



Schlussbericht des Büros für Flugunfalluntersuchungen

über den Unfall

des Motorsegelflugzeugs Technoflug Piccolo, HB-2179

vom 18. Mai 1999

am Üetliberg/ZH

Causes

L'accident a été causé par une rupture due à une surcharge de l'aile gauche en vol.

La séquence vraisemblable de rupture réside dans la défectuosité de la liaison entre le hauban (pièce en contreplaqué entoilée) et la semelle supérieure du longeron à la suite d'un défaut préexistant de la structure de l'aile et d'une surcharge mécanique momentanée.

Recommandation de sécurité

L'office fédéral de l'aviation civile devrait entreprendre une inspection des raccords de hauban (qualité du collage) pour les avions du type Technoflug Piccolo.

Dieser Bericht wurde ausschliesslich zum Zweck der Flugunfallverhütung erstellt. Die rechtliche Würdigung der Umstände und Ursachen von Flugunfällen ist nicht Gegenstand der Flugunfalluntersuchung (Art. 24 des Luftfahrtgesetzes vom 21.12.1948, LFG, SR 748.0).

ALLGEMEINES

Kurzdarstellung

Anlässlich eines Hangsegelfluges am Üetliberg führte der Pilot diverse Flugmanöver und zügige Lageänderungen um die Querachse durch. Kurz nach dem Hochziehen für ein «*wingover*» brach die linke Tragfläche zu ca. zwei Dritteln ab. Das Flugzeug stürzte mit vrillenähnlichen Drehungen in einen Wald. Der Pilot wurde leicht verletzt.

Untersuchung

Der Unfall ereignete sich am Dienstag, den 18. Mai 1999, um ca. 1920 Uhr Lokalzeit (UTC + 2). Die Untersuchung wurde in Zusammenarbeit mit der Stadtpolizei Zürich und GFK-Experten durchgeführt. Zur Abklärung der Bruchursachen wurde das Wrack an die EMPA (Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt) überführt und entsprechend untersucht.

1 FESTGESTELLTE TATSACHEN

1.1 Flugverlauf

Der Pilot startete mit seinem Motorsegler um ca. 1800 Uhr Lokalzeit auf dem Flugplatz Birrfeld zu einem Rundflug über Othmarsingen und Triengen. Eine gute Stunde später befand er sich im Hangaufwind (Bise) am Üetliberg. Dort segelte er ohne laufenden Motor in Hangnähe zwischen der «Fernsehstation» und der «Annaburg». Der Flugstil des Piloten darf laut eigenen Aussagen als «sportlich» bezeichnet werden. Dies wird auch von verschiedenen Zeugen und Auskunftspersonen bestätigt.

Nach der bewussten Fahrtaufnahme für eine hochgezogene Kurve (*wingover*) brach beim Hochziehen mit ca. 150km/h (Aussage des Piloten) die linke Tragfläche leicht ausserhalb der Strebenbefestigung. Bei diesem Hochziehen war wenig oder keine Querlage im Spiel (*wings level*). Gemäss Zeugenaussagen brach der äussere Teil des Flügels zuerst nach oben und unmittelbar danach gegen hinten ab. Gewisse Teile des Flügels flatterten noch einige Zeit durch die Luft und konnten im umliegenden Wald nur zum Teil gefunden werden.

Das Flugzeug befand sich zum Zeitpunkt des Flügelbruchs mindestens 200 Meter über dem Wald und stürzte mit vrillenähnlichen Drehungen in die Bäume. Die Bäume und das steile Gelände haben den Absturz soweit gedämpft, dass der leicht verletzte Pilot das Flugzeugwrack selbständig verlassen konnte.

Koordinaten: 680 000 / 245 000

1.2 Personenschäden

	Besatzung	Passagiere	Drittpersonen
Leicht verletzt	1	---	---

1.3 Schaden am Luftfahrzeug

Das Flugzeug wurde zerstört.

1.4 Sachschaden Dritter

Es entstand ein geringer Schaden am Wald.

1.5 Beteiligte Personen

Pilot

Schweizerbürger, Jahrgang 1958.

Ausweis: National eingeschränkter Privatpilot Flugzeug mit Erweiterung für Motorsegler. Keine Segelfluglizenz

Flugerfahrung:

Das Flugreisebuch und das persönliche Flugbuch des Piloten sind nicht auffindbar.

Gesamte Motorflugstunden gemäss Ausweisbüro BAZL am 16.07.1997:

774 Stunden

Gesamte Motorflugstunden gemäss Ausweisbüro BAZL am 07.01.2000:

922 Stunden.

1.6 Flugzeug HB-2179

Muster:	Piccolo
Hersteller:	Technoflug GmbH
Charakteristik:	1-plätziger Hochdecker mit Motor auf dem Rumpf (Propeller faltet sich im Flug)
Serienummer:	055
Triebwerk:	Hersteller: Solo Kleinmotoren GmbH
Muster:	2350 BS
Eigentümer:	Privat
Halter:	Privat
Treibstoff:	Das Flugzeug hatte nach dem Absturz noch eine unbestimmte Menge 2-Takt-Gemisch im Tank
Masse und Schwerpunkt:	Innerhalb der vorgeschriebenen Limiten
Unterhalt:	Es gab keine bekannten technischen Mängel vor dem Flug.
Letzte BAZL-Kontrolle:	August 1996

1.7 Wetter

Gemäss Schreiben der Schweiz. Meteorologischen Anstalt (SMA) in Zürich

Allgemeine Wetterlage:

Auf der Vorderseite eines Tiefs mit Kern über der Biskaya besteht in den Alpen eine Föhnlage. Hinter einer schwachen, nach Norden abziehenden Okklusion kommt im Mittelland am Nachmittag Bisentendenz auf.

Wetter am Unfallort und zur Unfallzeit:

Wetter/Wolken:	1/8 Cu/Sc Basis um 4600 ft/msl
Sicht:	mehr als 10 km, leicht dunstig
Wind :	040 Grad, um 6 kts, Spitzen bis 15 kts 055 Grad, um 12 kts, Spitzen bis 18 kts (auf 3500 ft/msl)
Temperatur:	18°C
Taupunkt:	11°C
Luftdruck:	1012 hPa QNH (LSZH)
Gefahren:	leichte, in Geländenähe teils mässige Bisenturbulenz
Sonnenstand:	Azimut: 282° Höhe: 15°

1.8 Navigations-Bodenanlagen

Nicht betroffen.

1.9 Funkverkehr

Nicht unfallrelevant. Nicht untersucht.

1.10 Flughafenanlagen

Nicht betroffen.

1.11 Flugschreiber

Nicht vorgeschrieben. Nicht eingebaut.

1.12 Befunde am Wrack / an der Unfallstelle

An der Unfallstelle wurde die Steuerung visuell und mechanisch überprüft. Es wurden keine vorbestandenen Schäden oder Probleme festgestellt.

Eine Berührung mit dem Gelände (oder mit Bäumen) vor dem Flügelbruch kann ausgeschlossen werden. Ebenso gibt es keinerlei Spuren oder Hinweise für eine Kollision mit einem Vogel oder einem Gegenstand in der Luft (z.B. Modellflugzeug, Spielzeugdrache usw.).

Die Propellerblätter waren «gefaltet» und unbeschädigt. Der Motor hat beim Aufprall nicht gedreht.

Einige Teile (Flügel-Randbogen, Teile der Beplankung) des in der Luft auseinander gebrochenen linken Flügels konnten nicht gefunden werden.

Das Flugreisebuch und das persönliche Flugbuch des Piloten sind nicht auffindbar. Gemäss Angaben des Piloten befanden sich diese Dokumente im Gepäckfach hinter der Rückenlehne.

Es war kein Notsender (ELT) eingebaut.

1.13 Medizinische Feststellungen

Der Pilot wurde ins Triemlispital überführt, wo eine Hirnerschütterung, eine Schlüsselbeinfraktur, eine Rippenprellung und eine Rissquetschwunde am Hinterkopf behandelt wurden. Am darauffolgenden Morgen wurde der Pilot aus dem Spital entlassen. Es wurden keine weiteren medizinischen Untersuchungen durchgeführt.

1.14 Feuer

Es brach kein Feuer aus.

1.15 Überlebenschancen

Der Aufprall des abstürzenden Flugzeuges wurde durch die hohen Bäume und das steile Gelände abgeschwächt. Trotzdem ist es erstaunlich, dass der Pilot mit lediglich leichten Verletzungen das Wrack selbständig verlassen konnte.

1.16 Besondere Untersuchungen

Siehe Anhang: Auszug aus dem Untersuchungsbericht Nr. 407'218/2 der EMPA: «Ergänzende Untersuchungen und Schlussbericht». Die EMPA weist darauf hin, dass in diesem Zusammenhang allein der ungekürzte Bericht Nr. 407'218 vom 28. Juni 2001 in Papierform mit Originalunterschrift rechtsverbindlich sei.

1.17 Informationen über Organisation und Verfahren

Der Pilot war Halter und alleiniger Betreiber dieses Flugzeuges. Laut eigenen Angaben ist er mit diesem Motorsegler in den letzten 9 Jahren rund 2000 Stunden geflogen. Dabei habe er oft ungewöhnliche Fluglagen wie z.B. «*wingover*» ausgeführt. Der Motorsegler wurde jeweils wie ein Segelflugzeug demontiert und in einem Anhänger aufbewahrt. Das Flugzeug stand verschiedentlich im Regen oder während eines Gewitters ungeschützt am Boden. Gemäss Aussagen des Piloten und Beobachtungen bei der EMPA ist zu einem früheren Zeitpunkt eine grössere Menge Wasser in den Flügel gelangt.

Gemäss Flughandbuch gelten für dieses Flugzeug folgende Geschwindigkeitsbereiche/-limiten:

Grüner Bereich: 60 – 128 km/h: Normaler Betriebsbereich.

Gelber Bereich: 128 – 170 km/h: In diesem Bereich darf bei starker Turbulenz nicht geflogen und Manöver dürfen nur mit Vorsicht durchgeführt werden.

Roter Strich: 170 km/h: V_{NE} : zulässige Höchstgeschwindigkeit. Diese Geschwindigkeit darf nicht überschritten werden und die Ruderausschläge dürfen nicht grösser als 1/3 des jeweiligen Vollausschlages sein.

Bemessungs-Manövergeschwindigkeit: 128 km/h: V_A : Oberhalb dieser Geschwindigkeit dürfen keine vollen oder abrupten Ruderausschläge ausgeführt werden, weil die Struktur dabei überlastet werden könnte.

Zulässige Höchstgeschwindigkeit in starker Turbulenz: 128 km/h: V_{RA} : Diese Geschwindigkeit darf bei starker Turbulenz nicht überschritten werden.

1.18 Verschiedenes

Der Pilot kann die Frage nach «Flügel-Flattern» vor dem Bruch nicht beantworten, hat jedoch Erinnerungen bis zum Aufprall: *« ... gab es einen extrem lauten Knall und ich befand mich in einer fast senkrechten Spirale. Durch konsequente Gegensteuermassnahmen analog zum Ausleiten einer Vrille konnte ich die Drehgeschwindigkeit sowie die Längsneigung des Rumpfes erheblich verringern ehe es mit fürchterlichem Getöse in die Bäume krachte ... Die Beschleunigungskräfte waren zu diesem Zeitpunkt so enorm, dass eine Handbewegung oder ein Kopfdrehen unmöglich waren ... Ich spürte eine sehr starke, jedoch lineare Verzögerung bis zum Aufschlag auf dem Boden ...»*

2. BEURTEILUNG

Es gibt keine Hinweise, dass gesundheitliche Aspekte zu diesem Unfall beigetragen hätten. Auch hat die Untersuchung keine Anzeichen für anderweitige, externe Einflüsse zum Unfallgeschehen hervorgebracht.

Der Bruch des linken Flügels ist durch ein Schubversagen in der Holmkonstruktion eingetreten. Dabei haben die operationelle Belastung und Vorschäden am Flügel eine Rolle gespielt.

3. SCHLUSSFOLGERUNGEN

3.1 Befunde

- Der Pilot besass einen gültigen Motorflugausweis. Er besass keinen Segelflugausweis.
- Zum Unfallzeitpunkt war der Motor abgestellt.
- Das Luftfahrzeug war zum Verkehr zugelassen.
- Masse und Schwerpunkt befanden sich innerhalb der vorgeschriebenen Grenzen.
- Die zulässige Höchstgeschwindigkeit in starker Turbulenz beträgt 128 km/h. Der Pilot ist laut eigenen Aussagen kurz vor dem Flügelbruch mit ca. 150 km/h geflogen und war dabei, das Flugzeug für ein «wingover» hochzuziehen. Die Windstärken und -richtungen am Üetliberg zum Unfallzeitpunkt betragen gemäss SMA:
 - 040 Grad, um 6 kts, Spitzen bis 15 kts
 - 055 Grad, um 12 kts, Spitzen bis 18 kts (auf 3500 ft/msl)
 - Gefahren: leichte, in Geländenähe teils mässige Bisenturbulenz
- Auf der Flügelunterseite wurden Risse im Lack festgestellt, welche laut Aussagen des Piloten bereits bestanden hätten. Wegen der Verschmutzung war es nicht möglich, das Alter dieser Risse zu bestimmen. Hingegen wurde festgestellt, dass sich auf der unteren Seite des linken Flügels eine weisse Spachtelschicht zwischen Laminat und Lack befindet. Die Querrisse im Lack befinden sich nur dort, wo diese Spachtelschicht aufgebracht wurde. Das Vorkommen der Spachtelschicht unterhalb der Lackschicht weist auf ein Toleranzproblem und/oder auf eine Reparatur bei der Herstellung des Flügels hin.

- Für die Herstellung dieses Flugzeugtyps wurde ein statischer Belastungsversuch zur Überprüfung der Dimensionierungsberechnung als Festigkeitsnachweis durchgeführt. Die Untersuchung ergab keinen Hinweis, dass ein Dauerfestigkeitsversuch durchgeführt wurde. Seitens des Flugzeugherstellers wurden der EMPA keine QS-Unterlagen und -Protokolle zur Verfügung gestellt. Es wurden keine Hinweise gefunden, welche Qualitätskontrollen bei der Herstellung geplant waren und/oder durchgeführt wurden.
- Auf den Glasfasern der Gurt-Bruchfläche wurden eine geringe Anzahl sichtbarer Harzstücke und viele Lufteinschlüsse vorgefunden. Dies sind Zeichen von lokal schlechter Laminatqualität, was für ein Nasslaminat aber durchaus nicht aussergewöhnlich ist.
- Gegenüber dem Bauplan wurden kleinere Abweichungen (geringer als Sollwert) sowohl bei bestimmten Abmessungen als auch bei der Fasermenge festgestellt. Es handelt sich dabei nicht um gravierende Abweichungen. Solche Abweichungen schwächen aber tendenziell die Struktur.
- Konzeptionell gibt es folgende problematische Stellen in der Flügelkonstruktion: Am Holm, zwischen der Sperrholzeinlage und dem Obergurt, gibt es einen abrupten Unterbruch des Kraftflusses bei der Verbindung Strebe-Holm. Dies hat einen Sprung in der Biegesteifigkeit zur Folge und führt zu Spannungskonzentrationen. Dasselbe gilt an dieser Stelle für die Schubfestigkeit und die Torsionssteifigkeit.

3.2 Ursachen

Der Unfall ist auf einen Gewaltbruch des linken Flügels im Flug zurückzuführen.

Der wahrscheinlichste Bruchvorgang liegt im Versagen der Verbindung zwischen der Strebe (Sperrholzeinlage, bzw. Gewebelage) und dem oberen Holmgurt infolge der Kombination einer Vorschädigung der Flügelstruktur und einer momentanen mechanischen Überlastung.

4. SICHERHEITSEMPFEHLUNGEN

Das BFU empfiehlt dem BAZL, bei Flugzeugen des Musters Technoflug Piccolo eine Inspektion des Strebenanschlusses (Füllklotzverklebung) durchführen zu lassen.

Bern, 10. April 2003

Büro für Flugunfalluntersuchungen

Dieser Bericht wurde ausschliesslich zum Zweck der Flugunfallverhütung erstellt. Die rechtliche Würdigung der Umstände und Ursachen von Flugunfällen ist nicht Gegenstand der Flugunfalluntersuchung (Art. 24 des Luftfahrtgesetzes vom 21.12.1948, LFG, SR 748.0).

7 Wahrscheinlicher Bruchvorgang

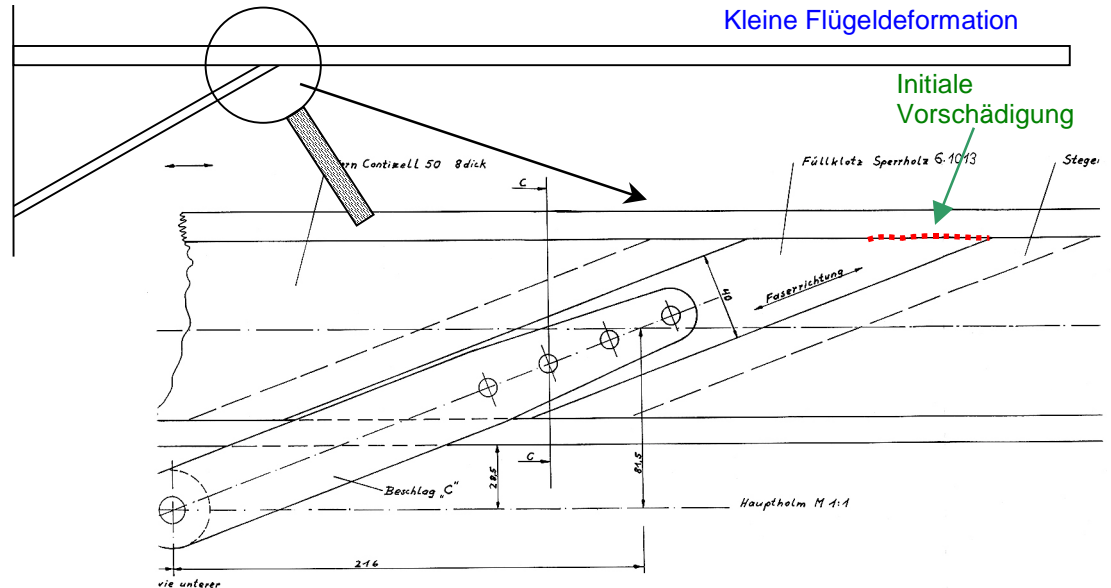
Die durchgeführten ergänzenden Untersuchungen bestätigen teilweise den im Bericht 407'218/1 beschriebenen wahrscheinlichen Bruchvorgang. Es sind keine neuen Erkenntnisse gewonnen worden, welche diese Interpretation widerlegen. Aufgrund der vorhandenen Erkenntnisse verlief der Bruchvorgang am Wahrscheinlichsten wie folgt:

Primärschaden:

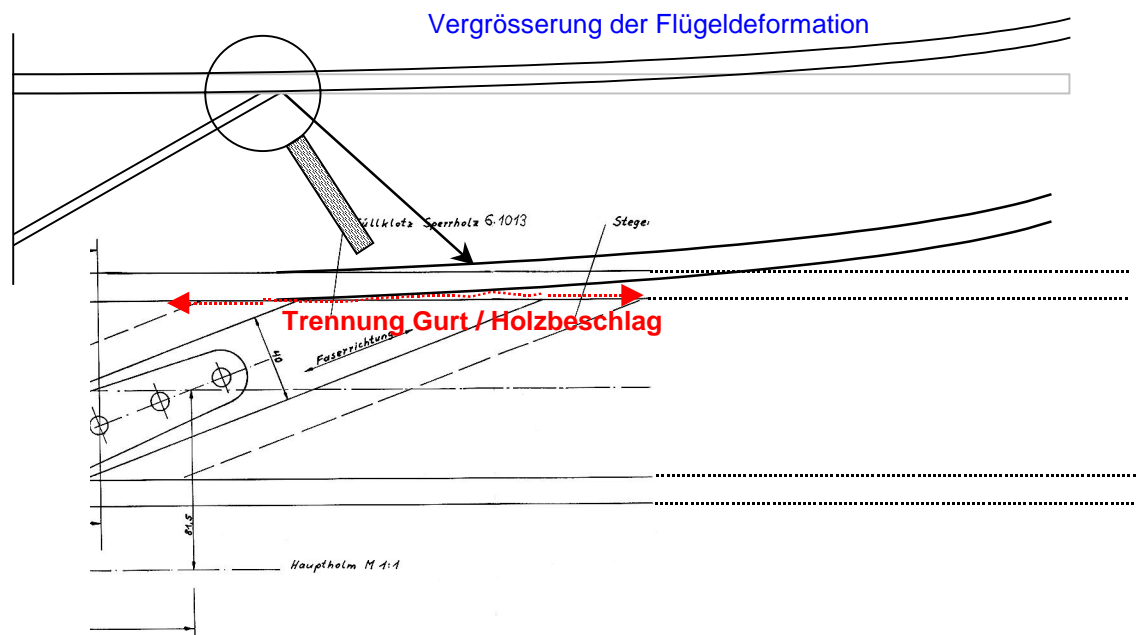
Versagen der Verbindung zwischen der Strebe (Sperrholzeinlage, bzw. Gewebelage) und dem oberen Holmgurt infolge der Kombination einer Vorschädigung der Flügelstruktur mit einer momentanen mechanischen Überlastung.

Weiterer Bruchverlauf (siehe auch die ersten Schritten in den folgenden Skizzen)

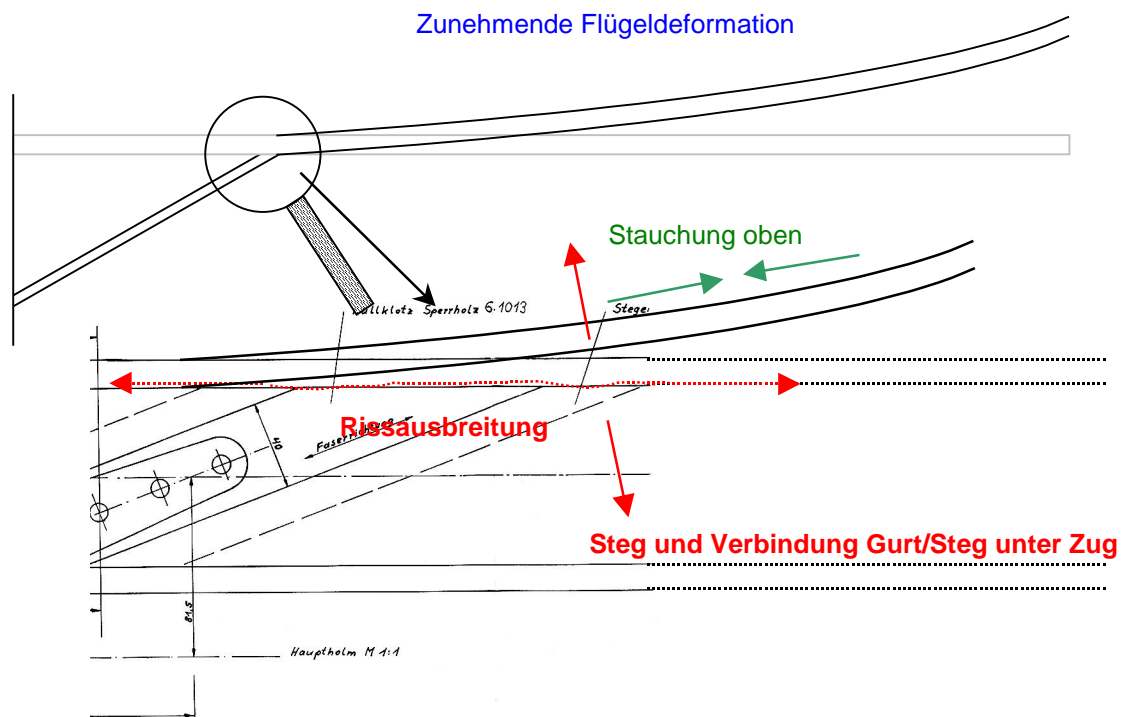
Trennung des oberen Gurts vom Holmsteg ausgehend von der Position 230, evtl. Bruch des Holmstegs (möglicherweise erst beim Aufprall) und grössere Verformungen des Flügels führen zum Aufplatzen der Flügelschale oder, evtl. interlaminarer Bruch des oberen Gurts (möglicherweise erst später) und gleichzeitiger Bruch der Flügelschale unten/oben oder
zuerst Bruch der Flügelschale unten und
evtl. interlaminarer Bruch des oberen Gurts und
danach Bruch der Flügelschale oben
Bruch des unteren Gurts + evtl. des Holmstegs beim Aufprall



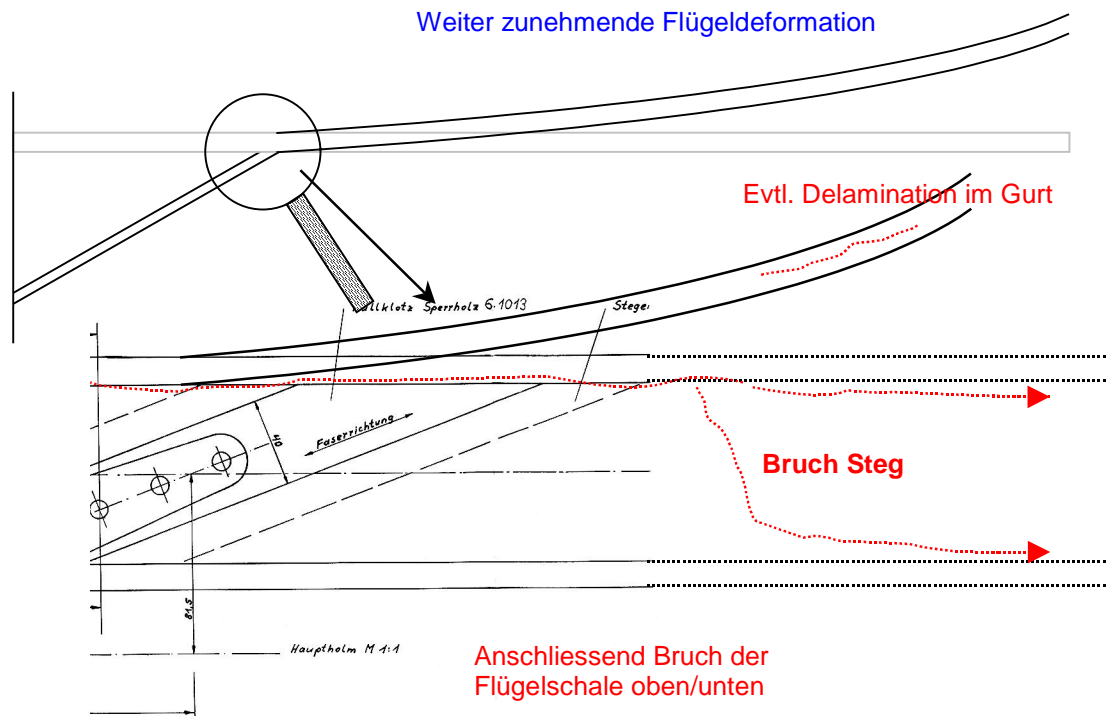
Skizze 1: Ausgangssituation



Skizze 2: Primärschaden



Skizze 3: Weiterer Bruchverlauf mit zunehmender Belastung des Flügels



Skizze 4: Weiterer Bruchverlauf infolge des Versagens des Verbindung oberen Gurt/Steg.

Für den oben beschriebenen, wahrscheinlichen Bruchvorgang sprechen:

1. *Anwesenheit initialer Mängel bzw. Schwachstellen wie z.B.:*

- Sprung in der Biegesteifigkeit bei der Verbindung Strebe-Holm, führt zu Spannungskonzentrationen
- dito für die Schubsteifigkeit
- dito für die Torsionsteifigkeit
- Überlagerung dieser Effekte an der gleichen Stelle verschärft die Situation zusätzlich
- Unterbruch des Kraftflusses zwischen der Sperrholzeinlage und dem Obergurt bei der Verbindung Strebe-Holm
- niedrige Schubsteifigkeit der Gurte (sie bestehen aus reinem UD-Laminat)
- Es liegt kein Nachweis der Dauerfestigkeit der Verbindung Strebe-Holm vor.

2. *Wiederholte hohe Belastungen im Betrieb:*

- Querrisse auf der unteren Flügelfläche infolge grösserer Verformungen, die wegen der darunter liegenden Spachtelschicht aufgetreten sind.
- Wiederholte grössere Verformungen der Flügel infolge des "sportlichen" Flugstils des Pilots (Aussage des Pilots selbst und von Dritten).

3. *Alterungszustand:*

- Es wurden ältere Anrisse bei der Verbindung Strebe-Holm festgestellt.
- Das Eindringen von Wasser durch die Bremsklappen/Scharniere in den Flügelinnenraum ist möglich und wurde auch festgestellt. Ebenfalls wurde festgestellt, dass Flüssigkeit bei den Anrissen eingetreten ist, was mit der Zeit die Lamineigenschaften möglicherweise negativ beeinflusst hat.
- Die Querrisse auf der unteren Flügelfläche sind auch für Feuchtigkeit und Wasser zugänglich, was ebenfalls mit der Zeit die Lamineigenschaften negativ beeinflussen kann.

4. *Ausführung:*

- Gegenüber dem Plan wurden kleinere Abweichungen vom Sollwert sowohl bei bestimmten Abmessungen (Bericht 1) und bei der Fasermenge festgestellt. Es handelt sich dabei nicht um gravierende Abweichungen, aber tendenziell schwächen sie die Struktur.
- Das Vorkommen der Spachtelschicht unterhalb der Lackschicht weist entweder auf Toleranzprobleme oder auf eine Reparatur bei der Herstellung des Flügels hin.
- Die Anwesenheit einer dicken, spröden Spachtelmassenschicht (Mikroballons) als Klebeverbindung zwischen dem Holm und der Flügelschale leistet keinen Beitrag zur Festigkeit der Struktur, sondern schwächt sie eher (Sprödebruch und niedrige Festigkeit).
- Im Gurtlaminat sind viele Lufteinschlüsse und eine geringe Haftung zwischen Glasfaser und Matrix erkennbar. Deswegen ist zu erwarten, dass das Laminat mittelmässige Eigenschaften aufweist. Dies ist aber für ein Nasslaminat nicht ungewöhnlich.

Im Allgemeinen wird festgestellt, dass für den beschriebenen, wahrscheinlichen Versagensablauf viele Beobachtungen und Bruchbild(er) sich gegenseitig stützen. Bei mehreren anderen betrachteten Szenarien ist dies nicht der Fall.

Bemerkung

Die Feststellungen beziehen sich ausschliesslich auf das zur Verfügung gestellte Material. Verschiedene Teile der Flügelschale, wie z.B. der Randbogen und das Querruder waren in der Nähe der Aufprallstelle nicht auffindbar. Ob diese Teile den Bruchablauf wesentlich beeinflussten, kann damit nicht geklärt werden.

Weiter wurde in Absprache mit dem Auftraggeber beschlossen, keine Materialprüfungen durchzuführen. Es liegen in diesem Sinne keine Informationen über eine allfällige Alterung und dadurch bedingte Änderung der mechanischen Eigenschaften des verwendeten Schaums vor.

Dübendorf, den 28. Juni 2001
Der Sachbearbeiter

Abteilung Kunststoffe/Composites
Der Abteilungsleiter:

Dr. M. Barbezat

P. Flüeler