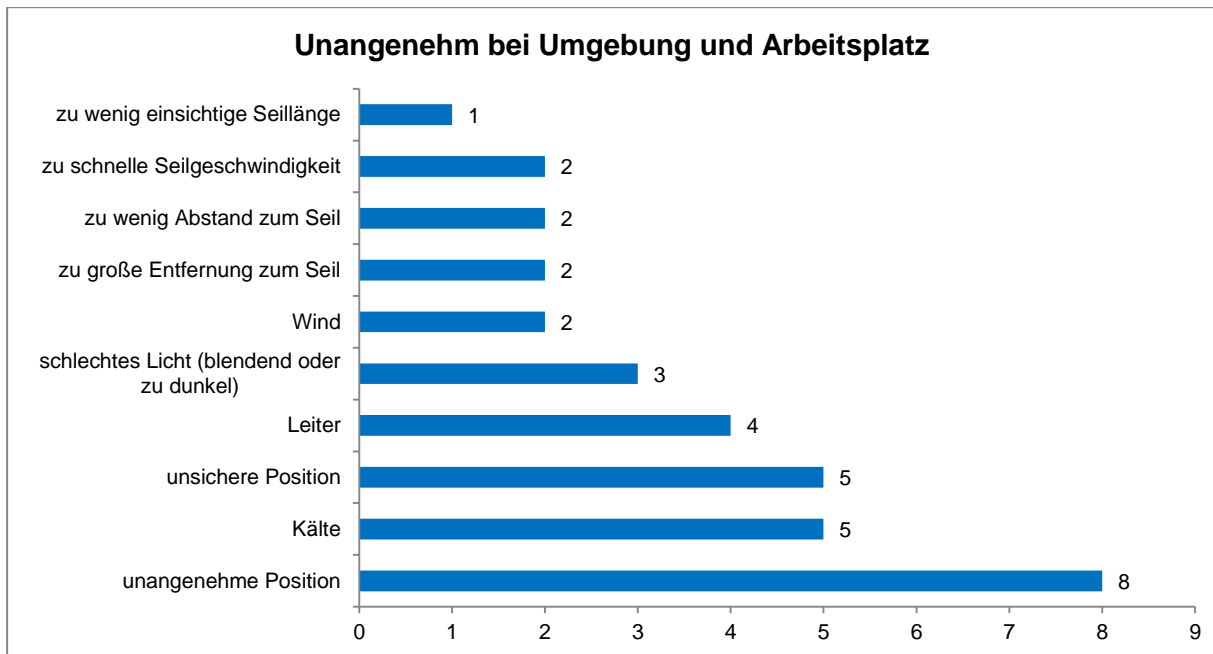


Abbildung 7.6: Besonders unangenehm bei Umgebung und Arbeitsplatz

7.2 Ermittlung der Fehlerentdeckungsquote

Um eine Fehlerentdeckungsquote zu ermitteln wurden die Prüfprotokolle ausgewertet, die die Mitarbeiter des Instituts für Fördertechnik und Logistik während den Versuchen geführt haben. Die Auswertung der Fehlerentdeckungsquote erfolgt zum einen nach der Inspektionsart und zum anderen nach Fehlerarten.

7.2.1 Fehlerentdeckungsquote nach Inspektionsart

Die Auswertung erfolgte zunächst zusammengefasst nach der Inspektionsart. Dabei wurde berücksichtigt ob ein Fehler gefunden wurde oder nicht und noch nicht auf die Fehlerart geachtet. Das Ergebnis der Auswertung ist in Abbildung 7.7 dargestellt. Die Abbildung zeigt die Gesamtfehlerentdeckungsquote zusammengefasst nach den unterschiedlichen Inspektionsarten, die in Kapitel 6.5 ermittelt wurden. Dabei schneidet die Inspektion mit drei Personen bei 0,3 m/s mit deutlichem Abstand, bei 79 % Fehlerentdeckungsquote, am besten ab. Dies ist darauf zurück zu führen, dass die dritte Person Fehler entdeckt, die sonst im toten Winkel liegen und von nur zwei Prüfern nicht entdeckt werden können. Es ist einige Male vorgekommen, dass von den Protokollanten des IFT Fehler gesehen wurden, die für die Prüfer im toten Winkel lagen und somit nicht entdeckt wurden. Zudem bemerkten die Protokollanten, dass ein in kurzem Abstand folgender Fehler oft von der Erkennung und Diskussion des ersten Fehlers überschattet wurde.

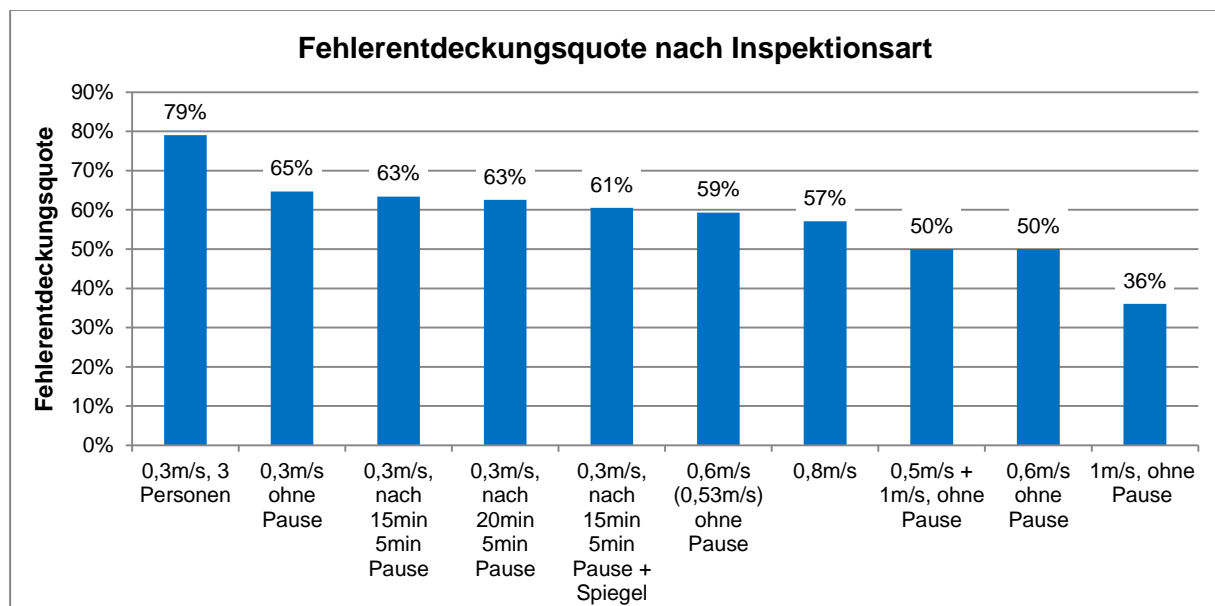


Abbildung 7.7: Fehlerentdeckungsquote zusammengefasst nach Inspektionsart

Es sei auch darauf hingewiesen, dass die Inspektion ohne Pause bei 0,3 m/s knapp besser abschneidet als die Inspektionen, bei denen Pausen gemacht wurden. Bei einer kurzen Inspektionslänge von nur 800m dauert die Inspektion bei 0,3 m/s ungefähr 45 Minuten. Auch wenn die Pausen in diesem Fall keine positive Auswirkung auf die Konzentrationsfähigkeit und somit die Fehlerentdeckungsquote hatten, war beim Beobachten der Teilnehmer deutlich zu sehen, dass sie gegen Ende der Inspektion unruhiger wurden, da die Sitz- oder Stehpositionen unbequem wurden. Es ist also nicht möglich, pauschal zu sagen, dass Pausen keinen positiven Effekt auf die Fehlerentdeckungsquote haben, sondern es sollte immer auf

die Gesamtseillänge, die zu inspizieren ist, die Geschwindigkeit, die Gesamtdauer der Inspektion sowie auf die persönliche Konzentrationsfähigkeit des Prüfers bezogen werden.

Wie in Abbildung 7.7 zu sehen ist die Fehlerentdeckungsquote bei hohen Geschwindigkeiten deutlich schlechter als bei niedrigen, da bei hohen Geschwindigkeiten die Konzentrationsfähigkeit schnell sinkt. Bei einigen Teilnehmern traten bei Inspektionen mit 1 m/s bereits nach wenigen Minuten Schwindelgefühle auf, die nicht nur die Fehlerentdeckungsquote senken, sondern auch ein Sicherheitsrisiko darstellen können.

Eine Empfehlung für die Durchführung von Pausen, basierend auf den Ergebnissen der Feldversuche sowie den Erfahrungen der Projektgruppenmitglieder, ist im Bewertungssystem, das in Kapitel 8 vorgestellt wird, berücksichtigt.

7.2.2 Fehlerentdeckungsquote nach Fehlerart

Für die Ermittlung der Fehlerentdeckungsquote nach Fehlerart 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 7.8 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.

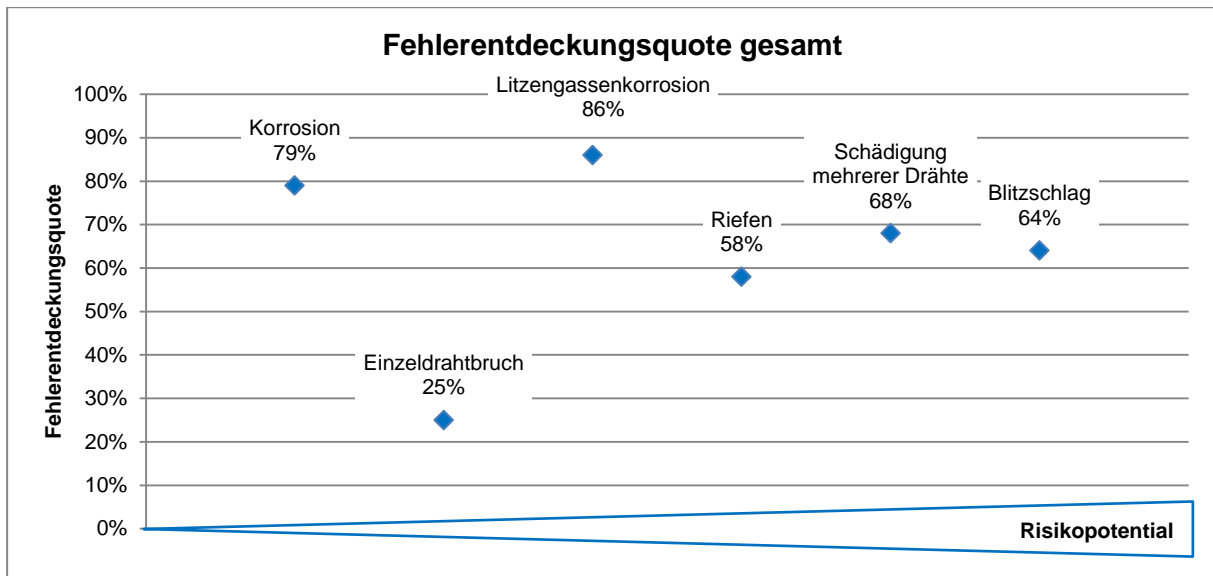


Abbildung 7.8: Fehlerentdeckungsquote nach Fehlerart

Nach einem besonderen Ereignis, wie beispielsweise einem Gewitter, wird eine außerplanmäßige Inspektion durchgeführt, die als so genannte Typ C-Inspektion mit einer Geschwindigkeit von bis zu 1 m/s durchgeführt werden kann (vergleiche Tabelle 3.1).

Abbildung 7.9 zeigt daher die Fehlerentdeckungsquoten, die während der Feldversuche bei einer Geschwindigkeit von 1 m/s erreicht wurden. Die Entdeckungsquote sinkt beim Schadensfall Blitzschlag um 20 % auf nur noch 46 %. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der metallisch glänzende Blitzschlag bei einem schnell laufenden Seil in der Seilstruktur nur noch schwer zu erkennen ist. Dies ist ebenfalls beim Schadensfall der Schädigung mehrerer Drähte der Fall, der als dunkler Schatten auf dem Seil auftritt. Vor allem bei unruhig laufenden Seilen können die Schäden so übersehen werden.

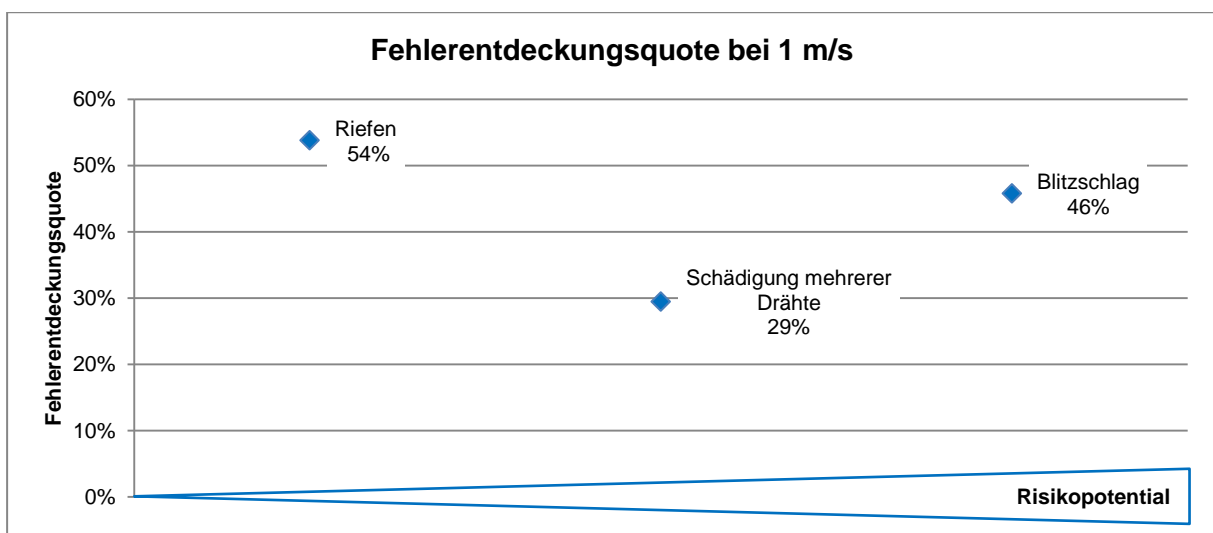


Abbildung 7.9: Fehlerentdeckungsquote nach Fehlerart bei 1 m/s

Wie bereits erläutert wurde, ist die Lichtsituation während der Inspektion ein wichtiger Faktor. Dies zeigt sich auch bei einer Auswertung der Fehlerentdeckungsquote bei 0,3 m/s nach den Stationen getrennt. Die Auswertung ist tabellarisch in Tabelle 7.2 sowie grafisch in Ab-

bildung 7.10 dargestellt. Man erkennt einen deutlichen Unterschied zwischen den drei Stationen des ersten Feldversuches. Dies ist auf die unterschiedlichen Arbeitsplätze und vor allem auf die Lichtverhältnisse an den drei Stationen zurückzuführen.

An der Anlage Längenfelder schützte ein Dach während der Inspektion vor der direkten Sonneneinstrahlung. An der Bergstation der Anlage Hexenkessel herrschten laut den Teilnehmern die schlechtesten Lichtverhältnisse. Zusätzlich ist an dieser Station der Antrieb, der laute Geräusche verursacht und dadurch zusätzlich ablenkt. Dies führt zu einer Fehlerentdeckungsquote, die deutlich unter der Quote an der Anlage Längenfelder liegt. Wie die Arbeitsplatz- und Lichtsituation verbessert werden kann, um eine bessere Fehlerentdeckungsquote zu erreichen, wird mit der Einführung des Punktesystems in Kapitel 8 erläutert.

Tabelle 7.2: Fehlerentdeckungsquote bei 0,3 m/s an den Anlagen des ersten Feldversuches

Fehlerart	Mit Sonnenschutz (Längenfelder)	Ohne Sonnenschutz, jedoch mit Schatten (Hexenkessel Tal)	Ohne Sonnenschutz, schlechte Lichtver- hältnisse, Antrieb (Hexenkessel Berg)
Blitzschlag	71%	64,6%	55,1%
Schädigung mehrerer Drähte	72%	59,2%	62,4%
Riefen	50%	58,7%	50,8%
Litzengassenkorro- sion	87%	91,4%	80,0%
Einzeldrahtbruch	54%	0,0%	7,1%
Korrosion	70%	88,1%	66,7%
Durchschnitt	67%	60%	54%

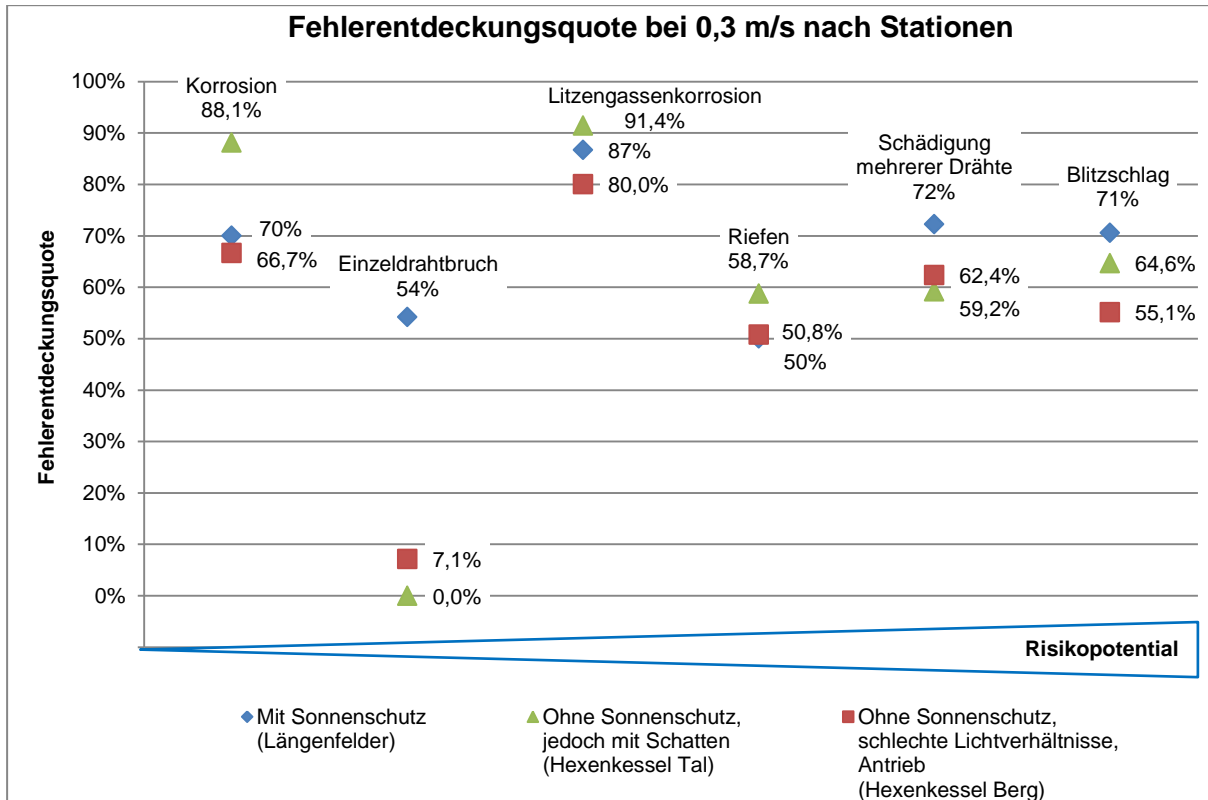


Abbildung 7.10: Fehlerentdeckungsquote bei 0,3 m/s nach Stationen

7.2.3 Zusammenhang Fehlerentdeckungsquote und bisherige Erfahrung

Wie in Abbildung 7.1 dargestellt waren die bisherigen Erfahrungen der Teilnehmer der Feldversuche breit gestreut und reichten von null bis zu über 200 bereits durchgeführten Inspektionen. In diesem Kapitel soll ermittelt werden, ob zwischen der bisherigen Erfahrung der Teilnehmer und deren Fehlerentdeckungsquote ein Zusammenhang besteht, also ob erfahrene Teilnehmer eine höhere Fehlerentdeckungsquote erreichen als unerfahrene Teilnehmer. Dazu werden die Prüfprotokolle ausgewertet, in denen von den Mitarbeitern des Instituts für Fördertechnik und Logistik festgehalten wurde, von wem der Fehler während einer Inspektion entdeckt wurde. Das Ergebnis ist in Abbildung 7.11 dargestellt. Es ist zu sehen, dass die bisherige 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 könne, 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 Kapitel vorgestellt wird, aufmerksam gemacht. Deutlich wird jedoch, dass die Wiederholgenauigkeit mit steigender Prüferfahrung besser wird. Die Streuung der Fehlerentdeckungsquote wird mit steigender Erfahrung geringer.

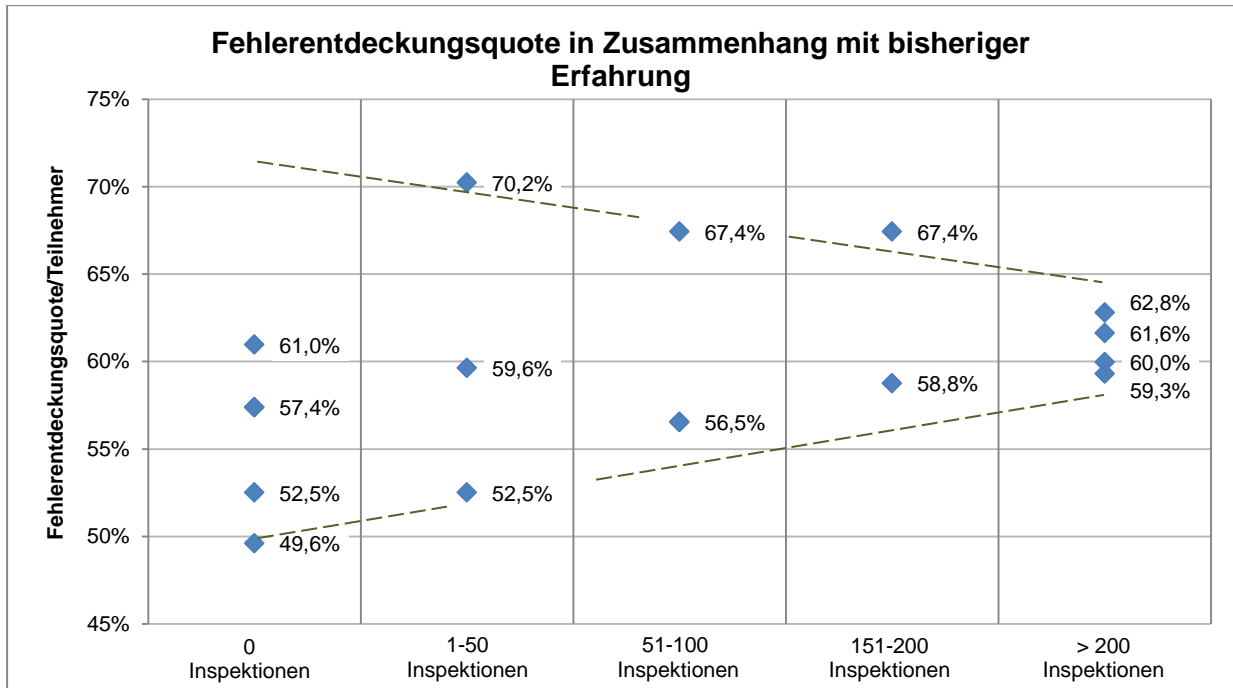


Abbildung 7.11: Fehlerentdeckungsquote in Zusammenhang mit der bisherigen Erfahrung

7.3 Messung von Durchmesser und Schlaglänge

Während einigen Versuchen wurden die Teilnehmer dazu aufgefordert, die Schlaglänge und den Durchmesser des Seiles vor der Inspektion zu messen. Die Messung des Durchmessers gibt einen Aufschluss über den Zustand des Seils. Der Seildurchmesser nimmt unter anderem ab, wenn das Seil zunehmender Beanspruchung durch Zugkraft oder Biegung ausgesetzt ist. [10] Der Durchmesser gibt Aufschluss über den Zustand des Seiles. Nimmt dieser während der Lebensdauer stark ab, kann es beispielsweise zu Litzenberührungen und zu erhöhtem Verschleiß kommen.

Die Definition des Durchmessers ist in Abbildung 7.12 dargestellt

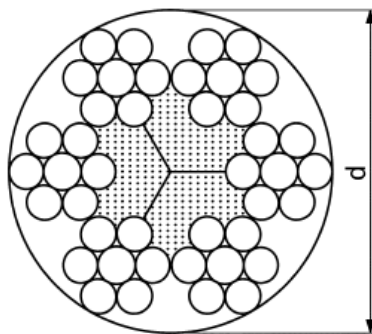


Abbildung 7.12: Durchmesser d des Rundlitzenseils [11]

Zum korrekten Messen des Durchmessers gibt es verschiedene Möglichkeiten. Wichtig ist die Berücksichtigung der Litzenanzahl. Bei einer geraden Litzenanzahl wird immer von Litzenkuppe zu Litzenkuppe gemessen. Eine korrekte Messung ist in Abbildung 7.13 auf der rechten Seite dargestellt

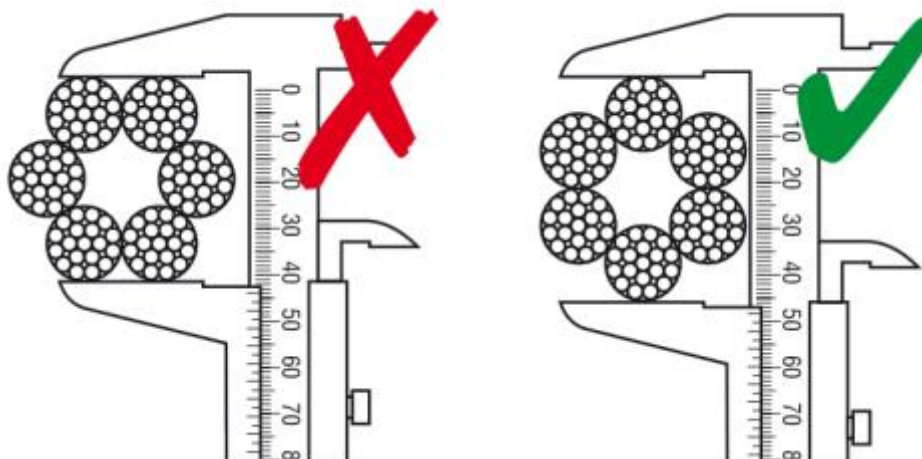


Abbildung 7.13: Korrekte Messung des Seildurchmessers [12]

Ist die Litzenanzahl jedoch ungerade, so liegt einer Kuppe auf der anderen Seite ein Tal gegenüber (siehe Abbildung 7.14). Der Durchmesser ist bei ungerader Litzenzahl mit einem Messschieber mit breiten Backen zu messen.

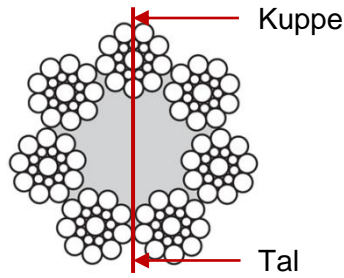


Abbildung 7.14: Seilquerschnitt bei ungerader Litzenzahl

Die Teilnehmer sollten bereits im Vorher-Fragebogen beschreiben wie sie die beiden Messungen für gewöhnlich durchführen. Bei der Messung des Durchmessers geben alle Teilnehmer an, mit einem Messschieber zu messen. Einige der Teilnehmer nutzen dabei einen Messschieber mit breiten Backen. Dies verhindert, dass die Messung in den Litzengassen durchgeführt wird. Die Hälfte der Teilnehmer gibt zudem an, dass mehrere Messungen (zwei bis drei) durchgeführt werden und daraus der Mittelwert errechnet wird.

Die Messungen des Durchmessers an der Anlage Hexenkessel sind in Abbildung 7.15 dargestellt. Die Teilnehmer führten die Messungen selbstständig, ohne eine vorherige Einweisung durch. Es standen den Teilnehmern Messschieber mit breiten Backen oder ihre eigenen Messzeuge zur Verfügung. Der Nenndurchmesser des Seiles liegt bei 34 mm. Die Referenzmessung des Ist-Durchmessers wurde durch das Institut für Fördertechnik und Logistik durchgeführt.

Zwei der Messungen wurden nicht korrekt durchgeführt, da die gemessenen Werte deutlich zu hoch bzw. zu niedrig sind. Die falschen Messungen können zum Beispiel daher stammen, dass ein digitales Messmittel nicht genullt wurde oder ein Schreibfehler gemacht wurde. Ein solcher Mess- oder Schreibfehler würde während einer realen Inspektion bemerkt und korrigiert werden. Allgemein ist bei der Messung des Durchmessers eine Genauigkeit von einem Zehntel ausreichend.

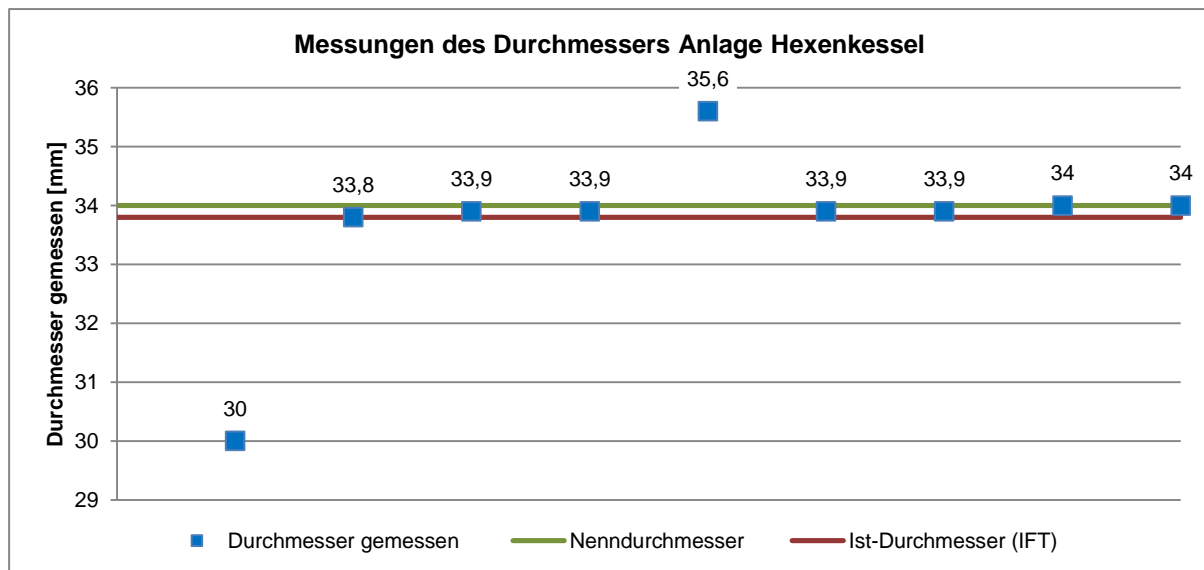


Abbildung 7.15: Messungen des Durchmessers an der Anlage Hexenkessel

Als Schlaglänge des Seiles wird die „parallel zur Seillängsachse gemessene Ganghöhe (H), eines Außendrahtes eines Spiralseils, einer Außenlitze eines Litzenseils oder eines Schenkels eines Kabelschlagseils bei einer vollständigen Windung (oder Schraubenlinie) um die Achse des Seils“ [11] (siehe Abbildung 7.16) bezeichnet.

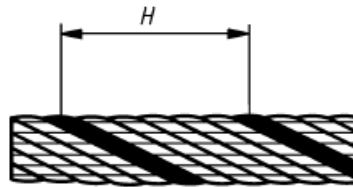


Abbildung 7.16: Schlaglänge des Seils [11]

Bei der Messung der Schlaglänge nutzen die Teilnehmer am häufigsten einen Meterstab. Dieser wird an einer Litze angesetzt und es werden dann einige Schlaglängen abgezählt und der Abstand gemessen. Das Ergebnis wird dann durch die Anzahl der abgezählten Schlaglängen geteilt. Die Anzahl der Schlaglängen, die abgezählt werden, liegt bei den Teilnehmern meist bei drei bis vier Schlaglängen. Zwei der Teilnehmer nennen eine Anzahl von zehn Schlaglängen.

Eine weitere Methode, die Schlaglänge zu messen, die jedoch von keinem der Teilnehmer genannt wurde, besteht darin, ein Millimeterpapier auf das Seil aufzulegen und die Seilstruktur durch Schraffur mit einer Bleistiftmine zu übertragen. Auf dem Papier kann dann die Schlaglänge abgemessen werden.

Neuartige Schlaglängen-Messgeräte für Litzenseile und Spiralseile ermöglichen eine einfache und unkomplizierte Schlaglängenmessung entlang der Mantellinie des Seiles. [13]

Die Auswertung der Messungen der Schlaglänge ist in Abbildung 7.17 dargestellt. Die Nennschlaglänge liegt bei 240mm. Die Teilnehmer führten die Messungen alle korrekt durch, auch wenn die Ergebnisse variieren. Die Schlaglänge vermindert oder wächst während der Fahrt durch Drehungen oder Spannungsunterschiede im Seil und weist nicht über die komplette Seillänge denselben Wert. Auch hier ist eine Messung mit einer Genauigkeit von einem Zehntel ausreichend.

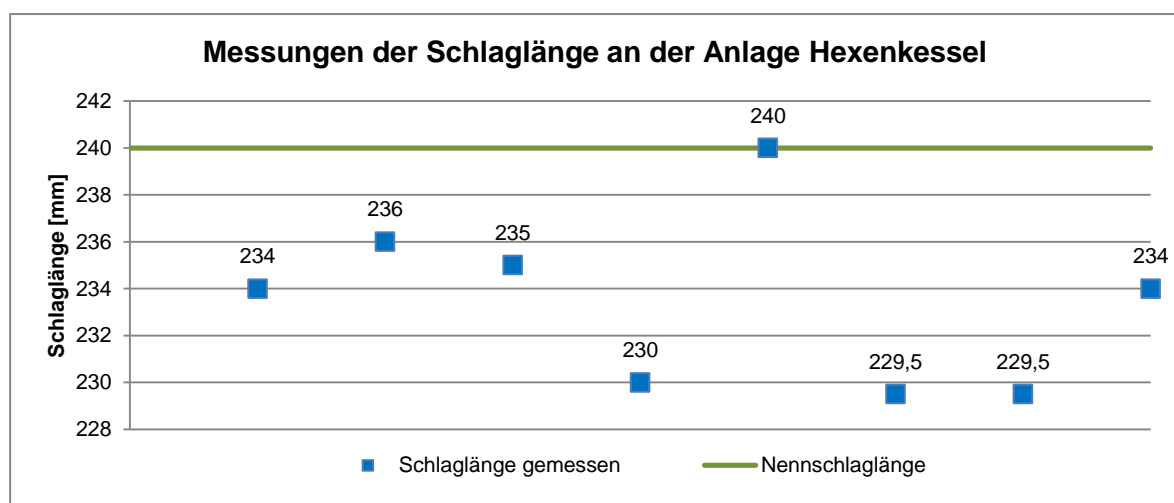


Abbildung 7.17: Messungen der Schlaglänge an der Anlage Hexenkessel

7.4 Inspektion mit Nylonstrumpf

Während des ersten Feldversuches wurden einige Inspektionen mit einem Nylonstrumpf durchgeführt. Nylonstrümpfe (oder auch Putzlappen) werden dazu eingesetzt um Drahtbrüche im Seil zu finden, da sich die Strümpfe in den Drahtbrüchen verfangen können (siehe Abbildung 7.18). [14] Diese Methode wird, vor allem von Skiliftbetreibern, auch bei hohen Geschwindigkeiten angewandt.



Abbildung 7.18: Inspektion mit Nylonstrumpf

Während des Versuches mit den Nylonstrümpfen wurde nicht dokumentiert welche und wie viele Fehler von den Teilnehmern gefunden wurden. Die Teilnehmer haben aber im Anschluss an den Versuch ihre Erfahrungen und ihre persönliche Meinung in den Nachher-Fragebögen dokumentiert. Die Ergebnisse sind im Folgenden zusammengefasst.

Insgesamt haben elf Teilnehmer einen Versuch mit einer Strumpfhose durchgeführt. Davon waren neun bei einer hohen Geschwindigkeit von 1 m/s. Die Erkennbarkeit von Schäden, die keine abstehenden Drähte haben oder bei denen die Oberfläche beschädigt ist (Riefen) sinkt durch die Geschwindigkeit deutlich (siehe auch Kapitel 7.2). Dies bestätigen auch die Aussagen der Teilnehmer, die auf die Frage „Welche Fehler sind besonders einfach zu erkennen“, abgesehen von Fehlerbildern an denen der Strumpf hängen bleibt, mit „helle Fehler“ oder „farbige Fehler“ antworten.

Einige der Teilnehmer empfinden den Strumpf während der Inspektion als störend, als Begründung nennen die Teilnehmer die folgenden Gründe:

- Halten des Strumpfes auf Dauer sehr anstrengend
- Unsicherer Stand auf der Leiter, wenn man den Strumpf halten muss
- Strumpf verfängt sich in kleinsten Kerben und wird dann in die Rollen gezogen (siehe Abbildung 7.19)
- Strumpf muss so gehalten werden, dass Hand nicht mitgezogen werden kann (nicht um den Arm wickeln)

- Andere Fehler werden übersehen wenn man mit Strumpf beschäftigt ist



Abbildung 7.19: Strumpf, der am Seil hängen bleibt und unter die Rollen geraten ist

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. Es ist weiterhin darauf zu achten, dass die Inspektion mit Nylonstrumpf an einem Arbeitsplatz durchgeführt wird, an dem der Mitarbeiter eine sichere Standposition hat und die Möglichkeit, dass der Strumpf sich in Rollen oder anderen Bauteilen verfängt, gering gehalten wird. Der Mitarbeiter darf den Strumpf nicht so um den Arm oder die Hand wickeln, dass sich diese, im Falle des Verfangens, mit in Rollen oder andere Bauteile ziehen. Das sichere Halten eines Nylonstrumpfes ist in Abbildung 7.20 dargestellt.

Eine weitere Möglichkeit ist es, dass der Strumpf nicht von Hand gehalten wird, sondern an einer Vorrichtung befestigt wird (siehe Abbildung 7.21).



Abbildung 7.20: Sicheres Halten eines Nylonstumpfes

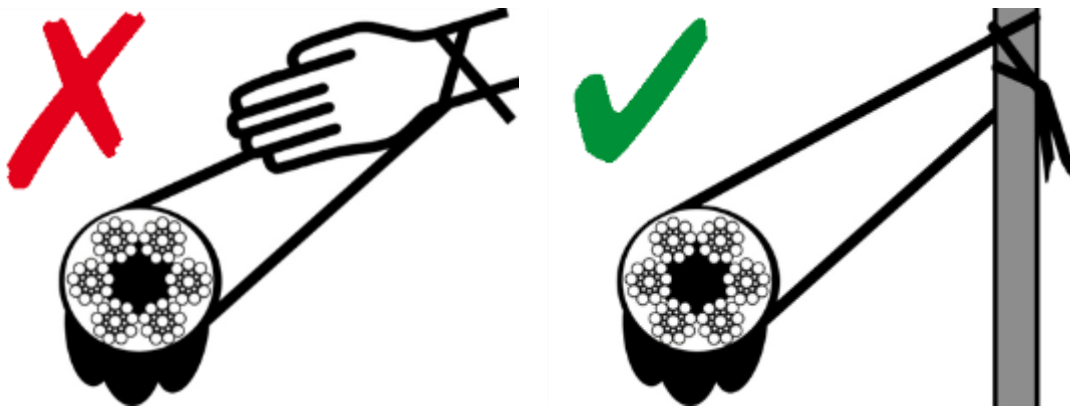


Abbildung 7.21: Empfohlene Befestigung eines Nylonstrumpfes

7.5 Inspektion mit Spiegel

Handspiegel

Während des ersten Feldversuchs fanden Inspektionen statt, bei denen ein kleiner Handspiegel als Hilfsmittel verwendet wurde (siehe Abbildung 7.22). Dabei sollte ermittelt werden ob der Spiegel die einsehbare Seilfläche erhöht und dadurch mehr Schäden entdeckt werden. Die Fehlerentdeckungsquote bei den Inspektionen mit Spiegel liegt bei knapp 61% und damit leicht unter der Fehlerentdeckungsquote von 63% bei der Durchführung ohne Spiegel (jeweils mit 5 Minuten Pause alle 15 Minuten). Der Spiegel brachte also keine Verbesserung der Fehlerentdeckungsquote. Die Teilnehmer gaben in den Nachher-Fragebögen an, dass der Spiegel, vor allem bedingt durch seine Größe, eine zusätzliche Anstrengung war. Die Augen werden zusätzlich angestrengt und ermüden schneller. Zudem war die Sonneneinstrahlung auf den Spiegel ein Problem. Das ständige Halten des Spiegels lässt außerdem den Arm schnell ermüden und die Handhabung wird unsicher. Ein Handspiegel ist, aufgrund seiner Größe, ungeeignet für die Durchführung einer visuellen Inspektion.



Abbildung 7.22: Inspektion mit Handspiegel

Spiegel an standardisierter Modulstation für Einseilumlaufbahnen

Wie bereits in Kapitel 5.3 beschrieben konzentrierten sich die Inspektionen beim zweiten Feldversuch auf standardisierte Modulstationen für Einseilumlaufbahnen, an denen mit einem zusätzlichen Spiegel inspiziert wird.

Wie in Abbildung 7.23 zu sehen, stellte die Sonne bei den Inspektionen zunächst einen Störfaktor dar. Durch die Spiegelung der Sonnenstrahlen war es zunächst nicht möglich die Inspektion durch den Spiegel durchzuführen. Erst nachdem ein provisorischer Sonnenschutz in Form eines Tonkarton angebracht wurde (siehe Abbildung 7.24), konnten die Inspektionen fortgeführt werden.



Abbildung 7.23: Blendende Sonne



Abbildung 7.24: Anbringung des Sonnenschutzes

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 des ersten Feldversuchs, 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.

Zum Vergleich wurde ebenfalls eine Inspektion ohne Spiegel durchgeführt. Dabei saß eine Person außerhalb der Station auf der ersten Stütze während die zweite Person die Inspektion innerhalb der Station durchführte. Bei dieser Inspektion wurden alle Fehler entdeckt, die Fehlerentdeckungsquote betrug also 100 %. Es wurden allerdings keine weiteren Versuche dieser Art durchgeführt, so dass es sich bei diesem Ergebnis vermutlich um einen Einzelfall handelt.

Zusätzlich zu den Inspektionen am präparierten Seil wurde von zwei Mitgliedern der Projektgruppe eine Inspektion an einem nicht präparierten Seil durchgeführt, das aber echte Schäden aufweist (siehe Abbildung 7.25). Dabei wurde das komplette Seil mit knapp 3 km Länge inspiziert. Auch hier wurde ein zusätzlicher Spiegel unter dem Seil verwendet.



Abbildung 7.25 Schaden, der während der Inspektion zu finden war

Die beiden Teilnehmer konnten im Anschluss ihre Erfahrungen während der realen Inspektionssituation schildern, die im Folgenden beschrieben werden. Während dieser Inspektion war für die Teilnehmer vor allem die Lautstärke des Antriebs ein Störfaktor. Laute Geräusche im Hintergrund beeinflussen die Konzentrationsfähigkeit. Den Arbeitsplatz empfanden die Teilnehmer auf Dauer als ausreichend bequem und er hat die Konzentrationsfähigkeit nicht beeinträchtigt. Die Arbeitsplatzsituation ist in Abbildung 7.26 dargestellt. Die Inspektion wurde für eine Pause unterbrochen, so dass die Teilnehmer sich kurz bewegen konnten. Es wurden alle Schadstellen während der Inspektion gefunden. Die Schadstellen wurden per Funk an den Maschinisten weitergegeben. Per Funk konnte auch während der Inspektion gestoppt werden um Stellen näher zu begutachten. Hier wäre eine Abschaltmöglichkeit für die Teilnehmer von Vorteil, so dass selbstständig sofort gestoppt werden kann.



Abbildung 7.26: Arbeitsplatzsituation während realer Inspektion

7.6 Einfluss der Hintergrundfarbe während der Inspektion

Während einer Inspektion des zweiten Feldversuches wurden mittels Tonkarton verschiedene Hintergrundfarben und deren Einfluss auf die Sichtbarkeit von Schäden und der Anstrengung für die Augen getestet. Dabei wurden die Farben grau, weiß, dunkelgrün, dunkelrot und dunkelblau verwendet.

- blau: angenehm, nicht aggressiv für das Auge
- weiß: blendet, kein guter Hintergrund
- grün: angenehm
- grau: kein guter Kontrast zum Seil
- rot: möglich aber nicht sehr angenehm auf Dauer

Als Hintergründe eignen sich also dunkle, matte Farben am besten. Grelle Farben „blenden“ das Auge und strengen zusätzlich an.

Künstliche Hintergründe bieten im Winter, wenn der Hintergrund schneebedeckt ist und blendet, eine Möglichkeit, die Augen zu entlasten. Auch bei unregelmäßigen Hintergründen, wie beispielsweise Werbeplakaten, kann ein künstlicher Hintergrund eine Möglichkeit sein die Konzentrationsfähigkeit zu erhöhen sowie den Blick ausschließlich auf das Seil zu lenken. Das Bewertungssystem, das in Kapitel 8 vorgestellt wird, berücksichtigt die Hintergrundsituation und bietet Beispiele, wie diese optimiert werden kann.

7.7 Inspektion von Tragseilen

Zur Diskussion der visuellen Inspektion an Tragseilen ließ sich die Arbeitsgruppe beim zweiten Feldversuch die visuelle Inspektion an Tragseilen von zwei Mitarbeitern der Grüntenseilbahn in Rettenberg demonstrieren.

Während der Diskussionsrunde konnten die Teilnehmer ihre Fragen stellen, die dann innerhalb der Arbeitsgruppe sowie von den Mitarbeitern der Seilbahn beantwortet wurden.

Die Grüntenseilbahn ist mit einer Liege ausgerüstet. So können zwei Mitarbeiter die beiden Tragseile von oben betrachten, während die Mitarbeiter, die das Seil von unten betrachten während der Inspektion auf Stühlen sitzen (siehe Abbildung 7.27 und Abbildung 7.28).

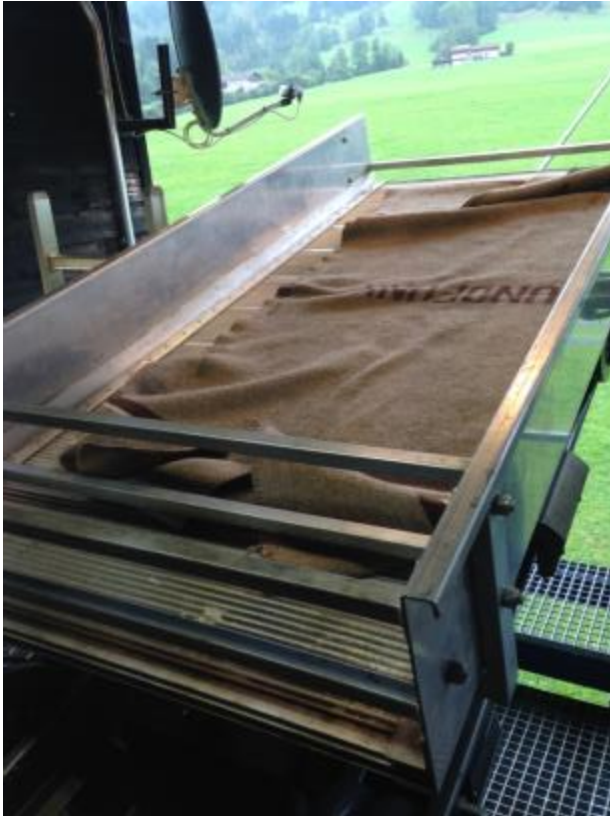


Abbildung 7.27: Liege zur visuellen Inspektion des Tragseiles an der Grüntenseilbahn



Abbildung 7.28: Visuelle Inspektion von Tragseilen an der Grüntenseilbahn

Die Ergebnisse der Diskussionsrunde sind im folgenden Abschnitt zusammengefasst.

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. 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.

8 Bewertungssystem für die visuelle Inspektion

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 8.1 dargestellt.

Tabelle 8.1: 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
	Summe	30

Das Ergebnis der Auswertung ist im Anschluss in eine der in Tabelle 8.2 dargestellten Kategorien einzuordnen.

Tabelle 8.2: Kategorien des Bewertungssystems

23-30 Punkte Kategorie 1	17-22 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 Fehlerentdeckungsquote 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.

tende 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.

Die einzelnen Kriterien werden nun im Folgenden ausführlich mit Erläuterung und Verbesserungsvorschlägen vorgestellt.

1) Schutz vor Witterungseinflüssen

0 Punkte nicht vorhanden

1 Punkt vorhanden

Der Schutz vor Witterungseinflüssen wie beispielsweise Regen oder Schnee ist vor allem dann vorteilhaft, wenn die Witterung sich während der Inspektion ändert und diese noch abgeschlossen werden kann. Generell sollte bei starkem Regen oder Schnee keine Inspektion durchgeführt werden, da Regentropfen oder Schnee auf dem Seil das Inspektionsergebnis beeinflussen.

2) Sonnenschutz/Blendschutz

0 Punkte keiner

2 Punkte Sonnenschutz, der teilweise verdeckt, Bäume, etc.

4 Punkte Manuell einstellbar – je nach Sonnenlage oder kompletter Sonnenschutz (keine Sonneneinstrahlung)

Ein Schutz vor Sonne und vor blenden, beispielsweise durch eine spiegelnde Oberfläche (dies kann auch Sonneneinstrahlung über einen Spiegel sein) ist nahezu unverzichtbar während einer Inspektion. Während der Feldversuche ergab sich, dass blendende Sonne, blendende Hintergründe oder Blendungen über einen Spiegel die Fehlerentdeckungsquote erheblich beeinflussen können oder eine Inspektion unmöglich machen, da das Seil nicht mehr erkennbar ist (siehe Abbildung 8.3). Dieses Kriterium wird daher mit bis zu vier Punkten bewertet. Optimal ist dabei ein Sonnenschutz, der je nach Sonneneinstrahlung oder anderen Blendeinwirkungen einstellbar ist. Dazu zählen beispielsweise auch einfache Hilfsmittel wie ein Sonnenschirm (siehe Abbildung 8.4) oder ein Tonkarton (siehe Abbildung 8.2), der an der Anlage während der Inspektion angebracht wird.

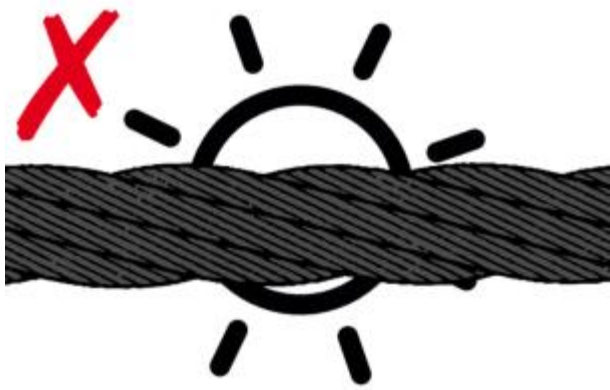


Abbildung 8.1: Blendende Sonne im Hintergrund

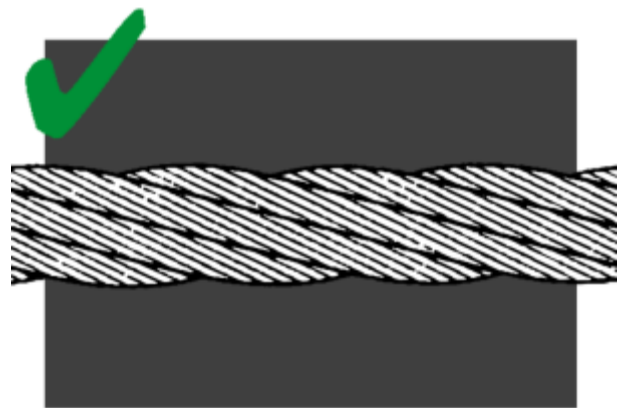


Abbildung 8.2: Blendende Sonne verdeckt

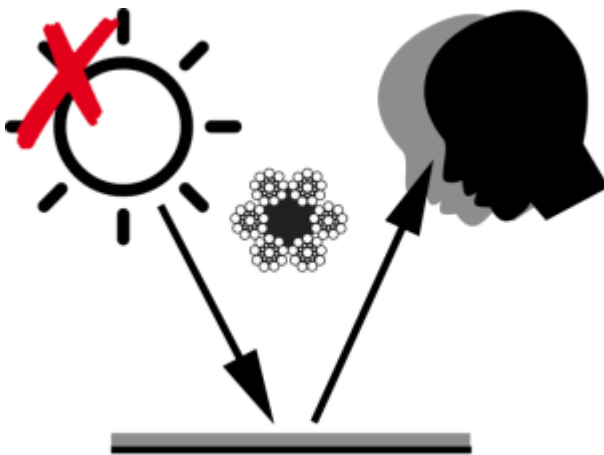


Abbildung 8.3: Sonne blendet über den Spiegel



Abbildung 8.4: Sonnenschutz verhindert blenden über Spiegel

3) Beleuchtung

0 Punkte	weniger als 300 Lux
2 Punkte	300 – 500 Lux
4 Punkte	mehr als 500 Lux

Die Beleuchtung ist ein wichtiger Faktor um eine erfolgreiche Inspektion durchzuführen. Ist das Seil nicht ausreichend beleuchtet sind vor allem kleine und als dunkle Schatten auftretende Fehlerbilder (wie beispielsweise Blitzschlag) nur schwer zu erkennen. Zusätzlich steigt die Belastung für die Augen, und es wird somit eine höhere Konzentrationsfähigkeit des Prüfers gefordert. Neben speziellen Luxmetern, gibt es einige kostenlos verfügbare Apps, die die Lux-Werte ausreichend genau zum Beispiel über die Kamera des Smartphones bestimmen können. Wird eine zusätzliche Lichtquelle verwendet, ist darauf zu achten, dass diese so ausgerichtet ist, dass die Mitarbeiter nicht geblendet werden. Die genannten Stufen orientieren sich an Empfehlungen der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) und dabei insbesondere an Empfehlungen für feine Montagearbeiten und der Qualitätssicherung. [15]

4) Hintergrund

0 Punkte Unregelmäßiger Hintergrund, spiegelnder Hintergrund (Bsp. Werbeplakate, glänzende Fläche) oder gegen den Himmel

2 Punkte Gleichmäßiger, heller Hintergrund

4 Punkte Gleichmäßiger, dunkler Hintergrund

Ein unregelmäßiger Hintergrund, wie beispielsweise Werbeplakate (siehe Abbildung 8.5), bietet während einer Inspektion keinen guten Kontrast zum Seil und senkt somit die Fehlerentdeckungsquote. Dies geschieht ebenfalls, wenn es sich beim Hintergrund um eine spiegelnde Fläche handelt. Auch beim Blick von unten gegen das Seil, also beim Blick gegen den Himmel, ist kein guter Kontrast zum Seil geboten und die Augen sind einer hohen Anstrengung ausgesetzt.

Optimal ist ein gleichmäßiger, dunkler Hintergrund, der die Augen nicht belastet und einen guten Kontrast zum Seil bildet (siehe Abbildung 8.6). Bei den Feldversuchen wurden die Farben dunkelgrün und dunkelblau und grau als optimal ermittelt. Dies kann beispielsweise durch einen Tonkarton erreicht werden, der hinter dem Seil (oder auch unter einem Spiegel) angebracht wird.

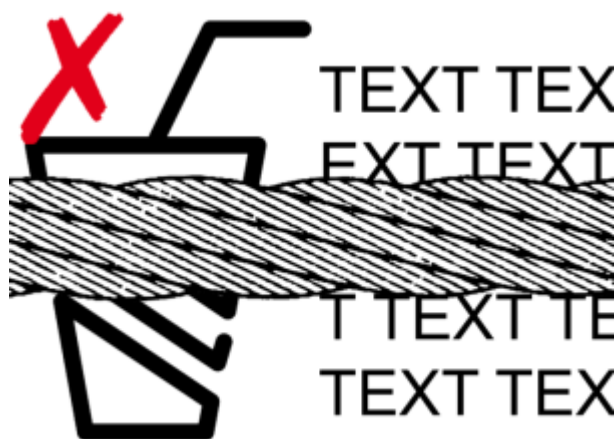


Abbildung 8.5: Werbeplakat im Hintergrund

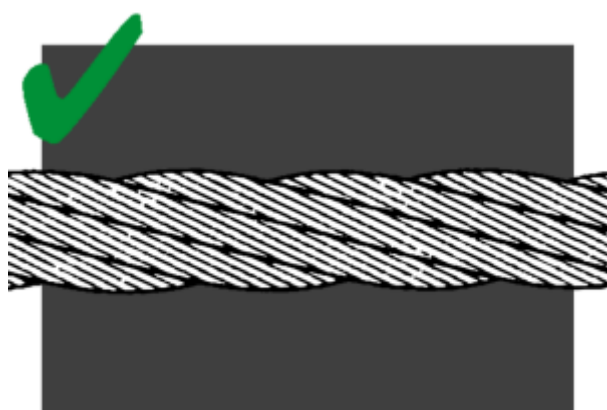


Abbildung 8.6: Optimaler Hintergrund

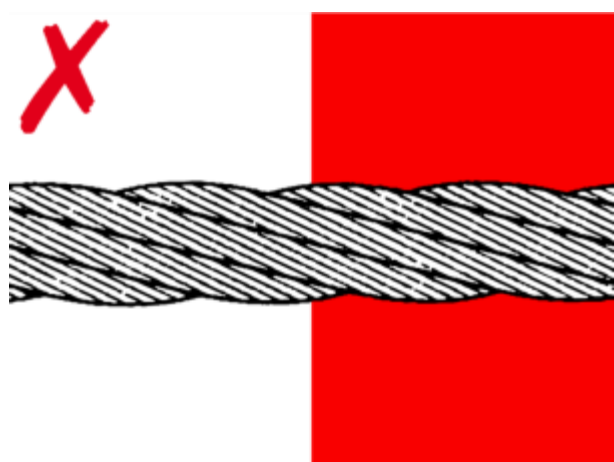


Abbildung 8.7: Nicht geeignete Hintergrundfarben

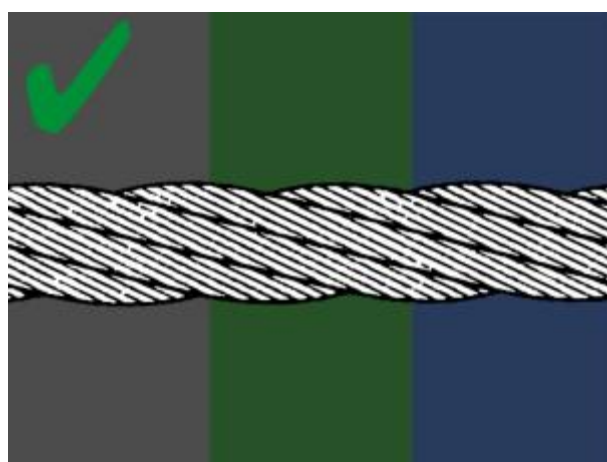


Abbildung 8.8: Optimale Hintergrundfarben

5) Sitzmöglichkeit/Körperhaltung

- 0 Punkte Keine Sitzmöglichkeit
- 1 Punkt Bequeme Stehmöglichkeit
- 2 Punkte Sitzmöglichkeit (Liegemöglichkeit bei Tragseilen)

Eine bequeme Sitzmöglichkeit (oder eine bequeme Liegemöglichkeit bei Tragseilen, die einen Blick von oben auf das Seil ermöglicht) ermöglicht es, eine konzentrierte Inspektion durchzuführen, bei der nicht darauf geachtet werden muss, dass die eigene Sicherheit gewährleistet wird. Leitern sind daher unter der Kategorie „keine Sitzmöglichkeit“ einzuordnen. Bei der Verwendung von Leitern ist auf einen sicheren Stand während der Inspektion zu achten. Es ist zudem zu empfehlen, dass die Leiter fest im Boden verankert ist und ein somit Kippen/Wegrutschen verhindert wird (siehe Abbildung 8.10)



Abbildung 8.9: Nicht empfohlene Verwendung einer Leiter

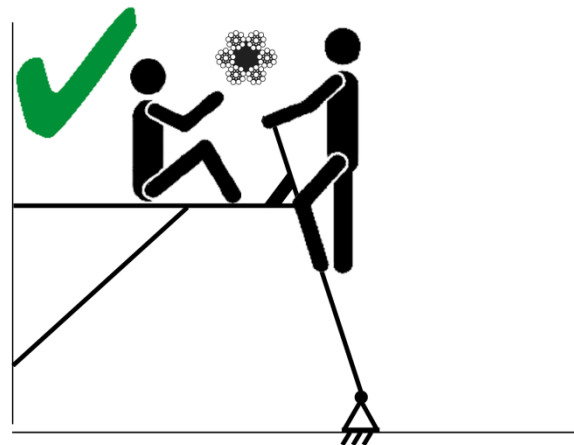


Abbildung 8.10: Empfohlene Verwendung einer Leiter

6) Abschaltmöglichkeit an Inspektionsplatz

- 0 Punkte Nicht vorhanden
- 1 Punkt Vorhanden

Eine Abschaltmöglichkeit ermöglicht es, bei entdeckten Schadensbildern sofort anzuhalten und diese näher zu betrachten.

7) Lärmpegel

- 0 Punkte Störende Geräusche
- 1 Punkt Ruhe

Störende Geräusche, wie beispielsweise ein lauter Antrieb oder ein Notdiesel stören die Konzentrationsfähigkeit während der Inspektion.

8) Abstand zum Seil

Laufende Seile:

	„Kleiner“ Seildurchmesser < 25 mm	„Großer“ Seildurchmesser > 25 mm
0 Punkte	>1,2 m bis max. 1,8 m	>1,5 m bis max. 2 m
1 Punkt	0,7 – 1,2 m	1,0 – 1,5 m
2 Punkte	< 0,7 m (optimaler Abstand)	< 1 m (optimaler Abstand)

Tragseile:

0 Punkte	> 2 m bis max. 2,5 m
1 Punkt	1,5 – 2 m
2 Punkte	< 1,5 m (optimaler Abstand)

Der optimale Abstand zum Seil ist abhängig vom Seildurchmesser und von der Seilkonstruktion. Ein optimaler Seilabstand ist dann erreicht, wenn die einzelnen Außendrähte deutlich erkennbar sind.



Abbildung 8.11: Schlechte Positionierung bei der Tragseilinspektion. Ca. 45 ° des Seiles sind nicht einsehbar.

Abbildung 8.12: Gute Positionierung bei der Tragseilinspektion

9) Einsehbare Seillänge

0 Punkte	< 1 m
1 Punkt	1 – 2 m
2 Punkte	> 2 m

Eine große einsehbare Seillänge bietet die Möglichkeit, den Blick während der Inspektion am Seil wandern zu lassen und somit bei Bedarf entdeckte Fehler mit dem Blick zu verfolgen um sie näher zu identifizieren. Sitz- und Stehmöglichkeiten (Liegemöglichkeiten bei Tragseilen) sind dabei so auszurichten, dass so viel Seillänge wie möglich einsehbar ist. Spiegel, die eine Länge von 1 m unterschreiten, sind mit 0 Punkten zu bewerten.

10) Inspektionsdauer bis zu einer Pause bei 0,3 m/s

0 Punkte	Über 90 min ohne Pause
1 Punkt	Bis 90 min ohne Pause
2 Punkte	Bis 45 min

Basierend auf den Ergebnissen der Feldversuche sowie langjähriger Erfahrung der Projektgruppenmitglieder, hat sich eine Inspektionsdauer von maximal 45 Minuten bis zu einer Pause als optimal herausgestellt. Nach dieser Zeit können erste Müdigkeitserscheinungen auftreten, die mit einer kurzen Pause überwunden werden können.

11) Seilzustand

0 Punkte Fett und Schmutz punktuell vorhanden

2 Punkte Oberfläche mittelmäßig sauber

4 Punkte Oberfläche sauber

Der Seilzustand, also die Verschmutzung des Seiles ist ein enorm wichtiger Faktor, um eine erfolgreiche Inspektion durchführen zu können. Die DIN-EN 12927 gibt zur Seilverschmutzung folgendes vor: „Vor der Inspektion müssen Drahtseile und deren Endbefestigungen gereinigt werden, damit der äußere Zustand des Drahtseils exakt beurteilt werden kann“ [2]

Doch auch punktueller Schmutz oder Fett können die Inspektion beeinflussen, da diese Schäden überdecken können. Es ist also unbedingt darauf zu achten, dass sich auf dem Seil so wenig Schmutz wie möglich befindet. Im Folgenden sind einige Beispielbilder für den Seilzustand dargestellt.



Abbildung 8.13: Verschmutztes Seil – Inspektion nicht möglich



Abbildung 8.14: Schmutz in Litzengassen – schwer zu inspizieren



Abbildung 8.15: Sauberes Seil

12) Seillauf

0 Punkte Unruhiger Seillauf

1 Punkt Ruhiger Seillauf

Ein unruhiger Seillauf erschwert eine Inspektion bezüglich der Konzentrationsbeanspruchung für den Prüfer und senkt außerdem die Fehlerentdeckungsquote. Der Arbeitsplatz für eine Inspektion ist also an einer Stelle zu wählen, an der ein ruhiger Seillauf gewährleistet ist. Gegebenenfalls ist auch die Geschwindigkeit (jedoch innerhalb der Normkriterien) während der Inspektion anzupassen.

13) Prüfperson

0 Punkte Einweisung/Kenntnisse über Schadensbilder

1 Punkt Erfahrener Prüfer

Es wird empfohlen, dass die Person, die die Inspektion durchführt in die Schadensbilder, die am Seil auftreten können, einzuweisen. Im Bewertungssystem werden für diesen Zweck Beispielbilder bereitgestellt. Auch wenn ein erfahrener Prüfer nicht zwingend eine bessere Fehlerentdeckungsquote erreicht (siehe Kapitel 7.2.3), ist dieser in der Lage, gefundene Schäden und deren Auswirkungen besser zu beurteilen und kennt bereits vorhandene Schäden im Seil. Die Anforderungen an eine Prüfperson werden im Folgenden detailliert aufgelistet.

- 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. (siehe Bewertungssystem im Anhang)

9 Prüfprotokoll für die visuelle Inspektion

Neben einer korrekten und gewissenhaften Durchführung der visuellen Inspektion ist es ebenso wichtig, die Inspektionsergebnisse zu dokumentieren. So können beispielsweise starke Durchmesseränderungen festgestellt werden oder erforderliche Reparaturmaßnahmen festgehalten werden. Zu diesem Zweck wurde ein Prüfprotokoll erstellt, das beispielhaft die Dokumentation eines 6-litzigen Seiles mit einem Spleiß darstellt.

Das Prüfprotokoll ist dabei in drei Teile gegliedert. Zunächst werden allgemeine Informationen, wie die Anlagenbezeichnung, der Seiltyp, oder die Teilnehmer/Station eingetragen. Im zweiten Abschnitt des Protokolls werden die Feststellungen der Inspektion sowie die Seilhistorie vermerkt.

Zu den Feststellungen der Inspektion gehören

- Messung von Durchmesser und Schlaglänge an drei Positionen (10 m nach Spleißende oder 10 m vor Kabine 1, Seilmitte, 10 m vor dem Spleißanfang oder 10 m vor Kabine 2),
- Messung der Knoten und Einsteckenden des Spleißes
- Feststellung von sichtbaren Drahtbrüchen oder lockeren Drähten im Spleiß
- Gefundene Schäden während der Inspektion inklusive Meterangabe sowie Hinweis, ob die Stelle markiert und/oder fotografiert wurde.

Abschließend wird im Protokoll festgehalten ob Reparaturmaßnahmen notwendig sind und um welche es sich handelt. Dazu soll auch eine Frist festgehalten werden.

Das Prüfprotokoll ist von einer verantwortlichen Person (Betriebsleiter, technischer Leiter, ...) zu unterschreiben.

Eine Vorlage des Prüfprotokolls ist im Anhang zu finden.

10 Zusammenfassung

Das Projekt zur „Erforschung und Entwicklung von Lösungen für offene Aufgabenstellungen im Bereich der visuellen Seilinspektion“ wurde mit einem Überblick über den aktuellen Stand der Technik, bei dem vor allem auf die Arbeitsumgebung Wert gelegt wurde, begonnen. Die Arbeitsplatzbedingungen sind abhängig von der Art der Anlage und des Seiltyps. Die Notwendigkeit der visuellen Seilinspektion wurde an einigen Beispielen, die zeigen welche Gefahren von Oberflächenbeschädigungen ausgehen können und welche Folgen daraus entstehen, dargestellt.

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.

Am ersten Feldversuch, an dem 20 Personen teilnahmen, wurden unterschiedliche Arbeitsplatzsituationen und verschiedene Arten der Inspektionsdurchführung umgesetzt. 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.

Durch die Feldversuche mit präparierten Fehlerbildern konnten nun erstmalig Fehlerentdeckungsquoten zur visuellen Inspektion ermittelt werden.

Dabei ist deutlich zu erkennen, dass unter anderem die Geschwindigkeit einen hohen Einfluss auf die Fehlerentdeckungsquote nimmt. Bei einer Geschwindigkeit von 1 m/s werden knapp 30 % weniger Fehler gefunden als bei einer Geschwindigkeit von 0,3 m/s.

Entgegen der Erwartungen, nimmt die Erfahrung des Prüfers keinen großen Einfluss auf die Fehlerentdeckungsquote. Teilnehmer, die bereits über 200 Inspektionen durchgeführt haben, erreichen die gleiche Fehlerentdeckungsquote wie Teilnehmer ohne Erfahrung. Jedoch wird die Wiederholgenauigkeit mit steigender Inspektionserfahrung besser und es werden konstante Fehlerentdeckungsquoten erreicht. Zudem ist eine Einweisung vor der ersten Inspektion unabdingbar, sodass der Prüfer eine Grundkenntnis aufweisen kann.

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.

Bei der Inspektion von Tragseilen nehmen ebenfalls die Lichtverhältnisse einen großen Einfluss auf die Möglichkeit der Fehlerentdeckung. Durch die besondere Situation, dass die Inspektion auf der Kabine, dem Laufwerk oder extra Sitzen während der Fahrt durchgeführt wird, sind eine persönliche Schutzausrüstung und eine Einweisung vor der Inspektion unabdingbar.

Die Inspektion an einer standardisierten Modulstation für Einseilumlaufbahnen findet mit Hilfe eines Spiegels statt, der unter dem Seil angebracht ist, um das Seil von unten zu betrachten. Auch bei einem Spiegel spielen die Lichtverhältnisse eine sehr große Rolle, um ein optimales Ergebnis zu erreichen. Wird beachtet, dass eine ausreichende Beleuchtung eingerichtet ist, so dass der Mitarbeiter über den Spiegel nicht geblendet wird und der Spiegel eine ausreichende Länge aufweist, so ist ein Spiegel eine gute Möglichkeit bei beengten Stationsbedingungen oder bei Tragseilen eine Inspektion durchzuführen.

Nylonstrümpfe werden von einigen Betreibern als Hilfe zur Entdeckung von Oberflächenbeschädigungen der Drähte verwendet. Die Auswertung der Nachher-Fragebögen ergab, dass diese Methode nur ergänzend zur regulären visuellen Inspektion verwendet werden sollte, da der Strumpf nur dazu dienen kann Schäden zu finden, in denen er sich verfängt. Der Strumpf stellt zudem eine Gefahr für die Sicherheit der Mitarbeiter dar und sollte daher, wenn möglich, nicht von Hand gehalten werden. Es wird empfohlen eine Vorrichtung zur Fixierung des Strumpfes anzubringen oder den Strumpf an bestehenden Anlagenteilen zu befestigen.

Das Dokumentieren der Inspektionsergebnisse während und nach der Inspektion ist, neben der korrekten Durchführung, ein wichtiger Teil einer ordnungsgemäßen Inspektion. Zu diesem Zweck wurde ein Prüfprotokoll als Vorlage erstellt, das die wichtigen Informationen einer Inspektion festhält.

Dazu gehören die allgemeine Informationen, die Messungen von Durchmesser, Schlaglänge und Spleißbereich, die Seilhistorie sowie die Feststellungen der Inspektion und erforderliche Reparaturmaßnahmen.

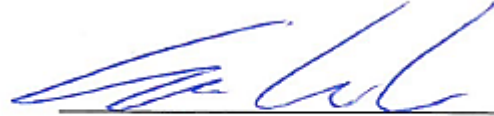
Das Projekt zur visuellen Seilinspektion liefert erstmalig Erkenntnisse und Quoten zum Einfluss von Faktoren wie beispielsweise Arbeitsplatzsituation oder Lichtverhältnissen auf die Inspektionsergebnisse. Aus den Ergebnissen wurde ein Bewertungssystem entwickelt, das es den Betreibern ermöglicht ihre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

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.



Verantwortliche Ingenieurin
(B. Sc. Marina Härtel)



Abteilungsleiter Seiltechnologie
(Dipl.-Ing. Sven Winter)

11 Literaturverzeichnis

- [1] BAV, Bundesamt für Verkehr, *EN12927-7:Fristen für die visuelle Inspektion – Ansatz zur Aufrechterhaltung der bisherigen Praxis*, 2012.
- [2] *DIN EN 12927-7:2005-06, Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für den Personenverkehr – Seile – Teil 7: Inspektion, Reparatur und Wartung; Deutsche Fassung*.
- [3] *prEN 12927 - Rev. 2016-06-17, Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für den Personenverkehr - Seile, Ziffer 13.3.6*.
- [4] Karl-Heinz Wehking, *Laufende Seile: Bemessung und Überwachung*, 4. Aufl. Renningen: Expert Verlag, 2014.
- [5] Georg A. Kopanakis, "Über die visuelle Inspektion von Seilbahnseilen," *Internationale Seilbahn Rundschau*.
- [6] Internationale Organisation für das Seilbahnwesen (OITAF) - Studienausschuss II, *Heft 3: Überblick über die magnetinduktive Seilprüfung an Stahldrahtseilen*. Bozen, 2015.
- [7] Dr. Stefan Messmer, "Seilprüfung heute," Wallisellen, 2008.
- [8] e. a. S. Pernot, "Magnetic Rope Testing," Grenoble, Apr. 2008.
- [9] K. Walter, *Schlussbericht über den Schaden am Tragseil "B" der Luftseilbahn Mürren-Birg*. Verfügbar unter: <https://www2.sust.admin.ch/pdfs/BS/pdf/4020390.pdf> (27.01.2017).
- [10] Klaus Feyrer, *Drahtseile: Bemessung, Betrieb, Sicherheit*, 2. Aufl. Berlin: Springer, 2000.
- [11] *DIN EN 12385-2:2003-04, Stahldrahtseile – Sicherheit – Teil 2: Begriffe, Bezeichnung und Klassifizierung*.
- [12] Pfeifer Seil- und Hebeteknik GmbH, *Prospekt Seilmessmittel PFEIFER dt.* Verfügbar unter: http://www.pfeifer.de/fileadmin/user_upload/DE_doc/seiltechnik/Download/kundeninfo/Prospekt_Seilmessmittel_PFEIFER_dt.pdf (26.01.2017).
- [13] "Neues Schlaglängenmessgerät für Litzen- und Spiralseile," *Seilbahnen International Magazin*, S. 30, http://www.simagazin.com/images/heftarchiv/2016/SI6_WEB.pdf.
- [14] A. H. Peyerl, "Seilkontrolle durch Augenschein," *Internationale Berg- und Seilbahn-Rundschau*, 1968, S. 50, 1968.
- [15] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, *Technische Regeln für Arbeitsstätten - ASR 3.4 Beleuchtung*. Verfügbar unter: http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Arbeitsstaetten/ASR/pdf/ASR-A3-4.pdf?__blob=publicationFile (30.01.2017).

Anhang

Präparierte Fehler an der Anlage Hexenkessel

	Abstand	Länge	Fehlerbezeichnung
0-200m	20m	20m	Korrosion 0,5 x Litzendurchmesser Drahtbruch 0,5 x Litzendurchmesser
	30m	50m	Korrosion Litzengasse
	10m	60m	Blitzschlag blau, 1,5 x Litzendurchmesser
	40m	100m	Riefe Riefe ca. 1m später
	20m	120m	Korrosion 1 x Litzendurchmesser Blitzschlag blau 1 x Litzendurchmesser
	5m	125m	Blitzschlag blau 0,5 x Litzendurchmesser
	25m	150m	Blitzschlag metallic 1,5 x Litzendurchmesser
	50m	200m	Korrosion Litzengasse
201-400m	50m	250m	Riefe
	10m	260m	Drahtbruch echt
	25m	275m	Riefe
	5m	280m	Blitzschlag metallic 1,5 x Litzendurchmesser Blitzschlag metallic 1,5 x Litzendurchmesser
	20m	300m	Drahtbruch 0,5 x Litzendurchmesser
	40m	340m	Korrosion Litzengasse
	10m	350m	Blitzschlag blau 0,5 x Litzendurchmesser
	30m	380m	Blitzschlag blau 1 x Litzendurchmesser
	20m	400m	Riefe

	Abstand	Länge	Fehlerbezeichnung
401-600m	<i>Hier Start der Inspektion an Hexenkessel Talstation</i>		
	20m	420m	Korrosion 0,5 x Litzendurchmesser Drahtbruch 0,5 x Litzendurchmesser
	30m	450m	Korrosion 1,5 x Litzendurchmesser
	10m	460m	Riefe
	40m	500m	Blitzschlag metallic 1,5 x Litzendurchmesser
	20m	520m	Korrosion Litzengasse
	5m	525m	Drahtbruch 1 x Litzendurchmesser
	25m	550m	Drahtbruch 0,5 x Litzendurchmesser Riefe
	50m	600m	Blitzschlag blau 1 x Litzendurchmesser
601-800m	50m	650m	Riefe
	25m	675m	Korrosion 0,5 x Litzendurchmesser Korrosion 1 x Litzendurchmesser
	5m	680m	Korrosion Litzengasse
	20m	700m	Blitzschlag metallic 1,5 x Litzendurchmesser
	40m	740m	Blitzschlag blau 1 x Litzendurchmesser
	10m	750m	Riefe
	15m	765m	Schadstelle von gerutschtem Sessel echt
	30m	780m	Drahtbruch 0,5 x Litzendurchmesser
	13m	793m	Außendrahtbruch echt
	20m	800m	Blitzschlag blau 1,5 x Litzendurchmesser

Präparierte Fehler an der Anlage Längsfelder

	Abstand	Länge	Fehlerbezeichnung
0-200m	20m	20m	Riefe
	30m	50m	Blitzschlag metallic 1,5 x Litzendurchmesser
	10m	60m	Korrosion 0,5 x Litzendurchmesser Drahtbruch 0,5 x Litzendurchmesser
	40m	100m	Korrosion Litzengasse
	20m	120m	Blitzschlag blau 1,5 x Litzendurchmesser
	5m	125m	Riefe
	25m	150m	Drahtbruch 1 x Litzendurchmesser
	50m	200m	Blitzschlag blau 0,5 x Litzendurchmesser Blitzschlag blau 0,5 x Litzendurchmesser
201-400m	50m	250m	Blitzschlag metallic 1 x Litzendurchmesser
	25m	275m	Blitzschlag blau 0,5 x Litzendurchmesser Drahtbruch 0,5 x Litzendurchmesser
	5m	280m	Drahtbruch ca. 6mm lang in Litzengasse
	20m	300m	Korrosion Litzengasse
	40m	340m	Korrosion 1,5 x Litzendurchmesser Blitzschlag blau 0,5 x Litzendurchmesser
	10m	350m	Riefe
	30m	380m	Blitzschlag blau 1 x Litzendurchmesser
	20m	400m	Drahtbrüche 2x, ca. 5mm Länge Litzengasse

	Abstand	Länge	Fehlerbezeichnung
401-600m	20m	420m	Korrosion Litzengasse
	30m	450m	Blitzschlag blau 0,5 x Litzendurchmesser Drahtbruch 0,5 x Litzendurchmesser
	10m	460m	Blitzschlag metallic 1,5 x Litzendurchmesser Korrosion 0,5 x Litzendurchmesser
	40m	500m	Riefe
	20m	520m	Blitzschlag blau 1 x Litzendurchmesser
	5m	525m	Drahtbruch
	25m	550m	Blitzschlag metallic 1 x Litzendurchmesser
	50m	600m	Korrosion Litzengasse
601-800m	50m	650m	Drahtbruch 0,5 x Litzendurchmesser
	25m	675m	Blitzschlag metallic 1 x Litzendurchmesser Korrosion 0,5 x Litzendurchmesser
	5m	680m	Drahtbruch 2x, Litzengasse, gegenüber liegend
	20m	700m	Blitzschlag blau 1,5 x Litzendurchmesser
	40m	740m	Korrosion 1,5 x Litzendurchmesser Riefe 2x, Rückseite, ca. 10cm weiter in Litzengasse
	10m	750m	Drahtbruch 0,5 x Litzendurchmesser
	30m	780m	Korrosion Litzengasse
	20m	800m	Blitzschlag blau 0,5 x Litzendurchmesser

Präparierte Fehler an der Anlage Oberjoch Schwandenbahn

	Abstand	Länge	Fehlerbezeichnung
0-200m	20m	20m	Korrosion 0,5 x Litzendurchmesser Drahtbruch 0,5 x Litzendurchmesser
	30m	50m	Korrosion Litzengasse
	10m	60m	Blitzschlag blau, 1,5 x Litzendurchmesser
	40m	100m	Riefe Riefe ca. 1m später
	20m	120m	Korrosion 1 x Litzendurchmesser Blitzschlag blau 1 x Litzendurchmesser
	5m	125m	Blitzschlag blau 0,5 x Litzendurchmesser
	25m	150m	Blitzschlag metallic 1,5 x Litzendurchmesser
	50m	200m	Korrosion Litzengasse
201-400m	50m	250m	Riefe
	10m	260m	Drahtbruch echt
	25m	275m	Drahtbruch 0,5 x Litzendurchmesser Blitzschlag blau 0,5 x Litzendurchmesser
	5m	280m	Blitzschlag metallic 1,5 x Litzendurchmesser Blitzschlag metallic 1,5 x Litzendurchmesser
	20m	300m	Drahtbruch 0,5 x Litzendurchmesser
	40m	340m	Korrosion Litzengasse
	10m	350m	Blitzschlag blau 0,5 x Litzendurchmesser
	30m	380m	Blitzschlag blau 1 x Litzendurchmesser
	20m	400m	Korrosion 1,5 x Litzendurchmesser

Fragebogen Vorher

Teilnehmernummer: _____

Allgemeine Fragen

Fühlen Sie sich heute fit und ausgeschlafen? Ja Nein

Tragen Sie eine Sehhilfe? Ja Nein Dioptrien: _____

Visuelle Seilprüfung

Schätzung: Wie viele visuelle Inspektionen haben Sie bereits durchgeführt? _____

Wie viele visuelle Inspektionen machen Sie (durchschnittlich) pro Jahr? _____

Schätzung: Wie viele Kilometer Seil prüfen Sie visuell pro Jahr?
(Auf 10 km runden) _____

Durchführung bisheriger visueller Inspektionen:

- Prüfen sie bei Tag oder bei Nacht? _____

- Bei Nacht: Welche Beleuchtung nutzen Sie? _____

- Prüfen Sie das Seil am Stück oder gibt es Pausen? _____

- Bei Pausen: Wie oft/wie lange gibt es Pausen? _____

- Wie viele Prüfer prüfen das Seil? Unterscheiden Sie bei Bedarf nach Seilart.
(Tragseil, Zugseil, Förderseil)

Messungen

Beschreiben Sie, wie Sie den Durchmesser messen.

Beschreiben Sie, wie Sie die Schlaglänge messen.

Welche Schwierigkeiten sehen Sie in den Messungen von Durchmesser und Schlaglänge?
Gehen Sie dabei auf die Messmethoden und die daraus resultierenden Messfehler ein.

Taktile Hilfsmittel

Nutzen sie Hilfsmittel wie Strumpf, Putzlappen, etc. Ja Nein

Wenn ja, welche? _____

Was halten Sie von der Methode, ausschließlich mit Hilfsmitteln zu prüfen?
(So führen beispielsweise einige Skiliftbetreiber die visuelle Inspektion durch)
Denken Sie, dass so alle Schadstellen gefunden werden können?

Nutzen Sie bei der Tragseilprüfung einen Spiegel? Ja Nein

Wenn Ja, welche Art von Spiegel? (Taschenspiegel, länglicher Spiegel, etc.)

Eigene Einschätzung

Welche Erwartungshaltung haben Sie an sich selber?

Wie viele Fehler werden Sie entdecken?

75-100%

50-75%

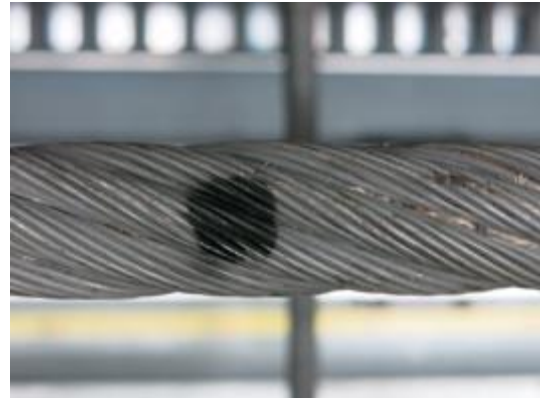
25-50%

0-25%

Bis zu welcher minimalen Größe werden Sie Fehler erkennen?



Korrosion in Litzengassen



1,5 x Litzendurchmesser



1 x Litzendurchmesser



0,5 x Litzendurchmesser



Riefen

Welche Schäden sind Ihrer Meinung nach besonders wichtig und sollten unbedingt gefunden werden?

Was sind Ihrer Meinung nach die wichtigsten Eigenschaften eines Prüfers und den Umgebungsbedingungen?

(Was erwarten Sie von einem Prüfer, wie sollten die Umgebungsbedingungen aussehen,...)

Umgebungsbedingungen: Was finden Sie besonders unangenehm? (Bsp. Auf Leiter arbeiten,...)

Gehen Sie dabei auch auf die Tragseilprüfung ein!

Fragebogen Nachher

Teilnehmernummer: _____

Anlage

An welcher Anlage wurde die Prüfung durchgeführt?

Hexenkessel Berg Längenfelder

Hexenkessel Tal

Schlaglänge: _____

Seildurchmesser: _____

Beschreiben Sie die Seilbeschaffenheit (Wartungszustand, Alter, Schmierung, etc.)

Prüfung allgemein

Wurde das Seil am Stück geprüft?

Ja

Nein

Haben Sie das Gefühl alle Fehler entdeckt zu haben?

Ja

Nein

Wie oft haben sie (schätzungsweise) einen Stop gewünscht?

Welche Fehler waren besonders **einfach** zu erkennen?

Welche Fehler waren besonders **schwer** zu erkennen?

Hatten Sie Konzentrationsschwierigkeiten?

Ja

Nein

Wenn Ja, wann haben diese (ungefähr) begonnen? _____

Haben Sie sich abgelenkt gefühlt? Ja Nein

Wenn ja, was hat Sie abgelenkt? _____

Wie viel haben Sie sich mit ihrem Prüfpartner unterhalten? die ganze Zeit oft

kaum gar nicht

Wie oft wenden Sie den Blick vom Seil ab? (Augenentlastung) minütlich alle 1-5min

weniger als alle 5 min nicht bewusst

Haben Sie sonstige Tricks um Ihre Augen zu entlasten und die Konzentrationsfähigkeit zu erhöhen?

Prüfung mit Pause

Wie viele Pausen haben Sie gemacht? _____

Wie lange waren diese Pausen? _____

Hatten Sie das Gefühl die Pausen haben bei der Konzentrationsfähigkeit geholfen? Ja Nein

Prüfbedingungen

Haben Sie den Arbeitsplatz als bequem empfunden? Ja Nein

Wenn Nein, was hätte besser sein können? _____

Beschreiben Sie wie Sie sich am Seil positioniert haben.

- Sitzend oder stehend?
- Blick von oben, unten oder seitlich auf das Seil?
- Distanz zum Seil?

Haben Sie die Beleuchtung als ausreichend empfunden?

Ja Nein

Haben Sie Umwelteinflüsse als störend empfunden?
(Beispielsweise Spiegelung durch Sonne etc.)

Ja Nein

Wenn ja, Welche?

Haben Sie Hilfsmittel verwendet? (Strumpfhose, Putzlappen, ...)

Ja Nein

Wenn ja, welche?

Haben Sie die Hilfsmittel als hilfreich empfunden? Begründen Sie Ihre Antwort.

Kritik - positives/negatives an dieser Art der Durchführung

Teilnehmer der Feldversuche

Name	Firma	FV ¹ 1	FV 2	Hinweis
Bernhard Schrallhammer	Partenkirchner Bergbahnen GmbH & Co. KG	X		
Bruno Longatti	Fatzer AG	X	X	Mitglied Projektgruppe
Mitarbeiter BZB 1	Bayerische Zugspitzbahn Bergbahn AG	X		
Mitarbeiter BZB 2	Bayerische Zugspitzbahn Bergbahn AG	X		
Christian Banfi	Bundesamt für Verkehr	X		
Christian Hillmaier	Partenkirchner Bergbahnen GmbH & Co. KG	X		
Hans Buchwieser	Bayerische Zugspitzbahn Bergbahn AG	X		
Helmut Fellmann	Bayerische Zugspitzbahn Bergbahn AG	X		
Josef Egger	Bergbahn AG Kitzbühel		X	Mitglied Projektgruppe
Jörg Findeisen	Herzogstandbahn GmbH	X		
Konrad Gerold	AktivArena am Kolben GmbH & Co. KG	X		
Marc (Mitarbeiter Kolbensattel)	AktivArena am Kolben GmbH & Co. KG	X		
Marina Härtel	IFT - Institut für Förder- technik und Logistik	X		

¹ Teilnahme an Feldversuch

Markus Beck	Doppelmayer Seilbahnen GmbH	X	X	Mitglied Projektgruppe
Pascal Walter	IFT - Institut für Förder- technik und Logistik	X		
Peter Huber	Bayerische Zugspitzbahn Bergbahn AG	X		Mitglied Projektgruppe
Reinhard Lauber	Zermatt Bergbahnen AG		X	Projektgruppe
Rudolf Beha	Leitner AG	X	X	Mitglied Projektgruppe
Stefan Messmer	IWM - Institut für Werk- stoff-Fragen und Materi- alprüfungen	X	X	Mitglied Projektgruppe
Sven Winter	IFT - Institut für Förder- technik und Logistik	X		Mitglied Projektgruppe
Thomas Liener	IFT - Institut für Förder- technik und Logistik			
Ueli Blessing	IKSS - Interkantonales Konkordat für Seilbahnen und Skilifte Vertreter SUFS	X		Mitglied Projektgruppe
Urs Amiet	Bundesamt für Verkehr	X	X	Mitglied Projektgruppe

Protokoll Visuelle Inspektion

Seite: /

Für 6-litzige Seile mit einem Spleiß

Ort:		Datum:											
Anlage:													
Seil:													
Teilnehmer/Station:													
Wetterlage:		Temperatur:	°C										
Seildaten [mm]													
Nenn-Ø:			Nennschlaglänge:										
	Position 1¹	Position 2²	Position 3³										
Ø _{max}													
Ø _{min}													
Ø													
Schlaglänge:													
Spleiß	E1	K1	E1'2	K2	E2'3	K3	E3'4	K4	E4'5	K5	E5'6	K6	E6'
Ø _{max} [mm]													
Ø _{min} [mm]													
Sichtbare Drahtbrüche													
Lockere Drähte													
Bemerkungen													
Bemerkungen / Seilhistorie:													
Reparaturen am Seil (Was, Wann?)													
Sonstiges													
Ergebnisse der Inspektion: (Gefundene Schäden mit Meterangabe, Fehler markiert/fotografiert, ...)										Referenz- / Startpunkt:			
Wartungs-/Reparaturmaßnahmen (bitte ankreuzen)													
<input type="checkbox"/> Maßnahmen erforderlich (inkl. Frist unten eintragen)							<input type="checkbox"/> Keine Maßnahmen erforderlich						
Name, Vorname Verantwortlicher:													
Datum, Unterschrift Verantwortlicher:													

¹ 10 m nach dem Spleißende oder 10 m vor Kabine 1

² Seilmitte

³ 10 m vor dem Spleißanfang oder 10 m vor Kabine 2

TYP A	Bewertung der Inspektionsbedingungen Visuelle Seilinspektion	Laufende Seile
--------------	---	-----------------------

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		
Summe				/30

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.

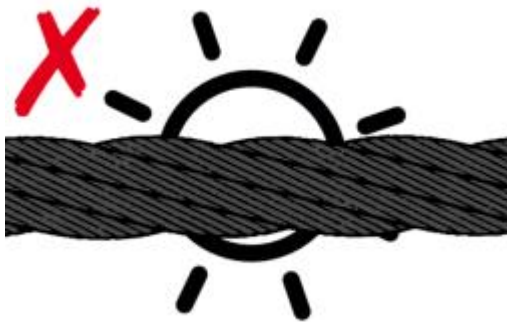


Abbildung 1: Blendende Sonne im Hintergrund, kein guter Kontrast zum Seil

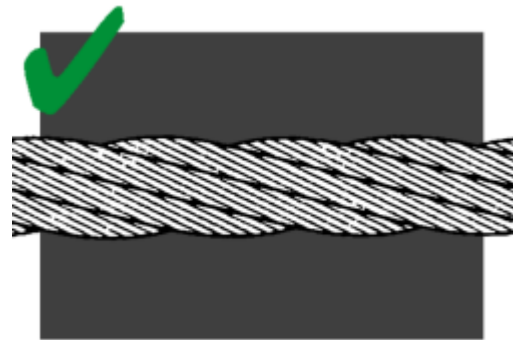


Abbildung 2: Sonnenschutz verdeckt blendende Sonne, Seil gut erkennbar

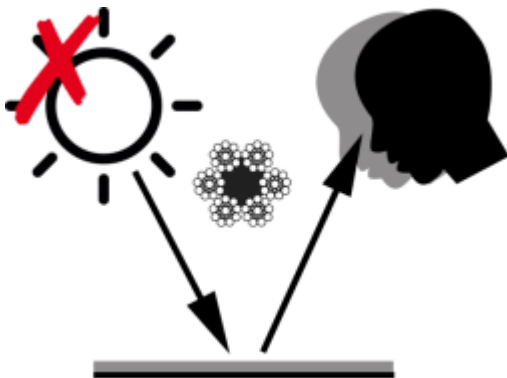


Abbildung 3: Sonne blendet über den Spiegel



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 vorbeiziehende Wolken).

Hintergrund

Unregelmäßige sowie blendende Hintergründe stören die Konzentrationsfähigkeit.

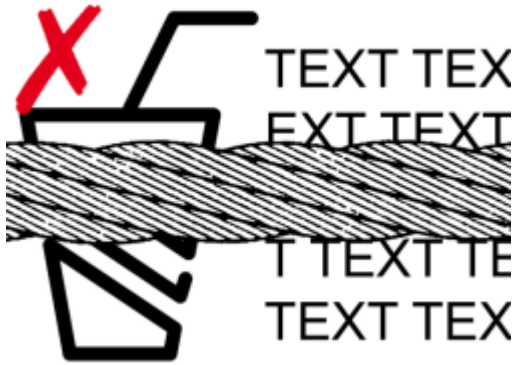


Abbildung 5: Werbepplakat im Hintergrund

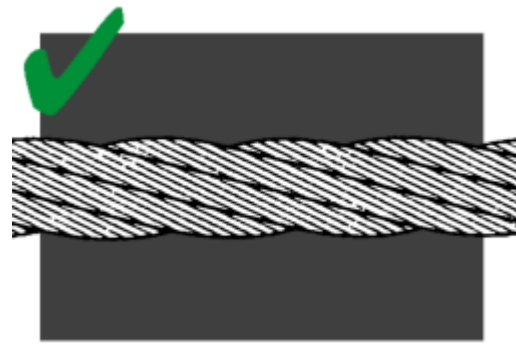


Abbildung 6: Optimaler Hintergrund

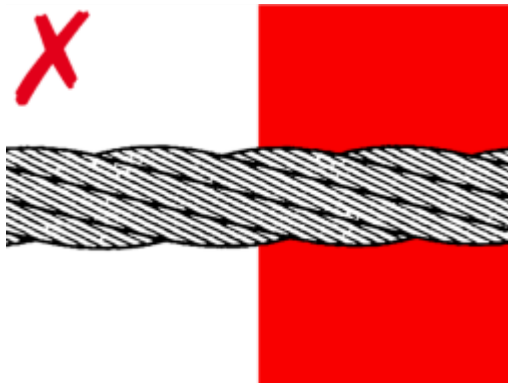


Abbildung 7: Nicht geeignete Hintergrundfarben

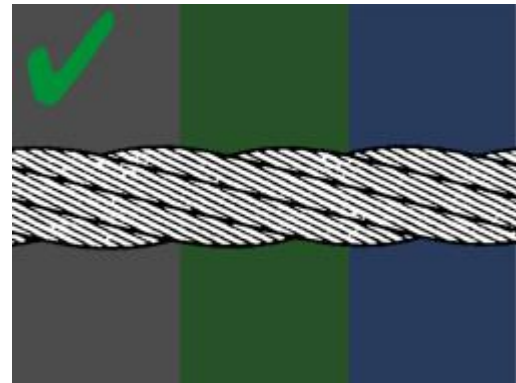


Abbildung 8: Optimale Hintergrundfarben

Sitzmöglichkeit

Leitern sind mit 0 Punkten zu bewerten.



Abbildung 9: Nicht empfohlene Verwendung einer Leiter

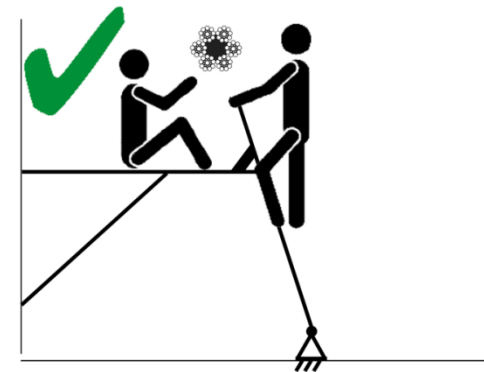


Abbildung 10: Empfohlene Verwendung einer Leiter

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

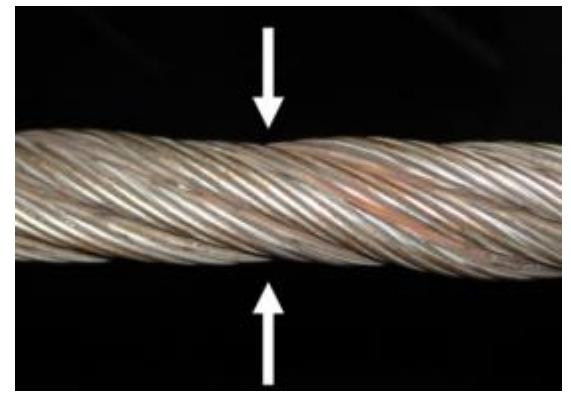
- Eine geeignete Prüfperson ist eine Person, die physisch und mental in der Lage ist eine zerstörungsfreie Kontrolle durchzuführen. Dazu gehören:
 - Genügende Sehfähigkeit
 - Hohe Zuverlässigkeit
 - Gute, länger andauernde Konzentrationsfähigkeit
 - Entsprechende Fitness
 - Entsprechende Motivation
 - 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

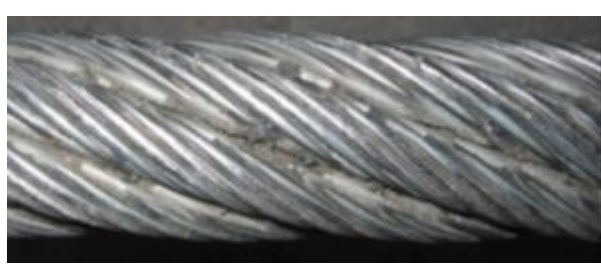
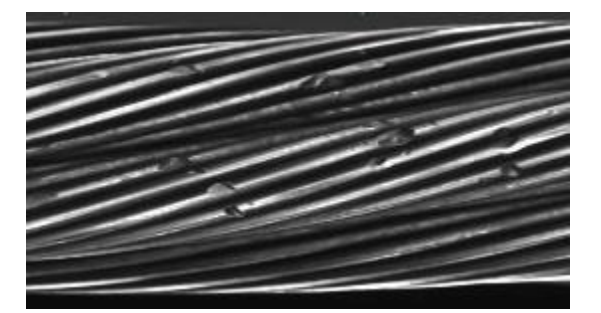
Blitzschlag / Stromfluss



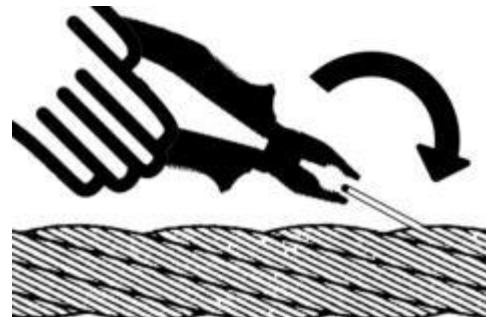
Korrosion



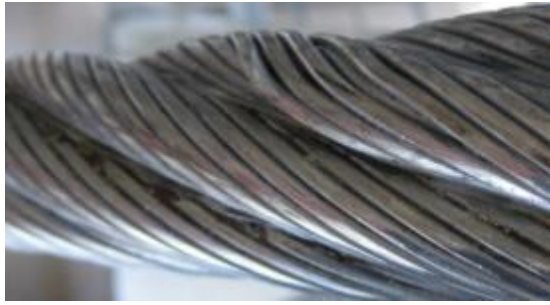
Riefen/Kerben



Drahtbrüche

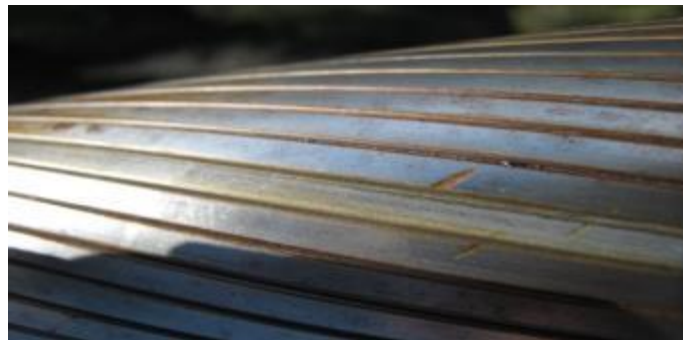
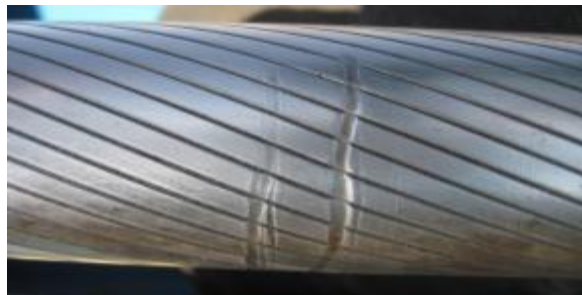
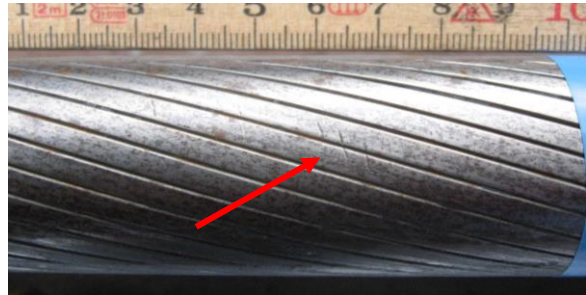


Verwerfung

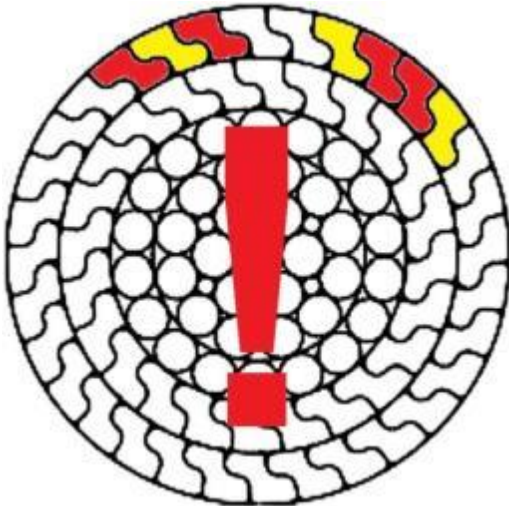


Beispiele Seilbeschädigungen am Tragseil

VVS Riefen/Kerben



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.“