



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Schweizerische Unfalluntersuchungsstelle SUST
Service d'enquête suisse sur les accidents SESA
Servizio d'inchiesta svizzero sugli infortuni SISI
Swiss Accident Investigation Board SAIB

Bereich Aviatik

Schlussbericht Nr. 2169 der Schweizerischen Unfalluntersuchungsstelle SUST

über den Unfall des Flugzeuges
Aero AT-3 R100, HB-SRA

vom 12. August 2011

Worboden, Worb/BE

Cause

L'accident est dû à un atterrissage d'urgence suivi d'une collision avec des obstacles en raison de l'arrêt du moteur provoqué par un manque de carburant.

Facteurs ayant contribué à l'accident :

- une conception inadéquate du système de mesure pour l'indication de la réserve de carburant,
- des données erronées du constructeur concernant la contenance du réservoir,
- la quantité calculée de carburant trop faible pour ce profil de vol.

Allgemeine Hinweise zu diesem Bericht

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

Gemäss Art. 3.1 der 10. Ausgabe des Anhanges 13, gültig ab 18. November 2010, 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) entsprach. Die Beziehung zwischen LT, MESZ und koordinierter Weltzeit (*co-ordinated universal time* – UTC) lautet:

LT = MESZ = UTC + 2 h.

Schlussbericht

Luffahrzeugmuster Aero AT-3 R100 HB-SRA

Halter Alp-Air Bern AG, Flughafen Bern-Belp, 3123 Belp

Eigentümer Alp-Aircraft GmbH, Flughafen Bern-Belp, 3123 Belp

Pilot (Fluglehrer) Schweizer Bürger, Jahrgang 1956

Ausweis Ausweis für Berufspiloten, Flugzeug (*commercial pilot license aeroplane* – CPL(A)), erstmals ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) am 24. März 1982

Wesentliche Berechtigungen Klassenberechtigung für einmotorige Flugzeuge mit Kolbenmotor SEP, gültig bis 16. August 2012

Fluglehrer Flugzeug FI (A), gültig bis 16. Juli 2013

Medizinisches Tauglichkeitszeugnis Klasse 1, VNL *shall have available corrective lenses*, muss Korrekturgläser mitführen, gültig vom 4. August 2011 bis 12. August 2012

Flugstunden	insgesamt	13 750:38 h	während der letzten 90 Tage	169:59 h
	auf dem Unfallmuster	390:25 h	während der letzten 90 Tage	87:13 h

Pilot (Flugschüler) Schweizer Bürger, Jahrgang 1975

Ausweis ---

Wesentliche Berechtigungen ---

Medizinisches Tauglichkeitszeugnis Klasse 2, gültig vom 6. Juli 2011 bis 6. Juli 2016

Flugstunden	insgesamt	6:24 h	während der letzten 90 Tage	6:24 h
	auf dem Unfallmuster	6:24 h	während der letzten 90 Tage	6:24 h

Ort Worboden, Gemeinde Worb/BE

Koordinaten 608 862 / 198 204 **Höhe** 566 m/M

Datum und Zeit 12. August 2011, ca. 17:40 Uhr

Betriebsart VFR, Schulung

Flugphase Reiseflug

Unfallart Notlandung infolge Treibstoffmangels mit anschliessender Kollision mit Hindernissen

Personenschaden

Verletzungen	Besatzungs- mitglieder	Passagiere	Gesamtzahl der Insassen	Drittpersonen
Tödlich	0	0	0	0
Erheblich	0	0	0	0
Leicht	0	0	0	0
Keine	2	0	2	Nicht zutreffend
Gesamthaft	2	0	2	0

Schaden am Luftfahrzeug Stark beschädigt

Drittschaden Geringer Landschaden

1 Sachverhalt

1.1 Vorgeschichte und Flugverlauf

Die Aero AT-3 R100, eingetragen als HB-SRA, war eine der drei AT-3 welche die auf dem Flughafen Bern-Belp (LSZB) ansässige Flugschule seit 2009 als Ersatz für die AS-202 Bravo in Betrieb genommen hatte. Der Tankinhalt dieses Typs beträgt laut Angaben des Herstellers 73.5 Liter, wovon 70 Liter ausfliegbar sind.

Am 12. August 2011 wurde die HB-SRA durch den Fluglehrer mit 34 Liter Benzin vollgetankt. Aufgrund des Füllstandes wurde im *technical / journey log* der HB-SRA in der Kolonne *fuel on board* (Liter) die Zahl 70 eingetragen. Anschliessend begab sich ein Flugschüler alleine auf seinen „270 km Navigationsflug“. Nach einer Gesamtflugzeit von 2:29 h, mit zwei Zwischenlandungen auf den Flugplätzen Ecuwillens (LSGE) und Wangen-Lachen (LSPV), kehrte die HB-SRA kurz vor 14:00 Uhr auf den Flughafen Bern-Belp zurück. Anschliessend übernahm der Fluglehrer die HB-SRA, um mit einem anderen Flugschüler eine Fluglektion zu absolvieren.

Zusammen mit diesem Flugschüler ermittelte er mit dem im Tank integrierten Messstab eine verbleibende Treibstoffmenge von 30 Liter, welche im *technical / journey log* so eingetragen wurde. Während dieser Lektion flog der Flugschüler mit dem Fluglehrer vier Platzrunden, was eine Flugzeit von 26 Minuten ergab.

Gegen 16:00 Uhr traf sich der Fluglehrer mit einem weiteren Flugschüler, um den geplanten Ausbildungsflug zu besprechen. Es handelte sich dabei für den Flugschüler um seinen siebten Flug seiner Flugausbildung. Es war ein ca. 40 minütiger Flug geplant, welcher in den Raum Kirchberg führen sollte, um über der Autobahn A1 simulierte Platzrunden zu fliegen. Die beiden begaben sich zum Flugzeug und bereiteten dieses gemeinsam vor. Das Flugzeug stand mit der Nase zur Piste und der Fluglehrer drückte das Flugzeug am Heck nach unten, um es um 180 Grad zu drehen.

Es war die Aufgabe des Flugschülers, die verbleibende Treibstoffmenge zu ermitteln. Diesen Vorgang beschrieb er folgendermassen: „(...) Herr [Name des Fluglehrers] stand daneben und beobachtete mich dabei. Ich öffnete diesen [den Tank], um den Füllstand mit dem Messstab zu kontrollieren. Dabei sah ich zum ersten Mal sehr deutlich bei welcher Marke der Benzinstand war. Dieser lag unter der Mitte zwischen den Markierungen 20 und 30. Ich schätzte den Stand somit zwischen 22 und 25 Liter. Ich wiederholte dies bei einem identischen Resultat.“

Anschliessend wurde der Tank wieder sachgemäss verschlossen. Eine Abschätzung des Fluglehrers kam zum Resultat, dass die ermittelte Treibstoffmenge für den ca. 40 minütigen Ausbildungsflug ausreichen müsste. Nachdem die Vorflugkontrolle beendet war, stiegen die beiden ins Cockpit. Nachdem der Motor angelassen war, rollte der Flugschüler zum Rollhalteort der Piste 32. Nachdem alle Kontrollen beendet waren, wurde die HB-SRA zum Eindrehen und Starten auf der Piste 32 frei gegeben. Um 17:02 Uhr hob die HB-SRA ab. Nachdem die Maschine frei von Hindernissen war steuerte der Flugschüler die AT-3, um eine Geschwindigkeit von 65 KIAS zu halten. Im linken Gegenanflug der Piste 32 erhielt die Besatzung der HB-SRA die Freigabe in einer Linkskurve in Richtung des Meldepunktes ECHO zu fliegen.

Die Besatzung flog über das Lindental in den Raum Kirchberg, um mit den supponierten Platzrunden über der Autobahn A1 zu beginnen. Nach drei simulierten Anflügen folgte der Rückflug in Richtung Meldepunkt ECHO. Dabei wurde der *check for approach*, wie schon bei den Anflügen zuvor, abgearbeitet. Der Flugschüler erinnerte sich dazu wie folgt: „Die Tankanzeige lag immer bei $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ voll“. Kurz darauf meldete sich die Besatzung wieder bei der Flugverkehrsleitung

von Bern-Belp an. Kurz vor dem Einflug in die Kontrollzone begann der Motor zu stottern. Zudem reduzierte sich die Leistung kontinuierlich. Der Fluglehrer übernahm sofort die Kontrolle des Flugzeuges. Er versuchte erfolglos mit verschiedenen Gasstellungen etwas zu bewirken. Kurz darauf blieb der Motor ganz stehen. Um 17:39:30 Uhr meldete der Fluglehrer: *“Ah we are not able to reach the field we make a NOLA [Notlandung – emergency landing] outside the region of Worb“*. Da die Flughöhe über Grund zu gering war, um nach der Ursache des Problems zu suchen, konzentrierte sich der Fluglehrer nun auf die bevorstehende Notlandung.

Ein erstes Feld, welches zuerst ideal schien, konnte aufgrund einer Hochspannungsleitung nicht angefliegen werden. Ein weiteres Feld in Worboden wurde als Notlandeplatz ausgesucht. Nachdem die Klappen gesetzt und der Treibstoffhahn geschlossen waren, drehte die HB-SRA in den Endanflug ein. Bedingt durch die topographischen Verhältnisse konnte dieses Feld nur noch leicht diagonal angefliegen werden. Nachdem die Maschine aufsetzte, rollte sie in Richtung eines Sonnenblumenfeldes. Nachdem der rechte Flügel die Sonnenblumen touchierte, drehte sich die HB-SRA nach rechts um die Hochachse und kam rückwärts rollend nach ca. 25 Metern zu stehen. Beide Insassen blieben unverletzt und konnten das Flugzeug aus eigener Kraft verlassen. Feuer brach keines aus. Das Flugzeug wurde stark beschädigt.

1.2 Meteorologische Angaben

1.2.1 Allgemeine Wetterlage

Ein flacher Hochdruckausläufer erstreckte sich von der Biskaya zum westlichen Mittelmeer. In der Höhe dominierte Westwind, ausgelöst durch ein Tief westlich der Britischen Inseln und durch das Azorenhoch.

1.2.2 Wetter im Berner Mittelland

Von Frankreich her zogen am späteren Nachmittag mittelhohe Wolkenfelder zu den Alpen. Die Wolkenbasis lag auf knapp 9700 ft AMSL, entsprechend 2950 m/M. Die Radaraufzeichnungen von MeteoSchweiz zeigten südlich und westlich von Bern einige schwache Echos. Diese stammten von Fallstreifen aus der Altocumulus-Bewölkung. Im westlichen Mittelland betrug die Sicht 30 bis 60 km. Unterhalb von 1500 m/M war das Windfeld vergleichsweise homogen. Der Wind wehte aus Südwesten. Die mittlere Geschwindigkeit lag zwischen 10 und 15 Knoten.

1.2.3 Wetter zum Zeitpunkt des Unfalls

Die folgenden Angaben wurden der METAR-Meldung vom Flughafen Bern-Belp von 15:50 UTC entnommen.

Wolken	bedeckt, mit Basis auf 8000 Fuss über Grund
Sicht	10 km und mehr
Wind	280 Grad, 7 kt
Temperatur/Taupunkt	22 °C / 09 °C
Luftdruck QNH	1015 hPa

In Bern-Zollikofen betrug die meteorologische Sicht zu den Ausgabeterminen 12 und 18 UTC 60 km. Eine vergleichbare Sicht wurde durch Webcamaufnahmen zum Zeitpunkt des Vorfalls bestätigt. Die Fallstreifen führten zur Variation der beobachteten Sichtweiten.

Das Landefeld lag im Lee des Geländesattels zwischen dem Dentenberg und der Erhöhung Wisle. Der Vergleich mit umliegenden Beobachtungsstationen legt nahe, dass der Wind in Bodennähe über den Ausläufer des Dentenbergs aus Sektor West wehte und die Windgeschwindigkeit 5 bis 10 Knoten betrug.

1.2.4 Astronomische Angaben

Sonnenstand Azimut: 259°, Höhe: 30°
 Beleuchtungsverhältnisse Tag

1.3 Angaben zum Luftfahrzeug

1.3.1 Allgemeine Angaben

Charakteristik	Zweisitziges Reise- und Schulflugzeug mit Kolbenmotorantrieb, ausgeführt als Tiefdecker in Metallbauweise mit Landeklappen und einem Festfahrwerk in Bugradanordnung.	
Hersteller	AERO Sp. Z o.o. Mielec, Polen	
Baujahr	2009	
Werknummer	051	
Zertifikationsbasis	EASA CS-VLA ¹ vom 14. November 2003	
Motor	Hersteller: Bombardier Recreational Products (BRP) Powertrain GmbH & Co. KG, Günskirchen (A). Baumuster Rotax 912 S2, Werknummer 4.923.768, hergestellt im Jahre 2009.	
Betriebsstunden	Zelle: 738:12 h seit Herstellung Motor: 738:12 h seit Herstellung	
Anzahl Landungen	2365	
Höchstzulässige Massen	Höchstzulässige Abflugmasse	582 kg
	Höchstzulässige Landemasse	582 kg
Masse und Schwerpunkt	Die Masse des Flugzeuges zum Abflugzeitpunkt betrug ca. 555 kg. Die Masse des Flugzeuges zum Unfallzeitpunkt betrug ca. 545 kg. Sowohl Masse als auch Schwerpunkt befanden sich innerhalb der gemäss Luftfahrzeughandbuch (<i>aircraft flight manual</i> – AFM) zulässigen Grenzen.	
Unterhalt	Die letzte geplante Unterhaltsarbeit, eine 50h und 100h Kontrolle, wurde am 26. Juli 2011 bei 690:08 Stunden bescheinigt.	
Technische Einschränkungen	Keine eingetragen	
Eintragungszeugnis	Ausgestellt durch das BAZL am 15. Juli 2009 / Nr. 1	

¹ VLA – *very light aeroplane* – Einmotoriges Flugzeug mit maximal zwei Sitzplätzen, einer maximalen Abflugmasse von 750 kg und einer Abreissgeschwindigkeit in Landekonfiguration, welche nicht über 83 km/h liegt.

Lufttüchtigkeitszeugnis	Ausgestellt durch das BAZL am 21. Juli 2009, gültig bis auf Widerruf
Lufttüchtigkeits-Folgezeugnis	Datum der Ausstellung: 4. Juli 2011 Datum des Ablaufs der Gültigkeit: 15. Juli 2012
Zulassungsbereich	Privat
Kategorie	VFR bei Tag

1.3.2 Luftfahrzeug-Flughandbuch

Das Luftfahrzeug-Flughandbuch (*aircraft flight manual* – AFM) wird vom Hersteller in polnischer und englischer Sprache publiziert und revidiert. Im Flugzeug wurde ein AFM in englischer Sprache gefunden, welches den Revisionsstand No. 8 vom 2. Oktober 2009 aufwies. Der aktuelle Revisionsstand zum Unfallzeitpunkt war in der englischen Version des AFM die No. 12 vom 20. Juni 2011.

Erwähnenswert ist die Revision No. 11 vom 7. März 2011. Nebst anderem wurden im Kapitel „Limitationen“ die Tankkapazitäten wie folgt angepasst:

„2.12 Fuel

Fuel tank: capacity:

Airplane to AT3-054 [bis und mit Werknummer 054]

- <i>Total capacity</i>	<i>73.5 litres / 19.42 US gal</i>
- <i>Consumable fuel</i>	<i>70.0 litres / 18.5 US gal</i>
- <i>Unusable fuel</i>	<i>3.5 litres / 0.92 US gal</i>

Airplane from AT3-055 [ab Werknummer 055]

- <i>Total capacity</i>	<i>68.5 litres / 18.09 US gal</i>
- <i>Consumable fuel</i>	<i>65.0 litres / 17.7 US gal</i>
- <i>Unusable fuel</i>	<i>3.5 litres / 0.92 US gal</i>

1.3.3 Treibstoffsystem

Die HB-SRA hatte laut Angaben des Herstellers einen Rumpftank, zwischen Brandschott und Cockpit, mit einem Inhalt von 73.5 Liter, wovon 70 Liter ausfliegbar sind.

Eine analoge Treibstoffanzeige im Cockpit zeigt dem Piloten den aktuellen Tankinhalt an. Eine rote Warnlampe *FUEL RESERVE – 10 L* soll im Cockpit aufleuchten, wenn der Treibstoffvorrat im Tank unter zehn Liter zu liegen kommt. Gemäss Angaben des Fluglehrers und des Halters soll diese Anzeige unabhängig vom Treibstoffmesssystem gewesen sein. Aus der Systembeschreibung des Herstellers geht nicht klar hervor, ob dies der Fall ist.

Die AT-3 konnte mit den folgenden Treibstoffsorten mit einer minimalen Oktanzahl von 95 ROZ verwendet werden:

- EN228² Premium
- EN228 Premium plus
- AVGAS 100LL

² Europäische Normbezeichnung

Im September 2009 wurde bei der HB-SRA der kapazitive Sensor vom Hersteller durch einen Sensor eines anderen Funktionsprinzips ausgetauscht. Dieser Sensor, mit der Bezeichnung *Variant IV* hat einen Schwimmer, welcher über ein Potentiometer den Tankinhalt misst. Bei diesem Sensortyp wird das Signal für die rote Warnlampe mittels der entsprechenden Schwimmerposition durch die Stellung des Potentiometers generiert.

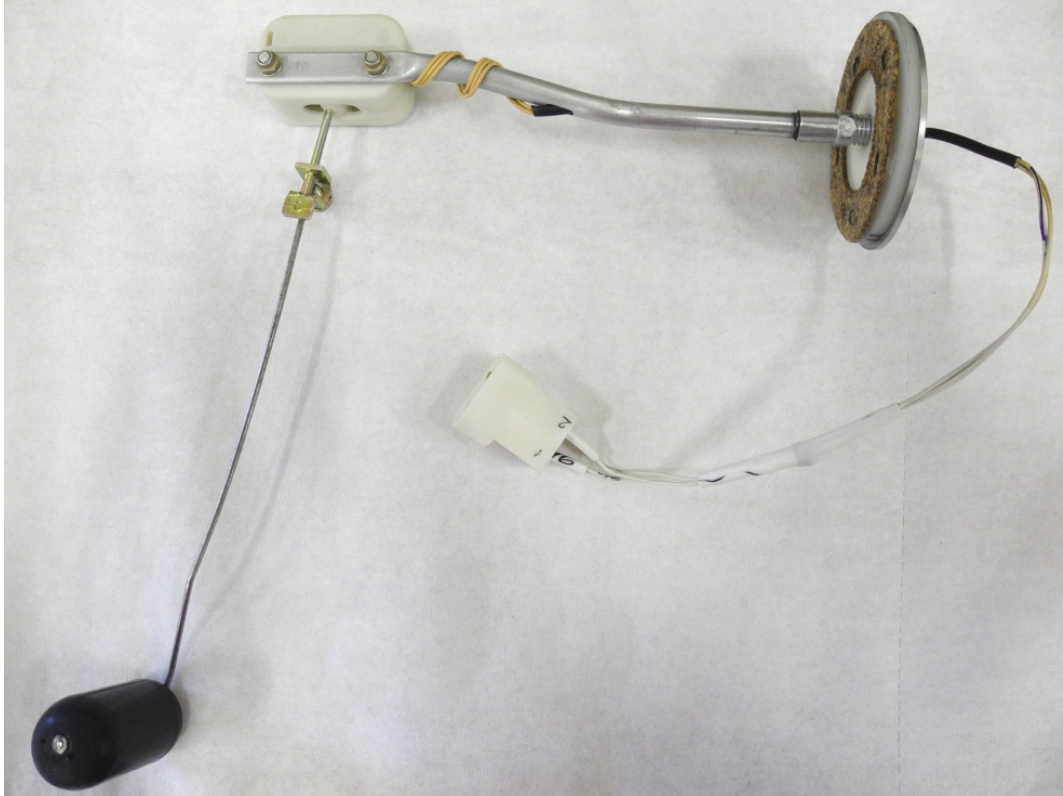


Abbildung 3: Sensor „Variant IV“, P/N AT3.61.460.0 für Flugzeuge bis S/N AT3-053

Der Sensor besteht aus einem Deckel welcher auf den Tank aufgeschraubt wird. In der Mitte dieses Deckels befindet sich ein Gewinde mit einer Hülse. In diese Hülse ist ein Aluminiumrohr eingefügt. Am unteren Ende des Aluminiumrohrs ist ein Kunststoffgehäuse angeschraubt, in welchem sich das Potentiometer befindet. An der Drehachse des Potentiometers ist ein 21 cm langer Schwimmer montiert.

Des Weiteren wurde auf einen dritten Sensortyp hingewiesen, welcher im Rahmen einer Ersatzteilbeschaffung durch den Halter vorrätig beim Unterhaltsbetrieb lagerte. Dieser Sensor misst den Tankfüllstand ebenfalls mit Hilfe eines Schwimmers. Das Signal für die rote Warnlampe wird separat generiert.

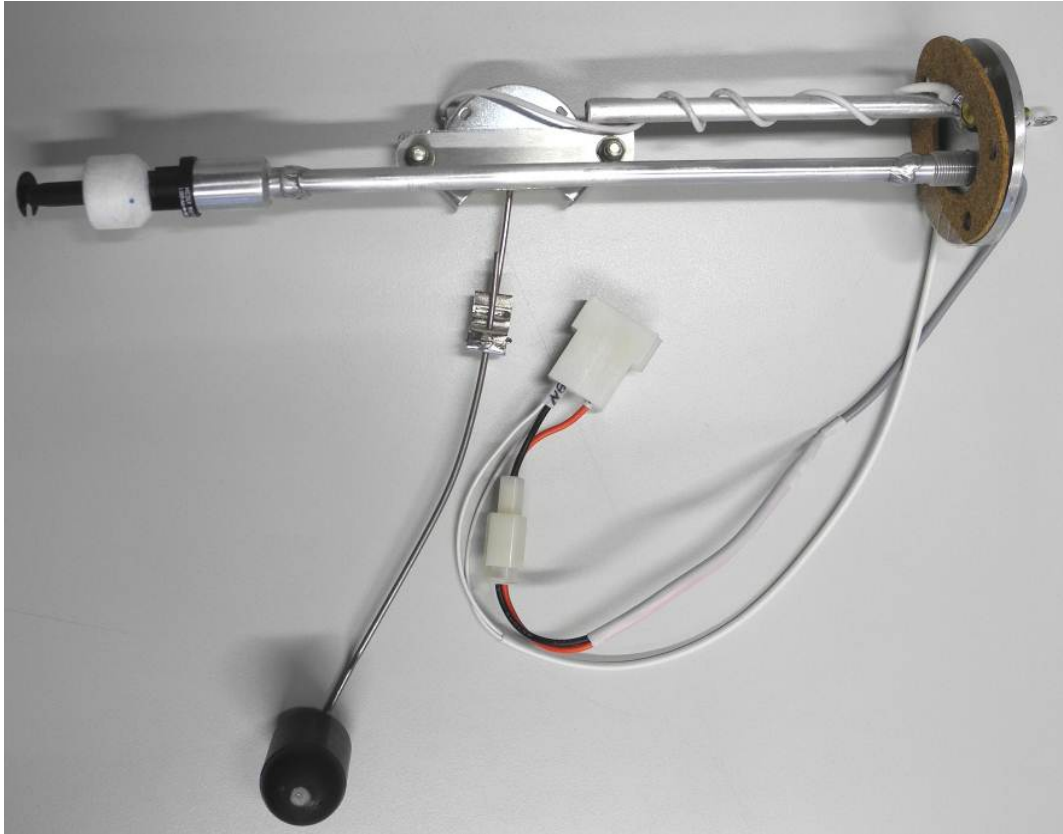


Abbildung 4: Sensor „Variant IV“, P/N AT3.61.500.0 für Flugzeuge ab S/N AT3-054

Schlussendlich konnte der Treibstoffinhalt noch mit einem im Tankdeckel integrierten Messstab ermittelt werden. Auf diesem Messstab befanden sich verschiedene Bohrungen, welche eine Skala mit 10er Schritten darstellt. Die Skala reichte von 10 Liter bis 70 Liter. Im AFM konnte keine Definition der Skala gefunden werden. Die Tankdeckelverriegelung war mit dem Messstab verbunden.

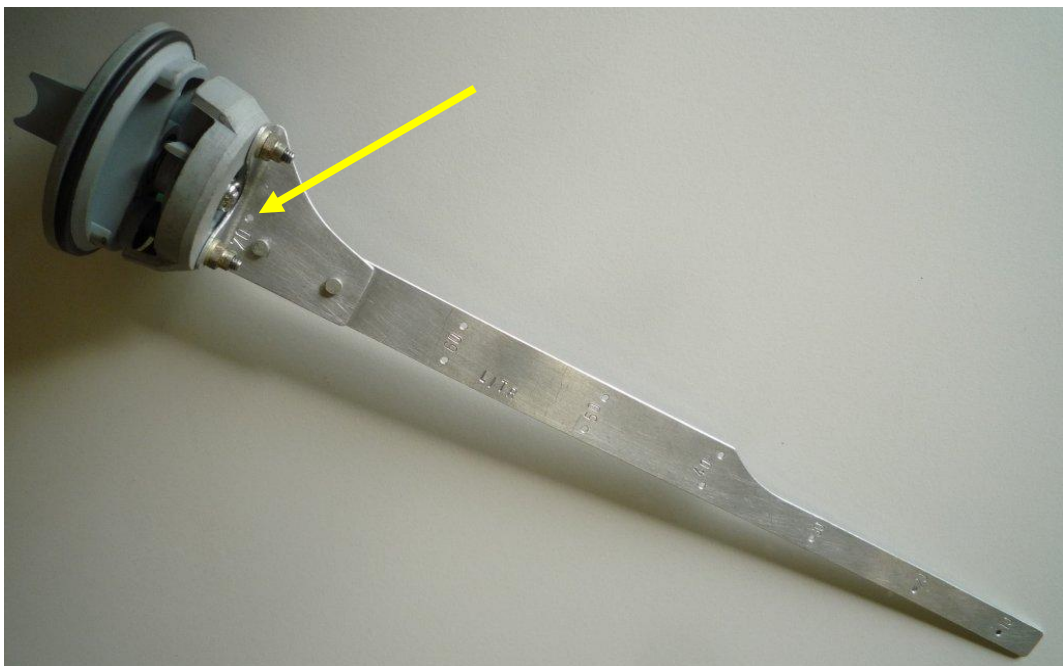


Abbildung 5: Messstab mit Skalierung bis 70 Liter (gelber Pfeil)

Die Piloten der AT-3 wurden vom Halter auf das sachgemässe Einführen des Messstabes zum Schliessen des Tankdeckels aufmerksam gemacht. Danach soll darauf geachtet werden, dass der Messstab in Flugrichtung gesehen schräg in die rechte Tankhälfte eingeführt wird. Kurz bevor der Tankdeckel in die Verriegelungsposition kommt, kann der Messstab wieder in die Senkrechte gebracht werden. Danach kann der Tankdeckel verriegelt werden. Somit wird auch der Messstab im Tank um etwa 90° gedreht. Dadurch kommt der Messstab in Flugrichtung gesehen rechts von einem Verbindungsrohr im Tank zu liegen, in welchem das Gasgestänge des rechts im Cockpit sitzenden Piloten durchgeführt wird. Der Kraftaufwand beim Verriegeln ist gering.

Im Ersatzteillager des Unterhaltsbetriebes fand sich ein weiterer Messstabtyp mit einer Skalierung bis 65 Liter. Es kann angenommen werden, dass dieser Messstab für die Benützung der Treibstofftanks mit 68.5 Liter Inhalt vorgesehen war.



Abbildung 6: Messstab mit Skalierung bis 65 Liter

1.3.4 Treibstoffverbrauch und -vorrat

Der Treibstoffverbrauch lag laut Angaben des Halters bei folgenden Werten:

- Reiseflug 75 % Leistung, gemäss Rotax-Manual: 18.5 l/h
- Reiseflug 75 % Leistung, gem. Erfahrungen: 20.0 l/h
- Reiner Platzrundenbetrieb: 16.0 l/h
- Durchschnitt aller drei AT-3: 17.8 l/h

Vor dem Unfallflug ermittelte die Besatzung einen Treibstoffvorrat von 22-25 Liter, was unter Berücksichtigung des Durchschnittsverbrauchs für eine Flugzeit von ungefähr 1:20 h gereicht hätte.

1.4 Angaben über das Wrack, den Aufprall und die Unfallstelle

1.4.1 Wrack

Die Bauch- und Schultergurten wurden getragen und hielten der Beanspruchung stand.

Im Tank konnte noch eine Treibstoffmenge von 2 dl abgelassen werden. Es fanden sich keine Hinweise auf einen möglichen Treibstoffverlust.

Am Messsensor des Treibstofftanks wurde festgestellt, dass das Aluminiumrohr, an welchem der Schwimmer befestigt ist, ohne grossen Kraftaufwand um bis zu 40° aus seiner Ursprungsposition im Uhrzeigersinn verdreht werden konnte.

Des Weiteren wurde festgestellt, dass durch diese Verdrehung der Schwimmer auf dem Verbindungsrohr, in welchem das Gasgestänge des rechts im Cockpit sitzenden Piloten durchgeführt wird, im Tank auflag. Der Schwimmer war nach oben frei beweglich und konnte Treibstoffstände von Voll bis ein Drittel anzeigen.

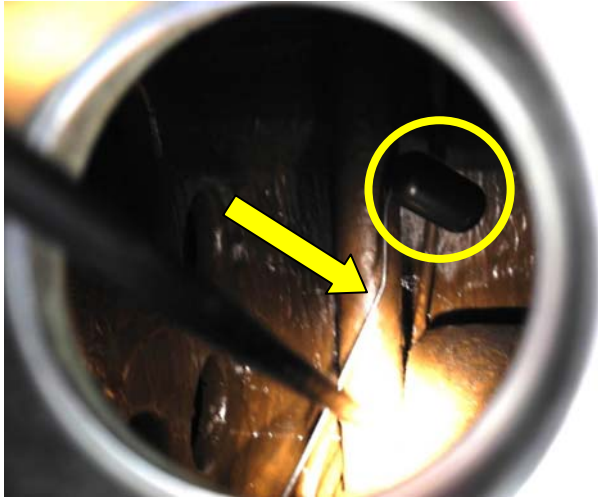


Abbildung 7: Schwimmer (gelber Kreis) auf Verbindungsrohr (gelber Pfeil)

1.4.2 Aufprall

Das Flugzeug setzte zuerst normal auf dem Notlandeplatz auf. Bedingt durch den diagonal erfolgten Anflug kollidierte der rechte Flügel in der Ausrollphase mit dem Sonnenblumenfeld. In der Folge wurde die HB-SRA im Uhrzeigersinn knapp 180° um die Hochachse gedreht und kam rückwärts rollend nach ca. 25 m zum Stillstand.

1.4.3 Unfallstelle

Bei der Unfallstelle handelte es sich um ein abgeerntetes Getreidefeld welches als Notlandeplatz gewählt wurde. Dieses Feld grenzte unmittelbar an ein Sonnenblumenfeld an.



Abbildung 8: Unfallstelle – weisser Pfeil = Flugrichtung

1.5 Versuche und Forschungsergebnisse

1.5.1 Treibstoffmesssystem und Treibstoffvorrat

Das Treibstoffmesssystem und insbesondere der Tank wurden untersucht, dabei konnte unter anderem folgendes festgestellt werden:

- Der effektive Tankinhalt betrug 66 Liter.
- Der Messstab ist im Bereich der Markierungen 10 bis 30 sehr ungenau und kann bis zu sieben Liter zu viel anzeigen.
- Durch die Bewegung des Messstabes in der Flüssigkeit, hervorgerufen durch Einführen, Schliessen und Öffnen des Tankdeckels zwecks Ermitteln des Treibstoffvorrats, kann eine Messung bis zu 10 Liter zu viel anzeigen.
- Es brauchte mindestens drei hintereinander folgende Messungen, um jeweils innerhalb einer Toleranz von 5 mm zu liegen.
- Wenn mit dem Messstab ein Wert von 22 Liter ermittelt wurde, befanden sich im Tank effektiv 18 Liter Treibstoff.
- Wenn mit dem Messstab ein Wert von 25 Liter ermittelt wurde, befanden sich im Tank effektiv 22 Liter Treibstoff.

Das Verdrehen des Schwimmers durch den Messstab konnte reproduziert werden. Dazu brauchte es folgende Voraussetzungen:

- Der Tank musste mehr als Halbvoll sein.
- Der Messstab wurde nicht ordnungsgemäss eingeführt.

Bei Einführen des Messstabes in die linke Tankhälfte konnte dieser auf die linke Seite des Schwimmergestänges geraten. Beim Verschliessen des Tankdeckels, wurde das Aluminiumrohr des Schwimmers im Uhrzeigersinn in der Hülse soweit verdreht, dass der Schwimmer über das Verbindungsrohr geriet und bei abnehmendem Füllstand auf diesem auflag.

Dieser falsche Zustand kann bestehen bleiben, auch wenn ein nachfolgendes richtiges Einsetzen des Messstabes erfolgt.

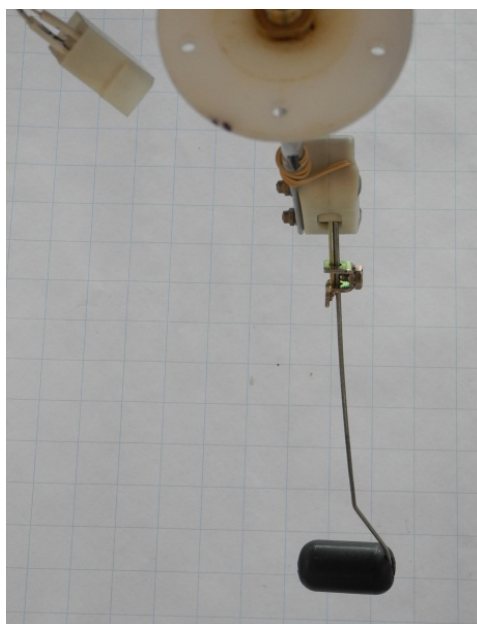


Abbildung 9: Schwimmer in Normalstellung



Abbildung 10: Schwimmer in verdrehter Stellung

Am Unfalltag wurde die HB-SRA lediglich am Morgen vollgetankt. Unter Berücksichtigung der in Kapitel 1.3.4 angegebenen Verbrauchswerte kann davon ausgegangen werden, dass sich folgende Treibstoffmengen an Bord befunden haben mussten:

- Vor Navigationsflug: 66 Liter, Dauer 2:29 h, Verbrauch ca. 49 Liter
- Vor Schulungsflug: 17 Liter, Dauer 0:26 h, Verbrauch ca. 7 Liter

Somit befanden sich vor Antritt des Unfallfluges noch gut 10 Liter im Tank. Der Unfallflug dauerte 37 Minuten, wobei der Motor nach ca. 35 Minuten stillstand. Dies ergibt einen aktuellen Verbrauch von 17.1 l/h, was plausibel erscheint.

1.5.2 Motor

Es wurde ein Standlauf durchgeführt. Der Motor sprang nach zwei Anlassversuchen problemlos an. Im anschliessenden Standlauf konnte festgestellt werden, dass alle Parameter der Norm entsprachen.

Anschliessend wurde der Motor mit einem Liter Tankinhalt gestartet und mit ca. 4000 RPM laufen gelassen bis der Motor infolge von Treibstoffmangel abstellte. Dabei konnte folgendes festgestellt werden:

- Ca. 50 Sekunden vor dem Stillstand fiel die Benzindruckanzeige unter das Minimum von 2 bar und die Drehzahl verringerte sich um bis zu 200 RPM.
- Wenige Sekunden vor dem Stillstand lief der Motor unruhig (± 400 RPM) bevor er komplett abstellte.

Danach wurde der verbleibende Treibstoff im Tank gemessen. Es befanden sich analog zum Unfallflug noch etwa 2 dl im Tank.

1.6 Angaben zum Flugbetriebsunternehmen

Die Alp-Air AG war ein auf dem Flughafen Bern-Belp ansässiges Unternehmen, welches eine Flotte von 10 Flugzeugen betrieb. Nebst verschiedenen Dienstleistungen betrieb die Alp-Air eine Flugschule welche ihre Ausbildungsaktivitäten im Rahmen der Dachorganisation SwissPSA³ ausübte, deren Mitglied sie war.

Nebst anderem war im *operating manual* (OM) der SwissPSA auch geregelt, wie viel Treibstoff vor Antritt resp. nach Beendigung eines Fluges an Bord des Flugzeuges sein musste:

„OM.2.03 Betriebsstoffe (*2.5.5)

Oel und Kraftstoff sind vor jedem Flug zu kontrollieren. Ein Flug darf nur angetreten werden, wenn die für den geplanten Flug errechnete Kraftstoffmenge plus eine Reserve von 45 Minuten vorhanden ist. Die Reserve von 45 Minuten muss nach der Landung vorhanden sein.“

Im Betriebsflugplan befand sich unten rechts ein Feld in welchem die Treibstoffmenge errechnet und ausgewiesen wurde. Diese setzte sich wie folgt zusammen:

³ Die SwissPSA ist eine FTO (*Flying Training Organisation*) nach den Vorschriften der Europäischen Flugsicherheitsagentur EASA.

Fuel calc.	Time	Trip
Trip		
Alternate		
Reserve	45'	
Minimum		
Extra fuel		
Block fuel		

Unter Berücksichtigung der obigen Vorgaben konnte für den Unfallflug folgende Nachrechnung des Treibstoffbedarfs gemacht werden:

Trip fuel 40 Minuten à 18 l/h 12.0 l

Alternate 20 Minuten à 18 l/h 6.0 l

Reserve 45 Minuten à 16 l/h 12.0 l

Minimum 1:45 h 30.0 l

2 Analyse

2.1 Technische Aspekte

Laut Angaben des Flugzeugherstellers sollte der Treibstofftank der verunfallten AT-3 einen Inhalt von 73.5 Liter aufweisen. Eine Nachmessung ergab jedoch, dass der Tank der HB-SRA lediglich knapp 66 Liter fassen konnte. Zu diesem Tanksystem gehörte zudem ein in den Tankdeckel integrierter Messstab, dessen Eichung aufgrund falscher Annahmen auf bis zu 70 Liter skaliert wurde, was der effektiv ausfliegbaren Treibstoffmenge entsprechen sollte. Weiter belegten verschiedene Versuche, dass aufgrund diverser Faktoren eine Messung am Messstab bis zu 10 Liter zu viel anzeigen konnte. Somit muss festgestellt werden, dass die Auslegung dieses System in der HB-SRA grundsätzlich gefährlich war, weil es der Besatzung keine zuverlässige Angabe über die verbleibende Treibstoffmenge gab.

Die Tankanzeige des Treibstoffvorrats im Cockpit erhielt das Signal von einem Sensor im Tank. Der ursprünglich eingebaute kapazitiver Sensor, wurde seitens des Herstellers mit einem Sensor mit Schwimmer ausgetauscht. Dieser Sensor hatte derartige konstruktive Mängel, sodass durch unsachgemässes Einführen des Messstabes der Schwimmer soweit verdreht werden konnte, dass dieser auf ein Verbindungsrohr im Tank zu liegen kommen konnte und die Anzeige im Cockpit in der Folge bei ca. 1/3 stehen blieb. Da die Warnlampe „FUEL RESERVE – 10 L“ ihr Signal ebenfalls vom selben Potentiometer des Schwimmers bezog, konnte in dieser Situation die entsprechende Warnung gar nie ausgelöst werden. Von einem System mit einer Reststand-Warnlampe wird erwartet, dass das entsprechende Signal von einem unabhängigen System generiert wird.

Die Besatzung gab an, dass anlässlich der Vorflugkontrolle der Tankdeckel sachgemäss geschlossen wurde. Es ist durchaus möglich, dass der Zeitpunkt bei welchem der Tankdeckel unsachgemäss geschlossen wurde, vor dem Unfall lag.

2.2 Menschliche und betriebliche Aspekte

2.2.1 Luftfahrzeug-Flughandbuch

Das Luftfahrzeug-Flughandbuch der HB-SRA war nicht auf dem neusten Stand.

Aus der Beschreibung des Treibstoffsystems im Luftfahrzeug-Flughandbuch geht nicht hervor, ob die Treibstoffanzeige im Cockpit und die Warnung „FUEL RESERVE – 10 L“ unabhängig voneinander arbeiten. Die Untersuchung hat gezeigt, dass beim Unfallflugzeug beide ihre Signale vom gleichen Schwimmer erhielten. Da die Besatzung der Meinung war, die Signalgebung erfolge unabhängig voneinander, wähnte sie sich in einer falschen Sicherheit. Deshalb ist es zwingend, dass die technischen Beschreibungen im AFM vollständig sind und der effektiven Bauausführung entsprechen.

2.2.2 Flugvorbereitung

Seit ihrer Einführung wurde die AT-3 mit falschen Annahmen bezüglich des Treibstoffvorrats betrieben. Da die HB-SRA am Unfalltag nur am Morgen vollgetankt wurde, befanden sich zu Beginn des Flugbetriebs 66 Liter Treibstoff an Bord. Unter Berücksichtigung der verschiedenen Verbrauchswerte kann angenommen werden, dass sich vor dem Unfallflug lediglich gut 10 Liter Treibstoff an Bord befanden.

Die vor dem Unfallflug getätigte Messung von 22 bis 25 Liter, welche mit dem mangelhaften Messstab einen Messfehler von 10 Liter ermöglichte, deckte sich ungünstigerweise in Kombination mit der bereits auf der Position 1/3 stehenden Tankanzeige. In den Abschätzungen der noch vorhandenen Treibstoffmenge,

ging der Fluglehrer von einem mit 70 Litern gefüllten Tank aus. Somit gab es für die Besatzung keinen Grund, die vor dem Flug mit dem Messstab ermittelte Treibstoffmenge anzuzweifeln. Weiter ist anzumerken, dass unmittelbar vor der Messung das Flugzeug um 180 Grad um die Hochachse, durch Niederdrücken des Hecks, gedreht wurde. Dabei wurde die im Tank verbleibende Treibstoffmenge in Bewegung gebracht. Die dadurch entstandene Wellenbewegung des Tankinhalts trug sicherlich dazu bei, die Messung zusätzlich zu verfälschen.

Im vorliegenden Fall war ein 40-minütiger Flug vorgesehen. Berechnet man den Treibstoffbedarf gemäss den Vorgaben der Flugschule, hätte die minimale Treibstoffmenge (*minimum block fuel*) ca. 30 Liter betragen. Beabsichtigt man nach der Landung lediglich den Treibstoff für die Flugzeitreserve von 45 Minuten an Bord zu haben, d.h. das ohne Treibstoff für den Flug zu einem Ausweichflughafen gerechnet wird, wären für diesen Flug mindestens 24 Liter Treibstoff notwendig gewesen.

Zu erwähnen ist, dass bei Flugzeugen dieser Kategorie aufgrund der oftmals vorhandenen Ungenauigkeit der Treibstoffanzeige Vorsicht angebracht ist, wenn man sie mit geringem Treibstoffvorrat betreibt. Diesem Umstand wurde zu wenig Rechnung getragen.

2.2.3 Unfallflug und Notlandung

Bei einer funktionierenden Warnung „*FUEL RESERVE – 10 L*“ hätte wohl kurz nach dem Start die entsprechende rote Warnlampe aufgeleuchtet, worauf der Fluglehrer höchstwahrscheinlich nach einer Platzrunde wieder gelandet wäre.

Da der Schwimmer jedoch auf der Traverse auflag, konnte diese Warnung auf dem Unfallflug nie generiert werden. Es erstaunt aber, dass während dem gesamten Flug die kontinuierlich auf demselben Wert stehende Treibstoffanzeige weder dem Fluglehrer noch dem Flugschüler weiter auffiel. Bei den drei simulierten Anflügen im Bereich der Autobahn A1 wurde der Treibstoffvorrat immer wieder angesprochen. Dasselbe traf auch anlässlich des „*check for approach*“ beim Rückflug nach Bern-Belp zu. Somit kam es dazu, dass für die Besatzung völlig unerwartet, der Motor nach ca. 35 Minuten Flugzeit abstellte.

Der Fluglehrer übernahm sofort die Steuerführung und verzichtete auf eine lange Ursachenfindung des Problems, sondern fokussierte sich auf die anstehende Notlandung. Dass dabei ein erstes Feld wegen einer Stromleitung nicht angefliegen werden konnte, machte den Endanflug auf den alternativen Notlandeplatz nicht einfacher. In der Folge konnte dieser Landeplatz nur noch diagonal zur Achse des Feldes angefliegen werden, so dass in der Ausrollphase der rechte Flügel das angrenzende Sonnenblumenfeld berührte und es zu den erwähnten Schäden am Flugzeug kam. Diese Handlungen des Fluglehrers waren der Situation angepasst und trugen dazu bei, dass der Unfall überlebbar war.

3 Schlussfolgerungen

3.1 Befunde

3.1.1 Besatzung

- Der Fluglehrer besass die für den Flug notwendigen Ausweise.
- Der Flugschüler besass die für den Flug notwendigen Berechtigungen.
- Es liegen keine Anhaltspunkte für eine gesundheitliche Störung der Besatzung während des Unfallfluges vor.

3.1.2 Technische Aspekte

- Nach dem Unfall konnten im Tank noch 2 dl Treibstoff festgestellt werden.
- Nach dem Unfall wurde ein Standlauf durchgeführt, bei welchem festgestellt wurde, dass alle Parameter der Norm entsprachen.
- Laut Angaben des Flugzeugherstellers sollte der Tank eine Treibstoffkapazität von 73.5 Liter haben. Effektiv hatte der Tank eine Treibstoffkapazität von 66 Liter.
- Die unausfliegbare Treibstoffmenge betrug gemäss Hersteller 3.5 Liter.
- Die Skalierung des im Tankdeckel integrierten Messstabes war für dieses Tanksystem fehlerhaft und irreführend.
- Eine Messung mit dem Messstab konnte bis zu 10 Liter zu viel anzeigen.
- Der Treibstoffmesssensor hatte konstruktive Mängel. Bei unsachgemäßem Schliessen des Tankdeckels konnte der Messstab den Schwimmer des Sensors über das Verbindungsrohr im Tank verdrehen.
- Das Verdrehen des Schwimmers konnte bestehen bleiben, auch wenn ein nachfolgendes richtiges Einsetzen des Messstabes erfolgte.
- Der Zeitpunkt des Verdrehens des Schwimmers konnte nicht ermittelt werden.
- Die Signale für die Treibstoffvorratsmessung und die Warnlampe „*FUEL RESERVE – 10 L*“ wurden vom gleichen Sensor generiert.
- Wenn der Schwimmer auf dem Verbindungsrohr aufliegt, bleibt die Anzeige im Cockpit bei ca. 1/3 stehen und die Warnlampe „*FUEL RESERVE – 10 L*“ leuchtet nicht. Dies entsprach der nach dem Unfall vorgefundenen Situation.
- Die technische Beschreibung des Treibstoffsystems im AFM war unvollständig.

3.1.3 Betriebliche Aspekte

- Das Luftfahrzeug-Flughandbuch in der HB-SRA war nicht auf dem neusten Revisionsstand.
- Der Halter sowie die Besatzung waren der Meinung, dass die Treibstoffanzeige im Cockpit und die Warnung „*FUEL RESERVE – 10 L*“ unabhängig voneinander waren.
- Das Flugzeug wurde am Unfalltag am Morgen vollgetankt, sodass sich zu Beginn des Flugbetriebs 66 Liter Treibstoff an Bord befanden.

- Nach der Betankung wurden mit dem Flugzeug ein Navigationsflug und ein Schulungsflug von insgesamt 2:49 h durchgeführt.
- Der *minimum block fuel* für den Unfallflug hätte mit Einbezug eines Ausweichflugplatzes ca. 30 Liter betragen.
- Der *minimum block fuel* für den Unfallflug hätte ohne Einbezug eines Ausweichflugplatzes mindestens 24 Liter betragen.
- Der *trip fuel* für den geplanten Ausbildungsflug von 40 Minuten betrug ca. 12 Liter.
- Vor dem Unfallflug ermittelte die Besatzung mit dem Messstab einen Treibstoffvorrat von 22-25 Liter.
- Die mitgeführte Treibstoffmenge war für diesen Flugauftrag zu knapp bemessen.
- Der Unfallflug dauerte 37 Minuten, wobei der Motor nach ca. 35 Minuten stillstand.
- Unter Berücksichtigung der verschiedenen Verbrauchswerte kann angenommen werden, dass sich vor dem Unfallflug ca. 10 Liter Treibstoff an Bord befanden.
- Der Fluglehrer übernahm sofort die Steuerführung und leitete eine Notlandung ein.
- In der Ausrollphase kollidierte der rechte Flügel mit einem Sonnenblumenfeld, sodass das Flugzeug um die Hochachse gedreht und beschädigt wurde.
- Sowohl Masse als auch Schwerpunkt befanden sich innerhalb der zulässigen Grenzen.

3.1.4 Rahmenbedingungen

- Das Wetter hatte keinen Einfluss auf den Unfall.

3.2 Ursachen

Der Unfall ist auf eine Notlandung mit anschliessender Kollision mit Hindernissen zurückzuführen, weil der Motor mangels Treibstoff im Flug abstellte.

Zum Unfall beigetragen haben:

- Ungenügende Auslegung des Messsystems zur Anzeige des Treibstoffvorrats.
- Falsche Angaben des Herstellers bezüglich des Tankinhalts.
- Die für diesen Flugauftrag zu knapp bemessene Treibstoffmenge.

4 Sicherheitsempfehlungen und seit dem Unfall getroffene Massnahmen

Nach Vorgabe des Anhangs 13 der ICAO richten sich alle Sicherheitsempfehlungen, die in diesem Bericht aufgeführt sind, an die Aufsichtsbehörde des zuständigen Staates, welche darüber zu entscheiden hat, inwiefern diese Empfehlungen umzusetzen sind. Gleichwohl ist jede Stelle, jeder Betrieb und jede Einzelperson eingeladen, im Sinne der ausgesprochenen Sicherheitsempfehlungen eine Verbesserung der Flugsicherheit anzustreben.

Die schweizerische Gesetzgebung sieht in der Verordnung über die Untersuchung von Flugunfällen und schweren Vorfällen (VFU) bezüglich der Umsetzung folgende Regelung vor:

„Art. 32 Sicherheitsempfehlungen

¹ Das UVEK richtet, gestützt auf die Sicherheitsempfehlungen in den Berichten der SUST sowie in den ausländischen Berichten, Umsetzungsaufträge oder Empfehlungen an das BAZL.

² Das BAZL informiert das UVEK periodisch über die Umsetzung der erteilten Aufträge oder Empfehlungen.

³ Das UVEK informiert die SUST mindestens zweimal jährlich über den Stand der Umsetzung beim BAZL.“

4.1 Sicherheitsempfehlungen

4.1.1 Sicherheitsdefizit

Am 12 August 2011 musste das Flugzeug Aero AT-3 R100, eingetragen als HB-SRA, infolge von Treibstoffmangel nahe der Ortschaft von Worb/BE notlanden. Die Untersuchung erhob zur Ursache als beitragende Faktoren auch die folgenden technischen Mängel:

- Ungenügende Auslegung des Messsystems zur Anzeige des Treibstoffvorrats.
- Falsche Angaben des Herstellers bezüglich des Tankinhalts.

4.1.2 Sicherheitsempfehlung Nr. 465

Die Europäische Agentur für Flugsicherheit (*European aviation safety agency – EASA*) soll sicherstellen, dass die Auslegung des Treibstoffmesssystems sowie die falschen Angaben des Herstellers bezüglich des Tankinhalts der gesamten Flotte des Flugzeugmusters Aero AT-3 R100 überprüft und korrigiert werden.

4.2 Seit dem Unfall getroffene Massnahmen

Mit Brief vom 14. Dezember 2012 informierte das BAZL die SUST betreffend getroffene Massnahmen wie folgt:

„Der Certification Manager General Aviation der EASA wurde über die konstruktiven Mängel des Treibstoffmessensors informiert. Des Weiteren wurde durch das BAZL eine Flotten-Inspektion durchgeführt, wobei unter anderem sichergestellt wurde, dass sich der Eigentümer der betroffenen Flugzeuge der Problematik bewusst ist.“

Payerne, 5. Februar 2013

Schweizerische Unfalluntersuchungsstelle

Dieser Schlussbericht wurde von der Geschäftsleitung der Schweizerischen Unfalluntersuchungsstelle SUST genehmigt (Art. 3 Abs. 4g der Verordnung über die Organisation der Schweizerischen Unfalluntersuchungsstelle vom 23. März 2011).

Bern, 21. Februar 2013