



Summarischer Bericht

Bezüglich des vorliegenden Unfalls oder schweren Vorfalls wurde eine summarische Untersuchung gemäss Art. 45 der Verordnung über die Sicherheitsuntersuchung von Zwischenfällen im Verkehrswesen (VSZV) durchgeführt. Dieser Bericht wurde mit dem Ziel erstellt, dass aus dem vorliegenden Zwischenfall etwas gelernt werden kann.

Luftfahrzeug	A330-343	HB-JHC
Haupthalter	Swiss International Air Lines Ltd., 4002 Basel	
Haupteigentümer	Swiss International Air Lines Ltd., 4002 Basel	
Kommandant	Schweizer Staatsangehöriger, Jahrgang 1967	
Ausweis	Verkehrspilotenlizenz für Flugzeuge (<i>airline transport pilot licence aeroplane</i> – ATPL(A)) nach der Europäischen Agentur für Flugsicherheit (<i>European Aviation Safety Agency</i> – EASA), ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL)	
Flugstunden	insgesamt 11 378 h	während der letzten 90 Tage 83:04 h
	mit dem Vorfallmuster 369:31 h	während der letzten 90 Tage 83:04 h
Copilot	Deutscher Staatsangehöriger, Jahrgang 1981	
Ausweis	ATPL(A) nach EASA, ausgestellt durch das BAZL	
Flugstunden	insgesamt 2022 h	während der letzten 90 Tage 168:31 h
	mit dem Vorfallmuster 224:24 h	während der letzten 90 Tage 168:31 h
Ort	6 NM westlich des Flughafens Zürich (LSZH)	
Koordinaten	672 706 / 254 598	Höhe rund 7000 ft QNE
Datum und Zeit	26. November 2015, 17:50 Uhr (LT = UTC + 1 h) Alle Angaben in diesem Bericht in Lokalzeit	
Betriebsart	Linienflug	
Flugregeln	Instrumentenflugregeln (<i>instrument flight rules</i> – IFR)	
Flugphase	Start und Steigflug	
Vorfallart	Verlust von Hydraulikflüssigkeit	
Abflugort	Zürich (LSZH)	
Bestimmungsort	Newark (KEWR)	

Personenschaden	Besatzung	Passagiere	Drittpersonen
Leicht verletzt	0	0	0
Nicht verletzt	12	203	-
Schaden am Luftfahrzeug	Leicht beschädigt	Hydraulikpumpen	
Dritttschaden	Keiner		

Verlauf des schweren Vorfalls

Es handelte sich um einen Linienflug von Zürich (LSZH) nach Newark (KEWR) unter der Flugnummer LX18 und dem Funkrufzeichen *Swiss One Eight*, bei dem der Copilot der fliegende Pilot (*pilot flying* – PF) war und der Kommandant die Funktion des assistierenden Piloten (*pilot monitoring* – PM) ausübte. Das Flugzeug HB-JHC stand nach einem C-Check¹ zuvor elf Tage am Boden.

Die Vorbereitungen am Boden sowie der Start erfolgten ohne besondere Vorkommnisse. Der Standardinstrumentenabflugroute VEBIT 3S in einer Linkskurve zum Wegpunkt VEBIT westlich des Flughafens folgend, wurde rund fünf Minuten nach dem Start die Warnmeldung (*master caution*) „HYD G LEAK“ zusammen mit einem akustischen Warnton (*single chime*) ausgegeben, nachdem die Landeklappen (*flaps*) eine Stufe eingefahren worden waren. Diese Warnmeldung konnte anhand des Hydraulik-Systemdiagramms (*HYD system page*) von der Flugbesatzung bestätigt werden (vgl. Abbildung 1). Es folgten die weiteren Warnungen betreffend das grüne (G) Hydrauliksystem „HYD G RSVR LO LVL“ und „HYD G ENG 1 + 2 PUMP LO PR“.

Die Flugbesatzung unterbrach den Steigflug, behielt eine angezeigte Geschwindigkeit von 210 kt bei, verlangte den Einflug in eine Warteschleife (*holding*) über dem Wegpunkt GIPOL auf Flugfläche (*flight level* – FL) 120 über der Wolkendecke und setzte eine Dringlichkeitsmeldung (PAN-PAN) ab. Der Flugbesatzung war klar, dass sie unter diesen Umständen den Flug nicht weiterführen konnten.

Nachdem die Passagiere darüber informiert worden waren, wurden die Anweisungen des *electronic centralized aircraft monitoring* (ECAM) abgearbeitet und die Folgen der ausgefallenen Systeme, u.a. der Verlust der Bugradsteuerung und das Ausfahren des Fahrwerkes mittels Schwerkraft (*gravity gear extension*) eingehend diskutiert. Aufgrund des Geruches nach Hydraulikflüssigkeit in der Kabine und im Cockpit bekam der Copilot Kopfschmerzen; er setzte deshalb für den weiteren Flug die Sauerstoffmaske auf, was der Situation angepasst war. Einige Passagiere und Besatzungsmitglieder bekundeten später ebenfalls Übelkeit und Kopfschmerzen.

Die Kabinen-Druckluftquelle wurde von den Triebwerken auf das Hilfstriebwerk (*auxiliary power unit* – APU) umgestellt.

Da auf der ECAM-Anzeige kein LAND ASAP² erschien, war die Situation nicht zeitkritisch. Die Flugbesatzung diskutierte daher die Vor- und Nachteile einer Landung unterhalb der höchstzulässigen Landemasse (*maximum landing mass* – MLAM) von 187 Tonnen, was eine Wartezeit im *holding* von mindestens dreieinhalb Stunden bedeutet hätte (zur Reduktion der Landemasse), dies vor dem Hintergrund allfällig giftiger Hydraulikdämpfe, die im Flugzeug wahrnehmbar waren.

Nach Rücksprache mit dem Unterhaltsbetrieb würde keine grössere Inspektion nötig werden bei einer Landung über der MLAM, solange die Sinkrate beim Aufsetzen den Wert von 360 ft/min nicht übersteigt.

In der Folge entschied sich die Flugbesatzung, während der Anflugvorbereitungen für eine Stunde mit *flaps 2* im *holding* die Treibstoffmasse soweit zu reduzieren, bis die Anflugmasse bei errechneten rund 205 Tonnen zu liegen komme³. Unter den gegebenen Umständen berechnete die Flugbesatzung bei den vorherrschenden Bedingungen eine benötigte Landedistanz von rund 2700 m und entschied sich für einen Anflug auf die Piste 16, bei welcher der Kommandant PF sein werde.

¹ C-Check: *major check*; Hauptinspektion

² LAND ASAP: *land as soon as possible*

³ Auf der HB-JHC war die technische Option zum Treibstoffablassen (*fuel dumping*) nicht installiert.

Der Anflug unter Radarführung (*vectors*) für den *instrument landing system* (ILS)-Anflug auf die Piste 16 erfolgte ohne besondere Ereignisse. Die Sinkrate betrug beim Aufsetzen rund 300 ft/min und das Flugzeug kam bei der Abzweigung (*intersection*) E7 zum Stehen. Rund 10 Minuten nach der Landung erwärmten sich die Bremsen auf ein Maximum von etwa 425 °C. Das Flugzeug wurde zum Standplatz gezogen und die Passagiere konnten das Flugzeug über die Fluggastbrücke verlassen.

Nach dem Flug wurde unter der Leitung des Kommandanten mit der Besatzung eine Nachbesprechung (*debriefing*) durchgeführt. Am Folgetag wurden die Besatzungsmitglieder der Kabine vom *duty officer cabin crew* einzeln angerufen und nach dem Gesundheitszustand befragt; bis auf eine Flugbegleiterin (*flight attendant*) zeigte zu diesem Zeitpunkt gemäss den Informationen der Fluggesellschaft keines der Besatzungsmitglieder irgendwelche Symptome.

Wie die Fluggesellschaft weiter angab, ist eine Guideline in Erarbeitung, die Besatzungsmitgliedern nach einem *smoke / fume event*⁴ als Hilfestellung abgegeben werden soll; darin sei auch ein *medical guide* enthalten.

Im Fall der einen *flight attendant*, die erst am Folgetag nebst Übelkeit und Schwindelgefühlen zudem auch Wahrnehmungsstörungen im Bereich Geschmacks- und Geruchssinn sowie Erinnerungs- und Konzentrationsstörungen bekundete, konnten aufgrund der rund 24 Stunden nach dem Flug erhobenen medizinischen Untersuchung und anhand der hämatologischen Resultate keine pathologischen Befunde nachgewiesen werden.

Wetter zur Zeit der Landung in Zürich

In der Zeit von 18:50 UTC bis zur Landung war für den Flughafen Zürich die folgenden Flugplatzwettermeldung (*meteorological aviation routine weather report – METAR*) gültig:

Wetter/Wolken	1/8 – 2/8 auf 900 ft AAE ⁵ 3/8 – 4/8 auf 6000 ft AAE 5/8 – 7/8 auf 7000 ft AAE In der Umgebung des Flughafens wurden Schauer beobachtet.
Sicht	10 km oder mehr
Wind	360 Grad, 3 kt, Richtungsvariation aus 310 bis 030 Grad
Temperatur/Taupunkt	3 °C / 2 °C
Luftdruck (QNH)	1019 hPa (Druck reduziert auf Meereshöhe, berechnet mit den Werten der ICAO ⁶ -Standardatmosphäre)
Gefahren	keine
Trend	Keine wesentliche Änderung der herrschenden Wetterbedingungen.

Beschreibung des Hydrauliksystems

Die folgende Beschreibung des Hydrauliksystems beschränkt sich auf die im vorliegenden Fall relevanten Komponenten.

Das Flugzeug besitzt drei voneinander unabhängige, permanent betriebene Hydrauliksysteme (HYD SYS) mit einem Betriebsdruck von 3000 PSI (206 bar), die mit Grün, Blau und Gelb

⁴ *fume event* (oder *smell event*): Ereignis in der Luftfahrt, bei dem Probleme in der Druckluftanlage als mögliche Ursache von Verunreinigungen der Atemluft genannt sind, wobei nicht unbedingt auch sichtbarer Dunst oder Rauch im Cockpit oder der Flugzeugkabine auftreten muss.

⁵ AAE: *above aerodrome elevation*, über Flugplatzbezugshöhe

⁶ ICAO: *International Civil Aviation Organisation*

bezeichnet werden. Jedes System wird vom eigenen Reservoir (RSVR) versorgt, dessen Füllstand (*level – LVL*) im Cockpit auf der Systemseite (*system page*) angezeigt wird (vgl. Abbildung 1). Die Möglichkeit, hydraulische Flüssigkeit unter den einzelnen Systemen zu transferieren, besteht nicht. Die wichtigsten Anforderungen an eine solche Flüssigkeit sind die Schmierfähigkeit und Viskositätsstabilität in einem grossen Temperaturbereich, geringe Neigung zur Entflammbarkeit und eine minimale Aggressivität betreffend Korrosion gegenüber den meisten im Flugzeug verwendeten Metallen. Verwendet wurde im vorliegenden Fall die Hydraulikflüssigkeit vom Typ HYJET V vom Hersteller Exxon Mobil. Diesem vollsynthetischen Hydrauliköl sind zum Erlangen der gewünschten Eigenschaften spezifische Additive zugeführt, von denen grundsätzlich ein Gefährdungspotential ausgeht.

Beim grünen System sorgen im Normalbetrieb zwei motorbetriebene Pumpen (*engine driven pump – EDP*), eine installiert am Triebwerk 1 (EDP1) und eine am Triebwerk 2 (EDP2). Diese können manuell drucklos gemacht werden mittels Druckknopf im Cockpit oder automatisch von der *hydraulic system monitoring unit (HSMU)* im Falle eines Triebwerkausfalls oder externen Hydrauliklecks.

Das grüne Hydrauliksystem betreibt die primären und sekundären Steuerelemente (in Redundanz mit den beiden anderen Hydrauliksystemen), das Fahrwerk, das normale Bremssystem, die Bugradsteuerung und den elektrischen Notgenerator (*ram air turbine – RAT*). Zusätzlich sorgt eine elektrische Pumpe beim Ausfall eines der beiden Triebwerke für den nötigen Hydraulikdruck, um das Fahrwerk einzufahren.

Wenn das grüne System ausfällt, stehen diverse Funktionen gar nicht oder nur noch in eingeschränkter Weise (*alternate mode*) zur Verfügung.

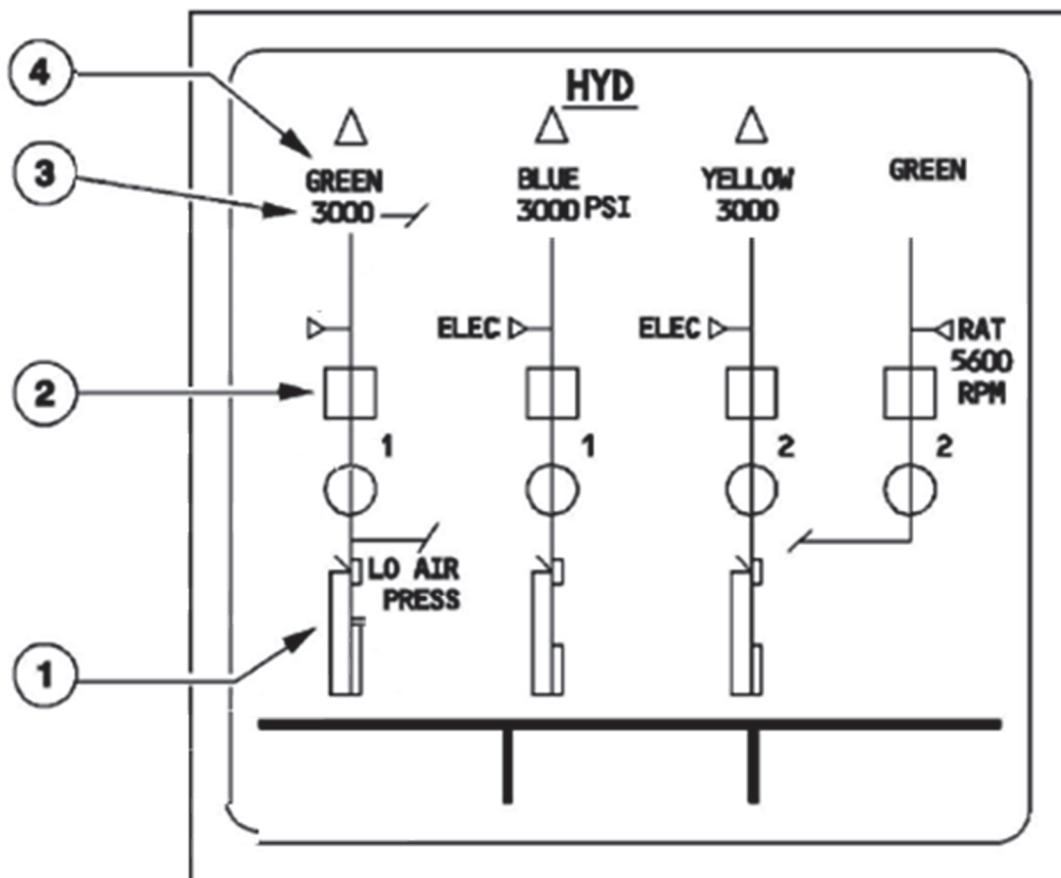


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Hydrauliksystems, wie sie der Flugbesatzung auf der Systemseite (*system page*) im Cockpit dargestellt wird (angepasst durch die SUST auf die im vorliegenden Fall relevanten Anzeigen): ①: *reservoir quantity* ②: *ENG pumps control and low pressure indication* ③: *system pressure* ④: *system label*

Fehlersuche und Befunde

Im Nachgang zum schweren Vorfall wurden die beiden Pumpen EDP1 und EPD2 ersetzt. An deren Filter (*case drain filters*) konnte Spuren von Metallstücken festgestellt werden. Eine fünf Tage später analysierte Probe der Flüssigkeit des grünen Hydrauliksystems war zufriedenstellend.

Vertiefte Abklärungen zeigten bei beiden EDP interne Beschädigungen, wobei bei der EDP1 ein deutlich stärkeres Ausmass sowie eine Reibverschweissung (*seizure*) der drehenden Baugruppen (*rotating group*) festgestellt werden konnte. Ferner war nach rund 34 000 Flugstunden an den Kolbenschuhen (*piston shoes*) eine vorbestandene Abnutzung festzustellen.

Aerotoxisches Syndrom

Der im Jahre 1999 eingeführte Begriff greift ein seit dem Ende der 1950er-Jahre bekanntes, wenig erforschtes Krankheitsbild auf, wonach die Verunreinigung der Atemluft an Bord von Passagierflugzeugen Gesundheitsschädigungen hervorrufen. Es ist möglich, dass im Normalbetrieb geringe Mengen, im Fall eines Dichtungsversagens giftige Bestandteile von Betriebsstoffen in grösseren Mengen austreten können, am heissen Triebwerk verdampfen und sich über die Druckluft ungefiltert in der Kabine niederschlagen können.

Die EASA hat die Medizinische Hochschule Hannover und das Fraunhofer Institut mit einer ausgedehnten Untersuchung über die Schadstoffbelastung von Kabinenluft beauftragt. Untersucht werden soll die Kabinenluft im Normalzustand und bei „*fume events*“. Resultate sind nicht vor Oktober 2016 zu erwarten.

Das Sicherheitsdatenblatt der verwendeten Hydraulikflüssigkeit warnt bei Inhalation in Form von Nebel oder Dampf unter anderem vor einer Reizung der Atemwege, Schwindelgefühlen, Übelkeit und Bewusstlosigkeit, insbesondere beim Überschreiten der Kurzzeitgrenzwerte.

Schlussfolgerungen

Die Herkunft des Lecks im grünen Hydrauliksystem konnte unmittelbar auf die EDP1 (P/N 3022053-001)⁷ oder EDP2 (P/N 974976) eingegrenzt werden, da nach deren Austausch keine weiteren Lecks festgestellt werden konnten.

Unter Startleistung kam es bei der EDP1 sehr wahrscheinlich aufgrund vorbestandener Abnutzung an den Kolbenschuhen (*piston shoes*) zu einer internen Beschädigung, was zu einem Leck und damit zu einem allmählichen Verlust der Hydraulikflüssigkeit im grünen System führte. Die Herkunft des wahrgenommenen Geruchs in der Kabine ist sehr wahrscheinlich auf die Kontaminierung der Triebwerk-Zapfluft wegen des Hydraulikölverlusts in der Anfangsphase des Startlaufes (*initial take-off run*) zurückzuführen, wobei unter Startleistung bei geringer Geschwindigkeit eine geringe Menge über den Triebwerkseinlass (*engine inlet*) angesaugt wurde. Diese Schlussfolgerung wird dadurch gestützt, dass der in der Kabine wahrgenommene Geruch nach Hydrauliköl in der kontaminierten Triebwerk-Zapfluft (*engine bleed air*) merklich abnahm, als die Druckluft von der APU bezogen wurde.

Aufgrund der schwindenden Hydraulikflüssigkeit liefen die beiden EDP in der Phase erhöhter Belastung nach dem Start, bei der das Fahrwerk und die Landeklappen eingefahren wurden, eine nach der anderen trocken und wurden mangels Schmierung und Kühlung beschädigt. Dies führte in der Folge zur Warnung (*master caution*) „*HYD G ENG 1 + 2 PUMP LO PR*“.

Auch wenn der durch das Leck bedingte Verlust des grünen Hydrauliksystems keine zeitkritische Situation darstellte, entschied sich die Besatzung nach ausführlicher Vorbereitung für

⁷ Die EDP1 entspricht dem neusten Standard und die zugehörigen *mean time between unscheduled removal* (MTBUR) Werte liegen deutlich höher als bei der EDP2.

eine Landung über der MLAM. Diese der Situation angepassten Überlegungen sowie das Umstellen der Kabinen-Druckluftquelle von den Triebwerken auf die APU führten dazu, dass die Insassen nicht länger als nötig den Hydrauliköldämpfen ausgesetzt waren.

Die bei einer Flugbegleiterin (*flight attendant*) rund 24 Stunden später erhobenen hämatologischen Untersuchungen konnten keine pathologischen Befunde nachweisen. Hierzu liefern zeitnahe spezifische Blutproben die beste Ausgangssituation, um allfällige Spuren im Blut festzustellen. Grundsätzlich geht von Hydraulikflüssigkeiten, wie sie heutzutage in der Verkehrsfliegerei zur Anwendung kommen, ein nicht vernachlässigbares Gefährdungspotential aus; die Symptome, wie sie sowohl vom Copiloten während des Fluges als auch von der Flugbegleiterin am Folgetag bekundet wurden, sind denkbar.

Payerne, 15. November 2016

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle