



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST
Service suisse d'enquête de sécurité SESE
Servizio d'inchiesta svizzero sulla sicurezza SISI
Swiss Transportation Safety Investigation Board STSB

Schlussbericht

der Schweizerischen

Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST

über den Fahrzeugabsturz

vom 16. März 2016

in Stoos (SZ)

Reg.-Nr.: 2016031601

Allgemeine Hinweise zu diesem Bericht

Dieser Bericht wurde ausschliesslich zum Zweck der Verhütung von Unfällen und schweren Vorfällen beim Betrieb von Eisenbahnen, Seilbahnen und Schiffen erstellt. Gemäss Artikel 15 des Eisenbahngesetzes (EBG, SR 742.101) sind Schuld und Haftung nicht Gegenstand der Untersuchung.

Es ist daher auch nicht Zweck dieses Berichts, Schuld- und Haftungsfragen zu klären.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	5
Überblick.....	5
Untersuchung	5
Kurzdarstellung.....	5
Ursache	5
Sicherheitsempfehlungen und Sicherheitshinweise	5
1 Sachverhalt.....	6
1.1 Ort des Ereignisses	6
1.2 Vorgeschichte	7
1.3 Ablauf des Ereignisses	7
1.4 Schäden.....	8
1.4.1 Personen	8
1.4.2 Infrastruktur.....	8
1.4.3 Fahrzeuge.....	8
1.5 Beteiligte und betroffene Personen	8
1.5.1 Seilbahnpersonal	8
1.6 Beteiligte und betroffene Unternehmen	9
1.6.1 Infrastruktur.....	9
1.6.2 Transportunternehmung	9
1.6.3 Fahrzeugeigentümer.....	9
1.7 Infrastruktur.....	9
1.7.1 Anlage.....	9
1.7.2 Seilbahnsteuerung.....	12
1.7.3 Sicherheitseinrichtungen Infrastruktur	12
1.8 Fahrzeuge.....	13
1.8.1 Beschreibung.....	13
1.8.2 Feststellung	13
1.9 Kommunikation	14
1.10 Auswertung der Datenaufzeichnungen.....	14
1.10.1 Fahrtenlogbuch.....	14
1.10.2 Fehlerlogbuch	15
1.10.3 Windmessungsaufzeichnung.....	16
1.11 Besondere Untersuchungen	18
1.11.1 Wetter, Sichtverhältnisse	18
1.11.2 Untersuchung von Klemme und Gehängerohr von Sessel 38.....	19
1.11.3 Untersuchung des Förderseils.....	19
1.12 Regelungen und Vorgaben.....	20
1.12.1 Regelungen zum Betrieb bei Wind	20

1.12.2	Vorgaben betreffend Längs- und Querpendelung	20
2	Analyse	21
2.1	Technische Aspekte	21
2.1.1	Funktion der Anlage	21
2.1.2	Windmessung	21
2.1.3	Spuren	21
2.2	Betriebliche Aspekte	22
2.2.1	Fahrgeschwindigkeit	22
2.3	Menschliche Aspekte	22
3	Schlussfolgerungen	23
3.1	Befunde	23
3.1.1	Technische Aspekte	23
3.1.2	Betriebliche Aspekte	23
3.1.3	Menschliche Aspekte	23
3.2	Ursachen	23
4	Sicherheitsempfehlungen, Sicherheitshinweise und seit dem Unfall getroffene Massnahmen	24
4.1	Sicherheitsempfehlungen	24
4.2	Sicherheitshinweise	24
4.3	Seit dem Unfall getroffene Massnahmen	24

Zusammenfassung

Überblick

Verkehrsmittel	Seilbahn
Beteiligte Unternehmen	
Transportunternehmen	Stoosbahnen AG, Schwyz
Infrastrukturunternehmen	Stoosbahnen AG, Schwyz
Beteiligte Fahrzeuge	4er-Sesselbahn mit kuppelbarer Klemme und Haube
Ort	Stoos (SZ), Sesselbahn Mettlen–Fronalpstock
Datum und Zeit	16. März 2016, ca. 11:09 Uhr

Untersuchung

Am 16. März 2016 um 12:56 Uhr ging die Meldung über den Absturz eines Sessels der Sesselbahn Mettlen–Fronalpstock bei der Schweizerischen Sicherheitsuntersuchungsstelle (SUST) ein und es wurde eine Untersuchung eröffnet.

Für die Untersuchung standen folgende Grundlagen zur Verfügung:

- Faktenaufnahme vor Ort;
- Fotos, aufgenommen am Unfall- und am Folgetag;
- Datenaufzeichnungen der Seilbahnsteuerung;
- Faktenaufnahme bei der Zerlegung der Klemme bei Garaventa;
- Handbuch und diverse Anweisungen des Herstellers der Seilbahnanlage;
- Informationen von beteiligten Personen;
- Hoheitliche und interne Regelungen für den Seilbahnbetrieb.

Kurzdarstellung

Am 16. März 2016 um ca. 11:09 Uhr stürzte ein leerer Sessel der 4er-Sesselbahn Mettlen–Fronalpstock bei der Bergfahrt zu Boden. Der Absturz ereignete sich bei der Stütze Nummer 9. Es wurden keine Personen verletzt. Der abgestürzte Sessel Nummer 38 und das Förderseil wurden durch das Ereignis beschädigt.

Ursache

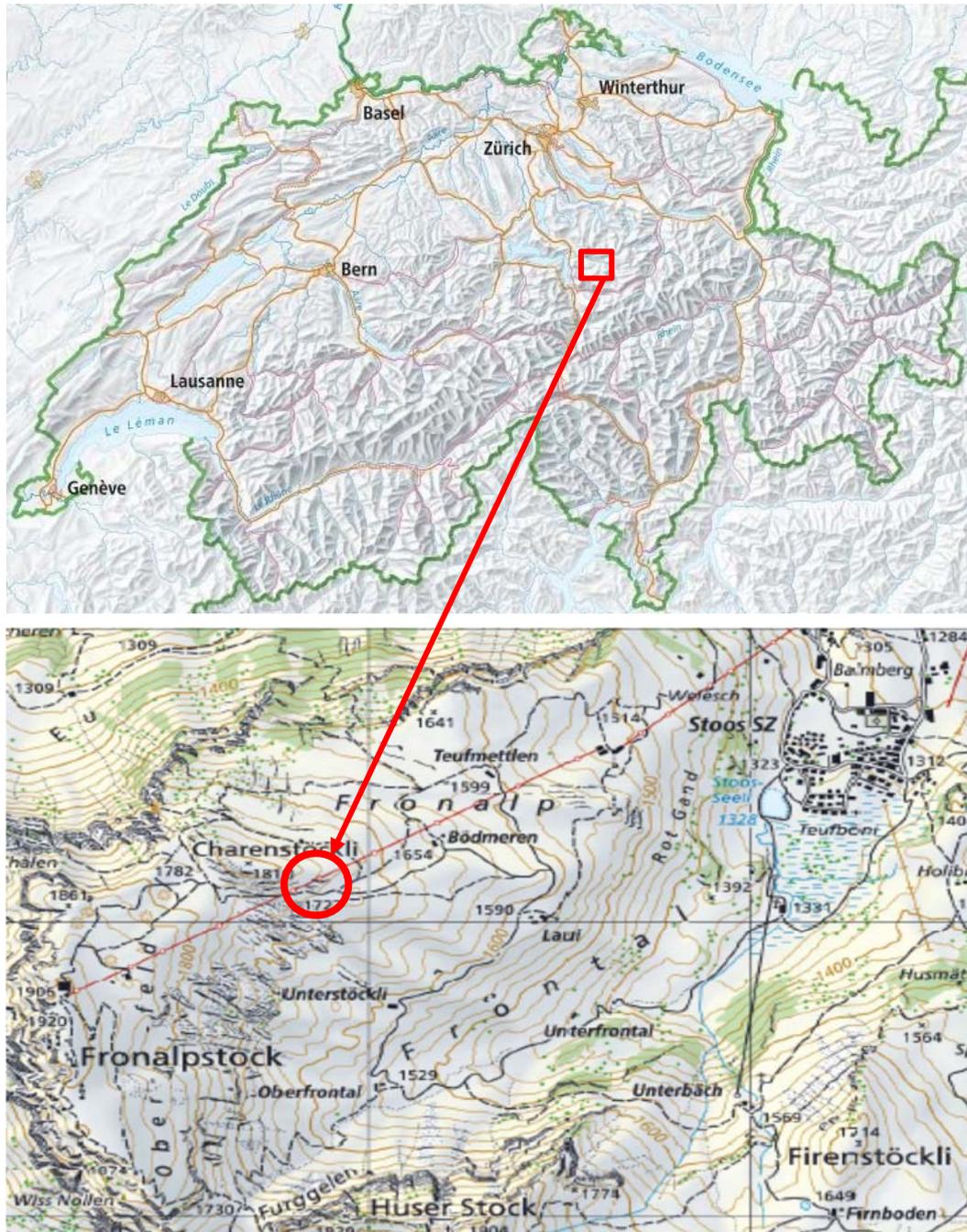
Der Absturz eines unbesetzten Sessels der Seilbahn Mettlen–Fronalpstock ist darauf zurück zu führen, dass dieser durch eine Windböe so weit entgegen der Fahrtrichtung ausgelenkt wurde, dass er an einer Stütze hängenblieb und dadurch vom Seil gehobelt wurde.

Sicherheitsempfehlungen und Sicherheitshinweise

Mit diesem Schlussbericht werden weder Sicherheitsempfehlungen noch Sicherheitshinweise ausgesprochen.

1 Sachverhalt

1.1 Ort des Ereignisses



Abbildungen 1 und 2: Ort des Ereignisses, Seilbahn Mettlen–Frönalpstock. Basiskarten reproduziert mit Bewilligung des Bundesamtes für Landestopografie Swisstopo (JA150149).

1.2 Vorgeschichte

Die Wetterprognosen vom 15. März 2016 sagten für den Nachmittag des 16. März 2016 in der Region Zentralschweiz Föhnwinde von ca. 15 km/h vorher. Das liess die Stoosbahnen AG davon ausgehen, dass die Seilbahnanlagen am 16. März 2016 ohne Probleme betrieben werden könnten.

Bei der Beurteilung der Wettersituation am 16. März 2016 um 07:00 Uhr gingen die Verantwortlichen immer noch davon aus, dass die Anlagen den ganzen Tag in Betrieb bleiben würden. Im Verlauf des Vormittags wurde im Gebiet Stoos/Fronalpstock eine Zunahme der Windgeschwindigkeiten registriert. Die Winde hatten ab der Betriebsaufnahme am Morgen verschiedene manuelle Abschaltungen der Seilbahn Mettlen-Fronalpstock zur Folge. Für den Betrieb der Seilbahn kritische Windgeschwindigkeiten wurden erstmals um 10:45 Uhr gemessen.

1.3 Ablauf des Ereignisses

Um ca. 11:05 Uhr entschieden die Mitarbeiter der Stoosbahnen AG, dass die Anlage aufgrund der schwierigen Windverhältnisse definitiv geschlossen werden sollte. Die sich auf den Sesseln befindenden Fahrgäste sollten noch bis zur Bergstation Fronalpstock befördert werden. Während dieser Schliessfahrt¹ stürzte Sessel 38 bei Stütze 9 zu Boden. Zum Zeitpunkt des Ereignisses befand sich noch ein Fahrgast auf der Sesselbahn.



Abbildung 3: Blick auf die Unfallstelle. Im Bild sichtbar ist der bei Stütze 9 abgestürzte Sessel 38 mit geschlossener Haube.

¹ Schliessfahrt: Fahrt, bis sich keine Fahrgäste mehr in den Fahrzeugen befinden.

1.4 Schäden

1.4.1 Personen

Es wurden keine Personen verletzt.

1.4.2 Infrastruktur

Das Förderseil wurde beschädigt. Bei der Befestigung der Rollenbatterie von Stütze 9 waren mechanische Kontaktsuren zu erkennen.

1.4.3 Fahrzeuge

Sessel 38 wies verschiedene Beschädigungen auf.

1.5 Beteiligte und betroffene Personen

1.5.1 Seilbahnpersonal

1.5.1.1 Mitarbeiter Talstation Mettlen

Person

Jahrgang 1952, Ausbildung als Landwirt. Saisonale Anstellung als Mitarbeiter Bahnbetrieb Sesselbahn bei Stoosbahnen AG.

Werdegang

Beim Eintritt im Jahr 1970 wurde der Mitarbeiter auf der damals bestehenden Anlage geschult. Im Jahr 2000 erfolgte die Schulung auf den beiden neuen Anlagen Stoos–Fronalpstock. Seit der Inbetriebnahme der Sesselbahn wird er dort regelmässig eingesetzt. Seit November 2014 leistete er 217 Einsatztage auf der Anlage. Die Mitarbeitenden besuchen jährlich wiederkehrende Instruktionen bzw. Bergeübungen.
Letzte Instruktion: 20. November 2015.

1.5.1.2 Mitarbeiter Bergstation Fronalpstock

Person

Jahrgang 1948, Ausbildung als Landwirt. Saisonale Anstellung als Mitarbeiter Bahnbetrieb Sesselbahn bei Stoosbahnen AG.

Werdegang

Beim Eintritt im Jahr 1968 wurde der Mitarbeiter auf der damals bestehenden Anlage geschult. Im Jahr 2000 erfolgte die Schulung auf den beiden neuen Anlagen Stoos–Fronalpstock. Seit der Inbetriebnahme der Sesselbahn wird er regelmässig dort eingesetzt. Seit November 2014 leistete er 99 Einsatztage auf der Anlage. Die Mitarbeitenden besuchen jährlich wiederkehrende Instruktionen bzw. Bergeübungen.
Letzte Instruktion: 20. November 2015.

1.6 Beteiligte und betroffene Unternehmen

1.6.1 Infrastruktur

Stoosbahnen AG, Schwyz

1.6.2 Transportunternehmung

Stoosbahnen AG, Schwyz

1.6.3 Fahrzeugeigentümer

Stoosbahnen AG, Schwyz

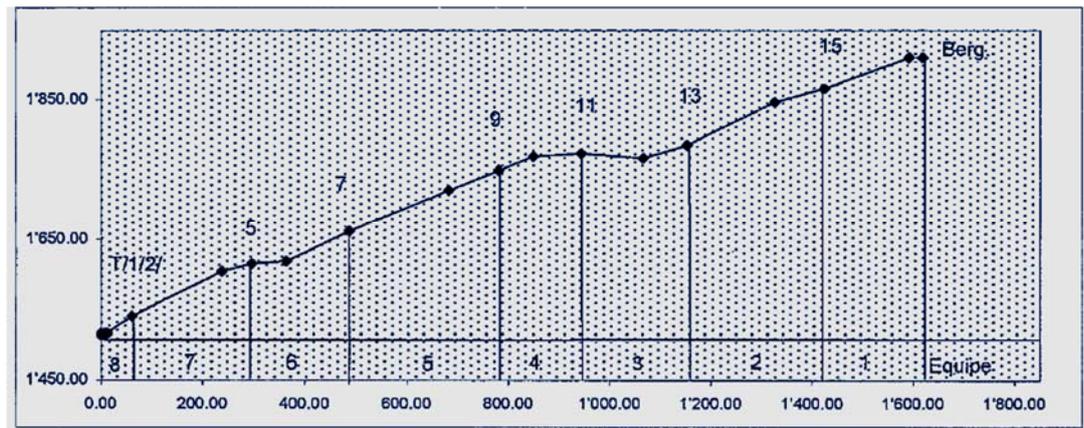
1.7 Infrastruktur

1.7.1 Anlage

1.7.1.1 Beschreibung

System:	4er-Sesselbahn, Sessel mit Haube und kuppelbarer Klemme
Hersteller	Garaventa
Baujahr:	2000
Anlage-Nummer:	BAV 73.157
Talstation (Antrieb)	1515 m/M
Bergstation:	1910 m/M
Spannstation:	Die Seilspannvorrichtung befindet sich in der Talstation
Höhendifferenz:	395 m
Länge:	1700 m
Seilgeschwindigkeit:	max. 5 m/s
Fahrzeit:	5.6 Minuten (bei Maximalgeschwindigkeit)
Förderleistung:	1500 Personen/Stunde
Anzahl Stützen:	16
Seildurchmesser:	40 mm
Förderrichtung:	Bergwärts und talwärts
Fahrzeugabstand:	48 m
Anzahl Sessel:	74

1.7.1.2 Streckenprofil

**Abbildung 4:**

Im Streckenprofil der Sesselbahn Mettlen-Fronalpstock sind die Standorte der Stützen und die Distanzen dazwischen ersichtlich.

1.7.1.3 Feststellung

Die durch die Firma Garaventa erstellte Anlage war bei der Untersuchung durch die SUST am 17. März 2016 in gutem Zustand. Die erforderlichen Prüfungen wurden durchgeführt und protokolliert. Die Protokolle der Magnetpulver- und der Klemmenprüfung liegen der SUST vor. Es waren keine Hinweise auf vorbestehende Unregelmässigkeiten erkennbar.

Im Zusammenhang mit dem Ereignis wurden folgende Schäden festgestellt: Bei der Befestigung der Rollenbatterie von Stütze 9 waren mechanische Kontaktschäden zu erkennen (Abbildungen 5 und 6).



Abbildungen 5 und 6: Bei Stütze 9 ist Sessel 38 abgestürzt. Rot markiert sind die mechanischen Kontaktpuren an der Befestigung der Rollenbatterie.

1.7.2 Seilbahnsteuerung

1.7.2.1 Beschreibung

Die Seilbahnanlage ist mit einer Steuerung der Firma Sisag ausgerüstet. Über diese Steuerung wird die Anlage bedient und überwacht. Im Weiteren zeichnet die Steuerung die relevanten Fahr- und Störungsdaten sowie die Windgeschwindigkeitsmessungen auf.

Erreichen die registrierten Windgeschwindigkeiten den bei Abnahme der Anlage festgelegten Wert von 40 km/h für die „Windwarnung“ bzw. 60 km/h für den „Windalarm“, werden die Mitarbeitenden optisch alarmiert.

1.7.2.2 Feststellung

Bei der Faktenaufnahme am 17. März 2016 funktionierte die Steuerung der Anlage ordnungsgemäss.

1.7.3 Sicherheitseinrichtungen Infrastruktur

1.7.3.1 Seillageüberwachung

Für die Förderseilüberwachung werden an allen Rollenbatterien Bruchstabschalter eingesetzt. Durch eine Schwergewichtsrolle wird an den entsprechenden Wippen ein Übergewicht erzeugt, das mit einer verlängerten Rollenachse den Bruchstabschalter auslöst und den Sicherheitsstromkreis unterbricht. Wenn bei einem der Stützenschalter der Sicherheitsstromkreis unterbrochen wird, hat dies einen automatischen Nothalt der Anlage zur Folge.

1.7.3.2 Windmessenanlage

Die Seilbahn ist mit einer Windmessenanlage ausgerüstet. Diese verfügt über zwei Windmesser. Einer befindet sich auf der Stütze 10, der andere ist auf der Stütze 16 angebracht. Die registrierten Werte werden an die Seilbahnsteuerung übertragen und aufgezeichnet.

1.7.3.3 Überwachung der Klemme

In der Tal- und in der Bergstation ist auf der Ausfahrseite je eine Federkraftprüfung vorhanden. Unmittelbar nach der Kuppelstelle wird die Kontur der Klemme durch Blendenschalter überwacht. Wenn die Klemme nicht korrekt auf dem Seil klemmt, touchiert sie eine Blende. Die Blende wird dadurch verdreht und betätigt einen Überwachungsschalter. Die Anlage wird sofort gestoppt. Vor Wiederinbetriebnahme der Anlage ist der Grund für das Abschalten durch die Mitarbeitenden abschliessend zu klären.

1.7.3.4 Verschluss der Haube

Die Hauben von unbesetzten Sesseln werden im normalen Betriebsmodus durch die Öffnungs- und Schliesseinrichtung automatisch geschlossen und verriegelt. Vor der Einstiegsstelle findet eine automatische Kontrolle statt, damit sichergestellt werden kann, dass eine geschlossene Haube nicht auf eine zum Aufsteigen bereit Person trifft. Nach der Einstiegsstelle findet keine automatische Kontrolle der Hauben statt. Bei Wind stellt das Bedienpersonal sicher, dass keine Sessel mit offenen Hauben die Stationen verlassen.

1.8 Fahrzeuge

1.8.1 Beschreibung

Die Seilbahnanlage Mettlen–Fronalpstock ist eine 4er-Sesselbahn mit kuppelbaren Klemmen. Zum Schutz der Reisenden vor Witterungseinflüssen sind die Sessel mit einer Haube ausgerüstet. Die Hauben werden bei unbesetzten Sesseln im normalen Betriebsmodus durch die Öffnungs- und Schliesseinrichtung automatisch geschlossen und verriegelt.

1.8.2 Feststellung

Nach dem Ereignis lag der betroffene Sessel 38 unterhalb der Stütze 9 am Boden. Die Haube war geschlossen. Bei der Faktenaufnahme am 17. März 2016 war der Sessel in der Garage der Talstation auf dem Abstellgleis aufgehängt. Dort wurde festgestellt, dass Sessel 38 verschiedene Beschädigungen aufwies:

Eines der Federpakete war defekt, das zentrale Führungselement befand sich unten nicht mehr in der Befestigung (Abbildung 7). Bei der Klemme waren im Seilkanal und an den Klemmbacken Blauverfärbungen erkennbar (Abbildung 8). Ausserdem war das Gehängerohr verbogen (Abbildung 9).



Abbildungen 7 und 8: Auf den Bildern sind die festgestellten Schäden mit roten Pfeilen markiert. Beschädigungen am Federpaket (7), Verfärbungen an den Klemmbacken (8).



Abbildung 9: Im Bild sichtbar ist die Verbiegung am Gehängerrohr von Sessel 38.

1.9 Kommunikation

Die Seilbahn Mettlen–Fronalpstock wurde mit zwei Mitarbeitern betrieben. In der Talstation Mettlen befand sich der Maschinist, der die Steuerung der Anlage bediente. In der Bergstation Fronalpstock befand sich der zweite Mitarbeiter. Beide haben die Möglichkeit, die Geschwindigkeit zu regulieren oder die Anlage zu stoppen. Für die Kommunikation zwischen der Talstation und der Bergstation steht den Mitarbeitern eine Telefonverbindung zur Verfügung.

1.10 Auswertung der Datenaufzeichnungen

1.10.1 Fahrtenlogbuch

Die Daten des Fahrtenlogbuchs wurden sichergestellt und der SUST zur Verfügung gestellt.

Mettlen-Fronalpstock S-S51-U2		Fahrtenlogbuch		SIS AG SEILBAHN- UND INDUSTRIELLE SICHERHEITSTECHNIK CH-6460 ALTDORF		
Datenquelle:	Letzter Eintrag	Anzahl Einträge:	Aktueller Eintrag:			
Aktuell: 3/2016	EFA NR	432				
Fahrt-Nr	Datum	Startzeit	Stopzeit	Fahrzeit	Fehler	Station
9515	16.03.2016	13:16:20	13:16:28	00:00:08	084	AS
9514	16.03.2016	13:14:59	13:15:58	00:00:59	084	AS
9513	16.03.2016	12:59:11	13:05:42	00:06:31	085	AS
9512	16.03.2016	12:35:16	12:38:35	00:03:19	086	AS
9511	16.03.2016	12:23:22	12:34:17	00:10:55	100	AS
9510	16.03.2016	12:19:01	12:21:47	00:02:46	100	AS
9509	16.03.2016	11:59:43	12:15:25	00:15:42	099	AS
9508	16.03.2016	11:06:13	11:09:06	00:02:53	073	AS
9507	16.03.2016	11:00:40	11:04:07	00:03:27	099	AS
9506	16.03.2016	10:56:45	10:59:03	00:02:18	100	AS
9505	16.03.2016	10:51:53	10:54:59	00:03:06	085	AS
9504	16.03.2016	10:46:32	10:50:14	00:03:42	099	AS
9503	16.03.2016	10:38:19	10:46:09	00:07:50	085	AS
9502	16.03.2016	10:29:26	10:37:21	00:07:55	100	AS
9501	16.03.2016	09:35:50	10:28:18	00:52:28	086	AS
9500	16.03.2016	09:27:23	09:35:00	00:07:37	099	AS
9499	16.03.2016	08:29:03	09:26:34	00:57:31	086	AS
9498	16.03.2016	08:28:29	08:28:36	00:00:07	099	AS
9497	16.03.2016	08:05:33	08:23:07	00:17:34	133	AS
9496	16.03.2016	08:03:59	08:04:56	00:00:57	174	AS

Abbildung 10: Auszug aus dem Fahrtenlogbuch vom 16. März 2016.

Die Aufzeichnungen zeigen, dass die Anlage seit der Betriebsaufnahme um 08:04 Uhr verschiedene Male angehalten wurde. Aus den aufgezeichneten Fahrdaten ist ersichtlich, dass die Stopps der Anlage zeitlich mit der Zunahme des Windes zusammenfallen (Abbildung 13). In der letzten Stunde vor dem Ereignis wurde die Anlage mit einer Fahrgeschwindigkeit zwischen 2.8 und 5 m/s betrieben. Zum Zeitpunkt des Ereignisses betrug die Fahrgeschwindigkeit ca. 3.6 m/s.

1.10.2 Fehlerlogbuch

Im Fehlerlogbuch werden die von der Steuerung registrierten Störungen aufgezeichnet. Die Auswertung der Daten zeigt, dass über die Bedienungen der Nothalttasten manuelle Abschaltungen vorgenommen wurden. Diese Abschaltungen erfolgten jeweils zeitgleich mit der Zunahme der Windgeschwindigkeit (Abbildung 13). Um 11:09:06 Uhr wurde der durch die Auslösung des Bruchstabschalters bei Stütze 9 verursachte Nothalt registriert.

EFA-Nr.	Modus	Fehler	Datum	Zeit
010	Start-US..	010: Relaisabfallkontrolle "Test" K2222	US-16.03.2016	11:13:19
046	Start-AS..	046: Test3 Relaisabfallkontrolle Leitungsüberwachung	AS-16.03.2016	11:13:19
005	Start-US..	005: Relaisabfallkontrolle EH/Federkraft	US-16.03.2016	11:12:45
034	Start-AS..	034: Test 3 Relaisabfallkontrolle Federkraftprüfung	AS-16.03.2016	11:12:45
010	Start-US..	010: Relaisabfallkontrolle "Test" K2222	US-16.03.2016	11:12:00
046	Start-AS..	046: Test3 Relaisabfallkontrolle Leitungsüberwachung	AS-16.03.2016	11:12:00
005	Start-US..	005: Relaisabfallkontrolle EH/Federkraft	US-16.03.2016	11:11:39
034	Start-AS..	034: Test 3 Relaisabfallkontrolle Federkraftprüfung	AS-16.03.2016	11:11:39
073	Stop-AS..	073: Leitungsüberwachung Schalter-/Telefonleitung	AS-16.03.2016	11:09:06
042	Start-US..	042: Überwachung Nothalt Federkraft A Karte C56	US-16.03.2016	11:05:55
099	Start-AS..	099: Elektrischer Halt Umlenkstation Redundantkanal	16.03.2016	11:05:55
011	Stop-US...	011: Nothalttaste EH, Steuerschrank Steuerstellen	US-16.03.2016	11:04:07
099	Stop-AS..	099: Elektrischer Halt Umlenkstation Redundantkanal	16.03.2016	11:04:07
011	Stop-US...	011: Nothalttaste EH, Steuerschrank Steuerstellen	US-16.03.2016	10:59:03
100	Stop-AS..	100: Elektrischer Halt Umlenkstation Hauptkanal	AS-G-2816.03.2016	10:59:03
085	Stop-AS..	085: Nothalttaste Elektrischer Halt Kommandoraum innen	AS-16.03.2016	10:54:59
011	Stop-US...	011: Nothalttaste EH, Steuerschrank Steuerstellen	US-16.03.2016	10:50:14
099	Stop-AS..	099: Elektrischer Halt Umlenkstation Redundantkanal	16.03.2016	10:50:14
085	Stop-AS..	085: Nothalttaste Elektrischer Halt Kommandoraum innen	AS-16.03.2016	10:46:09
011	Stop-US...	011: Nothalttaste EH, Steuerschrank Steuerstellen	US-16.03.2016	10:37:21

Abbildung 11: Auszug aus dem Fehlerlogbuch vom 16. März 2016. Rot markiert ist der bei Stütze 9 um 11:09:06 Uhr ausgelöste Nothalt.

1.10.3 Windmessungsaufzeichnung

Die Steuerung der Anlage zeichnet weitere für den Betrieb der Anlage relevante Daten auf. So konnten die Aufzeichnungen der Windmesser, der Geschwindigkeit mit der die Anlage betrieben wurde, und des vorhandenen Ankerstroms des Fahrmotors sichergestellt werden. Windmesser sind auf den Stützen Nummer 10 und 16 installiert.

Der Windmesser auf der Stütze 10 registrierte um 11:08:53 Uhr eine Windspitze von ca. 85 km/h.

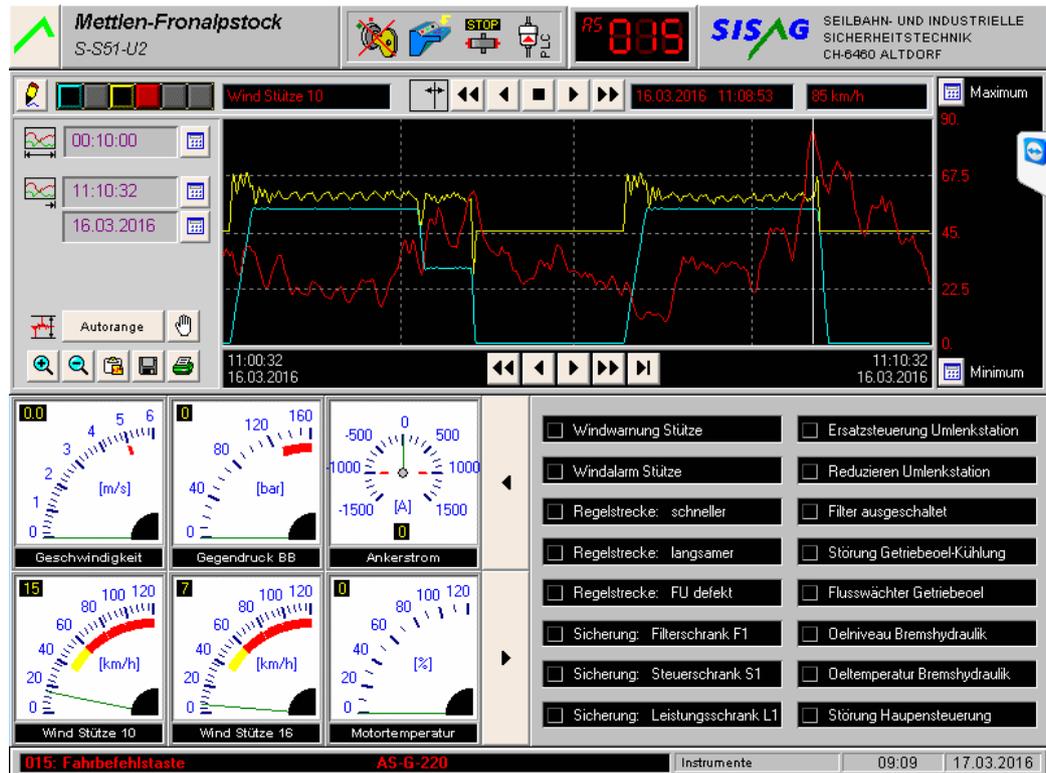


Abbildung 12: Auszug aus den Windmessungsaufzeichnungen der Stütze 10 vom 16. März 2016. Dargestellt ist der Zeitraum von 11:00:32 bis 11:10:32 Uhr. Die rote Kurve zeigt die Windgeschwindigkeit, die blaue Kurve die Fahrgeschwindigkeit und die gelbe Kurve den Ankerstrom des Fahrmotors.

Der Windmesser auf der Stütze 16 registrierte im gleichen Zeitraum maximale Windgeschwindigkeiten von ca. 30 km/h.

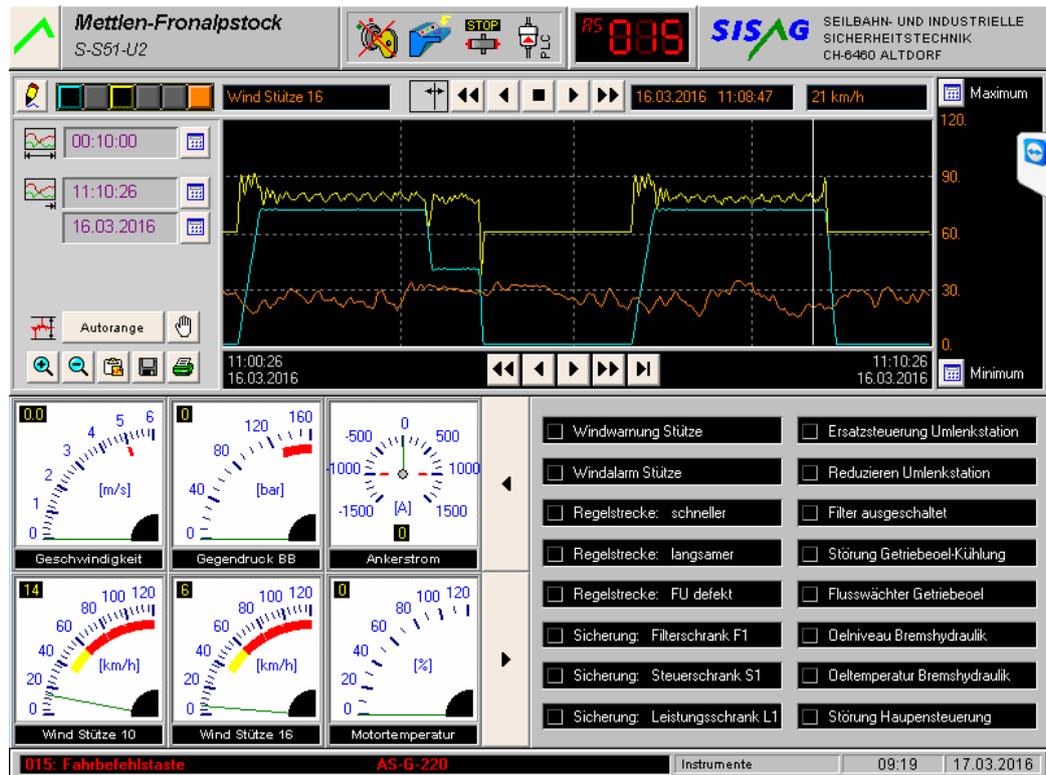


Abbildung 13: Auszug aus den Windmessaufzeichnungen der Stütze 16 vom 16. März 2016. Dargestellt ist der Zeitraum von 11:00:26 bis 11:10:26 Uhr. Die orange Kurve zeigt die Windgeschwindigkeit, die blaue Kurve die Fahrgeschwindigkeit und die gelbe Kurve den Ankerstrom des Fahrmotors.

1.11 Besondere Untersuchungen

1.11.1 Wetter, Sichtverhältnisse

1.11.1.1 Allgemeine Lage

Das Wetter am 16. März 2016 war bewölkt und trocken. Hoher Luftdruck über Süddeutschland und ein kleines Bodentief bei Marseille hatten im Mittelland Bise und über dem Rhonetal Mistral zur Folge. Im Lauf des Vormittags querte ein Höhentief die Schweiz von Ost nach West. Dies führte zu einer Winddrehung von Ost über Südost auf Süd. Bis auf eine Höhe von 1600 m/M war die Luft über dem Mittelland kälter und somit dichter als jene über der Po-Ebene. Oberhalb von 1600 m/M war die Luft südlich der Alpen kälter als jene entlang der Alpennordseite. Dies führte zu einem Überströmen des Alpenkamms, das durch die Richtungsänderung des Höhenwindes zusätzlich verstärkt wurde. Südföhn kam auf, der sich vom Alpenkamm zu den Voralpen und dort über die Kaltluft über dem Mittelland nach Norden ausweitete.

1.11.1.2 Wetter am Fronalpstock

In der ersten Hälfte des Vormittags befand sich der Fronalpstock zeitweise in Wolken. Mit zunehmendem Föhn war der Gipfel ab Mittag mehrheitlich wolkenfrei. Um den Fronalpstock bestimmte ein unruhiges und chaotisches Wellenbild die Hochnebelgrenze, was auf die Wirkung von Windscherung und der damit verbundenen Turbulenz hinweist.

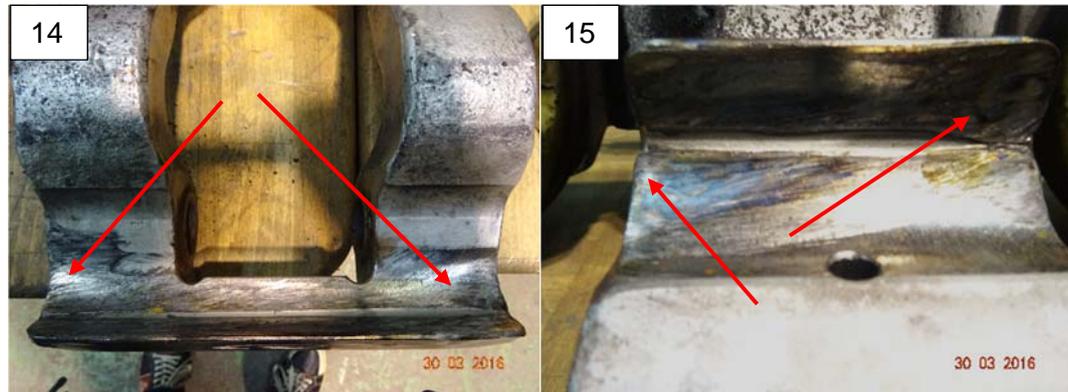
Am 16. März 2016 erreichte die maximale Böe auf dem Titlis 115 km/h. Sie wurde zwischen 14:00 und 14:10 Uhr gemessen. Zwischen 11:00 und 11:10 Uhr wurde ein Maximum von 93 km/h verzeichnet. Auf dem Pilatus erreichte die stärkste Böe 61 km/h. Diese wurde zwischen 15:10 und 15:20 Uhr gemessen. Zwischen 11:00 und 11:10 Uhr wurde ein Maximum von 46 km/h gemessen. Dies veranschaulicht, dass der Föhn aus Südost direkt am Alpenkamm stärker war als entlang der Voralpengipfel. Der Fronalpstock nahm eine mittlere Position ein. Er liegt näher am Gotthard als der Pilatus. Gemäss Modellresultaten lag der Fronalpstock direkt unter dem Stromstrich einer entsprechenden Föhngasse und damit im Einflussbereich von Bewegungsenergie, die turbulent heruntergemischt werden konnte.

Am 16. März 2016 füllte die Kaltluft des Mittellandes auch den Talboden von Schwyz, das Mündungsgebiet der Muota und das Urner Reusstal. Deshalb wurde der Föhn unterhalb des Hochnebels nicht wahrgenommen. Die am Fronalpstock gemessene Spitzenböe von 85 km/h ist im Vergleich zu anderen Föhnereignissen nicht aussergewöhnlich.

1.11.2 Untersuchung von Klemme und Gehängerohr von Sessel 38

Am 30. März 2016 wurden die Klemmen und das Gehängerohr des abgestürzten Sessels 38 in der Firma Garaventa AG einer Untersuchung unterzogen.

Dabei wurden im Seilkanal des Klemmhebels und der Klemmbacken Spuren festgestellt. Es waren starke Abnutzungen, die blau verfärbt sind, sichtbar.



Abbildungen 14 und 15: Auf den Bildern sichtbar ist der Seilkanal des Klemmhebels (14) und der Klemmbacken (15). Die Abnutzungen und die blauen Verfärbungen sind mit Pfeilen markiert.

Eines der beiden Federpakete, das die Klemmkraft am Seil erzeugt, wurde beschädigt. Die Spannstifte, mit der die Federführung mit Endanschlag montiert sind, wurden abgeschert. Das Gehängerohr von Sessel 38 wurde ca. 50 mm „aufgebogen“.

1.11.3 Untersuchung des Förderseils

Das Förderseil der Anlage Mettlen–Fronalpstock wurde am 17. März 2016 durch die Herstellerfirma Fatzer AG kontrolliert und danach wieder instand gesetzt. Es konnten auf einer Länge von ca. 8.9 m starke Abnutzungen am Seil mit teilweise Blaufärbungen der Drähte festgestellt werden.



Abbildung 16: Beschädigungen am Förderseil (Quelle: Firma Fatzer AG).

1.12 Regelungen und Vorgaben

1.12.1 Regelungen zum Betrieb bei Wind

Gemäss dem „Handbuch für den Betrieb“ der Anlage gilt bei Wind die folgende Vorgabe: Erreicht die Windgeschwindigkeit 75 % des für den Windalarm vorgesehenen Wertes, erscheint das Signal „Windwarnung“. Dieser Wert basiert auf Vorgaben der Umlaufbahnverordnung² und wurde bei der Abnahme der Anlage durch das BAV³ entsprechend festgelegt. Dabei wurden der Charakter der Anlage, die örtlichen Windverhältnisse sowie der Standort der Windmesser berücksichtigt.

Für die Anlage gelten folgende Werte:

- Windwarnung 40 km/h
- Windalarm 60 km/h

Bei Windwarnung ist die Geschwindigkeit auf 2.5 bis 3 m/s zu reduzieren. Wird der Wert für den Windalarm erreicht, ist der Betrieb der Anlage einzustellen. Der technische Leiter entscheidet, ob die Fahrzeuge bzw. die Reisenden noch in die Stationen gebracht werden können.

Wenn die Fahrgeschwindigkeit von 5 m/s auf 3 m/s reduziert wird, verlängert sich die Fahrzeit von der Tal- bis zur Bergstation von 5.6 auf ca. 9 Minuten.

1.12.2 Vorgaben betreffend Längs- und Querpendelung

Ein Sessel kann längs und quer zur Fahrtrichtung pendeln. Im vorliegenden Fall wurde der Sessel durch die Windböe entgegen der Fahrtrichtung ausgelenkt und geriet dadurch in eine Längspendelung. Gemäss Ziffer 324, Ziffer 2 der Umlaufbahnverordnung² muss die Längspendelfreiheit auf der Strecke sowie bei den Ein- und Ausfahrbatterien mindestens 19.3° betragen. Aufgrund der Spuren an Stütze 9 und an Sessel 38 konnte eine Längspendelung von mehr als 37° errechnet werden.

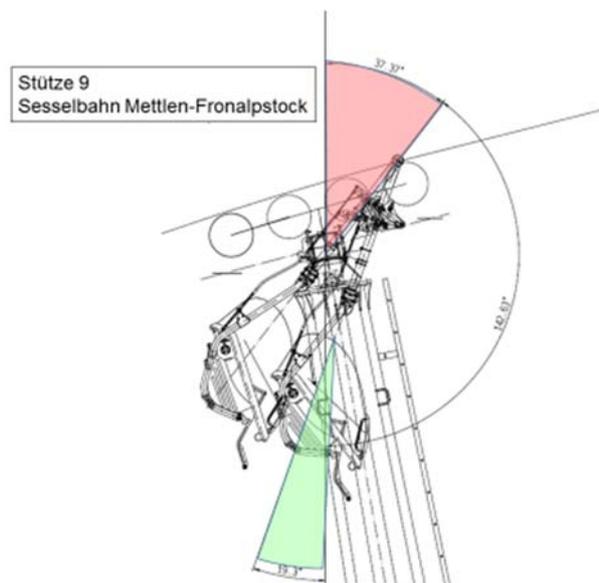


Abbildung 17: Grün markiert ist der Wert für die minimale Längspendelung von 19.3°, rot eingefärbt der effektiv ermittelte Wert von 37.37° (Quelle: Garaventa AG).

² SR 743.121.1 Verordnung über die Sicherheitsanforderungen an Umlaufbahnen mit kuppelbaren Klemmen (Umlaufbahnverordnung) vom 11. April 1986, Stand am 1. Mai 1986.

³ BAV: Bundesamt für Verkehr

2 Analyse

2.1 Technische Aspekte

2.1.1 Funktion der Anlage

Die Federkraftprüfung und die Blendenschalter zur Konturüberwachung der Klemme haben bei der Ausfahrt von Sessel 38 nicht angesprochen. Das lässt den Schluss zu, dass die Klemme ordnungsgemäss am Seil eingekuppelt war. Die Spuren zeigen, dass das Förderseil gewaltsam durch die Klemme gezogen wurde.

2.1.2 Windmessung

Der Föhn war am 16. März 2016 direkt am Alpenkamm stärker als entlang der Voralpengipfel. Der Fronalpstock nahm dabei eine mittlere Position ein. Da der Fronalpstock direkt unter dem Stromstrich einer entsprechenden Föhngasse lag, war er damit im Einflussbereich von Bewegungsenergie, die turbulent heruntergemischt werden konnte. Die Windspitzen traten dabei lokal sehr unterschiedlich auf. Die am Fronalpstock um ca. 11:08 Uhr gemessene Spitzenböe von 85 km/h ist im Vergleich zu anderen Föhnereignissen nicht aussergewöhnlich. Für die Mitarbeiter der Seilbahn Mettlen–Fronalpstock war die Böe in der Form aber nicht zu erwarten oder gar vorhersehbar.

2.1.3 Spuren

Bei der Befestigung der Rollenbatterie von Stütze 9 sind mechanische Kontakts Spuren zu erkennen. Das Förderseil weist starke Abnützungen und Blauverfärbungen der Drähte auf. Dies und die Blauverfärbungen im Seilkanal und an den Klemmbacken der Klemme deuten auf das gewaltsame Hindurchziehen einer Sesselklemme über das Seil hin.

Die Spuren und das Schadensbild deuten an, dass die Haube des Sessels wie vorgesehen geschlossen und verriegelt war. Das Gehängerohr wurde durch das Hängenbleiben an der Stütze aufgebogen und die Klemme dabei vom Seil geholt. Dies führte zum Absturz von Sessel 38. Das Federpaket wurde beim Absturz zerstört.

Gemäss den vorgefundenen Spuren muss Sessel 38 durch eine Windböe frontal erfasst und so stark entgegen der Fahrtrichtung ausgelenkt worden sein, dass er an Stütze 9 hängenblieb. Aufgrund der Spuren an Stütze 9 und an Sessel 38 konnte für den Zeitpunkt des Fahrzeugabsturzes eine Längspendelung von mehr als 37° errechnet werden. In der Folge wurde das Seil auf einer Länge von ca. 8.9 m durch die Klemme hindurchgezogen. Die Klemme wurde schliesslich so weit geöffnet, dass das Seil aus der Klemme herausgezogen wurde und der Sessel abstürzte.

Die Sicherheitseinrichtungen der Sesselbahn funktionierten ordnungsgemäss, sie stoppten die Anlage, nachdem der Bruchstabschalter bei Stütze 9 ausgelöst worden war.

2.2 Betriebliche Aspekte

2.2.1 Fahrgeschwindigkeit

Das Vorgehen bei Wind ist im entsprechenden Handbuch geregelt. Beim Erreichen des Wertes für die Windwarnung ist die Geschwindigkeit der Anlage auf 2.5 bis 3 m/s zu reduzieren. Wenn der Wert für den Windalarm erreicht wird, ist der Betrieb der Anlage einzustellen. Bei konstanten Windverhältnissen kommt diese Anweisung zur Anwendung. Das Verhalten bei turbulenten Windverhältnissen mit einzelnen Windspitzen kann nicht generell geregelt werden.

Die Auswertung der aufgezeichneten Daten (Fahrtenlogbuch, Windmessaanlage) zeigt, dass versucht wurde, den Betrieb der Anlage bei schwierigen Windverhältnissen aufrechtzuerhalten. Die Abschaltungen der Anlage erfolgten jeweils zeitgleich mit der Zunahme der Windgeschwindigkeit.

2.3 Menschliche Aspekte

Die beiden Mitarbeiter, die zum Ereigniszeitpunkt in der Berg- bzw. Talstation im Einsatz standen, sind langjährige Mitarbeiter der Stoosbahnen AG, die aufgrund ihrer Kenntnisse und Erfahrungen mit der Anlage und den besonderen örtlichen Verhältnissen vertraut waren.

Die Windverhältnisse am 16. März 2016 waren für eine Föhnlage nicht aussergewöhnlich. Es ist deshalb nachvollziehbar, dass die Mitarbeiter versuchten, die Anlage so lange wie möglich in Betrieb zu halten. Sie hatten die Anzeige der Windmessaanlage im Blick und versuchten, durch die Reduzierung der Fahrgeschwindigkeit die durch den Wind drohenden Gefahren zu minimieren. Etwa vier Minuten vor dem Ereignis beschlossen sie, den Betrieb auf der Anlage Mettlen-Fronalpstock einzustellen. Die verbliebenen Reisenden sollten mit einer Schliessfahrt die Anlage verlassen können. Bei einer Fahrgeschwindigkeit von 3.6 m/s dauerte dies, ab dem Zeitpunkt der Entscheidung, ca. 8 Minuten. Das Vorgehen der Mitarbeiter erscheint verantwortungsvoll und situationsgerecht.

3 Schlussfolgerungen

3.1 Befunde

3.1.1 Technische Aspekte

- Die Seilbahnanlage war in einem guten Zustand, es gibt keine Anhaltspunkte für vorbestehende Schäden.
- Aufgrund der Spuren muss Sessel 38 durch eine Windböe so weit entgegen der Fahrtrichtung ausgelenkt worden sein, dass er an Stütze 9 hängenblieb. Anhand der Spuren an Stütze 9 und an Sessel 38 konnte eine Längspendelung von mehr als 37° errechnet werden.
- In der Folge wurde das Seil rund 8.9 m durch die Klemme hindurchgezogen, bis sich diese öffnete und der Sessel abstürzte.
- Der Bruchstabschalter wurde aktiviert, was über die Fernüberwachungsanlage einen Nothalt auslöste.

3.1.2 Betriebliche Aspekte

- Aufgrund der Windverhältnisse wurde die Seilgeschwindigkeit reduziert und beim Auftreten von Windspitzen wurde die Bahn angehalten.
- Die am 16. März 2016 um ca. 11:08 Uhr gemessene Spitzenböe von 85 km/h ist im Vergleich zu anderen Föhnereignissen nicht aussergewöhnlich.
- Wenige Minuten vor dem Ereignis wurde beschlossen, die Anlage zu schliessen. Zum Zeitpunkt des Sesselabsturzes war die Schliessfahrt im Gang.
- Das Vorgehen bei „Windalarm“ bzw. „Windwarnung“ ist geregelt. Es fehlte eine verbindliche Handlungsanweisung, wann die Anlage bei schwierigen Windverhältnissen abgestellt werden muss.

3.1.3 Menschliche Aspekte

- Sowohl in der Berg- als in der Talstation waren langjährige Mitarbeiter im Einsatz.
- Beide verfügen über grosse Erfahrungen mit der Anlage und sind mit den örtlichen Verhältnissen bestens vertraut.
- Die Mitarbeiter verhielten sich situationsgerecht.

3.2 Ursachen

Der Absturz eines unbesetzten Sessels der Seilbahn Mettlen–Fronalpstock ist darauf zurück zu führen, dass dieser durch eine Windböe so weit entgegen der Fahrtrichtung ausgelenkt wurde, dass er an einer Stütze hängenblieb und dadurch vom Seil gehobelt wurde.

4 Sicherheitsempfehlungen, Sicherheitshinweise und seit dem Unfall getroffene Massnahmen

4.1 Sicherheitsempfehlungen

Mit diesem Bericht wird keine Sicherheitsempfehlung ausgesprochen.

4.2 Sicherheitshinweise

Mit diesem Bericht wird kein Sicherheitshinweis ausgesprochen.

4.3 Seit dem Unfall getroffene Massnahmen

Der SUST sind keine getroffenen Massnahmen bekannt.

Dieser Schlussbericht wurde von der Kommission der Schweizerischen Sicherheitsuntersuchungsstelle (SUST) genehmigt (Art. 10 Bst. h der Verordnung über die Sicherheitsuntersuchung von Zwischenfällen im Verkehrswesen vom 17. Dezember 2014).

Bern, 19. September 2017

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle