



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. 2403 der Schweizerischen Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST

über den Unfall des Motorflugzeuges
Maule M-7-235, N561LC,

vom 24. März 2018

in Arosa (GR)

Allgemeine Hinweise zu diesem Bericht

Der alleinige Zweck der Untersuchung eines Flugunfalls oder eines schweren Vorfalls ist die Verhütung von Unfällen oder schweren Vorfällen. Es ist ausdrücklich nicht Zweck der Sicherheitsuntersuchung und dieses Berichts, Schuld oder Haftung festzustellen.¹

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

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 der Schweiz gültigen Normalzeit (*Local Time* – LT) angegeben, die zum Unfallzeitpunkt der mitteleuropäischen Zeit (MEZ) entspricht. Die Beziehung zwischen LT, MEZ und koordinierter Weltzeit (*Coordinated Universal Time* – UTC) lautet:

LT = MEZ = UTC + 1 h.

¹ 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)

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

Zusammenfassung

Luftfahrzeug	Maule M-7-235	N561LC		
Halter	Privat			
Eigentümer	Privat			
Pilot	Schweizer Staatsangehöriger, Jahrgang 1945			
Ausweis	Berufspilotenlizenz für Flugzeuge (<i>Commercial Pilot Licence Aeroplane</i> – CPL(A)) nach der Europäischen Agentur für Flugsicherheit (<i>European Aviation Safety Agency</i> – EASA), ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt. Tauglichkeitszeugnis der Klasse 2.			
Flugstunden	insgesamt	1812:27 h	während der letzten 90 Tage	10:55 h
	auf dem Unfallmuster²	162:19 h	während der letzten 90 Tage	3:25 h
Ort	in Arosa (GR)			
Koordinaten	771 483 / 182 812 (<i>Swiss Grid</i> 1903)	Höhe	1615 m/M	
	N 46°46'27.8" E 009°41'03.0" (WGS 84)			
Datum und Zeit	24. März 2018, 15:09 Uhr			
Flugregeln	Sichtflugregeln (<i>Visual Flight Rules</i> – VFR)			
Betriebsart	Privat			
Startort	Arosa			
Zielort	Unbekannt			
Flugphase	Start			
Unfallart	Kollision mit Hindernis			

Personenschaden

Verletzungen	Besatzungsmitglieder	Passagiere	Gesamtzahl der Insassen	Drittpersonen
Tödlich	1	1	2	0
Erheblich	0	0	0	0
Leicht	0	0	0	0
Keine	0	0	0	Nicht zutreffend
Gesamthaft	1	1	2	0

Schaden am Luftfahrzeug Zerstört

Drittschaden Die Fussgänger-Hängebrücke über den Welschtobelbach wurde stark beschädigt

² Angabe gemäss dem einzig vorliegenden Flugbuch des Piloten mit erster Eintragung vom 3. Februar 2015, sowie dem Flugreisebuch des Flugzeuges.

1 Sachverhalt

1.1 Vorgeschichte und Flugverlauf

1.1.1 Allgemeines

Für die folgende Beschreibung von Vorgeschichte und Flugverlauf standen Berichte von Augenzeugen sowie eine Vielzahl von Videoaufnahmen und Fotos zur Verfügung. Es handelte sich um einen privaten Passagierflug.

1.1.2 Angaben zum Anlass

Zum Gedenken an „80 Jahre Winterluftpost in den Bündner Alpen“ organisierte der Aeroclub Ostschweiz (AeCO) zusammen mit der Schweizerischen Gletscherpiloten Vereinigung (SGPV) den Anlass „Fly-in 2018 Arosa-Lenzerheide“. Dieser war vom Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) bewilligt worden und ermöglichte den Flugbetrieb auf den drei temporären Gebirgslandeplätzen Isla-Arosa, Heidsee-Lenzerheide und Foppa-Churwalden während eines Wochenendes.

Für Landungen auf dem Landeplatz Isla-Arosa zugelassen waren nur angemeldete und erfahrene Piloten, die über eine Berechtigung für Landungen im Gebirge (*Mountain Rating* – MOU) verfügten. Zudem mussten diese Piloten den Landeplatz Isla-Arosa vor ihrer ersten Landung terrestrisch rekognosziert haben oder anlässlich einer früheren Veranstaltung bereits einmal dort gelandet sein.

Das Fly-In sollte zunächst am 3. März 2018 stattfinden, wurde dann aber infolge ungünstiger Wetterbedingungen mehrfach um eine Woche verschoben. Am 24. März 2018 herrschten schliesslich ausgezeichnete Wetter- und Schneebedingungen, sodass der Anlass durchgeführt werden konnte. Für diesen Samstag waren 29 Piloten zur Teilnahme am Fly-In angemeldet.

1.1.3 Vorgeschichte

Um 09:37 Uhr startete der Pilot mit dem als N561LC eingetragenen Motorflugzeug Maule M-7-235 auf dem Flugplatz Kägiswil (LSPG), wo das Flugzeug stationiert war. Mit ihm an Bord befand sich eine Passagierin, die den rechten Pilotensitz besetzte. Nach einem Flug von 52 Minuten Dauer landete er zunächst auf dem Landeplatz Foppa-Churwalden. Der Start von diesem Landeplatz zum Weiterflug nach Isla-Arosa erfolgte um 13:15 Uhr (vgl. Abbildung 1).



Abbildung 1: Die Maule N561LC beim Start vom Landeplatz Foppa-Churwalden.

Der Start der N561LC vom Landeplatz Foppa-Churwalden wurde von einem am Anlass teilnehmenden Piloten beobachtet. Dieser beschrieb die zurückgelegte Startstrecke als die längste aller Flugzeuge, die er beobachtete. Die Landeklappen des Flugzeuges waren dabei auf ihre Startstellung von 24° gesetzt (vgl. Kapitel 1.4.4). Das Heckfahrwerk war vom Boden abgehoben, und das Höhenruder befand sich in neutraler Stellung (vgl. Abbildung 1).

Die Landung auf dem Landeplatz Isla-Arosa erfolgte um 13:28 Uhr. Die Landeklappen befanden sich dabei ebenfalls in der Startstellung (vgl. Abbildung 2). Nachdem der Pilot und seine Passagierin das Flugzeug verlassen hatten, befanden sie sich in der Reiseflugstellung von -7° . In dieser Stellung verblieben sie, bis der Pilot wieder bereit war für den Start. Zum Zielort des geplanten Fluges liegen keine Angaben vor.



Abbildung 2: Die Maule N561LC im Anflug auf den Landeplatz Isla-Arosa mit der durch Werbebanner markierten Fussgänger-Hängebrücke über den Welschtobelbach im Vordergrund. Die Fotografie entstand aus dem Zuschauerbereich mit Blickrichtung nach Süden.

1.1.4 Flugverlauf

Um 15:07 Uhr verliess die N561LC ihre Parkposition. Die Landeklappen waren dabei unverändert auf eine Stellung von -7° gesetzt. Um das Flugzeug in Bewegung zu setzen, war eine auffallend hohe Motorleistung erforderlich sowie die Unterstützung einer Hilfsperson an der linken Flügelstrebe. Nach einer Reduktion der Motorleistung blieb das Flugzeug sogleich wieder stehen und setzte sich erst nach einer Leistungserhöhung wieder in Bewegung.

Der Pilot steuerte das Flugzeug durch eine Linkskurve bis in eine Startposition am rechten Pistenrand und erhöhte dann die Triebwerksleistung auf Startleistung. Das Flugzeug beschleunigte daraufhin entlang einer geradlinigen Bahn, die es in Richtung der linken Pistenmarkierungen führte. Das Höhenruder des Flugzeuges befand sich dabei in neutraler Stellung. Das Heckfahrwerk verblieb am Boden.

Nachdem das Flugzeug rund die Hälfte des markierten Pistenbereichs hinter sich gelassen hatte, passierte es eine Reihe von Bodenunebenheiten. Dabei brachte der Pilot das Höhensteuer stufenweise bis in die vollständig gezogene Stellung, wo es bis zum Ende des Startlaufs verblieb. Eine dieser Bodenunebenheiten erschütterte das Flugzeug dergestalt, dass sich die Verriegelung der rechten Kabinentüre löste und sich diese einen Spalt weit öffnete (vgl. Abbildung 3).



Abbildung 3: Die Maule N561LC während ihres Startlaufs etwa in der Mitte des markierten Pistenbereichs. Die Landeklappen sind auf eine Stellung von -7° gesetzt, das Höhenruder befindet sich in gezogener Stellung, die rechte Tür ist einen Spalt weit geöffnet. Da die Aufnahme einer Videoaufzeichnung entstammt, ist die Bildqualität reduziert.

Nach den letzten Pistenmarkierungen erfolgte eine deutliche Richtungsänderung nach rechts. Die Ski berührten jetzt nur noch streckenweise die Schneefläche und hinterliessen dabei nur noch schwache Spuren. Das Heckfahrwerk hingegen schlug weiterhin und wiederholt auf der Schneefläche auf, was Schneefahnen im Luftschraubenstrahl des Flugzeuges verursachte (vgl. Abbildung 4).



Abbildung 4: Die Maule N561LC während ihres Startlaufs nach erfolgter Richtungsänderung. Erkennbar sind die Unterseiten der Ski und eine durch das Aufschlagen des Heckfahrwerks auf der Schneefläche hervorgerufene Schneefahne hinter dem Flugzeug.

Um 15:09 Uhr, nach einem Startlauf von rund 600 m Länge und 26 s Dauer, setzten die Ski 15 m vor der Hängebrücke hart auf ansteigendes Gelände auf. Das Flugzeug hob dadurch schlagartig ab und kollidierte unmittelbar darauf mit der Hängebrücke. Der Motor wurde vom Rumpf abgetrennt und kam zum Stillstand. Das Flugzeug blieb an den Tragseilen der Brücke hängen, wobei das Heck noch den Boden berührte (vgl. Abbildung 5).



Abbildung 5: Pistenbereich mit blau eingetragendem Startverlauf und Unfallstelle im Vordergrund, aufgenommen vom Gegenhang aus mit Blickrichtung nach Süden.

Beide Insassen wurden durch den heftigen Aufprall tödlich verletzt. Es brach ein Feuer aus, das durch zufällig anwesende Feuerwehrleute rasch unter Kontrolle gebracht werden konnte. Das Flugzeug wurde zerstört und wies im vorderen Bereich der Kabine Brandspuren auf. Die Hängebrücke über den Welschtobelbach wurde stark beschädigt und musste zur Bergung des Flugzeugwracks durchtrennt werden.

1.2 Unfallstelle

Die Fussgänger-Hängebrücke, mit der das Flugzeug kollidierte, lag neben der Abwasser-Reinigungsanlage (ARA) von Arosa auf einer Höhe von 5300 ft über Meer (1615 m/M). Unmittelbar nördlich davon befand sich der Standort des Flugdienstleiters und ein Zuschauerbereich, von wo aus sowohl der An- und Abflugweg als auch der Pistenbereich eingesehen werden konnten (vgl. Abbildung 6).

Die Schneefläche im Pistenbereich war bis zur Hängebrücke hin kompakt und gleichmässig präpariert worden und wies eine hohe Tragfähigkeit auf. Die Neigung der präparierten Schneefläche betrug über die ganze Länge durchgehend rund 3 %. Die Schneefläche nördlich der Brücke war eben und liess ein Befahren mit Fahrzeugen bis kurz vor die Hängebrücke zu.

Die Pistenlänge wurde mit 550 m angegeben. Der durch Fähnchen markierte Bereich (vgl. Abbildung 5) umfasste eine Länge von rund 450 m. Die gesamte Startstrecke bis zur Fussgänger-Hängebrücke, mit der das Flugzeug kollidierte, betrug rund 620 m. Der Standort des Flugdienstleiters und der Zuschauerbereich befanden sich rund 90 m nördlich der Fussgänger-Hängebrücke (vgl. Anlage 1).

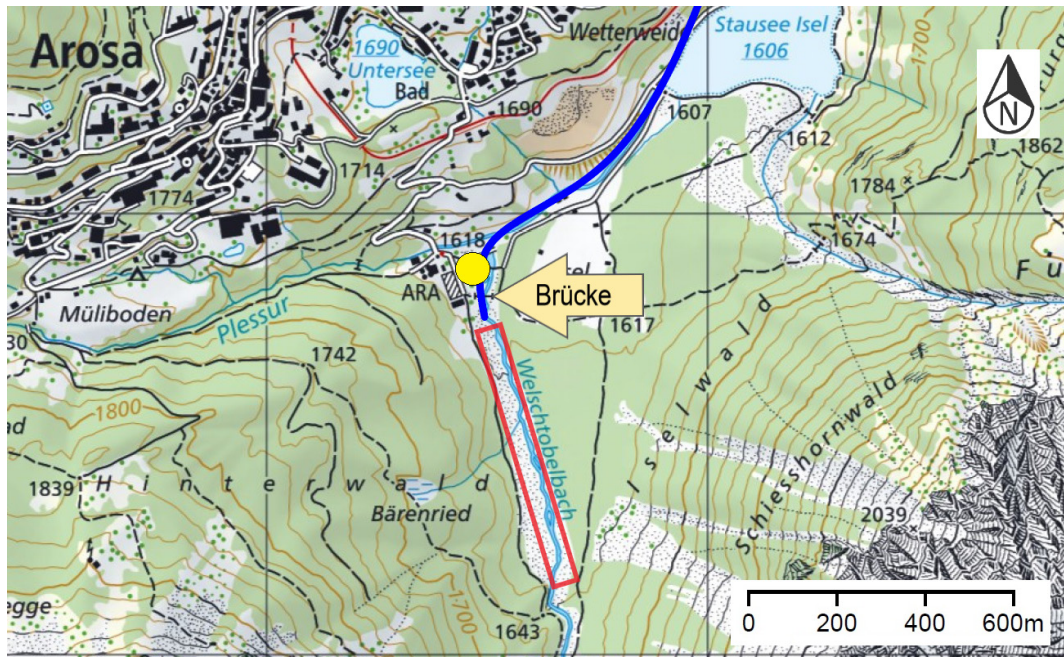


Abbildung 6: Pistenbereich (rot), Standort des Flugdienstleiters und Zuschauerbereich (gelber Punkt), vorgesehener Flugweg für An- und Abflüge (blau), und Fussgänger-Hängbrücke über den Welschtobelbach (Pfeil). Quelle der Basiskarte: Bundesamt für Landestopografie.

1.3 Meteorologische Angaben

1.3.1 Allgemeine Wetterlage

Die Alpen lagen zwischen tiefem Druck über der Biskaya und hohem Druck über dem Baltikum. Blockierte Kaltluft in der Poebene und dem Aostatal hatte geringfügig höheren Druck südlich der Alpenübergänge zur Folge.

1.3.2 Wetter zum Zeitpunkt und am Ort des Unfalls

Das Wetter war sonnig und windschwach. Die folgenden Angaben basieren auf einer räumlichen und zeitlichen Interpolation der Beobachtungen verschiedener Wetterstationen sowie einer Fotografie, die das startende Flugzeug zusammen mit einem Windsack zeigt.

Wetter / Wolken	Sonnig und wolkenlos
Sicht	40 km
Wind	170 Grad, 3 kt
Temperatur/Taupunkt	-1 °C / -10 °C
Luftdruck (QNH)	1000 hPa (Druck reduziert auf Meereshöhe, berechnet mit den Werten der ICAO ³ -Standardatmosphäre)

1.3.3 Astronomische Angaben

Beleuchtungsverhältnisse	Tag
Sonnenstand	Azimut: 230 Grad Elevation: 33 Grad

³ ICAO: *International Civil Aviation Organization*, Internationale Zivilluftfahrtorganisation

1.4 Angaben zum Luftfahrzeug

1.4.1 Allgemeine Angaben

Luftfahrzeugmuster	Maule M-7-235 „ <i>Super Rocket</i> “
Hersteller	Maule Aerospace Technology Inc., U.S.A.
Charakteristik	Einmotoriges, vier- bis fünfsitziges Leichtflugzeug, ausgeführt als abgestreifter Hochdecker mit Festfahrwerk in Heckradanordnung
Triebwerk	Lycoming O-540, luftgekühlter Kolbenmotor mit 6 Zylindern in Boxeranordnung, mit einer Startleistung von 235 PS bei 2400 RPM ⁴ .
Propeller	McCauley Dreiblatt-Verstellpropeller
Ski	MSW Indelco
Höchstzulässige Masse	1134 kg
Abrissgeschwindigkeiten	53 KIAS ⁵ mit Landeklappen auf Stellung 0° 45 KIAS mit Landeklappen auf Stellung 48°
Betriebsstunden	Zelle: 2064 h TSN ⁶ Triebwerk: 4834 h TSN, 727 h TSO ⁷ Propeller: 563 h TSN, 53 h TSO
Unterhalt	100-h-Kontrolle am 2. November 2017 bei 2062 h

1.4.2 Masse und Schwerpunktlage

Der Treibstoffvorrat zum Unfallzeitpunkt konnte nicht mehr ermittelt werden. Die Massen der Insassen und die Tankvolumen lassen jedoch den Schluss zu, dass sich sowohl die Masse als auch die Schwerpunktlage des Flugzeuges innerhalb der gemäss Luftfahrzeughandbuch (*Aircraft Flight Manual – AFM*) zulässigen Grenzen befanden.

1.4.3 Spezielle Eigenschaften

Die Maule M-7-235 „*Super Rocket*“ ist gemessen an ihrem Gewicht ein sehr stark motorisiertes Flugzeug. Im Vergleich zu anderen Flugzeugen fällt dieses Flugzeug durch kurze Startstrecken und steile anfängliche Steigflüge auf. Das AFM enthält keine Leistungsangaben. Piloten gehen davon aus, dass das Flugzeug in jeder Situation über grosse Leistungsreserven verfügt.

Aufgrund der Leistungsreserven des Flugzeugs ist es nicht unüblich, während des Startvorgangs auf ein Anheben des Hecks zwecks Verminderung des induzierten Widerstands zu verzichten und in Dreipunktlage abzuheben⁸. Damit kann gleichzeitig eine Instabilität um die Hochachse vermieden werden, die beim Rotieren des

⁴ RPM: *Revolutions Per Minute*, Umdrehungen pro Minute

⁵ KIAS: *Knots Indicated Air Speed*, angezeigte Fluggeschwindigkeit in Knoten

⁶ TSN: *Time Since New*, Betriebszeit seit Herstellung

⁷ TSO: *Time Since Overhaul*, Betriebszeit seit Überholung

⁸ Die mit der Auftriebserzeugung der Flügel einhergehende Bildung von Randwirbeln, für den Piloten spürbar als sog. induzierter Widerstand, setzt bei Heckradflugzeugen schon zu Beginn des Startlaufs ein, weil sich der Flügel bereits im Stillstand im auftriebserzeugenden Anstellwinkelbereich befindet. Ein Aufstossen des Hecks zu Beginn des Startvorgangs reduziert deshalb die Bremswirkung durch induzierten Widerstand.

Flugzeuges um die Querachse durch die Präzession des Propellers entstehen würde.

Die beidseits vorhandenen Türen für den Zugang zu den Vordersitzen sind von filigraner Bauart und werden nach dem Schliessen verriegelt, indem ein Verriegelungsknopf um einige Millimeter entlang einer Blechkulisse bewegt wird. Eine schnelle Abnutzung der Blechkulisse und eine unzuverlässige Verriegelung der Türen sind dieser Bauart inhärent.

Die Tür für den Zugang zu den hinteren Sitzen und zum Gepäckraum befindet sich auf der rechten Seite des Flugzeuges und ist von derselben Bauart wie die vorderen Türen. Ausgefahrene Landeklappen behindern diesen Zugang oder verhindern je nach deren Stellung gar das Öffnen der Tür.

1.4.4 Landeklappensystem

Die Landeklappen sind als einfache Wölbklappen ausgeführt. Mittels eines Handhebels können diese vom Piloten mechanisch in eine der fünf möglichen Stellungen -7° , 0° , 24° , 40° oder 48° gebracht werden (vgl. Anlage 2). Dazu muss der Pilot zunächst mit dem Daumen seiner rechten Hand einen Entriegelungsknopf am Ende des Handhebels drücken, analog zum Lösen einer Fahrzeughandbremse.

Im Gegensatz zu Fahrzeughandbremsen und vergleichbaren Konstruktionen anderer Flugzeughersteller muss der Entriegelungsknopf auch zum Ziehen des Handhebels nach oben, also zum Ausfahren der Landeklappen, gedrückt werden. Konstruktionsbedingt gelingt diese Entriegelung jedoch nur dann, wenn auf den Handhebel weder Zug nach oben noch Druck nach unten ausgeübt wird. Bereits geringe Kräfteinwirkungen auf den Handhebel verhindern die Entriegelung.

Bei einer Landeklappenstellung von -7° , die für den Reiseflug zur Reduktion des Luftwiderstandes vorgesehen ist, befindet sich der Handhebel in horizontaler Lage unmittelbar über dem Kabinenboden zwischen den Vordersitzen. In dieser Lage kann er vom Piloten auch mit ausgestrecktem rechten Arm nicht erreicht werden. Um den Handhebel ergreifen zu können, muss der Pilot seinen Oberkörper zwangsläufig stark nach vorne neigen (vgl. Abbildung 7).



Abbildung 7: Ein Pilot beim Ergreifen des Handhebels zur Verstellung der Landeklappen, links mit den Landeklappen in Landstellung 48° , rechts in Reiseflugstellung -7° .

Gelegentlich wird mit Flugzeugen des vorliegenden Musters eine Starttechnik angewandt, bei der die Landeklappen erst am Ende des Startlaufs ausgefahren werden (vgl. Kapitel 1.6). Die damit verbundene Veränderung der Körperhaltung kurz vor dem Abheben behindert jedoch die Steuerung. Der Umstand, dass eigens zur Verbesserung dieser Situation eine Verlängerung des Handhebels nach oben hin erdacht und zugelassen wurde, veranschaulicht diese Problematik⁹.

⁹ <http://www.ezflaphandle.com/>

1.4.5 Betriebliche Vorgaben und Empfehlungen

Für den normalen Start empfiehlt der Hersteller gemäss Luftfahrzeug-Flughandbuch eine Landeklappenstellung von 24° und für den anfänglichen Steigflug über Hindernisse eine Fluggeschwindigkeit von 65 KIAS. Damit lässt sich das bestmögliche Steigen pro zurückgelegte Flugstrecke erzielen („*Best Angle of Climb*“, vgl. Anlage 2).

Für den Start bei böigem Seitenwind wird eine Stellung von 0° empfohlen. Die dazu angegebene Geschwindigkeit von 78 KIAS ermöglicht das bestmögliche Steigen pro Zeiteinheit („*Best Rate of Climb*“). Starts und Landungen mit einer Landeklappenstellung von -7° werden ohne Angabe einer zugehörigen Geschwindigkeitsempfehlung als „*optional*“ bezeichnet.

Der Hersteller verwies auf Nachfrage auf das AFM, wonach Starts mit einer Landeklappenstellung von -7° möglich seien und das Flugzeug damit die „*CAR 3 takeoff climb requirements*¹⁰“ erfülle. Die empfohlene Landeklappenstellung sei jedoch 24°, und ein erfahrener Pilot sei sich bewusst, dass Stellungen von -7° oder 0° bei Starts von hochgelegenen und kurzen Pisten nicht zur Anwendung kämen.

1.5 Feststellungen am Wrack

1.5.1 Triebwerk

Eine Untersuchung des Motors und der Auspuffanlage ergab keine Hinweise auf vorbestehende Mängel, die zu einer verminderten Leistungsabgabe des Motors während des Starts hätten führen können. Das Beschädigungsbild des Propellers weist zudem auf eine hohe Motorleistung zum Zeitpunkt des Aufpralls hin.

1.5.2 Steuerflächen und Landeklappen

Die Steuerflächen des Flugzeuges und deren Verbindungen zu den Steuerorganen im Cockpit durch Steuerseile und Umlenkrollen wurden ebenso wie das Landeklappensystem in Augenschein genommen. Dabei konnten keine Hinweise auf vorbestehende Mängel festgestellt werden.

1.5.3 Steuerorgane im Cockpit

Die Höhenrudertrimmung befand sich in Startstellung. Der Landeklappenhebel war auf eine Landeklappenstellung von 0° gesetzt. Eine spurenkundliche Untersuchung des Verstellmechanismus durch das Forensische Institut Zürich (FOR) ergab jedoch, dass er bei der Kollision auf eine Landeklappenstellung von -7° gesetzt war und erst infolge der kollisionsbedingt einwirkenden Kräfte in die vorgefundene Stellung gelangte.

1.5.4 Fahrwerk und Ski

Das Hauptfahrwerk und beide Ski wiesen keine Anzeichen vorbestehender Mängel auf. Die Ski waren sowohl für den Flugzeugtyp als auch für den Landeplatz geeignet. Die Skibeläge entsprachen einem im Wintersport gebräuchlichen Standard.

Die Skibeläge waren ungleichmässig mit Wachs in bemerkenswerter Schichtdicke bedeckt. Das Wachs war offensichtlich in flüssiger Form aufgetragen worden, ohne dieses anschliessend gleichmässig auf dem Belag zu verteilen und abziehen (vgl. Abbildung 8).

¹⁰ CAR 3: *Civil Air Regulations, Part 3*. Es handelt sich dabei um Zulassungsvorschriften für Flugzeuge. Ein Flugzeug, welches die genannten *takeoff climb requirements* erfüllt, ist unter anderem in der Lage, auf Meereshöhe eine Steigrate von mindestens 300 ft pro Minute zu erzielen.



Abbildung 8: Belag eines Skis mit Laufrichtung nach oben, mit der Klinge eines Schraubenziehers zum Grössenvergleich. Gut erkennbar ist die ungleichmässig und in flüssiger Form aufgetragene Wachsschicht mit einer vom Schraubenzieher eingebrachten Furche.

Der betroffene Pilot übergab die Ski dem Unterhaltsbetrieb zur Montage an das Flugzeug. Die Montage erfolgte anlässlich der letzten 100-h-Kontrolle vom 2. November 2017. Vor dem Unfallflug wurden mit den frisch gewachsenen Ski zwei Landungen und ein Start auf Schnee ausgeführt, alle am Tag des Unfalls.

Das Heckfahrwerk mit einem Heckrad von 8 Zoll Durchmesser und der Heckski befanden sich in einem normalen Zustand. Beide entsprachen einer in der Gebirgsfliegerei gebräuchlichen Bauart, bei der ein Teil des Heckrads permanent unter dem Ski herausragt (vgl. Abbildung 1).

1.5.5 Instrumente

Die Flug- und Motorinstrumente wurden ausgebaut und dem FOR zum Zweck einer spurenkundlichen Untersuchung zugeführt. Die von den Zeigern der Instrumente im Moment des Aufpralls auf den Zifferblättern hinterlassenen Spuren deuten auf eine Geschwindigkeit von 80 kt¹¹, einen Ladedruck zwischen 24 und 28 inHg (*inches of mercury*, Zoll Quecksilber) und eine Drehzahl von 2400 RPM hin.

1.6 Übliche Betriebsverfahren im Gebirgsflug

Landungen auf Gebirgslandeplätzen mit einem Gefälle erfolgen unabhängig von der Windrichtung bergaufwärts und mit Landeklappen in Startstellung. Anschliessende Kurven am Boden werden aufgrund aerodynamischer Effekte der in der Regel rechtsdrehenden Propeller bevorzugt nach links ausgeführt. Starts erfolgen bergabwärts mit unveränderter Landeklappenstellung und Höhenrudertrimmung.

Bei Zwischenstopps wird der Motor zudem durch Ausschalten der Zündung stillgelegt, sodass der Gemischregler in der Stellung für maximale Leistung verbleiben kann, die im Steigflug zum Gebirgslandeplatz ermittelt worden war. Starts von Ge-

¹¹ Aus der angezeigten Geschwindigkeit von 80 kt lässt sich unter Berücksichtigung der atmosphärischen Bedingungen eine Aufprallgeschwindigkeit von rund 165 km/h ermitteln.

birgslan­deplät­zen er­fol­gen des­halb mit den­sel­ben Ein­stel­lun­gen, die von den be­tre­f­fen­den Pi­lo­ten noch kurz zu­vor selbst vor­ge­nom­men wur­den. Sys­te­ma­ti­sche Kon­trol­len mit­tel­ts Check­lis­ten wer­den des­halb oft nicht durch­ge­führt.

Ge­legent­lich wer­den die Lan­de­klap­pen zum Ab­he­ben ei­nes Flug­zeu­ges vom Bo­den über die wäh­rend des Start­lauf­es ge­setz­te Stel­lung hi­naus aus­ge­fah­ren. Da­mit kann ei­ne tie­fe Ab­he­be­ge­schwin­dig­keit er­reicht wer­den, ohne wäh­rend des Start­lauf­es ei­nen ho­hen Wi­der­stand der Lan­de­klap­pen in Kauf zu neh­men. Der Nach­teil der ver­min­de­ten Steig­lei­stung wie­gt nicht schwer, so­fern wie auf Gebirgs­lan­de­plät­zen üblich nach dem Ab­he­ben im Sink­flug be­schleu­nigt wer­den kann.

1.7 **Angaben zum Piloten**

Der Pi­lot war als Mit­ei­gen­tü­mer des ver­un­fall­ten Flug­zeu­ges mit die­sem ver­traut. Den Lan­de­platz Isla-Arosa kannte er von der letz­tmaligen Ver­an­stal­tung im Jahr 2015, als er zu­sam­men mit dem Mit­ei­gen­tü­mer ei­nen Start mit ei­ner ge­woll­ten Lan­de­klap­pen­stel­lung von 0° aus­führte.

Der Pi­lot ver­fügte über ei­ne Be­rech­ti­gung als Flug­lehrer für Gebirgs­lan­dun­gen (*Mountain Rating Instructor*– MI). Die Auf­zeich­nun­gen bein­hal­ten in­ge­sam­ 3181 Gebirgs­lan­dun­gen. Davon er­folg­ten 10 Gebirgs­lan­dun­gen in den letz­ten zwei Jah­ren vor dem Un­fall­tag, die letz­ten zwei im Mai 2017. Als Berg­führer ver­fügte der Pi­lot ge­nere­ll über ei­ne gros­se Er­fah­rung im Al­pinis­mus.

1.8 **Medizinische Feststellungen und Überlebarkeit**

Die vor­ne rechts sit­zen­de Pas­sa­gierin er­litt beim Auf­prall un­mit­tel­bar tödliche Ver­let­zun­gen.

Der Pi­lot wurde beim Auf­prall schwer ver­letzt und in kri­ti­schem Zu­stand in ein Spi­tal ge­flogen, wo er we­ni­ge Stun­den spä­ter ver­starb.

Die Leiche des Pi­lo­ten wurde ei­ner rechts­me­di­zi­ni­schen Un­ter­suchung un­ter­zo­gen. Der Pi­lot ver­starb an der Fol­ge der beim Un­fall er­littenen, schwer­sten Ver­let­zun­gen. Die durch­ge­führten toxikolo­gi­schen Un­ter­suchun­gen er­ga­ben kei­ne rele­van­ten Befun­de.

In der Ge­samtschau der Befun­de war der Flug­un­fall – trotz des un­mit­tel­ba­ren Über­lebens des Pi­lo­ten – nicht oder höchstens zu­fäll­ig über­leb­bar.

2 Analyse

2.1 Technische Aspekte

Die Leistungsabgabe des Triebwerks während des Startvorgangs entsprach der zu erwartenden Startleistung. Darauf weisen die Resultate der spurenkundlichen Untersuchung der Instrumente hin. Auch die Untersuchung des Motors, die Videoaufnahmen des Startvorgangs und das Beschädigungsbild des Propellers bestätigten dies.

Das Wachsen der Ski war durch tropfenförmiges Auftragen von Heisswachs erfolgt. Das Verteilen des Heisswachses über den ganzen Belag erfolgte nur ansatzweise, das Abziehen des abgekühlten Wachses gar nicht. Da seit dem Wachsen erst zweimal auf Schnee gelandet und einmal gestartet wurde, verblieb ein Grossteil des Wachses auf dem Belag und behinderte so die Beschleunigung des Flugzeuges beim Start.

Neben dem Zustand der Skibeläge konnten keine weiteren Anhaltspunkte für vorbestehende technische Mängel ermittelt werden, die den Unfall hätten verursachen oder beeinflussen können.

2.2 Aerodynamische Aspekte

Die Landeklappenstellung von -7° liess ein Abheben des Flugzeuges vom Boden gemäss Herstellerangaben grundsätzlich zu. Für das Flugzeug auf Ski galt dies umso mehr, als der in Dreipunktlage erzielbare Anstellwinkel durch das Aufsetzen des Hauptfahrwerks auf die Ski noch vergrössert war. Allerdings war aufgrund dieser Konfiguration des Flugzeugs mit einer höheren Abhebegeschwindigkeit und einem wesentlich flacheren anfänglichen Steigflug zu rechnen als mit der empfohlenen Landeklappenstellung von 24° .

Der während des Startvorgangs mit Geschwindigkeit und Anstellwinkel zunehmende induzierte Widerstand kommt zwar einerseits einer Bremswirkung gleich (vgl. Kapitel 1.4.3), andererseits vermindert die damit verbundene Auftriebserzeugung aber auch das Gewicht auf dem Fahrwerk, was die Beschleunigung begünstigen kann. Im vorliegenden Fall wählte der Pilot während des gesamten Startlaufs den maximal möglichen Anstellwinkel und nahm damit auch den grösstmöglichen induzierten Widerstand in Kauf. Dies erzeugte noch eine zusätzliche Bremswirkung durch das in den Schnee gedrückte Heckrad.

2.3 Menschliche und betriebliche Aspekte

2.3.1 Flugvorbereitung

Der Start vom Landeplatz Foppa-Churwalden wies eine auffallend lange Startstrecke auf. Der Anstellwinkel des Flugzeugs während des Beschleunigungsvorgangs war gering (vgl. Abbildung 1), sodass eine Bremswirkung durch induzierten Widerstand oder ein in den Schnee gedrücktes Heckrad entfiel. Somit konnte das trotz präparierter Piste geringe Beschleunigungsvermögen nur in Zusammenhang mit dem Zustand der Skibeläge stehen.

Damit lag vor dem Start vom Landeplatz Isla-Arosa ein Hinweis auf die unzureichenden Gleiteigenschaften der Ski vor, der für den Piloten mit grosser Erfahrung im Gebirgsflug grundsätzlich erkennbar war. Das geringe aktuelle Training kann es dem Piloten jedoch erschwert haben, diesen Hinweis zu erkennen. Zudem kann ihn ein grosses Vertrauen in die hohen Leistungsreserven des Flugzeugs dazu bewogen haben, diesem Hinweis zu wenig Beachtung zu schenken.

Die Absicht des Piloten bezüglich der Landeklappenstellung für den Start konnte nicht ermittelt werden. Die tatsächliche Landeklappenstellung von -7° war für den vorliegenden Start gänzlich ungeeignet und entsprach deshalb sicher nicht der Absicht des Piloten. Damit bleiben noch die folgenden drei Szenarien denkbar, wobei es in Bezug auf die Findung der kausalen Unfallursachen letztlich unerheblich ist, welches dieser Szenarien zutreffend war.

- (1) Der Pilot beabsichtigte, mit einer Landeklappenstellung von 0° zu starten, verwechselte aber die Stellungen 0° und -7° . Dafür spräche, dass anlässlich einer früheren Veranstaltung bereits einmal mit dieser Stellung gestartet worden war, und dass die Stellungen 0° und -7° sowohl bezüglich der Manipulation des Landeklappenhebels als auch bezüglich der äusseren Erscheinung des Flugzeuges leicht verwechselt werden können.
- (2) Der Pilot beabsichtigte, den Startlauf mit einer Landeklappenstellung von 0° oder -7° zu beginnen und die Landeklappen erst zum Abheben des Flugzeuges vom Boden auszufahren. Dafür spräche, dass die von 24° abweichende Landeklappenstellung beim Herannahen des Piloten an das abgestellte Flugzeug und beim Einsteigen augenfällig war und dass ein derartiges Startverfahren auch bekannt war.
- (3) Der Pilot beabsichtigte, den Start mit der vom Hersteller empfohlenen und für den vorliegenden Fall auch sinnvollen Landeklappenstellung von 24° auszuführen, war sich aber der tatsächlichen Landeklappenstellung nicht bewusst. Dafür spräche, dass eine allfällige Öffnung der hinteren Tür das Einfahren der Landeklappen erforderte, und eine Kontrolle vor dem Start mittels Checkliste nicht üblich war.

2.3.2 Flugdurchführung

Zum Verlassen der Parkposition waren eine auffallend hohe Motorleistung und zu Beginn auch die Unterstützung einer Hilfsperson an einer Flügelstrebe erforderlich. Dies war nach dem langen Start vom Landeplatz Foppa-Churwalden ein weiterer Hinweis auf die unzureichenden Gleiteigenschaften der Ski. Der Pilot vertraute möglicherweise wieder auf die hohen Leistungsreserven des Flugzeuges und setzte das Manövrieren in die Startposition fort.

Nach dem Setzen der Startleistung verhielt sich das Flugzeug zunächst erwartungsgemäss. Im weiteren Verlauf zeigte das Flugzeug jedoch ein ungewohntes Verhalten, weil die Landeklappen nicht wie sonst üblich ein mit zunehmender Geschwindigkeit stärker werdendes kopflastiges Moment erzeugten. Dieses hätte selbst mit dem Höhenruder in Neutralstellung ein Abheben des Heckrades zur Folge gehabt (vgl. Abbildung 1).

In der Mitte der Piste sprang die rechte Türe infolge einer Bodenunebenheit auf und blieb im Fahrtwind einen Spalt weit offen stehen. Dieses Ereignis hatte technisch keinen Einfluss auf den Startvorgang, führte aber möglicherweise zu einer Ablenkung des Piloten. Das Aufspringen der Tür stellte neben den minderen Gleiteigenschaften der Ski und dem ungewohnten Verhalten des Flugzeuges um seine Querachse die dritte Abweichung von der Norm dar.

Der Pilot sorgte durch das permanente Ziehen des Höhensteuers ab der Pistenmitte dafür, dass das Heckfahrwerk am Boden verblieb und nur über den Bodenunebenheiten kurz abhob und wieder hart aufsetzte. Damit schien das ungewohnte Verhalten des Flugzeuges um seine Querachse mit den Bodenunebenheiten statt mit der Landeklappenstellung in Verbindung zu stehen. Dies erschwerte dem Piloten, sollte er sich der Landeklappenstellung nicht bewusst gewesen sein, die Erfassung seiner Lage.

Der Pilot setzte den Startlauf in Richtung des ansteigenden und bewaldeten Geländes links der Fussgänger-Hängebrücke fort, die das tiefste Hindernis im Ausflug darstellte. Dies zeigt, dass er ein unmittelbar bevorstehendes Abheben erwartete, was ihm eine Rechtskurve im Fluge hin zur Brücke ermöglicht hätte. Gegen das Ende des markierten Pistenbereichs wurde jedoch immer offensichtlicher, dass die Rechtskurve noch am Boden eingeleitet werden musste (vgl. Abbildung 5).

Spätestens nach der erfolgten Richtungskorrektur nach rechts war ganz unabhängig von den vorgenannten Szenarien augenfällig, dass das Flugzeug längst hätte abheben und steigen müssen. Eine Vergrösserung des Anstellwinkels zum Abheben war nicht mehr möglich. Somit verblieben als Auswege aus dieser Situation nur noch ein Startabbruch mit unabsehbaren Folgen, da ein aktives Bremsen auf Ski nicht möglich ist, oder das Ausfahren der Landeklappen, um das Abheben bei gegebenem Anstellwinkel zu erzwingen.

Ob der Pilot je versuchte, die Landeklappen während des Startvorgangs noch auszufahren, konnte nicht ermittelt werden. In diesem Zusammenhang kann nur festgehalten werden, dass die Landeklappen bis zum Aufprall in der Stellung -7° verblieben, und dass ein solcher Versuch aufgrund der Anordnung des Landeklappenhebels und der Auslegung des zugehörigen Verriegelungsmechanismus mit Schwierigkeiten verbunden gewesen wäre.

2.4 Schlussbetrachtungen

Die für einen Steigflug mit der empfohlenen Landeklappenstellung von 24° empfohlene Fluggeschwindigkeit von 65 KIAS, die einen maximalen Steigwinkel ermöglicht, wurde während des Startvorgangs deutlich überschritten. Folglich wäre ein Abheben und ein Steigflug mit dieser Stellung trotz aller ungünstigen Voraussetzungen ohne Zutun des Piloten von selbst erfolgt. Die tatsächliche Stellung von -7° war deshalb kausal für die Entstehung des Unfalls.

Das Flugzeug erreichte während des Startlaufs gerade noch die für eine Landeklappenstellung von 0° empfohlene Fluggeschwindigkeit von 78 KIAS, die eine maximale Steigrate ermöglicht. Ein Abheben mit Überflug der Brücke mit dieser Stellung erscheint als möglich. Mit der tatsächlichen Stellung von -7° waren die Bedingungen dafür aber knapp noch nicht erfüllt.

Vor dem Hintergrund der verfügbaren Startstrecke, dem Gefälle der Piste und der Leistungsabgabe des Motors war die Aufprallgeschwindigkeit von 80 KIAS gering. Dies zeigt, dass das Flugzeug während seines Startlaufs starken Bremswirkungen ausgesetzt gewesen war. Kamen diese zu Beginn noch ausschliesslich durch die Wachsreste auf den Skibelägen zustande, überwiegen später der induzierte Widerstand des maximal angestellten Flugzeugs und die Furchenbildung in der Schneefläche durch das Heckrad.

In der Summe führten die drei genannten, bremsenden Einflüsse dazu, dass die bei gegebener Landeklappenstellung für das Abheben und den Flug über die Brücke notwendige Geschwindigkeit knapp nicht erreicht werden konnte. Der zum Unfallzeitpunkt wehende, leichte Rückenwind verlängerte die für den Start notwendige Startstrecke noch zusätzlich.

3 Schlussfolgerungen

3.1 Befunde

3.1.1 Technische Aspekte

- Das Flugzeug war zum Verkehr nach Sichtflugregeln (*Visual Flight Rules – VFR*) zugelassen.
- Sowohl Masse als auch Schwerpunkt des Flugzeuges befanden sich innerhalb der zulässigen Grenzen.
- Flugzeugzelle und Triebwerk wiesen keine Anzeichen vorbestehender Mängel auf, die den Unfall hätten verursachen oder beeinflussen können.
- Die Gleiteigenschaften der Ski waren beeinträchtigt durch grosse Mengen ungleichmässig auf die Skibeläge aufgetragenen Wachses.

3.1.2 Besatzung

- Der Pilot verfügte über die für den Flug notwendigen Berechtigungen sowie Erfahrung auf Flugzeugmuster und Landeplatz.
- Es liegen keine Anzeichen für gesundheitliche Beeinträchtigungen des Piloten zum Zeitpunkt des Unfalls vor.

3.1.3 Flugverlauf

- Die Maule N561LC wurde auf ihrem Abstellplatz durch eine auffallend hohe Motorleistung und eine Hilfsperson in Bewegung gesetzt und von dort in die Startposition manövriert.
- Die Landeklappen des Flugzeuges befanden sich während des Startlaufs in der Stellung von -7° . Das Heckrad verblieb am Boden und hinterliess teils tiefe Furchen in der Schneeoberfläche.
- Am Ende des markierten Pistenbereichs erfolgte eine Richtungsänderung nach rechts in Richtung der Fussgänger-Hängebrücke.
- Am Ende der präparierten Schneefläche kollidierte das Flugzeug bei einer angezeigten Geschwindigkeit von 80 kt mit der Hängebrücke.
- Beide Insassen wurden durch den heftigen Aufprall tödlich verletzt.
- Es brach ein Feuer aus.

3.1.4 Rahmenbedingungen

- Die Wetterbedingungen und Schneeverhältnisse waren gut. Es wehte ein leichter Südwind von wenigen Knoten Stärke.

3.2 Ursachen

Der Unfall, bei dem ein auf einer Schneepiste startendes Motorflugzeug nicht abhob und mit einer Hängebrücke kollidierte, ist darauf zurückzuführen, dass das Flugzeug die für den Start notwendige Geschwindigkeit aufgrund der nachfolgenden Faktoren nicht erreichte:

- Die Stellung der Landeklappen von -7° , die höhere Startgeschwindigkeiten notwendig machte als die empfohlene Stellung von 24° ;
- Das auf den Skibelägen ungleichmässig und überschüssig vorhandene Wachs, das die Beschleunigung des Flugzeuges behinderte;
- Die Führung des Höhensteuers, die zu übermässigem induzierten Widerstand und zur Bremswirkung durch das in den Schnee gedrückte Heckrad führte.

Folgender Faktor wirkte sich beiträgend auf die Entstehung des Unfalls aus:

- Der leichte Rückenwind, der die für den Start notwendige Startstrecke noch zusätzlich verlängerte.

- 4 Sicherheitsempfehlungen, Sicherheitshinweise und seit dem Unfall getroffene Massnahmen**
- 4.1 Sicherheitsempfehlungen**
Keine
- 4.2 Sicherheitshinweise**
Keine
- 4.3 Seit dem Unfall getroffene Massnahmen**
Keine

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).

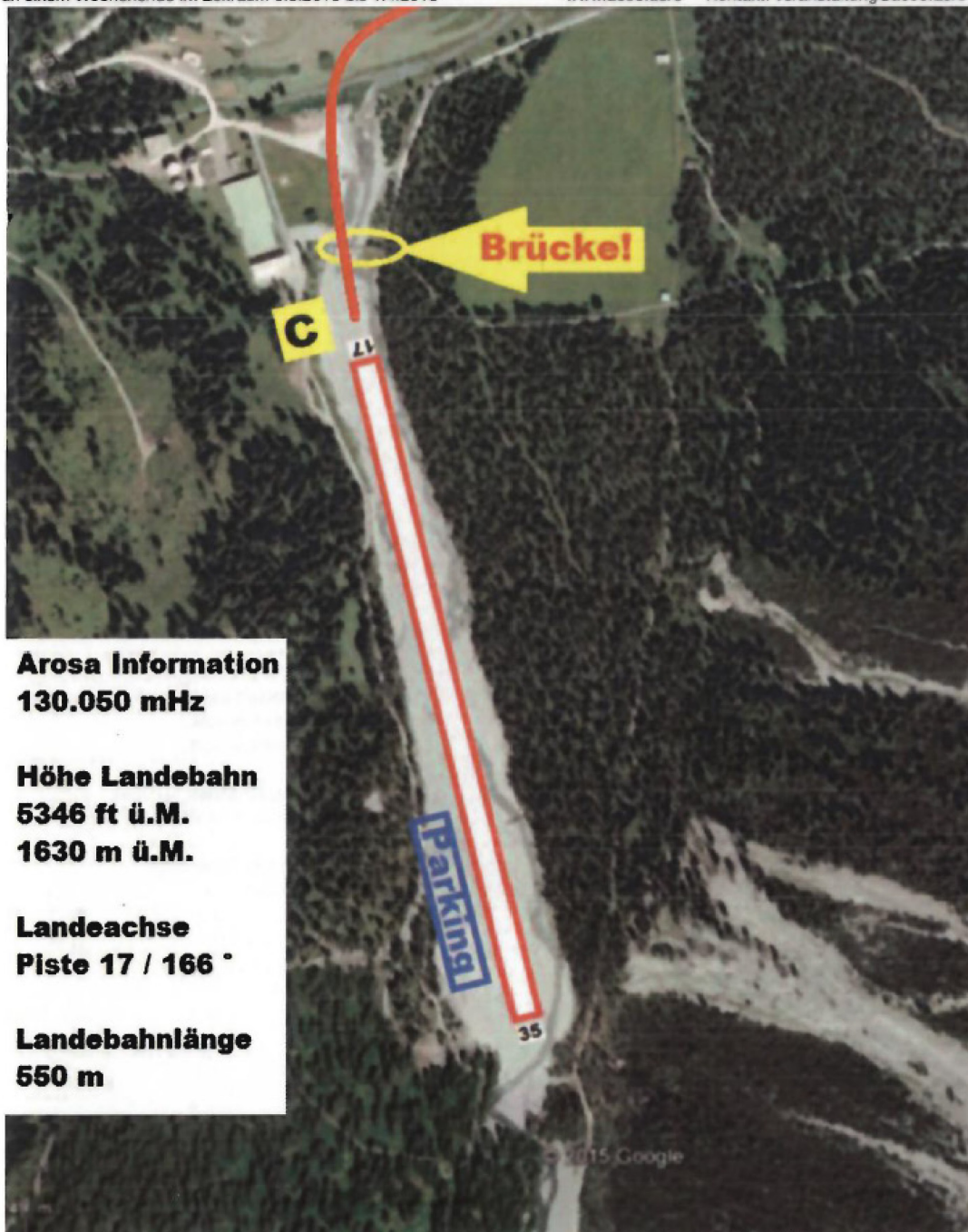
Bern, 5. September 2023

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle

Anlage 1: Auszug aus der Veranstalterdokumentation (Ausgabedatum 7.2.2018)



Gebirgsaviatik vom Feinsten und Erinnerung an die Bedeutung der Fliegerei für die alpinen Winterferienorte Arosa und Lenzerheide an einem Wochenende im Zeitraum 3.3.2018 bis 1.4.2018
 www.aeco.aero Kontakt: veranstaltung@aeco.aero



Arosa Information
130.050 mHz

Höhe Landebahn
5346 ft ü.M.
1630 m ü.M.

Landeachse
Piste 17 / 166 °

Landebahnlänge
550 m

Anlage 2: Einsatz der Landeklappen gemäss AFM**NORMAL FLIGHT OPERATIONS:****A. FLAP SETTINGS:**

The following Flap Settings are available:

Flap Configuration	Flap Handle Position	Flap Position
Cruise	Handle Full Down	-7°
Flaps Up	First Notch	0°
Takeoff	Second Notch	24°
Landing	Third Notch	40°
Landing	Fourth Notch	48°

B. RECOMMENDED FLAP SETTINGS:

Flap settings are given in number of notches above the fully retracted position, which is handle full down (Normal -7°).

NOTE: The airplane meets CAR 3 takeoff climb requirements at 78K (90 mph) IAS with the flaps selected in any of the following three positions: (a) Fully Retracted, Handle Full Down (-7°), (b) First Notch (0°), and (c) Second Notch (24°).

Normal Takeoff - Second Notch (24°)

Normal Climb - First Notch (0°)

Best Angle of Climb - Second Notch (24°)

Cruise - Fully retracted (-7°/no notches or 0°/1st notch)

Landing - Normally Fourth Notch (48°/full flaps)* - other positions optional

C. CLIMBING:

Best Rate of Climb – 78K (90 mph) IAS, flaps @ First Notch (0°)

Best Angle of Climb – 65K (75 mph) IAS with flaps set @ Second Notch (24°)

//////////
 ////CAUTION////
 //////////
 FOR TAKEOFF OR LANDING UNDER GUSTY CROSSWIND CONDITIONS, FLAP SETTING OF 0° (one notch) IS RECOMMENDED. -7° OPTIONAL.

//////////
 ////CAUTION////
 //////////
 USE CLIMB AIRSPEED BELOW 78K (90 MPH) ONLY AS NECESSARY AND CHECK CYLINDER HEAD TEMPERATURE FREQUENTLY WHEN DOING SO.