



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 SISl
Swiss Transportation Safety Investigation Board STSB

Schlussbericht Nr. 2394 der Schweizerischen Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST

über den Unfall des Motorseglers
SF 25C «Falke», D-KDEU,

vom 17. Oktober 2021

Sonderlandeplatz Dierdorf (EDRW),
Deutschland

Allgemeine Hinweise zu diesem Bericht

Gemäss

Artikel 3.1 der 12. Ausgabe des Anhangs 13, gültig ab 5. November 2020, zum Übereinkommen über die internationale Zivilluftfahrt vom 7. Dezember 1944, in Kraft getreten für die Schweiz am 4. April 1947, Stand am 18. Juni 2019 (SR 0.748.0);

Artikel 24 des Bundesgesetzes über die Luftfahrt vom 21. Dezember 1948, Stand am 1. Mai 2022 (LFG, SR 748.0);

Artikel 1, Ziffer 1 der Verordnung (EU) Nr. 996/2010 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Oktober 2010 über die Untersuchung und Verhütung von Unfällen und Störungen in der Zivilluftfahrt und zur Aufhebung der Richtlinie 94/56/EG, in Kraft getreten für die Schweiz am 1. Februar 2012 gemäss einem Beschluss des gemischten Ausschusses der Schweizerischen Eidgenossenschaft und der Europäischen Union (EU) und gestützt auf das Abkommen vom 21. Juni 1999 zwischen der Schweiz und der EU über den Luftverkehr (Luftverkehrsabkommen);

sowie Artikel 2 Absatz 1 der Verordnung über die Sicherheitsuntersuchungen im Verkehrswesen vom 17. Dezember 2014, Stand am 1. Februar 2015 (VSZV, SR 742.161);

ist der alleinige Zweck der Untersuchung eines Flugunfalls oder eines schweren Vorfalls die Verhütung von Unfällen oder schweren Vorfällen. Es ist ausdrücklich nicht Zweck der Sicherheitsuntersuchung und dieses Berichts, Schuld oder Haftung festzustellen.

Wird dieser Bericht zu anderen Zwecken als zur Unfallverhütung verwendet, ist diesem Umstand gebührend Rechnung zu tragen.

Aus Befangenheitsgründen delegierte die Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung (BFU) in Deutschland die Untersuchung an die Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle (SUST), die diesen Schlussbericht publiziert.

Die deutsche Fassung dieses Berichts ist das Original und daher massgebend.

Alle Angaben beziehen sich, soweit nicht anders vermerkt, auf den Zeitpunkt des Unfalls.

Alle in diesem Bericht erwähnten Zeiten sind, soweit nicht anders vermerkt, in der für das Gebiet von Deutschland gültigen Normalzeit (*Local Time* – LT) angegeben, die zum Unfallzeitpunkt der mitteleuropäischen Sommerzeit (MESZ) entsprach. Die Beziehung zwischen LT, MESZ und koordinierter Weltzeit (*Coordinated Universal Time* – UTC) lautet:

LT = MESZ = UTC + 2 h.

Zusammenfassung

Luftfahrzeugmuster SF 25C «Falke»

D-KDEU

Halter Luftsportverein Neuwied e.V., Flugplatz, 56269 Dierdorf, Deutschland

Eigentümer Luftsportverein Neuwied e.V., Flugplatz, 56269 Dierdorf, Deutschland

Fluglehrer Deutscher Staatsangehöriger, Jahrgang 1958

Ausweis Privatpilotenlizenz für Flugzeuge (*Private Pilot Licence Aeroplane* – PPL(A)) nach der Agentur der Europäischen Union für Flugsicherheit (*European Union Aviation Safety Agency* – EASA), ausgestellt durch den Landesbetrieb Mobilität Rheinland Pfalz, Deutschland, mit Klassenberechtigung für Reisemotorsegler (*Touring Motor Glider* – TMG) und Berechtigung als Fluglehrer auf Flugzeugen (*Flight Instructor* – FI(A))

Flugstunden	insgesamt	5764 h	während der letzten 90 Tage	30 h
	auf dem Unfallmuster	717 h	während der letzten 90 Tage	5 h

Flugschülerin Deutsche Staatsangehörige, Jahrgang 1969

Ausweis Keiner (in Ausbildung)

Flugstunden	insgesamt	3 h	während der letzten 90 Tage	3 h
	auf dem Unfallmuster	3 h	während der letzten 90 Tage	3 h

Ort Sonderlandeplatz Dierdorf (EDRW), Deutschland

Koordinaten	---	Höhe	---
--------------------	-----	-------------	-----

Datum und Zeit 17. Oktober 2021, 13:22 Uhr

Betriebsart Schulung

Flugregeln Sichtflugregeln (*Visual Flight Rules* – VFR)

Startort Sonderlandeplatz Dierdorf (EDRW), Deutschland

Zielort Sonderlandeplatz Dierdorf (EDRW), Deutschland

Flugphase Start und Steigflug

Unfallart Kontrollverlust

Personenschaden

Verletzungen	Besatzungsmitglieder	Passagiere	Gesamtzahl der Insassen	Drittpersonen
Tödlich	0	0	0	0
Erheblich	0	0	0	0
Leicht	0	0	0	0
Keine	2	0	2	Nicht zutreffend
Gesamthaft	2	0	2	0

Schaden am Luftfahrzeug Schwer beschädigt

Drittschaden Geringer Landschaden

1 Sachverhalt

1.1 Vorgeschichte und Flugverlauf

1.1.1 Allgemeines

Für die Beschreibung des Hergangs standen die Angaben von Flugbesatzung und Augenzeugen sowie das Spurenbild des Startverlaufes zur Verfügung. Es handelte sich um einen Schulungsflug nach Sichtflugregeln (*Visual Flight Rules* – VFR). Das Wetter war windstill, der Himmel leicht bewölkt.

1.1.2 Vorgeschichte

Die Flugschülerin befand sich in der Ausbildung zur Erlangung der Pilotenlizenz für Leichtflugzeuge (*Light Aircraft Pilot Licence* – LAPL(A)) mit der Klassenberechtigung für Reisemotorsegler (*Touring Motor Glider* – TMG). Sie plante, am 17. Oktober 2021 zusammen mit dem Fluglehrer ihren vierten Ausbildungsflug durchzuführen.

Den geringen Erfahrungsstand der Flugschülerin berücksichtigend, wurde die Vorflugkontrolle detailliert durchgeführt. Bei der Ruderprobe wurde bei festgehaltenen Steuerflächen ein Gegendruck am Steuerknüppel ausgeübt, wie dies bei Segelflugzeugen üblich ist. Es war nicht mehr nachvollziehbar, ob dafür der linke oder der rechte Steuerknüppel verwendet wurde. Beim Erläutern der Funktion der Höhenrudertrimmung stellte der Fluglehrer diese auf eine tendenziell kopflastige Position. Er merkte an, dass dies für den Start besser sei als eine hecklastige Position; die ausgetrimmte Position könne nachfolgend im Flug ermittelt und eingestellt werden.

Anschliessend startete die Besatzung den Motor des Motorseglers und rollte zum Rollhaltepunkt der Piste 25 in Dierdorf. Dort führte der Fluglehrer die Prüfliste «vor dem Start» aus, bei der unter anderem eine Funktionskontrolle des Motors (*engine run-up*) und aller Steuerflächen erfolgte. Kurz darauf rollte die Besatzung den Motorsegler auf der Piste zum Pistenanfang (*backtrack*). In dieser Phase hielt die Flugschülerin den Steuerknüppel fest, währenddessen der Fluglehrer den Gashebel und die Radbremse mittels des Bremsklappenhebels sowie die Seitenruderpedale bediente. Am Pistenanfang wendete er den Motorsegler und richtete diesen auf der Pistenachse aus. Beim Wenden auf der an dieser Stelle unebenen, holprigen Grasfläche habe der Motorsegler ziemlich stark gerüttelt.

1.1.3 Verlauf des Unfalls

Am 17. Oktober 2021 um 13:22 Uhr starteten die Flugschülerin, die auf dem linken Pilotensitz sass, und der rechts von ihr sitzende Fluglehrer mit dem Motorsegler SF 25C «Falke», eingetragen als D-KDEU, auf der Piste 25 des Sonderflugplatzes Dierdorf (EDRW). Der Fluglehrer führte alle Steuerorgane¹ und kommentierte dabei seine Rudereingaben, die Flugschülerin fühlte am Steuerknüppel und den Seitenruder-Pedalen mit.

Gemäss Fluglehrer erfolgte der Startlauf bei Windstille und war bis auf Höhe der Flugplatzgebäude unauffällig. Rund 245 m nach dem Pistenanfang scherte der Motorsegler nach rechts auf den an die Hartbelagpiste angrenzenden Grünstreifen aus (vgl. Abbildung 1, Punkt ❶). Das Flugzeug habe in diesem Moment nicht unmittelbar auf die Steuereingaben reagiert. Der Fluglehrer vermutete, dass die Flug-

¹ Als primäre Steuerorgane werden der Steuerknüppel und die Seitenruderpedale bezeichnet. Die Eingaben des Piloten an diesen Steuerorganen werden über ein Steuergestänge resp. Steuerseile an die primären Steuerflächen, d.h. Quer-, Höhen- und Seitenruder übertragen.

schülerin den Steuerknüppel oder die Seitenruder-Pedale fixierte, und sagte deshalb zu ihr, sie solle diese loslassen. Die Flugschülerin gab nach dem Flug an, sie habe keine der Steuer festgehalten, aber der Fluglehrer habe in diesem Moment das Seitenruder stark betätigt und «Querruder, Querruder» gerufen. Der Motorsegler hob anschliessend rund 320 m nach dem Pistenanfang ab (Punkt ②), was unter Berücksichtigung des Wendemanövers beim Pistenanfang einer Startrollstrecke von rund 300 m entsprach², und nahm flach über dem Boden fliegend Fahrt auf, was der Fluglehrer als normal und von ihm kontrolliert gesteuert wahrnahm. Das Flugzeug flog dabei in eine Richtung, die etwa 30° nach rechts von der Pistenachse abwich und in der das Gelände leicht abfallend war.

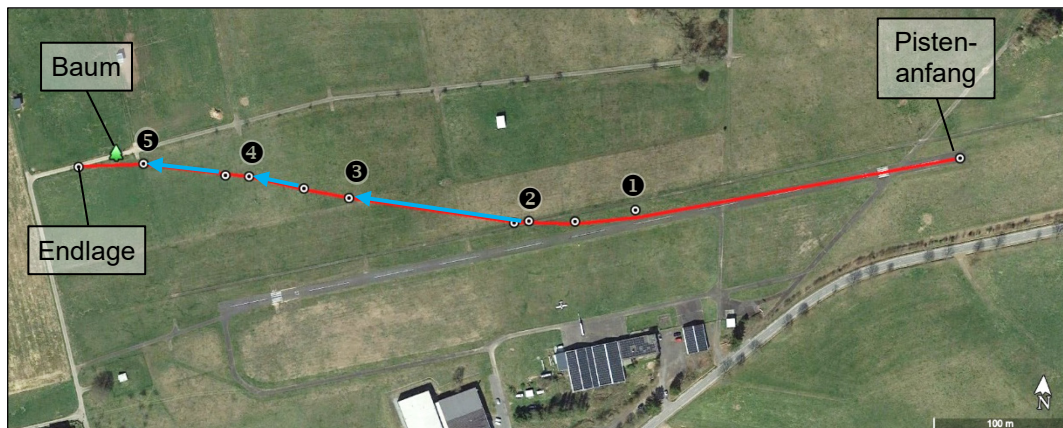


Abbildung 1: Startverlauf der D-KDEU (rote Linie), ermittelt anhand des Spurenbildes des Startverlaufs im Wiesland (kleine weisse Kreise), dargestellt in google earth. Die blauen Pfeile deuten an, in welchen Phasen sich der Motorsegler in der Luft befand.

Augenzeugen, die den Startlauf beobachteten, sahen den Motorsegler mit «gesenkter Nase», das heisst mit einer in dieser Phase ungewöhnlichen, negativen Längsneigung auf der Piste rollen, bevor er nach rechts ausgebrochen sei und abgehoben habe. Im Flug habe das Flugzeug diese negative Längsneigung beibehalten.

Rund 140 m nach dem Abheben (Punkt ③) setzte der Motorsegler erstmals und für die Besatzung unerwartet mit dem Fahrwerk im Wiesland auf und hob kurz darauf wieder ab. Der Fluglehrer war bis zu diesem Moment überzeugt, dass der Motorsegler normal fliegen würde und nur noch etwas Geschwindigkeit aufnehmen müsse. Das Gelände in Flugrichtung war abfallend und habe deshalb einen problemlosen Weiterflug ermöglicht. Ein Startabbruch hingegen hätte nach Einschätzung des Fluglehrers unweigerlich zu einer Kollision mit vorausliegenden Gehölzen geführt, weshalb er den Gedanken an einen Startabbruch augenblicklich wieder verwarf.

Nachdem der Motorsegler wieder in der Luft war, senkte sich abermals die Flugzeugnase und der Motorsegler touchierte ein zweites Mal mit dem Fahrwerk das Wiesland (Punkt ④). Gleichzeitig steuerte das Flugzeug auf einen Baum zu, der sich neben einem vorausliegenden Feldweg befand (vgl. Abbildung 1). In dieser Phase realisierte der Fluglehrer, dass irgendetwas nicht stimmte und er die Kontrolle über den Motorsegler verloren hatte. Er habe instinktiv alle Steuer nach links ausgeschlagen, um dem vorausliegenden Baum auszuweichen.

In der Folge schlug der Motorsegler erneut und dieses Mal sehr heftig im Wiesland auf (Punkt ⑤). Dabei berührten die Propellerspitzen den Boden und brachen ab.

² Gemäss der vom Halter der D-KDEU bereitgestellten Checkliste waren bei den zum Unfallzeitpunkt herrschenden Umgebungsbedingungen eine Rollstrecke bis zum Abheben von 140 m und eine Gesamtstrecke bis zum Überfliegen des 15 m Hindernisses von 365 m zu erwarten.

Die rechte Tragfläche kollidierte nachfolgend mit dem Baum, wodurch der rechte Aussenflügel abgetrennt wurde. Der Motorsegler drehte sich anschliessend um 180° um die Hochachse nach rechts und kam auf dem Hauptfahrwerk rutschend auf dem Feldweg zum Stillstand (vgl. Abbildung 2).

Bei diesem Manöver wurde der linke Aussenflügel abgetrennt und das Flugzeug erlitt starke Beschädigungen an Leitwerk und Rumpf.

Die Besatzung blieb unverletzt. Es brach kein Feuer aus.



Abbildung 2: Endlage der D-KDEU in Flugrichtung gesehen. Rechts der Baum, mit dem die rechte Tragfläche kollidierte (blauer Pfeil), und in der Mitte die Spur des Einrad-Hauptfahrwerks im Wiesland (gelber Pfeil).

1.2 Angaben zum Luftfahrzeug

1.2.1 Allgemeine Angaben

Eintragungszeichen	D-KDEU
Luftfahrzeugmuster	SF 25C «Falke»
Charakteristik	Zweisitziger, als Mitteldecker ausgelegter Reisemotorsegler, in Gemischtbauweise hergestellt und mit Einradhauptfahrwerk mit Spornrad sowie Stützrädern unter den Tragflächen ausgerüstet
Hersteller	Scheibe-Flugzeugbau GmbH, Deutschland
Halter des Baumusterzeugnisses (<i>type certificate holder</i>)	Scheibe-Aircraft GmbH ³ , Deutschland
Baujahr	1977
Werknummer	44 194

³ Im Jahr 2006 stellte die Scheibe-Flugzeugbau GmbH in Dachau, Deutschland, die Produktion der SF 25 ein und die Firma wurde aufgelöst. Als neuer Musterbetreuer fungiert seither die Scheibe-Aircraft GmbH, die zum Luftfahrtbetrieb Sammet GmbH in Heubach, Deutschland, gehört und die eine modifizierte Version der SF 25C herstellt.

Motor	Sauer S2100-1-AS1, linksdrehender, luftgekühlter Vierzylinder-Boxermotor, Werknummer 133, maximale Startleistung 58 kW (80 PS) bei 3000 RPM ⁴
Propeller	MT-Propeller MT 150L 102-1A, 2-Blatt-Festpropeller, hergestellt aus laminiertem Hartholz
Betriebsstunden	Zelle 8266:06 h (TSN ⁵) bei 20 660 Landungen 2081:01 h (TSO ⁶)
Höchstzulässige Abflugmasse	610 kg
Masse und Schwerpunkt	Eine Abschätzung ergab, dass die Masse des Flugzeuges zum Unfallzeitpunkt rund 610 kg betrug. Der Schwerpunkt befand sich innerhalb der gemäss Flughandbuch zulässigen Grenzen.
Unterhalt	Die letzten geplanten Instandhaltungsarbeiten wurden am 21. August 2021 bei 8225:40 Betriebsstunden im Rahmen einer 100-h-Kontrolle bescheinigt.

1.2.2 Steuerorgane und Steuergestänge

Der Motorsegler SF 25C «Falke» ist für beide Besatzungsmitglieder mit je einem Steuerknüppel, Seitenrudderpedalen und zusätzlich einem Bremsklappenhebel, mit dem auch die Radbremse betätigt wird, ausgerüstet. Die Bedienung des Motors erfolgt zentral über einen Leistungshebel sowie je einen Hebel für die Vergaservorwärmung und den Choke.

Die Steuerknüppel befinden sich zentral vor den beiden Sitzen und bestehen aus zusammengeschweissten Stahlrohren. Jeder Steuerknüppel sowie der Schwinger vorne sind frei beweglich über ein Festlager (vgl. Abbildung 3, rot-gestrichelte Kreise) mit der Rumpf-Stahlrohrkonstruktion verbunden. Am unteren Ende der Steuerknüppel befinden sich die Übertragungsgelenke (blau-gestrichelte Kreise), die über das Verbindungsrohr miteinander verbunden sind. Über den Zwischenhebel, der frei gelagert am Verbindungsrohr befestigt ist, und den Schwinger vorne wird das Torsionsrohr bewegt, über das die Quer- und Höhenrudder angesteuert werden.

⁴ RPM: *revolutions per minute*, Umdrehungen pro Minute

⁵ TSN: *time since new*, Betriebszeit seit Herstellung

⁶ TSO: *time since overhaul*, Betriebszeit seit der letzten Grundüberholung

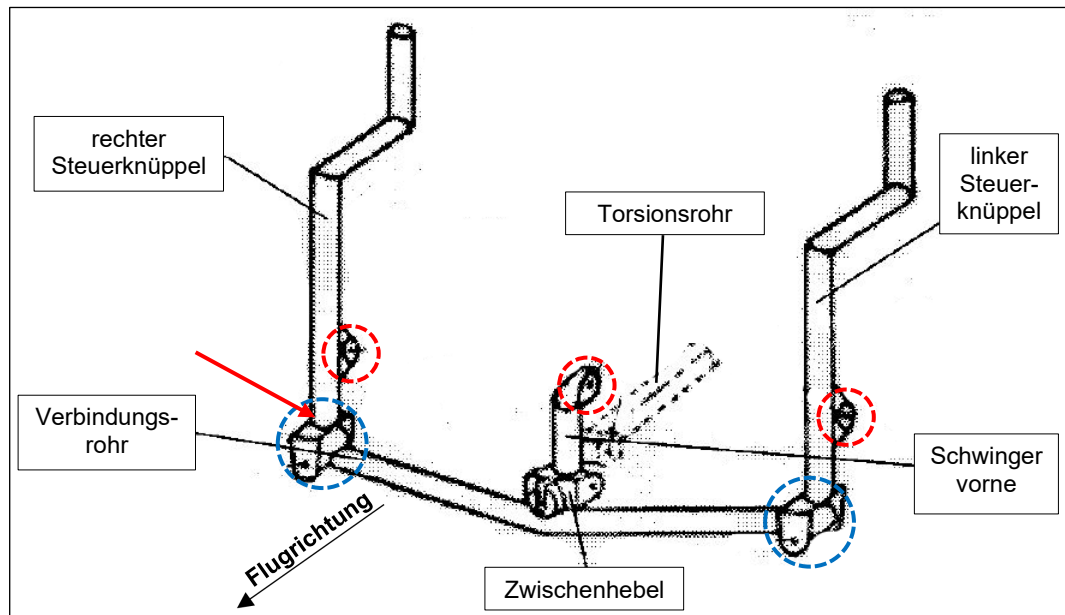


Abbildung 3: Schema der Steuerorgane für die Quer- und Höhenruderbedienung mit den Festlagern (rot-gestrichelte Kreise) und den Übertragungsgelenken (blau-gestrichelte Kreise). Der rote Pfeil bezeichnet die Stelle oberhalb der Gelenkgabel, wo der rechte Steuerknüppel der D-KDEU gebrochen war. Quelle der Grafik: Luftfahrzeughersteller, bearbeitet durch die SUST.

Der rechte Steuerknüppel ist zweiteilig ausgeführt und kann beispielsweise für Passagierflüge demontiert werden. Der obere Teil ist ins untere Rohr eingesteckt und mittels Klemmschraube gegen Herausziehen und Verdrehen gesichert (vgl. Abbildung 4).

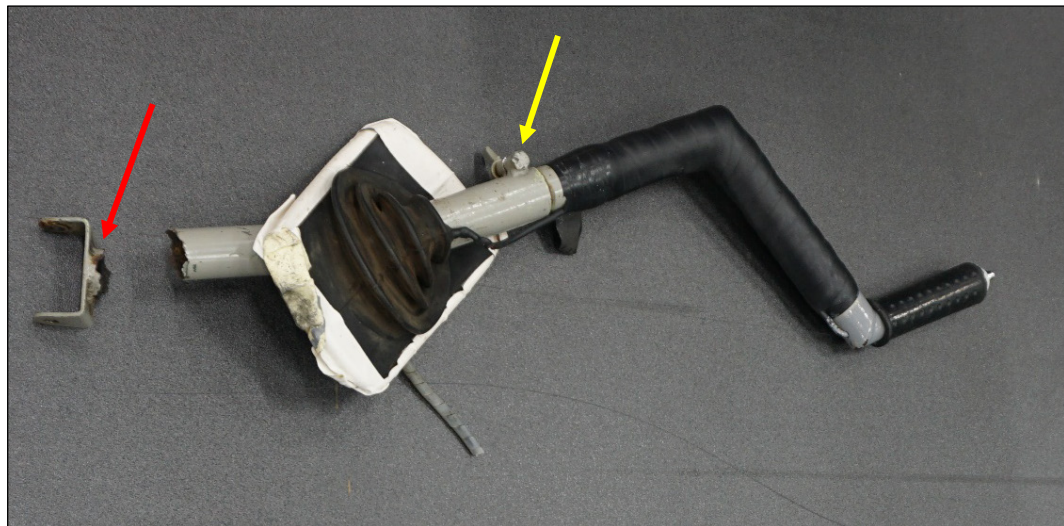


Abbildung 4: Rechter Steuerknüppel der D-KDEU mit abgebrochener Gelenkgabel (roter Pfeil), bei dem der obere Teil des Knüppels ins untere Rohr eingesteckt ist und mittels Klemmschraube (gelber Pfeil) gegen Herausziehen und Verdrehen gesichert ist. Die schwarze Gummimanschette, die den unteren Teil des Steuerknüppels umschliesst, dient als Abdeckung der Öffnung für den Steuerknüppel auf dem Fussboden.

Gemäss Herstellerzeichnung wurden bei der D-KDEU die Steuerorgane aus nahtlosen zugblanken Rohren aus Baustahl St 35BK⁷ hergestellt. Dieser Stahl ist gut

⁷ Die frühere Stahlbezeichnung St 35BK entspricht heute dem Stahltyp E235+C (1.0308). Das BK resp. +C steht für Zugblank «hart».

schweiss- und umformbar, weist aber ohne Oberflächenschutz eine geringe Korrosionsbeständigkeit auf. Bauteile aus diesem Material werden in der Regel mit einem Korrosionsschutz, zum Beispiel einem Farbanstrich versehen. Auf der Herstellerzeichnung sind keine Angaben betreffend eine solche Korrosionsschutzschicht vorhanden.

Gemäss Zeichnung wiesen die Stahlrohre der Steuerknüppel einen Aussendurchmesser von 26 mm und eine Wandstärke von 1 mm auf.

1.2.3 Instandhaltung und Prüfung der Lufttüchtigkeit

Für die Instandhaltung des Motorsegler-Musters SF 25C existiert eine «*Wartungsliste für das Flugwerk*», die bei den letzten Instandhaltungsarbeiten an der D-KDEU am 21. August 2021 verwendet und ausgefüllt wurde. In dieser Wartungsliste finden sich keine Anweisungen für eine detaillierte Kontrolle der Steuerorgane und Steuergestänge in Bezug auf Riss- oder Korrosionsbildung oder Unversehrtheit der Korrosionsschutzbeschichtung.

Zudem existiert ein «*Prüfprogramm für ältere Luftfahrzeuge, älter als 12 Jahre (25 Jahre)*» (vgl. Kapitel 1.4.3), das bei der D-KDEU zusätzlich zum Prüfprogramm der Jahresnachprüfung vom Prüfer der Luftfahrtbehörde jährlich ausgeführt und letztmals im August 2021 unterzeichnet wurde. In diesem Prüfprogramm finden sich bei den Prüfpunkten für die Steuerung ebenfalls keine detaillierten Angaben zum Umfang der jeweiligen Kontrolle.

1.3 Technische Befunde

Die Untersuchung der Steuerknüppel und des Steuergestänges (vgl. Abbildung 5 bis Abbildung 8) ergab folgende Feststellungen:

- Das Rohr des rechten Steuerknüppels war oberhalb der Schweissnaht bei der Gelenkgabel gebrochen.
- Die Bruchstelle war deutlich sichtbar korrodiert.
- Im Bereich der Bruchstelle war im Innern des Stahlrohres ein starker Korrosionsangriff erkennbar.
- Die Innenseiten der übrigen Stahlrohre waren aufgrund der Konstruktionsart nicht visuell einsehbar.
- Alle Stahlrohre waren aussen mit einem Farbanstrich versehen, bei dem die Farbe an lokalen Stellen nicht mehr vorhanden resp. abgeplatzt war.



Abbildung 5: Übersichtsbild der Steuerorgane für Quer- und Höhenruder mit dem gebrochenen rechten Steuerknüppel (linke Bildseite, vgl. auch roter Pfeil in Abbildung 3).



Abbildung 6: Bruch des Stahlrohres des rechten Steuerknüppels oberhalb der Schweissnaht bei der Gelenkgabel.

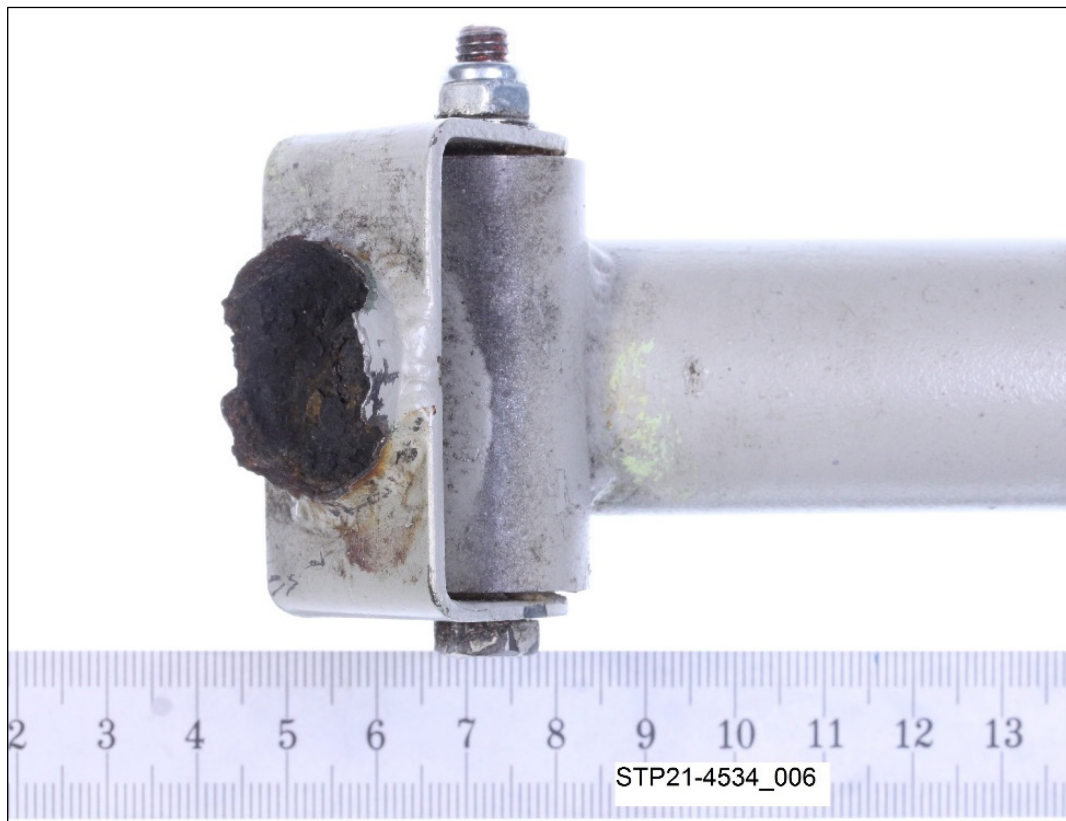


Abbildung 7: Bruchstelle bei der Gelenkgabel, oberhalb der Schweissnaht bzw. in der Wärmeeinflusszone⁸.



Abbildung 8: Bruchstelle des Stahlrohres des rechten Steuerknüppels mit stark korrodierter Rohrinnenoberfläche.

⁸ Die Wärmeeinflusszone (WEZ) ist der Bereich neben einer Schweissnaht, der nicht geschmolzen ist, aber durch die Einwirkung hoher Temperaturen Veränderungen der Materialeigenschaften erfahren hat.

1.4 Alterungserscheinungen bei Luftfahrzeugen

1.4.1 Motorsegler SF 25 «Falke»

Der Motorsegler SF 25 «Falke» wird seit 1963 bis heute in Gemischtbauweise hergestellt. Der Rumpf besteht aus einem mit Tuch bespannten Stahlrohrgestell, die Tragflächen sind in Sperrholzbauweise ausgeführt und ebenfalls mit Tuch bespannt. Die Steuerknüppel und das Steuergestänge bestehen aus Stahlrohren.

Bis zum Zeitpunkt des Unfalls hatte der Hersteller des Motorseglers SF 25 «Falke» keine Technischen Mitteilungen⁹ publiziert, welche die beim vorliegenden Unfall aufgetretenen Alterungserscheinungen an den Steuerorganen oder dem Steuergestänge des Luftfahrzeuges adressieren würden.

1.4.2 Andere Segelflugzeugmuster

In den 50er bis 70er Jahren wurden verschiedene andere Segelflugzeuge in Gemischtbauweise mit ähnlichen Konstruktionsmerkmalen wie beim Motorsegler SF 25 «Falke» hergestellt. Beispiele dafür sind die in grosser Stückzahl gebauten K 7, K 8, ASK 13, ASK 16 und ASK 18 des Herstellers Alexander Schleicher in Deutschland.

Für die genannten Muster des Herstellers Schleicher wurde am 12. Juli 2021 je eine Technische Mitteilung publiziert, die folgendes Sicherheitsdefizit beschreibt:

«Es wurde festgestellt, dass vermehrt Meldungen über Vorfälle auftreten in denen von Strukturversagen auf Grund von Materialermüdung oder sonstige Alterungserscheinungen berichtet wird [...]. Während in Deutschland für nationale Flugzeuge (Annex I) aktuell die NfL II 6/12 Regelungen für die Instandhaltung und Prüfung älterer Luftfahrzeuge aufstellt, ist eine äquivalente Regel auf europäischer Ebene erst im Entstehen. Auch beinhalten die Betriebshandbücher der betroffenen Flugzeuge keine Vorgaben für die Instandhaltung bei hohen Betriebszeiten und Flugzeugalter („Lebensdauer-Prüfprogramme“). Es ist angestrebt, eine einheitliche europäische Lösung für ältere Flugzeuge herbeizuführen.»

Im Fall des Musters K 8 wurde am 7. Dezember 1995 die Technische Mitteilung Nr. 24 veröffentlicht, die folgende Detailangaben beinhaltet:

«Infolge eingedrungener Feuchte kann es zu Rostschäden an den Innenwandungen der Rohre des Rumpfgerüsts und der Steuerstangen kommen. [...]

Höhenruder-Stossstangen [...] auf Verbiegung, Verformung oder Beschädigung prüfen. Wird Verbiegung, Verformung oder Beschädigung festgestellt, ist die Stossstange durch eine neue zu ersetzen.»

In der Technischen Mitteilung Nr. 26 des Segelflugzeugmusters ASK 21 vom 24. August 1993 hält der Hersteller Schleicher fest:

«Bei einigen Segelflugzeugmustern anderer Hersteller wurden Höhenruder-Stossstangen gefunden, die unter besonders ungünstigen Voraussetzungen teilweise starke Korrosion aufwiesen. [...]

Massnahmen: Seitenruder und Höhenruder-Stossstange [...] demontieren. [...] Nach Zeichnung [...] in den U-Bock des Stossstangenendes ein Loch Ø6 mm bohren. Die Stossstange innen auf Korrosion untersuchen (Sichtkontrolle durch die angebrachte Bohrung mit geeignetem Instrument, wie zum Beispiel einem Endoskop [...]).»

⁹ Bei den im deutschsprachigen Raum bekannten Technischen Mitteilungen handelt es sich um sogenannte *Service Bulletins*.

1.4.3 Instandhaltung und Prüfung älterer Luftfahrzeuge

Betreffend die Instandhaltung und Prüfung älterer Luftfahrzeuge ähnlicher Konstruktionsart bestehen keine Vorgaben, ausser der Angaben in der «Bekanntmachung über die Instandhaltung und Prüfung älterer Luftfahrzeuge», welche die Deutsche Flugsicherung im Auftrag des Luftfahrt-Bundesamtes am 12. Januar 2012 publizierte¹⁰.

In dieser werden die erhöhten Alterungserscheinungen von insbesondere älteren Luftfahrzeugen, unabhängig von ihrer Bauweise, thematisiert. Diese entstünden in Abhängigkeit von Umwelteinflüssen, den Betriebsbedingungen und dem allgemeinen Wartungszustand und betreffen vor allem Korrosion, Verrottung, Versprödung, Ermüdung und Verschleiss.

Bei Fehlen eines adäquaten Kontroll- und Prüfprogrammes des Herstellers für die Zustandsüberwachung bei Alterung der Luftfahrzeuge solle diesem Umstand bei der Jahresnachprüfung besonders Rechnung getragen werden. Als ältere Luftfahrzeuge gelten gemäss diesem Dokument dabei Luftfahrzeuge in Holz- oder Holzgemischtbauweise, wenn diese älter als 12 Jahre sind, resp. Luftfahrzeuge in Metall- oder Faserverbundkunststoff-Bauweise, wenn diese älter als 25 Jahre sind.

Betreffend die Steuerorgane und Steuergestänge sollten mindestens die Stossstangen der Steuerung und deren Lagerböcke sowie Aufhängungspunkte und alle Steuerseile und Umlenkrollen einer besonders sorgfältigen Zustands- und Funktionsüberprüfung unterzogen werden. Detaillierte Angaben zum Vorgehen bei einer solchen Kontrolle wie beispielsweise zur Prüfung auf Riss- oder Korrosionsbildung oder Unversehrtheit des Korrosionsschutzes beinhaltet dieses Dokument nicht.

1.5 Versuche und Forschungsergebnisse

1.5.1 Visuelle/makroskopische Untersuchungen

Am rechten Steuerknüppel waren im Bereich des Bruches die Rohrrinnenseite und die angeschweisste Gelenkgabel stark korrodiert und grossflächig mit losen Korrosionsprodukten belegt. Die Korrosionsprodukte waren überwiegend schwarz, weiter von der Bruchzone entfernt wiesen diese Produkte eine bräunliche Farbe auf.

Die Aussenseiten der Steuerorgane waren mit einem Farbanstrich beschichtet. Eine allfällig vorhandene Korrosion unter der Farbschicht war optisch nicht erkennbar.

Der obere Teil des rechten Steuerknüppels liess sich nach dem Lösen der Klemmschraube auch mit grossem Kraftaufwand nicht vom unteren Rohr trennen.

Der linke wie auch der rechte Steuerknüppel sowie das Verbindungs- und das Torsionsrohr wurden für weitere Untersuchungen in Längsrichtung aufgetrennt (vgl. Abbildung 9). Eine Korrosionsschutzschicht war auf den Innenseiten dieser Steuerorgane nicht eindeutig erkennbar.

Die Rohrrinnenseiten des rechten Steuerknüppels waren mit Korrosionsprodukten belegt. Auch der Klemmbereich des demontierbaren oberen Teils des Steuerknüppels war mit Korrosionsprodukten belegt, was erklärt, weshalb eine vorgängige Demontage nicht möglich war (vgl. Abbildung 10). Das Rohrinne des linken Steuerknüppels, des Verbindungs- und des Torsionsrohres wie auch die Schweissnähte der Fügezonen zeigten keinen bzw. kaum Korrosionsangriff.

¹⁰ Die Bekanntmachung ist in den Nachrichten für Luftfahrer (NfL), 60. Jahrgang, NfL II 6/12, enthalten.

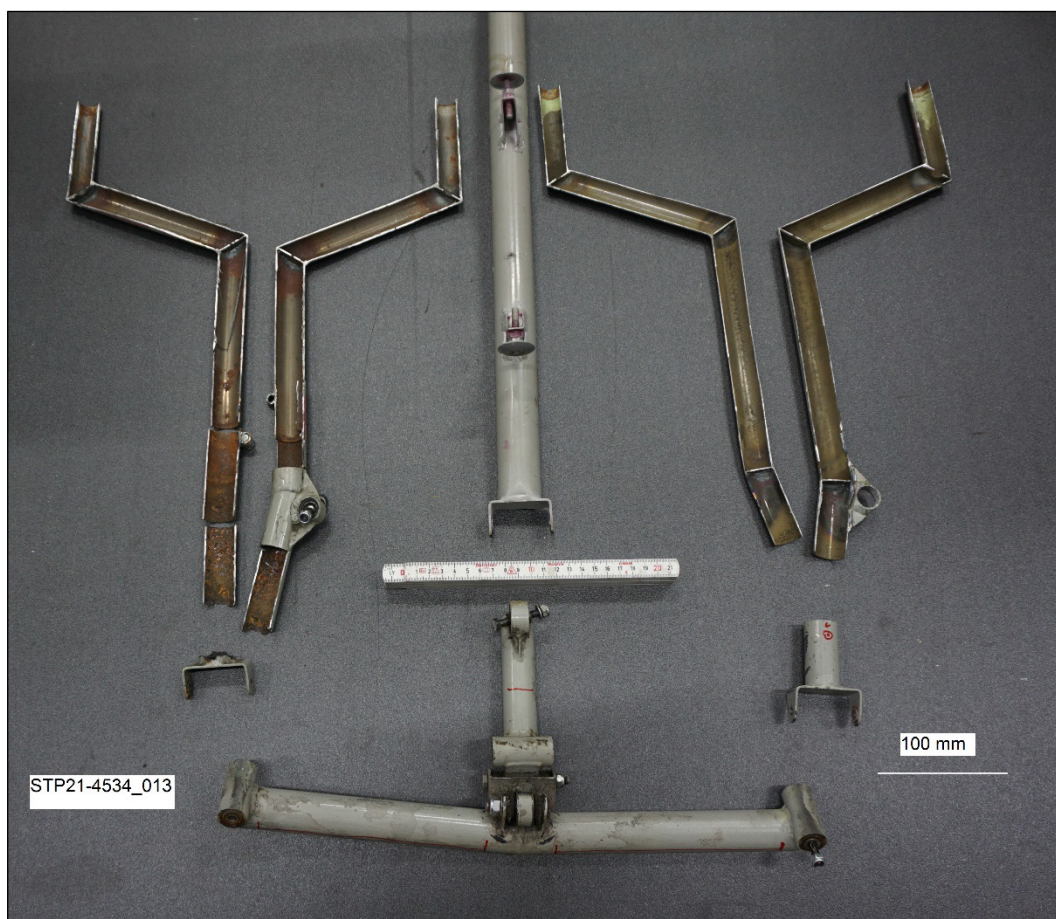


Abbildung 9: Mittig in der Längsachse aufgetrennter linker und rechter Steuerknüppel.



Abbildung 10: Aufgetrennter unterer Teil des rechten Steuerknüppels.

1.5.2 Metallkundliche Untersuchungen

Aufgrund der durch Korrosion zerstörten Bruchflächen am rechten Steuerknüppel liess sich keine aussagekräftige mikrofraktographische¹¹ Untersuchung durchführen.

Bei den vorgefundenen Korrosionsprodukten handelte es sich vorwiegend um Eisenoxide.

Durch die Bruchzone des rechten Steuerknüppels wurde ein metallographischer Anschliff gelegt und dieser untersucht. Eine identische Schlifflage des linken Steuerknüppels wurde ebenfalls untersucht. Metallographisch konnten die untersuchten Rohre und Gelenkgabeln beider Steuerknüppel dem Stahl E235/S355 zugeordnet werden. Die Schweissnaht bei der Gelenkgabel zeigte bei beiden Steuerknüppeln keine Auffälligkeiten.

Im Bruchbereich des rechten Steuerknüppels sowie an der angeschweissten Gelenkgabel war die Materialstärke durch die Korrosion stark reduziert (vgl. Abbildung 11 bis Abbildung 13).

Das Rohr des linken Steuerknüppels wurde ungefähr fünf Zentimeter oberhalb der Gelenkgabel quer zur Achsrichtung geschnitten und ein metallographischer Anschliff erstellt. Im Bereich des Anschliffes wurde die Innenoberfläche des Rohres auf Korrosionsschutzschichten begutachtet und die Untersuchung durch EDX¹²-Messungen ergänzt. Anhand dieser Untersuchungen war auf der Rohrinnenseite keine Korrosionsschutzschicht nachweisbar. Die metallographische Untersuchung des geätzten Schliffes ergab, dass es sich um ein nahtloses Rohr handelte.

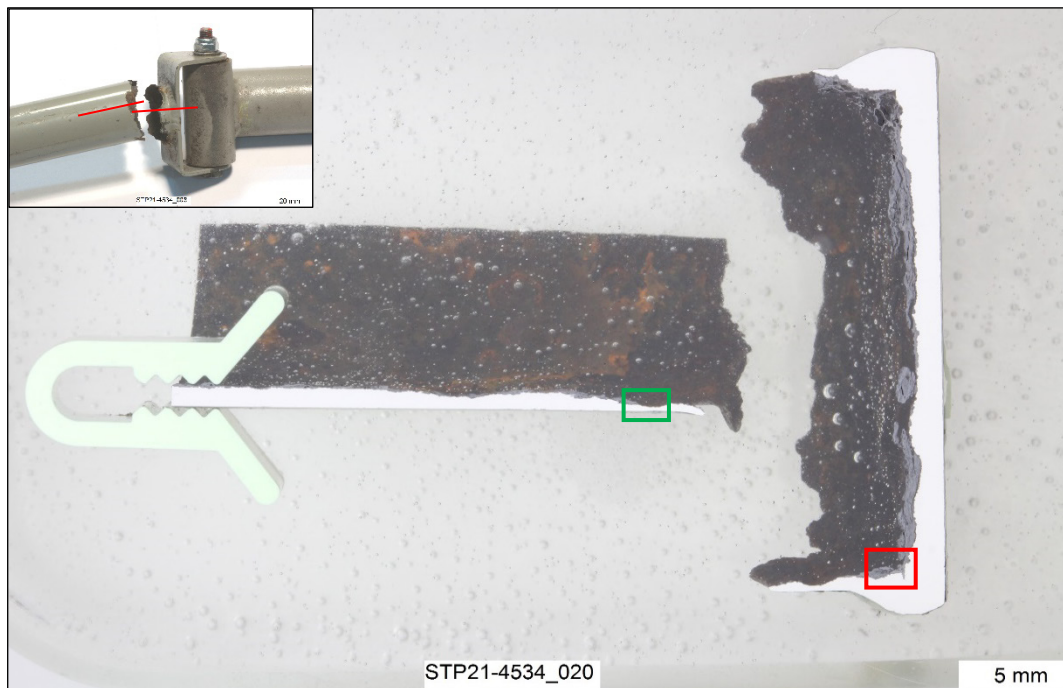


Abbildung 11: Schliffbild durch die Bruchzone des rechten Steuerknüppels mit stark reduzierten Materialstärken des Rohres und der Gelenkgabel. Die eingezeichneten Rechtecke kennzeichnen die in Abbildung 12 (grün) und Abbildung 13 (rot) dargestellten Bereiche.

¹¹ Bruchanalyse mittels der Mikroskopie

¹² EDX (*energy dispersive X-ray spectroscopy*): Röntgenmikrobereichsanalyse; Verfahren zur Mikro-Elementanalyse von Feststoffen, ermöglicht die Ermittlung der qualitativen und quantitativen Elementzusammensetzung von Gefügephasen.

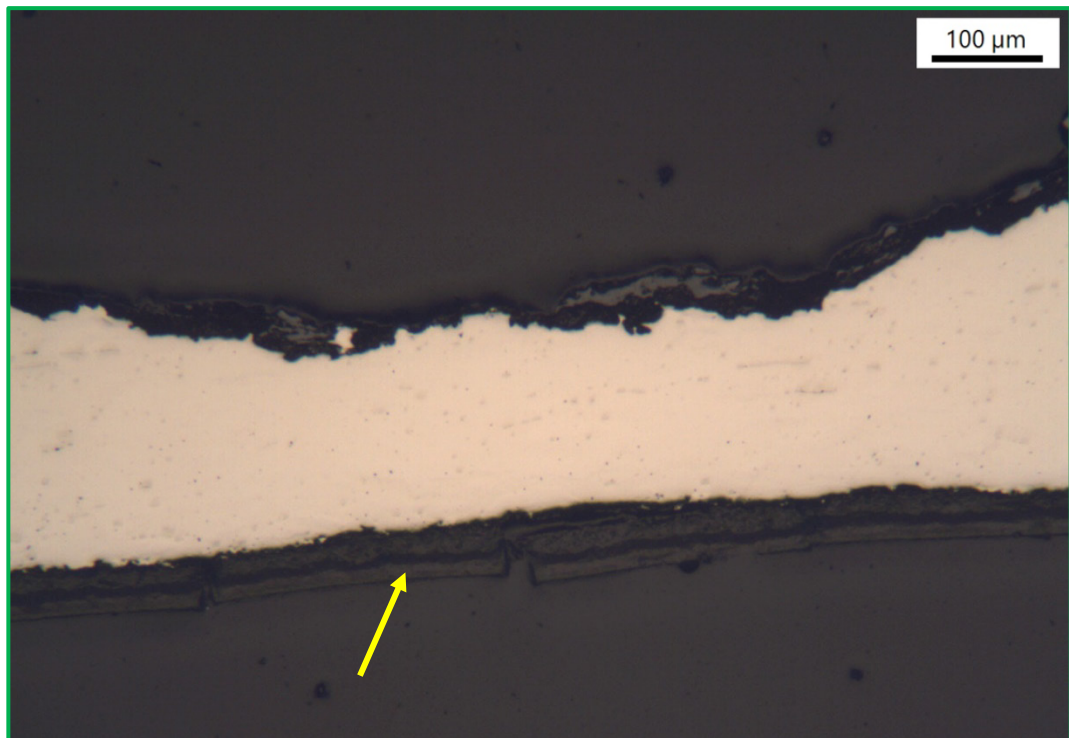


Abbildung 12: Detailabbildung, in der die stark reduzierte Materialstärke des Rohres, die korrodierte Rohrinneenseite sowie der Farbanstrich auf der Rohraussenseite (gelber Pfeil) erkennbar ist.

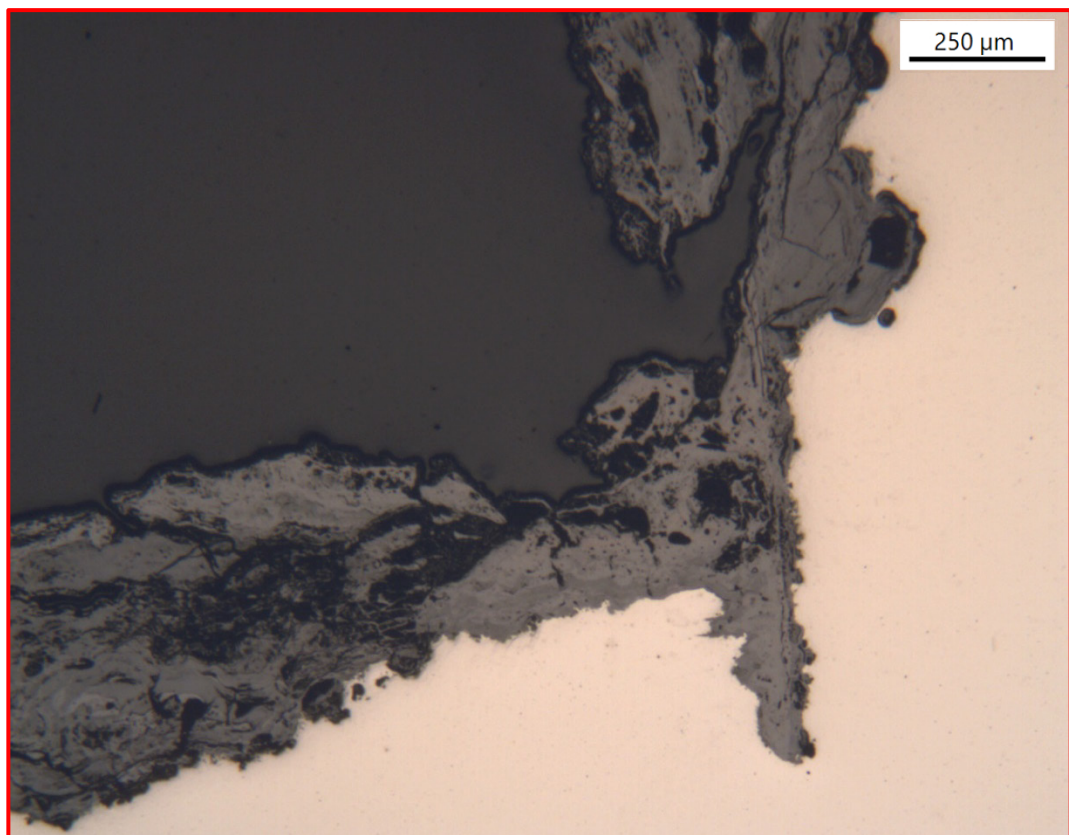


Abbildung 13: Detailabbildung, in welcher der starke Korrosionsangriff bei der Gelenkgabel erkennbar ist.

2 Analyse

2.1 Technische Aspekte

2.1.1 Steuerknüppel und Steuergestänge

Der rechte Steuerknüppel der D-KDEU war direkt oberhalb der Schweissnaht bei der Gelenkgabel gebrochen (vgl. Abbildung 3) und deshalb nur noch am Festlager befestigt. Dies führte dazu, dass der Fluglehrer, der auf dem rechten Sitz sass, zwar den Steuerknüppel noch bewegen, aber keine Steuereingaben für Quer- und Höhenruder mehr tätigen konnte. Mit dem linken Steuerknüppel, an dem die Flugschülerin während des Startlaufs mitfühlte, liess sich das Querruder noch bewegen. Aufgrund der Konstruktion des Steuergestänges (vgl. Kapitel 1.2.2) war aber das Höhenruder auch mit diesem Steuerknüppel nicht mehr ansteuerbar.

Die Steuerorgane wurden gemäss Herstellerzeichnung beim Bau des Motorseglers aus dem Baustahl St 35BK (heute E235+C) hergestellt, der gut schweis- und umformbar ist. Der Nachteil liegt bei diesem Stahl in einer geringen Korrosionsbeständigkeit. Eine Korrosionsschutzschicht im Innern wie auch auf der Aussenseite der Stahlrohre ist deshalb sinnvoll. Eine gegebenenfalls im Innern der Stahlrohr-Rohlingen bereits vorhandene Korrosionsschutzschicht wird beim Verschweissen im Bereich der Schweissnähte zerstört. Im Innern dieser verschweissten Stahlrohre der Steuerorgane lässt sich nachträglich aber eine Korrosionsschutzschicht nur mit erheblichem Aufwand anbringen. Das Stahlrohr des rechten Steuerknüppels war auf der Innenseite stark korrodiert, was augenscheinlich zu einer Schwächung des Rohres führte. Der Bruch des Rohres erfolgte in diesem stark korrodierten Bereich. Die schwarze Verfärbung der Korrosionsprodukte in der Bruchzone deuten auf Oxidation unter Sauerstoffmangel hin, was im vorliegenden Fall durch sich angesammeltes Wasser vermutlich infolge von Kondensation entstand. Denkbar ist, dass zu einem früheren Zeitpunkt der obere Teil des rechten Steuerknüppels längere Zeit demontiert gewesen war und während dieser Zeit Feuchtigkeit eindringen konnte.

In der *«Wartungsliste für das Flugwerk»* und dem *«Prüfprogramm für ältere Luftfahrzeuge, älter als 12 Jahre (25 Jahre)»*, die bei der D-KDEU für die Instandhaltungsarbeiten und Prüfung zur Anwendung kamen, finden sich keine Anweisungen für eine detaillierte Kontrolle der Steuerorgane und Steuergestänge in Bezug auf Riss- oder Korrosionsbildung oder Unversehrtheit des Korrosionsschutzes.

Da die Enden der Stahlrohre der Steuergestänge zugeschweisst waren, konnte die Innenseite der Rohre visuell nicht auf Korrosion überprüft werden. Es ist deshalb naheliegend, dass die Korrosionsbildung im Innern des Stahlrohres des rechten Steuerknüppels bei keiner der Instandhaltungsarbeiten aufgefallen war. Anzeichen von Korrosion wären erkennbar gewesen, wenn der obere Teil des rechten Steuerknüppels demontiert worden wäre.

Die Kontrolle von Stahlrohren, deren Innenseite nicht visuell auf Korrosion überprüft werden kann, setzt eine andere Prüfmethode voraus, wie beispielsweise eine Rissprüfung oder eine Prüfung mittels *Borescope*. Da die vorliegenden, für alle Baumuster der SF 25 geltenden Wartungsanweisungen aber keine solchen detaillierten Vorgehensweisen beinhalten, ist davon auszugehen, dass ähnliche Korrosionserscheinungen bei weiteren Flugzeugen des Musters SF 25 bestehen. Aus diesem Grund sprach die SUST im [Zwischenbericht vom 21. Dezember 2021](#) die Sicherheitsempfehlung Nr. 581 aus (vgl. Kapitel 4.1.1).

2.1.2 Alterungserscheinungen bei älteren Luftfahrzeugen

Bei weiteren Segelflugzeugmustern vergleichbarer Bauweise und mit ähnlichem Herstellungszeitraum zeigte sich ebenfalls Strukturversagen auf Grund von Materialermüdung oder sonstigen Alterungserscheinungen (vgl. Kapitel 1.4.2). Daraus lässt sich schliessen, dass sich die Alterungserscheinungen nicht auf ein einzelnes Luftfahrzeugmuster oder Bauteil beschränken und insbesondere bei älteren Luftfahrzeugen ähnlicher Konstruktionsart auftreten.

Bei diesen Luftfahrzeugen beinhalten die Wartungshandbücher meist keine Vorgaben über die Instandhaltung bei hohen Betriebszeiten und hohem Flugzeugalter in Bezug auf Materialermüdung und -alterung. Solche Vorgaben sind aber notwendig, um bei alternden Luftfahrzeugen die Lufttüchtigkeit sicherstellen zu können. Insbesondere müssen elementare Bauteile eines Luftfahrzeuges, wie beispielsweise die Steuerorgane oder strukturelle Elemente, auf Alterungserscheinungen überprüft werden.

Aus diesem Grund sollten auf supranationaler Ebene entsprechende Vorgaben geschaffen werden, weshalb die SUST eine entsprechende Sicherheitsempfehlung ausspricht (vgl. Kapitel 4.1.2).

2.2 Menschliche und betriebliche Aspekte

2.2.1 Bruch des Steuerknüppels

Die Besatzung führte während der Vorflugkontrolle eine Ruderprobe mit festgehaltenen Steuerflächen und gleichzeitigem Gegendruck am Steuerknüppel durch. Zudem ging der Fluglehrer vor dem Aufrollen auf die Piste die Prüfliste «vor dem Start» durch, die eine Funktionskontrolle aller Steuerflächen beinhaltete. Dies legt nahe, dass der rechte Steuerknüppel bis zu diesem Zeitpunkt kurz vor Beginn des Startlaufes noch nicht gebrochen war.

Der Bruch des Steuerknüppels muss folglich zwischen dem Aufrollen auf die Piste und dem Stillstand des Motorseglers nach dem harten Aufschlag im Gelände aufgetreten sein. Der ungewöhnliche Startverlauf (vgl. Kapitel 2.2.2) deutet darauf hin, dass der Bruch bereits zu einem frühen Zeitpunkt während des Startlaufes bestand und deshalb zur Entstehung des Unfalls beitrug.

2.2.2 Startverlauf

Während des Startlaufes scherte der Motorsegler nach rund 225 m Rollstrecke nach rechts von der Hartbelagpiste auf den angrenzenden Grünstreifen aus. Zu diesem Zeitpunkt muss sich das Flugzeug mit einer Geschwindigkeit bewegt haben, die deutlich über der üblichen Abhebegeschwindigkeit lag, worauf die in der Checkliste publizierte Startrollstrecke von 140 m sowie die von Augenzeugen beobachtete negative Längsneigung des Flugzeuges hinweisen. In dieser Phase rief der Fluglehrer «Querruder, Querruder», da das Flugzeug offenbar nicht wie erwartet auf seine Steuereingaben reagierte. Anschliessend hob der Motorsegler nach 300 m Rollstrecke ab, also erst nach rund der zweifachen publizierten Startrollstrecke, und bewegte sich in eine Richtung, die etwa 30° nach rechts von der Pistenachse abwich (vgl. Kapitel 1.1.3).

Damit lagen mehrere Hinweise vor, die einen Startabbruch nahelegten. Zwei Kriterien sind dabei hervorzuheben, bei denen ein Start abgebrochen werden soll:

- Ausscheren von der Pistenachse (*loss of directional control*);
- Zweifel an der Steuerbarkeit oder allgemeiner an der Flugfähigkeit des Flugzeuges (*doubt about the aircraft's ability to fly*).

Im vorliegenden Fall wurde der Start fortgesetzt, was ursächlich für die Entstehung des Unfalls war.

Mit grosser Wahrscheinlichkeit war der rechte Steuerknüppel zu diesem Zeitpunkt bereits gebrochen, so dass der weitere Flugverlauf nachvollziehbar wird. Der Motorsegler war aufgrund der Konstruktionsweise der Steuerorgane nicht mehr um die Querachse steuerbar, da sich das Höhenruder auch mit dem linken Steuerknüppel nicht mehr betätigen liess (vgl. Kapitel 1.2.2). Einzig die kopflastig eingestellte Höhenrudertrimmung beeinflusste noch die Längsneigung des Flugzeuges. Dies führte dazu, dass der Motorsegler nach dem Abheben nach unten nickte und wieder auf dem Boden aufschlug.

3 Schlussfolgerungen

3.1 Befunde

3.1.1 Technische Aspekte

- Der Motorsegler war zum Verkehr nach Sichtflugregeln zugelassen.
- Eine Abschätzung ergab, dass Masse und Schwerpunkt des Motorseglers zum Unfallzeitpunkt innerhalb der zulässigen Grenzen lagen.
- Die berechnete Startrollstrecke betrug 140 m, die berechnete Gesamtstrecke bis zum Überfliegen des 15 m Hindernisses 365 m.
- Die letzten Instandhaltungsarbeiten wurden am 21. August 2021 bei 8225:40 Betriebsstunden und 20 660 Landungen bescheinigt.
- Das Rohr des rechten Steuerknüppels war oberhalb der Schweissnaht bei der Gelenkgabel gebrochen.
- Am rechten Steuerknüppel waren im Bereich des Bruches die Innenseite des Rohres und die angeschweisste Gelenkgabel stark korrodiert und grossflächig mit losen Korrosionsprodukten belegt.
- Im Bruchbereich des rechten Steuerknüppels sowie an der angeschweissten Gelenkgabel war die Materialstärke durch die Korrosion stark reduziert.
- Auf der Innenseite der beiden Steuerknüppel sowie des Verbindungs- und Torsionsrohres war keine eindeutige Korrosionsschutzschicht erkennbar.

3.1.2 Besatzung

- Der Fluglehrer besass die für den Flug notwendigen Ausweise.

3.1.3 Verlauf des Unfalls

- Am 17. Oktober 2021 um 13:22 Uhr startete der Motorsegler SF 25C «Falke», eingetragen als D-KDEU, auf der Piste 25 des Sonderflugplatzes Dierdorf (EDRW).
- Der Fluglehrer führte alle Steuerorgane und kommentierte dabei seine Ruder-eingaben, die Flugschülerin fühlte am Steuerknüppel und den Seitenruder-Pedalen mit.
- Der Motorsegler rollte mit «gesenkter Nase», das heisst mit einer in dieser Phase ungewöhnlichen, negativen Längsneigung auf der Piste.
- Nach rund 225 m Rollstrecke scherte der Motorsegler nach rechts auf den an die Hartbelagpiste angrenzenden Grünstreifen aus und hob nach rund 300 m Rollstrecke ab.
- Das Flugzeug schlug anschliessend mehrmals wieder im Wiesland auf, kollidierte mit einem Baum und kam schwer beschädigt zum Stillstand.
- Die Besatzung blieb unverletzt. Es brach kein Feuer aus.

3.1.4 Rahmenbedingungen

- Das Wetter war windstill mit einer leichten Bewölkung.

3.2 Ursachen

Eine Sicherheitsuntersuchungsstelle muss sich zum Erreichen ihres Präventionszwecks zu Risiken und Gefahren äussern, die sich im untersuchten Zwischenfall ausgewirkt haben und die künftig vermieden werden sollten. In diesem Sinne sind die nachstehend verwendeten Begriffe und Formulierungen ausschliesslich aus Sicht der Prävention zu verstehen. Die Bestimmung von Ursachen und beitragenden Faktoren bedeutet damit in keiner Weise eine Zuweisung von Schuld oder die Bestimmung von verwaltungsrechtlicher, zivilrechtlicher oder strafrechtlicher Haftung.

Der Unfall, bei dem die Besatzung während des Startlaufes die Kontrolle über den Motorsegler verlor und dieser nach dem Abheben wieder hart auf dem Boden aufschlug, ist darauf zurückzuführen, dass der Start trotz erfüllter Abbruchkriterien fortgesetzt wurde.

Folgender Faktor hat zur Entstehung des Unfalls beigetragen:

- Der rechte Steuerknüppel, der aufgrund starker Korrosion im Rohrrinnern geschwächt war, brach kurz vor oder während des Startlaufes des Motorseglers.

Folgender Faktor wurde als risikoerhöhender Faktor (*factor to risk*) erkannt:

- Es existierte kein adäquates Kontroll- und Prüfprogramm betreffend Materialermüdung oder sonstiger Alterungserscheinungen bei hohen Betriebszeiten und hohem Flugzeugalter.

4 Sicherheitsempfehlungen, Sicherheitshinweise und seit dem Unfall getroffene Massnahmen

4.1 Sicherheitsempfehlungen

Nach internationalen¹³ und nationalen¹⁴ Rechtsgrundlagen richten sich alle Sicherheitsempfehlungen an die Aufsichtsbehörde des zuständigen Staates. In der Schweiz ist dies das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) oder die supranationale Agentur der Europäischen Union für Flugsicherheit (*European Union Aviation Safety Agency* – EASA). Die zuständige Aufsichtsbehörde hat darüber zu entscheiden, inwiefern diese Empfehlungen umzusetzen sind. Gleichwohl sind jede Stelle, jeder Betrieb und jede Einzelperson eingeladen, im Sinne der ausgesprochenen Sicherheitsempfehlungen eine Verbesserung der Flugsicherheit anzustreben.

Die SUST veröffentlicht die Antworten des zuständigen Bundesamtes oder von ausländischen Aufsichtsbehörden unter www.sust.admin.ch und ermöglicht so einen Überblick über den aktuellen Stand der Umsetzung der entsprechenden Sicherheitsempfehlung.

Die Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle erstellte über den vorliegend untersuchten Unfall einen Zwischenbericht, der am 21. Dezember 2021 veröffentlicht wurde. In diesem Zwischenbericht sprach die SUST die Sicherheitsempfehlung Nr. 581 aus. Im Rahmen des Schlussberichts spricht die SUST die Sicherheitsempfehlungen Nr. 586 aus.

4.1.1 Steuerorgane und Steuergestänge des Motorseglers SF 25 «Falke»

4.1.1.1 Sicherheitsdefizit

Bei einem Motorsegler des Musters SF 25C brach direkt oberhalb der Schweissnaht beim Übertragungsgelenk der rechte Steuerknüppel, so dass mit diesem keine Steuereingaben auf Quer- und Höhenruder mehr möglich waren. Aufgrund der Konstruktion war das Querruder mit dem linken Steuerknüppel noch ansteuerbar, nicht aber das Höhenruder.

Die Untersuchung brachte zu Tage, dass das gebrochene Stahlrohr auf der Innenseite stark korrodiert und daher geschwächt war. Gemäss Herstellerzeichnung handelte es sich beim verwendeten Werkstoff um den Baustahl St 35BK (heute E235+C), der eine geringe Korrosionsbeständigkeit aufweist. Es existierten keine Herstelleranweisungen, die eine periodische Kontrolle betreffend Riss- oder Korrosionsbildung oder Unversehrtheit der Korrosionsschutzbeschichtung dieser Steuerorgane vorsahen.

4.1.1.2 Sicherheitsempfehlung Nr. 581

Die Agentur der Europäischen Union für Flugsicherheit (*European Union Aviation Safety Agency* – EASA) sollte in Zusammenarbeit mit dem Luftfahrzeughersteller Scheibe Aircraft GmbH Massnahmen ergreifen, die sicherstellen, dass Motorsegler des Musters SF 25 nur betrieben werden, wenn keine derartigen Korrosionerscheinungen an deren Steuerorganen und Steuergestängen bestehen.

¹³ Anhang 13 der internationalen Zivilluftfahrtorganisation (*International Civil Aviation Organization* – ICAO) sowie Artikel 17 der Verordnung (EU) Nr. 996/2010 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Oktober 2010 über die Untersuchung und Verhütung von Unfällen und Störungen in der Zivilluftfahrt und zur Aufhebung der Richtlinie 94/56/EG.

¹⁴ Artikel 48 der Verordnung über die Sicherheitsuntersuchung von Zwischenfällen im Verkehrswesen (VSZV) vom 17. Dezember 2014, Stand am 1. Februar 2015 (VSZV, SR 742.161)

4.1.2 Erhöhte Alterungserscheinungen bei älteren Luftfahrzeugen

4.1.2.1 Sicherheitsdefizit

Bei einem Motorsegler des Musters SF 25C brach direkt oberhalb der Schweissnaht beim Übertragungsgelenk der rechte Steuerknüppel, so dass mit diesem keine Steuereingaben auf Quer- und Höhenruder mehr möglich waren. Aufgrund der Konstruktion war das Querruder mit dem linken Steuerknüppel noch ansteuerbar, nicht aber das Höhenruder.

Der Motorsegler wurde im Jahr 1977 hergestellt. Die Untersuchung brachte zu Tage, dass das gebrochene Stahlrohr auf der Innenseite stark korrodiert und daher geschwächt war.

Bei weiteren Segelflugzeugmustern vergleichbarer Bauweise und mit ähnlichem Herstellungszeitraum trat ebenfalls Strukturversagen auf Grund von Materialermüdung oder sonstigen Alterungserscheinungen auf.

Bei älteren Luftfahrzeugen ähnlicher Konstruktionsart beinhalten die Wartungshandbücher meist keine Vorgaben über die Instandhaltung bei hohen Betriebszeiten und hohem Flugzeugalter in Bezug auf Materialermüdung und -alterung. Solche Vorgaben sind aber notwendig, um bei alternden Luftfahrzeugen die Lufttüchtigkeit sicherstellen zu können. Insbesondere müssen elementare Bauteile eines Luftfahrzeuges, wie beispielsweise die Steuerorgane oder strukturelle Elemente, auf Alterungserscheinungen überprüft werden.

Ein standardisierter Prozess zum Erstellen eines Sonderprüfprogrammes für ältere Luftfahrzeuge der Allgemeinen Luftfahrt (*General Aviation*) auf Ebene der supranationalen Aufsichtsbehörde besteht bisher nicht.

4.1.2.2 Sicherheitsempfehlung Nr. 586

Die Agentur der Europäischen Union für Flugsicherheit (*European Union Aviation Safety Agency – EASA*) sollte für ältere Luftfahrzeuge, die eine ähnliche Konstruktionsart wie die Scheibe SF 25 aufweisen, Vorgaben über die Instandhaltung bei hohen Betriebszeiten und hohem Flugzeugalter in Bezug auf Materialermüdung und -alterung schaffen.

4.2 Sicherheitshinweise

Keine

4.3 Seit dem Unfall getroffene Massnahmen

Die der SUST bekannten Massnahmen werden im Folgenden kommentarlos aufgeführt.

Die Scheibe Aircraft GmbH als Halter des Baumusterzeugnisses (*Type Certificate Holder – TC Holder*) des Flugzeugmusters SF 25 teilte am 8. Dezember 2021 aufgrund der zu diesem Zeitpunkt vorliegenden Untersuchungsergebnisse mit, dass zeitnah ein Punkt in die Wartungsliste aufgenommen werde, in dem auf die genauere Begutachtung der Steuerung auf Korrosion bzw. auf Verformung durch innere Korrosion im Bereich von Schweissnähten an der Steuerung hingewiesen wird.

Am 2. März 2022 veröffentlichte die Scheibe Aircraft GmbH das *Service Bulletin* (SB) 653-96 betreffend umgehende Kontrolle der Steuerknüppel auf Korrosion. Werden Anzeichen von Korrosion festgestellt, müssen die betroffenen Steuerknüppel durch neue ersetzt werden.

Am 11. März 2022 veröffentlichte die Agentur der Europäischen Union für Flugsicherheit (*European Union Aviation Safety Agency – EASA*) das auf dem SB 653-96 basierende *Emergency Airworthiness Directive* 2022-0043-E.

Der Hersteller überprüfte bis am 30. August 2022 bei mehr als 300 Motorseglern des Typs SF 25 C die Steuerungen. Bei 15 Flugzeugen konnte eine stärkere Korrosion festgestellt werden. Diese Steuerungen wurden sofort aus dem Verkehr gezogen. Jedoch konnte an keiner dieser 15 betroffenen Steuerungen eine so starke Schwächung des Materials festgestellt werden, dass es zum Versagen der Steuerung hätte kommen können.

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

Bern, 28. März 2023

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle