



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. 2180 der Schweizerischen Unfalluntersuchungsstelle SUST

über den schweren Vorfall des Flug-
zeuges Cessna 172S, HB-CQW

vom 27. November 2011

Lirenfeld, Gemeinde Kappel am Albis/ZH

Cause

L'incident grave est dû à un atterrissage d'urgence en raison de l'arrêt du moteur causé par un manque de carburant.

Les facteurs combinés suivants ont été à l'origine de l'incident :

- le niveau de carburant n'a pas été déterminé correctement avant le début du vol
- les capteurs de niveau gauche-droite ont été installés de manière inversée de sorte que les affichages de bas niveau des réservoirs d'aile étaient incorrects
- Le vol a été poursuivi comme prévu, malgré qu'une divergence entre l'affichage et la quantité escomptée de carburant ait été détectée
- l'indication du bas niveau de la réserve de carburant sur le tableau d'alarme a été ignorée

Allgemeine Hinweise zu diesem Bericht

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

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 zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls der mitteleuropäischen Zeit (MEZ) entspricht. Die Beziehung zwischen LT, MEZ und koordinierter Weltzeit (*co-ordinated universal time* – UTC) lautet:
LT = MEZ = UTC + 1 h.

Schlussbericht

Luftfahrzeugmuster	Cessna 172S	HB-CQW
Halter und Eigentümer	Sportfluggruppe Swissair, 8915 Hausen am Albis	
Pilot	Schweizer Staatsangehöriger, Jahrgang 1952	
Ausweis	Führerausweis für Privatpiloten auf Flächenflugzeugen (<i>private pilot licence</i> – PPL(A)) nach <i>joint aviation requirements</i> (JAR), erstmals ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) am 9. Oktober 2002.	
Wesentliche Berechtigungen	Klassenberechtigung für einmotorige Kolbenmotorflugzeuge (<i>single engine piston</i> – SEP (land)), gültig bis 14. Mai 2012.	
Medizinisches Tauglichkeitszeugnis	Klasse 1, mit der Einschränkung VDL, entspricht „ <i>shall wear corrective lenses</i> “ (muss Brille tragen), gültig vom 10. Februar 2011 bis 10. Februar 2012.	
Flugstunden	insgesamt 1385 h	während der letzten 90 Tage 47 h
	auf dem Vorfalldatum 20:45 h	während der letzten 90 Tage 3:15 h

Ort	Lirenfeld, Gemeinde Kappel am Albis/ZH		
Koordinaten	683 690 / 230 825	Höhe	618 m/M, 2027 ft AMSL
Datum und Zeit	27. November 2011, 14:43 Uhr		

Betriebsart	VFR privat
Flugphase	Sinkflug
Vorfallart	Motorausfall mit anschliessender Notlandung

Personenschaden

Verletzungen	Besatzungsmitglieder	Passagiere	Gesamtzahl der Insassen	Drittpersonen
Tödlich	0	0	0	0
Erheblich	0	0	0	0
Leicht	0	0	0	0
Keine	1	0	1	Nicht zutreffend
Gesamthaft	1	0	1	0

Schaden am Luftfahrzeug Nicht beschädigt

Drittschaden Geringer Flurschaden

1 Sachverhalt

1.1 Vorgeschichte und Flugverlauf

1.1.1 Allgemeines

Für die folgende Beschreibung von Vorgeschichte und Flugverlauf wurden die Angaben des Piloten, Untersuchungsbefunde am Flugzeug sowie Feststellungen der Kantonspolizei verwendet.

Der Flug wurde nach Sichtflugregeln (*visual flight rules* – VFR) durchgeführt.

1.1.2 Vorgeschichte

Der Pilot bereitete sich am 27. November 2011 auf einen privaten Trainingsflug alleine an Bord vor, der ihn von Hausen am Albis in die Region Clariden, Limmern und Glärnisch bis auf eine Höhe von 11 000 ft QNH führen sollte. In dieser Höhe plante der Pilot Steig- und Sinkkurven, Steilkurven, wie auch das Fliegen mit verschiedenen Konfigurationen und Geschwindigkeiten zu üben. Anschliessend war der Rückflug nach Hausen am Albis geplant. Die Dauer des Fluges sollte 90 Minuten nicht überschreiten.

Die Treibstoffberechnung des Piloten, basierend auf einem Flugzeuggewicht von 2550 lb, sah Folgendes vor:

Steigen nach 11 000 ft QNH	24 min	4.4 US Gal
Reiseflug auf 11 000 ft QNH	60 min	7.7 US Gal
Sinkflug aus dem Raum Glärnisch/Silberen bis Einflug E vom Flugplatz Hausen am Albis (LSZN)	12 min	2.0 US Gal
Reserve	45 min	6.0 US Gal
Gesamthaft	2:21 h	20.1 US Gal

Die Vorflugkontrolle wie auch das Überprüfen der Treibstoffmenge in den Flügeltanks wurde bei halbgeöffneten Hangartoren innerhalb des Hangars vorgenommen. Die vorhandenen Lichtverhältnisse seien gemäss Angaben des Piloten dafür ausreichend gewesen. Während dieser Kontrolle mass der Pilot einen Tankinhalt von 50 Liter im rechten Flügeltank und 40 Liter im linken Flügeltank, was einer gesamten Treibstoffmenge von 23.8 US Gal entsprach. Für die Messung verwendete der Pilot einen so genannten *stick-gauge*. Ein *stick-gauge* ist ein T-förmiger Messstab, welcher lotrecht über die Tanköffnung an der Oberseite des Flügels in den Tank eingeführt wird. Ähnlich wie bei einem Ölmesstab, kann von der benetzten Oberfläche des *stick-gauge* anhand der Markierungen die vorhandene Treibstoffmenge abgelesen werden.

1.1.3 Flugverlauf

Am 27. November 2011 um 13:10 Uhr startete der Pilot mit dem Flugzeug Cessna 172S, eingetragen als HB-CQW, vom Flugplatz Hausen am Albis (LSZN) zum geplanten Trainingsflug. Zu diesem Zeitpunkt zeigten gemäss Angabe des Piloten beide Tankanzeigen im Cockpit einen Tankinhalt von jeweils rund 10 US Gal an. Der Tankwählhahn (*fuel selector valve*) war gemäss der Prüfliste des Herstellers in Position *both* eingestellt, was den gleichzeitigen Verbrauch des Treibstoffes von beiden Flügeltanks erlaubt.

Ungefähr 25 Minuten später erreichte die HB-CQW die Ausgangshöhe von 11 000 ft QNH und der Pilot begann mit den geplanten Elementen des Trainingsfluges.

Um 14:30 Uhr wurde der Rückflug eingeleitet. Während der Sinkflugkontrolle (*descent check*) bemerkte der Pilot, dass die Anzeige beider Tanks etwas unter 5 US Gal pro Seite stand. Zu diesem Zeitpunkt erwartete der Pilot einen Tankinhalt von 10 US Gal, d.h. 5 US Gal pro Tank. In der Folge rechnete er die zu diesem Zeitpunkt zu erwartende Treibstoffmenge nach, wobei er von einem Steigflug ausging, für den 4.4 US Gal vorgesehen waren. Für das auf 11 000 ft QNH absolvierte Training rechnete er mit 9 US Gal, was ihn zu einem rechnerischen Verbrauch von rund 13 US Gal führte. Damit glaubte er, zu diesem Zeitpunkt noch etwas über 10 US Gal Treibstoff zu verfügen.

Weiter schätzte er, dass die Distanz bis zur Landung noch 25 NM betragen würde. Als Flugzeit bis zur Landung errechnete er zwölf Minuten. Daraus schloss der Pilot, dass er bis zur Landung in Hausen am Albis noch ungefähr 2 US Gal benötigen werde. Zu diesem Zeitpunkt befand sich die HB-CQW über der Region Silberen auf einer Höhe von 8000 ft QNH. Der Pilot setzte seinen Flug in Richtung Sihlsee, Hüttensee und Menzingen fort.

Den Flugplatz Hausen am Albis flog der Pilot in einer Höhe von 3200 ft QNH über den Anflugsektor E an, wobei er die Anflugkontrolle (*approach check*) vorgängig abgeschlossen hatte. Kurze Zeit später, die HB-CQW befand sich unterdessen auf einer Höhe von ca. 2900 ft QNH, begann der Motor unruhig zu laufen. Zu diesem Zeitpunkt las der Pilot an der Tankanzeige für den linken Flügeltank 3 US Gal und für den rechten Flügeltank 2 US Gal ab. Der Pilot war durch diese Anzeigen verunsichert, da er nicht sicher war, ob diese Werte der gesamten Treibstoffmenge in den Flügeltanks entsprachen, oder ob es sich dabei um die verwendbare, d.h. ausfliegbare Treibstoffmenge handelte. Der Pilot kam zum Schluss, dass er gemäss den Tankanzeigen noch immer über mindestens 2 US Gal ausfliegbaren Treibstoff verfügte. Anschliessend betätigte er die Gemischverstellung und veränderte die Stellung des Gashebels. Im Weiteren überprüfte er, ob die Treibstoffzufuhr über den Brandhahn (*shut-off valve*) und den Tankwählhahn (*fuel selector valve*) sichergestellt war. Kurze Zeit später gab der Motor keine Leistung mehr ab und der Pilot schaltete die elektrische Treibstoffpumpe (*booster pump*) ein. Alle diese Massnahmen waren wirkungslos, was den Piloten dazu veranlasste, ein Notlandefeld anzufliegen. Als der Entscheid zur Notlandung getroffen wurde, betrug die Höhe ungefähr 2400 ft QNH. Die Notlandung wurde in der Folge um 14:43 Uhr auf einer Wiese am östlichen Ende der Ortschaft Kappel am Albis mit stehendem Propeller durchgeführt. Der Pilot wurde nicht verletzt und das Flugzeug blieb unbeschädigt.

1.1.4 Vorgehen nach der Notlandung

Der Pilot alarmierte telefonisch die Polizei, welche die Schweizerische Unfalluntersuchungsstelle informierte. Die Polizei bot eine Patrouille auf, um die genauen Umstände der Notlandung abzuklären. In dieser Phase ging es darum, festzustellen, um welche Art von Vorfall es sich handelte und welche Untersuchungs-massnahmen eingeleitet werden mussten.

In der Zwischenzeit hatte der Pilot den technischen Leiter der Sportfluggruppe Swissair aufgeboten sowie Treibstoff für den Rückflug organisiert.

Gegenüber den zwischenzeitlich eingetroffenen Polizeibeamten gab der Pilot an, ein technisches Problem sei der Grund für die Notlandung gewesen. Aus diesem Grund ordnete die SUST weitere Abklärungen an und entsandte einen Untersuchungsbeauftragten an die Stelle der Notlandung.

Die Polizisten stellten fest, dass die angezeigte Treibstoffmenge noch je 2.5 US Gal betrug.

Da das Wetter am darauffolgenden Tag neblig sein würde, wollte der Pilot das Flugzeug noch am selben Tag zum Flugplatz Hausen am Albis (LSZN) überfliegen. Der technische Leiter der Sportfluggruppe Swissair überprüfte das Flugzeug und füllte in den linken Flügeltank 40 Liter Treibstoff ein. Es wurde ein Standlauf des Motors durchgeführt und das Feld durch Abschreiten für den Start überprüft.

Anschliessend startete der Pilot mit der HB-CQW um 16:48 Uhr und landete kurze Zeit später ereignislos auf dem Flugplatz Hausen am Albis (LSZN).

Der Überflug nach Hausen am Albis erfolgte entgegen der Anweisungen der SUST, welche das Flugzeug noch nicht untersucht hatte. Ebenso fehlte eine Überfluggenehmigung durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt.

Am 27. November 2011 ging die Sonne um 16:45 Uhr unter und die bürgerliche Abenddämmerung endete um 17:20 Uhr.

Die unerlaubt vorgenommenen Veränderungen am Flugzeug nach der Notlandung, insbesondere das Auftanken des Flugzeuges, liessen zunächst eine einwandfreie technische Abklärung des schweren Vorfalles als fraglich erscheinen. Nach Vorliegen der Angaben des Piloten und einer Kontrolle des Flugzeuges durch die SUST zeigte es sich, dass die Untersuchung des schweren Vorfalles für die Unfallverhütung wertvoll sein würde, so dass die Abklärungen fortgesetzt wurden.

1.2 Meteorologische Angaben

1.2.1 Allgemeine Wetterlage

Ein Hoch erstreckte sich von den Azoren über die Biskaya bis zum Balkan. An seinem Nordrand steuerte ein skandinavisches Tief Polarluft nach Mitteleuropa. Die Schweiz lag auf der Vorderseite der entsprechenden Kaltfront im Zustrom milder Atlantikluft.

Beidseits des Alpenkamms herrschte weitgehend sonniges Wetter. Nur in den Tieflagen des Mittellands hielt sich am Vormittag Nebel. Bis in den frühen Nachmittag lösten sich die letzten Reste davon auf.

Der Hochdruckeinfluss führte oberhalb der Dunst- und Nebelschicht zu trockener Luft mit einer ausgezeichneten Sicht. Wegen der Erwärmung der absinkenden Luft am Rande des Hochs und wegen der Warmluftzufuhr befand sich die Nullgradgrenze auf knapp 3600 m/M.

1.2.2 Wetter zur Zeit des schweren Vorfalls am Landeort

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

Wetter/Wolken	sonnig, 1/8 Cirren	
Sicht	mehr als 10 km	
Wind	variabel, 2 kt	
Temperatur/Taupunkt	5 °C / 3 °C	
Luftdruck	1026 hPa	
Gefahren	ausserhalb der bodennahen Schicht zeitweise mässige Turbulenz	

1.2.3 Astronomische Angaben

Sonnenstand	Azimut: 216°	Höhe: 14°
Beleuchtungsverhältnisse	Tag	

1.3 Angaben zum Luftfahrzeug

1.3.1 Allgemeines

Beim Flugzeug Cessna 172S Skyhawk HB-CQW handelt es sich um ein einmotoriges Reiseflugzeug in Metallbauweise. Es bietet Platz für maximal vier Personen und ist als Schulterdecker mit Festfahrwerk ausgeführt. Zum Antrieb dient ein luftgekühlter 4-Zylinder Einspritzbenzinmotor Lycoming IO-360-L2A mit einer Nennleistung von 134 kW oder 180 BHP¹ bei 2700 RPM, welche auf einen zweiblättrigen Festpropeller übertragen wird.

1.3.2 Treibstoffsystem der Cessna 172S

Das Treibstoffsystem der Cessna 172S besteht unter anderem aus einem belüfteten Integraltank pro Flügel. Jeder dieser Integraltanks hat eine Kapazität von 28 US Gal (106 Liter), wovon jeweils 1.5 US Gal (5.68 Liter) nicht ausfliegbar sind. Die Treibstofftanks sind je mit einem Füllstandsensor ausgerüstet, welcher nach dem Schwimmerprinzip funktioniert. Die Füllstände beider Flügeltanks werden elektrisch an eine Tankanzeige im Instrumentenbrett mit einer Doppelanzeige für beide Tanks übermittelt.

Zusätzlich wird der Pilot über eine gelbe Hinweisschrift *LOW FUEL* im *warning display* (Warnanzeigevorrichtung) auf einen geringen Treibstoffvorrat hingewiesen. Wenn in einem der beiden Flügeltanks länger als 60 Sekunden weniger als 5 US Gal gemessen werden, erscheint *LOW FUEL*. Zusätzlich bezeichnet ein leuchtender Buchstabe „L“ links, oder ein Buchstabe „R“ rechts des Ausdrucks *LOW FUEL*, in welchem der beiden Tanks die geringe Treibstoffmenge festgestellt wurde. Die Hinweisschrift blinkt zunächst während 10 Sekunden und leuchtet anschliessend kontinuierlich. Dieser Hinweis auf geringen Treibstoffvorrat wird nicht unabhängig, sondern über den betreffenden Füllstandsensor des jeweiligen Flügeltanks generiert.

Das *warning display* ist in das Instrumentenbrett eingebaut und befindet sich unmittelbar unter dem Blendschutz über den Instrumenten für die Anzeige der Flughöhe und der Fluglage. Je nach Einstellung der Sitzhöhe besteht vor allem für grössere Piloten die Möglichkeit, dass das *warning display* vom Blendschutz abgedeckt ist.



Abbildung 1: Position des *warning display* im Cockpit des Flugzeuges. Die Vergrößerung zeigt die Hinweisschrift *LOW FUEL R*, die bei einem geringen Treibstoffstand im rechten Tank angezeigt wird.

¹ BHP – *brake horse power*: englische Pferdestärke, historische nicht SI-Einheit, 1 BHP entspricht 0.7457 kW

1.3.3 Befunde des Flugzeugunterhaltbetriebes Skyparts

Die Firma Skyparts, welche für den Unterhalt der HB-CQW zuständig ist, erhielt von der Sportfluggruppe Swissair am 28. November 2011 den Auftrag, das Treibstoffsystem der HB-CQW zu überprüfen. Die Tanks wurden über den Ablass am Treibstofffilter (*strainer*) im Motorraum entleert. Dabei konnten aus dem linken Tank 31.5 Liter und aus dem rechten Tank 0.5 Liter Treibstoff abgelassen werden. Des Weiteren überprüfte die Firma Skyparts das Ansprechen der Hinweisschrift für einen tiefen Treibstoffstand und konnte keine Unregelmässigkeiten feststellen.

Eine eingehende Untersuchung des Flugzeuges auf Schäden, welche durch die Notlandung hätten verursacht werden können, blieb ohne Befund. Das Flugzeug HB-CQW wurde anschliessend für den Flugbetrieb wieder freigegeben.

1.3.4 Technische Untersuchung des Treibstoffsystems der HB-CQW

1.3.4.1 Einbau der Füllstandsensoren

Die HB-CQW wurde erst einige Zeit nach dem schweren Vorfall eingehend durch die SUST untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass am 1. Februar 2008 aufgrund einer Beanstandung die beiden Füllstandsensoren der Flügeltanks und die Tankanzeige im Instrumentenbrett ersetzt worden waren. Die neuen Füllstandsensoren unterschieden sich von den alten nur in der Bauteilnummer, wobei der Hersteller zuerst für den linken Füllstandssensor die Endziffer -2 und für den rechten die Endziffer -1 verwendete. Später tauschte er die Bezeichnung aus, so dass neu der linke Füllstandssensor die Endziffer -1 führte und der rechte mit -2 bezeichnet wurde.

Beim Auswechseln der Füllstandsensoren hatte eine Verwechslung stattgefunden, welche dazu geführt hatte, dass der Füllstandssensor für den linken Tank in den rechten Tank und der für den rechten Tank vorgesehene in den linken Tank eingebaut worden waren. Dies hatte zur Folge, dass der jeweilige Schwimmer bei leerem Tank nicht auf dem Tankboden auflag, sondern auf einer Strebe im Tank. Dies führte dazu, dass bei geringem Tankinhalt nicht der tatsächliche Inhalt gemessen bzw. angezeigt wurde. Bei leeren Flügeltanks links wie auch rechts blieb die Anzeige bei 2 bis 3 US Gal stehen.

In den technischen Unterlagen des Flugzeuges HB-CQW wurden seit dem fehlerhaften Einbau der Tanksensoren am 1. Februar 2008 keine Beanstandungen bezüglich der Treibstoffanzeige eingetragen.



Abbildungen 2 und 3: Seitenverkehrter Einbau der Füllstandsensoren, welcher dazu führte, dass die Schwimmer bei geringem Treibstoffstand auf der Tankstruktur auflagen.

1.3.4.2 Warneinrichtung bei geringem Treibstoffvorrat

Um zu überprüfen, bei welchem Treibstoffstand die Hinweisschrift *LOW FUEL* auf dem *warning display* angezeigt wird, wurde das Flugzeug in eine Lage gebracht, welche dem Reiseflug entspricht. Dabei konnte festgestellt werden, dass die Anzeige *LOW FUEL R* beim rechten Tank bei einer Tankanzeige von 5 US Gal (19 l) und einem tatsächlichen Tankinhalt von 20.2 Liter ansprach. Beim linken Tank sprach die *L LOW FUEL*-Warnung erst an, als der Tank nur noch 1.8 Liter enthielt. Die Tankanzeige blieb bei 5 bis 6 US Gal stehen. Bei einer Kontrolle des linken Füllstandsensors konnte festgestellt werden, dass bei der Endlage des Schwimmers auf der Tankverstrebung der Wert auf der Tankanzeige zwischen 2 und 6 US Gal variierte und dementsprechend auch die Hinweisschrift *L LOW FUEL* angezeigt wurde oder nicht.

Die HB-CQW wurde daraufhin wieder in die normale Lage am Boden gebracht und beide Flügeltanks wurden ausgehend von leeren Tanks mit Treibstoff gefüllt bis zum Punkt, wo die *LOW FUEL*-Anzeige des jeweiligen Tanks erlosch. Die Treibstoffmenge, die dazu benötigt wurde, entsprach auf beiden Seiten rund 20 Liter. Danach konnte an der rechten Flügeltankanzeige ein Wert von 5 US Gal und an der linken Flügeltankanzeige ein Wert von 6 US Gal abgelesen werden.

Darauf wurde der Motor gestartet und mit einer Drehzahl von 2100 RPM betrieben, wobei der Tankwählhahn in Position *both* eingestellt war. Die Hinweisschrift *LOW FUEL R* für den rechten Flügeltank wurde bei einem angezeigten Tankinhalt von 5 US Gal generiert und blieb von diesem Zeitpunkt an bis zum Abstellen des Motors konstant angezeigt. Die Warnung für den linken Flügeltank *L LOW FUEL* wurde 12 Minuten nach der Warnung für den rechten Flügeltank generiert. Zu diesem Zeitpunkt zeigte die Tankanzeige für den linken Flügeltank einen Wert von 3.5 US Gal an. Eine Stunde und dreizehn Minuten nach der ersten *LOW FUEL*-Warnung setzte der Motor aus. Nach dem Aussetzen des Motors wurden auf der rechten Flügeltankanzeige 2 US Gal und auf der linken 4 US Gal angezeigt. Aus dem Treibstoffsystem konnte noch eine Treibstoffmenge von 2.3 Liter abgelassen werden.

1.3.4.3 Anzeigegenauigkeit der Tankanzeigen

Die Tanks des Flugzeuges wurden wie beschrieben durch Betrieb des Motors soweit geleert, bis der Motor aussetzte. Anschliessend wurden definierte Mengen an Treibstoff in die Tanks gefüllt und die Tankanzeigen abgelesen. Dabei stellte man fest, dass die Tankanzeigen trotz falschem Einbau bei einem Tankinhalt von über 5 US Gal weniger Treibstoff anzeigten, als tatsächlich vorhanden war.

1.3.4.4 Überprüfung der Kalibrierung des *stick-gauge*

Es konnte nicht festgestellt werden, wer den *stick-gauge* ursprünglich hergestellt hatte und dementsprechend fehlen auch die Angaben zur Kalibrierung.

Es wurde festgestellt, dass über die Tanköffnung grundsätzlich drei Messpositionen möglich sind. Wenn man den *stick-gauge* in der Mitte der Tanköffnung einführt, steht er auf einer Strebe im Inneren des Flügeltanks auf und somit liegt der Querbalken des *stick-gauge* nicht mehr wie vorgesehen auf der Flügeloberseite bzw. dem Rand der Flügeltanköffnung auf, sondern ragt 11 mm über die Flügeltanköffnung. Weiter ist es möglich, mit dem Messstab vor und hinter der Strebe eine Messung auszuführen. Aus diesem Grund wurden alle drei möglichen Messpositionen berücksichtigt.

Im Rahmen einer ersten Messung wurden die Flügeltanks vorgängig über das hintere Entwässerungsventil des jeweiligen Tanks geleert, bevor sie wieder schrittweise gefüllt wurden. Bei der Entleerung wie auch bei der Messung befand sich die HB-CQW in der Normalposition am Boden.

Linker Flügeltank

Nachfüllmenge (l)	<i>stick-gauge:</i> vor der Strebe	<i>stick-gauge:</i> auf der Strebe	<i>stick-gauge:</i> hinter der Strebe
20	25	20	26
30	38	30	40
40	48	42	46
50	54	50	55

Rechter Flügeltank

Nachfüllmenge (l)	<i>stick-gauge:</i> vor der Strebe	<i>stick-gauge:</i> auf der Strebe	<i>stick-gauge:</i> hinter der Strebe
20	22	17	23
30	35	30	38
40	46	41	46
50	52	48	53

Weiter wurde eine zusätzliche Messung im linken Flügeltank vorgenommen, nachdem der Motor durch mangelnden Treibstoff ausgesetzt hatte. Das Flugzeug befand sich dabei ebenfalls in der Normalposition am Boden. Da die obigen Werte zeigen, dass die Messungen vor und hinter der Strebe vergleichbar sind, wurde nur auf der Strebe und hinter der Strebe gemessen.

Linker Flügeltank

Nachfüllmenge (l)	<i>stick-gauge:</i> auf der Strebe	<i>stick-gauge:</i> hinter der Strebe
20	10	20
30	25	30
40	35	43
50	45	50

Bei all diesen Messungen wurde festgestellt, dass das Messergebnis verfälscht wird, wenn der *stick-gauge* beim Eintauchen in den Treibstoff vor und zurück oder pendelartig bewegt wird. Durch diese Art der Bewegung wird der Messstab nicht nur durch den Flüssigkeitsspiegel, sondern deutlich darüber hinaus benetzt. Wird nun derjenige Zahlenwert auf dem *stick-gauge* abgelesen, der dem obersten Rand der Benetzung entspricht, so liegt dieser Wert zwischen 5 und 15 Litern über der korrekten Messung, die bei sorgfältig eingeführtem Messstab resultiert.

1.3.5 Zertifizierungskriterien

Der Flugzeugtyp Cessna 172S wurde nach den Richtlinien der FAR 23² zertifiziert. Diese Richtlinien schreiben unter anderem Folgendes vor:

§ 23.963 *Fuel tanks: General.*

(e) *Each fuel quantity indicator must be adjusted, as specified in §23.1337(b), to account for the unusable fuel supply determined under §23.959(a).*

§ 23.959 *Unusable fuel supply.*

(a) *The unusable fuel supply for each tank must be established as not less than that quantity at which the first evidence of malfunctioning occurs under the most adverse fuel feed condition occurring under each intended operation and flight maneuver involving that tank. Fuel system component failures need not be considered.*

§ 23.1337 *Powerplant instruments installation.*

(b) *Fuel quantity indication. There must be a means to indicate to the flightcrew members the quantity of usable fuel in each tank during flight. An indicator calibrated in appropriate units and clearly marked to indicate those units must be used. In addition:*

(1) *Each fuel quantity indicator must be calibrated to read "zero" during level flight when the quantity of fuel remaining in the tank is equal to the unusable fuel supply determined under §23.959(a);*

(4) *There must be a means to indicate the amount of usable fuel in each tank when the airplane is on the ground (such as by a stick gauge);*

Diese Regelungen besagen, dass eine Treibstoff-Füllstandsanzeige während des unbeschleunigten Horizontalflugs null anzeigen muss, wenn der verbleibende Treibstoffinhalt des entsprechenden Tanks zu ersten Fehlfunktionen des Triebwerkes unter ungünstigen Bedingungen führen kann. Die verbleibende Treibstoffmenge wird dementsprechend als die nicht ausfliegbare Treibstoffmenge definiert.

Weiter schreiben diese Regelungen vor, dass eine Möglichkeit bestehen muss, den ausfliegbaren Treibstoff am Boden zu messen. Dabei wird explizit die Möglichkeit eines *stick-gauge* erwähnt.

Es gibt keine FAR 23-Vorschrift, welche den Einbau einer *LOW FUEL*-Warnung für Flugzeuge des Typs Cessna 172S vorschreibt oder angibt, wie eine solche Warnung umzusetzen ist.

1.3.6 Unterhaltsvorgaben des Flugzeugherstellers

Der Flugzeughersteller schreibt im *maintenance manual* des Flugzeugmusters Cessna 172S beim Ersetzen der Füllstandsensoren der beiden Flügeltanks unter Punkt B (9) Folgendes vor:

FUEL QUANTITY INDICATION SYSTEM - REMOVAL/INSTALLATION

2. Float-type Fuel Level Sender Removal/Installation

B. Install the Fuel Level Sender (Refer to Figure 401).

(9) *Do a fuel quantity calibration. Refer to Fuel Quantity Calibration.*

² Die *Federal Aviation Regulations* (US-Bundesluftfahrtregelungen) oder FAR sind von der *Federal Aviation Administration* (FAA) festgesetzte Vorschriften, die alle Luftfahrttätigkeiten in den Vereinigten Staaten regeln. Die FAR 23 werden bei Normal-, Allzweck- und Kunstflug-Flugzeugen angewandt, welche eine höchstzulässige Startmasse von nicht mehr als 12 500 lb (5670 kg) aufweisen.

Diese Anweisung schreibt vor, dass nach dem Einbau der Füllstandssensoren eine Kalibrierung der Tankanzeigen vorzunehmen ist. Die Vorgaben für das Kalibrieren sind sehr umfassend und aufwendig. Unter Punkt (6) (b), (8) und Punkt (15) der insgesamt 20 Arbeitspunkte wird ein Teil der Arbeitsschritte festgehalten, welche für die Anzeige der nicht ausfliegbaren Treibstoffmenge vorgeschrieben sind:

FUEL QUANTITY INDICATION SYSTEM - ADJUSTMENT/TEST

2. Fuel Quantity Calibration And Check (Airplanes without Garmin G1000)

A. Fuel Indicator Calibration

(6) Make the airplane level.

(b) Make the airplane level to 2.00 degrees, +0.25 or -0.25 degrees nose up position. Refer to Chapter 8, Leveling - Maintenance Practices.

(8) Add unusable fuel to each fuel bay. Refer to Pilot's Operating Handbook for the amount of unusable fuel.

(15) Adjust the „EMPTY“ potentiometer, on the fuel quantity indicator, for the left and right gages until the indicator pointer is in the middle of the red radial line.

Diese Arbeitspunkte schreiben vor, dass in jeden Flügeltank die für den Tank nicht ausfliegbare Treibstoffmenge eingefüllt werden muss. Die betreffende Tankanzeige muss dann bei einer Längsneigung des Flugzeuges von 2° auf „leer“ kalibriert werden.

Das *maintenance manual* schreibt neben der Kalibrierung der Tankanzeigen auch eine eingehende Überprüfung der *LOW FUEL*-Warnanzeigen auf dem *warning display* vor. Diese Überprüfung ist wiederum sehr arbeitsintensiv und umfasst 17 Arbeitspunkte, welche eine korrekte Funktion dieses Warnsystems sicherstellen.

1.3.7 Angaben des Piloten

Der Pilot gab an, dass er nach dem Vorfall beim Messen des Tankinhaltes der HB-CQW Folgendes festgestellt habe: Der verwendete *stick-gauge* sei zu lang, da er auf dem Tankboden auf einer Strebe aufstehe und zum korrekten Messen des Tankinhaltes leicht schräg nach hinten eingeführt werden müsse. Dabei lasse sich der *stick-gauge* nochmals um 11 mm senken, bis der Querbalken auf der Flügeloberseite bzw. der Tanköffnung aufliege.

Bei dieser Vorgehensweise pendle der *stick-gauge* dann nach vorne ins Lot gegen die Strebe im Flügeltank. Bei geringem Treibstoffstand im Flügeltank entstehe dadurch eine Welle, welche die Messung am *stick-gauge* um plus 20 Liter verfälsche. Diese Messungenauigkeit entspreche gesamthaft 40 Litern, was genau der von ihm geplanten Reserve entsprochen habe.

Weiter machte der Pilot geltend, dass auf Grund seiner Körpergrösse die Hinweisschrift *LOW FUEL* auf dem *warning display* für ihn nicht sichtbar gewesen sei.

2 Analyse

2.1 Technische Aspekte

Es wurde festgestellt, dass am 1. Februar 2008 aufgrund einer Beanstandung die beiden Füllstandsensoren der Flügeltanks ersetzt und dabei falsch eingebaut worden waren. Aus Sicht einer fehlerresistenten Auslegung (*fail safe design*) muss bemängelt werden, dass die Füllstandsensoren so konzipiert sind, dass sie offenbar ohne Schwierigkeit seitenverkehrt montiert werden können.

Weiter ist anzumerken, dass die letzte Ziffer der Bauteilnummern im Laufe der Zeit durch den Hersteller geändert wurde. Zuerst verwendete man für den linken Füllstandsensoren die Endziffer -2 und für den rechten die Endziffer -1. Später wurde diese Bezeichnung ausgetauscht, d.h. neu führte der linke Füllstandsensoren die Endziffer -1 und der rechte wurde mit -2 bezeichnet. Dieser Wechsel der Bezeichnung hat möglicherweise den seitenverkehrten Einbau begünstigt. Die Angaben im *maintenance manual* waren allerdings korrekt nachgeführt.

Die fehlerhafte Montage der Füllstandsensoren führte dazu, dass die Tankanzeigen bei leeren Tanks je einen Treibstoffstand von 2 bis 3 US Gal anzeigten. Es fällt dabei auf, dass dieser Umstand seither nicht behoben oder zumindest nicht bemängelt wurde.

Eine naheliegende Erklärung dafür ist, dass das Flugzeug HB-CQW nie mit so geringen Treibstofffüllständen betrieben wurde, weil viele Piloten die Treibstoffanzeigen grundsätzlich als ungenau ansahen und deshalb mit relativ grossen Reserven flogen. Damit konnte sich die Fehlfunktion im untersten Anzeigebereich nicht manifestieren oder auswirken.

Das *maintenance manual* schreibt vor, dass unmittelbar nach der Montage der Füllstandsensoren eine Kontrolle ausgeführt werden muss; diese hätte die Fehlfunktion sichtbar gemacht. Die nach dem schweren Vorfall ausgeführte Überprüfung der Treibstoffanzeige führte zum Befund des Unterhaltsbetriebs, dass dieses System korrekt funktioniere. Diese Feststellung war unzutreffend, woraus geschlossen werden kann, dass die diesbezüglichen Vorgaben des Wartungshandbuches nicht umgesetzt wurden.

Die Überprüfung der Tankanzeigen ergab, dass diese bei einem Tankinhalt von über 5 US Gal weniger Treibstoff anzeigten, als tatsächlich zur Verfügung stand. Der falsche Einbau der Füllstandsensoren wirkte sich erst dann aus, wenn die Schwimmer auf der Strebe im Tank zum Aufliegen kamen, was bei einer Anzeige von 2 bis 3 US Gal der Fall war.

Der falsche Einbau der Füllstandsensoren hatte im Weiteren keinen Einfluss auf die Funktionsweise der Hinweisschrift *LOW FUEL* auf dem *warning display*. Diese Anzeige bei geringem Treibstoffvorrat funktionierte im rechten Tank korrekt und im linken Tank leicht verzögert. Da der Treibstoff während des Vorfallfluges in beiden Flügeltanks ungefähr in gleicher Weise abnahm, kann geschlossen werden, dass die Anzeige *LOW FUEL R* korrekt angezeigt wurde und allenfalls der Buchstabe „L“ etwas verzögert aufleuchtete, obwohl der Treibstoffvorrat im linken Tank bereits unter 5 US Gal lag.

Das *warning display* mit den integrierten *LOW FUEL*-Warnanzeigen ist in das Instrumentenbrett eingebaut und befindet sich unmittelbar unter dem Blendschutz über den Instrumenten für die Anzeige der Flughöhe und der Fluglage. Dies kann dazu führen, dass bei hoher Sitzposition insbesondere grössere Piloten gezwungen sind, ihren Kopf nach vorne oder seitlich zu neigen, um die Warnanzeigen ablesen zu können, weil diese sonst durch den Blendschutz abgedeckt werden.

Es gibt keine Anweisungen des Flugzeugherstellers, wie man einen *stick-gauge* zu kalibrieren hat, damit dieser den Zertifikationskriterien entspricht und somit den ausfliegbaren Treibstoff anzeigt. Bei der Überprüfung des *stick-gauge* konnte festgestellt werden, dass dieser bei korrekter Messmethode in etwa den Treibstoffstand misst, welcher vom Motor am Boden in der Normalposition verbraucht werden kann. Dies entspricht nicht der Situation während des Fluges und damit wird auch nicht der ausfliegbare Treibstoff gemessen. Der *stick-gauge* gibt einen Wert an, welcher rund fünf Liter über dem Wert des tatsächlichen Tankinhalts liegen kann. Bemerkenswert ist ferner, dass der *stick-gauge* zufälligerweise so kalibriert ist, dass der tatsächliche Tankinhalt gemessen wird, wenn der *stick-gauge* auf der Strebe im Tankinnern aufsteht und nicht wie vorgesehen mit dem Querbalken auf der Tanköffnung aufliegt.

2.2 Menschliche und betriebliche Aspekte

Die Treibstoffberechnung, welche vom Piloten nach dem schweren Vorfall an die Untersuchungsstelle übergeben wurde, beruht auf den Vorgaben des Flugzeugherstellers. Diese Planung wies vom Standpunkt der Flugsicherheit und einer umsichtigen Flugführung den Mangel auf, dass sie die zum Erreichen eines Ausweichflugplatzes notwendige Treibstoffmenge nicht vorsah.

Die nachfolgende Berechnung des Treibstoffverbrauchs stützt sich auf die effektive Flugzeit der HB-CQW und die Angaben des Luftfahrzeug-Flughandbuches. Die Flugzeit bis zur Notlandung betrug insgesamt 1:33 h.

Flugabschnitt	Zeit	Treibstoffverbrauch
Steigflug nach 11 000 ft QNH	21 min	3.6 US Gal
Reiseflug bei durchschnittlich 2500 RPM auf 11 000 ft QNH bei ISA ³ -Temperaturen	60 min	8.2 US Gal
Sinkflug von 8000 ft QNH gerechnet mit Reiseleistung	12 min	1.6 US Gal
Gesamthaft	1:33 h	13.4 US Gal

Gemäss dieser Berechnung musste der effektive Treibstoffvorrat der HB-CQW zuzüglich des nicht ausfliegbaren Treibstoffes (3 US Gal) vor dem Flug in etwa 16.4 US Gal betragen haben.

Der Pilot gab nach dem schweren Vorfall an, dass er nachträglich festgestellt habe, dass bei der Überprüfung des Tankinhaltes mittels *stick-gauge* Messfehler auftreten. Durch die Länge des *stick-gauge* sei man gezwungen, das Messinstrument schräg einzuführen. Bei der folgenden Vorwärtsbewegung zum senkrecht Stellen des *stick-gauge* entstehe eine Welle, welche am Messstab hochschwappe. Somit werde eine Treibstoffmenge angezeigt, welche um 20 Liter zu hoch sei. Die Untersuchung hat jedoch gezeigt, dass bei korrekter Handhabung die Messresultate des *stick-gauge* Werte angeben, welche nahe der korrekten Mengen ausfliegbaren Treibstoffes liegen. Die Angaben des Piloten weisen auf eine unsachgemässe Handhabung des *stick-gauge* hin: Für die Messung eines Flüssigkeitsspiegels mit Hilfe eines Messstabes ist es von zentraler Bedeutung, dass entweder der Stand der Flüssigkeit direkt am ruhenden Stab abgelesen wird oder aber der Stab nur lotrecht zum Flüssigkeitsspiegel bewegt wird.

³ ISA: *International Standard Atmosphere*, internationale Norm- oder Standardatmosphäre, bezeichnet idealisierte Eigenschaften der Erdatmosphäre.

Vor dem Abflug waren in den Tanks der HB-CQW rund 16 US Gal (62 Liter) Treibstoff vorhanden, davon rund 13 US Gal ausfliegbar. Die unsachgemässe Handhabung des *stick-gauge* führte dazu, dass der Pilot gemäss seinen Angaben eine Treibstoffmenge von 90 Liter (23.8 US Gal) mass. Damit startete er mit rund 7 US Gal weniger, als es die Planung, die er gemäss seiner Angabe vor dem Flug gemacht hatte, vorsah.

Der Pilot will zu diesem Zeitpunkt pro Tank jeweils rund 10 US Gal an der Tankanzeige abgelesen haben. Mit Blick auf den Umstand, dass die Funktionsfähigkeit der Tankanzeigen bei Treibstoffmengen von über 5 US Gal pro Tank nicht beeinträchtigt war und sogar tendenziell weniger Treibstoff angezeigt wurde, als in den Tanks vorhanden war, muss sich der Pilot getäuscht haben.

Als der Pilot nach einer Flugzeit von ungefähr 1 Stunde und 20 Minuten den Rückflug begonnen hatte, bemerkte er während des *descent check*, dass die Treibstoffanzeigen eine geringere Treibstoffmenge anzeigten, als er erwartet hatte. Der Pilot rechnete den Treibstoffverbrauch nach und kam zum Schluss, dass er noch über genügend Treibstoff verfügen müsse, was ihn dazu brachte, den Flug in Richtung Flugplatz Hausen am Albis fortzusetzen. Zu diesem Zeitpunkt befand er sich in der Region Silberen auf einer Höhe von 8000 ft QNH. Von diesem Punkt aus lagen die Flugfelder Mollis, Schänis und Wangen-Lachen näher als der Flugplatz Hausen am Albis. Da der Motor der HB-CQW erst kurz vor der Landung in Hausen am Albis aufgrund von Treibstoffmangel ausfiel, kann geschlossen werden, dass eine rechtzeitige Ausweichlandung auf einem dieser Flugfelder möglich gewesen wäre.

Die Entscheidung, den Flug nach Hausen am Albis fortzusetzen, obwohl ein ungewöhnlich tiefer Treibstoffstand angezeigt wurde, fällt der Pilot einzig aufgrund einer Abschätzung des Treibstoffverbrauchs. Diese Beurteilung war wenig umsichtig und zeugt von einem eingeschränkten Situationsbewusstsein, d.h. der Pilot verfügte nicht mehr über eine zutreffende Vorstellung seiner gegenwärtigen Situation und war auch nicht mehr in der Lage, die künftige Entwicklung der Geschehnisse folgerichtig einzuschätzen. Diese beschränkte Wahrnehmung der Situation führt typischerweise zu einer unzulänglichen Entscheidungsfindung, weil naheliegende Handlungsoptionen oder Einflussfaktoren nicht mehr erkannt werden können. Dies zeigt sich im vorliegenden Fall dadurch, dass der Pilot zwei naheliegende Flugplätze nicht berücksichtigte und den Umstand ausser Acht liess, dass ein niedriger Treibstoffstand auch die Folge eines Treibstoffverlusts während des Fluges, beispielsweise durch ein Leck, sein kann, was jede noch so sorgfältige Planung hinfällig macht.

Ein weiteres Indiz für den tiefen Treibstoffstand in den Tanks war die Hinweisschrift *LOW FUEL*, die während ungefähr der letzten Stunde des Fluges im *warning display* angezeigt wurde. Auch wenn man nachvollziehen kann, dass der Pilot aufgrund seiner Körpergrösse und einer hoch eingestellten Sitzposition diese Warnung nicht sofort wahrnahm, so ist es doch bemerkenswert, dass er sie gemäss seiner Angabe auch beim Erkennen des ungewöhnlich tiefen Treibstoffstandes über der Silberen und während des restlichen Fluges nicht bemerkte. Dieser ungewöhnliche Umstand ist ein weiterer Hinweis dafür, dass der Pilot durch das Treibstoffproblem unter Druck kam und die Situation nicht mehr zutreffend wahrnahm.

Als der Motor kurz nach dem Einflug in den Sektor E des Flugplatzes Hausen am Albis erste Anzeichen einer Störung zeigte, stellte der Pilot sicher, dass die Treibstoffzufuhr nicht unterbrochen war. Mit dem definitiven Ausfall des Motors wurde die Notlandung unausweichlich. In der Folge setzte der Pilot die Prioritäten

richtig und konnte die Notlandung so ausführen, dass er unverletzt blieb und das Flugzeug nicht beschädigt wurde.

Nach der Notlandung leitete der Pilot Vorbereitungen ein, um die HB-CQW auf den Startflugplatz zu überfliegen. Entgegen der Anweisung der SUST wurde das Flugzeug wieder aufgetankt und überprüft. Schliesslich führte der Pilot den Überflug nach Hausen am Albis ohne Genehmigung des Bundesamtes für Zivilluftfahrt aus. Bei diesem Vorgehen wurden verschiedene Risiken nicht berücksichtigt: Nach einem Motorausfall kann das Luftfahrzeug verborgene Mängel aufweisen, die sich auf dem Überflug auswirken können. Eine entsprechend sorgfältige Abklärung durch die SUST wurde durch das unerlaubte Handeln verhindert. Weiter war es aus Sicht der Flugsicherheit wenig sinnvoll, dass der Pilot unmittelbar nach dem schweren Vorfall das Flugzeug wieder steuerte. Einschneidende Erlebnisse wie eine Notlandung können die Leistungsfähigkeit und das Beurteilungsvermögen wesentlich beeinträchtigen, so dass eine sichere Flugdurchführung in Frage gestellt ist.

3 Schlussfolgerungen

3.1 Befunde

3.1.1 Technische Aspekte

- Die Füllstandsensoren des Musters Cessna 172S können seitenverkehrt eingebaut werden.
- Am 1. Februar 2008 wurden die Füllstandsensoren in den Flügeltanks sowie die Tankanzeigen im Cockpit der HB-CQW ersetzt, wobei die Füllstandsensoren seitenverkehrt eingebaut wurden.
- Unter einem Treibstoffstand von ungefähr 3 US Gal pro Tank blieben die Anzeigen bei 2 bis 3 US Gal stehen, weil der Schwimmer der falsch eingebauten Füllstandsensoren auf der Tankstruktur auflag.
- Die Tankanzeigen zeigten bei einem Tankinhalt von über 5 US Gal weniger Treibstoff an, als tatsächlich zur Verfügung stand.
- Die erforderliche Kalibrierung der Füllstandsensoren wurde nach dem Ersetzen entweder mangelhaft oder gar nicht durchgeführt.
- Der *stick-gauge* war so kalibriert, dass er bei sachgemässer Handhabung in etwa den Treibstoffstand mass, welcher vom Motor am Boden in der Normalposition verbraucht werden kann.
- Für grössere Piloten oder bei hoher Sitzposition besteht die Möglichkeit, dass das *warning display* vom Blendschutz abgedeckt wird und dementsprechend nicht einfach abzulesen ist.
- Die Warnanzeige *LOW FUEL* sprach beim rechten Tank bei einer Tankanzeige von 5 US Gal und beim linken Tank bei einer Tankanzeige von 3.5 – 4 US Gal an.

3.1.2 Besatzung

- Der Pilot verfügte über die für den Flug notwendigen Ausweise.
- Es gibt keinen Hinweis darauf, dass die Leistungsfähigkeit des Piloten während des Fluges aus gesundheitlichen Gründen eingeschränkt war.

3.1.3 Betriebliche Aspekte

- Die Treibstoffplanung sah keinen Ausweichflugplatz vor.
- Der Pilot gab an, vor dem Flug in den Flügeltanks mit Hilfe des *stick-gauge* im rechten Tank 50 Liter und im linken Tank 40 Liter, d.h. insgesamt 90 Liter oder 23.8 US Gal gemessen zu haben.
- Der Pilot gab an, vor dem Flug auf der Tankanzeige rund 10 US Gal pro Tank abgelesen zu haben.
- Der tatsächliche Treibstoffvorrat vor dem Start in Hausen am Albis (LSZN) muss bei ungefähr 62 Liter oder 16.4 US Gal gelegen haben. Davon waren rund 13 US Gal ausfliegbar.
- Als der Pilot den Rückflug über der Position Silberen eingeleitet hatte, bemerkte er, dass eine Diskrepanz zwischen der angezeigten und der erwarteten Treibstoffmenge bestand.

- Der Pilot entschied sich für den Weiterflug zum Flugplatz Hausen am Albis.
- Nach einer Flugzeit von 1:33 h musste der Pilot aufgrund von Treibstoffmangel eine Notlandung durchführen.
- Die Hinweisschrift *LOW FUEL* im *warning display* muss während rund einer Stunde vor der Notlandung geleuchtet haben.
- Der Pilot nahm die Hinweisschrift *LOW FUEL* wahrscheinlich nicht wahr, weil er eine zu hohe Sitzposition gewählt hatte und derart unter Stress stand, dass er die Situation nur noch eingeschränkt wahrnahm.
- Nachdem das Flugzeug betankt und durch einen Mechaniker auf äussere Schäden untersucht worden war, startete der Pilot rund zwei Stunden nach der Notlandung erneut und flog ereignislos zum Flugplatz Hausen am Albis.
- Der Pilot veränderte den Zustand des Flugzeuges nach der Notlandung, obwohl technische Mängel ersichtlich waren, welche durch die SUST hätten untersucht werden müssen.

3.2 Ursachen

Zum schweren Vorfall führte eine Notlandung aufgrund eines Motorausfalls, der durch Treibstoffmangel verursacht wurde.

Die folgenden Faktoren haben in Kombination zur Entstehung des Vorfalls geführt:

- Der Treibstoffstand wurde vor Antritt des Fluges nicht korrekt ermittelt.
- Die Füllstandsensoren waren seitenverkehrt eingebaut, was dazu führte, dass die Flügeltankanzeigen bei geringem Treibstoffstand nicht korrekt anzeigten.
- Der Flug wurde unverändert fortgesetzt, obwohl eine Diskrepanz zwischen der angezeigten und der erwarteten Treibstoffmenge erkannt wurde.
- Die Hinweisschrift im *warning display* (Warnanzeigevorrichtung) für geringen Treibstoffvorrat wurde nicht wahrgenommen.

Payerne, 11. Dezember 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, 23. Januar 2014