



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Büro für Flugunfalluntersuchungen BFU
Bureau d'enquête sur les accidents d'aviation BEAA
Ufficio d'inchiesta sugli infortuni aeronautici UIIA
Uffizi d'inquisiziun per accidents d'aviatica UIAA
Aircraft accident investigation bureau AAIB

Schlussbericht Nr. 2038

des Büros für

Flugunfalluntersuchungen

über den Unfall

des Eigenbauflugzeuges MJ-10 Spitfire, HB-YIZ

vom 20. August 2005

Rifenacker, Gemeinde Röschenz/BL

15 km westsüdwestlich von Basel

Causes

L'accident est dû au fait que lors d'un virage à gauche insuffisamment coordonné, le contrôle de l'appareil a brièvement été perdu, de sorte qu'au cours de la manœuvre de rétablissement subséquente celui-ci est entré en collision avec des obstacles.

Les facteurs suivants ont probablement joué un rôle dans l'accident ou l'ont rendu possible:

- Défauts de construction qui ont conduit à de fortes sollicitations de l'avion de construction amateur lors d'angles d'attaque élevés.
- Centre de gravité positionné en-dehors de la limite arrière.
- Essais en vol incomplets de l'avion de construction amateur.
- Exécution lacunaire du suivi de la construction et de la procédure de certification.
- Faible expérience du pilote pour l'opération d'un avion de construction amateur exigeant.

Allgemeine Hinweise zu diesem Bericht

Dieser Bericht enthält die Schlussfolgerungen des BFU über die Umstände und Ursachen des vorliegend untersuchten Unfalls.

Gemäss Art. 3.1 der 9. Ausgabe des Anhangs 13, gültig ab 1. November 2001, 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 Vorfalles 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.

Die deutsche Fassung dieses Berichts entspricht dem Original und ist massgebend.

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 im Unfallzeitpunkt der mitteleuropäischen Sommerzeit (MESZ) entspricht. Die Beziehung zwischen LT, MESZ und koordinierter Weltzeit (*co-ordinated universal time* – UTC) lautet:
LT = MESZ = UTC + 2 h.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	6
Kurzdarstellung	6
Untersuchung	6
Ursachen	6
1 Sachverhalt	7
1.1 Vorgeschichte und Flugverlauf	7
1.1.1 Allgemeines	7
1.1.2 Vorgeschichte	7
1.1.3 Flugverlauf	8
1.2 Personenschäden	10
1.3 Schaden am Luftfahrzeug	10
1.4 Drittschaden	10
1.5 Angaben zu Personen	10
1.5.1 Pilot	10
1.5.1.1 Allgemeines	10
1.5.1.2 Flugerfahrung	11
1.6 Angaben zum Luftfahrzeug	11
1.6.1 Allgemeines	11
1.6.2 Vorgeschichte der MJ-10 Spitfire – historischer Bezug	13
1.6.3 Konstruktive Besonderheiten der MJ-10 Spitfire	14
1.6.3.1 Schwerpunktlage	14
1.6.3.2 Profilwahl und Schränkung des Tragflügels	14
1.6.4 Bau und Erprobung des Flugzeuges HB-YIZ	15
1.7 Meteorologische Angaben	16
1.7.1 Allgemeines	16
1.7.2 Allgemeine Wetterlage	16
1.7.3 Wetter zur Unfallzeit am Unfallort	16
1.7.4 Astronomische Angaben	17
1.7.5 Wetter gemäss Augenzeugen	17
1.8 Navigationshilfen	17
1.9 Kommunikation	17
1.10 Angaben zum Flugplatz	17
1.11 Flugschreiber	18
1.12 Angaben über das Wrack, den Aufprall und die Unfallstelle	18
1.12.1 Wrack	18
1.12.2 Aufprall	19
1.12.3 Unfallstelle	19
1.13 Medizinische und pathologische Feststellungen	19
1.14 Feuer	20
1.15 Überlebensaspekte	20
1.15.1 Allgemeines	20
1.15.2 Notsender	20
1.15.3 Suche und Rettung	20

1.16	Versuche und Forschungsergebnisse	20
1.16.1	Auswertung der Filmaufnahmen	20
1.17	Angaben zu verschiedenen Organisationen und deren Führung	22
1.17.1	Aufsichtsbehörde	22
1.17.1.1	Allgemeines	22
1.17.1.2	Luftfahrzeuge der Sonderkategorie Eigenbau	22
1.17.1.3	Lufttüchtigkeitsanforderungen für Luftfahrzeuge der Sonderkategorie Eigenbau	23
1.17.1.4	Lufttüchtigkeitsanforderungen für Luftfahrzeuge nach FAR part 23	23
1.17.1.5	Zulassung von Luftfahrzeugen der Sonderkategorie Eigenbau	24
1.17.1.6	Verfahrensschritte der Zulassung von Eigenbauluftfahrzeugen	25
1.17.2	Verband der Schweizer Amateur-Flugzeugbauer	25
1.17.2.1	Allgemeines	25
1.17.2.2	Aufgaben verschiedener Verbandsorgane	25
1.17.2.3	Technische Gruppe Engineering	26
1.17.2.4	Zulassungsstelle	26
1.17.2.5	Richtlinien für Erprobungsflüge	27
1.17.3	Segelfluggruppe Dittingen	27
1.17.3.1	Allgemeines	27
1.17.3.2	Dittinger Flugtage	28
1.18	Zusätzliche Angaben	28
1.19	Nützliche oder effektive Untersuchungstechniken	28
2	Analyse	29
2.1	Technische Aspekte	29
2.1.1	Allgemeines	29
2.1.2	Voraussetzungen für die Zulassung	29
2.1.3	Konstruktive Eigenheiten	30
2.1.3.1	Schwerpunktverhältnisse und geringe Höhensteuerkräfte	30
2.1.3.2	Auslegung der Tragfläche	30
2.1.4	Erprobungsflüge	31
2.1.5	Zulassung	32
2.2	Menschliche und betriebliche Aspekte	32
3	Schlussfolgerungen	34
3.1	Befunde	34
3.1.1	Technische Aspekte	34
3.1.2	Besatzung	35
3.1.3	Flugverlauf	35
3.1.4	Rahmenbedingungen	35
3.2	Ursachen	36
4	Sicherheitsempfehlungen und nach dem Unfall getroffene Massnahmen	37
4.1	Sicherheitsempfehlungen	37
4.2	Getroffene Massnahmen zur Verbesserung der Flugsicherheit	37
4.2.1	Erprobung von Triebwerken für Eigenbauluftfahrzeuge	37
4.2.2	Flugerprobung von Eigenbauflugzeugen	37

Schlussbericht

Eigentümer	Privat
Halter	Privat
Luftfahrzeugmuster	Eigenbau/ <i>construction amateur</i> MJ-10 Spitfire
Eintragungsstaat	Schweiz
Eintragungszeichen	HB-YIZ
Ort	Rifenacker, Gemeinde Röschenz/BL
Datum und Zeit	20. August 2005, 15:32 Uhr

Zusammenfassung

Kurzdarstellung

Im Rahmen einer Flugveranstaltung startete der Pilot mit seinem einsitzigen Eigenbauflugzeug MJ-10 Spitfire, eingetragen als HB-YIZ vom Flugfeld Dittingen aus zu einem Vorführungsflug. Während einer Linkskurve begann das Flugzeug eine Gier-Rollbewegung nach links. Gleichzeitig verringerte sich die Längsneigung der Maschine, bis sie sich in einem annähernd senkrechten Sturzflug befand. Während des folgenden Abfangmanövers kollidierte die HB-YIZ mit dem Gelände nordwestlich des Flugfeldes Dittingen.

Der Pilot erlitt beim Aufprall tödliche Verletzungen und das Flugzeug wurde zerstört.

Es entstand geringer Waldschaden.

Untersuchung

Der Unfall ereignete sich um 15:32 Uhr. Die Meldung traf um ca. 15:50 Uhr beim Büro für Flugunfalluntersuchungen (BFU) ein. Die Untersuchung wurde am gleichen Tag um ca. 17:30 Uhr in Zusammenarbeit mit der Kantonspolizei Baselland eröffnet.

Ursachen

Der Unfall ist darauf zurückzuführen, dass im Verlauf einer mangelhaft koordinierten Linkskurve die Kontrolle über das Flugzeug kurzfristig verloren ging und dieses während des folgenden Abfangmanövers mit Hindernissen kollidierte.

Die folgenden Faktoren haben die Entstehung des Unfalles möglicherweise begünstigt oder ermöglicht:

- Konstruktive Mängel, die zu anspruchsvollen Eigenschaften des Eigenbau-Flugzeugs bei hohen Anstellwinkeln führten.
- Schwerpunktlage ausserhalb der hinteren Begrenzung.
- Unvollständige Flugerprobung des Eigenbau-Flugzeuges.
- Mangelhafte Durchführung von Baubegleitung und Zulassungsverfahren.
- Geringe Erfahrung des Piloten im Betrieb von anspruchsvollen Eigenbau-Flugzeugen.

1 Sachverhalt

1.1 Vorgeschichte und Flugverlauf

1.1.1 Allgemeines

Für die folgende Beschreibung von Vorgeschichte und Flugverlauf wurden Filmaufnahmen und deren wissenschaftliche Auswertung sowie Aussagen von Augenzeugen und Auskunftspersonen verwendet.

Der Flug wurde nach Sichtflugregeln durchgeführt.

1.1.2 Vorgeschichte

Im November 2004 fragte die für die Organisation der Flugveranstaltung „Dittinger Flugtage“ verantwortliche Segelfluggruppe Dittingen den Erbauer und Piloten des Eigenbauflugzeuges MJ-10 Spitfire an, ob er an den nächsten Flugtagen teilnehmen könne. Zu diesem Zeitpunkt hatte dieses Eigenbauflugzeug, eingetragen als HB-YIZ, im Rahmen eines vorläufigen Lufttüchtigkeitszeugnisses sechs Flüge mit einer Gesamtflugzeit von 4:58 h durchgeführt und die Flugerprobung stand noch am Anfang. Nach Rücksprache mit seinem Bau- und Flugerprobungsberater kam der Pilot zum Schluss, dass die Erprobung und Zulassung seines Flugzeuges bis zu den „Dittinger Flugtagen 2005“ abgeschlossen sein würde. In der Folge erklärte sich der Pilot gegenüber der Segelfluggruppe Dittingen einverstanden, die HB-YIZ am 20. und 21. August 2005 vorzuführen.

Am 21. Juni 2005 erhielt der Pilot auf Antrag des Verbandes der Schweizer Amateur Flugzeugbauer (*experimental aviation of Switzerland* - EAS) vom Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) das definitive Lufttüchtigkeitszeugnis für sein Flugzeug. Die HB-YIZ wies zu diesem Zeitpunkt nach 34 Flügen eine Gesamtflugzeit von 14:53 h auf.



Abbildung 1: Die MJ-10 Spitfire kurz nach ihrer Fertigstellung.

Im Juli führte der Pilot seine MJ-10 Spitfire an zwei Flugveranstaltungen im Flug vor. Es waren dies die ersten Flugvorführungen, die der Pilot bestritt.

Da auswärtige Piloten mit dem Flugfeld Dittingen vertraut gemacht werden mussten, bevor sie dieses benutzen durften, flog der Pilot am 13. August 2005 mit einem anderen Flugzeug nach Dittingen, wo er um 11:58 Uhr landete. Um 12:05 Uhr startete er mit einem Piloten der Segelfluggruppe Dittingen zu einem Platzeinweisungsflug für den Flugtag. Dieser Flug dauerte fünf Minuten. Um 12:34 Uhr flog der Pilot wieder nach Bex zurück.

Eine Woche später, am 20. August 2005, tankte der Pilot die HB-YIZ auf, startete gegen 11:30 Uhr vom Flugfeld Bex und flog nach dem Flugfeld Dittingen, wo er um 11:56 Uhr landete.

Um 12:45 Uhr begann auf dem Flugfeld Dittingen für alle an den Flugtagen teilnehmenden Vorführpiloten ein *briefing*, an dem der Ablauf des Flugprogramms sowie die einzuhaltenden Rahmenbedingungen besprochen wurden. Weiter wurden die notwendigen Ausweise der Besatzungen und die Zulassung der Luftfahrzeuge überprüft.

Vor der Vorführung seines Flugzeuges, deren Beginn für 15:15 Uhr geplant war, betankte der Pilot die HB-YIZ mit 44 Litern Treibstoff.

Als Vorführprogramm sah der Pilot vor, nach Start und Steigflug als Eröffnung in Startrichtung, d.h. ungefähr mit einem Kurs über Grund von 110°, einen schnellen Vorbeiflug mit mindestens 180 kt Geschwindigkeit durchzuführen. Am Ende dieses Vorbeifluges sollte eine Kurve nach rechts eingeleitet werden, die südöstlich des Zuschauerraums in eine Linkskurve übergegangen wäre, was das Flugzeug wieder Richtung Vorführachse gebracht hätte. Anschliessend war eine sog. *passage à l'anglaise*¹ geplant, um den Zuschauern die Flugzeugunterseite zu präsentieren. Am Ende dieses Manövers hätte die Maschine ungefähr in einem Winkel von 45° zur Vorführachse wegfliegen sollen und anschliessend war eine hochgezogene Linkskurve vorgesehen, um das Flugzeug in eine weitere *passage à l'anglaise*¹ vor das Publikum zu bringen, diesmal um dessen Oberseite sichtbar zu machen. Nach einer weiteren Umkehrkurve nach links wäre ein Vollkreis nach links vor dem Publikum ausgeführt worden. Am Ende dieses Kreises wollte der Pilot in einem Winkel von 45° zur Vorführachse wegfliegen und anschliessend in einer Rechtskurve wieder in Richtung des Publikums drehen. Ungefähr in der Mitte des Vorführraumes hätte er dann vor dem Publikum eine hochgezogene Kurve nach rechts ausgeführt und anschliessend in eine Linkskurve gewechselt, die ihn für einen abschliessenden Vorbeiflug wieder auf die Vorführachse gebracht hätte. Mit Flügelschwenken und einem Abdrehen um 45° nach links hätte der Pilot die Vorführung beenden und anschliessend landen wollen.

1.1.3 Flugverlauf

Um 15:28 Uhr hob der Pilot mit der HB-YIZ von der Piste 11 des Flugfeldes Dittingen zu seinem Vorführflug ab. Nach dem Start drehte die Maschine nach rechts, um Höhe zu gewinnen und ging anschliessend in eine Linkskurve über, die sie zurück in Richtung Vorführachse brachte.

Dann führte der Pilot einen ersten Vorbeiflug am Publikum in Richtung der Piste 29 aus. Sowohl Beobachtungen von Augenzeugen als auch Filmaufnahmen liessen den Schluss zu, dass die HB-YIZ dabei nicht mit hoher Geschwindigkeit flog und der Motor nicht mit hoher Leistung arbeitete.

Als das Flugzeug am Zuschauerraum vorbei war, drehte die MJ-10 Spitfire leicht nach rechts und ging in eine Linkskurve über, die sich gegen ihr Ende verengte. Dabei sank die HB-YIZ etwas ab.

¹ *Passage à l'anglaise*: Tiefer Vorbeiflug eines Flugzeuges in einer sanften Kurve, wobei die Maschine zuerst leicht sinkend kurvt und anschliessend in eine hochgezogene Kurve gebracht wird. Dieses Manöver erinnert an die Rückkehr englischer Jagdflugzeuge auf ihre Stützpunkte während des zweiten Weltkrieges. Dabei wurde gelegentlich nach erfolgreichem Feindkontakt als Zeichen des Sieges über dem Flugplatz eine Fassrolle ausgeführt, was ein leichtes Anstechen mit anschliessendem Hochziehen der Maschine erforderte.

Es erfolgte ein zweiter Vorbeiflug entlang der Vorführachse, diesmal aber gegen Südosten. Dann holte die Maschine leicht nach rechts aus und kurvte nach links wieder in Richtung des Publikums, vor dem in einer Höhe von ungefähr 200 m über Grund ein weiterer Vorbeiflug mit nicht zu hoher Geschwindigkeit durchgeführt wurde. Wieder liess der Pilot gegen Ende des Überfluges die HB-YIZ in eine leichte Rechtskurve übergehen und begann dann eine erneute Linkskurve in Richtung Vorführachse.

Diese Linkskurve wurde anfänglich mit eher geringer Querlage und einem grossen Kurvenradius ausgeführt. Nachdem die MJ-10 Spitfire ihren Steuerkurs ungefähr um 30° nach links geändert hatte, erhöhte der Pilot die Querlage des Flugzeuges und flog die Kurve zunehmend enger. Gleichzeitig konnte beobachtet werden, wie die Längsachse des Flugzeuges gegenüber seiner Flugbahn um die Achse im Gegenuhrzeigersinn um ungefähr 5° gedreht war – das Flugzeug schob damit nach rechts. Aus dieser Lage führte die HB-YIZ unvermittelt eine rasche Rollbewegung nach links aus und begann sich im Gegenuhrzeigersinn um ihre Hochachse zu drehen. Diese Kombination von Roll- und Gierbewegung entspricht dem typischen Beginn einer Vrille und brachte das Flugzeug in eine Art Spiralsturz, der nach ungefähr einer dreiviertel Umdrehung vom Piloten beendet werden konnte.

Zu diesem Zeitpunkt befand sich das Flugzeug annähernd im senkrechten Sturzflug westnordwestlich des Flugfeldes und wies einen Steuerkurs von ungefähr 150° auf. Der Pilot begann das Flugzeug abzufangen und die HB-YIZ drehte ungefähr um 30° nach rechts auf einen Steuerkurs von 180° (vgl. Abbildung 2). Dann verschwand es in einem westlich des Flugfeldes nach Süden verlaufenden Tal, wo es mit Bäumen eines Waldes kollidierte.

Der Pilot erlitt dabei tödliche Verletzungen und das Flugzeug wurde zerstört.

Es entstand geringer Waldschaden.

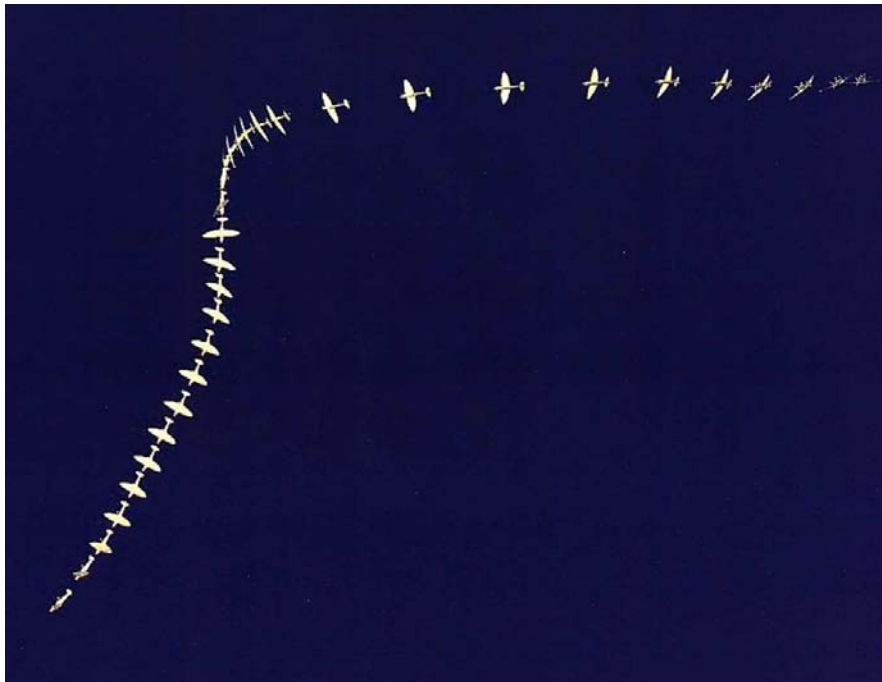


Abbildung 2: Dreidimensionaler Flugweg im Aufriss basierend auf den Einzelbildern eines Films des Unfallfluges, rekonstruiert nach der in Kap. 1.16.1 dargestellten Methode. Die Betrachtung erfolgt ungefähr aus dem Zentrum der Linkskurve mit Blickrichtung West.

1.2 Personenschäden

Verletzungen	Besatzungs- mitglieder	Passagiere	Gesamtzahl der Insassen	Drittpersonen
Tödlich	1	---	1	---
Erheblich	---	---	---	---
Leicht	---	---	---	---
Keine	---	---	---	Nicht betroffen
Gesamthaft	1	---	1	

1.3 Schaden am Luftfahrzeug

Das Flugzeug wurde zerstört.

1.4 Drittschaden

Es entstand geringer Waldschaden.

1.5 Angaben zu Personen

1.5.1 Pilot

1.5.1.1 Allgemeines

Person	Schweizer Staatsbürger, Jahrgang 1966
Lizenz	Führerausweis für Privatpiloten auf Flächenflugzeugen (<i>privat pilot licence aeroplane</i> – PPL(A)) nach <i>joint aviation requirements</i> (JAR), erstmals ausgestellt durch das BAZL am 16.02.1990
Berechtigungen	Klassenberechtigung für einmotorige Kolbenmotorflugzeuge (<i>single engine piston</i> – SEP), gültig bis 29.03.2007 Internationale Radiotelefonie für Flüge nach Sichtflugregeln RTI (VFR) Nachtflug NIT
Ausbildung als Vorführpilot	Träger einer Bestätigung über den erfolgreichen Besuch einer Ausbildung zum „ <i>display pilot</i> “, ausgestellt durch die <i>association pour le maintien du patrimoine aéronautique</i> (AMPA) am 15.08.2003, verlängert am 10.08.2005
Medizinisches Tauglichkeitszeugnis	Klasse 2, ohne Einschränkungen Gültig bis 29.03.2007
Letzte fliegerärztliche Untersuchung	29.3.2005
Beginn der fliegerischen Ausbildung	1989

1.5.1.2	Flugerfahrung	
	Gesamthaft ²	834:33 h
	Auf dem Unfallmuster	19:11 h
	Während der letzten 90 Tage	28:05 h
	Davon auf dem Unfallmuster	10:19 h
	Als Kommandant	775:29 h
	Am Doppelsteuer	59:04 h
1.6	Angaben zum Luftfahrzeug	
1.6.1	Allgemeines	
	Eintragungszeichen	HB-YIZ
	Luftfahrzeugmuster	MJ-10 Spitfire
	Charakteristik	Einsitziger Tiefdecker in Gemischtbauweise mit Einziehfahrwerk in Heckradanordnung, angetrieben durch einen Kolbenmotor
	Hersteller	Eigenbau/ <i>construction amateur</i>
	Baujahr	2004
	Werknummer	MJ-10 Haug
	Eigentümer	Erbauer, privat
	Halter	Erbauer, privat
	Triebwerk	Wassergekühlter Fahrzeug-Kolbenmotor mit 8 Zylindern in V-Anordnung des Baumusters SB V8 400C, ursprünglich hergestellt durch Chevrolet. Der Motor ist auf eine Nennleistung von 330 PS bei 4500 U/min ausgelegt. Gemäss den Aussagen des Mit-Erbauers wurde das Triebwerk während 25 Stunden auf einer Prüfbank erprobt, bevor es in das Flugzeug eingebaut wurde.
	Propeller	Dreiblättriger Verstellpropeller mit hydraulischer Betätigung, angetrieben über ein Untersetzungsgetriebe, in Flugrichtung gesehen im Gegenuhrzeigersinn drehend, ursprünglich hergestellt durch Mühlbauer, Baumuster MTV-9-E-C/CL240-27X, Seriennummer 96021. Der zulässige Leistungsübertrag beträgt 420 PS bei 1800 U/min.

² Im Flugbuch des Piloten und im Flugreisebuch des Unfallmusters fanden sich auffällig viele Rechenfehler, die eine genaue Rekonstruktion der Flugerfahrung erschwerten. Zumindest die Werte für die Flugerfahrung während der letzten 90 Tage wurden durch Quervergleiche und Neuberechnung korrigiert. Die im Kap. 1.5.1.2 angegebenen Werte für die Gesamtflugerfahrung sowie für diejenige als Kommandant und am Doppelsteuer sind hingegen mit gewissen Fehlern behaftet.

Ausrüstung	VHF-Funkgerät Dittel FSG 2 T ATC-Transponder King KT76 A
Betriebsstunden Zelle	Totalstunden seit Herstellung: 20:34 h
Betriebsstunden Triebwerk	Totalstunden im Flug seit Einbau: 20:34 h
Betriebsstunden Propeller	Totalstunden im Flug seit Einbau: 20:34 h
Höchstzulässige Abflugmasse	1150 kg
Masse und Schwerpunkt	Die Masse des Flugzeuges zum Unfallzeitpunkt betrug 1132 kg. Der Schwerpunkt befand sich zum Unfallzeitpunkt bei 28.4 % der mittleren Flügeltiefe (<i>mean aerodynamic chord</i> – MAC) an der Bezugsstelle. Damit befand sich der Schwerpunkt ausserhalb des durch den Konstrukteur festgelegten Bereichs von 18 % bis 28 % MAC. Die durch den Piloten und Erbauer des Flugzeuges ermittelten Grundlagen für die Schwerpunktsberechnung weisen einen Fehler auf, der zu einer rechnerischen Schwerpunktlage bei 26.2 % MAC führt (vgl. Kap. 1.6.3.1).
Unterhalt	Als Minimalunterhalt wird jährlich eine 100-Stunden Kontrolle vorgeschrieben. Eine solche ist im Flugreisebuch mit Datum vom 28. April 2005 bestätigt. Sie ist die einzige dokumentierte Unterhaltsarbeit.
Treibstoffqualität	Flugbenzin AVGAS 100LL
Treibstoffvorrat	Gemäss Angaben von Augenzeugen wurde das Flugzeug unmittelbar vor dem Start in Bex auf 120 l voll getankt. Vor dem Start in Dittingen zum Unfallflug füllte der Pilot 44 l nach. Der Erbauer hat im Reiseflug einen Verbrauch von 60 l/h ermittelt. Da der Flug von Bex nach Dittingen ungefähr 30 Minuten gedauert hat, kann davon ausgegangen werden, dass der Pilot mit den hinzugefügten 44 l das Flugzeug in Dittingen wieder voll betankte. Damit betrug der Treibstoffvorrat zum Zeitpunkt des Unfalls rund 100 l, was eine Flugzeit von ungefähr 1:40 h erlaubt hätte.
Eintragungszeugnis	Ausgestellt durch das BAZL am 21.06.2004, gültig bis zur Löschung aus dem Luftfahrzeugregister.

Lufttüchtigkeitszeugnis	Ausgestellt durch das BAZL am 21.06.2005, gültig bis auf Widerruf.
Zulassungsbereich	Sonderkategorie Eigenbau VFR bei Tag

1.6.2 Vorgeschichte der MJ-10 Spitfire – historischer Bezug

Das Flugzeugmuster Supermarine Spitfire wurde in den dreissiger Jahren entwickelt und machte seinen Erstflug im März 1936. In der Folge wurden in verschiedenen Versionen mehr als 20 000 Flugzeuge gebaut. Aufgrund ihrer Flugleistungen gilt die Spitfire allgemein als eines der besten Jagdflugzeuge des zweiten Weltkriegs.

Ein wesentliches Merkmal der Supermarine Spitfire war ihr Tragflügel mit elliptischem Grundriss. Solche spitz zulaufenden Flügel (*tapered wings*) haben aerodynamisch den Vorteil, dass sie zu einer von außen nach innen gleichmässig ansteigenden Auftriebsentwicklung führen. Dies hat eine hohe Verwindungssteifigkeit unter Belastung und einen relativ niedrigen induzierten Widerstand zur Folge. Im Hochgeschwindigkeitsbereich war das gewählte Profil von geringer Dicke vorteilhaft und verlieh der Spitfire bis zu Geschwindigkeiten von Mach 0.7 gute Eigenschaften.

Um auch bei hohen Anstellwinkeln eine genügende Steuerbarkeit zu ermöglichen, wurde eine geometrische Schrängung³ verwendet, die im Falle eines Strömungsabrisses dafür sorgte, dass dieser an der Flächenwurzel begann, während der Aussenflügel mit den Querrudern noch angeströmt wurde.

Der Rumäne Marcel Jurca, ein Kampfpilot des zweiten Weltkriegs, liess sich nach dem Krieg in Frankreich nieder und arbeitete als Dozent an der *École supérieure techniques automobiles et construction aéronautiques* in Paris. In den Siebzigerjahren des letzten Jahrhunderts mass er mit seinen Studenten im *musée de l'air* in Le Bourget (F) eine dort ausgestellte Spitfire aus und erstellte mit seinen Studenten Baupläne für eine Spitfire in normaler Grösse und eine zweite Ausführung im Massstab $\frac{3}{4}$ zu 1, die er MJ-10 Spitfire nannte. Weiter führte er alle notwendigen statischen Berechnungen für deren Bau mit Stahlrohr- oder Holzrumpf durch. Diese Zeichnungen und Berechnungen bot er, wie schon andere Konstruktionen zuvor, zum Verkauf an. Jurca selbst hat keine seiner Spitfire gebaut oder geflogen. Er weist auf den Bauplänen darauf hin, dass jeder, der eine Spitfire nach diesen Plänen baut, einen Prototyp erstellt und dass die Flugeigenschaften dieses Flugzeuges anders als diejenigen des Originals sein werden.

³ Als geometrische Schrängung wird eine konstruktive Verwindung der Tragflächen bezeichnet. Dabei wird die äusserste Profilrippe im Verhältnis zur innersten Profilrippe an der Flügelwurzel so gedreht, dass die Profilsehne, d.h. die Verbindungsgerade zwischen Eintritts- und Austrittskante des Profils gegenüber der Flugzeuglängsachse einen geringeren Winkel aufweist. Damit wird bei einer Vergrösserung des Anstellwinkels – gleiches Profil am gesamten Flügel vorausgesetzt – die Strömung zuerst an der Flügelwurzel abreißen während die aussen liegenden Tragflächenteile noch Auftrieb erzeugen und die ebenfalls aussen liegenden Querruder weiter wirksam sind.

1.6.3 Konstruktive Besonderheiten der MJ-10 Spitfire

1.6.3.1 Schwerpunktlage

Wie aus dem Luftfahrzeug-Flughandbuch (*aircraft flight manual* – AFM) der HB-YIZ hervorgeht, nahm der Pilot und Erbauer in seinen Berechnungen für den im Tank befindlichen Treibstoff einen Hebelarm von 0 an. Im AFM wird diese Annahme dadurch begründet, dass er den ungefähren Schwerpunkt des Flugzeugs als Nullpunkt für den Hebelarm des Treibstoffs festlegte. Lässt man diese Annahme in die Berechnung einfließen, so erhält man für die Beladung während des Unfallfluges eine Schwerpunktlage bei 26.2 % der mittleren Flügeltiefe (*mean aerodynamic chord* – MAC).

Gemäss den Konstruktionsplänen von Jurca stellt aber die Vorderkante der vierten Flügelrippe den Nullpunkt für sämtliche Schwerpunktsberechnungen dar. Der Schwerpunkt des Treibstofftanks, der sich zwischen dem Brandschott und dem Instrumentenbrett befand, lag 0.54 m hinter der Vorderkante von Flügelrippe Nummer 4. Gemäss Konformitätserklärung des Erbauers wurde die HB-YIZ nach diesen Bauplänen gebaut und der Tank befand sich an der von Jurca vorgesehene Stelle. Mit diesen Verhältnissen ergibt sich während des Unfallfluges eine Schwerpunktlage bei 28.4 % MAC. Der zulässige Schwerpunktsbereich liegt nach den Berechnungen von Jurca zwischen 18 % und 28 % der mittleren Flügeltiefe.

1.6.3.2 Profilwahl und Schränkung des Tragflügels

Die MJ-10 Spitfire verfügt wie das Vorbild über einen Tragflügel mit elliptischem Grundriss. Um die bereits erwähnten aerodynamischen Eigenschaften eines solchen Tragflügels im Bereich hoher Anstellwinkel zu verbessern, wird gemäss Konstruktionszeichnung am äusseren Teil der Tragfläche ein Flügelprofil NACA⁴ 23009⁵ und am Innenflügel ein NACA 23015 verwendet, wobei der Übergang von einem Profil zum anderen fließend zu erfolgen hat.

Vergleicht man die Auftriebspolaren der beiden Profile⁶, so stellt man fest, dass der Strömungsabriss beim Profil NACA 23009 bei einem Anstellwinkel erfolgt, der um ungefähr 3° geringer ist als beim NACA 23015.

Über diese beiden verwendeten Flügelprofile herrschen in Fachkreisen kontroverse Meinungen, obwohl sie wie andere Profile aus derselben Profildfamilie in verschiedenen Flugzeugen der allgemeinen Luftfahrt Verwendung finden. Von besonderer Bedeutung ist dabei, dass diese Profildfamilie bei Überschreiten des kriti-

⁴ NACA - *national advisory committee for aeronautics*, Vorgängerorganisation der amerikanischen *national aeronautics and space administration* (NASA), welche sich zwischen 1915 und 1958 mit Grundlagenforschung in der Luftfahrt beschäftigte.

⁵ Die fünfstelligen Ordnungszahlen von NACA-Profilen haben folgende Bedeutung: Die 1. Ziffer stellt ein Mass für die Wölbung des Profils im Verhältnis zum optimalen Auftriebsbeiwert dar, wobei die erste Ziffer mit 3/20 multipliziert werden muss um diesen zu erhalten. Die 2. und 3. Ziffer bezeichnen die Lage der grössten Wölbung in halben Prozentschritten der Flügeltiefe, von der Profilnase aus gemessen. Die 4. und 5. Ziffer bezeichnen die grösste Dicke des Profils in Prozenten der Tiefe. Das NACA-Profil 23009 stellt also ein Profil dar, dessen optimaler Auftriebskoeffizient 0.3 beträgt, dessen grösste Wölbung bei 15 % der Flügeltiefe liegt und das eine Profildicke von 9 % der Flügeltiefe aufweist.

⁶ Berücksichtigt wurde dabei die jeweilige Flügeltiefe und eine Fluggeschwindigkeit von 250 km/h, was auf einer Flughöhe von 2000 ft QNH zu Reynoldszahlen von ungefähr $4.5 \cdot 10^6$ für den Aussenflügel und ungefähr $8.3 \cdot 10^6$ für den Innenflügel führt.

schen Anstellwinkels zu einem abrupten Strömungsabriss neigt und damit im Bereich von hohen Anstellwinkeln zu anspruchsvollem Flugverhalten führt.

Weiter wurde auf dem Konstruktionsplan der äussere Teil des spitz zulaufenden Flügels gegenüber dem Innenflügel um -2° geschränkt, was bedeutet, dass die Profilsehne des Aussenflügels einen um 2° geringeren Einstellwinkel als die Profilsehne des Innenflügels aufweist.

1.6.4 Bau und Erprobung des Flugzeuges HB-YIZ

Im Jahr 1979 wurde das Projekt erstmals beim damaligen Eidgenössischen Luftamt angemeldet und bis 1982 war die Struktur von Rumpf und Tragflächen erstellt. Zehn Jahre später erstand der Pilot das teilweise gebaute Flugzeug und liess es vom Bundesamt für Zivilluftfahrt und von Jurca begutachten. Nach der Anschaffung eines passenden Motors wurde das Projekt beim Vorläufer des heutigen Verbandes der Schweizer Amateur-Flugzeugbauer (*experimental aviation of Switzerland* – EAS) angemeldet und von diesem anschliessend begleitet.

Am 14. Juli 2004 erhielt der Erbauer vom BAZL ein vorläufiges Lufttüchtigkeitszeugnis, das zu Flügen nach dem Flugerprobungsprogramm der EAS berechtigte.

Am 19. Juli 2004 erfolgte der Erstflug der HB-YIZ vom Flugplatz Sion aus, wobei der Bauberater, der auch als Flugerprobungsberater der EAS amtierte, das Flugzeug steuerte. Dieser machte die ersten vier Flüge und überflog anlässlich des vierten Fluges das Flugzeug nach dem Flugfeld Bex. Im Rahmen dieser ersten vier Flüge zeigte sich, dass die Kühlung des Motors nicht optimal war, was nach Angabe von am Bau beteiligten Personen Anpassungen der Kühlluftentritte von Öl- und Wasserkühler notwendig machte. Diese Anpassungen sind nicht in den Unterlagen dokumentiert. Weiter stellte der Bau- und Flugerprobungsberater insbesondere im Kurvenflug ein sehr sensibles Höhensteuer fest, d.h. es waren sehr geringe Steuerdrücke am Höhensteuer feststellbar. Im Flugbuch findet sich der Eintrag: *„profondeur très sensible en virage“*. Am Flugzeug wurden in der Folge diesbezüglich keine Änderungen vorgenommen.

Ende Oktober 2004 hatte der Bau- und Flugerprobungsberater den Erbauer auf das Flugzeug eingewiesen. Ab diesem Zeitpunkt war der Erbauer der einzige, der dieses Flugzeug flog. Bis Ende November 2004 führte er 4:58 h Flugzeit und 15 Landungen mit der HB-YIZ aus. Bei einem der letzten Flüge im Jahr 2004 zeigte die Warnanzeige *„chip detector“* an, dass sich Metallspäne im Untersetzungsgetriebe zwischen Motor und Propeller befanden. Gemäss Flugreisebuch wurde daraufhin das Getriebeöl gewechselt. Kurze Zeit später tauschte man die Zahnräder des Untersetzungsgetriebes aus und nahm Ende April 2005 die Erprobungsflüge wieder auf.

Es fällt auf, dass lediglich für die Flüge 1 bis 4, die durch den Bau- und Flugerprobungsberater durchgeführt wurden, die offiziellen Flugprotokolle der EAS ausgefüllt wurden. Für die übrigen Erprobungsflüge 5 bis 34 sind einzig die gemessenen und berechneten Daten dokumentiert. Angaben über die Zielsetzung des Testfluges, Start- und Landezeit, den Flugverlauf, allfällige Störungen sowie deren Behebung fehlen damit für diese Flüge.

Bezüglich des Unfallfluges sind vor allem die Erprobungen des Langsamflug- und Abkipperhaltens der HB-YIZ von Bedeutung. Gemäss den Unterlagen des Erbauers und Piloten wurde das Verhalten der MJ-10 Spitfire HB-YIZ beim Abreisen der Strömung am 9. Mai 2005 während eines Fluges von 30 Minuten Dauer überprüft. Dabei führte der Pilot vier Prüfphasen durch, bei denen das Triebwerk

im Leerlauf lief. Es ging darum, die Abkippgeschwindigkeit und das Verhalten des Flugzeuges im Geradeausflug bei folgenden Konfigurationen zu überprüfen:

- Fahrwerk und Spreizklappen eingefahren
- Fahrwerk ausgefahren, Spreizklappen eingefahren
- Fahrwerk ausgefahren, Spreizklappen auf Position 1 ausgefahren
- Fahrwerk ausgefahren, Spreizklappen auf Position 2 (voll) ausgefahren

Im gleichen Flug wurden auch Abkippgeschwindigkeit und Verhalten der HB-YIZ bei einer Leistungsabgabe des Motors von 75 % eruiert, wobei die gleichen vier Konfigurationen im Geradeausflug je einmal überprüft wurden. Zusätzlich wurde bei dieser Leistungssetzung auch die Abkippgeschwindigkeit und das Verhalten des Flugzeuges im Kurvenflug bei 30° Querlage bestimmt, wobei in dieser Phase Fahrwerk und Spreizklappen eingefahren blieben.

Es gibt keinen Hinweis, dass mit dem Flugzeug HB-YIZ Erprobungsflüge mit erhöhter Normalbeschleunigung durchgeführt wurden oder dass das Verhalten des Flugzeuges beim Abreißen der Strömung unter erhöhter Beschleunigung (*high speed stall*) abgeklärt wurde.

Am 21. Juni 2005 erhielt der Erbauer nach 34 Flügen mit einer totalen Flugzeit von 14 Stunden und 53 Minuten auf Antrag des Verbandes der Schweizer Amateur-Flugzeugbauer (*experimental aviation of Switzerland* - EAS) vom Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) das definitive Lufttüchtigkeitszeugnis. Das Flugzeug wurde mit den Grenzwerten der Kategorie „Gebrauchsflugzeug“ (*utility*) zugelassen, was bedeutet, dass es Normalbeschleunigungen zwischen +4.4 g und -2.0 g ausgesetzt werden durfte. Die Kategorie *utility* lässt auch einfache Kunstflugfiguren und die Durchführung von Kurven bis zu 90° Querlage sowie absichtliche Vrillen zu. Die HB-YIZ war allerdings nicht für absichtliche Vrillen vorgesehen, wobei diese Einschränkung im Luftfahrzeug-Flughandbuch vermerkt und im Cockpit eine Plakette mit der Aufschrift „*no-spin*“ – „keine Vrille“ angebracht war. Anfang Juli 2005 wurde die Maschine erstmals an einer Flugschau vorgeführt.

1.7 Meteorologische Angaben

1.7.1 Allgemeines

Die Angaben in den Kap. 1.7.2 bis 1.7.4 wurden von MeteoSchweiz geliefert.

1.7.2 Allgemeine Wetterlage

Die Schweiz lag in einer Tiefdruckrinne, welche vom Mittelmeer bis nach Skandinavien reichte. Südöstliche Höhenwinde führten Mittelmeerluft um das Genueatief herum in den Schweizer Alpenraum (...).

1.7.3 Wetter zur Unfallzeit am Unfallort

Die folgenden Angaben zum Wetter zum Unfallzeitpunkt am Unfallort basieren auf einer räumlichen und zeitlichen Interpolation der Beobachtungen verschiedener Wetterstationen.

Wolken	<i>1-2/8 Basis auf 3000 ft AMSL</i>
	<i>3-5/8 auf 4000 ft AMSL</i>
	<i>6-7/8 auf 10 000 ft AMSL</i>
Wetter	<i>Leichte Regenschauer</i>

Sicht	<i>Über 10 km</i>
Wind	<i>Nordwest mit 2 bis 4 Knoten, Spitzen um 10 Knoten</i>
Temperatur/Taupunkt	<i>16 °C/14 °C</i>
Luftdruck	<i>QNH LFSB [Basel] 1018 hPa</i> <i>QNH LSZH [Zürich] 1018 hPa</i> <i>QNH LSZA [Lugano] 1013 hPa</i>
Gefahren	<i>Sichtreduktion in Niederschlägen</i>

1.7.4 Astronomische Angaben

Sonnenstand	<i>Azimet: 223°</i>	<i>Höhe: 48°</i>
Beleuchtungsverhältnisse	Tag	

1.7.5 Wetter gemäss Augenzeugen

Gemäss Augenzeugen traten während des Unfallfluges auf dem Flugfeld Dittingen und im Bereich, in dem sich das Flugzeug bewegte, keine Niederschläge auf.

1.8 Navigationshilfen

Nicht betroffen.

1.9 Kommunikation

Das Flugfeld Dittingen verfügt über eine Frequenz, auf der an- und abfliegende Besatzungen ihre Absichten verbreiten und Informationen empfangen können. Für die Abwicklung des Flugtages war ein ausgebildeter Flugverkehrsleiter vor Ort, der über diese Frequenz den Flugbetrieb koordinierte. Der Funkverkehr zwischen dem Piloten der HB-YIZ und dieser Koordinationsstelle wickelte sich bis zum Unfallzeitpunkt ordnungsgemäss und ohne Schwierigkeiten ab. Diese Funkgespräche wurden nicht aufgezeichnet.

1.10 Angaben zum Flugplatz

Das Flugfeld Dittingen ist ein privates Flugfeld, auf dem hauptsächlich Segelflug betrieben wird. Es liegt 15 km westsüdwestlich von Basel auf einer Anhöhe des Juras.

Die Piste mit den Bezeichnungen 11 und 29 beginnt unmittelbar an einer Geländekante, erstreckt sich hangaufwärts und weist einen Höhenunterschied von rund 21 m auf. Der obere Teil der Piste ist zudem von einem Wald umgeben, dessen Baumhöhe bis zu 27 m beträgt.

Aufgrund dieser topographischen Situation erfolgen Starts zwangsläufig hangabwärts auf der Piste 11 und Landungen werden ausschliesslich hangaufwärts auf der Piste 29 ausgeführt. Für Start und Landung stehen maximal 680 m zur Verfügung.

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.

1.11 Flugschreiber

Nicht vorgeschrieben, nicht eingebaut.

1.12 Angaben über das Wrack, den Aufprall und die Unfallstelle

1.12.1 Wrack

Im Einzelnen konnten am Wrack unter anderem folgende Feststellungen gemacht werden:

- Die Propellernabe sowie die Halterungen der Propellerblätter waren in Rotationsrichtung deutlich verformt oder gebrochen. Diese Verformungen und Brüche weisen darauf hin, dass zum Zeitpunkt des ersten Kontakts zwischen Propeller und Hindernissen ein grosses Drehmoment auf die Propellerblätter übertragen worden ist.
- An der Unfallstelle wurde der Leistungshebelquadrant wie folgt aufgefunden: Gemisch (roter Hebel) und Propellerverstellung (blauer Hebel) im vorderen Anschlag. Leistungshebel etwas zurückgezogen.
- Das Gurtsystem wurde geschlossen aufgefunden. Die Gurten waren intakt und das Gurtschloss funktionierte noch. Die Gurten waren mit den Halterungen aus der die Kräfte aufnehmenden Holzplatten heraus gebrochen.
- Die Schalter für die beiden Zündsysteme waren in der Stellung "ON".
- Beide Batterien waren eingeschaltet ("ON").
- Alle Sicherungsautomaten waren hineingedrückt was der Stellung für einen geschlossenen Stromkreis entspricht.
- Das Anzeigeelement für die Vertikalgeschwindigkeit (*vertical speed indicator* – VSI) wies Zeigerabklatschspuren auf, die zum Zeitpunkt der Kollision mit den Hindernissen auf die Anzeige einer Steiggeschwindigkeit von 550 ft/min schliessen lassen.
- Die Spuren im Kurskreisel (*directional gyro indicator*) lassen den Schluss zu, dass das Instrument bei der Kollision mit den Hindernissen einen Steuerkurs zwischen 040 und 050 Grad anzeigte.
- Der künstliche Horizont (*attitude indicator*) zeigte eine Querlage von ungefähr 23° nach Rechts und eine Längsneigung von ungefähr 55° nach oben (*attitude nose up* - ANU), als das Flugzeug mit den Hindernissen kollidierte.
- Auf dem Anzeigegerät für den Öldruck (*oil pressure indicator*) setzte die Zeigerspitze zwischen den Druckanzeigen von 70 und 90 PSI eine Spur, was bedeutet, dass das Instrument während der Kollision mit den Hindernissen einen Öldruck von 70 bis 90 PSI anzeigte.
- Alle Flächen, die zur Auftriebserzeugung bzw. zur Steuerung dienen, waren beschädigt, aber zumindest in ihrer Grundstruktur noch vorhanden.
- Das Fahrwerk wurde in eingefahrener Position vorgefunden. Der Fahrwerkhebel war in der Position "down" und liess sich nicht mehr bewegen. Dieser Hebel ist über einen Bowdenzug mit dem Steuerventil für die Fahrwerkhydraulik verbunden. Die Fahrwerkhebelstellung "down" lässt sich damit erklären, dass während der Desintegration des Flugzeuges eine Zugkraft auf diese Verbindung gewirkt hat.

- Der Landeklappenhebel stand in der Stellung "up". Die Spuren an den Landeklappen weisen darauf hin, dass die Landeklappen im Zeitpunkt des Unfalles eingefahren gewesen sind.
- Sämtliche Bruchstellen von Leimverbindungen zwischen verschiedenen Holzteilen zeigten ausgerissene Holzfasern. Dies weist darauf hin, dass nicht der Leim, sondern das mit dem Leim in Kontakt stehende Holz gebrochen ist.
- Alle Bruchflächen an Steuerstangen und Anlenkungen wiesen die Charakteristik von duktilen Gewaltbrüchen auf. Es konnten keine Korrosionsspuren festgestellt werden.

1.12.2 Aufprall

Das Flugzeug kollidierte während eines Abfangmanövers mit den Baumwipfeln eines Waldes. Nach dieser ersten Berührung von Hindernissen zerbrach die Maschine und die Trümmer wurden im Wald auf einer Fläche von ungefähr 150 m Länge und 50 m Breite verteilt. Die Spuren an den Bäumen und am Boden sowie die Ausmasse des Trümmerfeldes lassen den Schluss zu, dass die Neigung der Flugbahn gegenüber der Horizontalen nur gering war.

1.12.3 Unfallstelle

Unfallort	Rifenacker, Gemeinde Röschenz/BL
Schweizer Koordinaten	603 200 / 254 350
Geographische Breite	N 007° 28' 51"
Geographische Länge	E 047° 26' 23"
Höhe	485 m/M 1591 ft AMSL
Lage	Steilabfallendes Waldgebiet nordwestlich des Flugfeldes Dittingen
Landeskarte der Schweiz	Blatt Nr. 1067, Arlesheim, Massstab 1:25 000

1.13 Medizinische und pathologische Feststellungen

Die Leiche des Piloten wurde einer Autopsie unterzogen. Diese ergab keine Hinweise auf gesundheitliche Beeinträchtigungen, welche das Unfallgeschehen hätten beeinflussen können. Die chemisch-toxikologische Untersuchung auf Alkohol und Drogen war negativ. Hingegen fand man im Blut Spuren von Fluoxetin, einer antidepressiv wirkenden Substanz.

Wie nach dem Unfall bekannt wurde, hat der Pilot dieses Antidepressivum regelmässig wegen einer psychischen Überlastung eingenommen. Anlässlich seiner letzten fliegerärztlichen Untersuchung hat er dies seinem Vertrauensarzt nicht mitgeteilt. Nach den geltenden fliegerärztlichen Vorschriften ist die Einnahme von psychotropen Substanzen, wie Fluoxetin, während des Flugdienstes nicht erlaubt.

Im peripheren Blut des verunfallten Piloten konnte eine Konzentration von 155 µg/l dieses Medikamentes nachgewiesen werden. Dies entspricht einem tiefen therapeutischen Blutspiegel und weist auf eine regelmässige, regelgerechte Einnahme hin. Gemäss schweizerischem Arzneimittelkompendium können theore-

tisch psychische und physische Komplikationen bei der Einnahme von Fluoxetin auftreten. Vom Medikamentenhersteller wird allerdings darauf hingewiesen, dass beim Bedienen von Maschinen und beim Führen von Kraftfahrzeugen nach bisher vorliegenden Untersuchungen keine Beeinträchtigung durch Fluoxetin auftreten sollte. Das rechtsmedizinische Gutachten kommt diesbezüglich zusammenfassend zu folgendem Befund: *„Unseres Erachtens hat die Einnahme des Medikaments keinen relevanten Einfluss auf den Flugzeugabsturz und den Tod von Herrn [Name des Piloten] gehabt.“*

1.14 Feuer

Es brach kein Feuer aus.

1.15 Überlebensaspekte

1.15.1 Allgemeines

Das Flugzeug prallte mit erheblicher Geschwindigkeit während eines Abfangmanövers in einen Wald. Eine solche Kollisionskonfiguration führt zu Kraftwirkungen, die nicht überlebbar sind.

1.15.2 Notsender

Das Flugzeug war nicht mit einem Notsender (*emergency location beacon aircraft* – ELBA) ausgerüstet.

1.15.3 Suche und Rettung

Der Unfall ereignete sich unmittelbar neben einem Flugplatz und wurde in der Anfangsphase von mehreren Personen beobachtet. Dies führte zu einem sofortigen Einsatz der Rettungskräfte, die allerdings nur noch den Tod des Piloten feststellen konnten.

1.16 Versuche und Forschungsergebnisse

1.16.1 Auswertung der Filmaufnahmen

Die durch verschiedene Augenzeugen erstellten Filmaufnahmen wurden verwendet, um den Flugweg der HB-YIZ in den letzten 15 Sekunden vor der Kollision mit dem Gelände zu rekonstruieren. Zu diesem Zweck wurden aus den relevanten Filmsequenzen Einzelbilder extrahiert und mit Hilfe von Konstruktionszeichnungen ein maßstabgetreues, dreidimensionales Modell des Flugzeuges erstellt (vgl. Abbildung 3).

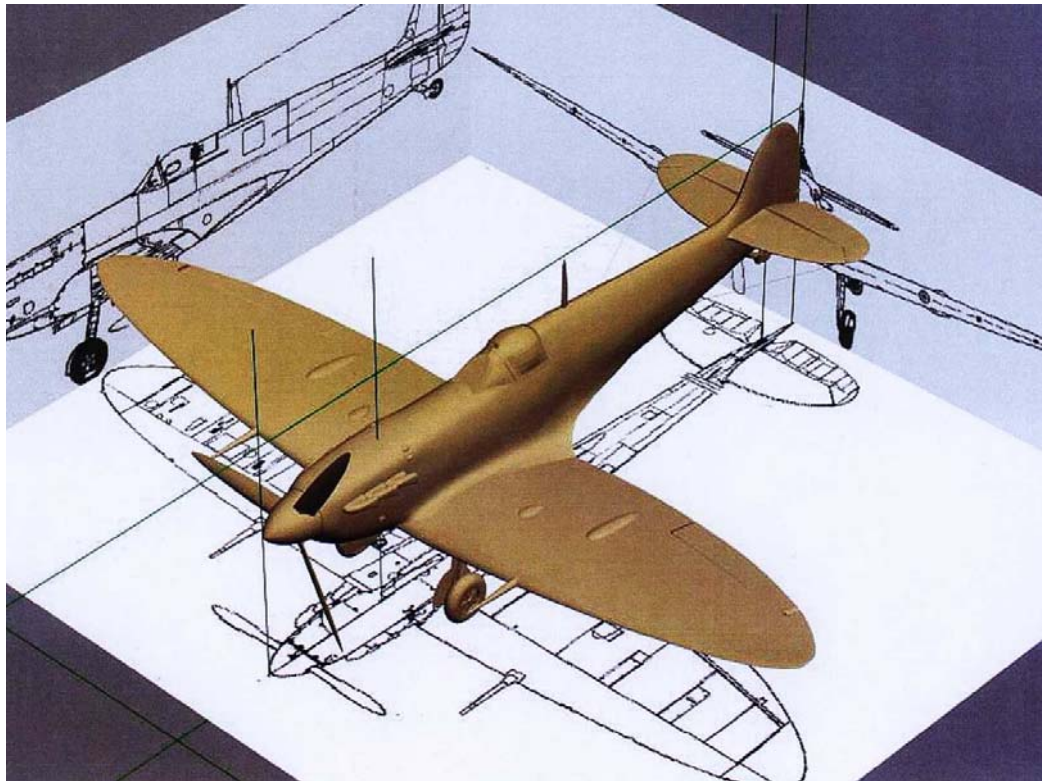


Abbildung 3: Dreidimensionales Modell des Unfallflugzeuges.

Zur masstechnischen Ermittlung der Situation wurden die Einzelbilder entzerrt und das massstäbliche Modell mit der fotografisch dokumentierten Situation zur Deckung gebracht. Unter Berücksichtigung des Kamerastandorts, den Abmessungen des Flugzeuges und der Bewegung desselben vor Objekten, die als Referenz dienen können, war es möglich, die Endphase des Fluges der HB-YIZ wie folgt zu rekonstruieren:

- Unmittelbar vor dem Einleiten der Linkskurve kann von einer Flughöhe von ungefähr 200 m über Grund und einer Geschwindigkeit von ungefähr 130 kt entsprechend 241 km/h ausgegangen werden.
- Die Projektion des Flugweges auf die Horizontalebene zeigt eine Linkskurve, deren Radius sich zunehmend verkleinert.
- In der Flugphase unmittelbar vor dem Abkippen, d.h. vor der kontinuierlichen Zunahme der Querlage und der Abnahme der Längsneigung wies die HB-YIZ eine Querlage von 67° bis 73° nach links auf. Während dieser Phase war die Längsachse der Spitfire gegenüber dem tatsächlichen Flugweg um ca. 5° im Gegenuhrzeigersinn um die Hochachse gedreht, d.h. die HB-YIZ schob nach rechts (vgl. Abbildung 4).
- In der Phase, als es sich unmittelbar über den vom Kamerastandort aus sichtbaren Baumwipfeln befand, wies das Flugzeug eine Geschwindigkeit zwischen 254 km/h und 261 km/h auf.

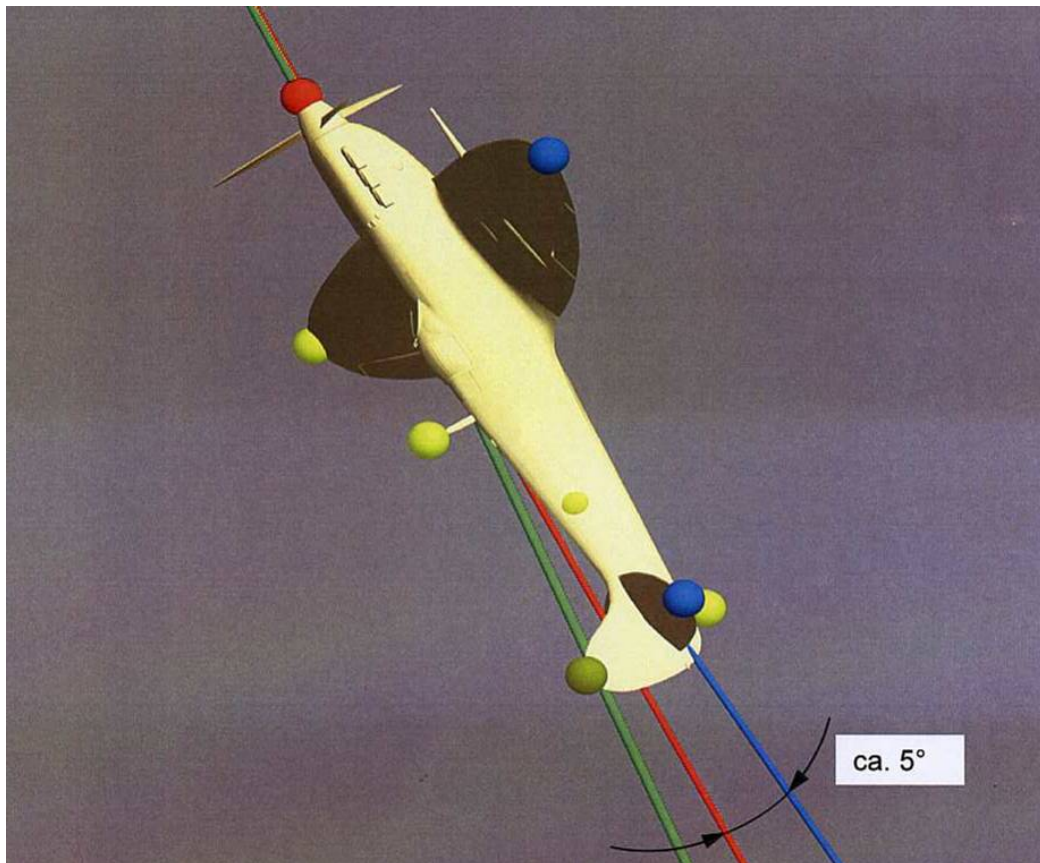


Abbildung 4: Flugphase unmittelbar vor dem Beginn der Roll-Gierbewegung: Die Längsachse (blau) der HB-YIZ ist gegenüber dem Flugweg (rot) um ca. 5° um die Hochachse des Flugzeuges gedreht. Die farbigen Kugeln am Modell dienen als Referenzpunkte nach dem Einpassen des Modells in die Filmaufnahmen. Flugbahn und Modell werden von oben betrachtet.

1.17 Angaben zu verschiedenen Organisationen und deren Führung

1.17.1 Aufsichtsbehörde

1.17.1.1 Allgemeines

Wie in den meisten Staaten basieren die Gesetze und Verordnungen der Luftfahrt auch in der Schweiz auf den Empfehlungen der Internationalen Zivilluftfahrtorganisation (*international civil aviation organization* – ICAO) sowie auf multinationalen Richtlinien wie beispielsweise den *joint aviation requirements* (JAR).

Gemäss Luftfahrtgesetz übt der Bundesrat die Aufsicht über die Luftfahrt im gesamten Gebiet der Schweizerischen Eidgenossenschaft aus. Die unmittelbare Aufsicht über die zivile Luftfahrt und damit auch über die Zulassung von zivilen Luftfahrzeugen obliegt dem Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL), das ein Amt des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) darstellt.

1.17.1.2 Luftfahrzeuge der Sonderkategorie Eigenbau

Luftfahrzeuge der Sonderkategorie Eigenbau, auch kurz Eigenbauluftfahrzeuge genannt, sind nicht musterzugelassene Luftfahrzeuge, die in der Regel in der Schweiz und Liechtenstein im Eigenbau durch den oder die Erbauer hergestellt werden. Der Erbauer eines solchen Luftfahrzeuges hat nachzuweisen, dass er mindestens 51 % der Arbeitsleistung, d.h. Herstellung oder Zusammenbau der

Bauteile eigenhändig gemacht hat. Der Erbauer hat zu bestätigen, dass das verwendete Material und die Bauausführung den Bauunterlagen entsprechen. Allfällige Abweichungen von den Bauunterlagen sind aufzulisten und zu begründen.

1.17.1.3 Lufttüchtigkeitsanforderungen für Luftfahrzeuge der Sonderkategorie Eigenbau

Die Lufttüchtigkeitsanforderungen für Luftfahrzeuge der Sonderkategorie Eigenbau sind in einer Vereinbarung zwischen dem BAZL und dem Verband der Schweizer Amateur-Flugzeugbauer (*experimental aviation of Switzerland – EAS*) festgelegt. Für das vorliegende Muster waren Anforderungen in Anlehnung an FAR⁷/JAR *part 23* oder JAR-VLA⁸ anzuwenden.

Im Weiteren ist für nicht mustergeprüfte Triebwerke ein Erprobungsprogramm in Anlehnung an *JAR 22 subpart H* durchzuführen, das einen Dauertest von 50 Betriebsstunden mit einem vergleichbaren Propeller verlangt. Davon können 25 Stunden als Flugversuche in der Nähe von Flugplätzen durchgeführt werden. Nach dem Dauertest muss das Triebwerk zerlegt und geprüft werden.

Gemäss der Vereinbarung zwischen BAZL und EAS hat die Flugerprobung in Anlehnung an das *advisory circular (AC) 23-8A flight test guide* der Amerikanischen Aufsichtsbehörde *Federal Aviation Administration (FAA)* zu erfolgen. Dieses AC ist allerdings seit dem 14. August 2003 überholt und mit diesem Datum durch das *AC 23-8B flight test guide for certification of part 23 airplanes* abgelöst worden.

Wie das BAZL und die EAS erklärten, werden die in dieser Vereinbarung erwähnten Anforderungen nur als unverbindliche Empfehlungen angesehen. Dies bedeutet, „*dass die Anforderungen in einem vereinfachten Nachweisverfahren und in reduziertem Umfang erbracht werden können*“. Weder das BAZL noch die EAS konnten aber nachvollziehbar darlegen, wie dieses vereinfachte Nachweisverfahren konkret bestimmt wurde. Insbesondere konnte weder das BAZL noch die EAS weiterführende Abmachungen zwischen den für die Zulassung zuständigen Stellen und dem Erbauer der HB-YIZ vorlegen, welche die Anwendung dieser Richtlinien im vorliegenden Fall geklärt hätte.

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt hat diesen Mangel erkannt und wird in Zukunft für Eigenbauflugzeuge das definitive Lufttüchtigkeitszeugnis erst ausstellen, wenn je nach Zulassungsgrad des Triebwerks bzw. des Propellers definierte Flugzeiten nachgewiesen wurden (vgl. Kap. 4.2.1). Ebenso werden künftig im Rahmen der Flugerprobung von Eigenbauflugzeugen weiterführende Abklärungen gefordert (vgl. Kap 4.2.2).

1.17.1.4 Lufttüchtigkeitsanforderungen für Luftfahrzeuge nach FAR part 23

Da das Unfallflugzeug mit den Grenzwerten der Kategorie *utility* – „Gebrauchsflugzeug“ zugelassen wurde, sind insbesondere die für diese Kategorie gültigen Lufttüchtigkeitsanforderungen der FAR *part 23* von Bedeutung. Mit Blick auf das Unfallgeschehen sind dabei die für die Flugerprobung relevanten Richtlinien bezüglich des Verhaltens des Flugzeuges beim Strömungsabriss und in Vrillen von besonderem Interesse. So verlangt FAR 23.221 beispielsweise den Nachweis,

⁷ FAR – *Federal Aviation Regulations*: Regeln und Vorgaben der amerikanischen Aufsichtsbehörde *Federal Aviation Administration (FAA)*.

⁸ JAR-VLA – *Joint Aviation Requirements-very light aircraft*: Bauvorschrift für Leichtflugzeuge basierend auf den supranationalen europäischen Anforderungen an die Luftfahrt.

dass nach Auftreten einer unbeabsichtigten Vrilie die Kontrolle über das Flugzeug wieder erlangt werden kann. Dieser Nachweis muss auch erbracht werden, wenn das Flugzeug anschliessend nicht für absichtliche Vrilien zugelassen wird. Die amerikanische Aufsichtsbehörde FAA hat zu diesem Zweck ein Hilfsmittel für die Flugerprobung geschaffen. Dieses AC 23-8B *flight test guide for certification of part 23 airplanes* beschreibt detailliert, auf welche Weise das Verhalten eines Flugzeuges der Kategorie *utility* in der Vrilie abzuklären ist. Im gleichen Sinne sieht das AC 23-8B auch umfangreiche Versuche zum Abkipverhalten bei erhöhter Normalbeschleunigung im Kurvenflug (*turning flight and accelerated turning stalls*) vor.

Solche Versuche wurden bisher weder von der EAS noch vom BAZL für die Zulassung von Eigenbauflugzeugen verlangt. Dieser Mangel wurde aber als Lehre aus diesem Flugunfall erkannt und künftig werden diesbezügliche Nachweise für die Zulassung verlangt werden (vgl. Kap. 4.2.2).

1.17.1.5 Zulassung von Luftfahrzeugen der Sonderkategorie Eigenbau

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) hat die *experimental aviation of Switzerland* (EAS) mit der Durchführung der Bauüberwachung, Baukontrolle und Überprüfung der Lufttüchtigkeitsnachweise von Eigenbauluftfahrzeugen beauftragt, welche diese unter Aufsicht des BAZL durchführt.

Das BAZL überprüft die Prüforganisation der EAS durch periodische Kontrollen (Audits).

Im Einzelnen wurden folgende Aufsichtsaufgaben, d.h. Prüf- und Zulassungstätigkeiten an die EAS übertragen:

- Festlegen eines Anforderungsprogramms, d.h. insbesondere das Überprüfen der Konstruktion bezüglich Struktur und Systeme in Anlehnung an die FAR/JAR-Bauvorschriften, Lastannahmen, Festigkeitsnachweise, Durchführung von Komponenten- oder Strukturbelastungsversuchen, Systemtests etc.
- Koordination der Projekte mit dem BAZL.
- Ergreifen von Massnahmen (Änderungsanweisungen), wenn die Lufttüchtigkeit im Betrieb bzw. nach erfolgter Zulassung beeinträchtigt oder nicht mehr gewährleistet ist.
- Sammlung und Archivierung der Nachweisunterlagen.
- Qualifizieren von kleinen bzw. grossen Änderungen.
- Überprüfen der Nachweisunterlagen auf Vollständigkeit.
- Überprüfen und genehmigen⁹ der Ergebnisse von durchgeführten Strukturbelastungs- und Flugversuchen, des Luftfahrzeug-Flughandbuches (*aircraft flight manual – AFM*), des Unterhaltungsprogramms sowie von grossen Änderungen.

⁹ Genehmigungen im Sinne dieser Richtlinie sind Bestätigungen über die Erledigung einzelner Schritte des Zulassungsverfahrens durch die EAS und zugleich Bestätigungen, dass die Erfüllung der jeweiligen materiellen Anforderungen nachgewiesen werden konnte. Erst mit der Erteilung des Lufttüchtigkeitszeugnisses (Zulassungsentscheid) durch das BAZL wird dann das Ganze im rechtlichen Sinne verbindlich genehmigt.

1.17.1.6 Verfahrensschritte der Zulassung von Eigenbauluftfahrzeugen

Vor Baubeginn hat der Erbauer einen Antrag mit detaillierten Angaben über das Projekt mit Bauplänen oder Bauanleitungen einzureichen. Nach Vorlage sämtlicher notwendiger Unterlagen genehmigt die EAS das Projekt.

Am fertig gestellten Luftfahrzeug wird eine technische und administrative Schlusskontrolle durch die EAS durchgeführt. Das BAZL führt zusätzlich immer eine Schlusskontrolle durch. Diese Prüfung kann in Anwendung der Prüfordnung für Luftfahrzeuge vom BAZL an einen externen Experten delegiert werden.

Nach der Behebung allfälliger Beanstandungen werden die notwendigen Unterlagen an das BAZL weitergeleitet, welches nach Gutheissung dieser Unterlagen das Luftfahrzeug im schweizerischen Luftfahrzeugregister einträgt und ein vorläufiges Lufttüchtigkeitszeugnis für die Durchführung der Flugerprobung ausstellt.

Nach abgeschlossener Flugerprobung werden die durch die EAS geprüften Unterlagen zusammen mit einer Bestätigung dem BAZL zugestellt. Nach Gutheissung der Unterlagen und der Erfüllung der Anforderungen bezüglich Emissionen stellt das BAZL ein definitives Lufttüchtigkeitszeugnis der Sonderkategorie Eigenbau aus.

1.17.2 Verband der Schweizer Amateur-Flugzeugbauer

1.17.2.1 Allgemeines

Ursprünglich unter der Bezeichnung *réseau du sport de l'air Suisse* (RSA) als Verband der Schweizer Amateur-Flugzeugbauer gegründet, wurde dieser im Jahr 2001 in *experimental aviation of Switzerland* (EAS) umbenannt. Die Ziele dieses Verbandes liegen im Zusammenschluss der Amateur-Luftfahrzeugbauer der Schweiz auf nationaler Ebene und deren Vertretung bei sämtlichen öffentlichen und privaten Institutionen, ausserdem in der erfolgreichen Durchführung von Ermittlungen oder Vorstössen in Bezug auf geltende Vorschriften oder die Lieferung der dazu notwendigen Grundlagen sowie im Zusammentragen jeglicher Art von nützlichen Informationen. Im Weiteren soll die Praxis des Flugwesens im Allgemeinen und des Amateurflugwesens im Besonderen mit allen gesetzlich möglichen Mitteln gefördert werden. Die EAS führt und organisiert in ihren Reihen eine technische Kommission, welche allen Personen offen steht, die sich direkt oder indirekt für den Flugzeugbau und ganz allgemein für das Amateur-Flugsportwesen interessieren.

1.17.2.2 Aufgaben verschiedener Verbandsorgane

Im vorliegenden Unfall sind die folgenden Verbandsorgane und ihre Aufgaben von Bedeutung:

- Die Technische Kommission der EAS ist Aufsichts- und Beratungsorgan. Ihr unterstehen weitere technische Gruppen, deren Leiter vom Vorstand der EAS ernannt werden.
- Der Bauberater berät auf Grund seiner eigenen Bauerfahrung den Erbauer bei der Verwirklichung seines Projekts. Er überwacht Bauausführung, Belastungsversuche und bei Bedarf Wägung und Standschubmessung. Der Bauberater überprüft und beurteilt vor dem Verschliessen der Strukturkomponenten die Bauausführung. Er begleitet und überwacht das Projekt bis zur EAS-Schlusskontrolle.

- Der Bauprüfer führt die EAS-interne Schlusskontrolle gemäss Vorgabe des Chefs Bauberater durch. Der Bauprüfer kann nie gleichzeitig Bauberater am selben Projekt sein.
- Der Flugerprobungsberater berät auf Grund seiner eigenen Flugerfahrung den Erbauer bei der Vorbereitung und Durchführung der Erprobungsflüge. Er überwacht nach Anweisungen des Chefs Flugerprobung die Erprobungsflüge.
- Der Erprobungspilot ist in der Regel der Erbauer. Diese Tätigkeit kann nach Beratung mit dem Flugerprobungsberater oder durch Weisung des Chefs Flugerprobung einem anderen geeigneten Erprobungspiloten übertragen werden.

1.17.2.3 Technische Gruppe Engineering

Der technischen Kommission der EAS untersteht unter anderem eine Gruppe *engineering*, welche das Luftfahrzeug aufgrund der anwendbaren Lufttüchtigkeitsanforderungen überprüft. Weiter kontrolliert sie die Vollständigkeit und Korrektheit der vom Erbauer bereit gestellten Nachweisunterlagen sowie die notwendigen Nachweise bei Bauänderungen oder Bauabweichungen. Die Beurteilung gliedert sich in die Bereiche Struktur und Systeme. Wird der *engineer* der EAS mit der Erstellung von Berechnungen vom Erbauer beauftragt, so erfolgt dies unter einer direkten Vereinbarung zwischen Erbauer und *engineer*. Solche Berechnungen sind dann durch einen vom Projekt unabhängigen *engineer* zu prüfen. Der Chef der technischen Gruppe *engineering* ist zuständig für die Koordination oder Delegation der Aufgaben und verantwortlich für die fachliche Kompetenz der Mitarbeiter der Gruppe.

1.17.2.4 Zulassungsstelle

Die Zulassungsstelle untersteht als eine von der technischen Kommission unabhängige Stelle direkt dem Präsidenten der EAS und stellt betreffend Zulassung die direkte Verbindung zum BAZL dar. Zur Erfüllung ihrer Aufgabe greift sie auf die Ressourcen der technischen Kommission zurück. Im Detail hat die Zulassungsstelle folgende Aufgaben:

- Entscheidung über die Akzeptanz von Projekten und die dazu notwendigen Abklärungen.
- Entscheidung über Neuanmeldungen, Reparatur- und Änderungsgesuche.
- Festlegung von Anforderungen für Fertigungs- und Prüfverfahren.
- Prüfung auf Vollständigkeit und Richtigkeit der bereits durch das *engineering* der EAS überprüften Nachweisunterlagen und Verifikation, dass die anwendbaren Anforderungen erfüllt und keine die Sicherheit beeinträchtigenden Mängel vorhanden sind.
- Erstellt nach erfolgreicher Überprüfung eine Design-Konformitätsbescheinigung zuhanden des BAZL.
- Beantragt beim BAZL die Erteilung von Lufttüchtigkeitszeugnissen.

1.17.2.5 Richtlinien für Erprobungsflüge

Gemäss der Vereinbarung zwischen dem BAZL und der EAS, welche die Lufttüchtigkeitsanforderungen für Luftfahrzeuge der Sonderkategorie Eigenbau festlegt, hat die Flugerprobung in Anlehnung an das *advisory circular (AC) No. 23-8A flight test guide* der Amerikanischen Aufsichtsbehörde *Federal Aviation Administration (FAA)* zu erfolgen, das allerdings seit dem 14. August 2003 von einer Nachfolgepublikation abgelöst wurde (vgl. Kap. 1.17.1.3), von der EAS aber weiter als Referenz genannt wird.

Auf der *website* der EAS wird das AC No. 90-89A *amateur-built aircraft and ultralight flight testing handbook* der FAA zur Verfügung gestellt. Bezüglich der Flugerprobung, die am Unfallmuster vorgenommen wurde, sind die folgenden Punkte aus diesem Handbuch von Bedeutung:

- Für die Erprobung eines Eigenbau- oder Ultraleichtflugzeuges wird ein Flugprogramm vorgeschlagen, das mindestens 35 Flugstunden in Anspruch nimmt.
- Im Detail wird die Erprobung des Verhaltens eines Flugzeuges bei der Annäherung an den Strömungsabriss, beim Strömungsabriss und beim Wiedererlangen eines normalen Flugzustandes beschrieben und gefordert.
- Insbesondere soll auch das Verhalten eines zu erprobenden Flugzeuges beim Strömungsabriss unter erhöhter Normalbeschleunigung abgeklärt werden, wie er beispielsweise in engen Kurven oder beim Abfangen oder Hochziehen des Flugzeuges auftreten kann. Von diesen Tests wird allerdings abgeraten, wenn der Konstrukteur noch keine solchen Versuche an einem Prototyp durchgeführt hat.
- Insbesondere wird auch die Abklärung des Trudelverhaltens eines Flugzeuges gefordert. Für Flugzeuge, deren gutmütige Trudeleigenschaften nicht schon bekannt sind, schlägt das Handbuch vor, auf sämtliche Versuche bei hohen Anstellwinkeln zu verzichten oder die Dienste eines professionellen Testpiloten in Anspruch zu nehmen.

1.17.3 Segelfluggruppe Dittingen

1.17.3.1 Allgemeines

Die Segelfluggruppe Dittingen wurde 1933 als Segelfluggruppe Zwingen gegründet und betreibt vom Flugfeld Dittingen aus mehrere Segelflugzeuge, einen Motorsegler und ein Schleppflugzeug. Für den eigenen Nachwuchs der Fluggruppe bildet sie Segelflieger aus. Immer wieder im Verlauf der letzten 60 Jahre hat die Segelfluggruppe Zwingen bzw. Dittingen Flugtage auf ihrem jeweiligen Flugfeld organisiert. Seit dem Jahre 2003 führt sie im Zweijahresrhythmus die so genannten „Dittinger Flugtage“ durch.

1.17.3.2 Dittinger Flugtage

Die für die Durchführung der Dittinger Flugtage notwendigen Sicherheitsmassnahmen wurden vom Bundesamt für Zivilluftfahrt bewilligt und von einem Vertreter des Amtes vor Ort überwacht.

Für den Unfallflug waren insbesondere die Lage des Vorführraumes und die Vorführachse von Bedeutung. In den an die teilnehmenden Besatzungen gerichteten Unterlagen stand diesbezüglich: „*Das Überfliegen von Publikum ist generell verboten. Das Publikum steht auf der Südseite der Piste. Bitte wählen Sie als Vorführachse den Weg auf der Nordseite, parallel zur Piste.*“

Als Beilage zu diesen Informationen wurde eine Planskizze beigelegt. Im Rahmen eines obligatorischen Briefings wurden Vorführraum und Vorführachse nochmals detailliert dargelegt (vgl. Abbildung 5).

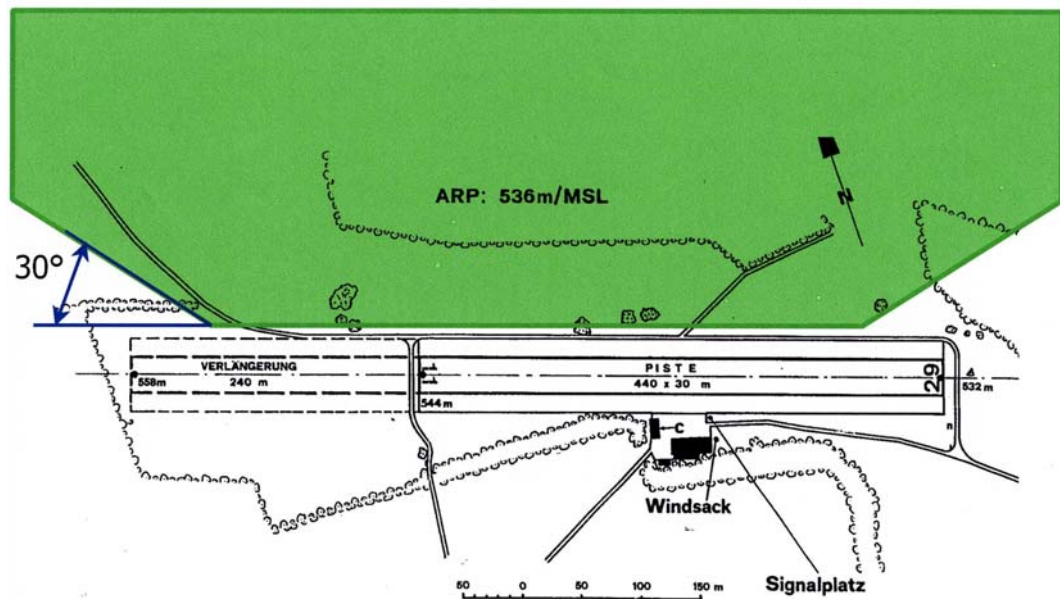


Abbildung 5: Flugfeld Dittingen mit Vorführraum (grün). Die Vorführachse verläuft parallel zum Feldweg nördlich der Piste.

1.18 Zusätzliche Angaben

Keine.

1.19 Nützliche oder effektive Untersuchungstechniken

Keine.

2 Analyse

2.1 Technische Aspekte

2.1.1 Allgemeines

Es gibt keinen Hinweis, dass während des Unfallfluges Ausfälle oder Fehlfunktionen an den Systemen des Flugzeuges auftraten. Insbesondere lassen die Filmaufnahmen, die Beobachtungen von Augenzeugen und die auswertbaren Anzeigen der Motorüberwachungsinstrumente den Schluss zu, dass der Motor bis zur Kollision mit den Hindernissen normal arbeitete.

In diesem Zusammenhang bleibt anzumerken, dass sich die letzten Anzeigen von Kurskreisel und künstlichem Horizont, die nicht mit den Flugparametern bei der Kollision übereinstimmen, einfach erklären lassen: Die HB-YIZ hatte unmittelbar vorher eine heftige Roll-Gierbewegung ausgeführt, was wie Kunstflugfiguren allgemein zu einer Fehlanzeige von Kreiselinstrumenten führen kann.

Die Untersuchung zeigte, dass die MJ-10 Spitfire, eingetragen als HB-YIZ, unter grossem Arbeitsaufwand und in weiten Teilen sorgfältig erstellt wurde. Auch die zugehörige Dokumentation ist umfassend und detailliert. Trotzdem fanden sich die nachstehend beschriebenen konstruktiven Eigenheiten und Mängel, die teilweise die Entstehung des Unfall begünstigt haben.

2.1.2 Voraussetzungen für die Zulassung

Gemäss den Aussagen des Mit-Erbauers wurde das Triebwerk während 25 Stunden auf einer Prüfbank erprobt. Bis zum Unfall war es im Flugzeug im Flug während 20:34 Stunden im Betrieb. In Anlehnung an JAR-22, *subpart* H kann ein nicht zertifiziertes Triebwerk nach 25 Erprobungsstunden auf der Prüfbank während weiteren 25 Stunden im Flug eingesetzt werden, wobei diese Flugversuche in der Nähe von Flugplätzen durchgeführt werden müssen. Im vorliegenden Fall wies das Triebwerk bei der Erteilung des Lufttüchtigkeitszeugnisses durch das BAZL am 21.06.2005 lediglich 39:53 Betriebsstunden auf, womit nach der Vereinbarung zwischen EAS und BAZL eine Voraussetzung für die Erteilung des Lufttüchtigkeitszeugnisses durch das BAZL nicht gegeben war. Da die in dieser Vereinbarung genannten Bestimmungen aber sowohl vom BAZL als auch von der EAS nur als Empfehlung angesehen wurden, die nicht zwingend eingehalten werden mussten, wurde das Lufttüchtigkeitszeugnis durch das BAZL erteilt.

Immerhin hat das BAZL erkannt, dass bezüglich Anwendung dieser Vereinbarung Unzulänglichkeiten und Unklarheiten bestehen und wird künftig ein Lufttüchtigkeitszeugnis für ein Eigenbauflugzeug mit nicht zugelassenem Motor und Propeller erst nach 40 Flugstunden erteilen (vgl. Kap. 4.2.1).

2.1.3 Konstruktive Eigenheiten

2.1.3.1 Schwerpunktverhältnisse und geringe Höhensteuerkräfte

Es wurde festgestellt, dass die Schwerpunktlage beim Unfallflug hinter der durch den Piloten angenommenen Lage war. Der nachträglich berechnete Wert war mit 28.4 % der mittleren Flügeltiefe (*mean aerodynamic chord* – MAC) an der Bezugsstelle sogar leicht ausserhalb der hinteren Begrenzung, denn der Konstrukteur hatte einen zulässigen Schwerpunktsbereich von 18 % bis 28 % MAC ermittelt. Da das Flugzeug als Einsitzer nur beschränkte Möglichkeiten für eine Variation der Beladung bot, kann davon ausgegangen werden, dass diese ungünstige Schwerpunktlage auch bei allen vorhergehenden Flügen vorlag. Möglicherweise stand diese konstruktive Eigenheit auch mit den geringen Höhensteuerkräften in Verbindung, die bereits während der ersten Flüge festgestellt wurden. In jedem Fall erleichtert ein hinten liegender Schwerpunkt das Erreichen hoher Anstellwinkel und kann auch das Abkipperverhalten des Flugzeuges ungünstig beeinflussen.

2.1.3.2 Auslegung der Tragfläche

Die Wahl der Flügelform war insofern nicht frei, da es sich bei diesem Baumuster um den massstäblichen Nachbau eines legendären Jagdflugzeuges aus der Zeit des 2. Weltkrieges handelte. Ein hauptsächliches Merkmal dieses äusserst geschichtsträchtigen Flugzeuges ist der elliptische Grundriss des Tragflügels. Ein Flügel mit dieser Form hat die Eigenheit, dass bei gleichbleibender Profilform der Strömungsabriss beim Erreichen des kritischen Anstellwinkels über die gesamte Spannweite gleichzeitig erfolgt. Damit ist auch der Verlust der Steuerbarkeit um die Längsachse verbunden, weil die Querruder in der turbulenten Luft der abgerissenen Strömung liegen. Aus diesem Grund wird durch eine geometrische oder aerodynamische Schränkung der Tragfläche sichergestellt, dass die äusseren Teile der Flügel beim Abreissen der Strömung am Innenbereich der Fläche weiterhin umströmt werden.

Die bei dieser Konstruktion angewendete Kombination einer geometrischen mit einer aerodynamischen Flügelschränkung war vom Prinzip her der richtige Ansatz, indem angestrebt wurde, mit einem kleineren Einstellwinkel am Aussenflügel die Strömung im hohen Anstellwinkelbereich später abreißen zu lassen. Hingegen wurde dies durch die Änderung des Flügelprofils von NACA 23015 auf NACA 23009 im negativen Sinne überkompensiert, indem die Strömung am Aussenflügel profilbedingt schon früher abrisst.

Über die angewendeten Profile NACA 23009 und NACA 23015 herrschen in Fachkreisen kontroverse Meinungen, woraus abgeleitet werden kann, dass diese Profile zumindest nicht unumstritten sind.

Hingegen ist allgemein bekannt, dass Profile, deren Verhältnis von Flügeldicke zu Flügelsehne im Bereich von 8 % bis 12 % liegt, beim Erreichen des kritischen Anstellwinkels zu abruptem Auftriebsverlust neigen. Mit der Profilwahl von NACA 23009 am Aussenflügel wurde eine Flügeldicke von 9% im Verhältnis zur Flügelsehne gewählt, was genau im beschriebenen Bereich liegt, innerhalb dessen das Abreissverhalten abrupt sein kann.

Zusammenfassend muss festgestellt werden, dass die beschriebenen Komponenten unausgewogen kombiniert waren und so ein anspruchsvolles Flugverhalten des Unfallmusters im hohen Anstellwinkelbereich begünstigten.

2.1.4 Erprobungsflüge

Gemäss der Vereinbarung zwischen dem Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) und dem Verband der Schweizer Amateur-Flugzeugbauer (*experimental aviation of Switzerland* – EAS) hat die Flugerprobung eines Luftfahrzeuges der Sonderkategorie Eigenbau in Anlehnung an die Erprobung eines Luftfahrzeuges nach FAR *part 23* zu erfolgen. Die EAS stellt zu diesem Zweck ein AC No. 90-89A *amateur-built aircraft and ultralight flight testing handbook* zur Verfügung. Dieses sieht unter anderem eine detaillierte Abklärung der Abkippeigenschaften eines Flugzeuges vor. Auch die Lufttüchtigkeitsanforderungen, die an ein Flugzeug der Kategorie „*normal*“ oder „*utility*“ gestellt werden, verlangen diesbezüglich ausführliche Versuche bis hin zur Abklärung wie das Flugzeug beim Auftreten einer unbeabsichtigten Vrille reagiert und wie es wieder aus diesem Flugzustand gebracht werden kann.

Am vorliegenden Flugzeug wurde während eines einzigen Fluges von 30 Minuten Dauer bei verschiedenen Konfigurationen die Abkippgeschwindigkeit und das Verhalten des Flugzeuges beim Eintreten eines Strömungsabrisses erprobt. Dies geschah lediglich im Geradeausflug oder bei geringer Querlage. Diese kurze Erprobung war nicht geeignet um die Eigenschaften der MJ-10 Spitfire in ihrer gesamten Flugenveloppe zu erkennen. Immerhin sollte das Flugzeug nach den Grundsätzen und mit den Beschleunigungsgrenzwerten der Kategorie „Gebrauchsflugzeug“ – „*utility*“ zugelassen werden. Es kann nachvollzogen werden, dass die in der Vereinbarung zwischen BAZL und EAS genannten Zulassungsrichtlinien für ein Eigenbauflugzeug nicht vollständig angewandt werden müssen. Hingegen wäre es sinnvoll, wenn angepasst an das jeweilige Flugzeugmuster eine Auswahl von Nachweisen zusammengestellt würde, welche für die Zulassung erbracht werden müssen. Im vorliegenden Fall wären zum Beispiel Flüge mit erhöhter Normalbeschleunigung hilfreich gewesen, um die anspruchsvollen Eigenschaften von Flügelprofil und Flugzeug erkennen zu können.

Sowohl das BAZL als auch die EAS haben diese Mängel im Zulassungsverfahren erkannt und werden als Lehre aus diesem Unfall künftig im Flugerprobungsprogramm Flüge mit erhöhter Normalbeschleunigung verlangen (vgl. Kap. 4.2.2.).

Ebenso ist nachvollziehbar, dass der Pilot, der keine grosse Erfahrung im Umgang mit Hochleistungsflugzeugen und Flugerprobungen aufwies, die Warnung im AC No. 90-89A *amateur-built aircraft and ultralight flight testing handbook* befolgte und selber keine Flüge mit Vritten und Abkippen unter erhöhter Normalbeschleunigung (*high speed stall*) durchführen wollte. Bedauerlich ist hingegen, dass man den ebenfalls in diesem Handbuch gegebenen Ratschlag, diese anspruchsvollen Versuche einem professionellen Testpiloten zu übertragen, nicht befolgte.

Das AC No. 90-89A sieht weiter vor, dass für die Erprobung eines Eigenbau- oder Ultraleichtflugzeuges ein Flugprogramm durchgeführt werden sollte, das mindestens 35 Flugstunden in Anspruch nimmt. Dabei geht dieses Handbuch von einem Flugzeug aus, das nach einem Bausatz gebaut wurde oder dessen Eigenschaften schon bekannt sind. Im vorliegenden Fall wurde ein Flugzeug gebaut, über dessen Eigenschaften kaum Angaben vorlagen, da bisher nur ganz wenige Exemplare der MJ-10 Spitfire erstellt worden sind. Der Erbauer und Pilot stand vor der Aufgabe, einen eigentlichen Prototyp einzufliegen und zu erproben. Diese anspruchsvolle Aufgabe sah er nach einer Gesamtflugzeit von 14:53 h als erfüllt an. In dieser Flugzeit, die weniger als die Hälfte der vorgeschlagenen 35 h ausmacht, sind auch noch die Umschulungsflüge für den Piloten und den Flugerprobungsberater enthalten. Damit liegt der Schluss nahe, dass die Erprobung der HB-YIZ nur

oberflächlich geschah und damit insbesondere die kritischen Eigenschaften des Flugzeuges dem Piloten verborgen blieben.

Das Bau- und Erprobungsverfahren, wie es in diesem Fall durchgeführt wurde, erweckt den Eindruck, dass zwar das Vorhandensein der geforderten Dokumente überprüft wurde, ohne aber die diesen Papieren zu Grunde liegenden Fakten in genügendem Masse zu verstehen oder kritisch zu hinterfragen. Bemerkenswert in diesem Zusammenhang ist auch die Tatsache, dass ein Grossteil der Erprobungsflüge nicht nach den Vorgaben der EAS dokumentiert wurde und – wie oben dargestellt – gewisse Unterlagen fehlten. Selbst diese Diskrepanzen wurden weder durch den Bau- und Flugberater, noch durch die Zulassungsstelle oder andere involvierte Verantwortliche der EAS entdeckt.

2.1.5 Zulassung

Betrachtet man den Ablauf vom Beginn der Flugerprobung bis zur Ausstellung des Lufttüchtigkeitszeugnisses, so gelangt man unweigerlich zur Feststellung, dass die zwischen dem BAZL, der EAS und dem Erbauer festgelegten Verfahren weder formell noch materiell eingehalten wurden. Dies könnte durchaus im guten Geist des gegenseitigen Vertrauens geschehen sein, doch führte dieses Vorgehen dazu, dass die vorgesehenen Überwachungsmechanismen gegenüber dem Erbauer nicht zur Anwendung gelangten. Dies hatte zur Folge, dass erhebliche Risiken nicht entdeckt wurden, was schliesslich diesen Flugunfall begünstigte.

2.2 Menschliche und betriebliche Aspekte

Vergleicht man das vom Piloten als Flugvorführung geplante Programm mit den tatsächlich ausgeführten Manövern, so stellt man fest, dass er unmittelbar nach dem Start von seiner Planung abwich. Anstelle einer Art von Platzrunde und einem schnellen Vorbeiflug am Publikum in Startrichtung begann er nach einer Wendung um 180° sogleich einen Vorbeiflug am Zuschauerraum. Es fiel dem anwesenden Bau- und Flugberater auf, dass die Geschwindigkeit der HB-YIZ nicht so hoch wie geplant war und auch das Motorengeräusch liess auf eine nicht zu hohe Leistungssetzung schliessen. Über dem Flugfeld hatte es einzelne Wolkensfetzen und die Hauptwolkengrenze lag ungefähr 2500 ft über Grund. Damit waren Manöver mit vertikaler Ausdehnung wie hochgezogene Umkehrkurven nur eingeschränkt möglich. Es ist denkbar, dass der Pilot, der erst das dritte Mal an einer Flugveranstaltung auftrat, von diesen Wetterverhältnissen beeindruckt war und deshalb mit reduzierter Leistung flog.

Nördlich des Flugfeldes wählte der Pilot jeweils Umkehrkurven nach links gegen die Vorführrachse. Solchen Wendungen sollte ein Kurvensegment nach rechts vorangehen, damit genügend Drehraum vorhanden ist. Schon bei der ersten Umkehrkurve nach links fiel auf, dass der Pilot diese gegen Ende mit erhöhter Querlage fliegen musste um nicht über die Vorführrachse zu gelangen. Aufgrund der erhöhten Beschleunigung und der nicht so hohen Fluggeschwindigkeit verlor die Maschine dabei an Höhe. Dieser enge Teil der ersten Umkehrkurve war eine Folge eines zu geringen Drehraums, da der Pilot vor der Linkskurve zuwenig von der Vorführrachse weggedreht hatte. Auch beim zweiten Vorbeiflug gegen Nordwesten führte der Pilot nur eine sanfte Kurve nach rechts aus, bevor er zur Umkehrkurve nach links ansetzte. Die Analyse des Flugweges zeigt klar, dass diese Linkskurve anfänglich mit eher geringer Querlage und einem grossen Kurvenradius ausgeführt wurde (vgl. Abbildung 6).

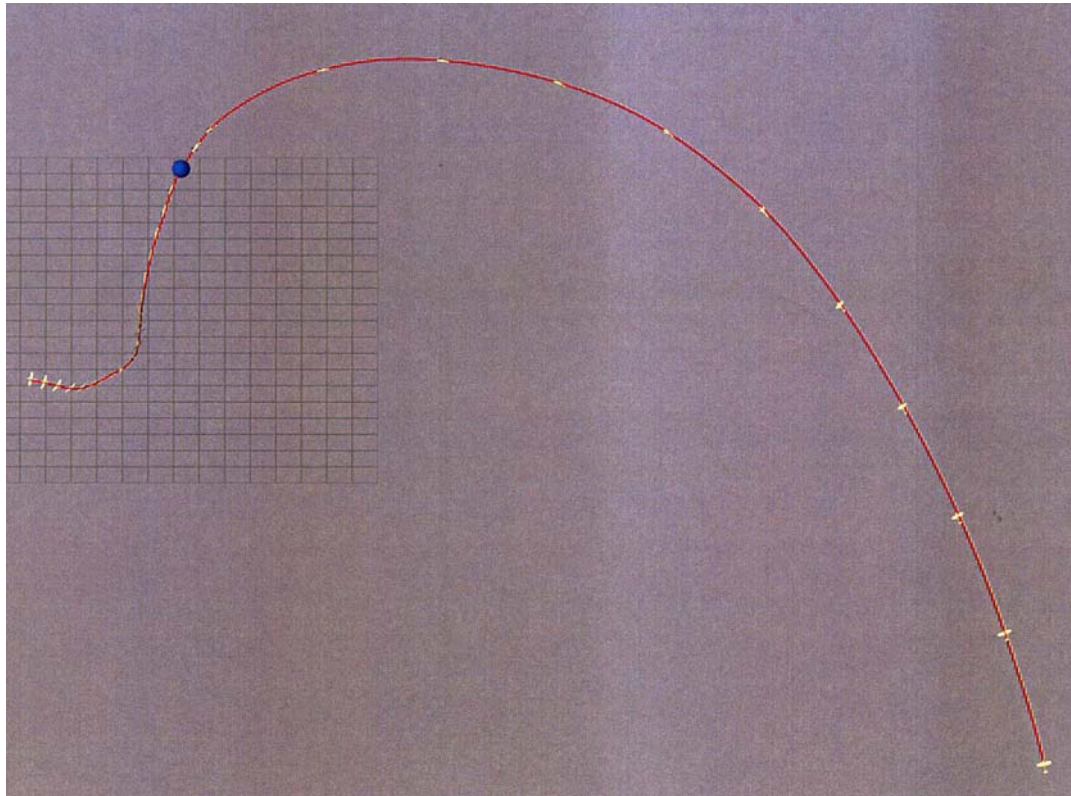


Abbildung 6: Grundriss der zweiten Umkehrkurve nördlich des Flugfeldes, die in den unkontrollierten Flugzustand mündete. Deutlich ist der sich verringernde Kurvenradius zu erkennen. Die blaue Kugel gibt den Beginn der unkontrollierten Roll-Gierbewegung an.

Nach einigen Sekunden muss der Pilot bemerkt haben, dass er bei gleicher Fortsetzung der Kurve über die Vorführrachse gelangen würde. Es ist denkbar, dass er deshalb die Querlage erhöhte, um im Vorführraum zu bleiben. Gleichzeitig war diese Kurve nicht mehr koordiniert, d.h. die Steuereingaben zwischen Querruder und Seitenruder waren nicht mehr so aufeinander abgestimmt, dass die Flugzeuglängsachse in der Ebene der Bewegungsrichtung lag. Bereits ein solches Schieben gegen die Kurvenaussenseite (*skidding turn*) bei hoher Querlage begünstigt den Strömungsabriss am kurveninneren Flügel beträchtlich. Im vorliegenden Fall kamen zusätzlich verschiedene konstruktive Mängel und Eigenheiten des Flugzeuges dazu, welche – wie oben dargelegt – einen abrupten Strömungsabriss begünstigten.

Es erstaunt deshalb nicht, dass die HB-YIZ aus der geschilderten Ausgangslage unvermittelt über den linken Flügel abkippte und in die typische Roll-Gierbewegung des Anfangsstadiums einer Vrille überging.

Immerhin gelang es dem Piloten, der über keine Kunstflugerfahrung verfügte, diesen unkontrollierten Flugzustand nach lediglich einer dreiviertel Drehung wieder in den Griff zu bekommen. Er leitete ein Abfangmanöver ein, für das aber trotz einem Tal, in welches das Flugzeug absinken konnte, offenbar zu wenig Höhe zur Verfügung stand. Die auf dem Anzeigeeinstrument für die Vertikalgeschwindigkeit (*vertical speed indicator* – VSI) gefundenen Marken der letzten Zeigerstellung und die Spuren an der Unfallstelle lassen die Möglichkeit offen, dass der Pilot die Maschine im Tal abfangen konnte und diese erst im leichten Steigflug mit den Bäumen des Talhanges kollidiert ist.

3 Schlussfolgerungen

3.1 Befunde

3.1.1 Technische Aspekte

- Das Flugzeug wurde nach einer Gesamtflugzeit von 14:53 h in der Sonderkategorie Eigenbau nach den Grenzwerten der Kategorie „*utility*“ – „Gebrauchsflugzeug“ zum Verkehr nach Sichtflugregeln zugelassen.
- Zur Abklärung des Abkipperhaltens des Flugzeuges wurde im Rahmen der Flugerprobung ein Flug von 30 Minuten Dauer durchgeführt. Dabei wurde das Verhalten im Geradeausflug und bei Querlagen bis 30° überprüft.
- Das vom Verband der Amateur-Flugzeugbauer (*experimental aviation of Switzerland – EAS*) zur Verfügung gestellte AC No. 90-89A *amateur-built aircraft and ultralight flight testing handbook* sieht für die Erprobung eines Eigenbau- oder Ultraleichtflugzeuges ein Flugprogramm vor, das mindestens 35 Flugstunden in Anspruch nimmt.
- Die Masse des Flugzeuges befand sich zum Unfallzeitpunkt innerhalb der gemäss AFM zulässigen Grenzen.
- Der Schwerpunkt befand sich zum Unfallzeitpunkt bei 28.4 % der mittleren Flügeltiefe (*mean aerodynamic chord – MAC*) an der Bezugsstelle. Damit befand sich der Schwerpunkt ausserhalb des durch den Konstrukteur festgelegten Bereichs von 18 % bis 28 % MAC.
- Die durch den Piloten und Erbauer des Flugzeuges ermittelten Grundlagen für die Schwerpunktsberechnung weisen einen Fehler auf, der für den Unfallflug zu einer rechnerischen Schwerpunktlage bei 26.2 % MAC führt.
- Gemäss Konstruktionsplan ist der äussere Teil des spitz zulaufenden Flügels gegenüber dem Innenflügel um -2° geschränkt, was bedeutet, dass die Profilsehne des Aussenflügels einen um 2° geringeren Einstellwinkel als die Profilsehne des Innenflügels aufweist.
- Gemäss Konstruktionszeichnung wurde am äusseren Teil der Tragfläche ein Flügelprofil NACA 23009 und am Innenflügel ein NACA 23015 verwendet.
- Unter Berücksichtigung von Flügelform, Fluggeschwindigkeit und Flughöhe erfolgt der Strömungsabriss beim Profil NACA 23009 bei einem Anstellwinkel, der um ungefähr 3° geringer ist als beim NACA 23015.
- Während der Flugerprobung wurde festgestellt, dass insbesondere im Kurvenflug nur sehr geringe Höhensteuerkräfte auftraten.
- Die letzte 100-Stunden Kontrolle wurde als Jahreskontrolle bei 4:58 h Betriebsstunden durchgeführt.

3.1.2 Besatzung

- Der Pilot besass die für den Flug notwendigen Ausweise.

3.1.3 Flugverlauf

- Der Pilot führte eine Kurve nach links in Richtung der Vorführrachse aus, wobei die Querlage anfänglich eher gering war.
- Nach einer Richtungsänderung von ungefähr 30° erhöhte der Pilot die Querlage des Flugzeuges und flog die Kurve zunehmend enger.
- In der Flugphase unmittelbar vor dem Abkippen wies die HB-YIZ eine Querlage von 67° bis 73° nach links auf. Während dieser Phase war die Längsachse der Spitfire gegenüber dem tatsächlichen Flugweg um ca. 5° im Gegenuhrzeigersinn um die Hochachse gedreht, d.h. die HB-YIZ schob nach rechts.
- Das Flugzeug führte unvermittelt eine rasche Rollbewegung nach links aus und begann sich im Gegenuhrzeigersinn um seine Hochachse zu drehen.
- Der unkontrollierte Flugzustand konnte vom Piloten ungefähr nach einer dreiviertel Umdrehung beendet werden.
- Während des Abfangmanövers kollidierte das Flugzeug mit den Bäumen eines Waldes.

3.1.4 Rahmenbedingungen

- Der Unfallflug war der dritte Vorführflug des Piloten an einer Flugveranstaltung.
- Zum Unfallzeitpunkt lag die Hauptwolkenuntergrenze auf etwa 4000 ft AMSL, darunter waren einzelne Wolkenfetzen vorhanden. Die Sicht betrug über 10 km.

3.2 Ursachen

Der Unfall ist darauf zurückzuführen, dass im Verlauf einer mangelhaft koordinierten Linkskurve die Kontrolle über das Flugzeug kurzfristig verloren ging und dieses während des folgenden Abfangmanövers mit Hindernissen kollidierte.

Die folgenden Faktoren haben die Entstehung des Unfalles möglicherweise begünstigt oder ermöglicht:

- Konstruktive Mängel, die zu anspruchsvollen Eigenschaften des Eigenbau-Flugzeugs bei hohen Anstellwinkeln führten.
- Schwerpunktlage ausserhalb der hinteren Begrenzung.
- Unvollständige Flugerprobung des Eigenbau-Flugzeuges.
- Mangelhafte Durchführung von Baubegleitung und Zulassungsverfahren.
- Geringe Erfahrung des Piloten im Betrieb von anspruchsvollen Eigenbau-Flugzeugen.

4 Sicherheitsempfehlungen und nach dem Unfall getroffene Massnahmen

4.1 Sicherheitsempfehlungen

Keine

4.2 Getroffene Massnahmen zur Verbesserung der Flugsicherheit

4.2.1 Erprobung von Triebwerken für Eigenbauluftfahrzeuge

Die in der Vereinbarung zwischen dem Bundesamt für Zivilluftfahrt und dem Verband der Schweizer Amateur-Flugzeugbauer (*experimental aviation of Switzerland* – EAS) geforderte Erprobung von nicht mustergeprüften Triebwerken und Propellern in Anlehnung an *JAR 22 subpart H* wurde bis anhin zu grosszügig ausgelegt.

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt hat diesen Mangel erkannt und wird in Zukunft für Eigenbauflugzeuge das definitive Lufttüchtigkeitszeugnis erst ausstellen, wenn für zugelassene Motoren und Propeller eine Flugzeit von 25 Flugstunden erreicht ist. Bei nicht zugelassenen Motoren und Propellern muss mindestens eine Flugzeit von 40 Stunden nachgewiesen werden bevor das Lufttüchtigkeitszeugnis erteilt wird.

4.2.2 Flugerprobung von Eigenbauflugzeugen

Nach Angaben des Bundesamtes für Zivilluftfahrt wird künftig die Flugerprobung von Eigenbauflugzeugen so ergänzt, dass auch das Verhalten im beschleunigten Kurvenflug abgeklärt werden muss.

Der Verband der Schweizer Amateur-Flugzeugbauer (*experimental aviation of Switzerland* – EAS) gab an, dass er als Lehre aus diesem Unfall in Absprache mit dem BAZL ein Testverfahren mit erhöhter Normalbeschleunigung einführen wolle.

Payerne, 10. August 2009

Büro für Flugunfalluntersuchungen

Dieser Bericht enthält die Schlussfolgerungen des BFU über die Umstände und Ursachen des vorliegend untersuchten Unfalls.

Gemäss Art. 3.1 der 9. Ausgabe des Anhanges 13, gültig ab 1. November 2001, 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 Vorfalles 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.