
Untersuchungsbericht

Sicherheitsuntersuchungsstelle des Bundes
GZ: BMVIT-85.208/0001-IV/SUB/ZLF/2018

**Unfall
mit dem Motorflugzeug der Type EA 300,
am 31.05.2014,
um ca. 10:10 Uhr UTC
am Flughafen Innsbruck,
Tirol,
Österreich**

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Abkürzungen und Begriffe	3	
Verzeichnis der Abbildungen	4	
Vorbemerkungen	6	
Hinweis	6	
Kontakt	6	
Einleitung	7	
1	Tatsachenermittlung	7
1.1	Ereignisse und Flugverlauf	7
1.2	Personenschäden	8
1.3	Schaden am Luftfahrzeug	8
1.4	Andere Schäden	8
1.5	Besatzung	8
1.6	Luftfahrzeug	9
1.7	Flugwetter	10
1.7.1	Wettervorhersage	10
1.7.2	Aktuelle Wetterbedingungen	10
1.7.3	Astronomische Angaben	10
1.8	Navigationshilfen	10
1.9	Flugfernmeldedienste	10
1.10	Flugplatz	11
1.11	Flugschreiber	11
1.12	Angaben über Wrack und Aufprall	11
1.13	Medizinische und pathologische Angaben	12
1.14	Brand	12
1.15	Überlebensaspekte	13
1.16	Weiterführende Untersuchungen	13
1.17	Organisationen und deren Verfahren	18
1.18	Andere Angaben	18
1.19	Nützliche und effektive Untersuchungstechniken	18
2	Auswertung	19
3	Schlussfolgerungen	21
3.1	Befunde	21
3.2	Wahrscheinliche Ursachen	21
3.2.1	Wahrscheinliche Faktoren:	21
4	Sicherheitsempfehlungen	22
5	Konsultationsverfahren / Stellungnahmeverfahren	23
Anhänge		24

Verzeichnis der Abkürzungen und Begriffe

AC	Advisory Circular
ASDA	Accelerate Stop Distance Available
BECMG	Becoming
BKN	Broken (5/8-7/8)
BTN	Between
C	Celsius
CLD	Cloud
DP	Dewpoint
EDX	Energy Dispersive X-ray Spectroscopy
FAA	Federal Aviation Authority
FEW	Few (1/8-2/8)
FI	Flight Instructor
FT	Feet
HPA	Hektopascal
INS	Inches
kN	Kilo Newton
KT	Knot(s)
LBS	Pounds
LDA	Landing Distance Available
METAR	Aviation Routine Weather Report
MIL-DTL	Military Detail Specification
MSL	Mean Sea Level
NOSIG	No Significant Change
PART-FCL	Part Flight Crew Licensing
PPL	Private Pilot License
PROB30	Probability 30 Percent
Q	Kennung für QNH in Hektopascal
QFE	Luftdruck in Flugplatzhöhe (oder an der Pistenschwelle)
QNH	Höhenmesser-Skaleneinstellung, um bei der Landung die Flugplatzhöhe zu erhalten
RCC	Rescue Coordination Center
REM	Raster Elektronen Mikroskop
RWY	Runway
SCT	Scattered (3/8-4/8)
SEP	Single Engine Piston
SHRA	Showers of Rain
SUB/ZLF	Sicherheitsuntersuchungsstelle des Bundes, Bereich Zivilluftfahrt
T	Temperature
TDZ	Touch Down Zone
TEMPO	Temporary Fluctuations
TMG	Touring Motor Glider
TN	Temperature Minimum
TODA	Takeoff Distance Available
TORA	Takeoff Run Available
TREND	Trend Forecast Two Hours from Time of Observation
TX	Temperature Maximum
ü.d.M.	Über dem Meer
UTC	Universal Time Coordinated
VDL	Korrektur für eingeschränkte Sehschärfe in der Ferne
VIS	Visibility
VRB	Variable
WGS84	World Geodetic System 1984
Z	Zulu-Time

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1:	Verunfalltes Luftfahrzeug in Endlage – Quelle: Flughafen Innsbruck	11
Abb. 2:	Seilführung rechts ohne Seil. Scheuerstellen des rechten Steuerseils – Quelle: SUB	12
Abb. 3:	Seilführung links mit Seil – Quelle: SUB	12
Abb. 4:	Auszug aus dem Service Manual Extra 200 – Quelle: EXTRA	18
Abb. 5:	Bruchenden der Seilstücke 1 (links unten) und 2 (rechts oben) vom Schadensseil und die Teile der zerlegten Seilführungsöse – Quelle: TVFA	24
Abb. 6:	Skizze zu den Seilstücken 1 und 2 mit den Bruchenden und einem Seilstück 3. Die Skizze ist nicht maßstäblich. S1a, S1b Abschnitte vom Seilstück 1, SSt1, SSt2, SSt3, SSt4 Seilstellen mit mechanischer Beschädigung, B1, B2 Bruchenden, E1, E3 geschnittene Enden. – Quelle: TVFA	25
Abb. 7:	Wischprobe vom Schmierzustand an der Seiloberfläche – Quelle: TVFA	26
Abb. 8:	Schadensstelle SSt1 im Seilabschnitt S1a. Die Drähte der Außenlitzen sind durch Berührung mit einer Seilführungsöse einseitig massiv abgescheuert. Lokal ist etwa der halbe Querschnitt der Außendrähte betroffen. – Quelle: TVFA	26
Abb. 9:	Detail aus Abb. 8 – Quelle: TVFA	26
Abb. 10:	Schadensstelle SSt2 im Seilabschnitt S1b. Drähte von zwei Außenlitzen sind einseitig leicht abgescheuert. – Quelle: TVFA	27
Abb. 11:	Schadensstelle SSt3 im Seilabschnitt S3. Drähte von allen 6 Außenlitzen sind verlaufend einseitig abgescheuert. – Quelle: TVFA	27
Abb. 12:	Schadensstelle SSt4 im Seilabschnitt S3. Drähte von 3 bis 4 Außenlitzen sind verlaufend einseitig abgescheuert. – Quelle: TVFA	27
Abb. 13:	Seilstück S2, Bruchende B2. Das Ende ist eingedreht und wenig aufgedrösel. Es stehen nur Einzeldrähte aus dem Seilverband. – Quelle: TVFA	27
Abb. 14:	Detail aus Bild 9, Seilstück S2, nahe Bruchende B2. Die Außendrähte von allen Litzen sind einseitig abgescheuert. Das Ausmaß der Schädigung nimmt zum Bruchende hin zu. – Quelle: TVFA	28
Abb. 15:	Seilstück S2, Bruchende B2. Durch Bewegen der Drahtenden an der Bruchstelle B2 sind einzelne Drahtstücke aus dem Seilverband gefallen. Sie sind etwa eine Schlaglänge lang und haben spitz zulaufende Enden. – Quelle: TVFA	28
Abb. 16:	Zusammengelegte Bruchenden, links Bruchende B2, rechts Bruchende B1. Die Kernlitze ist ca. 3 cm – 4 cm hinter der Bruchstelle der Außenlitzen gerissen und über ca. 6 cm aufgedrösel. – Quelle: TVFA	28
Abb. 17:	Bruchende B1, Enden von den aus dem Seilverband gedrehten Litzen, die im Zuge der Befundaufnahme wieder eingefügt wurden. An der Bruchstelle einer Litze ist deutlich zu sehen, dass mehrere Drahtenden zurückgestoßen und aus dem Litzenverband gebogen wurden. – Quelle: TVFA	29
Abb. 18:	Bruchende B1, Entnahme des Besens für nachfolgende Untersuchungen im Lichtmikroskop und im REM. – Quelle: TVFA	29
Abb. 19:	Bruchende B1, Aufnahme einer Scheuerstelle nahe der Bruchstelle mit noch nicht vollständig durchgescheuerten Drähten. – Quelle: TVFA	29
Abb. 20:	Bruchende B1, Aufnahme einer Litze bei der die Außendrähte vollständig durchgescheuert und möglicherweise auch schon die Innendrähte verletzt wurden. – Quelle: TVFA	30
Abb. 21:	Bruchende B1, Aufnahme der Bruchstelle von der Kernlitze. Alle sichtbaren Querschnitte zeigen einen Gewaltbruch in Form von Brüchen mit Einschnürkegeln bzw. schräg liegenden Schubbruchflächen. – Quelle: TVFA	30
Abb. 22:	Bruchende B1, Aufnahme einer Litze bei der die Außendrähte vollständig durchgescheuert sind. – Quelle: TVFA	31
Abb. 23:	Detail aus Bild 18, Bruchende B1. Die Flächen der Abtragungen sind sehr glatt, zeigen aber noch, dass die Abnutzung in Längsrichtung der Drähte erfolgte. – Quelle: TVFA	31
Abb. 24:	Bruchende B1, vollständig durchgescheuerte Außendrähte einer Litze. – Quelle: TVFA	32

- Abb. 25:** Bruchende B1, Aufnahme einer Drahtbruchstelle. Neben durchgescheuerten Außendrähten ist ein Innendraht zu sehen, der im Gewaltbruch mit Einschnürkegel getrennt wurde. –
Quelle: TVFA 32
- Abb. 26:** Bruchende B1, Aufnahme von einer Stelle, die hinter dem eigentlichen Bruchende der Litze (befindet sich außerhalb des oberen Bildrandes) liegt. Es ist zu sehen, dass ein Draht ein zweites Mal durchtrennt ist. – Quelle: TVFA 33
- Abb. 27:** Führungsteile der Seilführungsöse von der Bruchstelle. Es sind keine außergewöhnlichen Schäden sichtbar. An den Oberflächen in den Einlaufbereichen ist zu erkennen, dass Drahtenden gestochert haben. Minimale Scheuerspuren sind auch im Seilkanal vorhanden. – Quelle: TVFA 33
- Abb. 28:** Linkes Steuerseil – Quelle: TVFA 34
- Abb. 29:** Kappstück 1 nach erfolgtem Testbruch in der freien Länge. – Quelle: TVFA 34
- Abb. 30:** Kappstück 2 nach erfolgtem Testbruch an der Schadensstelle SSt1 in der freien Länge. –
Quelle: TVFA 35
- Abb. 31:** Kappstück 2 nach erfolgtem Testbruch, Aufnahme vom Bereich der Verpressung. – Quelle:
TVFA 35

Vorbemerkungen

Untersuchungsbericht

Die Sicherheitsuntersuchung erfolgt in Übereinstimmung mit der Verordnung (EU) Nr. 996/2010 und dem Unfalluntersuchungsgesetz, BGBl. I Nr. 123/2005 idgF.

Das einzige Ziel der Sicherheitsuntersuchung ist die Verhütung künftiger Unfälle oder Störungen, ohne eine Schuld oder Haftung festzustellen.

Wenn nicht anders angegeben sind Sicherheitsempfehlungen an jene Stellen gerichtet, welche die Sicherheitsempfehlungen in geeignete Maßnahmen umsetzen können. Die Entscheidung über die Umsetzung von Sicherheitsempfehlungen liegt bei diesen Stellen.

Zur Wahrung der Anonymität aller an dem Unfall, schweren Störung oder Störung beteiligten natürlichen oder juristischen Personen unterliegt der Untersuchungsbericht inhaltlichen Einschränkungen.

Bei den verwendeten personenbezogenen Bezeichnungen gilt die gewählte Form für beide Geschlechter.

Alle in diesem Bericht angegebenen Zeiten sind in UTC angegeben (Lokalzeit = UTC + 2 Stunden).

Hinweis

Dieser Untersuchungsbericht sowie andere zur Verfügung gestellte Unterlagen sind vertraulich zu behandeln und dürfen ohne ausdrückliche Genehmigung der Sicherheitsuntersuchungsstelle des Bundes, weder kopiert, verteilt, veröffentlicht oder Dritten in anderer Weise zugänglich gemacht werden.

Der Umfang der Sicherheitsuntersuchung und das bei Durchführung der Sicherheitsuntersuchung anzuwendende Verfahren werden von der Sicherheitsuntersuchungsstelle des Bundes nach Maßgabe der Erkenntnisse, die sie zur Verbesserung der Flugsicherheit aus der Untersuchung gewinnen will, festgelegt. Verordnung (EU) Nr.996/2010 Art. 5

Die Ermittlung der Ursachen impliziert nicht die Feststellung einer Schuld oder einer administrativen, zivilrechtlichen oder strafrechtlichen Haftung. Verordnung (EU) Nr.996/2010 Art. 2

Hinweis zu abgebildeten Personen:

Auf in diesem Bericht eingebundenen Darstellungen der Gegenstände und Örtlichkeiten (Fotos) sind eventuell unbeteiligte, unfallerhebende oder organisatorisch tätige Personen und Einsatzkräfte zu sehen und gegebenenfalls anonymisiert. Da die Farben der Kleidung dieser Personen (z.B. Leuchtfarben von Warnwesten) möglicherweise von der Aussage der Darstellungen ablenken können, wurden diese bei Bedarf digital retuschiert (z.B. ausgegraut).

Kontakt

Sicherheitsuntersuchungsstelle des Bundes

1210 Wien, Trauzlgasse 1

Fax: +43 (0) 1 71162-6569299

Telefon: +43 (0) 1 71162-659208

Email: fus@bmvit.gv.at

Homepage: <https://www.bmvit.gv.at>

Einleitung

- Luftfahrzeughersteller: Extra Flugzeugproduktions- und Vertriebs GmbH
Schwarze Heide 21, 46569, Hünxe, BRD
- Modelbezeichnung: EA-300/200
- Staatszugehörigkeit: Bundesrepublik Deutschland
- Luftfahrzeughalter: Privat
- Unfallort: Flughafen Innsbruck/Tirol/Österreich, LOWI
- Koordinaten (WGS 84): N 47° 15' 37", O 011° 20' 38"
- Ortshöhe über Meer: 581 m (1907 ft)
- Datum und Zeitpunkt: 31. Mai 2014, 10:10 Uhr
- Lichtverhältnisse: Tag

Der Bereitschaftsdienst der Sicherheitsuntersuchungsstelle des Bundes Bereich Zivilluftfahrt wurde am 31.Mai 2014 um 10:25 Uhr von der Such- und Rettungszentrale der Austro Control GmbH über den Vorfall informiert. Gemäß Art. 5 Abs. 1 der Verordnung (EU) Nr. 996/2010 wurde eine Sicherheitsuntersuchung des Unfalles eingeleitet.

Gemäß Art. 9 Abs. 2 der Verordnung (EU) Nr. 996/2010 wurden die beteiligten Staaten über den Unfall unterrichtet:

- Herstellerstaat: Bundesrepublik Deutschland
- Sonstige Staaten: Vereinigte Staaten von Amerika

1 Tatsachenermittlung

1.1 Ereignisse und Flugverlauf

Der Flugverlauf und der Unfallhergang wurden aufgrund der Aussagen des Piloten, in Verbindung mit den Erhebungen der Polizei und der Mitarbeiter der Sicherheitsuntersuchungsstelle des Bundes Bereich Zivilluftfahrt wie folgt rekonstruiert:

Am Unfalltag um 09:37 Uhr startete der Pilot mit seinem Luftfahrzeug vom Flughafen Innsbruck zu einem Kunstflug-Trainingsflug. Während des Fluges meldete der Pilot bei Innsbruck Turm Ruderprobleme, möglicherweise ein gerissenes Steuerseil der rechten Seitenrudernanlenkung und äußerte die Befürchtung, das Luftfahrzeug bei der Landung nicht auf der Piste halten zu können. Die Flughafenfeuerwehr wurde alarmiert und die Landebereitschaft wurde hergestellt. Nach dem Aufsetzen auf Piste 08 des Flughafens Innsbruck um 10:10 Uhr konnte das Luftfahrzeug nicht auf der Piste zum Anhalten gebracht werden und kam nach links über den Pistenrand ab. Das Luftfahrzeug kam im nördlichen Sicherheitsstreifen zum Stehen nachdem der rechte Fahrwerksbügel gebrochen war. Die Erstversorgung des (letztendlich unverletzten) Piloten durch Sanitätswache Flughafen wurde veranlasst. Nach Rücksprache mit der Such- und Rettungszentrale der Austro Control GmbH (RCC) wurde um 10:35 Uhr mit der Bergung des Luftfahrzeuges begonnen. Es wurde in einen Hangar verbracht. Der Flughafen Innsbruck war für 53 Minuten gesperrt.

1.2 Personenschäden

Verletzungen	Besatzung	Passagiere	Andere
Tödliche	-	-	-
Schwere	-	-	-
Keine	1	-	-

1.3 Schaden am Luftfahrzeug

Das rechte Fahrwerksfederbein war abgeknickt, die rechte Flügelunterseite war beschädigt, der „Siding Level device“ an der rechten Tragflächenspitze war gebrochen. Das rechte Seitenrudersteuerseil war im Bereich der hinteren Führung im Rumpf gerissen.

1.4 Andere Schäden

Es entstand geringer Flurschaden im Sicherheitsstreifen. Das Pistenrandfeuer # 47 war im Zuge des Feuerwehreinsatzes überfahren worden.

1.5 Besatzung

Pilot

- Alter / Geschlecht: 50 Jahre, männlich
- Art des Zivilluftfahrerscheines: Privatpilotenschein, Part-FCL PPL(A)
- Berechtigungen: SEP(land), TMG, Aerobatic, Sailplane Towing, Night(A)
- Instrumentenflugberechtigung: Ja
- Lehrberechtigung: FI(A), PPL, SEP(land), TMG,PPL, FI, Aerobatic, Sailplane Towing, Night
- Sonstige Berechtigungen: Keine
- Gültigkeit: Am Unfalltag gültig
- Überprüfungen (Checks)
- Medical check: Klasse 2. Am Unfalltag gültig, VDL.
- Flugerfahrung (inkl. Unfallflug)
- Gesamt: 1971:51 h bei 5289 Starts
- Davon in den letzten 90 Tagen: 30:11 h bei 56 Starts
- Davon in den letzten 24 Stunden: 1:27 h bei 2 Starts
- Auf dem Unfallmuster gesamt: 180:13 h bei 391 Starts
- Davon in den letzten 90 Tagen: 12:59 h bei 24 Starts
- Flugdienst am Unfalltag
- Flugzeit: 0:46 h

1.6 Luftfahrzeug

Das Luftfahrzeug EXTRA 300/200 ist ein zweisitziger (Tandemanordnung) Mitteldecker mit konventionellem starrem Fahrwerk mit Glasfaser-Federbeinen und über die Seitenrudersteuerung steuerbarem Spornrad. Die Rumpfverkleidung besteht aus Glasfaser-Kohlefaser-Hybrid Material, die Rumpfstruktur ist eine Stahlrohrkonstruktion. Die Flügel bestehen aus Kohlefasern mit integriertem Tank. Die Gesamttankkapazität beträgt 122 l. Die hinteren Ruderpedale sind verstellbar und mit Differenzial-Fußspitzenbremsen ausgestattet. Der 4-Zylinder-Lycoming-Motor leistet max. 200 PS. Das Luftfahrzeug ist mit einem 3-Blatt-Verstellpropeller ausgestattet. Die Flügelspannweite beträgt 7,5 m, die Gesamtlänge des Luftfahrzeuges beträgt 6,5 m. Das maximal zulässige Abfluggewicht für die Normal-Kategorie beträgt 840 kg, für Kunstflug mit einem Piloten beträgt es 700 kg. Der Pilot gab als Abflugmasse 698,6 kg an.

- Hersteller: Extra Flugzeugproduktions- und Vertriebs GmbH
Schwarze Heide 21, 46569, Hünxe, BRD
- Werknummer / Baujahr: XXXX / 2006
- Gesamtbetriebsstunden: 270:03 h
- Betriebszyklen: 589
- Triebwerk
- Type: AEIO-360-A1E, 200 PS, 4 Zylinder
- Hersteller: Lycoming

Luftfahrzeugdokumente:

- Eintragungsschein Nr. 38090, ausgestellt am 06. März 2012
- Lufttüchtigkeitszeugnis, ausgestellt am 06. März 2012, Kategorien Normal- und Kunstflugzeug
- Nachprüfbescheinigung, ausgestellt am 21. Mai 2014, gültig bis 20. Mai 2015
- Lärmschutzzeugnis, ausgestellt am 06. März 2012
- Bewilligung für eine Luftfahrzeugfunkstelle, ausgestellt am 24.07.2012 von Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahn, gültig vom 24.07.2012 bis 28.02.2022.
- Nachweis der gesetzlich vorgeschriebenen Versicherungen: Catlin GmbH Köln, Pol.Nr. xxxx-xxxxxx/x, gültig vom 20.06.2013 bis 20.06.2014.

Das Luftfahrzeug wurde am 21.05.2014 zur 50 Stunden Kontrolle zu einem Part-145 Werftbetrieb an einem Flugplatz in Österreich geflogen. Laut Work Report wurde neben der 50 Stunden Kontrolle auch die gesamte elektronische Ausrüstung inklusive Transponderanlage sowie die statische Druck- und Höhenmesseranlage geprüft, die entsprechenden Prüfberichte lagen vor. Die 50 Stunden Kontrolle wurde anhand des Service Manuals EXTRA 200, Chapter 5 / 05-20-03 Seiten 10 bis 23, durchgeführt. Die einzelnen durchzuführenden Arbeiten waren in der Spalte „each 50 hours“ paraphiert.

Der Aufenthalt auf diesem Flugplatz von Landung bis Start betrug lt. Bordbuch 03:07 Stunden.

Die Flugplatzbetriebsleitung gab an: Landezeit 06:14 Uhr, Startzeit 09:12 Uhr. Das ergibt eine Bodenzeit von 02:58 Stunden. Der Luftfahrzeughersteller veranschlagt für eine 50 Stunden Kontrolle dieses Luftfahrzeugtyps unverbindlich ca. 1,5 Manntage. Laut Wartungsbetrieb wurde unter anderem eine Seilkontrolle in Form einer Wischprobe mit Tuch ohne Beanstandung durchgeführt. Die Prüfung der Lufttüchtigkeit wurde vom Wartungsbetrieb im Bordbuch des Luftfahrzeuges bei einer Gesamtbetriebszeit von 264:30 Stunden und 577 Landungen am 21.05.2014 bestätigt. (Aircraft certificate of release to service and maintenance statement). Der Unfall ereignete sich bei einer Gesamtflugzeit von 270:03 Stunden. Der Unfallflug war im Bordbuch mit 10:20 Uhr als Landezeit und einer Flugzeit von 0:40 Stunden bei einer Gesamtflugzeit von 270:03 Stunden eingetragen. Im Bordbuch waren Flüge überwiegend als Kunstflüge (Acro) eingetragen.

1.7 Flugwetter

1.7.1 Wettervorhersage

INNSBRUCK-FLUGHAFEN

FTLOWI 310515Z 3106/0106 08003KT 9999 FEW020 SCT035 BKN060 TX18/3112Z TN09/0103Z BECMG 3106/3108 FEW030 SCT060 TEMPO 3112/3118 09008KT PROB30 TEMPO 3115/3119 SHRA SCT050 BKN080 BECMG 3119/3121 SCT035 BKN050=

1.7.2 Aktuelle Wetterbedingungen

INNSBRUCK-FLUGHAFEN

SXOS54 LOWI 310950

MET REPORT LOWI 310950Z

WIND RWY 08 TDZ VRB8KT RWY 26 TDZ VRB3KT VIS 45KM CLD FEW 4500FT

T 15 DP 6 QNH 1019HPA 3010INS QFE 951HPA QFE RWY 26 951HPA AD TREND NOSIG=

SXOS54 LOWI 311020

MET REPORT LOWI 311020Z

WIND RWY 08 TDZ VRB BTN 050/ AND 200/7KT RWY 26 TDZ VRB BTN 350/ AND 120/9KT VIS 50KM

CLD FEW 4500FT T 15 DP 5 QNH 1019HPA 3010INS QFE 951HPA QFE RWY 26 951HPA AD TREND NOSIG=

SAOS31 LOWM 310950

METAR LOWI 310950Z VRB03KT 9999 FEW045 15/06 Q1019 NOSIG=

SAOS31 LOWM 311020

METAR LOWI 311020Z 05006KT 350V120 9999 FEW045 15/05 Q1019 NOSIG=

Der Pilot gab an: Wind 070/10, Sicht mehr als 10 km, Temperatur 19° C, QNH 1019

1.7.3 Astronomische Angaben

Natürliche Lichtverhältnisse: Tageslicht

Sonnenstand: Azimut: 148° Höhe: 62°

1.8 Navigationshilfen

Entfällt.

1.9 Flugfernmeldedienste

Der Pilot war in Funkkontakt mit dem Flugverkehrsleiter von Innsbruck Turm. Während des Fluges meldete der Pilot Ruderprobleme. Die Flughafeneinsatzkräfte wurden durch den Flugverkehrsleiter informiert.

1.10 Flugplatz

Der Flughafen Innsbruck (LOWI) befindet sich in 581 m MSL (1907 ft MSL) und ist mit einer 45 m breiten Piste in Richtung 08/26 ausgestattet. Die Schwelle der Piste 08 befindet sich in 581,0 m ü.d.M. (1907 ft), das Pistenende in 577,0 m ü.d.M. (1894 ft), das Gefälle beträgt 0,2 %. TORA beträgt 2000 m, TODA 2000 m, ASDA 2000 m und LDA 1897 m. Entlang der Pistenränder sind 7,5 m breite befestigte Schultern. Ausmaß des Sicherheitsstreifens: 2120 x 300 m.

1.11 Flugschreiber

Für das Luftfahrzeug war das Mitführen eines Datenschreibers nicht vorgeschrieben und es wurde auch keiner mitgeführt.

1.12 Angaben über Wrack und Aufprall



Abb. 1: Verunfalltes Luftfahrzeug in Endlage – Quelle: Flughafen Innsbruck

Das Luftfahrzeug wurde vor Ort durch Mitarbeiter der Sicherheitsuntersuchungsstelle des Bundes untersucht. Der rechte Fahrwerksbügel war gebrochen, die Visier-Einrichtung an der rechten Flügelspitze war abgebrochen, die rechte Tragfläche war an der Unterseite beschädigt. Nach Demontage der oberen Rumpfabdeckung im Bereich vor dem Seitenleitwerk konnten die Seitenrudersteuerseile und deren Seilführungsösen (Fairleads) begutachtet werden. Das rechte Seitenrudersteuerseil war im Bereich der letzten Seilführungsöse bevor das Seil aus dem Rumpf zum Seitenruder geführt wird gerissen. An dieser Seilführungsöse findet eine Umlenkung des Seils statt. An der Oberfläche der aus Kunststoff gefertigten Seilführungsöse und an der Stahlrohrumpfkonstruktion war zu erkennen, dass Drahtenden gescheuert hatten.

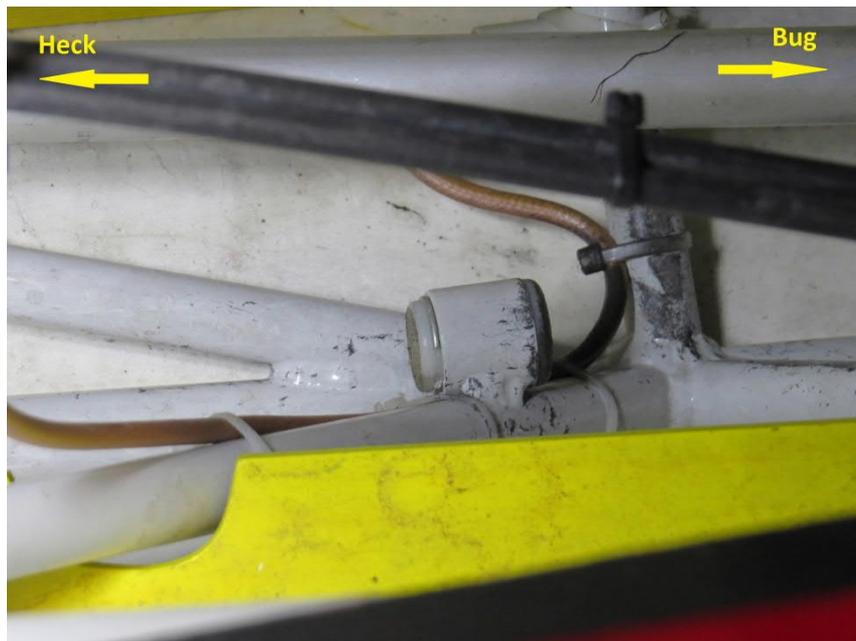


Abb. 2: Seilführung rechts ohne Seil. Scheuerstellen des rechten Steuerseils – Quelle: SUB



Abb. 3: Seilführung links mit Seil – Quelle: SUB

1.13 Medizinische und pathologische Angaben

Es gibt keinerlei Hinweise auf eine gesundheitliche Beeinträchtigung des Piloten.

1.14 Brand

Es brach kein Brand aus.

1.15 Überlebensaspekte

Der Unfall ereignete sich auf einem Internationalen Flughafen. Einsatzkräfte waren voralarmiert und unmittelbar vor Ort. Der Pilot blieb unverletzt. Der Unfall war überlebbar.

1.16 Weiterführende Untersuchungen

Untersuchung des gebrochenen, rechten Steuerseils.

Folgende Teile standen zur Untersuchung zur Verfügung (siehe auch Abb. 5):

1 Seilstück mit Gabelung vom Steuerseil Seitenruder rechts, Seilstück mit Verpressung (Seilstück 1 und Seilstück 3)

1 Seilstück mit Auge und Kunststoffschlauch vom Steuerseil Seitenruder rechts, kurzes Bruchstück.

1 Paar Halbschalen aus Kunststoff und ein Federring aus Stahl.

Es handelt sich um jene Öse, die nahe bzw. an der Bruchstelle des Seiles im Einsatz war.

Weiters stand das linke Steuerseil zur Untersuchung zur Verfügung (siehe Abb. 28).

Untersucht wurde, ob der Bruch entweder ohne vorausgehende Schäden am Seil, welche bei diversen visuellen Prüfungen entdeckt worden wären, eintrat oder Schäden vorhanden waren, aber bei der 50 Stunden Kontrolle nicht gefunden wurden.

Am Seilstück mit Bruch wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

- Befundaufnahme von der Seillänge des Schadens zur Dokumentation der Schäden hinter der Bruchstelle und zur Beurteilung des Verschleißzustandes sowie zur Auswahl von Seilstücken für Strangzugversuche.
- Durchführung von Strangzugversuchen an Abschnitten vom Seilstück 1, jeweils mit und ohne sichtbare Schäden (Scheuerstellen). Die Einspannung der Seilstücke erfolgte, soweit erforderlich, über Vergusskegel.
- Visuelle Untersuchung des Bruches, der Position und der Drahtenden mit Dokumentation und Beurteilung der makroskopischen Bruchform.
- Untersuchung ausgewählter Bruchenden im REM.

Durchführung der Untersuchung und Ergebnisse

Angaben zu den Seilen

Zum Steuerseil wurde vom Luftfahrzeughersteller angegeben, dass solche Seile gemäß den Regeln in MIL-DTL- 83420M DETAIL SPECIFICATION - WIRE ROPE, FLEXIBLE, FOR AIRCRAFT CONTROL, GENERAL SPECIFICATION FOR geprüft und zugelassen werden. Im aktuellen Fall handelt es sich um ein Seil mit Nenndurchmesser 1/8 in., ausgeführt gemäß Typ 1 (nonjacketed wire rope) und hinsichtlich Material mit Composition B (Corrosions resistant steel) benannt. Die zugehörige Herstellerbescheinigung der Firma LOOS & CO., zum Los Nr. 1167609 / Trommel Nr. 4 und weitere Datenblätter dieses Herstellers lagen in Kopie vor. Beim Seil handelt es sich um ein Rundlitzenseil mit harter Einlage, hergestellt aus Litzen mit dem Aufbau 1+6+12 Drähten, d. h. ein Seil mit dem Querschnittstyp 7 x 19. Gemäß MIL-DTL-83420M, Tabelle I, muss das Seil u. a. im neuwertigen Zustand eine Mindestbruchlast von 1760 lbs / 7,83 kN erbringen. Nach einem in diesem Regelwerk beschriebenen Ermüdungsversuch darf die Mindestbruchlast auf 60% des genannten Wertes abfallen.

Befundaufnahme Schadensseil allgemein

Die Bruchstücke vom Schadensseil und die zerlegte Seilführungsöse sind in Abb. 5 zu sehen. Die Benennung der einzelnen Seilabschnitte geht aus der Skizze in Abb. 6 hervor. Das Seilstück S1, welches die Bruchstelle B1 aufweist, hat einen 178 cm langen Teil, der in einem Strang im Luftfahrzeugumpf geführt war. Nach dieser Länge ist das Seilstück S3 mit einer Pressverbindung an das Seilstück S1 angeschlossen. Ab dieser Gabelung ist vom Seilstück S1 noch eine Länge von etwa 111 cm vorhanden. Das Seilstück S3 hat ab der Verpressung eine Länge von etwa 165 cm. Die beiden Abschnitte vom Seilstück S1 werden mit S1a und S1b unterschieden. Die äußeren Enden von den Seilstücken S1b und S3 sind Schnittenden, die beim Ausbau der Seile aus dem Luftfahrzeug hergestellt wurden. Das zweite in Abb. 6 skizzierte Bruchstück, mit Seilstück S2 bezeichnet, hat eine Länge von etwa 80 cm, weist die Bruchstelle B2 auf und ist über eine

erhebliche Länge in einem Kunststoffschlauch eingefädelt. Die Verpressungen, sowohl an der Gabelstelle beim Seilstück 1 als auch jene beim Auge vom Seilstück 2 sind mit Schrumpfschläuchen eingepackt. Diese Ummantelung betrifft auch die freien Seilenden der Stellen. Der Querschnitt des Seiles mit der Flechtformel SC + 6 (1 + 6 + 12) bzw. dem Typ 7 x 19 wurde durch Prüfung bestätigt. Das Seil ist in Kreuzschlag rechtsgängig ausgeführt (sZ). Die Kernlitze bzw. Stahleinlage ist ebenfalls nach rechts geschlagen. Deren Aufbau wurde nicht genauer untersucht.

Visuelle Untersuchung Seilstück S1a, ausgenommen die Bruchstelle

Der Seilistdurchmesser in diesem Abschnitt betrug 3,35 mm bis 3,37 mm, gemessen mit Mikrometerschraube und zwischen mitunter nur einzelnen gegenüberliegenden Litzenkuppen des Seilquerschnittes. Das Seilstück hatte in losem Zustand eine Schlaglänge von 23,1 mm, gemessen als Mittelwert über 7 hintereinander liegende Schläge. Über eine Länge von ca. 60 cm waren, ausgehend von der Bruchstelle B1, zwei benachbarte Litzen aus dem Seilverband gedreht. Die beiden Litzen ließen sich ohne Kraftaufwand wieder in den Seilverband einfügen. Mit dem Seil mitverseilt war ein gelbroter Kennfaden. Die Farben, die bei der visuellen Prüfung zu erkennen waren, wurden bei späteren Untersuchungen im Lichtmikroskop bestätigt. Die Oberfläche des Seiles war leicht geschmiert. Eine Wischprobe vom Schmierzustand auf weißem Tuch zeigt Abb. 7.

Schadensstelle SSt1

Abgesehen von der Bruchstelle war bei diesem Seilstück ca. 58 cm von der Verpressung (Gabelung) entfernt eine Scheuerstelle vorhanden. Die Abb. 8 und 9 zeigen diese Stelle. Die Drähte der Außenlitzen sind über einen etwa 2 cm langen Bereich und dann auslaufend durch Berührung mit einer Seilführungsöse einseitig massiv abgeschuert. Jeder Außendraht für sich betrachtet ist lokal etwa bis zum halben Querschnitt und mehr abgetragen. Diese Stelle wurde auch zur Nachuntersuchung im Strangzugversuch herangezogen. Eine lokale Messung des Seildurchmessers ergab einen Wert von 3,20 mm. Daraus war zu schließen, dass die Außendrahte einseitig um etwa 0,15 mm abgetragen waren. Bei einem Drahtdurchmesser von 0,21 mm ergibt das eine Abtragung um deutlich mehr als die Hälfte des Querschnittes.

Visuelle Untersuchung Seilstück S1b

In der Seillänge S1b wurden Seilistdurchmesser von 3,33 mm bis 3,36 mm mit Mikrometerschraube gemessen.

Schadensstelle SSt2

Ebenfalls ca. 58 cm von der Verpressung entfernt war auch beim Seilabschnitt S1b eine Scheuerstelle sichtbar. Abb. 10 zeigt eine Aufnahme dieser Stelle. Es waren jedoch im Wesentlichen nur zwei Litzen betroffen. Die Beschädigung ist wesentlich geringer als an der Schadensstelle SSt1. Die Abtragung erfolgte bis zu einer örtlichen Dicke von 3,27 mm.

Visuelle Untersuchung Seilstück S3

In der Seillänge S3 wurden Seilistdurchmesser von 3,33 mm bis 3,36 mm mit Mikrometerschraube gemessen. Das Seilstück hatte in losem Zustand eine Schlaglänge von 23,3 mm, gemessen als Mittelwert über 3 hintereinander liegende Schläge.

Schadensstelle SSt3

In einer Entfernung von weniger als 58 cm von der Verpressung war auch beim Seilabschnitt S3 eine Scheuerstelle vorhanden. Abb. 11 zeigt eine Aufnahme davon. Drähte von allen 6 Außenlitzen sind verlaufend abgeschuert, wobei bei den am stärksten betroffenen Litzen auch wieder ein Teil der Außendrahte um mindestens den halben Querschnitt reduziert wurde.

Schadensstelle SSt4

Eine weitere Scheuerstelle ist beim Seilstück S3 etwa 95 cm nach der Verpressung vorhanden. Abb. 12 zeigt eine Aufnahme davon. Drähte von 3 bis 4 Außenlitzen sind verlaufend einseitig abgeschuert.

Visuelle Untersuchung Seilstück S2

Abgesehen von der Bruchstelle B2 wurde dieses Seilstück keiner weiteren Untersuchung unterzogen. Da es über eine Länge von 62,5 cm durch einen Kunststoffschlauch geschützt war, wurden erst einmal keine Schäden durch Scheuern dahinter vermutet. Die Bruchstelle ist in Schlagrichtung eingedreht und nur wenig aufgedröselst (Abb. 13).

Visuelle Untersuchung der Bruchstellen

Die Abb. 13 und 14 zeigen das Bruchende B2 vom Seilstück S2. Es ist zu erkennen, dass die Außendrähte von allen Litzen offensichtlich von einer Seilführung einseitig abgescheuert sind. Das Ausmaß der Schädigung bzw. der Abtragungen nimmt zum Bruchende hin zu und ist in Summe noch deutlich größer zu schätzen als etwa an der früher schon untersuchten Scheuerstelle SSt1 vom Seilstück S1a. Durch Bewegen der Drahtenden an der Bruchstelle B2 sind einzelne Drahtstücke aus dem Seilverband gefallen. Sie sind etwa eine Schlaglänge lang und haben spitz zulaufende Enden.

Abb. 15 zeigt solche Drahtstücke. Die betreffenden Drähte wurden offensichtlich im fortschreitenden Verschleißvorgang auf einer Seite des Seiles zweimal (fast) vollkommen durchgescheuert, sodass diese schon vor dem Bruch praktisch ohne Tragvermögen lose im Seilverband lagen. An den zusammengelegten Bruchenden B1 und B2 war zu sehen, dass die Kernlitze (Stahleinlage) ca. 3 cm – 4 cm neben der Bruchstelle der Außenlitzen gerissen ist. Der ausgezogene Teil der Kernlitze war über ca. 6 cm aufgedröselst. Der aufgelöste Bereich konnte aber ohne nennenswerte Krafteinwirkung über den größeren Teil der Länge wieder zu einer einwandfreien Litze geformt werden. Der überstehende Teil der Kernlitze war in diesem Zustand leicht wellig gebogen, was zeigt, dass die Kernlitze zumindest nicht die erste Litze war, die zu Bruch ging.

An einer der beiden wieder in den Seilverband gedrehten Litzen (siehe Punkt 1.16.2.3) waren Drahtenden zurückgestoßen und aus dem Litzenverband gebogen (Abb. 17). Dies hat insofern Bedeutung, da diese Litze jene sein dürfte, an der als erste Drähte soweit durchgescheuert waren, dass sie zu Bruch gingen, aus dem Seilverband ragten und bei Seilbewegung gegen die Kunststofföse der Seilführung stießen. Der Bruchbesen von der Bruchstelle B1 wurde vom Seilstück S1a abgetrennt (Abb. 18) und für die Untersuchung im Lichtmikroskop bzw. im Rasterelektronenmikroskop (REM) vorbereitet. Es war dazu eine Reinigung durch Auswaschen mit fettlösendem Reinigungsmittel (Bremsenreiniger) erforderlich. Schon die Untersuchung im Lichtmikroskop zeigte, dass eine große Anzahl von Drähten vorhanden war, die vollständig durchgescheuert waren. Den Umständen nach handelte es sich dabei immer um Außendrähte. Innendrähte bzw. die Drähte der Kernlitze wiesen Gewaltbruch mit eindeutig charakterisierenden Merkmalen auf. Die Abb. 20 und 21 zeigen beispielhaft die Form von Bruchenden. In Abb. 19 ist eine typische Scheuerstelle an einer Litze vom Besen der Bruchstelle B1 zu sehen. Die Stelle liegt hinter der eigentlichen Bruchstelle der Litze.

Untersuchung von Drahtbruchenden im REM

Durch Untersuchung von Drahtenden und Litzenenden im REM wurde erneut bestätigt, dass viele Außendrähte der Litzen - bei untersuchten Litzen praktisch alle - an der Bruchstelle der Außenlitzen durch Abnutzung in einer Seilführungsöse vollständig durchtrennt wurden. An den Scheuerstellen war zu erkennen, dass die Abnutzung in Längsrichtung der Drähte erfolgte. Bei Kreuzschlagseilen stimmt an der Seiloberfläche die Längsrichtung der Drähte mit jener des Seiles überein, womit aufgezeigt wird, dass die relevante Abnutzung durch Bewegung des Seiles in Längsrichtung erfolgte. Die Abb. 22 bis 24 zeigen beispielhaft die Verhältnisse. Winzige Restquerschnitte an den abgenutzten Außendrähten wurden mitunter im Gewaltbruch durchtrennt. Dieser Gewaltbruch war durch die charakteristische Wabenstruktur bewiesen. Es waren keine Flächenteile vorhanden, die als Schwingbruchflächen zu bezeichnen gewesen wären. Innendrähte der Litzen und praktisch alle Drähte der Kernlitze (Stahleinlage) wiesen die Merkmale des Gewaltbruches auf, das heißt, es waren Einschnürkegel oder schräg liegende Schubbruchflächen vorhanden. Abb. 25 zeigt neben Trennstellen durch Abnutzung einen Drahtbruch mit Einschnürkegel am Beispiel eines Drahtes der Innenlage einer Außenlitze. Passend zu den Beobachtungen herausgefallener Drahtstücke wurden auch im REM Drähte gefunden, die neben der Hauptbruchstelle ein zweites Mal durchtrennt waren (z.B. Abb. 26). Bei der Untersuchung im REM wurde auch eine EDX-Analyse durchgeführt und die Massenanteile näherungsweise bestimmt, soweit dies die Verunreinigungen zuließen. Es wurde bestätigt, dass es sich um einen mit Cr (16,2%), Ni (6,0%) und Mn (1,6%) hoch legierten Stahl handelt.

Untersuchung der Teile der Seilführungsöse

Die Teile der Seilführungsöse stammen von jener Stelle, an der das Seil gerissen ist. Abb. 27 zeigt die Führungsteile in etwa 4facher Vergrößerung. Die Kunststoffschalen weisen keine außergewöhnlichen Schäden auf. An den Oberflächen in den Einlaufbereichen ist zu erkennen, dass Drahtenden gestochert haben. Minimale Kratzspuren sind auch im Seilkanal vorhanden. Das Aussehen der Führungsteile lässt erkennen, dass das Seil mit aufstehenden Drahtenden durch die Öse bewegt wurde bzw. Drahtenden an die Kunststoffteile angestoßen sind.

Steuerseil der linken Seite - visuelle Prüfung

Das nicht am Bruchgeschehen beteiligte Steuerseil der linken Seite des Luftfahrzeuges wurde ebenfalls visuell untersucht. Bei diesem Seil (Abb. 28) handelte es sich um eine mit dem Steuerseil der rechten Seite vergleichbare Seilkombination mit Verpressung im mittleren Bereich und im Bereich der Gabelung. Die Enden der Seilabschnitte waren geschnitten. Abgesehen von der Verpressung in der Mitte waren keine Armaturen vorhanden. Auf einem Teil des Seiles war ein leicht verschiebbarer Kunststoffschlauch aufgefädelt. Zur nachfolgenden Beschreibung werden die analogen Kennzeichnungen verwendet, wie sie für das Steuerseil der rechten Seite aus der Skizze in Abb. 6 hervorgehen. Um Verwechslungen zu vermeiden, wurden die Kennzeichen um den Buchstaben I (für links) ergänzt.

Längen der vorhandenen Seilabschnitte vom Steuerseil der linken Seite:

Seilstück S1a-I: 250 cm

Seilstück S1b-I: 114 cm

Seilstück S3-I: 174 cm

Mit Abstand zur Verpressung waren folgende Schadensstellen vorhanden:

Seilstück S1a-I:

- SSt1-I: 58 cm, lokal \varnothing 3,29 mm, Umgebung \varnothing 3,35 mm

- SSt2-I: 175 cm, lokal \varnothing 3,20 mm, Umgebung \varnothing 3,34 mm bis \varnothing 3,37 mm

Seilstück S1 b-I:

- SSt3-I: 58 cm, lokal \varnothing 3,29 mm, Umgebung \varnothing 3,34 mm

Seilstück S3-I

- SSt4-I: 57 cm, lokal \varnothing 3,21 mm, Umgebung \varnothing 3,34 mm bis \varnothing 3,35 mm

- SSt5-I: 97 cm, lokal \varnothing 3,29 mm, Umgebung \varnothing 3,36 mm bis \varnothing 3,37 mm

Die Schäden durch Abnutzung waren besonders auffällig an den Stellen SSt2-I und SSt4-I, wie dies auch die örtlichen Unterschiede im Seildurchmesser im Vergleich zur Umgebung zeigen. Dem Aussehen nach sind diese beiden Stellen mit der Schadensstelle SSt1 vom Steuerseil der rechten Seite vergleichbar. Zum Auffinden der Stellen wurde das jeweilige Seilstück bei schrägem Lichteinfall gedreht und nach den Spiegelungen der blank geschauerten Flächen gesucht. Die Durchmessermessung wurde hier mit Messschieber mit Anzeigenauflösung 0,01 mm vorgenommen, was sich als praktikable Methode herausstellte, da nur die Unterschiede zwischen den Werten der Umgebung und jenen an der Scheuerstelle Bedeutung haben und nicht etwa die Absolutwerte der Durchmesser. Die Messung erfolgte in losem Zustand.

Durchführung von Strangzugversuchen

Von der Seillänge S1a wurden 2 Kappstücke entnommen, um Zugversuche am ganzen Seil durchzuführen. Die Lage der Kappstücke 1 und 2 ist in der Skizze in Abb. 6 eingezeichnet. Am Kappstück 1, welches keinen Schadensbereich enthält, sollte die Bruchkraft des Seiles nach normalem Gebrauch bestimmt werden. Dieses Kappstück wurde zur Einspannung an beiden Enden mit Vergusskegel versehen. Am Kappstück 2 war im mittleren Teil die Schadensstelle SSt1 vorhanden, welche beim Schadensseil jene Stelle mit den intensivsten Abnutzungen war, abgesehen von der Bruchstelle. Bei diesem Seil wurde nur auf einer Seite ein Vergusskegel gefertigt. Auf der zweiten Seite erfolgte die Einspannung durch Klemmung der beiden Seile nach der Gabelung.

Strangzugversuch am Kappstück 1

Das Prüfstück wurde in eine servomechanische Universalprüfmaschine (SCHENCK TREBEL RM250, M-SM.002, MB 2,5 kN bis 250 kN, Kl. 1.) eingebaut und mit einer Zugkraft von 0,40 kN belastet.

In diesem Zustand wurden folgende Werte bestimmt:

Freie Einspannlänge L_c : 530 mm

Schlaglänge s : 23,8 mm,

Mittelwert aus 5 hintereinander liegenden Schlägen

Seildurchmesser d : 3,38mm (Messung mit Seilmessschieber, der eine größere Zahl von Litzenkuppen überdeckt.)

Nach dieser Messung wurde das Prüfstück langsam (2,5 mm/min) 3 mal bis auf 3,80 kN be- und wieder bis 0,40 kN entlastet. Dadurch sollte in üblicher Weise wieder ein möglichst ausgeglichener Zustand im Seil hergestellt werden. Nach dieser Belastung wurde die Zugkraft langsam (2,5 mm/min) und stetig erhöht, bis bei einer Höchstzugkraft von $F_b = 8,28$ kN der Bruch in der freien Länge eintrat. Das Seil wurde bis auf eine Außenlitze durchtrennt. An der Kernlitze ist neben der Hauptbruchstelle eine große Anzahl von Drahtbrüchen über die gesamte Länge des Seiles verteilt eingetreten. Der Querschnitt der Stahleinlage wurde auf diese Weise vielfach durchtrennt. Die eingespannte Probe nach dem Versuch zeigt die Abb. 29.

Strangzugversuch am Kappstück 2

Das Prüfstück wurde in die Universalprüfmaschine eingebaut und mit einer Zugkraft von 0,40 kN belastet.

In diesem Zustand wurden folgende Werte bestimmt:

Freie Einspannlänge L_c : 910 mm

Schlaglänge s : 23,9 mm

Mittelwert aus 5 hintereinander liegenden Schlägen.

Seildurchmesser d : 3,39mm (Messung mit Seilmessschieber, der eine größere Zahl von Litzenkuppen überdeckt.)

Um das Verhalten der Schadensstelle SSt1 bei sich ändernder Prüfkraft und einen eventuellen Schadensprozess beobachten zu können, wurde das Seilstück mehrfach steigend und fallend belastet und der Zustand dokumentiert. Folgende Zyklen wurden ausgeführt:

10 x Belastung zwischen 0,40 kN und 2,3 kN

10 x Belastung zwischen 0,40 kN und 2,3 kN

10 x Belastung zwischen 0,40 kN und 3,8kN

10 x Belastung zwischen 0,40 kN und 4,5 kN

Die Belastung erfolgte im ersten Block mit 2,5 mm/min und in der Folge mit 10 mm/min. Während der Belastung und insbesondere nach jedem Block wurde die Schadensstelle mit Hilfsmittel visuell kontrolliert und keine Veränderungen, insbesondere keine Drahtbrüche festgestellt.

Nach diesen schwellenden Belastungszyklen wurde die Zugkraft langsam (10 mm/min) und stetig erhöht, bis bei einer Höchstzugkraft von $F_b = 7,14$ kN der Bruch an der Schadensstelle SSt1 eintrat. Das Seil wurde bis auf zwei Außenlitzen durchtrennt. An der Kernlitze sind neben der Hauptbruchstelle keine weiteren sichtbaren Drahtbrüche eingetreten. Beim Bruch wurde die Hälfte der Litzen zur Verpressung zurückgeschlagen. Bei der Verpressung selbst sind keine Litzen gerissen. Beim Bruchbesen sind die Litzen etwa 15 cm aus dem Seilverband gelaufen. Die eingespannte Probe nach dem Versuch zeigen die Abb. 30 und 31.

Seilprüfung

Beurteilung der Ergebnisse der Strangzugversuche

Beim Strangzugversuch am unbeschädigten Seil wurde die in MIL-DTL-83420M, Tabelle 1, für den Seiltyp "1/8 in., Typ 1, Composition B" für den Neuzustand genannte Mindestbruchlast von $MBS = 1760$ lbs / 7,83 kN erreicht. Bei der Probe mit Schaden wurde dieser Wert um etwa 9 % vergleichsweise knapp unterschritten. Es ist jedenfalls kein Abfall der Bruchlast auf 60 % von MBS eingetreten, wie er z. B. für das Seil nach dem Dauerschwingversuch über 70.000 Zyklen im Ermüdungsversuch gemäß MIL-DTL-8342QM, Tabelle III gerade noch zulässig wäre.

Aus dem Zugkraft-Maschinenweg-Diagramm des Seiles ohne Schaden kann näherungsweise für das Kraftintervall von 1 % bis 60 % von MBS eine Längenänderung des Seiles von 6,85 mm abgelesen werden. Bezieht man diese Längenänderung auf die freie Einspannlänge von 530 mm ergibt dies einen Dehnungswert von 1,3 %. Aufgrund von kleinen Verschiebungen in den Einspannkegeln, die bei der Längenänderung mit-

gemessen wurden, ist der wirkliche Dehnungswert des Seiles für das genannte Kraftintervall eher kleiner. Die Forderung in MIL-DTL-83420M, Punkt 4.4.6, wonach dieser Dehnungswert 1,5 % nicht überschreiten darf, wurde vom Seil im aktuellen Zustand erfüllt. Es ist allerdings zu ergänzen, dass das Seil durch die Verwendung bereits in einem gewissen Umfang gereckt wurde. Es wurden keine „ruckartigen“ Belastungen wie sie im Kunstflug vorkommen simuliert.

1.17 Organisationen und deren Verfahren

EXTRA - FLUGZEUGBAU GmbH SERVICE MANUAL EXTRA 200		SCHEDULED MAINTENANCE CHECKS Maintenance Checks Schedule	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">as specified</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">each 50 hours</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">each 100 hours</div> </div>		Date:	Inspector:
		Serial No.:	Mechanic:
Inspections			
O	O	9	Check rudder cable system including sleeves, fairleads, pulleys and cable retracting springs per FAA-AC 43.13-1A.
PAGE DATE: 1. July 1996		CHAPTER 05 PAGE 17	

Abb. 4: Auszug aus dem Service Manual Extra 200 – Quelle: EXTRA

Das Service Manual gibt unter Punkt 05-10-03 „Replacement Schedule“ an, dass Rudder Control Cables und Fairleads „on Condition“ zu tauschen sind.

Das aktuelle FAA-AC ist 43.13-1B (datiert 8.Sep.1998)

Bereits am 24. Oktober 2011 veröffentlichte die Amerikanische Behörde FAA ein Special Airworthiness Information Bulletin CE-12-01 mit dem Betreff: Flight Controls: Rudder Cable Maintenance.

Am 26. Juni 2008 ereignete sich mit einem Luftfahrzeug der Type Extra 300 ein nahezu identischer Flugunfall in Südafrika. (Aktenzahl der South African Civil Aviation Authority: CA 18/2/3/8508)

„While performing aerobatics the pilot suddenly noted that the right rudder pedal was without any authority and suspected that the rudder cable might have failed.....After touch down, at approximately 40 knots the aircraft suddenly yawed to the left and veered off the runway and ground looped. As a result the right main landing gear strut was severed....”

.....“Analysis: 2.4

The aircraft had flown a total of 28.2 hours since the last Annual Inspection had been certified, which was well within the 50-hour window period allowed until the next inspection was required on the rudder cable system. The maintenance practice as per approved maintenance schedule for the aircraft could therefore not be faulted. There is, however, always the question that needs to be answered, as to whether the rudder cable system was actually physically inspected during the maintenance inspection.”...

Im Jahr 2011 führte der Luftfahrzeughersteller ein mit der EASA koordiniertes “Design Change” durch, um die rostfreien Stahlseile durch galvanisierte zu ersetzen. Diese Änderung wurde mittels Service Bulletin eingeführt. Diese Umstellung wurde laut Luftfahrzeughersteller für neu gebaute Luftfahrzeuge angewandt. Wenn Austauschseile beim Luftfahrzeughersteller geordert werden, so werden galvanisierte Seile geliefert.

1.18 Andere Angaben

Entfällt.

1.19 Nützliche und effektive Untersuchungstechniken

Entfällt.

2 Auswertung

Der Seilriss erfolgte nur 5:33 Flugstunden nach der letzten 50 Stunden Kontrolle.

Der Luftfahrzeughersteller veranschlagt für eine 50 h Kontrolle unverbindlich einen Zeitaufwand von ca. 1,5 Manntagen. Dies scheint realistisch. Diese Zeit lässt sich durch ein erfahrenes eingespieltes Zweier-Team auf 0,5 Tage, also einen Manntag reduzieren. 2:58 Stunden wie im gegenständlichen Fall bei der letzten vollständigen Kontrolle sind als unrealistisch zu bewerten. Die Steuerseile waren im eingebauten Zustand durch die Demontage des sogenannten „Turtle Neck“ gut zugänglich. Im Bereich der Führungen angescheuerte Seile hätten anlässlich der durchgeführten 50 Stunden Kontrolle erkannt werden können.

Bruchursache und Schadensablauf

Aus den Untersuchungsergebnissen ist Folgendes abzuleiten:

Die Seilführungen verursachten je nach Ablenkungswinkel und Bewegungsverhältnissen örtlichen Verschleiß an der Oberfläche des Steuerseiles. Die Verschleißzonen haben nur geringe Längserstreckung, was darauf schließen lässt, dass eine spezielle Stellung und in dieser wiederum geringe Bewegungen des Seiles in Längsrichtung für die Abnutzung maßgeblich waren. Nicht auszuschließen, dass Schwingungen in Längsrichtung des Seiles in einer bestimmten Ruderstellung eine Rolle spielten. Die Abnutzung des Seiles war an der Bruchstelle jedenfalls so groß, dass alle Außendrähte von den Außenlitzen vollkommen durchgescheuert waren. Im Zuge der Vergrößerung des Schadens standen Drahtenden aus dem Seil und scheuerten in der Führungsöse. Dabei wurden vermutlich auch Drähte im Litzenverband verschoben und zusätzliche Beanspruchungen herbeigeführt. Letztendlich gingen zwei Litzen zu Bruch und drehten sich (unterstützt durch Seilbewegungen bei Flugmanövern) nach und nach über eine längere Strecke aus dem Seilverband. Der verbleibende Querschnitt von 1 + 4 Litzen formte sich entsprechend einem neuen Zugmittelpunkt um. Die Kernlitze wurde dabei wellig gedrückt, bevor schlussendlich die örtliche Eindrehung und Abnutzung des Seiles sowie die wirkenden Kräfte ausreichten, den gesamten Restquerschnitt zu Bruch zu führen.

Abgesehen von der Abnutzung geschah der gesamte Bruch des Seiles gewaltsam. Im bruchnahen Bereich wurden bei der Untersuchung keine Ermüdungsschäden gefunden. Der Bruch bzw. die Risse der Litzen konnten erfolgen, weil einerseits eine wesentliche Schwächung des Querschnitts durch örtliche Abnutzung gegeben war und andererseits die Tragkraft des Restquerschnittes durch dessen instabilen Zustand - bei Seilen typisch – wesentlich vermindert wurde.

Im Vergleich zu jenen Verschleißstellen, die sonst noch in den Seilstücken vorhanden waren, war jene an der Bruchstelle deutlich intensiver. An den übrigen Verschleißstellen waren zwar Drahtquerschnitte abgetragen, jedoch nicht durchgescheuert. An der Bruchstelle war schon vor der Einleitung des Totalversagens mit Sicherheit eine große Zahl völlig durchtrennter Außendrähte vorhanden. Für den Zeitraum, der zwischen dem ersten Aufstehen von Drahtenden und dem Totalversagen des Seiles verstrichen ist, können keine exakten Angaben gemacht werden. An den Rahmenteilen waren Streifspuren sichtbar, die davon zeugten, dass die zuerst zu Bruch gegangenen und aus dem Seilverband gedrehten Litzen mehrfach daran vorbeibewegt wurden.

Maßnahmen

Laut Wartungsbetrieb wurde eine Seilkontrolle in Form einer Wischprobe mit Tuch mit wenig zeitlichem Abstand zum Unfall durchgeführt. Das Ergebnis führte offensichtlich zu keiner Beanstandung. Wenn z.B. die Wischprobe nur in den freien Seillängen durchgeführt wurde, ist es naheliegend, dass eventuell bereits wenig aufstehende Drahtenden, die sich im Bereich der Seilführungsösen befanden, nicht erkannt wurden. Zudem ist klar, dass die Verschleißschäden allein, auch wenn sie beinahe den gesamten Querschnitt der Außendrähte betreffen, durch Wischproben nicht erkannt werden. Erst wenn Drähte völlig durchtrennt sind und einzelne Enden zumindest minimal aus dem Seilverband ragen, ist mit einem Erfolg bei der Anwendung dieser Methode zu rechnen. Es ist aber fraglich, ob dann eine genügend große Zeitreserve bis zum Bruch gegeben ist, um ein effektives Prüfintervall ansetzen zu können. Um die Steuerseile sicher verwenden zu können, ist es daher erforderlich, neben möglichen Drahtbrüchen vor allem auch auf Verschleißstellen zu achten. Wie die Ergebnisse der Zugversuche an einem gebrauchten Seilstück ohne erkennbare Schäden und an einem Seilstück mit Verschleißschäden zeigten, können erhebliche Querschnittsanteile der Außendrähte fehlen, ohne dass die Bruchlast des Seiles außergewöhnlich abnimmt. Beim Versuchsseil mit Schäd-

den waren Abtragungen von 0,15 mm in Durchmesserichtung vorhanden. Der Wert wurde über örtliche Durchmesser-messungen mit Mikrometerschraube bestimmt. Bei den visuellen Kontrollen der Seile müssen demnach erst die relevanten Verschleißstellen identifiziert werden. Es handelt sich um Seilbereiche in den Führungsösen mit vermutlich relativ größter Seilablenkung. An den Stellen sind die Außendrähte gegebenenfalls mit optischen Hilfsmitteln und bei guten Lichtverhältnissen sowie der Nutzung von Spiegeleffekten blanker Flächen zu kontrollieren. Sollten Abnutzungen der hier untersuchten Form vorliegen, die etwa die Hälfte der Dicke der Außendrähte erreichen, so sind die Seile aus der Verwendung zu nehmen. Wichtig ist auch, dass die Zunahme des Verschleißes von Beginn an so dokumentiert wird, dass eine Abstimmung mit dem Prüfintervall möglich ist. Die Prognose für die Zunahme des Verschleißes muss die Einschätzung erlauben, dass auch bis zur nächsten Prüfung der Verschleiß die halbe Dicke der Außendrähte nicht wesentlich überschreitet, abgesehen davon, dass bis dahin keine Drähte durchgescheuert sein dürfen. Es wird empfohlen, neben der visuellen Erfassung die Durchmesser-messung mit Mikrometerschraube oder Messschieber vergleichend zwischen freier Seillänge und den relevanten Verschleißstellen durchzuführen.

Beim Steuerseil von der linken Seite wurden Schäden in Form von Scheuerstellen festgestellt, die mit der Schadensstelle SSt1 vom Steuerseil rechts vergleichbar waren und bei Anwendung der empfohlenen Kriterien die Ablagereife des Seiles ergeben hätten.

Bereits am 24. Oktober 2011 veröffentlichte die Amerikanische Behörde FAA ein Special Airworthiness Information Bulletin CE-12-01 mit dem Betreff: Flight Controls: Rudder Cable Maintenance.

Es nimmt Bezug auf die Modelle Extra EA-300/I, EA-300/LT und EA-300/LC.

Auszug:

During a scheduled 100-hour maintenance inspection on an Extra EA 300/L airplane, the rudder cable assembly, part number 50155, was found to have its rudder cable frayed where only three of the seven wire strands remained. The cable was inspected 50 hours prior and had shown no evidence of wear. This discrepancy was located on the aft-right side of the aircraft where the rudder cable protrudes out of the airframe fabric near the rear-most fairlead. Per MIL-W-834201, the cable is constructed using a 7 x 19 configuration such that 6 outer strands of 19 wires are laid around a center strand core of 19 wires. To avoid excessive bending, the cables are guided using fairleads that maintain changes in direction to less than 3 degrees.

These aircraft models use stainless steel cables in their flight control system. A general service history has shown the use of stainless steel cables in aircraft control systems results in premature wear and has been a factor in minor incidences as well as catastrophic failure.

On September 15, 2011, Extra Aircraft issued Engineering Change Order AM-300-11-27. This order states they will discontinue the use of stainless steel cables as standard equipment and will use galvanized cable in the near future.

Auch wenn dieses Special Airworthiness Information Bulletin nicht konkret für das Modell EA 300/200 gilt, so ist die Grundproblematik auch bei diesem Modell zutreffend.

Das Servicemanual – Abschnitt „Flight Controls“ Punkt „Check rudder cable systems“ bezieht sich auf das umfangreiche FAA Advisory Circular 43.13-1A mit dem Betreff: Acceptable Methods, Techniques, and Practices – Aircraft Inspection and Repair. Dieses wurde jedoch per 8. Sep. 1998 aufgehoben und durch FAA Advisory Circular 43.13-1B ersetzt. Damit bezieht sich der Luftfahrzeughersteller in seinem Servicemanual auf ein nicht mehr existierendes Dokument. Wodurch sich -1A und -1B unterscheiden, wurde nicht näher untersucht.

3 Schlussfolgerungen

3.1 Befunde

- Der Pilot führte am Unfalltag ein Kunstflugtraining durch.
- Der Pilot war im Besitz der zur Durchführung des Fluges erforderlichen Berechtigungen, die am Unfalltag gültig waren.
- Der Pilot war Halter des Luftfahrzeuges.
- Die Flug- bzw. Typenerfahrung des Piloten war ausreichend.
- Die Masse und der Schwerpunkt des Luftfahrzeuges lagen innerhalb der zulässigen Grenzen.
- Der Pilot erkannte den Riss des rechten Seitenruderseils im Flug sofort und zog die richtigen Schlüsse bezüglich der Risiken im Zuge der Landung.
- Der Pilot konnte das Luftfahrzeug nach der Landung nicht genügend beherrschen, das Luftfahrzeug kam links von der Piste ab.
- Der rechte Fahrwerksbügel brach.
- Der Pilot blieb unverletzt.
- Die letzte 50 Stunden Kontrolle des Luftfahrzeuges fand nur 5:33 Stunden Flugzeit vor dem Unfall statt.
- Die letzte 50 Stunden Kontrolle des Luftfahrzeuges wurde während einer dokumentierten Bodenzeit von nur 2:58 Stunden durchgeführt.
- Vom Luftfahrzeughersteller werden für eine 50 Stunden Kontrolle unverbindlich ca. 1,5 Manntage veranschlagt.
- Die letzte 50 Stunden Kontrolle wurde anhand des Extra Service Manuals Kapitel 5 durchgeführt und entsprechend paraphiert.
- Das Servicemanual des Luftfahrzeugherstellers bezieht sich im Punkt "Check rudder cable systems" auf ein FAA Advisory Circular dessen Gültigkeit aufgehoben und welches durch ein neueres AC ersetzt wurde.
- Ein Special Airworthiness Information Bulletin CE-12-01 mit dem Betreff: Flight Controls: Rudder Cable Maintenance wurde am 24. Oktober 2011 von der FAA veröffentlicht.
- Am 26. Juni 2008 ereignete sich mit einem Luftfahrzeug der Type Extra 300 ein nahezu identischer Flugunfall in Südafrika.
- Das gerissene Steuerseil entsprach den Vorgaben von MIL-DTL-83420M.

3.2 Wahrscheinliche Ursachen

Abkommen von der Piste nach Landung.

3.2.1 Wahrscheinliche Faktoren:

Unentdeckter Vorschaden am rechten Seitenruder-Steuerseil.
Riss des rechten Seitenruder-Steuerseils im Flug.

4 Sicherheitsempfehlungen

SE/SUB/LF/1/2018, **Ergeht an Extra Flugzeugproduktions- und Vertriebs GmbH.**

Bei einem Luftfahrzeug der Type EA 300 (Modell EA 300/200) kam es während eines Kunstflugtrainings beim Einleiten einer gerissenen Rolle zum Riss des rechten Seitenruder-Steuerseils. Die letzte 50 Stunden Kontrolle fand nur 5:33 Flugstunden vor diesem Ereignis statt.

Der Luftfahrzeughersteller Extra Flugzeugproduktions- und Vertriebs GmbH soll die Inspektionsanweisungen bzw. Inspektionsbeschreibungen in den Servicemanuals der von ihm hergestellten Luftfahrzeuge – Abschnitt „Flight Controls“ Punkt „Check rudder cable systems...per FAA-AC 43...“ zusätzlich in mehrere Punkte aufspalten und dort detailliert angeben, welche Arbeitsschritte bei der Steuerseilkontrolle zu erledigen und abzuzeichnen sind, anstatt pauschal auf ein FAA Dokument zu verweisen. Siehe Kapitel 7-149. CABLE SYSTEM INSPECTION des FAA-AC. Dabei soll auf bekannt kritische Stellen (z.B. Umlenkungen, Seilführungen) besonders hingewiesen werden.

Weiters soll der Luftfahrzeughersteller darauf achten, dass in seinen Servicemanuals der Verweis auf das aktuell gültige FAA-AC angeführt ist. (Aktuell: AC 43.13-1B)

Wien, 10.04.2018

Sicherheitsuntersuchungsstelle des Bundes

Bereich Zivilluftfahrt

Dieser Untersuchungsbericht gemäß Artikel 16 der Verordnung (EU) Nr.996/2010 wurde vom Leiter der Sicherheitsuntersuchungsstelle des Bundes nach Abschluss des Stellungnahmeverfahrens gemäß Artikel 16 der Verordnung (EU) 996/2010 in Verbindung mit § 14 Abs. 1 UUG 2005 genehmigt.

5 Konsultationsverfahren / Stellungnahmeverfahren

Gemäß Art. 16 Abs. 4 Verordnung (EU) Nr. 996/2010 hat die Sicherheitsuntersuchungsstelle des Bundes vor Veröffentlichung des Abschlussberichts Bemerkungen der betroffenen Behörden, einschließlich der EASA und des betroffenen Inhabers der Musterzulassung, des Herstellers und des betroffenen Betreibers (Halter) eingeholt.

Bei der Einholung solcher Bemerkungen hat die Sicherheitsuntersuchungsstelle des Bundes die internationalen Richtlinien und Empfehlungen für die Untersuchung von Flugunfällen und Störungen, die gemäß Artikel 37 des Abkommens von Chicago über die internationale Zivilluftfahrt angenommen wurden, eingehalten.

Gemäß § 14 Abs. 1 UUG 2005 idgF. hat die Sicherheitsuntersuchungsstelle des Bundes vor Abschluss des Untersuchungsberichts dem Halter des Luftfahrzeuges, den Hinterbliebenen bzw. Opfern Gelegenheit gegeben, sich zu den für den untersuchten Vorfall maßgeblichen Tatsachen und Schlussfolgerungen schriftlich zu äußern (Stellungnahmeverfahren).

Anhänge

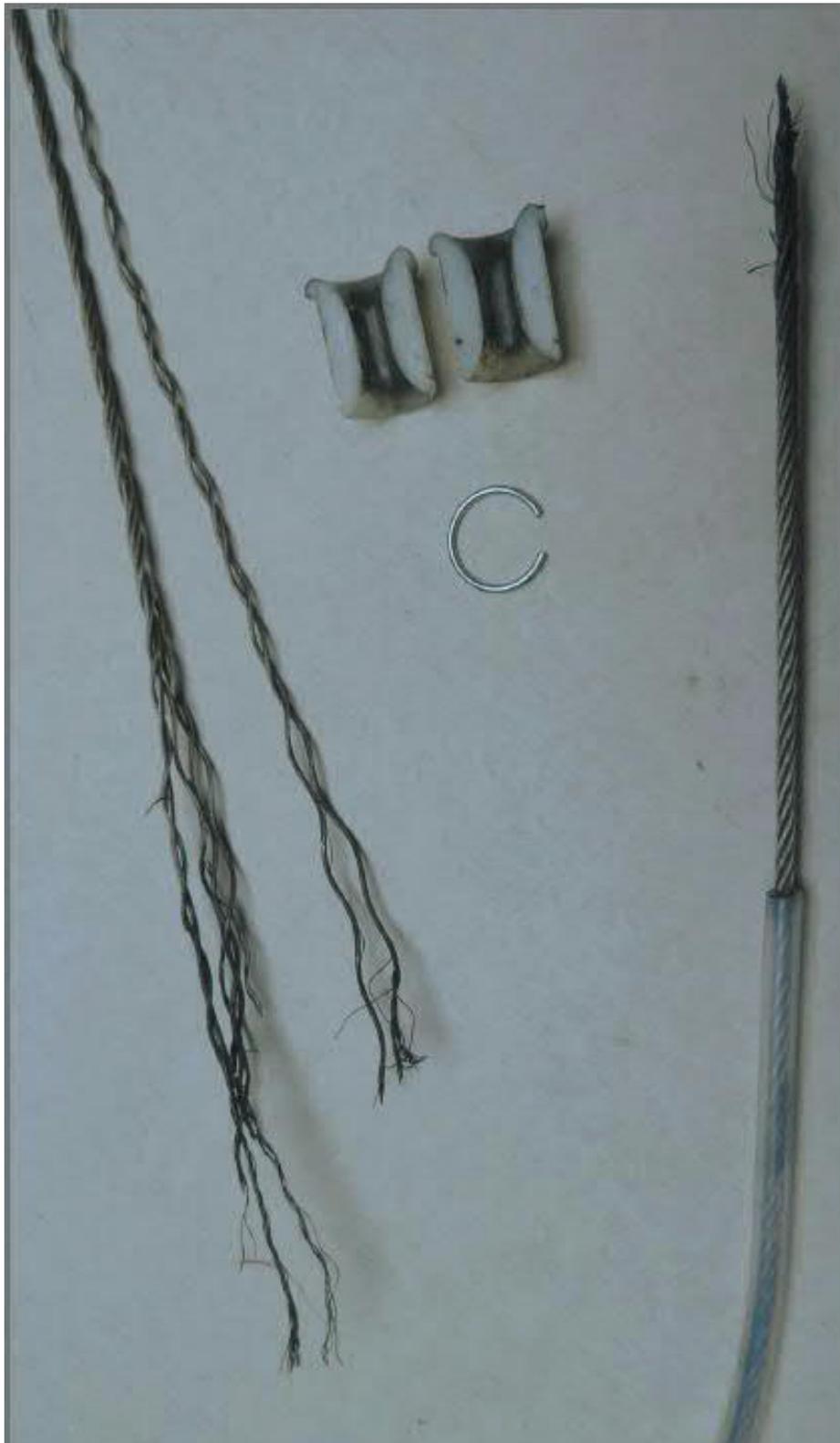


Abb. 5: Bruchenden der Seilstücke 1 (links unten) und 2 (rechts oben) vom Schadensseil und die Teile der zerlegten Seilführungsöse – Quelle: TVFA

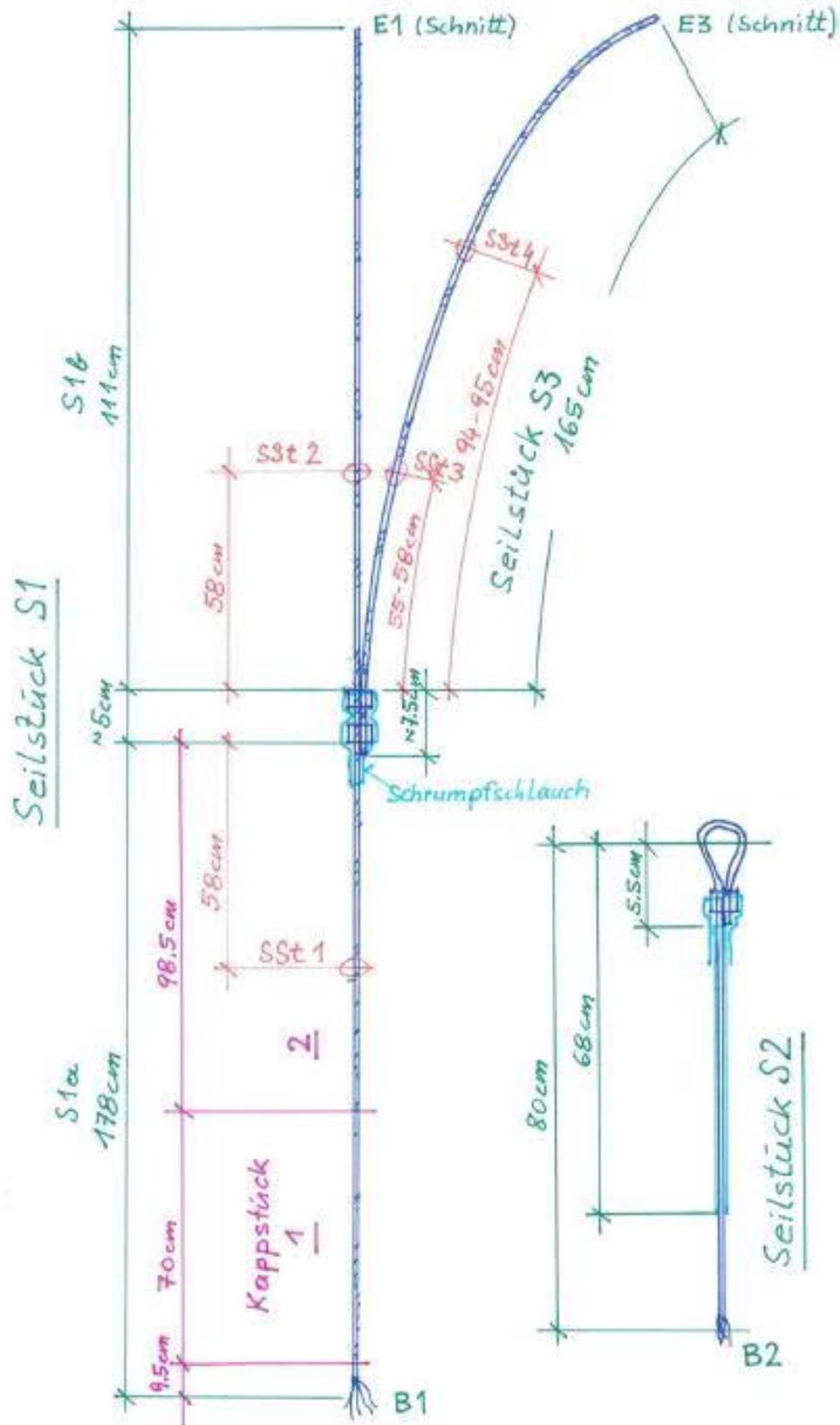


Abb. 6: Skizze zu den Seilstücken 1 und 2 mit den Bruchenden und einem Seilstück 3. Die Skizze ist nicht maßstäblich. S1a, S1b Abschnitte vom Seilstück 1, SSt1, SSt2, SSt3, SSt4 Seilstellen mit mechanischer Beschädigung, B1, B2 Bruchenden, E1, E3 geschnittene Enden. – Quelle: TVFA



Abb. 7: Wischprobe vom Schmierzustand an der Seiloberfläche – Quelle: TVFA



Abb. 8: Schadensstelle SSt1 im Seilabschnitt S1a. Die Drähte der Außenlitzen sind durch Berührung mit einer Seilführungsöse einseitig massiv abgeschleuert. Lokal ist etwa der halbe Querschnitt der Außendrähte betroffen.
– Quelle: TVFA

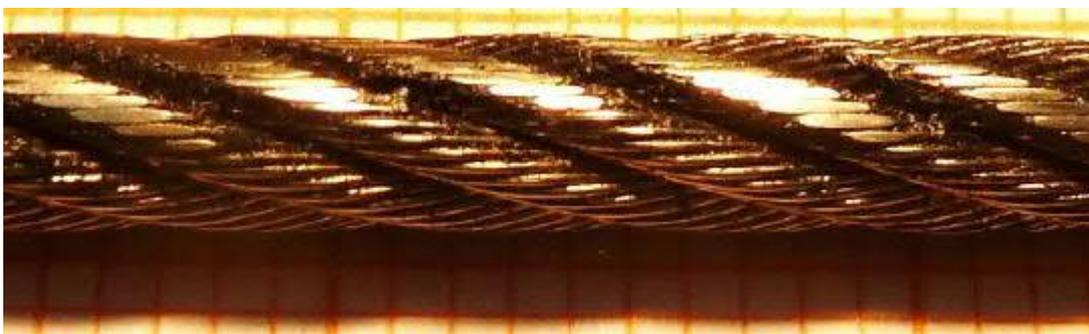


Abb. 9: Detail aus Abb. 8 – Quelle: TVFA

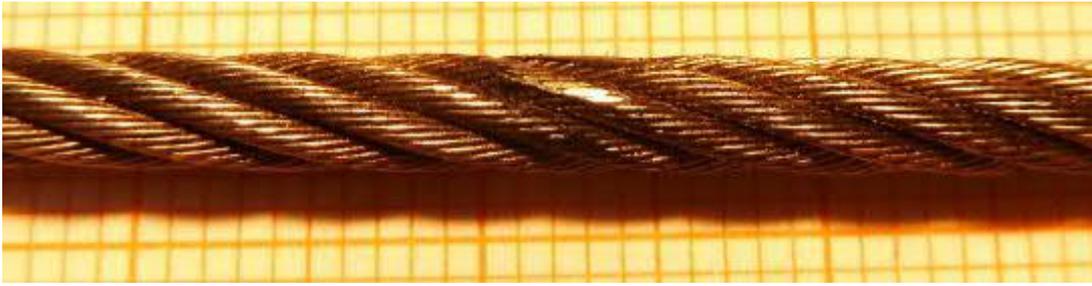


Abb. 10: Schadensstelle SSt2 im Seilabschnitt S1b. Drähte von zwei Außenlitzen sind einseitig leicht abgesehen. – Quelle: TVFA

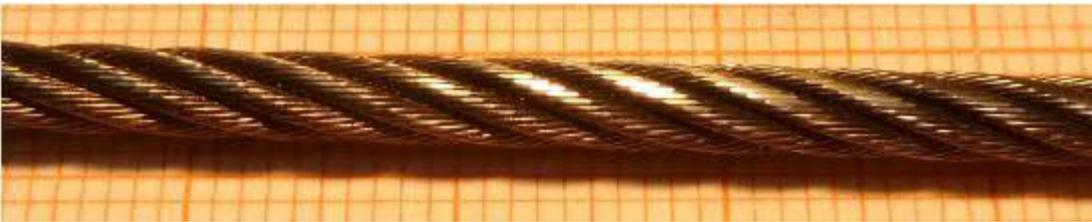


Abb. 11: Schadensstelle SSt3 im Seilabschnitt S3. Drähte von allen 6 Außenlitzen sind verlaufend einseitig abgesehen. – Quelle: TVFA

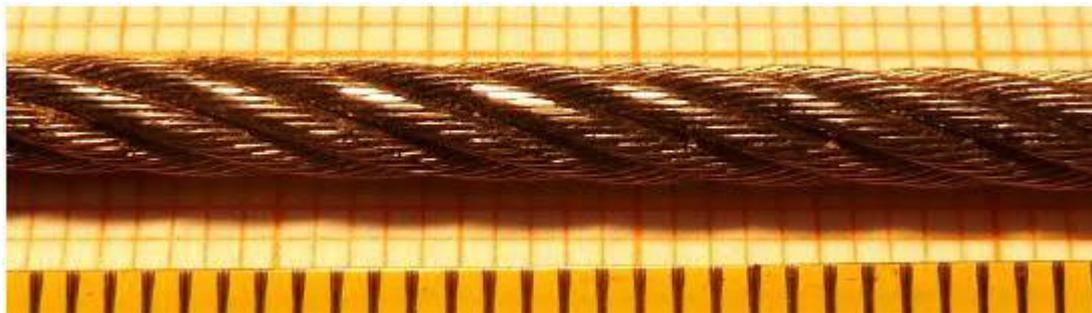


Abb. 12: Schadensstelle SSt4 im Seilabschnitt S3. Drähte von 3 bis 4 Außenlitzen sind verlaufend einseitig abgesehen. – Quelle: TVFA



Abb. 13: Seilstück S2, Bruchende B2. Das Ende ist eingedreht und wenig aufgedrösel. Es stehen nur Einzeldrähte aus dem Seilverband. – Quelle: TVFA



Abb. 14: Detail aus Bild 9, Seilstück S2, nahe Bruchende B2. Die Außendrähte von allen Litzen sind einseitig abgeschuert. Das Ausmaß der Schädigung nimmt zum Bruchende hin zu. – Quelle: TVFA

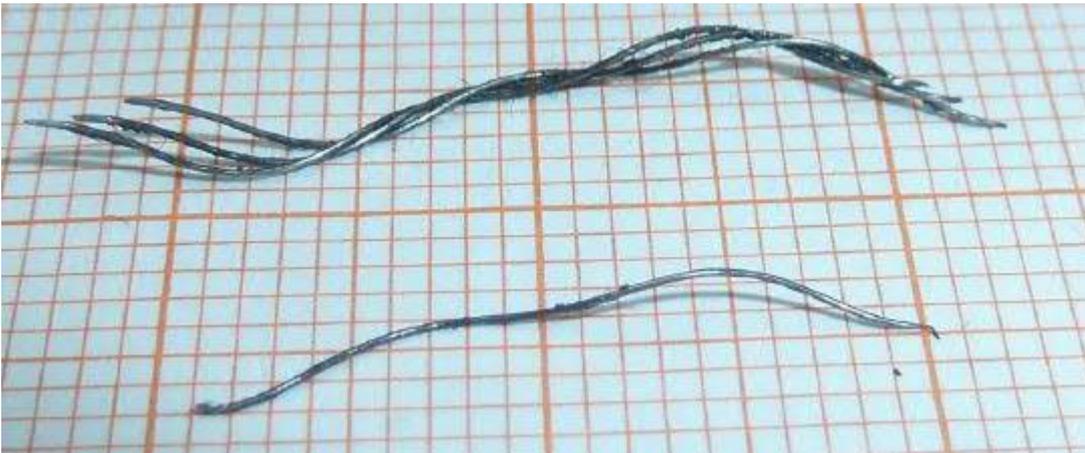


Abb. 15: Seilstück S2, Bruchende B2. Durch Bewegen der Drahtenden an der Bruchstelle B2 sind einzelne Drahtstücke aus dem Seilverband gefallen. Sie sind etwa eine Schlaglänge lang und haben spitz zulaufende Enden. – Quelle: TVFA



Abb. 16: Zusammengelegte Bruchenden, links Bruchende B2, rechts Bruchende B1. Die Kernlitze ist ca. 3 cm – 4 cm hinter der Bruchstelle der Außenlitzen gerissen und über ca. 6 cm aufgedrösel. – Quelle: TVFA

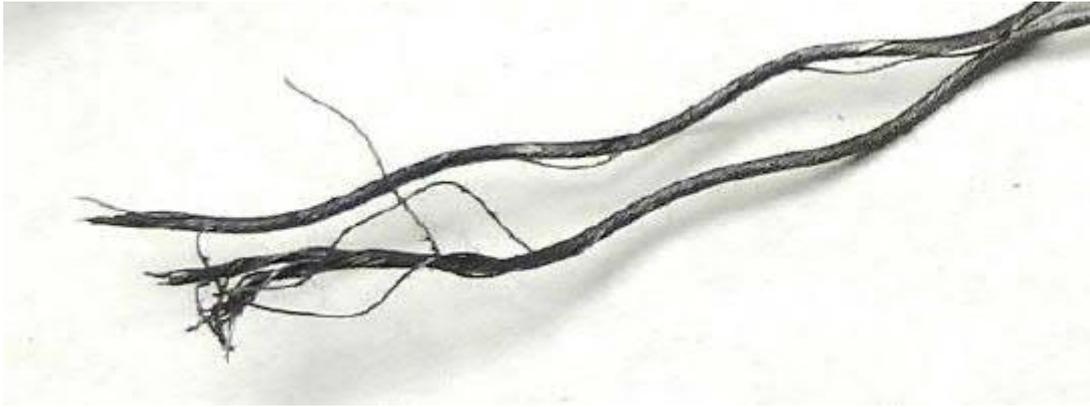


Abb. 17: Bruchende B1, Enden von den aus dem Seilverband gedrehten Litzen, die im Zuge der Befundaufnahme wieder eingefügt wurden. An der Bruchstelle einer Litze ist deutlich zu sehen, dass mehrere Drahtenden zurückgestoßen und aus dem Litzenverband gebogen wurden. – Quelle: TVFA



Abb. 18: Bruchende B1, Entnahme des Besens für nachfolgende Untersuchungen im Lichtmikroskop und im REM. – Quelle: TVFA

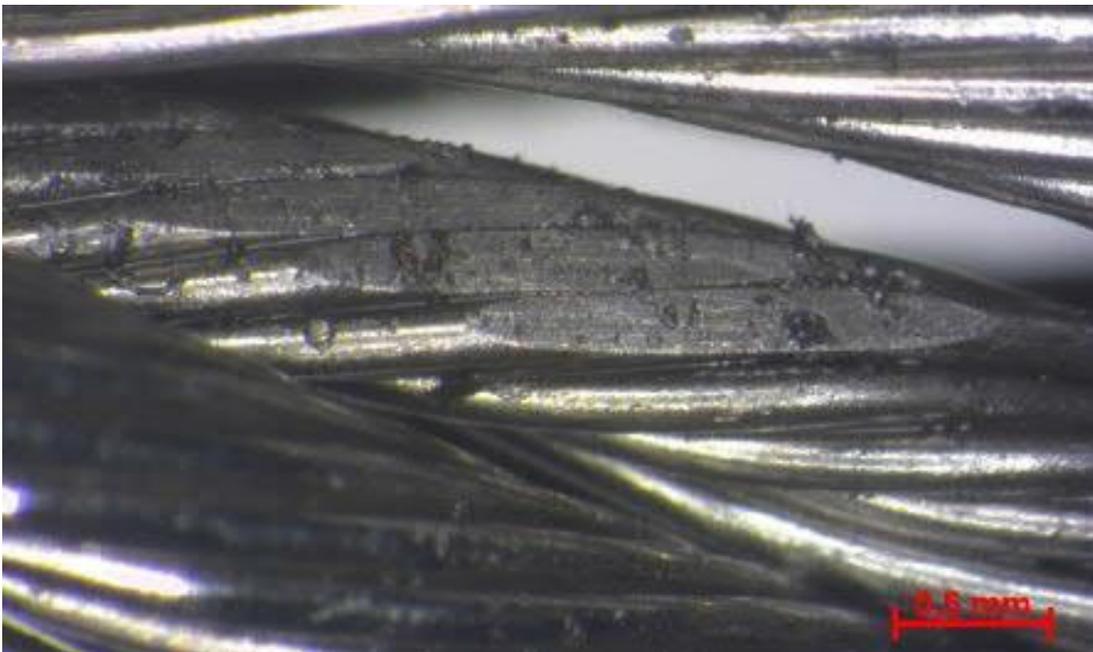


Abb. 19: Bruchende B1, Aufnahme einer Scheuerstelle nahe der Bruchstelle mit noch nicht vollständig durchgeschuerten Drähten. – Quelle: TVFA

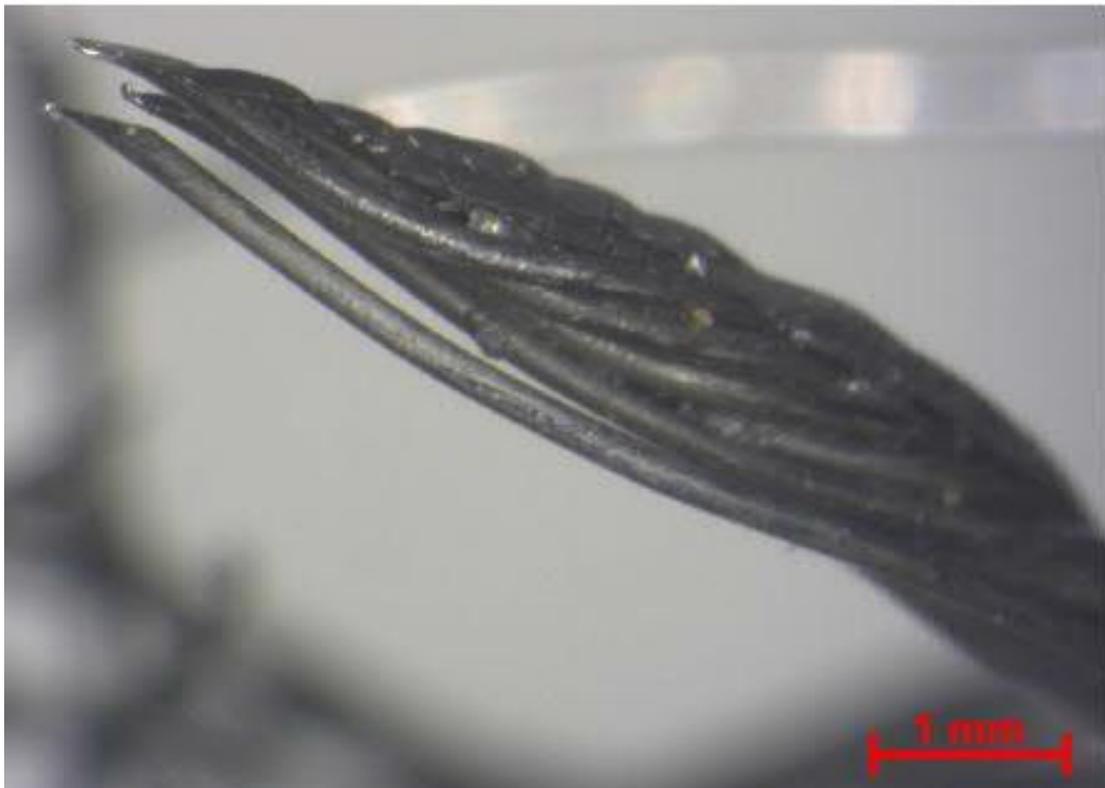


Abb. 20: Bruchende B1, Aufnahme einer Litze bei der die Außendrähte vollständig durchgescheuert und möglicherweise auch schon die Innendrähte verletzt wurden. – Quelle: TVFA



Abb. 21: Bruchende B1, Aufnahme der Bruchstelle von der Kernlitze. Alle sichtbaren Querschnitte zeigen einen Gewaltbruch in Form von Brüchen mit Einschnürkegeln bzw. schräg liegenden Schubbruchflächen. – Quelle: TVFA

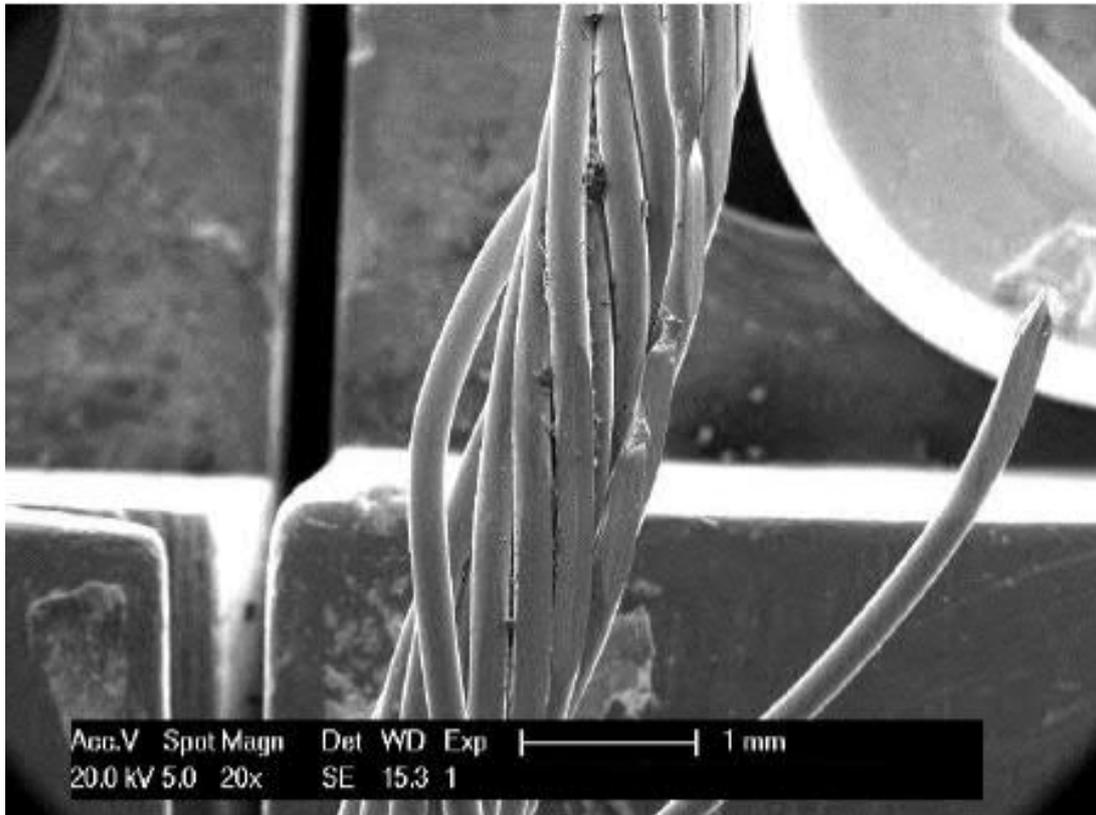


Abb. 22: Bruchende B1, Aufnahme einer Litze bei der die Außendrähte vollständig durchgescheuert sind. - Quelle: TVFA

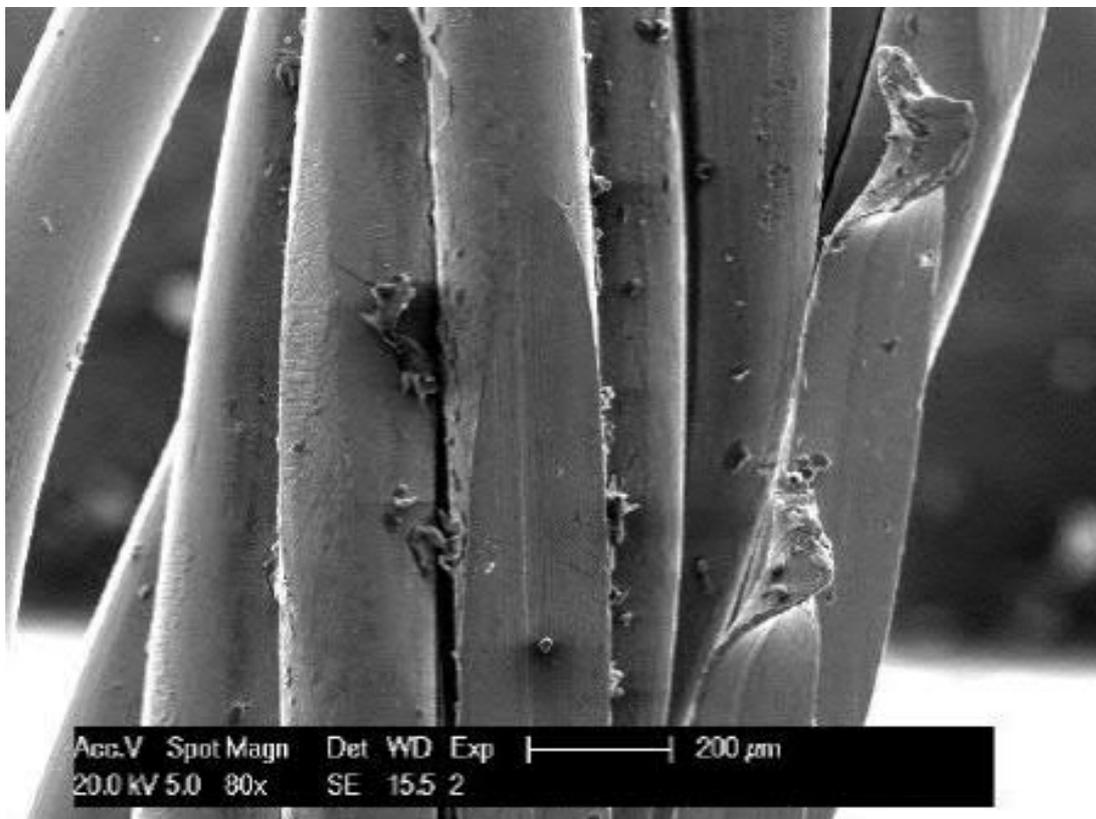


Abb. 23: Detail aus Bild 18, Bruchende B1. Die Flächen der Abtragungen sind sehr glatt, zeigen aber noch, dass die Abnutzung in Längsrichtung der Drähte erfolgte. – Quelle: TVFA

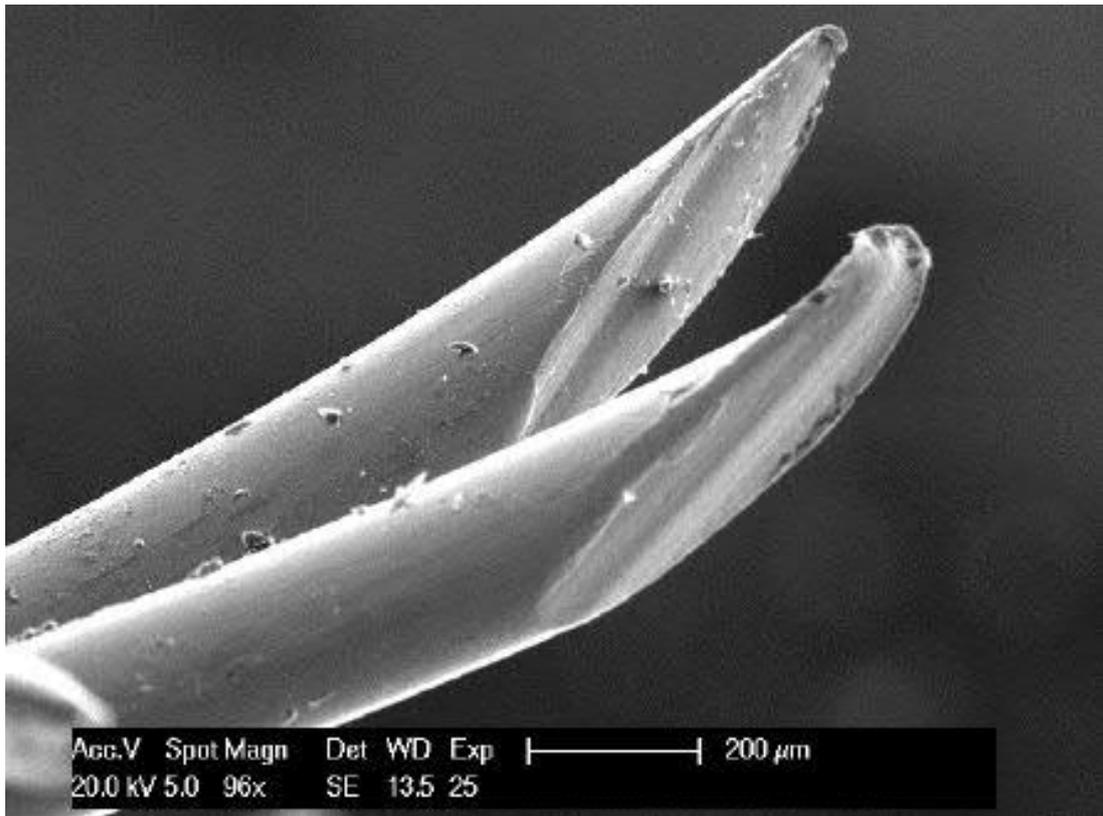


Abb. 24: Bruchende B1, vollständig durchgescheuerte Außendrähte einer Litze. – Quelle: TVFA

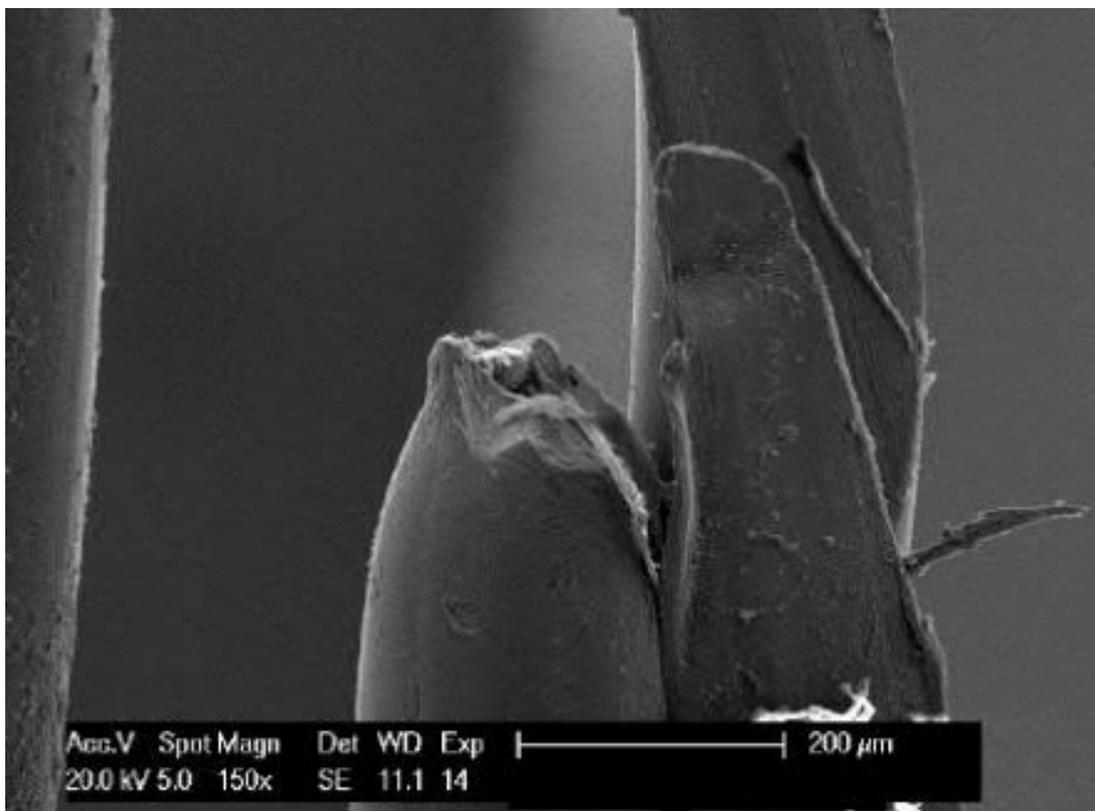


Abb. 25: Bruchende B1, Aufnahme einer Drahtbruchstelle. Neben durchgescheuerten Außendrähten ist ein Innendraht zu sehen, der im Gewaltbruch mit Einschnürkegel getrennt wurde. – Quelle: TVFA

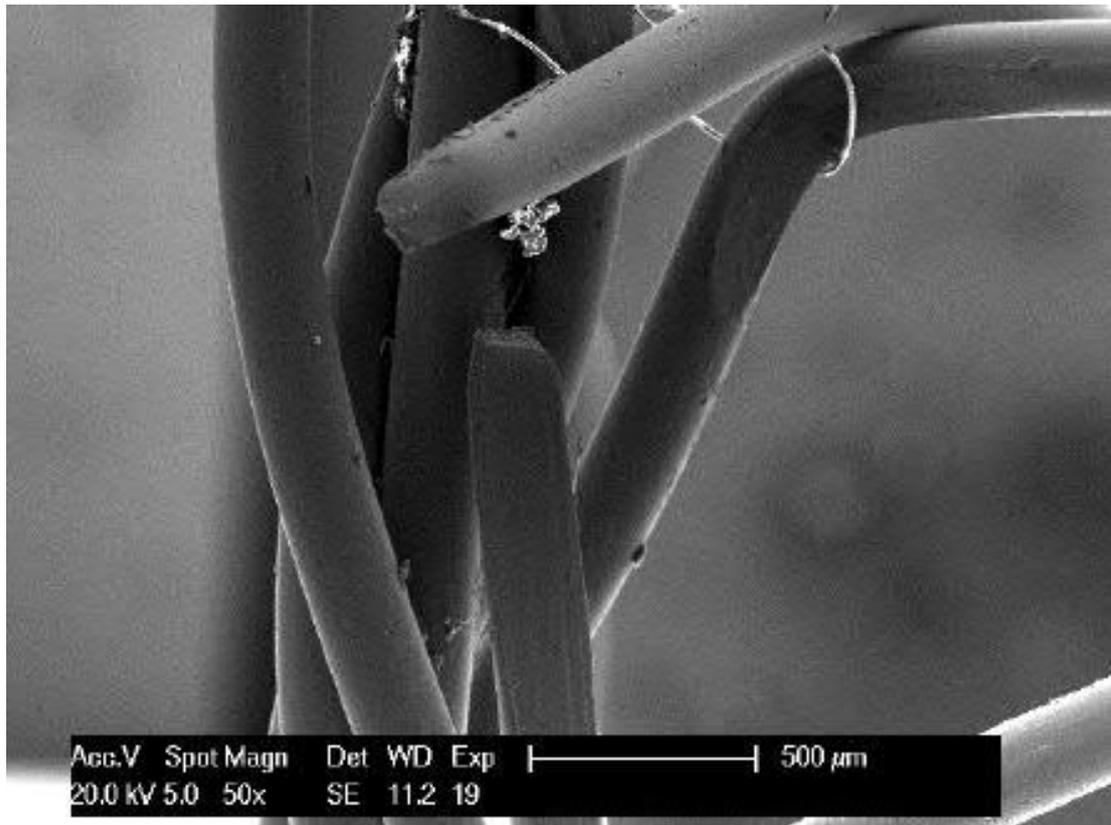


Abb. 26: Bruchende B1, Aufnahme von einer Stelle, die hinter dem eigentlichen Bruchende der Litze (befindet sich außerhalb des oberen Bildrandes) liegt. Es ist zu sehen, dass ein Draht ein zweites Mal durchtrennt ist. – Quelle: TVFA



Abb. 27: Führungsteile der Seilführungsöse von der Bruchstelle. Es sind keine außergewöhnlichen Schäden sichtbar. An den Oberflächen in den Einlaufbereichen ist zu erkennen, dass Drahtenden gestochert haben. Minimale Scheuerspuren sind auch im Seilkanal vorhanden. – Quelle: TVFA



Abb. 28: Linkes Steuerseil – Quelle: TVFA



Abb. 29: Kappstück 1 nach erfolgtem Testbruch in der freien Länge. – Quelle: TVFA



Abb. 30: Kappstück 2 nach erfolgtem Testbruch an der Schadensstelle SSt1 in der freien Länge. – Quelle: TVFA



Abb. 31: Kappstück 2 nach erfolgtem Testbruch, Aufnahme vom Bereich der Verpressung. – Quelle: TVFA