



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

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

Schlussbericht Nr. 2331 der Schweizerischen Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST

über die Kollision der Flugzeuge
Ikarus C 42 B, D-MSON und D-MUHH,

vom 23. August 2015

über der Ortschaft Dittingen (BL)

Allgemeine Hinweise zu diesem Bericht

Dieser Bericht enthält die Schlussfolgerungen der Schweizerischen Sicherheitsuntersuchungsstelle (SUST) über die Umstände und Ursachen des vorliegend untersuchten Unfalls.

Gemäss Artikel 3.1 der 12. Ausgabe des Anhangs 13, gültig ab 5. November 2020, zum Abkommen über die internationale Zivilluftfahrt vom 7. Dezember 1944 sowie Artikel 24 des Bundesgesetzes über die Luftfahrt ist der alleinige Zweck der Untersuchung eines Flugunfalls oder eines schweren Vorfalls die Verhütung von Unfällen oder schweren Vorfällen. Die rechtliche Würdigung der Umstände und Ursachen von Flugunfällen und schweren Vorfällen ist ausdrücklich nicht Gegenstand der Flugunfalluntersuchung. Es ist daher auch nicht Zweck dieses Berichts, ein Verschulden festzustellen oder Haftungsfragen zu klären.

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 Sommerzeit (MESZ) entsprach. Die Beziehung zwischen LT, MESZ und koordinierter Weltzeit (*Coordinated Universal Time* – UTC) lautet:

LT = MESZ = UTC + 2 h.

Schlussbericht

Luftfahrzeugmuster 1	C 42 B	D-MSON	
Halter	Privat		
Eigentümer	--		
<hr/>			
Pilot Luftfahrzeug 1	Staatsbürger der Niederlande, Jahrgang 1964		
Ausweise	Luftfahrtführerschein für Luftsportgeräteführer mit Berechtigung für aerodynamisch gesteuerte Ultraleichtflugzeuge, ausgestellt durch den Deutschen Ultraleichtflugverband sowie eine Pilotenlizenz für Flugzeuge bis 2000 kg (<i>Light Air Pilot Licence Aeroplane – LAPL(A)</i>), ausgestellt durch das Regierungspräsidium Freiburg, Bundesrepublik Deutschland		
Flugstunden	insgesamt	308:40 h	während der letzten 90 Tage 12:45 h
	auf dem Unfallmuster	> 280 h	während der letzten 90 Tage 12:45 h
<hr/>			
Luftfahrzeugmuster 2	C 42 B	D-MUHH	
Halter	Privat		
Eigentümer	--		
<hr/>			
Pilot Luftfahrzeug 2	Deutscher Staatsbürger, Jahrgang 1965		
Ausweis	Luftfahrtführerschein für Luftsportgeräteführer mit Berechtigung für aerodynamisch gesteuerte Ultraleichtflugzeuge, ausgestellt durch den Deutschen Ultraleichtflugverband sowie eine Pilotenlizenz für Flugzeuge bis 2000 kg (<i>Light Air Pilot Licence Aeroplane – LAPL(A)</i>), ausgestellt durch das Regierungspräsidium Freiburg, Bundesrepublik Deutschland		
Flugstunden	insgesamt	> 325 h	während der letzten 90 Tage 11:48 h
	auf dem Unfallmuster	> 300 h	während der letzten 90 Tage 11:48 h
<hr/>			
Luftfahrzeugmuster 3	C 42 B	D-MHDP	
Halter	Privat		
Eigentümer	--		

Pilot Luftfahrzeug 3	Deutscher Staatsbürger, Jahrgang 1960		
Ausweis	Luftfahrtführerschein für Luftsportgeräteführer mit Berechtigung für aerodynamisch gesteuerte Ultraleichtflugzeuge sowie eine Lehrberechtigung, ausgestellt durch den Deutschen Ultraleichtflugverband Pilotenlizenz (<i>Privat Pilot License Aeroplane – PPL(A)</i>) nach der internationalen Zivilluftfahrtorganisation (<i>International Civil Aviation Organisation – ICAO</i>), sowie eine Lehrberechtigung auf Flugzeugen (<i>Flight Instructor – FI(A)</i>), ausgestellt durch das Regierungspräsidium Freiburg, Bundesrepublik Deutschland		
Flugstunden	insgesamt	> 9000 h	während der letzten 90 Tage 120:29 h
	auf dem Unfallmuster	> 6000 h	während der letzten 90 Tage 77:36 h
Ort	Dittingen (BL), 550 m nordöstlich des Flugfeldes Dittingen (LSPD)		
Koordinaten (Endlage D-MUHH)	604 377 / 254 553 (<i>Swiss Grid 1903</i>)	Höhe	rund 415 m/M
Datum und Zeit	23. August 2015, 11:21 Uhr		
Betriebsart	Privat		
Flugregeln	Sichtflugregeln (<i>Visual Flight Rules – VFR</i>)		
Startort	Dittingen (LSPD)		
Bestimmungsort	Dittingen (LSPD)		
Flugphase	Reiseflug		
Unfallart	Kollision zweier Luftfahrzeuge im Flug		
Personenschäden	Luftfahrzeug 1: Pilot leicht verletzt Luftfahrzeug 2: Pilot tödlich verletzt Luftfahrzeug 3: Pilot nicht verletzt		
Schaden am Luftfahrzeug 1	Schwer beschädigt		
Schaden am Luftfahrzeug 2	Zerstört		
Schaden am Luftfahrzeug 3	Nicht beschädigt		
Drittschaden	Schäden an Gebäude und Fahrzeug		

1 Sachverhalt

1.1 Vorgeschichte und Flugverlauf

1.1.1 Allgemeines

Für die folgende Beschreibung von Vorgeschichte und Flugverlauf wurden die Aussagen der Piloten 1 und 3 der Formation „GrassHoppers“, Videos und Fotos sowie die Aufzeichnungen der Navigationsgeräte verwendet.

Die Flüge wurden nach Sichtflugregeln durchgeführt.

1.1.2 Vorgeschichte

Die Formation „GrassHoppers“ bestand aus drei Piloten, die mit ihren Ultraleichtflugzeugen (UL) des Musters Ikarus C 42 B regelmässig zusammen Formationsflüge ausführten und ihr Können auch vor Publikum vorführten. Ihre Trainingsbasis war der Flugplatz Bremgarten (EDTG) in Deutschland, wo sie auch gemeinsam das Flugprogramm für die Vorführungen an den Dittinger Flugtagen 2015 übten.

Am Freitag, 21. August 2015 flogen die drei Piloten mit ihren Ultraleichtflugzeugen vom Flugplatz Bremgarten aus zum Flugfeld Dittingen, wo sie nach einem halbständigen Überflug kurz vor 18 Uhr landeten. Um 19 Uhr starteten sie zu einem Trainingsflug mit dem Ziel, ihr Flugprogramm unter den lokalen Gegebenheiten zu üben, dabei die vorgeschriebenen Flughöhen einzuhalten, die geografischen Fixpunkte und Referenzlinien zu berücksichtigen sowie die Sicherheitsabstände zum Publikumsbereich einzuhalten. Dieser Trainingsflug, der rund 12 Minuten dauerte, galt auch als sogenannter Abnahmeflug gegenüber dem Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL).

Tags darauf führten sie ihr Flugprogramm gegen 13 Uhr dem Publikum vor. In Folge von thermischen Aufwinden war die Luft unruhig, so dass die Piloten während der Flugvorführung die Abstände zwischen ihren Ultraleichtflugzeugen vergrössern mussten. Obwohl es bei der Flugvorführung keine Probleme gab, verlief sie für die Piloten nicht zufriedenstellend. Deshalb starteten sie um 19 Uhr zu einem Trainingsflug, um das ganze Flugprogramm in ruhiger Luft nochmals abzufliegen.

Am Sonntag 23. August 2015 führten die drei Piloten ihre Flugvorbereitungen ohne Zeitdruck durch. Sie beabsichtigten, zu demselben Flugprogramm, wie sie es schon tags zuvor und seit zwei Jahren praktisch unverändert geflogen hatten, zu starten. Einzig an der letzten Figur im Programm, dem sogenannten *smily*, wollten sie aufgrund von Aufnahmen vom Vortag optische Korrekturen anbringen.

1.1.3 Flugverlauf

Um 11:17 Uhr des 23. August 2015 starteten die drei Piloten mit ihren Ultraleichtflugzeugen auf der Piste 11 des Flugfeldes Dittingen in kurzen Abständen hintereinander. Danach schlossen sie auf einer Flughöhe von 300 ft über der Flughöhe zu einer Dreiecksformation auf. Dabei flog Pilot 1 als Formationsführer (*leader*) in der Formation vorne, Pilot 2 in der Position hinten rechts und Pilot 3 hinten links, beide in einer Flügellinie mit jeweils gleichen Abständen zum *leader*.

Die atmosphärischen Bedingungen waren gut und das Flugprogramm gelang den Piloten gemäss ihren Angaben gut. Vor der zweitletzten Figur, der sogenannten Welle, flogen sie eine Linkskurve in Dreiecksformation um auf die Vorführachse, die parallel zur Piste und nördlich davon lag, einzudrehen. Im Geradeausflug verlangsamte der *leader* die Geschwindigkeit seines Ultraleichtflugzeuges, damit die hinter ihm fliegenden Piloten 2 und 3 ihn überholen konnten, indem sie mit ihren Flugzeugen rechts, respektive links, leicht oberhalb an ihm vorbeiflogen. Nach

dem Überholmanöver flogen die beiden Flugzeuge 2 und 3 mit einem seitlichen Abstand von ungefähr vier Flügelspannweiten zwischen den Flügelenden. Danach übernahm Pilot 3 die Führung, gab das Kommando „*smoke on*“ und flog im Horizontalflug geradeaus weiter. Das Flugzeug von Pilot 2 befand sich dabei rechts von ihm auf gleicher Flughöhe mit gleicher Fluggeschwindigkeit. Pilot 1 leitete beim Kommando „*smoke on*“ einen Steigflug ein und flog anschliessend zwischen den Flugbahnen der beiden vor ihm fliegenden Flugzeugen eine wellenförmige Flugbahn. In den Kulminationspunkten dieser wellenförmigen Flugbahn war seine Flughöhe jeweils höher als diejenige der vor ihm fliegenden Flugzeuge und in den Wellentälern tiefer (vgl. Abbildung 1).



Abbildung 1: Sinkflug des Flugzeuges 1 nach dem ersten Kulminationspunkt. Sichtbar sind die Rauchschwaden der Flugzeugrauchanlagen, die auf das Kommando *smoke on* eingeschaltet wurden (Bildaufnahmezeit¹ 11:21:05 Uhr), Quelle: Privatperson.

Die Piloten 2 und 3 steuerten ihre Flugzeuge bis auf einen seitlichen Abstand von ungefähr einer Flügelspannweite näher zusammen. Beim Sinkflug nach der zweiten Kulminationsphase verringerte sich der Abstand des Flugzeuges von Pilot 1 gegenüber den anderen beiden Flugzeugen, so dass es sich am tiefsten Punkt seiner Flugbahn vor der dritten Steigflugphase ungefähr unter den beiden anderen Flugzeugen befand (vgl. Abbildung 2). Die Flughöhe des Flugzeuges von Pilot 3 hatte sich in der Zeitspanne seit dem Vorbeiflug am Flugzeug des *leaders*, unmittelbar vor der Figur Welle, um rund 30 m verringert.

¹ Die Bildaufnahmezeit basiert auf den Metadaten des Aufnahmeegerätes



Abbildung 2: Flugzeug 1 im zweiten Wellental der Figur Welle (Bildaufnahmezeit 11:21:17 Uhr), Quelle: Privatperson.

Beim Einleiten des dritten Steigfluges sah Pilot 1 die beiden anderen Flugzeuge und deren Rauch nicht. Er gab an, dass er die Motorleistung reduziert und die Nase seines Flugzeuges nach unten gedrückt habe. In demselben Moment, als er den Knopf zum Senden eines Funkspruchs drückte, habe er einen Schlag wahrgenommen.



Abbildung 3: Kollision zwischen Flugzeug 1 und 2 (Bildaufnahmezeit 11:21:22 Uhr), Quelle: Privatperson.

Die Flugzeuge 1 und 2 kollidierten um 11:21 Uhr (vgl. Abbildung 3). Beim Zusammenstoss der Oberseite von Flugzeug 1, eingetragen als D-MSON, mit der Unterseite des hinteren Rumpfteils von Flugzeug 2, eingetragen als D-MUHH, kippte das Flugzeug 2 um die Querachse nach vorne unten, worauf es in einer Fluglage mit seiner Nase senkrecht nach unten abstürzte. Das Flugzeug zerschellte an einem Unterstand im Dorf Dittingen und wurde dabei vollständig zerstört. Der Unterstand wurde durch brennende Trümmerteile in Brand gesetzt. Der Pilot wurde tödlich verletzt.

Der Pilot im Flugzeug 1 konnte kurz nach der Kollision den Auslösemechanismus des ballistischen Rettungssystems betätigen, worauf sein Flugzeug am Fallschirm hängend im Garten eines Hauses am Dorfrand von Dittingen zu Boden kam. Der Pilot zog sich dabei nur leichte Verletzungen zu und konnte sein Flugzeug aus eigener Kraft verlassen.

Das Flugzeug 3 war von der Kollision nicht betroffen. Der Pilot im Flugzeug 3 erwartete das Kommando „*smoke off*“ des *leaders* als er ein Geräusch wahrnahm, das sich anhörte, als würde sich ein Propeller in etwas hinein fressen. Er flog einen Vollkreis in Drehrichtung links um sein Sichtfeld auf die Flugzeuge seiner Kameraden zu richten. Dabei erblickte er eines der beiden Flugzeuge am Fallschirm hängend. Bei weiteren Vollkreisen, die er flog, konnte er die Landung dieses Flugzeuges beobachten. Den brennenden Unterstand im Dorf erblickte er erst später. Er übermittelte seine Beobachtungen sowie die Position des brennenden Unterstandes per Flugfunk an die Flugdienstleitung und landete danach auf dem Flugfeld Dittingen.

1.2 Angaben zur Formation GrassHoppers

1.2.1 Ausbildung Formationsflug

Die Piloten 1 und 2 besprachen mit Pilot 3, dem Fluglehrer ihrer Grundschulung, die Möglichkeit sich im Formationsflug weiterzubilden. Als Ausbilder wurde ein Fluglehrer, ein ehemaliger Waffensystemoffizier² der deutschen Luftwaffe, beigezogen. Pilot 3, der über eine grosse allgemeine Flugerfahrung, jedoch über eine geringe Formationsflugerfahrung verfügte, stand als weiterer Fluglehrer zur Verfügung.

Nach einer theoretischen Einführung erfolgte im Jahr 2010 die fliegerische Ausbildung. Die drei Piloten flogen mit ihren Flugzeugen des Musters Ikarus C 42 B ab dem Flugplatz Bremgarten. In einer ersten Phase erarbeiteten sie die Grundlagen des Formationsfluges mit jeweils zwei Flugzeugen. Der seitliche Abstand zwischen den Flügelenden der Flugzeuge betrug dabei jeweils zwei bis drei Flugzeugspannweiten. Die Gruppe traf sich jede Woche ein bis drei Mal zum Training. Nachdem die Grundlagen erarbeitet waren, übten sie den Geradeausflug und danach den Kurvenflug in Dreiecksformation. Im Jahr 2011 gründeten sie die Formation GrassHoppers. Die Funktion des *leaders* der Formation übernahm Pilot 1, weil das Aufschliessen im Formationsflug für die beiden anderen Piloten mit ihren stärker motorisierten Flugzeugen einfacher war. In dieser Standardformation befand sich das Flugzeug von Pilot 2 rechts hinten und das Flugzeug von Pilot 3 links hinten. Diese Positionen und Rollen wurden im Team nie getauscht.

Die drei Piloten erarbeiteten und übten gemeinsam Figuren, die sie Schritt für Schritt zu einem Programm zusammenfügten, um dies an Flugvorführungen zu zeigen. Die Ideen dazu entstanden im Team oder kamen von Aussenstehenden. Sie skizzierten die Figuren auf einer Tafel und probten den Ablauf zusammen am

² Als Waffensystemoffizier (*Weapon Systems Officer* – WSO) wird das zweite Besatzungsmitglied in zweisitzigen Kampfflugzeugen oder Kampfhubschraubern bezeichnet.

Boden durch abschreiten. Danach wurden die Figuren in der Praxis geflogen, um zu verifizieren, ob sie wie gedacht funktionierten. Vom Boden aus wurden sie regelmässig durch den ehemaligen Waffensystemoffizier beobachtet und beurteilt.

Die erste Vorführung der GrassHoppers fand 2012 in Bitburg statt. Im Jahr 2015 führte die Formation bis zum Unfall fünf oder sechs Vorführungen durch.

1.2.2 Beschreibung der Figur Welle

Die Figur Welle wurde von den drei Piloten gemeinsam konzipiert und erarbeitet, so wie die anderen Figuren ihrer Flugvorführung auch. Im Folgenden wird beschrieben, wie die Formation die Figur normalerweise flog:

Die drei Flugzeuge flogen jeweils bei einem Flugprogramm vor der Figur Welle (vgl. Abbildung 4) in Dreiecksformation eine Rechtskurve, um in die Vorführachse einzudrehen. Der vorne fliegende Pilot 1 reduzierte danach im Geradeausflug die Fluggeschwindigkeit und flog etwas tiefer. Die beiden anderen Flugzeuge überholten das Flugzeug 1 mit einer Fluggeschwindigkeit von 130 bis 140 km/h leicht höher fliegend links, respektive rechts. Nach dem Überholmanöver übernahm Pilot 3 die führende Rolle in der Formation. Er gab das Kommando „*smoke on*“ und flog in konstanter Flughöhe geradeaus, wobei Pilot 2 rechts von ihm parallel in der Verlängerung seiner Flügellinie flog. Sobald Pilot 1 genügend Abstand zu den beiden vor ihm fliegenden Flugzeugen hatte, leitete er die erste Steigflugphase ein. Die Flugbahnen der beiden geradeaus fliegenden Flugzeuge 2 und 3 gab die Nulllinie für die wellenförmige Flugbahn des Flugzeuges 1 vor, indem sie im Geradeausflug mit einer Fluggeschwindigkeit von 130 bis 140 km/h nebeneinander flogen und dabei auf einen seitlichen Abstand von einer Flügelspannweite zwischen ihren Flügelnenden zusammenrückten.

Während den Steigflugphasen setzte Pilot 1 die maximale Motorleistung. Beim Durchfliegen der Rauchbahnen der Flugzeuge 2 und 3 begann er mit dem Zählen auf vier, womit er die Zeitspanne von ungefähr 4 Sekunden bis zum Erreichen der Kulminationspunkte bestimmte. Im Kulminationspunkt betrug die Fluggeschwindigkeit ungefähr 80 km/h. In den Sinkflugphasen reduzierte er die Motorleistung und erreichte Fluggeschwindigkeiten bis zu 160 km/h. Beim Durchfliegen der Rauchbahnen begann er wieder mit dem Zählen auf vier um den Zeitpunkt des Wellentals zu bestimmen, bei dem er wieder in den Steigflug überging.

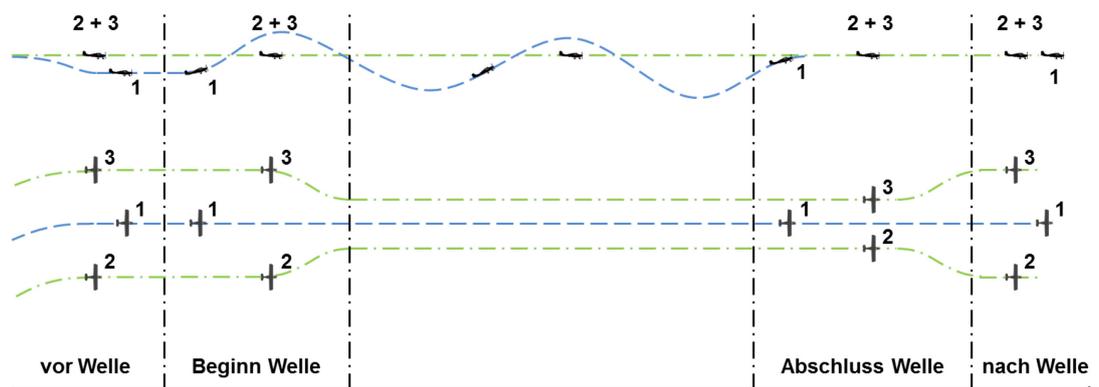


Abbildung 4: Schematische Darstellung der Figur Welle in Seitenansicht und Draufsicht. Flugzeug 1 befindet sich von Beginn bis Abschluss der Figur Welle hinter den Flugzeugen 2 und 3.

Wegen der flugzeugbedingten eingeschränkten Sicht (vgl. Abbildung 12) konnte Pilot 1 die beiden vor ihm fliegenden Flugzeuge jeweils nur bei den Übergängen von einem Wellental nach oben sowie vom Kulminationspunkt einer Welle nach

unten für kurze Zeit, nach seinen Angaben während je etwa einer halben Sekunde, sehen.

Während der dritten Steigflugphase leitete Pilot 1 mit dem Funkspruch „*smoke off*“ den Abschluss der Figur Welle ein, worauf die beiden vor ihm fliegenden Piloten den seitlichen Abstand zwischen ihren Flugzeugen vergrösserten. Das Flugzeug von Pilot 1 schloss nach Erreichen ihrer Flughöhe von hinten her kommend auf und flog zwischen ihnen durch, um erneut an die Spitze der Dreiecksformation zu gelangen. Zum Einleiten der nächsten Figur wurde eine Kurve geflogen.

Die Figur Welle wurde nach dem Einbau der Rauchanlagen ab 2012 trainiert und vorgeführt.

1.2.3 Früherer Vorfall

Anlässlich eines länger zurückliegenden Trainingsfluges kam es in der Figur Welle zu einer unbeabsichtigten Annäherung zwischen den Flugzeugen von Pilot 1 und Pilot 3. Das Flugzeug von Pilot 1 kam beim Abschluss der Figur Welle von unten dicht vor dem Flugzeug von Pilot 3 hoch, worauf dieser sofort die Leistung reduzierte und hochzog, um Abstand zum vor ihm fliegenden Flugzeug 1 zu gewinnen.

Nach dem Flug wurde der Vorfall von den Piloten gemeinsam besprochen. Sie kamen überein, dass das Flugzeug von Pilot 1 beim Vorfall unter den beiden anderen Flugzeugen gewesen sein musste, als dieser sie beim Hochziehen nicht gesehen hatte. Die Massnahmen zur Vermeidung eines erneuten Vorfalls wurden in der Erinnerung der beiden überlebenden Piloten unterschiedlich gewichtet. Gemäss den Angaben eines Piloten vereinbarten sie, dass Pilot 1 nicht hochziehen darf, wenn er die beiden anderen Flugzeuge nicht sieht. Zudem soll er den Funkspruch „*smoke off*“ als Abbruchkommando absetzen, damit die beiden vor ihm fliegenden Piloten den seitlichen Abstand zwischen ihren Flugzeugen vergrössern. Gemäss den Angaben des anderen Piloten vereinbarten sie, dass die vorne fliegenden Flugzeuge 2 und 3 zukünftig mit einer höheren Geschwindigkeit fliegen, damit diese von Flugzeug 1 nicht eingeholt werden.

Zur Aufarbeitung des Vorfalls wurden keine weiteren Massnahmen ergriffen sowie keine Drittpersonen zur Beurteilung und Unterstützung beigezogen. Eine über die getroffenen Massnahmen hinausgehende Analyse der Figur Welle auf mögliche Gefahren und eine umfassende Beurteilung der Risiken wurde nicht durchgeführt.

1.3 Angaben zu den Luftfahrzeugen

1.3.1 Zulassung

Die Zulassungen der D-MSON und D-MUHH des Musters Ikarus C 42 B erfolgten gemäss den deutschen Lufttüchtigkeitsforderungen für aerodynamisch gesteuerte Ultraleichtflugzeuge (LTF-UL) durch die Erstzulassungsstelle (Deutscher Aero-club, Luftsportgeräte-Büro). In der Schweiz wurde das Muster C 42 B aufgrund der schweizerischen zusätzlichen Anforderungen für Ecolight-Flugzeuge durch das BAZL validiert und anerkannt. An Hand dieser Regelung wurden die drei Flugzeuge des Musters Ikarus C 42 B für die Vorführungen an den Dittinger Flugtagen 2015 vom BAZL zugelassen.

1.3.2 Allgemeines

Die C 42 B des Herstellers COMCO Ikarus GmbH ist ein abgestrebter Hochdecker. Die Bauweise ist eine verschraubte Aluminium-Rohrrahmenkonstruktion. Das Grundgerüst der Konstruktion ist eine Aluminiumröhre, die längs durch den Rumpf verläuft. Die Kabine und der Rumpf, mit einer Gesamtlänge von 6.38 m, sind aus faserverstärktem Kunststoff hergestellt. Die Tragflächen, mit einer Spannweite von

9.45 m, sind in einer Rohr-Stoff-Bauweise konstruiert. Das Flugzeug ist mit einem Festfahrwerk in Bugradanordnung und mit Landeklappen ausgerüstet.

Für keines der Flugzeuge waren Einschränkungen in der Mängelliste eingetragen.

1.3.3 Flugzeug 1, D-MSON

Die C 42 B, D-MSON, Baujahr 2006, wurde durch ein Triebwerk Rotax 912 UL mit einer maximalen Startleistung von 59.6 kW (80 PS) bei 5800 RPM³ angetrieben.

Das Flugzeug war mit einem ballistischen Rettungssystem (*Balistic Recovery System* – BRS) BRS-5 UL 4 SP ausgerüstet, dessen Rakete im Mai 2015 hätte ausgewechselt werden müssen. Die Fälligkeit war sowohl im Nachprüfschein des Rettungssystems vom 3. April 2010 sowie im Prüfbericht des Flugzeuges vom 21. November 2014 vermerkt.

Der Wägebericht datiert vom 13. Juli 2011.

Das Flugzeug war nicht mit einem rechteckigen Fenster im Kabinendach ausgerüstet, wie dies bei den beiden anderen Flugzeugen der Fall war.

Der Pilot des Flugzeuges stellte vor und während des Fluges am 23. August 2015 keine Mängel an technischen Systemen fest.

1.3.4 Flugzeug 2, D-MUHH

Die C 42 B, D-MUHH, Baujahr 2009, wurde durch ein Triebwerk Rotax 912 ULS mit einer maximalen Startleistung von 73.5 kW (100 PS) bei 5800 RPM angetrieben.

Das Flugzeug war mit einem ballistischen Rettungssystem BRS-6 1050 SP DAeC ausgerüstet, dessen Fallschirm im Juli 2015 für ein Nachpacken fällig geworden war. Diese Fälligkeit war sowohl im Nachprüfschein des Rettungssystems vom 3. Juli 2009 sowie im Prüfbericht des Flugzeuges vom 1. November 2014 vermerkt.

Der Wägebericht datiert vom 25. Oktober 2013.

1.3.5 Rauchanlagen

An beiden Flugzeugen wurde 2012 eine Rauchanlage eingebaut. Wer den Einbau getätigt hat, geht aus den Akten nicht hervor. Die demontierbare Rauchanlage mit dem Flüssigkeitsbehälter war im Rumpfhinterteil (vgl. Abbildung 5), dem sogenannten Frachtraum, direkt hinter dem linken Sitz eingebaut. Ein Deckel auf der linken Seite der Rumpferschalung ermöglichte den Zugang zum Frachtraum. Auch die Raketenmotoreinheit war im Frachtraum, etwa einen Meter hinter der Rauchanlage, eingebaut.

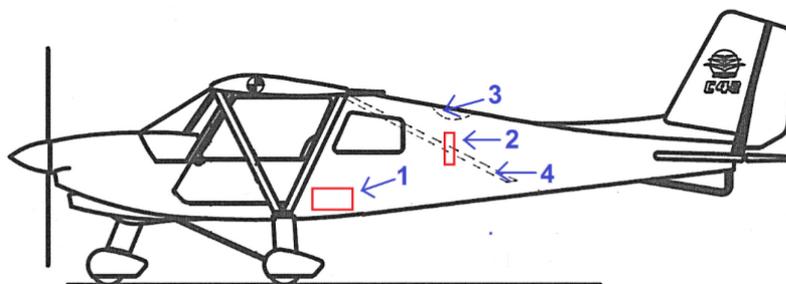


Abbildung 5: Seitenansicht des Musters Ikarus C 42 B mit schematisch dargestellten Einbauorten von: Rauchanlage (1), BRS Raketenmotoreinheit (2), Öffnung mit Abdeckung (3) und Strebenrohr (4), Quelle: Flug- und Betriebshandbuch, angepasst durch die SUST.

³ RPM: *Revolutions Per Minute*, Umdrehungen pro Minute

Aus den Unterlagen geht hervor, dass das Gewicht und die Schwerpunktlage der beiden Flugzeuge nach dem Einbau der Rauchanlage in den Wägeberichten und Ausrüstungsverzeichnissen nicht entsprechend angepasst wurden. Es ist davon auszugehen, dass die Rauchanlage mit einem Gesamtgewicht von 3 kg und ihrem Einbauort in der Nähe des Schwerpunktes des Flugzeuges keinen wesentlichen Einfluss auf die Schwerpunktlage des Flugzeuges hatte.

Masse und Schwerpunkt beider Flugzeuge befanden sich innerhalb der zulässigen Grenzen.

1.3.6 Details zum ballistischen Rettungssystem

Das BRS war im hinteren Rumpfteil des Flugzeuges montiert. Die Raketenmotoreinheit war an einem etwa 4 cm dicken Strebenrohr der Flugzeugkonstruktion mittels einer Kunststoffschelle fest verbunden. An der daneben liegenden Strebe war das Fallschirmpaket mit Plastikbändern befestigt. Über der Raketenmotoreinheit befand sich in der Rumpfverschaltung eine runde Öffnung, die mit einer Abdeckung verschlossen war. Bei einem Abschuss schlägt die Rakete die Abdeckung weg und zieht durch die frei gewordene Öffnung den Fallschirm ins Freie. Hierfür müssen die Position und die Richtung der Raketenmotoreinheit auf dem Strebenrohr den Angaben des Flugzeugherstellers entsprechen.

1.4 Meteorologische Angaben

1.4.1 Allgemeine Wetterlage

Ein Trog erstreckte sich von Grönland zur Biskaya. Die Schweiz befand sich auf dessen Vorderseite in einer grossräumigen Südwestströmung.

1.4.2 Wetter zum Zeitpunkt und am Ort des Unfalls

Zwischen 10:20 und 11:00 Uhr zogen aus Südwesten Regenschauer mässiger Intensität über das Flugfeld von Dittingen hinweg. Anschliessend folgte trockenes Wetter. In Bodennähe war es vorübergehend windstill. Auf der Höhe des Blauenbergs wehte der Wind aus Sektor Süd. Am Nordhang dieses Höhenzuges wurden auf rund 700 m/M eine Windgeschwindigkeit von 5 kt, in Böen bis 7 kt gemessen.

Zwischen 2600 und 3200 ft AMSL⁴ befand sich eine Scherzone des Windes, die sich durch eine Zunahme der Windgeschwindigkeit auf 10 bis 14 kt und durch eine Rechtsdrehung des Windes von Sektor Ost auf Süd auszeichnete.

Die Temperatur lag 7 Grad über der ISA-Referenztemperatur.

Wetter	bewölkt
Wolken	3/8 – 4/8 auf 6900 ft AMSL 5/8 – 7/8 auf 8200 ft AMSL
Sicht	10 km oder mehr
Wind	Tendenz zu schwachem Ostwind
Temperatur/Taupunkt	18 °C / 16 °C
Luftdruck QNH	1009 hPa, Druck reduziert auf Meereshöhe, berechnet mit den Werten der ICAO ⁵ -Standardatmosphäre
Gefahren	keine

⁴ AMSL *Above Mean Sea Level*, Höhe über dem mittleren Meeresspiegel

⁵ ICAO: *International Civil Aviation Organisation*

- 1.4.3 Astronomische Angaben
Sonnenstand Azimut: 133 Höhe: 45
Beleuchtungsverhältnisse Tag

1.5 Angaben über die Unfallstelle und die Schäden an den Luftfahrzeugen

1.5.1 Kollisionsort

Das Flugzeug 3 flog vor der Kollision auf einer Flughöhe von rund 730 m/M (vgl. Abbildung 6), was einer Höhe von ungefähr 200 Meter über der Flughöhe entspricht. Flugzeug 1 flog ungefähr 300 m nördlich der Vorführrachse auf einem Kurs ungefähr 115° in Richtung des Dorfes Dittingen. Die Kollision zwischen Flugzeug 1 und Flugzeug 2 ereignete sich über dem nordwestlichen Dorfteil von Dittingen.

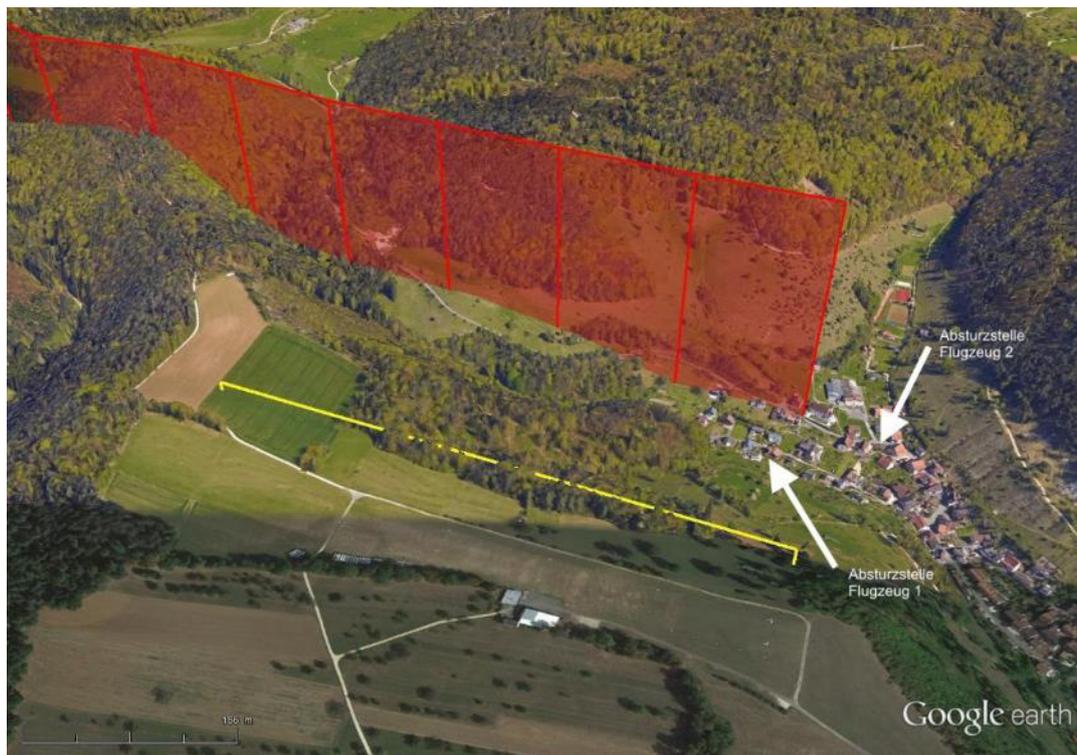


Abbildung 6: Vorführrachse (gelbes Geradensegment), Flugweg von Flugzeug 3 (rot, von links nach rechts führend) mit Datenpunkten im Zeitabstand von 5 Sekunden und die Absturzstellen der Flugzeuge 1 und 2 im Dorf Dittingen eingetragen in Google earth. Der letzte Datenpunkt des eingetragenen Flugweges entspricht der Position zum Zeitpunkt der Kollision (vgl. mit letztem Datenpunkt in Abbildung 20).

1.5.2 Flugzeug 1, D-MSON

Das Flugzeug 1 ging am Fallschirm des Rettungssystems hängend, im Garten eines Einfamilienhauses am südwestlichen Dorfrand zu Boden (vgl. Abbildung 7). Das Flugzeug wurde beim Aufschlag infolge des unebenen Geländes stark beschädigt.



Abbildung 7: Die Absturzstelle von Flugzeug 1 lag im Garten eines Einfamilienhauses. Diese war etwa 200 Meter westlich vom Wrack des Flugzeuges 2 entfernt.

1.5.3 Flugzeug 2, D-MUHH

Das Flugzeug 2 war im Dorfczentrum auf die Dorfstrasse gestürzt und zerschellt. Teile des Wracks prallten in einen etwa 50 Meter davon entfernten Unterstand. Der Grossteil des Wracks blieb im Bereich des Unterstandes liegen und verbrannte. Der obere hintere Rumpfteil aus Kunststoff flog in den angrenzenden Garten und lag nicht in der Brandzone des Unterstandes (vgl. Abbildung 8).



Abbildung 8: Die Absturzstelle von Flugzeug 2 im Zentrum des Dorfes Dittingen.

Auf der Unfallstelle konnte der ausgebrannte Raketenkörper, das Abschussrohr der Raketenmotoreinheit, die Fallschirmauszugsleine und Teile der Fallschirmkalotte gefunden werden (vgl. Abbildung 9). Allgemein zeigten die Teile Spuren von Hitzeeinwirkung.



Abbildung 9: Die Absturzstelle von Flugzeug 2 mit: Raketenkörper (1), Abschussrohr der Raketenmotoreinheit (2), Fallschirmauszugsleine (3) und Fallschirmkalotte (4).

1.6 Angaben zu den Flugtagen auf dem Flugfeld Dittingen

1.6.1 Flugfeld Dittingen

Das Flugfeld Dittingen (LSPD) mit einer 650 Meter langen Graspiste, ist ein privates Flugfeld, auf dem hauptsächlich Segelflug betrieben wird. Es liegt 15 km west-südwestlich von Basel auf einer Anhöhe des Juras. Aufgrund der topographischen Situation erfolgen die Starts zwangsläufig hangabwärts auf der Piste 11. Die Landungen werden ausschliesslich hangaufwärts auf der Piste 29 ausgeführt. Die Flugplatzhöhe ist 536 m/M / 1880 ft MSL.

Das Flugfeld ist grundsätzlich für auswärtige Luftfahrzeuge gesperrt. Im Anhang des Betriebsreglements werden unter anderem die Voraussetzungen beschrieben, unter denen auswärtige Piloten das Flugfeld benutzen dürfen. Insbesondere wird verlangt, dass solche Piloten vorgängig mit dem Flugfeld vertraut gemacht werden.

1.6.2 Internationale Flugtage Dittingen

Seit 1955 organisiert die Segelfluggruppe Dittingen in regelmässigen Zeitabständen Flugtage, die einem breiten Publikum zugänglich sind. Seit 1993 wurden diese im Zweijahresrhythmus durchgeführt und als Internationale Dittinger Flugtage bezeichnet.

Innerhalb der Segelfluggruppe Dittingen gab es eine Organisation für die Flugtage Dittingen mit einem OK-Präsidenten. Verantwortlich für die fliegerischen Darbietungen in der Organisation war der verantwortliche Leiter des Flugprogramms (*fly-ing display director*). Dieser war auch für die Zusammenarbeit mit dem BAZL zuständig.

Als Vorbereitung für die Besatzungen, die an den Flugtagen teilgenommen haben, stellte der Veranstalter einen *aircrew guide* zur Verfügung. Darin war unter anderem ein Situationsplan dargestellt (vgl. Abbildung 10), woraus der Zuschauerraum, die Piste und die Vorführachse (*display axis*) ersichtlich waren.

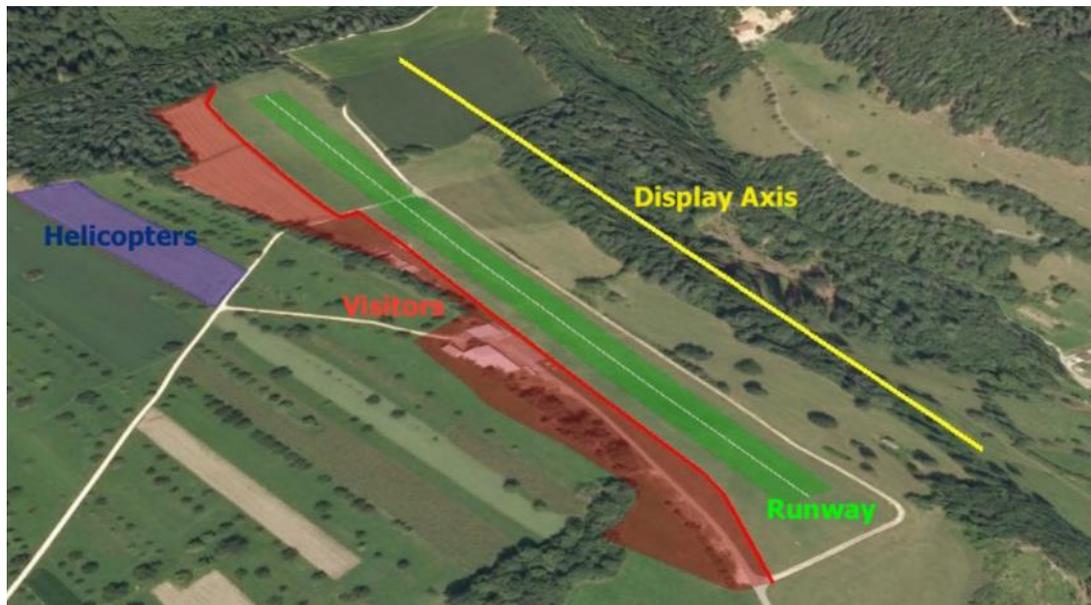


Abbildung 10: Situationsplan aus dem *aircrew guide* des Veranstalters. Dargestellt sind die Piste (*runway*), die Vorführachse (*display axis*), der Zuschauerbereich (*visitors*) und die Helikopterlandeplätze (*helicopters*).

An den Flugtagen 2005 hatte sich ein Flugunfall ereignet, bei dem ein Pilot ums Leben kam.

1.6.3 Bewilligungen und Aufsicht des BAZL

1.6.3.1 Grundlagen

Öffentliche Flugveranstaltungen sind Veranstaltungen mit Luftfahrzeugen, zu deren Besuch öffentlich eingeladen wird, namentlich Vorführungen und Wettbewerbe sowie Passagierflüge ausserhalb von Flugplätzen. Diese sind bewilligungspflichtig.

In der Richtlinie Flugveranstaltungsauflagen (FVA) definiert das BAZL die Auflagen und Bedingungen, die bei bewilligungspflichtigen öffentlichen Flugveranstaltungen in der Schweiz zu befolgen sind.

Der Zweck der Richtlinie ist in der Version 1.4, die am 1. Dezember 2010 in Kraft gesetzt wurde, wie folgt beschrieben:

„Die vorliegenden Auflagen haben zum Zweck, einen sicheren und ordnungsgemässen Ablauf von öffentlichen Flugveranstaltungen zu gewährleisten sowie die Sicherheit von Zuschauern und von Dritten sicherzustellen.“

In der Richtlinie waren zum Unfallzeitpunkt unter anderem folgende Themen beschrieben:

- das Bewilligungsverfahren;
- die Anforderungen an den Veranstalter;
- die Notfallorganisation Rettungs- und Feuerwehrdienst;
- die Instruktion der Rettungsdienste bei Zwischenfällen von Luftfahrzeugen mit Raketenrettungssystem;

- die Flugprogramme und die Anforderungen an teilnehmende Piloten;
- die zugelassenen Flugmanöver;
- die Beschränkung von Flugmanövern und Flugfiguren;
- die Aufsicht;
- die Experten für die Überwachung von öffentlichen Flugveranstaltungen.

1.6.3.2 Bewilligung der Flugveranstaltung

Auf Grund eines Gesuches erhielt die Segelfluggruppe Dittingen vom BAZL die Bewilligung, am 22. und 23. August 2015 eine öffentliche Flugveranstaltung durchzuführen.

Bezüglich der Vorführungen der Formation GrassHoppers machte das BAZL folgende speziellen Auflagen:

- Keine Starts und Landungen in Formation;
- Die Durchführung eines Trainingsfluges.

1.6.3.3 Anforderungen an teilnehmende Piloten

Die Anforderungen an teilnehmende Piloten öffentlicher Flugveranstaltungen sind in der Richtlinie FVA definiert. Unter anderen sind folgende Kriterien aufgeführt:

- *„An öffentlichen Flugveranstaltungen nehmen grundsätzlich nur ausgewiesene Piloten mit überdurchschnittlicher Flugerfahrung in ihrer Kategorie teil. Dies setzt mindestens eine Berufspilotenlizenz oder einen Fluglehrerausweis voraus.*
- *Piloten, welche an Flugveranstaltungen teilnehmen wollen, müssen entweder eine JAA Display Authorisation ihrer nationalen Behörde, eine BAZL-Sonderbewilligung (A) oder eine andere vom BAZL anerkannte Vorführbewilligung besitzen. Alle anderen Piloten müssen im Einzelfall vom BAZL für die Vorführung akzeptiert werden. [...]*
- *Piloten dürfen an Formationsflügen nur teilnehmen, wenn sie darin ausgebildet wurden und ein genügendes Training aufweisen. [...]*
- *Die Vorführprogramme müssen schriftlich mit Flugdaten (Geschwindigkeit, Konfiguration, Beschleunigung, Höhe) und Graphik vorliegen. [...]*

Die *Joint Aviation Authorities* (JAA) publizierten im Februar 1997 die in der FVA zitierte Richtlinie *„The Organisation and Conduct of Flying Displays“*. Diese wurde mit Blick auf die Harmonisierung der Sicherheitsbestimmungen zu Flugveranstaltungen unter den JAA-Mitgliedstaaten erstellt. Betreffend Vorführbewilligung (*Display Authorisation – DA*) für Piloten ist darin festgehalten, dass sie nur an Piloten ausgegeben wird, die der Behörde ihr Wissen und ihre fliegerischen Fähigkeiten bezüglich des beabsichtigten Flugvorführungsprogramms demonstriert haben.

Die Richtlinie *„CAP 403 Flying displays and special events: A guide to safety and administrative arrangements“* der Zivilluftfahrtbehörde (*Civil Aviation Authority – CAA*) des Vereinigten Königreichs (*United Kingdom – UK*) wurde erstmals im Oktober 1973 publiziert. Im Februar 2017 wurde die 13. Ausgabe veröffentlicht. Die 157 Seiten umfassende Richtlinie enthält unter anderem auch Bedingungen für die Ausgabe und Erneuerung von Vorführbewilligungen.

Im Februar 2016, rund 6 Monate nach dem Unfall, hat das BAZL die Vorschrift und Empfehlungen (*regulation & requirements*) zu Vorführbewilligung für Piloten (*Pilot*

Display Authorisation) erlassen. Im Dokument DA 10.01, das nicht öffentlich zugänglich ist, sind unter anderem die Bedingungen zur Erlangung einer Vorführbewilligung definiert, die theoretische und praktische Ausbildung sowie die Überprüfung des Wissens und der fliegerischen Fähigkeiten der Piloten beschrieben. Zusätzlich sind darin die Anforderungen für die Erteilung spezieller Formations-Vorführbewilligungen definiert.

In den meisten Ländern Europas, auch Deutschland, existierten keine äquivalenten Regelungen.

1.6.3.4 Aufsicht

Am Freitag vor der Veranstaltung fand ein ausführliches Briefing mit dem BAZL, dem verantwortlichen Leiter des Flugprogramms und dem *leader* der Formation GrassHoppers statt. Dieser zeigte den Anwesenden das Vorführprogramm in Form einer graphischen Skizze. Anschliessend fand der verlangte Trainingsflug statt, der vom verantwortlichen Leiter des Flugprogramms, als Vertreter des Experten des BAZL, beurteilt wurde. Sämtliche Auflagen und Vorgaben wie das Einhalten der horizontalen Distanz und Minimalhöhe sowie das Vermeiden von Kreuzungen und Kunstflugfiguren wurden eingehalten. Es gab keine Veranlassung für zusätzliche Auflagen oder eine Ablehnung der Vorführung.

Der Vorführungsflug vom Samstag und der anschliessende Trainingsflug wurden von einem Experten des BAZL beobachtet. Es gab keinen Anlass für Beanstandungen.

1.7 Auswertung verfügbarer Daten und Informationen

1.7.1 Allgemeines

In allen drei Flugzeugen waren Navigationsgeräte des Typs Thinknavi T7 eingebaut, die mit der Software Flymap ausgerüstet waren.

1.7.2 Auswertung der Flugwegdaten

Die Flugwegaufzeichnungen der Flugzeuge 1 und 3 konnten aus den Navigationsgeräten ausgelesen werden. Folgende Parameter wurden in den Navigationsgeräten aufgezeichnet: GPS-Position, GPS-Höhe, Geschwindigkeit gegenüber dem Boden (*Ground Speed* – GS) und Kurs (*heading*). Diese Parameter basieren ausschliesslich auf GPS-Daten, da die Navigationsgeräte nicht an den pneumatischen Systemen der Flugzeuge angeschlossen waren. Zu den einzelnen Datenpunkten wurden keine Zeitangaben aufgezeichnet.

Das Navigationsgerät in Flugzeug 1 registrierte die Datenpunkte im Zeitintervall von 10 Sekunden und das von Flugzeug 3 im Zeitintervall von 5 Sekunden. Das Navigationsgerät in Flugzeug 2 war zerstört. Die Flugwegaufzeichnung konnte aus diesem Gerät nicht ausgelesen werden.

Die 9 Datenpunkte aus dem Navigationsrechner von Flugzeug 3 der Flugvorführung am Sonntag in der Figur Welle im Zeitintervall von 5 Sekunden (40 Sekunden vor der Kollision) zeigen, dass die GPS-Höhe von anfänglich 789 m auf 734 m abnahm (vgl. Abbildung 20) und die *ground speed* im Bereich zwischen 124 und 141 km/h variierte. Aus den 9 äquivalenten Datenpunkten der Flugvorführung am Samstag (vgl. Abbildung 11), bei der die Achse der Figur Welle links neben dem Dorf Dittingen vorbeiführte, geht hervor, dass die GPS-Höhe in einem Höhenbereich von ± 12 m ungefähr konstant war und die *ground speed* im Bereich zwischen 89 und 122 km/h variierte.

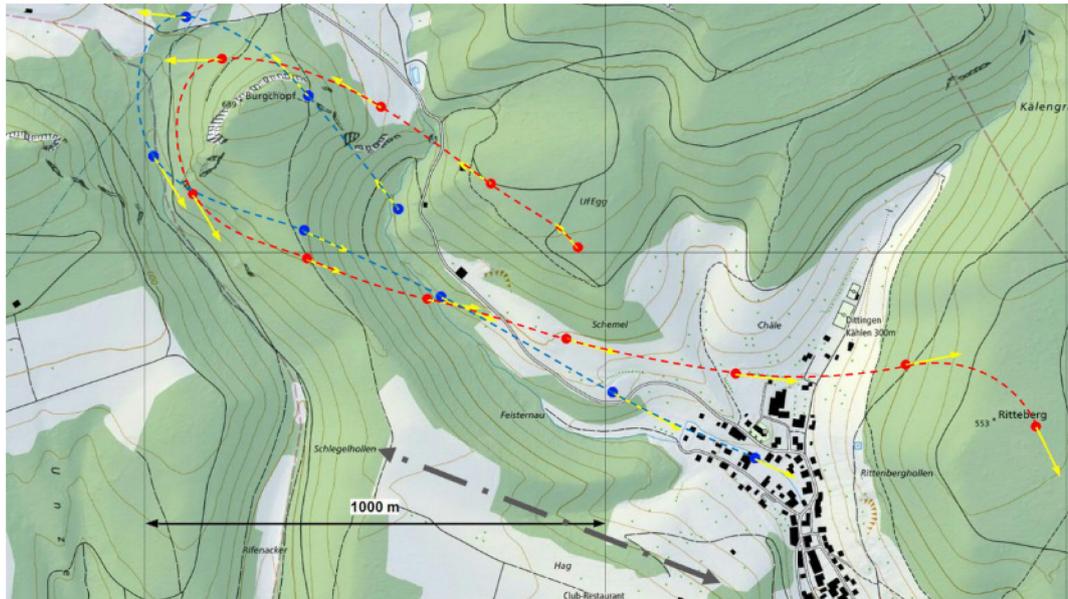


Abbildung 11: Datenpunkte von Flugzeug 1 im Zeitintervall von 10 Sekunden der Flugvorführungen der Figur Welle am Samstag, 22. August 2015 (rot) und Sonntag, 23. August 2015 (blau). Die approximierten Flugwege sind gestrichelt dargestellt und die Vorführrachse aus dem *aircrew guide* des Veranstalters als strichpunktierte Gerade. Die Richtungen der gelben Pfeile repräsentieren das jeweilige *heading* und die Länge der Pfeile die jeweilige *ground speed* zu einem Datenpunkt (Quelle der Karte: Bundesamt für Landestopografie).

1.7.3 Auswertung der Videos der Figur Welle

Von den Flugvorführungen der Formation GrassHoppers standen der Untersuchung Videodokumente zur Verfügung. Die Auswertung des Videomaterials der Figur Welle ab dem Zurückfallen vom Flugzeug 1 bis zum Beenden der zweiten Welle zeigt beim Flug am Sonntag gegenüber dem Flug am Samstag folgende wesentliche zeitlichen Unterschiede:

- Nach dem Absetzen aus der Dreier-Formation begann Pilot 1 mit dem ersten Steigflug zur Figur Welle etwa 2 Sekunden früher als am Samstag.
- Der Sinkflug in der zweiten Welle vom Kulminationspunkt bis zum Erreichen des Wellentals dauerte rund 3 Sekunden länger als beim Flug am Samstag.
- Die Gesamtzeit der zweiten Halbwelle unterhalb der Flugbahn der Flugzeuge 2 und 3 war am Samstag ca. 3 ½ Sekunden. Am Sonntag betrug diese rund 7 Sekunden.

1.7.4 Rekonstruktion der Sichtverhältnisse

Die geometrischen Sichtverhältnisse aus dem Cockpit der D-MSON, des Flugzeuges von Pilot 1, wurden mit dem Flugzeug von Pilot 3 vom Muster Comco Ikarus C 42 B, eingetragen als D-MHDP, untersucht.

Anhand der Sitzposition von Pilot 1 wurde eine Kamera im Cockpit der D-MHDP positioniert und Bilder in Blickrichtungen nach vorn sowie nach links und nach rechts in Winkeln von 30°, 60° und 90° gegenüber der Flugrichtung aufgenommen.

Zur Rekonstruktion der Sichtbarkeit der Flugzeuge 2 und 3 aus dem Cockpit des Flugzeuges 1 in der Figur Welle ist vor allem die Blickrichtung in Flugrichtung von Interesse (vgl. Abbildung 12).

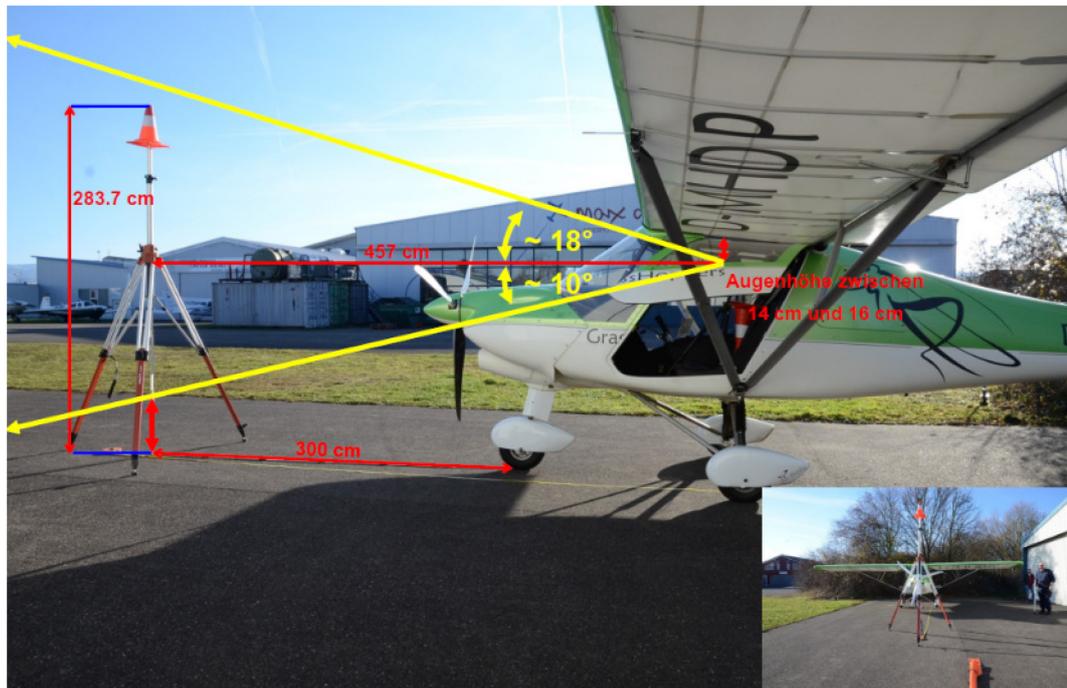


Abbildung 12: Sichtfelddokumentation anhand des Flugzeuges Comco Ikarus C-42 B, D-MHDP, mit approximativen Sichtwinkeln nach oben ($\sim 18^\circ$) und nach unten ($\sim 10^\circ$) bei einer Blickrichtung in Flugrichtung

Mit den Sichtwinkeln (α) gegenüber der Horizontalen können für eine Distanz (d) in Flugrichtung das vertikale Sichtfeld Δh nach oben und nach unten aus der folgenden Beziehung errechnet werden: $\tan(\alpha) = \Delta h/d$.

Unter Annahme der approximativen Sichtwinkel resultieren zum Beispiel für eine Distanz in Flugrichtung von 100 m gegenüber der Horizontalen vertikale Sichtfelder von 32.5 m nach oben und 17.6 m nach unten.

1.8 Medizinische und pathologische Feststellungen

Pilot 1 wurde leicht und Pilot 2 tödlich verletzt.

Die Leiche des Piloten 2 wurde einer Autopsie unterzogen. Als Todesursache fand sich eine schwerste Mehrfachverletzung aufgrund der Kollision in der Luft mit Eindringen der Flugzeugfront, insbesondere des Propellers, des Flugzeuges 1 in die Pilotenkabine des Flugzeuges 2 und des nachfolgenden Aufschlages auf dem Boden. Der Unfall war nicht überlebbar. Vorbestehende, die Flugtauglichkeit beeinträchtigende Befunde, liessen sich nicht erheben.

Die Blutanalyse auf Alkohol und Drogen bei allen Piloten ergab ein negatives Resultat.

1.9 Ballistische Rettungssysteme

1.9.1 Flugzeug 1, D-MSON

Anhand des Videomaterials konnte festgestellt werden, dass etwa 2 Sekunden nach dem Zusammenstoss die Rakete des ballistischen Rettungssystems (BRS) das Flugzeug verliess und den Fallschirm hinter dem Flügel zum Flugzeugrumpf hinauszog (vgl. Abbildung 13). Das BRS funktionierte einwandfrei und das Flugzeug schwebte, vom Fallschirm gebremst, in den Garten eines Einfamilienhauses. Der Pilot wurde leicht verletzt. Das Flugzeug wurde schwer beschädigt.

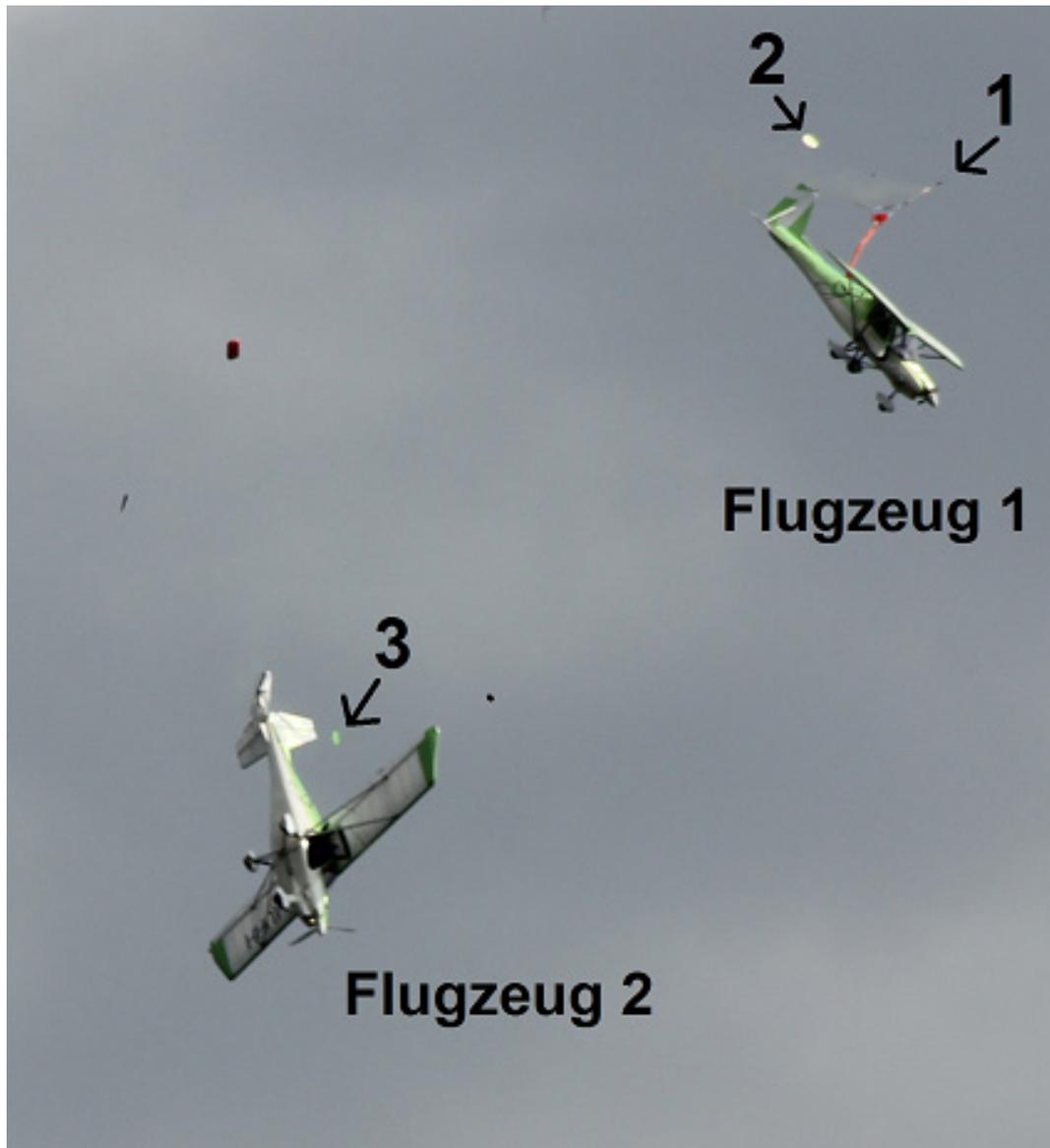


Abbildung 13: Flugzeuge 1 und 2 ungefähr 1 Sekunde nach der Kollision. D-MSON: Rakete zieht Fallschirm (1) aus Flugzeug, Abschlussdeckel (2). D-MUHH: Abschlussdeckel (3).

1.9.2 Flugzeug 2, D-MUHH

Das Flugzeug stürzte nach der Kollision annähernd senkrecht ab. Ein Entfalten des Fallschirms wurde nicht beobachtet.

Die Auswertung der Tonspuren eines Videos ergab, dass auch die Rakete dieses BRS kurz nach dem Zusammenstoß, praktisch zum selben Zeitpunkt der Auslösung des BRS von Flugzeug 1, zündete. Zudem zeigen Fotos wie die Abdeckung der Abschussöffnung des BRS davonflog.

Ebenso konnte festgestellt werden, dass die brennende Rakete des BRS im Bereich des Propellers sichtbar wurde (vgl. Abbildung 14).

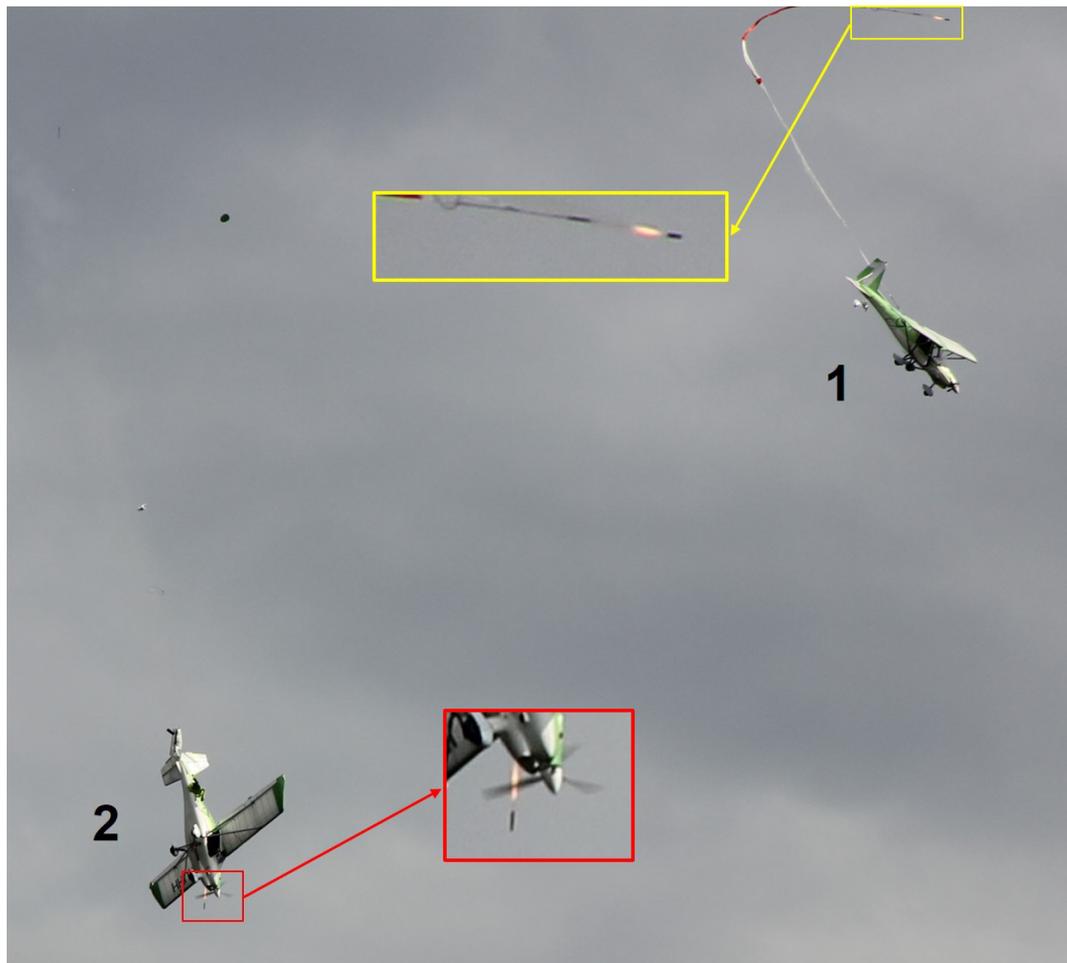


Abbildung 14: Flugzeug 1 und Flugzeug 2 nach der Kollision. Das Detailbild bei Flugzeug 1 zeigt den Raketenkörper des BRS mit dem Feuerschweif und die Auszugsleine des Fallschirms. Im Detailbild bei Flugzeug 2 ist im Bereich des Propellers nur der Raketenkörper, in Flugrichtung nach vorne, mit dem Feuerschweif sichtbar. Die Auszugsleine ist nicht erkennbar.

An der Absturzstelle von Flugzeug 2 (vgl. Kapitel 1.5.3) wurden die Auszugsleine und der Fallschirm in nicht entfaltetem Zustand vorgefunden.

1.9.3 Gefährdungspotential durch das ballistische Rettungssystem

Der Veranstalter informierte Feuerwehr und Polizei am Tag vor der öffentlichen Flugveranstaltung über mögliche Gefahren, die von ballistischen Rettungssystemen ausgehen können.

Nach dem Absturz von Flugzeug 1 befand sich die Abschusseinheit mit dem Abschussrohr an der Montageposition im Heckbereich des Flugzeuges. Der Fallschirm war komplett ausgezogen. Die Zugleine war fest mit dem Flugzeug verbunden. Der Metallzylinder der Rakete mit dem daran befestigten Stahlseil lag etwa 100 Meter entfernt auf der Dorfstrasse. Durch den Umstand, dass der Abschuss des ballistischen Rettungssystems in diesem Flugzeug funktioniert hatte, wurden die gefundenen mechanischen Teile der Raketenmotoreinheit nach dem Auffinden an der Unfallstelle als ungefährlich deklariert.

Die mechanischen Teile der Raketenmotoreinheit von Flugzeug 2 wurden im Bereich der Endlage des Wracks aufgefunden und waren brandbelastet. Die Abschusseinheit hing an der Westwand des Schuppens und der Metallzylinder der

Rakete mit dem Stahlseil und der Zuggurte lagen ungefähr 3 Meter neben dem in Brand geratenen Schuppen auf der Dorfstrasse.

Die Einsatzleitung der Rettungskräfte und die Mitarbeiter der SUST erkannten die mögliche Gefährdung durch den Raketenkörper des ballistischen Rettungssystems. Dennoch wurden herumliegende Trümmerteile von später eingetroffenen Mitarbeitern der Untersuchungsorgane angefasst und markiert, bevor diese von Fachleuten für die Handhabung explosiver Stoffe als ungefährlich deklariert wurden (vgl. Abbildung 9 und Abbildung 15).



Abbildung 15: Raketenkörper des Rettungssystems der D-MUHH, mit dem Stahlseil und der Zuggurte auf der Dorfstrasse.

1.10 Formations- und Vorführungsflug

Der Formationsflug stellt besondere Anforderungen an die Besatzungen und birgt spezifische Risiken. Für Luftwaffenpiloten gehört diese Art der Fliegerei naturgemäss zum Alltag und wird entsprechend ausgebildet und trainiert. Ausserhalb des militärischen Flugdienstes wird der Formationsflug nicht systematisch ausgebildet, weshalb wenig allgemein zugängliche Ausbildungsunterlagen über das Fliegen in Formation existieren.

Der internationale Verband *Formation And Safety Team* (FAST), in dem sich mehrere Organisationen⁶ weltweit zusammengeschlossen haben, legt detaillierte Richtlinien bezüglich Ausbildung und Training für Formationsflüge fest. Ein umfassender Leitfaden der FAST „*The Formation Pilot's Knowledge Guide; Version 1.2 May 2012*“ enthält detaillierte Grundlagen und Anleitungen für die Ausbildung im Formationsflug. Dem Erkennen von Risiken wird darin eine grosse Bedeutung beigemessen. So ist es nicht erstaunlich, dass der folgende Satz „*In flying I have learned that carelessness and overconfidence are usually far more dangerous than*

⁶ Im FAST sind 18 Organisationen beteiligt, unter anderem die *Experimental Aviation Association (EAA) Warbirds of America*, die *Australian Warbirds Association* und das *Canadian Warplane Heritage Museum*.

deliberately accepted risks“ aus einem Brief, den Wilbur Wright im September 1900 an seinen Vater schrieb, einleitend zitiert wird.

Bei Vorführungen an Flugveranstaltungen gilt es noch weitere Vorsichtsmassnahmen zu berücksichtigen, die in der Broschüre „GA11 Safety at Flying Displays and Events: A Guide for Pilots; European General Aviation Safety Team (EGAST); December 2015“ behandelt werden.

Für Vorführungen an öffentlichen Flugveranstaltungen in der Schweiz gelten die Richtlinien des BAZL (vgl. Kapitel 1.6.3).

2 Analyse

2.1 Technische Aspekte

2.1.1 Allgemeines

Die Untersuchung ergab keine Anhaltspunkte für vorbestehende, technische Mängel, die den Unfall hätten verursachen können.

2.1.2 Ballistisches Rettungssystem

Das ballistische Rettungssystem (*Ballistic Recovery System* – BRS) von Flugzeug 1 wurde rasch ausgelöst und funktionierte einwandfrei. Anzumerken ist, dass die Wahl der Landezone nicht aktiv beeinflusst werden kann. Im vorliegenden Fall kam das Flugzeug im Garten eines Einfamilienhauses zu Boden und es entstand nur geringfügiger Landschaden; das dabei entstandene Schadensausmass war zufällig (vgl. Abbildung 7).

Aus den Abbildungen 15 und 16 ist ersichtlich, dass der Raketenmotor des BRS des Flugzeug 2 kurz nach der Kollision mit brennendem Treibsatz verlassen hat. Aus der Flugrichtung der Rakete ist ersichtlich, dass der Austritt aus dem Flugzeug nicht wie vorgesehen durch die Abschussöffnung erfolgte. Der Grund dafür konnte nicht ermittelt werden, es ist aber denkbar, dass die Richtung des im Rumpf des Flugzeuges eingebauten Abschussrohres infolge der heftigen Kollision verändert worden war.

Der Fallschirm des BRS-6 1050 SP von Flugzeug 2 war im Juli 2015 für ein Nachpacken fällig geworden. Das Nichtbeachten dieser Fälligkeit war im Hinblick auf die erhöhten Risiken beim Formationsflug wenig sicherheitsbewusst.

2.2 Menschliche und betriebliche Aspekte

2.2.1 Ausbildung und Training

Die Formation GrassHoppers bestand aus drei Piloten mit unterschiedlichen fliegerischen Erfahrungen. Bevor sie im Jahr 2011 gemeinsam begannen das Formationsfliegen zu üben, verfügte keiner der drei Piloten über eine Ausbildung im Formationsflug. Die theoretische Einführung übernahm ein Fluglehrer, der seine Erfahrungen im Formationsflug als mitfliegendes Besatzungsmitglied in der deutschen Luftwaffe erworben hatte. Er beobachtete die drei Piloten zudem bei Trainingsflügen und stand ihnen beratend bei. Die Piloten trainierten oft, erarbeiteten die Grundlagen zum Formationsflug mit ihren Flugzeugen des Musters Ikarus C 42 B Schritt für Schritt durch Üben und tasteten sich damit an die Formationsfliegerei heran. Allerdings lässt sich nicht erkennen, dass es sich dabei um eine fundierte Grundausbildung für Formationsflug handelte.

Als *leader* der Formation wurde nicht der Pilot mit der grössten Flugerfahrung bestimmt, sondern der mit dem schwächer motorisierten Flugzeug. Die drei Piloten waren sich offenbar der Aufgaben und der Rolle eines *leaders* einer Formation nicht bewusst, auch wenn das Argument, es sei für die beiden Piloten mit den stärker motorisierten Flugzeugen einfacher aufzuschliessen, nachvollziehbar ist. Die Piloten agierten als gleichberechtigte Mitglieder im Team und erarbeiteten die Figuren und das Programm gemeinsam. Eine klare Führungsverantwortung, wie sie für die Planung, Durchführung und Analyse von Trainings und Vorführungen hilfreich wäre, war nicht vorhanden. Es gibt keine Hinweise darauf, dass das Team die einzelnen Figuren und den Ablauf der Vorführung punkto Risiken systematisch analysiert und beurteilt hatte.

2.2.2 Die Figur Welle

Die wellenförmige Flugbahn der Figur, bei der das hintere Flugzeug die horizontale Flugebene der beiden vorausfliegenden Flugzeuge durchstösst (vgl. Abbildung 4), wurde ausschliesslich von Pilot 1 geflogen. Er musste zu Beginn der Figur die Fluggeschwindigkeit seines Flugzeuges reduzieren, um in die gewünschte Ausgangsposition zu gelangen. Zur Abschätzung des Abstandes zu den beiden vor ihm, mit gleichbleibender Fluggeschwindigkeit, fliegenden Flugzeugen, gab es keine objektiven Kriterien, anhand derer er den Zeitpunkt zum Einleiten der ersten Steigphase bestimmen konnte. Dem entsprechend konnte die Ausgangslage von Flug zu Flug variieren und das Erfliegen der Ausgangslage war für Pilot 1 keine leichte Aufgabe.

Die beiden Flugzeuge 2 und 3 flogen während der ganzen Figur Welle mit einer Fluggeschwindigkeit von 130 bis 140 km/h auf gleichbleibender Flughöhe. Pilot 1 musste die Motorleistung seines Flugzeuges auf der wellenförmigen Flugbahn stark variieren, damit er den Abstand zu den beiden vor ihm fliegenden Flugzeugen gleichbleibend halten konnte. Bedingt durch die limitierten Flugleistungen seines Flugzeuges, variierte dabei die Fluggeschwindigkeit in einem Bereich von ungefähr 80 bis 160 km/h. Das Einhalten eines konstanten Abstandes zu den beiden anderen Flugzeugen unter Berücksichtigung mehrerer Variablen setzte voraus, dass die Abstandsabweichungen jederzeit sofort erkannt werden konnten. Da Pilot 1 wegen der flugzeugbedingten eingeschränkten Sicht die anderen Flugzeuge nur bei den Übergängen von einem Wellental nach oben sowie von einem Kulminationspunkt einer Welle nach unten während einer kurzen Zeitdauer sehen konnte, fehlte dieser Input als wesentliches Element im Regelkreis. Es ist festzuhalten, dass bereits durch eine geringfügige Bewegung des Kopfes eine Verbesserung der Sichtverhältnisse erreicht werden kann und dadurch die Zeitdauer verlängert wird.

Der Abstand zwischen Flugzeug 1 und den beiden anderen Flugzeugen wurde von mehreren Variablen, wie Flughöhe, Fluggeschwindigkeit, Fluglage und gesetzte Motorleistung, beeinflusst. Aus dem Vergleich der Vorführungen der Figur Welle (vgl. Kapitel 1.7.3) geht hervor, dass sich der Abstand bei kleinsten Abweichungen, zum Beispiel bei einer um eine Sekunde längere Sinkflugphase, markant änderte. Die Figur Welle, wie sie mit den drei Flugzeugen geflogen wurde, beinhaltete nahezu keine Fehlertoleranz. Mit ihr war deshalb ein inhärentes Kollisionsrisiko verbunden.

Mit einer sorgfältigen theoretischen Planung der Figur Welle hätten die zeitlichen und räumlichen Konstellationen der drei Flugzeuge erarbeitet werden können. Die limitierten Sichtverhältnisse aus dem Cockpit ihrer Flugzeuge (vgl. Kapitel 1.7.4) waren den Piloten bekannt. Im Leitfaden „*The Formation Pilot's Knowledge Guide*“ werden spezifische Kollisionsrisiken, unter anderen bei nicht ständigem Sichtkontakt zum führenden Flugzeug, aufgeführt und Massnahmen zu deren Verminderung behandelt.

Durch Kombination von Erkenntnissen aus der Planung, den Sichtverhältnissen und dem Leitfaden hätten diese Risiken von den Piloten erkannt werden können.

2.2.3 Entstehung des Unfalls

Beim Unfallflug verringerte sich in der Figur Welle die Distanz von Flugzeug 1 zu den vorne fliegenden Flugzeugen 2 und 3 zwischen der ersten und der zweiten Sinkphase. Im Wellental vor der letzten Steigphase befand sich das Flugzeug von Pilot 1 rund 30 Meter unter den beiden anderen Flugzeugen (vgl. Abbildung 20). In dieser Position konnte er die anderen Flugzeuge aufgrund der eingeschränkten Sichtverhältnisse nicht sehen. Die Massnahmen zur Auflösung einer räumlichen

und zeitlichen Auflösung einer solchen Konstellation, die anlässlich der Nachbesprechung des früheren Vorfalles besprochen wurden (vgl. Kapitel 1.2.3), setzen voraus, dass sowohl das Flugzeug 1 und die beiden vorausfliegenden Flugzeuge die jeweilige Flughöhe beibehalten würden.

Die Auswertung der Videoaufnahmen (vgl. Abbildung 16) zeigt demgegenüber, dass der vertikale Abstand zwischen den Flugzeugen 1 und 2 während den letzten 5 Sekunden vor der Kollision stetig abnahm. Die GPS-Höhe von Flugzeug 3 verringerte sich in demselben Zeitraum um 7 m (entsprechend einer mittleren Sinkgeschwindigkeit von 1.4 m/s). Unter Annahme gleicher Flughöhen der Flugzeuge 2 und 3, muss Flugzeug 1 in diesem Zeitraum um rund 23 Meter gestiegen sein. Pilot 1 hatte offensichtlich die sich anbahnende Gefahrensituation nicht erkannt.

Aufgrund der rekonstruierten geometrischen Sichtverhältnisse aus dem Cockpit (vgl. Abbildung 12) kann der minimale horizontale Abstand in Abhängigkeit des vertikalen Abstandes errechnet werden, bei dem die in Flugrichtung oben fliegenden Flugzeuge für Pilot 1 sichtbar sind. Unter Annahme eines vertikalen Abstandes von 30 m und einem Sichtwinkel nach oben von 18° resultiert eine horizontale Distanz von mehr als 90 m. Bei geringeren horizontalen Distanzen werden die beiden Flugzeuge für Pilot 1 von unten, aus dem Wellental kommend, erst sichtbar, wenn er die Nase seines Flugzeuges hochziehen würde.

Bei der Flugvorführung am Tag vor dem Unfall verlief die von Flugzeug 3 geflogene Nulllinie während der Figur Welle mit geringfügigen Abweichungen der Flughöhe horizontal. Anlässlich des Unfallfluges nahm die GPS-Höhe des Flugzeuges von Pilot 3 in der vergleichbaren Flugphase während den 25 Sekunden vor der Kollision stetig ab, insgesamt um 30 m. Dies entspricht einer durchschnittlichen Sinkgeschwindigkeit von 1.2 m/s und bei der zurückgelegten Distanz von rund 900 m einem Gleitverhältnis von 1:30. Da beim Unfallflug die geflogene Vorführachse gegenüber der Flugvorführung am Vortag um mindestens 20° nach rechts in Richtung einer tiefer liegenden Horizontlinie verlief, könnte die absinkende Flugbahn von Pilot 3 durch diese tiefer liegende Referenzlinie unbeabsichtigt entstanden sein. Die optischen Referenzen in der hügeligen Umgebung des Flugfeldes Dittingen unterscheiden sich wesentlich von denen des gewohnten Trainingsumfelds der Formation beim Flugplatz Bremgarten mit seiner langen Hartbelagpiste in der Rheinebene. Mit grosser Wahrscheinlichkeit wurde dieser Unterschied bei der Flugtaktik nicht berücksichtigt.

Die Voraussetzungen für Pilot 1 änderten sich bei der Figur Welle, als die vorausfliegenden Flugzeuge 2 und 3 absanken. Falls er vergleichbare Flugparameter und gleiche durchschnittliche Motorleistungen wählte wie bei einer horizontalen Nulllinie sowie die Steig- und Sinkphasen rein mechanisch durch Zählen einleitete, musste sich der horizontale Abstand zu den Flugzeugen 2 und 3 bei der sinkenden Nulllinie zwangsläufig verringern. Während den kurzen Sichtphasen, in denen Pilot 1 jeweils die beiden vor ihm fliegenden Flugzeuge sah, erkannte er die sich verringern den Abstände offenbar nicht und reduzierte die Motorleistung nicht entsprechend wirksam, so dass es letztlich zu einer ähnlichen Situation führte, wie sie die drei Piloten bereits einmal erlebt hatten.

Erhebliche Risiken, wie sie inhärent mit der Figur Welle verbunden waren, führen im Allgemeinen mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit zu einem Vorfall oder einem Unfall, wenn sie nicht erkannt werden und nicht entsprechende sicherheitsbewusste Massnahmen ergriffen werden. Es ist nicht erkennbar, dass die drei Piloten ihren früheren Vorfall (vgl. Kapitel 1.2.3) systematisch analysiert, die Figur Welle grundsätzlich überdacht und die Risiken erkannt hatten. Die Wahrscheinlichkeit für das Kollisionsszenario, das letztlich zum Unfall führte, war deshalb erheblich.

2.2.4 Verhalten der Besatzungen nach der Kollision

Der Pilot im Flugzeug 1 löste kurz nach der Kollision das ballistische Rettungssystem seines Flugzeuges aus, worauf sein Flugzeug am Fallschirm hängend zu Boden kam. Durch sein unverzügliches Handeln und das funktionierende Rettungssystem konnte er sein Flugzeug nach der Landung mit nur leichten Verletzungen aus eigener Kraft verlassen.

Durch das Eindringen des drehenden Propellers von Flugzeug 1 in die Kabine des Flugzeuges von Pilot 2, wurde dieser schwer verletzt. Es konnte nicht festgestellt werden, ob er noch handlungsfähig war und das ballistische Rettungssystem seines Flugzeuges auslöste, oder ob es in Folge von Kollisionsschäden am Flugzeug selbsttätig ausgelöst wurde. Der Fallschirm des Rettungssystems wurde nicht wie vorgesehen aus dem Flugzeug hinausgezogen, so dass dieses ungebremst auf dem Boden aufprallte. Der Unfall war für Pilot 2 nicht überlebbar.

Das Flugzeug von Pilot 3 war von der Kollision der beiden anderen Flugzeuge nicht betroffen. Nach dem Wahrnehmen des ungewöhnlichen Geräusches war für Pilot 3 die Situation unklar. Indem er sein Flugzeug nach links wegdrehte, mehrere Vollkreise flog, um sich Übersicht zu verschaffen, und in der Folge seine Beobachtungen per Flugfunk übermittelte, handelte er besonnen.

2.2.5 Systemische Aspekte

Zur Durchführung von Formationsflügen bedarf es gemäss der Europäischen Agentur für Flugsicherheit (*European Aviation Safety Agency – EASA*) keiner spezifischen Berechtigung, wie sie etwa für die Durchführung von Kunstflügen erforderlich ist. Dadurch ist auch für Piloten keine theoretische und praktische Ausbildung in Formationsflug vorgeschrieben. Die drei Piloten hatten sich das Formationsfliegen mit Unterstützung eines ehemaligen Waffensystemoffiziers selbst beigebracht und geübt. Aufgrund der Angaben von Pilot 1 und 3 kann geschlossen werden, dass ihre Ausbildung punkto Systematik und Umfang im Vergleich mit den im Leitfaden „*The Formation Pilot’s Knowledge Guide*“ enthaltenen Grundlagen eher einfach und praxisgetrieben war.

Im Gegensatz zur Formationsfliegerei sind zur Erlangung von anderen Berechtigungen, zum Beispiel für Kunstflug, von der EASA für jeden Ausbildungsbereich Syllabi vorgegeben. Aufgrund solcher Vorgaben definiert das BAZL einzelne Ausbildungsschritte, die von den anerkannten Flugschulen für den theoretischen Unterricht und die praktische Ausbildung befolgt werden müssen. Die einzelnen Ausbildungsschritte werden typischerweise nur von Fluglehrern instruiert, die im entsprechenden Ausbildungsbereich über Know-how und Erfahrung verfügen. Sie vermitteln nebst dem fliegerischen Handwerk auch ein Element, das in der Fliegerei als *airmanship* bezeichnet wird. Eine systematische Ausbildung im Formationsflug, bei der dem Erkennen von Gefahren und Beurteilen von Risiken die nötige Beachtung beigemessen wird, hätte die Wahrscheinlichkeit für den vorliegenden Unfall verringert.

Mit Überlegungen, wie sie in Kapitel 2.2.2 aufgeführt sind, hätten die systemischen Gefahren der Figur Welle erkannt werden können. Die Piloten der Formation hätten zudem auf weitere, für nichtprofessionelle Organisationen zumutbare Massnahmen zurückgreifen können. Die Analyse der eigenen Flugaufzeichnungen, ein Rollenwechsel innerhalb der Formation und das Mitfliegen eines kompetenten, erfahrenen Formationspiloten wären unter anderen zum Erkennen der Gefahren und Beurteilen der Risiken hilfreich gewesen.

Da weder die Veranstalterin der Flugtage noch das BAZL als Aufsichtsbehörde vor und während den Flugvorführungen der Formation GrassHoppers Bedenken über die sichere Vorführung der Figur Welle äusserten, kann geschlossen werden, dass

diese die Gefahr auch nicht erkannt hatten. Sie konzentrierten sich auf die Gewährleistung der Sicherheit der Zuschauer. Diese war im vorliegenden Fall durch klare Vorgaben des BAZL und des Veranstalters, die kontrolliert und eingehalten wurden, nicht beeinträchtigt.

An der Absturzstelle von Flugzeug 2 im Dorf Dittingen entstand grosser Sachschaden. Durch glückliche Umstände kamen beim Absturz sowie bei der Landung des Flugzeuges 1 am Fallschirm keine Drittpersonen zu Schaden. In der zum Zeitpunkt des Unfalls gültigen Fassung der Richtlinie Flugveranstaltungsaufgaben (FVA) des BAZL gab es keine Hinweise auf eine durchzuführende Risikobewertung oder Anhaltspunkte über vorzukehrende Massnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit von Dritten. Die Sicherheit von Dritten, die in der Richtlinie ausschliesslich im Zweckartikel aufgeführt ist, war nicht durch Vorkehrungen gewährleistet. Die Richtlinie sollte künftig die Beurteilung von Gefahren für Dritte und die Bewertung der Risiken beinhalten.

Pilot 1 und Pilot 2 erfüllten die Voraussetzung für die Teilnahme an einer öffentlichen Flugveranstaltung gemäss der Richtlinie Flugveranstaltungsaufgaben (FVA) des BAZL nicht, da ihre Flugerfahrungen von rund 300 Stunden nicht überdurchschnittlich waren und sie weder über eine Berufspilotenlizenz noch einen Fluglehrerausweis verfügten. Alle drei Piloten der Formation GrassHoppers hatten Lizenzen, die in der Bundesrepublik Deutschland ausgestellt wurden, und verfügten nicht über Vorführbewilligungen (*Display Authorisation – DA*) nach der Richtlinie der *Joint Aviation Authorities* (JAA), da von deutschen Behörden grundsätzlich keine DA ausgegeben werden. Mit der Bewilligung der Flugvorführung der Formation GrassHoppers wurden die drei Piloten vom BAZL implizit für die Vorführung akzeptiert, wie dies in der FVA für den Einzelfall vorgesehen ist. Die Bedingungen für die Teilnahme an Formationsflügen, Ausbildung und genügendes Training, sind in der FVA nicht weiter spezifiziert. In der FVA sollte künftig eine systematische Ausbildung im Formationsflug im Sinne der oben ausgeführten Überlegungen als Bedingung aufgenommen werden. Zudem sollte spezifiziert werden, was als genügendes Training gilt.

Mit der vom BAZL im Februar 2016 in Kraft gesetzten nationalen Vorschrift und Empfehlungen zu Vorführbewilligung für Piloten wurden nach dem Unfall die Bedingungen zur Erlangung einer Vorführbewilligung definiert, die theoretische und praktische Ausbildung sowie die Überprüfung des Wissens und der fliegerischen Fähigkeiten der Piloten beschreiben. Zusätzlich werden darin die Anforderungen für die Ausgaben spezieller Formations-Vorführbewilligungen definiert. Es ist anzustreben, dass dieselben Bedingungen auch für Piloten mit Lizenzen aus dem Ausland, deren Behörden keine Vorschriften betreffend Vorführbewilligung haben, angewandt werden.

2.2.6 Gefährdung von Personen durch ballistische Rettungssysteme

Der Pilot in Flugzeug 1 löste das Rettungssystem kurz nach der Kollision aus, worauf die Rakete das Fallschirmpaket aus dem Flugzeug schoss und das Flugzeug am Fallschirm zu Boden schwebte. Von den Komponenten dieses Rettungssystems ging am Schadenplatz keine Gefahr mehr aus, da die Rakete gezündet hatte und der Treibstoff der Rakete verbrannt war.

Nach dem Absturz von Flugzeug 2 war nicht klar, ob das Rettungssystem ausgelöst wurde oder nicht. Es musste davon ausgegangen werden, dass die Raketenmotoreinheit bei mechanischer Einwirkung oder thermischer Exposition, die durch brennende Flugzeugtrümmer und den brennenden Unterstand gegeben war, ihre Wirkung noch hätte entfalten können. Dadurch bestand eine akute Gefährdung für Personen auf dem ganzen Schadenplatz.

Über die mögliche Gefährdung von Rettungs- und Untersuchungsorganen durch ballistische Fallschirmrettungssysteme in Flugzeugen publizierte die SUST im Jahre 2012 den Schlussbericht Nr. 2148. Der Veranstalter informierte Vertreter von Feuerwehr und Polizei am Tag vor der öffentlichen Flugveranstaltung über mögliche Gefahren, die von ballistischen Rettungssystemen ausgehen können. Die Einsatzleitung der Rettungskräfte auf dem Schadenplatz war sich der möglichen Gefährdung bewusst. Dennoch hantierten später eingetroffene Mitarbeiter der Untersuchungsorgane mit potentiell gefährlichen Komponenten. Künftig sollte sichergestellt sein, dass allen Einsatzkräften das diesbezügliche Gefahrenpotential bekannt ist.

3 Schlussfolgerungen

3.1 Befunde

3.1.1 Technische Aspekte

- Die Zulassungen der Flugzeuge des Musters Ikarus C 42 B erfolgten gemäss den deutschen Lufttüchtigkeitsforderungen durch die Erstzulassungsstelle.
- In der Schweiz wurde das Muster C 42 B durch das BAZL als Ecolight Flugzeug validiert und anerkannt.
- Die drei Flugzeuge wurden für die Vorführungen an den Dittinger Flugtagen 2015 vom BAZL akzeptiert.
- Die Untersuchung ergab keine Anhaltspunkte für vorbestehende, technische Mängel, die den Unfall hätten verursachen können.
- Das Flugzeug 1 (D-MSON) wurde durch ein Triebwerk mit einer maximalen Startleistung von 80 PS angetrieben. Die maximale Startleistung der beiden anderen Flugzeuge betrug 100 PS.
- Die Flugzeuge waren mit einem ballistischen Rettungssystem ausgerüstet.
- An den Flugzeugen wurde 2012 eine Rauchanlage eingebaut.

3.1.2 Besatzungen

- Die Formation „GrassHoppers“ bestand aus drei Piloten mit unterschiedlichen fliegerischen Erfahrungen, die mit ihren Ultraleichtflugzeugen (UL) des Musters Ikarus C 42 B regelmässig zusammen Formationsflüge ausführten.
- Der Pilot 1 (D-MSON) und der Pilot 2 (D-MUHH) waren im Besitz einer LAPL(A) (*Light Air Pilot Licence Aeroplane*).
- Pilot 3 (D-MHDP) war der Fluglehrer in der Grundschulung von Pilot 1 und 2.
- Als Ausbilder im Formationsflug wurde ein Fluglehrer, ein ehemaliger Waffensystemoffizier der deutschen Luftwaffe, beigezogen. Pilot 3, der über eine grosse allgemeine Flugerfahrung, jedoch über eine geringe Formationsflugerfahrung, verfügte, stand als weiterer Fluglehrer zur Verfügung.
- Keiner der drei Piloten verfügte über eine Vorführbewilligung (*Display Authorisation – DA*) nach der Richtlinie der *Joint Aviation Authorities* (JAA).

3.1.3 Flugverlauf

- Nach dem Start schlossen die drei Piloten zu einer Dreiecksformation auf.
- Pilot 1 flog als Formationsführer (*leader*) in der Formation vorne, Pilot 2 in der Position hinten rechts und Pilot 3 hinten links, beide in einer Flügellinie mit jeweils gleichen Abständen zum *leader*.
- Als *leader* der Formation wurde der Pilot mit dem schwächer motorisierten Flugzeug bestimmt, nicht derjenige mit der grössten Flugerfahrung.
- Vor der zweitletzten Figur, der sogenannten Welle, flogen die Piloten eine Linkskurve in Dreiecksformation, um auf die Vorführachse, die parallel zur Piste und nördlich davon lag, einzudrehen.
- Im Geradeausflug verlangsamte der *leader* die Geschwindigkeit, damit die hinter ihm fliegenden Piloten 2 und 3 ihn überholen konnten.

- Danach übernahm Pilot 3 die Führung, gab das Kommando „*smoke on*“ und flog leicht sinkend geradeaus weiter.
- Pilot 1 leitete beim Kommando „*smoke on*“ einen Steigflug ein und flog anschliessend zwischen den Flugbahnen der beiden vor ihm fliegenden Flugzeugen eine wellenförmige Flugbahn.
- Beim Sinkflug nach der zweiten Kulminationsphase verringerte sich der Abstand des Flugzeuges von Pilot 1 gegenüber den anderen beiden Flugzeugen, so dass es sich am tiefsten Punkt seiner Flugbahn vor der dritten Steigflugphase ungefähr unter den beiden anderen Flugzeugen befand.
- Beim Einleiten des dritten Steigfluges sah Pilot 1 die beiden anderen Flugzeuge und deren Rauch nicht.
- Beim Zusammenstoss von Flugzeug 1 (D-MSON) und Flugzeug 2 (D-MUHH) kippte letzteres um die Querachse nach vorne unten, worauf es Bug voran senkrecht nach unten abstürzte.
- Der Pilot 1 löste kurz nach der Kollision das ballistische Rettungssystem seines Flugzeuges aus worauf sein Flugzeug am Fallschirm hängend zu Boden kam. Er verletzte sich dabei leicht.
- Tonauswertungen ergaben, dass das BRS vom Flugzeug 2 (D-MUHH) kurz nach dem Zusammenstoss ausgelöst wurde. Ein Herausziehen des Fallschirms durch die Rakete konnte nicht beobachtet werden.
- Das Flugzeug 2 (D-MUHH) stürzte im Dorfzentrum auf die Dorfstrasse. Teile des Wracks prallten in einen etwa 50 Meter davon entfernten Unterstand und verbrannten. Der Pilot kam dabei ums Leben.
- Das Flugzeug 3 (D-MHDP) wurde nicht beschädigt.

3.1.4 Organisation und Bewilligungen

- Seit 1955 organisiert die Segelfluggruppe Dittingen in regelmässigen Zeitabständen Flugtage, die einem breiten Publikum zugänglich sind.
- Verantwortlich für die fliegerischen Darbietungen in der Organisation war der verantwortliche Leiter des Flugprogramms (*Flying Display Director*). Dieser war auch für die Zusammenarbeit mit dem BAZL zuständig.
- Auf Grund eines Gesuches erhielt die Segelfluggruppe Dittingen vom BAZL die Bewilligung, am 22. und 23. August 2015 eine öffentliche Flugveranstaltung durchzuführen.
- Für Vorführungen an öffentlichen Flugveranstaltungen in der Schweiz gelten die Richtlinien des BAZL.
- Bezüglich der Vorführungen der Formation GrassHoppers machte das BAZL die Auflagen, keine Starts und Landungen in Formation sowie einen Trainingsflug durchzuführen.
- Das BAZL erteilte den Piloten aufgrund der Einzelfallklausel in der Richtlinie eine Vorführbewilligung.
- Die Bedingungen für die Teilnahme an Formationsflügen, Ausbildung und genügendes Training, sind in der FVA nicht weiter spezifiziert.
- Zur Durchführung von Formationsflügen bedarf es gemäss der Europäischen Agentur für Flugsicherheit (*European Aviation Safety Agency – EASA*) keiner

spezifischen Berechtigung, wie sie etwa für die Durchführung von Kunstflügen erforderlich ist.

- Die Sicherheit von Dritten, die in der Richtlinie Flugveranstaltungsauflagen (FVA) des BAZL im Zweckartikel aufgeführt ist, war nicht durch Vorkehrungen gewährleistet.
- Die Sicherheit der Zuschauer war im vorliegenden Fall durch klare Vorgaben des BAZL und des Veranstalters, die kontrolliert und eingehalten wurden, nicht beeinträchtigt.

3.1.5 Rahmenbedingungen

- Die Formation GrassHoppers wurde im Jahr 2011 gegründet.
- Die Piloten agierten als gleichberechtigte Mitglieder im Team und erarbeiteten die Figuren und das Programm gemeinsam.
- Es gibt keine Hinweise darauf, dass das Team die einzelnen Figuren und den Ablauf der Vorführung punkto Risiken systematisch analysiert und beurteilt hatte.
- Anlässlich eines Trainingsfluges kam es in der Figur Welle zu einer nahen Begegnung zwischen den Flugzeugen von Pilot 1 und Pilot 3. Das Flugzeug von Pilot 1 kam beim Abschluss der Figur von unten dicht vor dem Flugzeug von Pilot 3 hoch.
- Es ist nicht erkennbar, dass die drei Piloten diesen früheren Vorfall systematisch analysiert, die Figur Welle grundsätzlich überdacht und die Risiken erkannt haben.
- Von den deutschen Behörden wurden grundsätzlich keine *Display Authorisation* (DA) ausgegeben.
- Das Wetter war gut und hatte keinen Einfluss auf den Unfall.

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 bestand aus einer Kollision zweier Flugzeuge im Dreier-Formationsflug an einer öffentlichen Flugvorführung. In der Folge stürzte ein Flugzeug unkontrolliert ab und das andere Flugzeug ging am Fallschirm seines ballistischen Rettungssystems zu Boden.

Als direkte Ursache dieses Unfalls wurde folgender Faktor ermittelt:

- Fliegen einer wellenförmigen Flugbahn mit Flugphasen ohne Sicht auf zwei vorausfliegende Flugzeuge der Formation, deren Flugebene durchstossen wurde.

Folgender Faktor hat zum Unfall beigetragen:

- Fliegen einer absinkenden Flugbahn der vorausfliegenden Flugzeuge der Formation.

Als systemisch-beitragender Faktor des Unfalls wurde die unvollständige Ausbildung der Piloten im Formationsflug erachtet, was dazu führte, dass die Gefahren und Risiken der geflogenen Figur nicht erkannt wurden.

Die Untersuchung hat folgenden Faktor ermittelt, der die Entstehung und den Verlauf des Unfalls zwar nicht beeinflusst hat, aber dennoch ein Sicherheitsrisiko (*factor to risk*) darstellt:

- Das BAZL erteilte den Piloten aufgrund der Einzelfallklausel in der Richtlinie eine Vorführbewilligung.

4 Sicherheitsempfehlungen, Sicherheitshinweise und seit dem Unfall getroffene Massnahmen

Nach Vorgabe des Anhangs 13 der internationalen Zivilluftfahrtorganisation (*International Civil Aviation Organisation – 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 richten sich alle Sicherheitsempfehlungen, die in diesem Bericht aufgeführt sind, an die Aufsichtsbehörde des zuständigen Staates, der darüber zu entscheiden hat, 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 schweizerische Gesetzgebung sieht in der Verordnung über die Sicherheitsuntersuchung von Zwischenfällen im Verkehrswesen (VSZV) bezüglich Sicherheitsempfehlungen folgende Regelung vor:

„Art. 48 Sicherheitsempfehlungen

¹ Die SUST richtet die Sicherheitsempfehlungen an das zuständige Bundesamt und setzt das zuständige Departement über die Empfehlungen in Kenntnis. Bei dringlichen Sicherheitsproblemen informiert sie umgehend das zuständige Departement. Sie kann zu den Umsetzungsberichten des Bundesamts zuhanden des zuständigen Departements Stellung nehmen.

² Die Bundesämter unterrichten die SUST und das zuständige Departement periodisch über die Umsetzung der Empfehlungen oder über die Gründe, weshalb sie auf Massnahmen verzichten.

³ Das zuständige Departement kann Aufträge zur Umsetzung von Empfehlungen an das zuständige Bundesamt richten.“

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

4.1 Sicherheitsempfehlungen

4.1.1 Berechtigung für Formationsflug

4.1.1.1 Sicherheitsdefizit

Anlässlich einer öffentlichen Flugvorführung kollidierten zwei Ultraleichtflugzeuge einer Dreierformation nordöstlich des Flugfeldes Dittingen (LSPD).

Zur Durchführung von Formationsflügen bedarf es gemäss der Agentur der Europäischen Union für Flugsicherheit (*European Union Aviation Safety Agency – EASA*) keiner spezifischen Berechtigung, wie sie etwa für die Durchführung von Kunstflügen erforderlich ist. Es gibt keine verbindlichen Richtlinien und Syllabi für die theoretische und praktische Ausbildung in Formationsflug.

4.1.1.2 Sicherheitsempfehlung Nr. 537

Die Agentur der Europäischen Union für Flugsicherheit (*European Union Aviation Safety Agency – EASA*) sollte durch geeignete Massnahmen sicherstellen, dass zur Ausübung von Formationsflügen eine systematische theoretische und praktische Ausbildung sowie eine entsprechende Berechtigung notwendig sind.

4.1.2 Richtlinie für Vorführbewilligung an öffentlichen Flugveranstaltungen

4.1.2.1 Sicherheitsdefizit

Anlässlich einer öffentlichen Flugvorführung kollidierten zwei Ultraleichtflugzeuge einer Dreierformation nordöstlich des Flugfeldes Dittingen (LSPD).

Piloten, die an öffentlichen Flugveranstaltungen in der Schweiz teilnehmen möchten, müssen gemäss der geltenden Richtlinie des Bundesamtes für Zivilluftfahrt (BAZL) grundsätzlich über eine Vorführbewilligung (*Display Authorisation*) verfügen. Vorführbewilligungen wurden vom BAZL nach Richtlinie der *Joint Aviation Authorities* (JAA) und seit Februar 2016 auf Basis einer eigenen Richtlinie DA 10.01 nach einer theoretischen und praktischen Ausbildung sowie einer Überprüfung der Fähigkeiten an Piloten ausgestellt.

In vielen Ländern Europas, auch in Deutschland, existieren keine äquivalenten Regelungen und von den Behörden dieser Länder werden keine Vorführbewilligungen ausgestellt. Die Ausbildung und die fliegerischen Fähigkeiten bezüglich Flugvorführung von Piloten aus diesen Ländern sind dadurch nicht standardisiert und nachvollziehbar. Das BAZL erlaubte Piloten, die nicht über eine Vorführbewilligung verfügten, die Teilnahme an öffentlichen Flugvorführungen aufgrund einer Einzelfallregelung.

4.1.2.2 Sicherheitsempfehlung Nr. 538

Die Agentur der Europäischen Union für Flugsicherheit (*European Union Aviation Safety Agency – EASA*) sollte durch geeignete Massnahmen sicherstellen, dass für öffentliche Flugvorführungen international standardisierte Richtlinien in allen Mitgliedstaaten angewendet werden. In diesen Richtlinien sollten die Bedingungen zum Erlangen einer Vorführbewilligung (*Display Authorisation*) definiert, die theoretische und praktische Ausbildung sowie die Überprüfung des Wissens und der fliegerischen Fähigkeiten der Piloten beschrieben werden. Zudem sollten darin die Anforderungen für die Erteilung spezieller Formations-Vorführbewilligungen definiert werden.

4.1.3 Schutz von Dritten bei öffentlichen Flugveranstaltungen

4.1.3.1 Sicherheitsdefizit

Anlässlich einer öffentlichen Flugvorführung kollidierten zwei Ultraleichtflugzeuge einer Dreierformation nordöstlich des Flugfeldes Dittingen (LSPD).

Die Sicherheit von Dritten ist in der Richtlinie Flugveranstaltungsaufgaben (FVA) des Bundesamtes für Zivilluftfahrt (BAZL) im Zweckartikel aufgeführt. In der zum Zeitpunkt des Unfalls gültigen Fassung der Richtlinie gab es keine Hinweise auf eine durchzuführende Risikobewertung oder Anhaltspunkte über vorzukehrende Massnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit von Dritten ausserhalb des Vorführungsgeländes.

4.1.3.2 Sicherheitsempfehlung Nr. 539

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) sollte die Beurteilung von Gefahren und die Bewertung der Risiken für Dritte bei öffentlichen Flugvorführungen sicherstellen sowie beim Veranstalter vorzukehrende Massnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit einfordern.

4.2 Sicherheitshinweise

Keine

4.3 Seit dem Unfall getroffene Massnahmen

Die der SUST bekannten Massnahmen werden im Folgenden kommentarlos aufgeführt.

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) hat nach dem Unfall in Dittingen die Erarbeitung einer Risikobeurteilung (*risk assessment*) für alle Organisatoren von Flugveranstaltungen in der Schweiz eingeführt und dazu eine Vorlage zur Verfügung gestellt. Die Organisatoren müssen die Gefahren ihrer Veranstaltung systematisch identifizieren, das Risiko beurteilen und Risikominderungsmaßnahmen (Mitigationen) umsetzen und dokumentieren. Mindestens eine Gefahrenbeurteilung hat das Thema „*Drittrisiken wie besiedelte Gebiete, Strassen und Eisenbahnen*“ zu beinhalten.

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, 30. Mai 2023

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle

Quellenverzeichnis

In der Reihenfolge ihres Erscheinens im Text. Die kursiv gedruckten Quellen sind nicht öffentlich zugänglich.

Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL), Richtlinie Flugveranstaltungsauflagen (FVA), Version 1.6, Juni 2016

Joint Aviation Authorities (JAA), Administrative & Guidance Material, The Organisation and Conduct of Flying Displays, Leaflet No. 5, Februar 1997

Civil Aviation Authority (CAA) United Kingdom (UK), CAP 403 Flying displays and special events: A guide to safety and administrative arrangements, 13te Ausgabe, Februar 2017

Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL), PILOT DISPLAY AUTHORIZATION REGULATION & REQUIREMENTS, DA 10.01 Version 1.1, Juni 2016

Formation and Safety Team (FAST), The Formation Pilot's Knowledge Guide, Version 1.2, Mai 2012

European General Aviation Safety Team (EGAST), „GA11 Safety at Flying Displays and Events: A Guide for Pilots“, Dezember 2015

Anlage 1



Abbildung 16: Bildsequenz aus einer Videoaufnahme mit Angaben der Videolaufzeit in Sekunden. Die darin eingezeichneten horizontalen gelben Doppelpfeilsegmente haben die Länge, die ungefähr der Länge der Flugzeuge (6.38 m) im Bild zum Videozeitpunkt 00:35 Sekunden entspricht. Die vertikalen, gelb gestrichelten Doppelpfeilsegmente haben um den Faktor 1.13 korrigierte Längen, entsprechend dem nicht senkrechten Blickwinkel auf die Bildebene.

Anlage 2

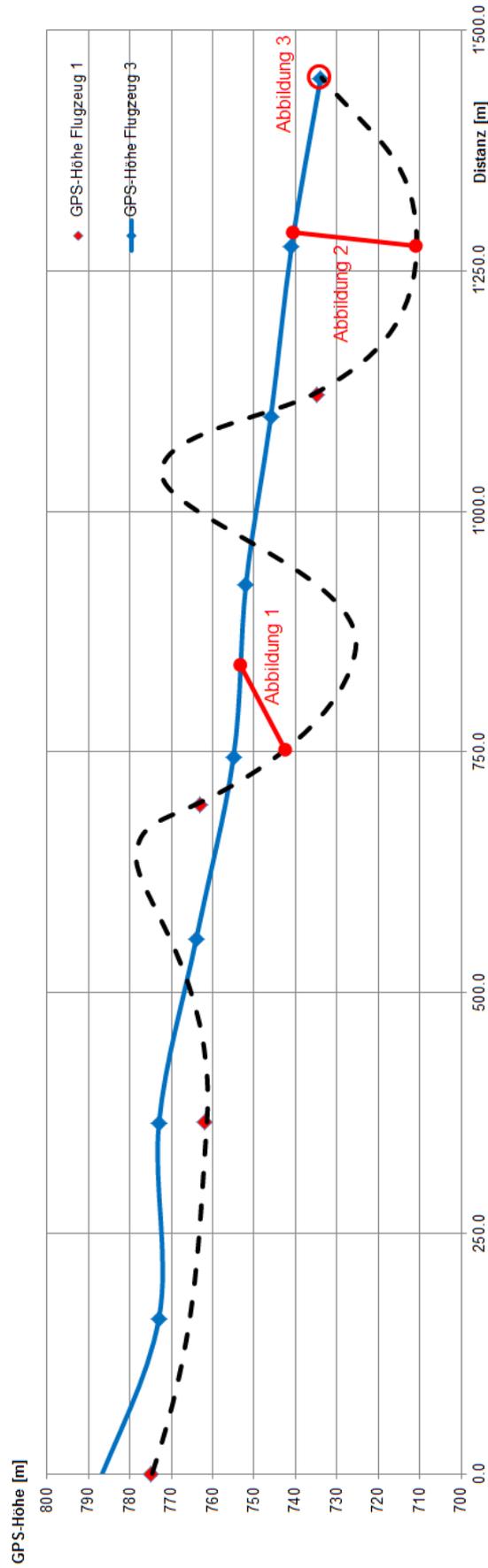


Abbildung 17: GPS-Höhen entlang der zurückgelegten Distanz bei der Flugvorführung der Figur Welle am Sonntag, 23. August 2015. Flugzeug 3 (blaue Symbole) im Zeitintervall von 5 Sekunden sowie der approximierten Höhenverlauf (blaue Linie), Flugzeug 1 (rot-schwarze Symbole) im Zeitintervall von 10 Sekunden sowie der approximierten Höhenverlauf (schwarz gestrichelte Linie). Die roten Punkte der Hinweise zu den jeweiligen Abbildungen entsprechen den ungefähren Zeitpunkten der Abbildungen.