

# Untersuchungsbericht

3X160-0/01  
Dezember 2003

## Identifikation

Art des Ereignisses:	Unfall
Datum:	17. Juli 2001
Ort:	nahe Thalfang
Luftfahrzeug:	Flugzeug
Hersteller / Muster:	Avions Mudry / CAP 10B
Personenschaden:	beide Flugzeugführer tödlich verletzt
Sachschaden:	Luftfahrzeug zerstört
Drittschaden:	leichter Forstschaden

## Sachverhalt

### Ereignisse und Flugverlauf

Am Unfalltag um 10:42 Uhr\* startete das Flugzeug auf dem Verkehrslandeplatz *Trier-Föhren* (EDRT) mit einem Fluglehrer und einem Flugschüler am Doppelsteuer zu einer Ausbildung im Kunstflug. Hierfür waren ein Flugplan und die Startmeldung per Fax an die Deutsche Flugsicherung (DFS) übermittelt worden. Das Flugzeug mit Transponder-Code A-0473 wurde von mehreren Radarantennen der DFS erfasst. Um 10:50 Uhr flog es auf Flugfläche (FL) 59 von Westen in den Übungsluftraum *Talling-Gielert*, ca. 8 NM südöstlich von EDRT ein. Über dem Gelände von höchstens 1 600 ft MSL vollführte die Besatzung die Übungen in einem Höhenband zwischen FL 44 und FL 64 sowie auf einer Grundlinie von ca. 075°.

Ein Augenzeuge im Ferienpark *Himmelberg* bei *Thalfang* (Position Z im Bild 4) beobachtete das Flugzeug eine Weile und nahm dann die Kunstflugfiguren mit

seiner Video-Kamera auf. In seiner Aufzeichnung bewegte sich das Flugzeug von rechts nach links, vollführte einen Überschlag (*Looping*) und gleich anschließend einen Aufschwung (*Immelmann*) mit einer halben Rolle nach rechts in die Normalfluglage.

Wie die Flugbahnrekonstruktion (Bild 1) aus dem Video ergab, folgte ein Geradeausflug in Richtung rechts mit einer Bahnneigung von mindestens 10°. Dieser dauerte 15 Sekunden. Dann beschrieb das Flugzeug einen Abfangbogen, bis seine Längsachse um 20° den Horizont überstieg. In diesem Moment klappte das Tragwerk nach oben zusammen. In der folgenden Sekunde gingen zahlreiche verschieden große Bruchstücke ab, sodass von der rechten Tragfläche kein Rest mehr am Rumpf zu erkennen war. Der noch intakte Verband aus Rumpf, linker Tragfläche und Leitwerk vollführte eine permanente Roll- oder enge Spiralbewegung nach rechts auf einer Bahn, die einer Wurfpapierbahn glich.

Das letzte Transponder-Signal wurde um 10:59:28,4 Uhr von der Radarantenne *Neuenkirchen* (NKH) mit der Höheninformation FL 30 aufgezeichnet. Mehrere Zeugen nahmen akustisch wahr, wie das Flugzeug auf dem Boden aufprallte.

### Wetter

Die Wetterbeobachtungen am Flughafen *Hahn* um 10:50 lauteten: Bodenwind aus 150° mit 8 kt, horizontale Sichtweite über 10 km, Bewölkung 1/8 bis 2/8 in 1 300 ft GND, Temperatur und Taupunkt 16° bzw. 12°, Luftdruck (QNH) 1013 hPa. Im Video vom Unfall war gleichermaßen geringe Bewölkung zu erkennen.

Um 11:20 Uhr wurden in *Hahn* erste TCU (*Towering Cumulus*) gemeldet.

\* Alle angegebenen Zeiten in MESZ



Bild 1

Radaraufzeichnung

Der BFU lagen die Aufzeichnungen von den Radaran-  
 tenten LUD, LUX, NKH und PFW der DFS vor. Die  
 Datensätze bestanden fast ausschließlich aus Sekun-  
 därsignalen mit Höheninformation. Zeitweise gab es  
 Lücken von bis zu 30 s an einzelnen Stationen. Die  
 Auflösung der Flughöhe betrug 1 FL d.h. 100 ft oder  
 ca. 30 m und die Ungenauigkeit der Position, je nach  
 Entfernung der Antenne vom Luftfahrzeug, bis zu  
 150 m. Die Koordinatenpunkte ab 08:58 Uhr waren auf  
 einer Strecke von  $\pm 500$  m konzentriert (Bild 2). Dar-  
 über hinaus erstreckte sich eine einzelne Hin- und  
 Rückbewegung in Richtung 060 / 240 von 1 km und  
 eine zweite ebenso weite in Richtung 240 / 060.

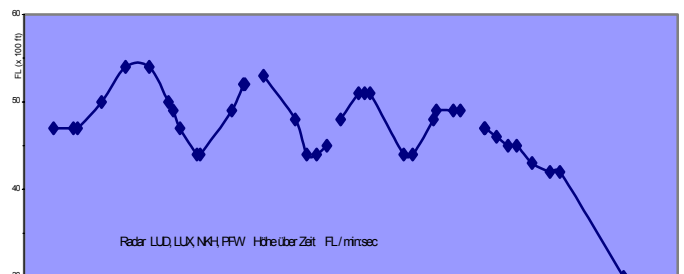


Bild 3

Unfallstelle

Die Sachlage an der Unfallstelle wurde von einem Be-  
 auftragten der BFU aufgenommen.

Das Wrack des Flugzeuges wurde im Forst (Abteilung  
 9/15), genau 1,1 km nördlich der Einmündung der  
 Straße L 154 aus *Thalfang* mit der L 150 aus *Tal-  
 ling* entdeckt (Stelle X im Bild 5). An dieser Stelle rei-  
 hen sich fünf Spuren bzw. Gegenstände in etwa auf ei-  
 ner Geraden in Richtung 105° (Bild 4): Der 10 m hohe  
 Stumpf einer gekappten Tanne (Position 0 m), ihr 2 m  
 langer Wipfel (Pos. 4 m), der Rumpf des Flugzeuges  
 (Pos. 8 m), ein Abdruck an einer Buche (Pos. 28 m)  
 und ein dementsprechendes 1,2 m langes Bruchstück  
 der Tanne (Pos. 48 m).

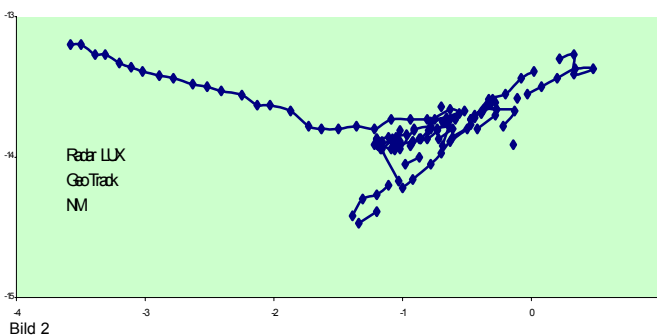


Bild 2

Die Höhenaufzeichnung (Bild 3) zeigte zahlreiche  
 Schwingungen zwischen anfangs höchstens FL 65  
 und zuletzt mindestens FL 44. Die mittleren Höhen  
 nahmen von einem Übungsabschnitt zum anderen ab.  
 Der letzte war gekennzeichnet durch vier harmonische  
 Höhenänderungen, den Sinkflug mit Abfangen und  
 den Absturz. Das verfügbare Video deckt sich ab dem  
 Zeitpunkt 10:58:35 Uhr mit dem Höhenschrieb.

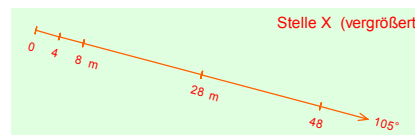


Bild 4

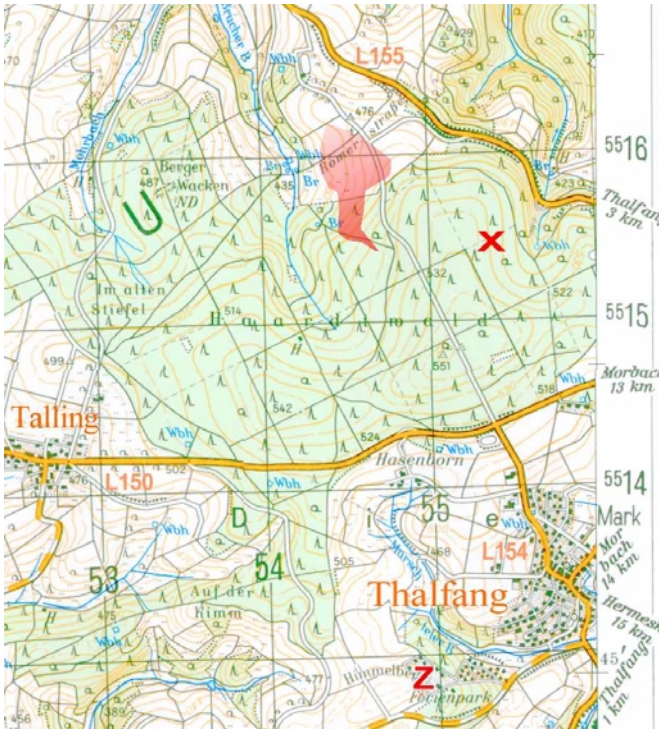


Bild 5

Das Wrack bestand aus unzähligen Trümmern. Das gefaltete hintere Rumpffachwerk mit dem zerstörten Leitwerk bildete das größte zusammenhängende Teil. Das Triebwerk steckte ca. 50 cm tief im Waldboden und war umgeben von starkem Geruch nach Kraftstoff. Für einen Brand gab es keine Anzeichen. Eine 45 cm lange Blattspitze vom Propeller wurde 15 m rechts vom oben beschriebenen Radial entdeckt. Neben anderen Instrumenten konnte der Beschleunigungsmesser (G-Meter) geborgen werden. Seine Schleppeizer standen auf den Skalenwerten +8,5 bzw. -5,2.

Bestandteile der rechten Tragfläche waren mindestens 650 m westlich vom Hauptwrack in dem Wald (Abteilung 17) und auf den nördlich angrenzenden Wiesen und Feldern gefunden worden. Auf dem Plan bildeten die Fundstellen einen geschlossenen Bereich mit scharfer Kontur (rote Schattierung im Bild 5).

Es gab zwei Extremlagen, die eine Distanz von rund 900 m in Richtung 345° bzw. 165° markierten:

Im Süden lag das rechte Fahrwerk mit einem Stück Tragflächenholm (Bild 6) und daneben ein Fragment der Trittplanke aus der Zone über dem Fahrwerk;



Bild 6

Im Norden fand man ein kleines und östlich daneben ein großes Bruchstück (Teil 2 in Bild 9) der Unterbeplankung aus dem Hinterkasten rechts vom Fahrwerk. Der vom Fahrwerk bis zur Flügelspitze durchgängige Flügelkasten, mit großen Lücken vor und hinter seinem Hauptholm, lag am Waldrand (Sauerbrunnen) etwa in der Mitte des Streubereiches (Bild 7).



Bild 7

#### Wrack

Alle geborgenen Wrackteile wurden für eine weiterführende Untersuchung zur BFU nach Braunschweig transportiert. Bei der Rekonstruktion der rechten Tragfläche blieben viele, teils große Lücken, wobei insbesondere Bestandteile der Landeklappen fehlten (Bild 8).

Der Obergurt des Hauptholmes war an zwei Stellen gebrochen. Die Bruchstellen befanden sich jeweils an der Außenkante der Klötze zur Einleitung der Querkraft vom Rumpf (Position A) und vom Fahrwerk (Position B). Beide Bruchstellen wiesen oben eher stumpfe und unten eher langfaserige Enden auf.



Bild 8

Der Untergurt im äußeren Flügelkasten zeigte über eine Spanne von 70 cm, ab Position B nach außen, einen extrem keilförmigen Bruchverlauf. Eine zweite

Bruchstelle des Untergurtes auf der Rumpfseite bei Position A war eher stumpf und mit Erde behaftet. Aus dem Abschnitt zwischen den beiden Bruchenden waren nur wenige Holzsplitter vorhanden.

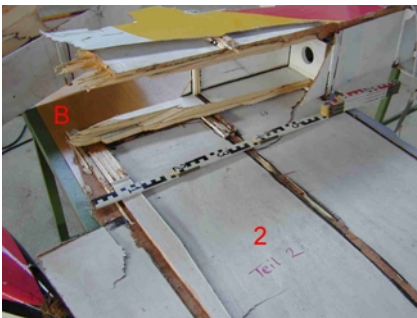


Bild 9

#### Besatzung

Der erste Luftfahrzeugführer war seit 1957 im Besitz einer Erlaubnis für Privatflugzeugführer (PPL-A). Seine Lizenz war laut Beiblatt A bis zum 03.10.2001 gültig und schloss eine Lehrberechtigung und eine Kunstflugberechtigung ein. Der 74-Jährige hatte die Auflage, eine Brille zu tragen und eine Ersatzbrille mitzuführen.

Der Fluglehrer war zugleich Ausbildungsleiter einer Interessengemeinschaft für Kunstflug. Der eingetragene Verein hatte eine Erlaubnis zur nichtgewerblichen Ausbildung von Luftfahrern im Kunstflug. Dafür standen neben dem bereits genannten noch vier weitere Übungsflugräume zur Verfügung. Die Erlaubnis nach § 5 Luftverkehrsgesetz (LuftVG) in Verbindung mit § 33 Luftverkehrs-Zulassungs-Ordnung (LuftVZO) war bis zum 31.12.2001 gültig.

Dem zweiten Luftfahrzeugführer war erstmals 1981 ein Luftfahrerschein mit den Beiblättern A, B und C ausgestellt worden. Seine Erlaubnis für Privatflugzeugführer (PPL-A) war laut letztem Beiblatt bis zum 18.04.2002 gültig und umfasste eine Berechtigung für kontrollierten Sichtflug (CVFR). Auf dieser Grundlage hatte er auch eine amerikanische PPL erworben.

In den Flugbüchern des zweiten Piloten waren 172 h Segelflug, 313 h im Motorsegler und 206 h Motorflug dokumentiert. Für das Jahr 2001 wiesen die Aufzeichnungen 12 Flüge mit dem Motorsegler *HK 36 R Super Dimona* von insgesamt 12 h und drei Platzrunden mit dem Flugzeug *Rallye 180 TS Morane* aus. Laut Ausbildungsvertrag und einer Notiz begann die Kunstflugausbildung des Piloten am Tag vor dem Unfall mit einem Einweisungsflug von 20 min Dauer und zwei Kunstflugeinheiten von je 30 min.

#### Luftfahrzeug

Das Luftfahrzeug *Avions Mudry CAP 10B* ist ein einmotoriger freitragender Tiefdecker in Holzbauweise mit festem Spornrad-Fahrwerk. Das Muster war laut Kennblatt 1044 des LBA im Jahr 1972 in Frankreich auf der Basis des *Reglement Air 2052* vom 10.11.1969

zugelassen worden. Als Nachweis für die Festigkeit des Tragwerks genügte ein statischer Belastungsversuch bis zur sicheren Last. Versuche mit einer größeren Zahl von Lastspielen waren nicht gefordert. Die Zulassung in Deutschland erfolgte im Jahr 1981 nach einer vereinfachten Musterprüfung.

Das Flugzeug gehört der Lufttüchtigkeitsgruppe A Kunstflugzeug (*acrobatics*) an. Hierfür beträgt das zulässige Lastvielfache beim Abfangen  $n = +6$  bzw.  $n = -4$ . Die Betriebsgrenzen im deutschen Kennblatt der *CAP 10B* lauten:

Betriebsgrenze		Wert	Dim
zul. Höchstgeschwindigkeit	VNE	340	km/h
höchstzul. Reisegeschw.	VNO	300	km/h
Manövergeschwindigkeit	V <sub>A</sub>	235	km/h
Höchstmasse (Kunstflugzeug)		760	kg
Höchstmasse (Nutzflugzeug)		830	kg

Tabelle 1

Im deutschen bzw. französischen Flughandbuch der *CAP 10B* sind für die zulässigen Kunstflugfiguren mit zwei Insassen folgende minimalen Eintrittsgeschwindigkeiten angegeben:

Kunstflugfigur / Eintrittsgeschwindigkeit	Wert	Wert	Dim
Überschlag ( <i>bounce normale</i> )	(230)	250	km/h
Aufschwung ( <i>retournement</i> )	(220)	250	km/h
Gesteuerte Rolle ( <i>tonneau lent</i> )	(230)	230	km/h
Gerissene Rolle ( <i>tonneau déclenché</i> )	(150)	150	km/h
Abschwung ( <i>bounce inversée</i> )	(170)	160	km/h
Turn ( <i>renversement</i> )	(200)	230	km/h

Tabelle 2

Der vordere und der hintere Rumpftank fassen laut Kennblatt 75 I bzw. 79 I Kraftstoff. Im Kunstflug darf nur der vordere gefüllt sein und der Gepäckraum muss leer bleiben.

Der Rumpf der *CAP 10B* ist 7,00 m lang. Die Spannweite des Tiefdeckers beträgt 8,06 m. Die Tragflächen sind in reiner Holzbauweise mit den Elementen Kastenholm, Fachwerkrippen und Vollbeplankung konstruiert. Das Tragwerk weist einen durchgängigen Holm auf, dessen Ober- und Untergurt an der Flügelwurzel aus fünf bzw. drei verleimten Lamellen bestehen.

Es existieren mehrere Lufttüchtigkeitsanweisungen des LBA, die das Tragwerk der *CAP 10B* betreffen. Am 01.06.1999 war die LTA-Nr. 1999-212 bekannt gegeben worden und am 16.11.2000 deren Neufassung /2. Dabei wurde Bezug genommen auf die Technischen Mitteilungen des Herstellers: *Avions Mudry Service Bulletin No. 15, Revision 1* vom 03.04.1996 und *Cap Aviation Service Bulletin No. 990501* vom 20.05.1999.

### Instandhaltung

Das betroffene Flugzeug mit der Werknummer 275 war 1995 beim o.g. Hersteller in Frankreich gebaut und im selben Jahr in Deutschland zum Verkehr zugelassen worden. Als Halter war der erste Luftfahrzeugführer eingetragen.

Bis zum 06.07.2001 waren im Bordbuch 4 413 Landungen und eine Gesamtbetriebszeit von 1 099 h dokumentiert. Der Betriebsstundenzähler zeigte 1 396 h an. Das Flugzeug war überwiegend an seinem Standort EDRT zur Ausbildung im Kunstflug eingesetzt worden. Die dortige Landebahn ist eine befestigte Piste aus Beton. Laufende Aufzeichnungen der am *G-Meter* des Flugzeugs abzulesenden Höchstwerte der vertikalen Beschleunigung lagen nicht vor.

Umfassende und jährliche Nachprüfungen (JNP) erledigte ein Luftfahrttechnischer Betrieb (LTB nach JAR 145). Kontrollen nach 50 h und 100 h gemäß Wartungshandbuch führte der Halter des Flugzeuges selbst durch. Er war als Flugzeugwart registriert.

Im Befundbericht der JNP 1998 war ein kleiner Lackriss am linken Holm über dem Fahrwerk beanstandet worden. Im Arbeitsbericht vom 02.06.1999 hatte der Halter des Luftfahrzeuges selbst die Durchführung einer Inspektion gemäß *SB No. 15* (siehe oben) bestätigt. Von den darauf folgenden umfassenden Nachprüfungen liegen der BFU keine Befundberichte vor. Die letzte JNP fand laut Nachprüfschein am 22.06.2001 statt.

Das Flugzeug war zuletzt am Tag vor dem Unfall mit 43 l Kraftstoff betankt worden. Seine Leermasse betrug laut Wägebericht des Herstellers 545 kg.

### Medizinische und pathologische Angaben

Anhand der Akte des ersten Luftfahrzeugführers wurde eine flugmedizinische Überprüfung durchgeführt. Die Unterlagen enthielten keinerlei Hinweise auf wesentliche Vorerkrankungen.

Nach Angaben des Beauftragten der BFU hatten beide Insassen eine Körpermasse von je 75 kg.

### Überlebensmöglichkeiten

Beide Insassen hatten Rückenfallschirme getragen.

Der linke Insasse wurde im Flugzeugrumpf angeschnallt vorgefunden. Beide Sitze lagen lose neben dem Wrack. Der rechte Sitz war zertrümmert und mit menschlichem Gewebe behaftet.

Der ursprünglich rechts sitzende Pilot lag rund zehn Meter östlich des Rumpfes. Der Container für den Rettungsfallschirm auf seinem Rücken war geöffnet und die Fangleinen sowie die weißorange Kappe ruhten als schlangenförmiges Bündel bzw. Paket auf dem Waldboden. Hier lag auch, mit der Kappe verhakt, ein weiteres Bruchstück der im Kapitel Unfallstelle erwähnten Tanne.

### Weiterführende Untersuchungen

Das *Fraunhofer Institut* für Holzforschung (WKI) in Braunschweig war mit der Analyse von 5 Proben aus dem Hauptholm der rechten Tragfläche beauftragt.

Probe Nr.	Ursprung	Bruchufer	Anzahl Lamelle
1	Untergurt im Fahrwerksbereich	Links (stumpf) und rechts (keilförmig)	3
2	Untergurt rechts vom Fahrwerk	Links und rechts	4
3	Untergurt an der Flügelwurzel rumpfseitig (Holmbrücke)	Rechts (stumpf)	2
4	Obergurt an der Flügelwurzel auf Seite der Tragfläche	Links	5
5	Ober- und Untergurt an der Flügelspitze	Keine	Je 1

Tabelle 3

Der *Bericht U-2038/01* des WKI liegt der BFU vor. Der Aufbau des Holms und die Kennzeichnung der Lamellen wurden dem *Rapport d'essais 2855-LE-92 CAP 10 Nr. 275* des Herstellers entnommen.



Bilder 10 a, b, c

Probe 1



Bild 11 Probe 4

Über die Eigenschaften des Werkstoffes und die Anforderungen für den Flugzeugbau gab folgende Literatur Auskunft:

Quelle Nr.	Literatur
1	<i>Design of Wood Aircraft Structures, ANC-18 Bulletin Department of Defense, Washington, 1951</i>
2	<i>Kollmann, Technologie des Holzes Springer Verlag, Berlin, 1951</i>
3	<i>Norme Francaise NF L 17-996 Paris, März 1995</i>
4	<i>Glos, Henrici, Bericht 90504/5 Bayerische Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt, 1993</i>
5	<i>Koch, Mitteilungen der BFH Kommissionsverlag Max Wiedebusch, Hamburg, 1999</i>

Tabelle 4

## Beurteilung der BFU

### Flugbetrieb

Nach Auswertung der Radaraufzeichnungen und des Videos ist davon auszugehen, dass der Unfall nicht unmittelbar mit einem Überschreiten der Betriebsgrenzen in Zusammenhang steht.

Dem Video-Format *High 8* entspricht eine Bildfrequenz von 25 fps (*frames per second*). Für die Analyse standen mehrere hundert Einzelbilder zur Verfügung. In den Aufnahmen vom Geschehen waren Wolken abgebildet, die durch Veränderung von Kontrast und Helligkeit verdeutlicht werden konnten. Mit diesem Hintergrund war es möglich, die Flugbahn des Luftfahrzeugs zu rekonstruieren (siehe Bild 1). Die Aufnahmen nach dem Flügelbruch zeigten einzelne Trümmer, die anscheinend in der Luft schwebten. Die markantesten dieser hellen oder dunklen Flecken wurden als Fixpunkte verwendet, um die Fortbewegung des Rumpfes zu vermessen (Bild 12). Der Wind war schwach und stand quer zur Flugrichtung.

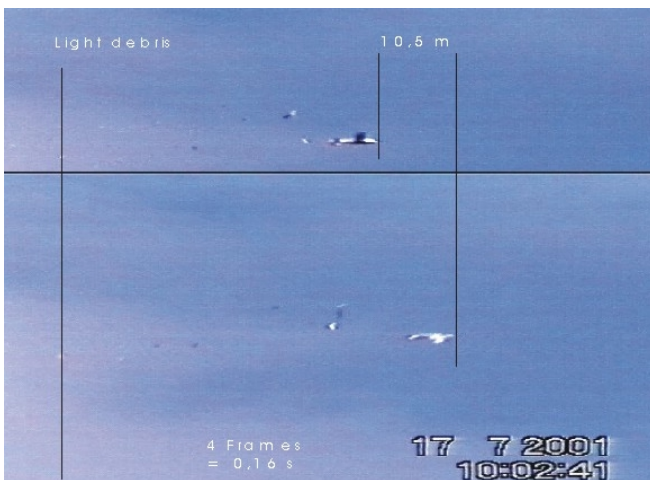


Bild 12

Die Auswertung der Bilder ergab im Abfangbogen eine Fluggeschwindigkeit von 223 bis 236 km/h und eine Änderung des Nickwinkels  $\gamma$  um die Querachse nach oben von  $38,5^\circ$  pro Sekunde. Nach einer einfachen Rechnung liefern diese Werte ein positives Lastvielfaches von  $n = 5,5$ . Zulässig sind eine Manövergeschwindigkeit von 235 km/h und ein positives Lastvielfaches von  $n = 6,0$ .

Die Anzeigen des G-Messers hält die BFU aufgrund der unbekanntenen Einwirkungen nach dem Flügelbruch für nicht verwertbar.

Die langjährige Erfahrung des verantwortlichen Luftfahrzeugführers als Ausbilder für Kunstflug und zugleich als Eigner und Halter einer *CAP 10B* spricht für einen sorgsamem Umgang mit dem Gerät, auch in der Vergangenheit.

### Luftfahrzeug

Nach der Analyse im Werkstofflabor WKI war zu vermuten, dass die Qualität der Herstellung den Annahmen für den Lufttuchtigkeitsnachweis nicht entspricht.

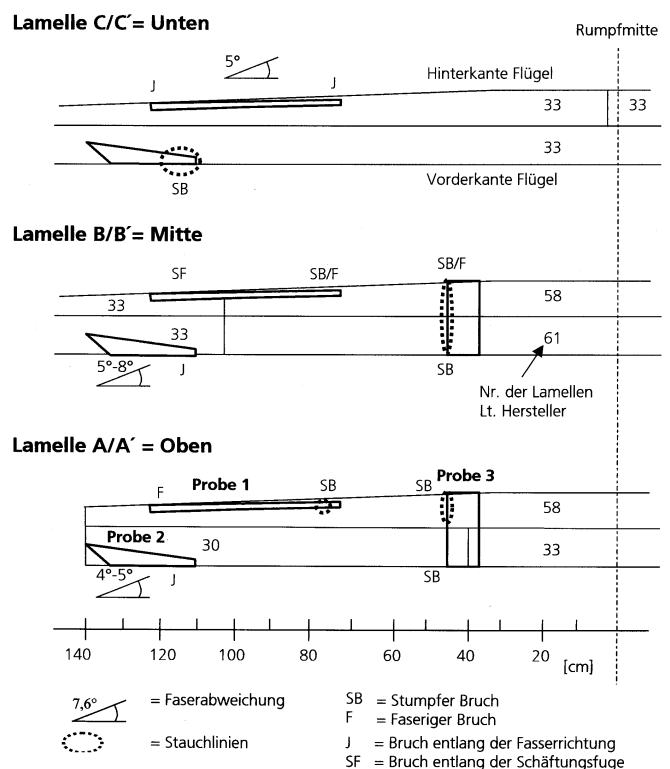
Die Untersuchung des WKI war gegliedert in visuelle und mikroskopische Untersuchungen, Bestimmung der Rohdichte und Prüfung der Verleimung:

Das Holz konnte als Fichte, aber nicht eindeutig als einheimische (*Picea abies*) oder als nordamerikanischer (*Picea sitchensis*) identifiziert werden.

Die Dicke der vollständigen Lamellen betrug jeweils ca. 11 mm. Die Rohdichte der Probe 3 (Lamelle A + B) im lufttrockenen Zustand wurde mit  $0,49 \text{ g/cm}^3$  bestimmt.

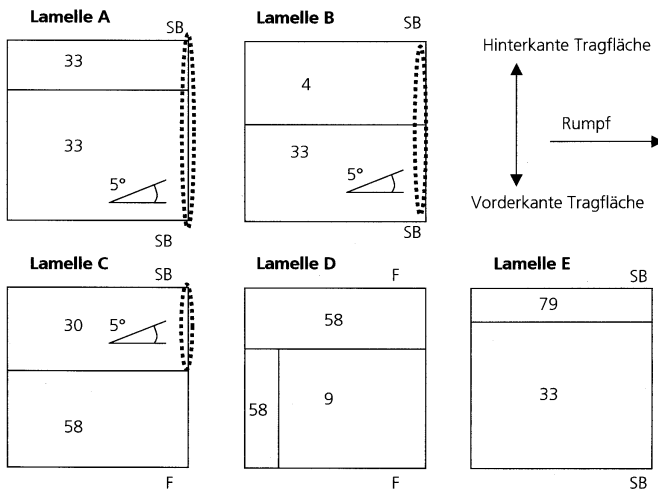
Die Breitenverleimungen der Lamellen waren bei allen Hölzern intakt. Die Leimbruchflächen wiesen überwiegend leichten bis sehr starken Faserbelag auf. Daher wurde auf eine Überprüfung der Leimfestigkeit verzichtet.

Die Festigkeit des Tragwerks war durch mikroskopische Verformungen und Brüche sowie eine starke Faserabweichung im Material vermindert. Über die Schäden in den Lamellen (A bis C) des Untergurtes von Rumpfmittle bis Flügelstation 140 cm fertigte das WKI eine Übersicht:



Bilder 13 a, b, c

Die Schäden in den Lamellen (A bis E) des Obergurtes an der Flügelwurzel (Probe 4) wurden, wie folgt dargestellt:



Bilder 14 a, b, c, d, e

Die Fasern in Holzlamellen des Holmuntergurts verliefen bis zu 8° schräg zur Bauteilkante. Die schrägen Fasern waren an den Bruchufer sichtbar oder ließen sich mit Farbstofflösung hervorheben.



Bilder 15 a, b Probe 2

Die maximal zulässige Faserabweichung für Nadelholz nach der französischen Norm NF L 17-996 beträgt 7,5 % oder 4,3°. Bei Faserschrägen über diesem Grenzwert ist die Minderung der Festigkeit nicht mehr tolerabel, wie die Ergebnisse von *Markwardt* und *Wilson* (aus Lit. 2 in Tab. 4) für *Sitka*-Fichte zeigen:

Faserabweichung	3,8°	5,7°	11,3°
Biegefestigkeit	-8%	-17%	-44%
E-Modul	-7%	-13%	-36%
Bruchschlagarbeit	-22%	-45%	-69%

Tabelle 5

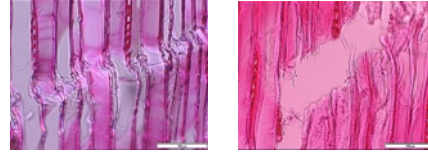
Die Sachverständigen des WKI halten Faserabweichungen von mehr als 4° bei der Herstellung von Brettern und bei deren Verwendung als Lamellen für vermeidbar.

Stauchlinien wurden im Holz des Untersturzes an mehreren Stellen entdeckt. Sie sind das makroskopische Merkmal gestauchter oder geknickter Faserwände in einer Querschnittsfläche. Diese Schadstellen entstehen bei Überbeanspruchung auf Druck. Nach Fachliteratur bilden sich bei ca. 50% der Bruchkraft mikroskopische und bei ca. 75% makroskopische Stauchlinien.

Das Vorhandensein von Stauchlinien war nicht auf die Herkunft des Holzes zurückzuführen. Denn die

Stauchlinien kamen ausschließlich im Bereich der Bruchzonen vor. Andernfalls hätte man diese Merkmale auch am Außenflügel vorfinden müssen, wo die Betriebslast relativ gering ist.

Mikroskopisch waren die Stauchlinien extrem stark ausgeprägt.



Bilder 16 a, b Probe 2

Augenfällig waren die extrem stumpfen Bruchufer vieler Lamellen (Bild 17 b).



Bilder 17 a, b, c Probe 2

Beides führen die Gutachter des WKI zurück auf häufig wiederkehrende Überlastung der betroffenen Lamellen bis hin zum Stauchbruch. Demnach entstanden diese Faserschäden im Laufe des Betriebs und nicht erst beim Unfall.

Die Festigkeitsverluste von Holz durch Stauchlinien wurden von *Koch* (5) und von *Glos* und *Henrici* (4) beschrieben:

Stauchlinien		Literatur (Tab 4)
Druckfestigkeit	- 29%	5
Zugfestigkeit	-20%	4
Biegefestigkeit	-20%	5
E-Modul	-10%	5
Bruchschlagarbeit	-62%	5

Tabelle 6

Bei der Auslegung der Gurte eines Holms geht man üblicherweise von einem über den Querschnitt konstanten E-Modul aus.

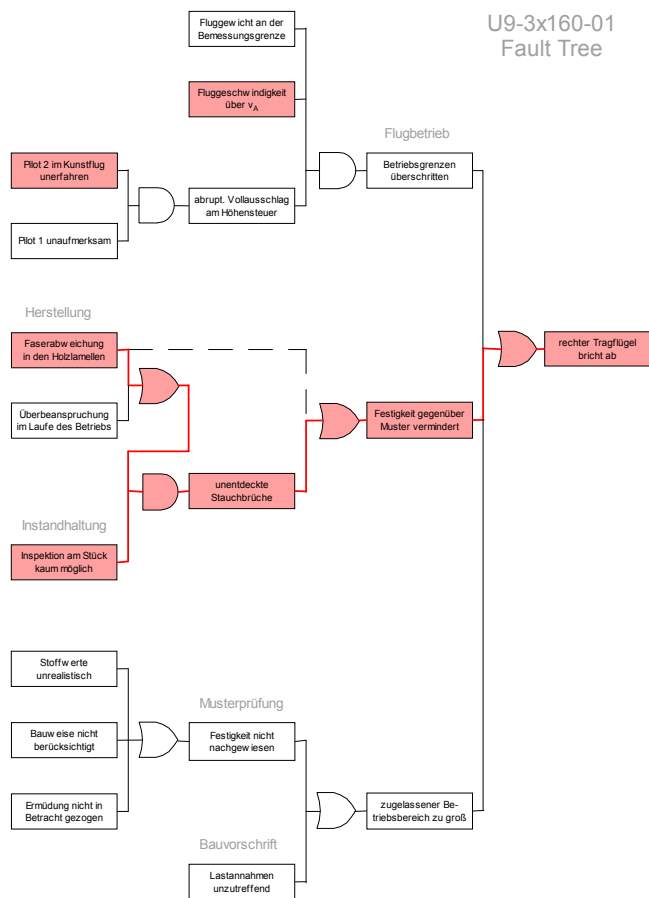
Eine „Lamelle“ mit Schrägfasern erreicht jedoch nicht die Festigkeit einer ideal geschnittenen, aber auch nicht dieselbe Steifigkeit (E-Modul). Auf benachbarte Lamellen mit geringerer Faserabweichung geht daher ein überdurchschnittlicher Teil der Last über. Hier kann es vor allem auf Druck örtlich zu einer Überbeanspru-

chung kommen, sodass an diesen Stellen Stauchlinien oder gar Stauchbrüche entstehen.

Dafür gibt es nach Auffassung der Holzforscher im vorliegenden Fall konkrete Anzeichen: Die vier Lamellen in Probe 2 wiesen entweder a) Faserabweichungen oder b) Stauchlinien und stumpfe Bruchenden auf.

Faktoren

Im Fehlerbaum ist ersichtlich, dass die vorgenannten Mängel für den Unfall hinreichen. Andere Einflüsse sind als notwendige und hinreichende Faktoren auszuschließen oder werden von der BFU für weniger wahrscheinlich erachtet.



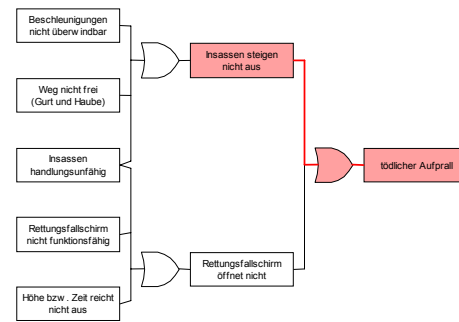
Der Bruch des Tragwerks im Ansatz zu einer Kunstflugfigur ist darauf zurückzuführen, dass die Festigkeit des Holms der betroffenen Tragfläche im Vergleich zum mustergültigen Tragwerk vermindert war:

- a) Faserabweichungen im Holz einzelner zum Untergurt verleimter Lamellen minderten die Festigkeit des Holms von sich aus und auch dadurch, dass sie in benachbarten Lamellen Stauchbrüche begünstigten.
- b) Für die Entstehung der Stauchbrüche genügten möglicherweise schon Beanspruchungen, die im zugelassenen Betriebsbereich erreicht werden. Gleichwohl ist nicht völlig auszuschließen, dass es im Laufe des

Betriebs zu einer Überschreitung der Belastungsgrenzen kam.

- c) Mit den gegebenen Mitteln und Methoden im Rahmen der vorgeschriebenen Inspektionen waren die vorhandenen Schäden im Untergurt nicht erkennbar.

Der tödliche Ausgang des Unfalles lässt sich auf das Versagen des Tragwerkes und damit auf die vorgenannten Faktoren zurückführen.



Der Unfall war für die Insassen tödlich, da sie vor dem Aufprall auf dem Boden aus dem Flugzeug nicht ausstiegen und infolge dessen ihre Rettungsfallschirme nicht nutzen konnten:

- a) Möglicherweise erlitten ein oder beide Insassen beim Bruch der Tragfläche Verletzungen, die ihre Handlungsfähigkeit einschränkten.
- b) Oder es traten beim Spiralsturz nach dem Flügelbruch Beschleunigungen auf, die für einen Ausstieg nicht zu überwinden waren.

Schlussfolgerungen

Befunde

Für das Flugzeug-Muster besteht seit fast dreißig Jahren eine Zulassung im Herstellerstaat und seit zwanzig Jahren auch in Deutschland. Das Muster ist in Kategorie A für Kunstflug zugelassen.

Der Tiefdecker ist in Holzbauweise hergestellt. Das Tragwerk besteht primär aus einem Kastenholm. Schäden im Wurzelbereich der Tragflächen gaben Anlass für spezielle Herstelleranweisungen. Die vorgeschriebenen Inspektionen beschränkten sich auf die vom Rumpf aus zugänglichen Stellen des Hauptholms.

Das betroffene Flugzeug war fünf Jahre alt und weniger als 1 500 Stunden in Betrieb gewesen. Es wurde durch 4 000 Landungen und durch den überwiegenden Einsatz im Kunstflug beansprucht.

Bei der Herstellung des Holmuntergurts der rechten Tragfläche waren Lamellen mit großen Faserabweichungen verwendet worden. Die betreffende Zone reichte vom Rumpf bis jenseits des rechten Fahrwerks. Im Laufe des Betriebs entstanden in demselben Bereich Stauchbrüche. Stauchlinien in den Holzschichten sind im Einbauzustand nicht ohne weiteres erkennbar.

Die vorgeschriebenen Instandhaltungsmaßnahmen wurden von autorisiertem Personal bestätigt. Es gab keine offenen Beanstandungen.

Flugmasse und Schwerpunkt lagen im zulässigen Bereich.

Der Flug war Bestandteil einer Ausbildung zum Erwerb der Berechtigung für Kunstflug. Der Fluglehrer hatte große Erfahrung in der Ausbildung von Piloten im Kunstflug, insbesondere auf dem betroffenen Muster. Der Flugschüler hatte, vor allem in den letzten zwei Jahren, wenig Übung in der Führung von Motorflugzeugen und noch keine Erfahrung im Kunstflug.

Die Besatzung führte eine Reihe von Kunstflugfiguren aus, wie Turn, Überschlag, Rolle, Aufschwung und Abschwung. Der Fluglehrer orientierte sich üblicherweise an den Anforderungen für die praktische Prüfung.

Nach einem längeren Anlauf setzte das Flugzeug zu einer weiteren Kunstflugfigur an. Die Fluggeschwindigkeit lag im Bereich empfohlener Eintrittsgeschwindigkeiten und erreichte nur knapp die Manövergeschwindigkeit. Die positive Beschleunigung im Abfangbogen entsprach einem zulässigen Wert.

Beim Hochziehen der Nase über den Horizont, klappte die rechte Tragfläche nach oben. Primär brach der Untergurt des Tragflächenholms im Bereich des Fahrwerksbeschlags auf Zug. Der Bruch verlief entlang schräger Fasern und durch Zonen von Stauchlinien.

Nach dem Bruch des Tragflächenholms an weiteren Stellen löste sich die rechte Tragfläche als Großteil und in Form zahlreicher kleinerer Trümmer vom Rumpf.

Das Flugzeug begann abrupt zu rollen und stürzte in einer Spiralbewegung auf einer immer steiler werdenden Bahn ab. Die Insassen blieben bis zum Aufprall auf dem Boden in ihren Sitzen.

#### Ursachen

Der Bruch des Tragwerks im Ansatz zu einer Kunstflugfigur ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass einzelne zum Untergurt verleimte Holzschichten große Faserabweichungen aufwiesen.

## Sicherheitsempfehlungen

Die BFU richtete am 19.10.2001 folgende Empfehlung Nr. 11/2001 an das LBA (Luffahrt-Bundesamt):

Der Betrieb von Flugzeugen des Modells CAP 10B sollte bis auf weiteres eingeschränkt werden, um die Beanspruchung des Tragwerkes im Fluge, beim Start und bei der Landung zu reduzieren. Geeignete Beschränkungen wären:

- a) Lufttüchtigkeitsgruppe Normalflugzeug, kein Kunstflug
- b) Starts und Landungen nur auf Asphalt oder sehr planen Pisten.

Im Dezember 2001 fanden Vertreter des Herstellers Cap Aviation, des französischen Büros für Flugunfalluntersuchung BEA, der französischen Zulassungsbehörde DGAC, des LBA, der BFU und des Fraunhofer Instituts WKI zu einer Besprechung zusammen. Danach präsentierte die DGAC den Entwurf einer Airworthiness Directive für das Muster CAP 10B, die eine vorsorgliche Einschränkung des zulässigen Betriebsbereichs vorsah.

Im Februar 2002 lag der Bericht f-it990514 des BEA über den tödlichen Unfall mit einer CAP 10B am 14. Mai 1999 bei Chevru in Frankreich vor. Auch hier war es im Fluge zu einem Bruch des Tragwerks gekommen. Die französischen Untersucher begründeten diesen Unfall primär mit einer Überschreitung des zulässigen Abfanglastvielfachen. Als beitragende Faktoren führen sie ähnliche Umstände an, die die BFU im vorliegenden Fall als Ursache ansieht.

Laut Untersuchungsbericht f-it990514 empfahl das BEA der DGAC, die Verfahren und Zeitabstände zur Inspektion des Tragflächenholms der CAP 10B in Frage zu stellen und gegebenenfalls die betreffende Lufttüchtigkeitsanweisung zu ändern.

Am 21.02.2002 gab das LBA die LTA 2002-028 heraus, die das zulässige positive Lastvielfache auf 5 g beschränkte. Am 22.08.2002 folgte die LTA 2002-028/2, die ein neues Wartungsprogramm und eine Modifizierung der Flügelrippe 1 vorsah. Unter diesen Bedingungen wurde vorgenannte Beschränkung des Betriebsbereiches wieder aufgehoben.

Untersuchungsführer	Gernot Leibe
Untersuchung vor Ort	Udo Klaas