



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. 2199 der Schweizerischen Unfalluntersuchungsstelle SUST

über den schweren Vorfall des
Flugzeuges AVRO 146-RJ100, HB-IXW

vom 2. Juli 2012

24 NM südöstlich des Drehfunkfeuers
Rolampont (RLP), Frankreich

Causes

L'incident grave est dû au fait que le système de pressurisation de la cabine s'est complètement arrêté au niveau de vol FL 244 (7437 m) suite à un défaut dans le système droit de la distribution de l'air conditionné. De ce fait, l'équipage a été contraint d'effectuer une descente d'urgence jusqu'à une altitude de sécurité.

Le fait que le *airconditioning pack 1* a été désactivé avant le vol a contribué à l'incident grave.

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 koordinierter Weltzeit (*co-ordinated universal time* – UTC) angegeben. Für das Gebiet der Schweiz galt im Zeitpunkt des schweren Vorfalles die mitteleuropäische Sommerzeit (MESZ) als Normalzeit (*local time* – LT). Die Beziehung zwischen LT, MESZ und UTC lautet:
LT = MESZ = UTC + 2 h.

Inhaltsverzeichnis

Allgemeine Hinweise zu diesem Bericht	3
Zusammenfassung.....	6
Untersuchung	6
Kurzdarstellung	6
Ursachen	6
1 Sachverhalt.....	7
1.1 Vorgeschichte und Flugverlauf.....	7
1.1.1 Allgemeines	7
1.1.2 Vorgeschichte	7
1.1.3 Flugverlauf	7
1.1.4 Ort des schweren Vorfalles	9
1.2 Personenschäden.....	9
1.2.1 Verletzte Personen	9
1.3 Schaden am Luftfahrzeug.....	9
1.4 Drittschaden.....	9
1.5 Angaben zu Personen.....	9
1.5.1 Kommandant	9
1.5.1.1 Allgemeines	9
1.5.1.2 Flugerfahrung	10
1.5.1.3 Besatzungszeiten	10
1.5.2 Copilot.....	10
1.5.2.1 Allgemeines	10
1.5.2.2 Flugerfahrung	11
1.5.2.3 Besatzungszeiten	11
1.6 Angaben zum Luftfahrzeug	11
1.6.1 Allgemeines	11
1.6.2 Systeme und Anzeigen.....	12
1.6.2.1 Allgemeines	12
1.6.2.2 Druckluftsystem	12
1.6.2.3 Druckbelüftungssystem	13
1.6.2.4 Temperaturüberwachung des Druckluftverteilsystems	14
1.6.2.5 Flügelenteisungssystem	15
1.6.2.6 Sauerstoffsystem für Passagiere und Kabinenbesatzung	16
1.6.2.7 Sauerstoffsystem für die Cockpitbesatzung	17
1.6.2.8 Warnung bei Druckabfall im Flugzeug	17
1.6.2.9 Automatische Ansage.....	18
1.6.2.10 Systemverfügbarkeit beim Start von Flug LX 456	18
1.6.2.11 Systemstörung als Auslöser des schweren Vorfalles.....	18
1.6.3 Technische Massnahmen unmittelbar nach dem schweren Vorfall	19
1.7 Meteorologische Angaben.....	19
1.7.1 Allgemeine Wetterlage	19
1.7.2 Wetter in der Umgebung des Drehfunkfeuers Rolampont (RLP).....	19
1.7.3 Astronomische Angaben	19
1.7.4 Wettermeldung des Flughafens Zürich	20
1.8 Navigationshilfen.....	20
1.9 Kommunikation	20
1.10 Flugschreiber.....	21
1.10.1 Flugdatenschreiber	21
1.10.2 Sprachaufzeichnungsgerät.....	21
1.11 Angaben über das Wrack, den Aufprall und die Unfallstelle	21

1.12	Medizinische und pathologische Feststellungen.....	21
1.13	Feuer.....	21
1.14	Überlebensaspekte.....	21
1.15	Angaben zu verschiedenen Organisationen und deren Führung	21
1.15.1	Flugbetriebsunternehmen.....	21
1.16	Zusätzliche Angaben.....	22
1.16.1	Vorhergehender Vorfall	22
1.16.2	Verfahren bei Notabstieg.....	22
2	Analyse	23
2.1	Technische Aspekte.....	23
2.1.1	Druckbelüftungssystem	23
2.1.2	Flugzeugenteisungssystem	23
2.1.3	Hilfsaggregat.....	24
2.1.4	Passagiermasken und Sauerstoffgeneratoren	24
2.2	Menschliche und betriebliche Aspekte	24
2.2.1	Verhalten der Cockpit-Besatzung während des schweren Vorfalls	24
2.2.2	Verhalten der Kabinen-Besatzung während des schweren Vorfalls	25
2.2.3	Verhalten des Flugbetriebsunternehmens nach dem schweren Vorfall.....	25
2.2.4	Verhalten der Flugverkehrsleitung während des schweren Vorfalls	25
2.2.4.1	Reims Control.....	25
2.2.4.2	Paris Control.....	26
3	Schlussfolgerungen.....	27
3.1	Befunde	27
3.1.1	Technische Aspekte	27
3.1.2	Besatzung.....	27
3.1.3	Flugverlauf.....	27
3.1.4	Flugverkehrsleitung	28
3.1.5	Rahmenbedingungen	28
3.2	Ursachen	28
4	Sicherheitsempfehlungen und seit dem schweren Vorfall getroffene Massnahmen.....	29
4.1	Sicherheitsempfehlungen.....	29
4.2	Seit dem schweren Vorfall getroffene Massnahmen	29
Anlagen	30	
Anlage 1:	Gesamtflugverlauf (LSZH – LSZH)	30
Anlage 2:	Flugverlauf während des schweren Vorfalls.....	31
Anlage 3:	Zeitliche Abfolge wesentlicher Ereignisse	32
Anlage 4:	Emergency Checklist – Cabin High Altitude	33
Anlage 5:	Emergency Checklist – Descent after Pressurization Failure	34
Anlage 6:	Central Warning Panel – Relevante Warnanzeigen	36
Anlage 7:	Air Supply Panel – Relevante Warnanzeigen	37
Anlage 8:	Schematische Darstellung des Druckbelüftungssystems.....	38
Anlage 9:	Pressurization Control Panel.....	39
Anlage 10:	Leckes Druckluftrohr im Bereich des Triebwerks 4	40
Anlage 11:	Gebrochene Bride P/N 10A222-200-95.....	41

Schlussbericht

Zusammenfassung

Eigentümer	Swiss International Air Lines Ltd. Postfach, 4002 Basel, Schweiz
Halter	Swiss European Air Lines AG, Malzgasse 15, 4052 Basel, Schweiz
Hersteller	British Aerospace Regional Aircraft Ltd.
Luftfahrzeugmuster	AVRO 146-RJ100
Eintragsstaat	Schweiz
Eintragszeichen	HB-IXW
Ort	24 NM südöstlich des Drehfunkfeuers Rolampont (RLP), FL 244, französisches Hoheitsgebiet
Datum und Zeit	2. Juli 2012, 10:09 UTC

Untersuchung

Der schwere Vorfall ereignete sich am 2. Juli 2012 um 10:09 UTC. Die Meldung traf gleichentags um 11:00 UTC bei der SUST ein, die um ca. 11:45 UTC eine Untersuchung eröffnete, nachdem ihr die Behandlung dieses Ereignisses von der französischen Untersuchungsbehörde Bureau d'Enquêtes et d'Analyses (BEA) delegiert worden war.

Die SUST informierte folgende Staaten auf dem Meldeweg über den schweren Vorfall: Frankreich und das Vereinigte Königreich. Beide Staaten ernannten einen bevollmächtigten Vertreter und boten der SUST ihre Unterstützung an.

Der vorliegende Schlussbericht wird durch die SUST veröffentlicht.

Kurzdarstellung

Am 2. Juli 2012 um 09:47 UTC startete das Flugzeug AVRO 146-RJ100, eingetragen als HB-IXW unter der Flugnummer LX 456 und dem Funkrufzeichen *Swiss four seven three foxtrot* zu einem Linienflug von Zürich (LSZH) nach London City (EGLC).

Nach einer Flugzeit von ca. 22 Minuten auf Flugfläche (*flight level* – FL) 244 erschienen im Steigflug verschiedene Warnungen, unter anderem die Warnanzeige R ZONE HI TEMP. Diese Warnung löste mehrere automatische Abschaltungen aus, darunter die Abschaltung des *airconditioning pack 2*. Zu diesem Zeitpunkt befand sich das Flugzeug 24 NM südöstlich des Drehfunkfeuers Rolampont (RLP) in Frankreich.

Da das *airconditioning pack 1* bereits zu Beginn des Fluges deaktiviert war, erkannte die Cockpitbesatzung, dass nun die Druckbelüftung nicht mehr gewährleistet war, was zu einem Druckabfall im Flugzeug führte. Die Besatzung setzte die Sauerstoffmaske auf. Gut eine Minute nach den ersten Warnungen leuchtete die Warnanzeige CABIN HI ALT auf. Die Besatzung meldete der Flugverkehrsleitstelle *Reims Control* die Notsituation und leitete einen Notabstieg ein. Kurz darauf wurden die Sauerstoffmasken in der Kabine automatisch ausgelöst. Diese wurden von den Passagieren gemäss Anweisung der Kabinenbesatzung aufgesetzt.

Um 10:15:40 UTC erreichte das Flugzeug FL 100. Die Besatzung entschloss sich nach eingehender Analyse und Beurteilung der Situation zurück nach Zürich zu fliegen. Anflug und Landung verliefen ereignislos. Keiner der Passagiere und der Besatzung kam zu Schaden.

Ursachen

Der schwere Vorfall ist darauf zurückzuführen, dass nach einem Defekt im rechten Druckluftverteilssystem das Kabinendruckbelüftungssystem auf FL 244 (7437 m) ganz ausfiel und die Besatzung gezwungen war, einen Notabstieg auf eine sichere Flughöhe durchzuführen.

Zum schweren Vorfall hat beigetragen, dass das *airconditioning pack 1* vor dem Flug stillgelegt worden war.

1 Sachverhalt

1.1 Vorgeschichte und Flugverlauf

1.1.1 Allgemeines

Für die folgende Beschreibung von Vorgeschichte und Flugverlauf wurden die Aufzeichnungen des Sprechfunkverkehrs, des Flugdatenschreibers, Radardaten, sowie die Aussagen der Besatzungsmitglieder verwendet. Der Kommandant war während des ganzen Fluges fliegender Pilot (*pilot flying* – PF), der Kopilot war assistierender Pilot (*pilot not flying* – PNF).

Der Flug wurde nach Instrumentenflugregeln (*instrument flight rules* – IFR) durchgeführt.

1.1.2 Vorgeschichte

Am 1. Juli 2012, auf dem Flug LX 1171 von Stuttgart (EDDS) nach Zürich (LSZH), wurde folgende Beanstandung ins Bordbuch eingetragen: „*After engine start with bleed air on (APU¹ u/s) smell of burned oil in flight deck, disappeared in climb out*“. Durch die Flugzeugwartung wurde bei laufenden Triebwerken eine Kontrolle mit dem so genannten *oil tracer* durchgeführt. Da die Analyse der Daten des *oil tracer* einige Zeit in Anspruch nimmt, wurde zusätzlich eine Kontrolle mit dem *boroscope* durchgeführt. Dabei wurden am Triebwerk 1, im Bereich des Lagers #9, Ölsuren vorgefunden. Um das Flugzeug ohne Verspätung am nächsten Tag für Flug LX 456 freigeben zu können, wurde das *airconditioning pack 1* ausser Betrieb gesetzt. Die Druckluftzufuhr vom Triebwerk 1 wurde nicht unterbunden. Die APU war seit dem 26. Juni 2012 ausser Betrieb.

1.1.3 Flugverlauf

Am 2. Juli 2012 um 09:47 UTC startete das Flugzeug AVRO 146-RJ100, eingetragen als HB-IXW, unter der Flugnummer LX 456 und dem Funkrufzeichen *Swiss four seven three foxtrot*, zu einem Linienflug von Zürich (LSZH) nach London City (EGLC).

Der Start und der Steigflug verliefen ereignislos. Um 09:59:30 UTC, mittlerweile mit einer Freigabe bis FL 240 wurde die Besatzung von *Swiss Radar* aufgefordert, auf die Frequenz 134.405 MHz von *Reims Control* zu wechseln. Dort erhielt Flug LX 456 umgehend die Freigabe, bis auf FL 300 zu steigen. Um 10:08:22 UTC auf FL 244 im Steigflug auf die freigegebene Flugfläche 300 erschienen verschiedene Warnungen, unter anderem die Warnung R ZONE HI TEMP (vgl. Anlage 3). Diese Warnung löste mehrere automatische Abschaltungen aus, darunter die Abschaltung des *airconditioning pack 2* (vgl. Kapitel 1.6.2.4). Zu diesem Zeitpunkt befand sich das Flugzeug 24 NM südöstlich des Drehfunkfeuers Rolampont (RLP) in Wolken. Da gemäss Aussage der Besatzung Vereisungsgefahr bestand, waren die Flügel-, Heck- und Triebwerkenteisungen eingeschaltet. Um 10:09:09 UTC erhielt die Besatzung von *Reims Control* die Anweisung, auf die Frequenz 134.960 MHz zu wechseln, was von der Besatzung quittiert wurde.

Da das *airconditioning pack 1* bereits zu Beginn des Fluges deaktiviert war, erkannte die Cockpitbesatzung, dass nun die Druckbelüftung nicht mehr gewährleistet war. In der Folge verlangte sie um 10:09:40 UTC die Bewilligung zum Absinken: „*...foxtrott, requesting descent, we have a pressurization problem*“. Dieser Aufruf bewirkte eine Rückfrage des Flugverkehrsleiters: „*Station calling, say again*“, welche von der Besatzung lediglich mit der unvollständigen Wiederholung

¹ APU – *auxiliary power unit* (Hilfsaggregat).

des Funkrufzeichens ausgeführt wurde. Unmittelbar danach war die Frequenz mit zwei Funkgesprächen anderer Flugzeuge besetzt. Die Cockpitbesatzung setzte währenddessen die Sauerstoffmasken auf.

Um 10:09:45 UTC leuchteten die Warnanzeigen CABIN HI ALT und *red attention getting lights* auf und es ertönte ein *triple chime*.

Um 10:10:31 UTC meldete die Besatzung auf FL 256 eine Notlage wie folgt: „*mayday mayday... emergency descent to flight level one hundred*“. Auf Grund der erschwerten Verständlichkeit mit der aufgesetzten Sauerstoffmaske hatte dieser Funkspruch wieder eine Rückfrage des Flugverkehrsleiters zur Folge.

Der Notabstieg wurde um 10:11:05 UTC ohne Kursänderung eingeleitet. Kurze Zeit später wechselte die Besatzung den *transponder code* auf 7700².

Um 10:11:54 UTC erteilte *Reims Control* folgende Bewilligung: „*swiss four seven three foxtrott we have big difficulties to understand you, so you may descend to flight level one hundred, if you have to*“.

Während des Sinkflugs mit einer durchschnittlichen Sinkrate von 3600 ft/min und einer durchschnittlichen angezeigten Geschwindigkeit in Knoten (*knots indicated airspeed* - KIAS) von 264 kt wurden die Sauerstoffmasken in der Kabine um etwa 10:11:40 UTC automatisch ausgelöst. Da die entsprechende Information über die Lautsprecheranlage (*pre-recorded announcement*) nicht ausgelöst wurde, machte der Kabinenchef diese Ansage in englischer und deutscher Sprache. Bei der Sitzreihe 1DEF, sowie bei einer Flugbegleiterstation hinten im Flugzeug wurden die Sauerstoffmasken nicht automatisch ausgeworfen. Die Sauerstoffmasken in der ersten Sitzreihe wurden vom Kabinenchef umgehend manuell ausgelöst. Die betroffene Flugbegleiterin benutzte die Sauerstoffmaske in der Toilette. Innerhalb kurzer Zeit hatten alle Passagiere die Sauerstoffmasken aufgesetzt. Durch eine chemische Reaktion erhitzen sich die Sauerstoffgeneratoren und es entstand ein sichtbarer bläulicher Dunst. Dies führte bei einigen Passagieren zu Verunsicherung und zu leichtem Augenbrennen. Gemäss Angaben der Kabinenbesatzung entstand keine Panik.

Um 10:14:46 UTC wies der Flugverkehrsleiter Flug LX 456 an, auf die Frequenz von *Paris Control* zu wechseln.

Das Flugzeug erreichte um 10:15:40 UTC die vorgewählte Flugfläche 100. Der Kommandant meldete der Kabinenbesatzung, dass sich das Flugzeug nun auf sicherer Höhe befinde und dass die Sauerstoffmasken nicht mehr benötigt würden.

Nach eingehender Analyse entschloss sich die Besatzung, nach Zürich zurückzuflogen und meldete dies *Paris Control*. Um 10:18:25 UTC erhielt sie die Bewilligung nach links zu drehen und Kurs auf das Drehfunkfeuer BLM zu nehmen.

Die Besatzung setzte um 10:20:10 UTC folgende Meldung ab: „*normal operation, without air conditioning, pressurization*“.

Um 10:40:17 UTC meldete sich Flug LX 456 bei *Zurich Arrival*. Zu diesem Zeitpunkt befand sich das Flugzeug auf FL 100 mit Kurs auf den Navigationspunkt GIPOL, westlich des Flughafens Zürich. Der Luftverkehrsleiter führte daraufhin das Flugzeug mittels Kursanweisungen zur Piste 14. Um 10:55:04 UTC wies der Flugverkehrsleiter *Zurich Arrival* Flug LX 456 an, auf die Frequenz von *Zurich Tower* zu wechseln. Die Landung erfolgte um 10:57:18 UTC ereignislos.

Die Passagiere konnten das Flugzeug auf normalem Weg verlassen. Ein Passagier wurde von der Flughafensanität in Empfang genommen und betreut.

² Dieser Code meldet der Flugverkehrsleitstelle eine Notsituation.

- 1.1.4 Ort des schweren Vorfalles
24 NM südöstlich des Drehfunkfeuers Rolampont (RLP), FL 244.

1.2 Personenschäden

1.2.1 Verletzte Personen

Verletzungen	Besatzungs- mitglieder	Passagiere	Gesamtzahl der Insassen	Drittpersonen
Tödlich	0	0	0	0
Erheblich	0	0	0	0
Leicht	0	0	0	0
Keine	4	93	97	Nicht zutreffend
Gesamthaft	4	93	97	0

1.3 Schaden am Luftfahrzeug

Das Flugzeug wurde nicht beschädigt.

1.4 Drittschaden

Es entstand kein Drittschaden.

1.5 Angaben zu Personen

1.5.1 Kommandant

1.5.1.1 Allgemeines

Person	Schweizer Staatsbürger, Jahrgang 1959
Lizenz	Führerausweis für Verkehrspiloten auf Flächenflugzeugen (<i>airline transport pilot licence aeroplane – ATPL(A)</i>) nach <i>joint aviation requirements (JAR)</i> , erstmals ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) am 17. Mai 1995
Berechtigungen	Musterberechtigung AVRORJ/BAe146 als verantwortlicher Pilot, gültig bis 27. Januar 2013 Internationale Radiotelefonie für Flüge nach Sicht- und Instrumentenflugregeln RTI (VFR/IFR) <i>language proficiency:</i> <i>english level 4</i> , gültig bis 27. April 2014 Nachtflug NIT(A)
Instrumentenflugberechtigung	Instrumentenflug Flugzeug IR(A) Instrumentenanflüge der Kategorie III mit AVRORJ/BAe146, gültig bis 27. Januar 2013
Letzte Befähigungsüberprüfung	<i>licence proficiency check (LPC)</i> am 13. Dezember 2011
Medizinisches Tauglichkeitszeugnis	Klasse 1, Einschränkungen: VDL (<i>shall wear corrective lenses</i>), gültig vom 28. Dezember 2011 bis 7. Januar 2013
Letzte fliegerärztliche Untersuchung	28. Dezember 2011

1.5.1.2	Flugerfahrung		
	Gesamthaft	12 800 h	
	Auf dem Vorfalldmuster	4300 h	
	Während der letzten 90 Tage	35 h	
	Davon auf dem Vorfalldmuster	25 h	
	Als Kommandant	9700 h	
1.5.1.3	Besatzungszeiten		
	Beginn der Dienste in den 48 Stunden vor dem schweren Vorfall	30. Juni 2012 1. Juli 2012 2. Juli 2012	dienstfrei dienstfrei 08:30 UTC
	Dienstende in den 48 Stunden vor dem schweren Vorfall	30. Juni 2012 1. Juli 2012	dienstfrei dienstfrei
	Flugdienstzeiten in den 48 Stunden vor dem schweren Vorfall	30. Juni 2012 1. Juli 2012	0 h 0 h
	Ruhezeiten in den 48 Stunden vor dem schweren Vorfall	vom 30. Juni auf den 1. Juli vom 1. Juli auf den 2. Juli	dienstfrei dienstfrei
	Flugdienstzeit zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls	1:38 h	
1.5.2	Copilot		
1.5.2.1	Allgemeines		
	Person	Schweizer Staatsbürger, Jahrgang 1966	
	Lizenz	Führerausweis für Berufspiloten auf Flächenflugzeugen (<i>commercial pilot licence aeroplane – CPL(A)</i>) nach <i>joint aviation requirements (JAR)</i> , erstmals ausgestellt durch das BAZL am 9. Januar 2001	
	Berechtigungen	Musterberechtigung AVRORJ/BAe146 als Copilot, gültig bis 24. Januar 2013 Internationale Radiotelefonie für Flüge nach Sicht- und Instrumentenflugregeln RTI (VFR/IFR) <i>language proficiency:</i> <i>english level 4</i> , gültig bis 24. Januar 2014 Nachtflug NIT(A)	
	Instrumentenflugberechtigung	Instrumentenflug Flugzeug IR(A) Instrumentenanflüge der Kategorie III mit AVRORJ/BAe146, gültig bis 24. Januar 2013	
	Letzte Befähigungsüberprüfung	<i>licence proficiency check (LPC)</i> am 22. Januar 2012	
	Medizinisches Tauglichkeitszeugnis	Klasse 1, ohne Einschränkungen, gültig vom 15. Februar 2012 bis 27. Februar 2013	
	Letzte fliegerärztliche Untersuchung	15. Februar 2012	

1.5.2.2	Flugerfahrung		
	Gesamthaft	4130 h	
	Auf dem Vorfalldmuster	2869 h	
	Während der letzten 90 Tage	155 h	
	Davon auf dem Vorfalldmuster	155 h	
1.5.2.3	Besatzungszeiten		
	Beginn der Dienste in den 48 Stunden vor dem schweren Vorfall	30. Juni 2012 1. Juli 2012 2. Juli 2012	dienstfrei dienstfrei 08:30 UTC (Standby ab 03:00 UTC)
	Dienstende in den 48 Stunden vor dem schweren Vorfall	30. Juni 2012 1. Juli 2012	dienstfrei dienstfrei
	Flugdienstzeiten in den 48 Stunden vor dem schweren Vorfall	30. Juni 2012 1. Juli 2012	0 h 0 h
	Ruhezeiten in den 48 Stunden vor dem schweren Vorfall	vom 30. Juni auf den 1. Juli vom 1. auf den 2. Juli	dienstfrei dienstfrei (Standby ab 03:00 UTC)
	Flugdienstzeit zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls	1:38 h	
1.6	Angaben zum Luftfahrzeug		
1.6.1	Allgemeines		
	Eintragungszeichen	HB-IXW	
	Luftfahrzeugmuster	AVRO 146-RJ100	
	Charakteristik	Vierstrahliges Verkehrsflugzeug	
	Hersteller	British Aerospace Regional Aircraft Ltd.	
	Baujahr	1995	
	Werknummer	E3272	
	Eigentümer	Swiss International Air Lines Ltd., Postfach, 4002 Basel, Schweiz	
	Halter	Swiss European Air Lines AG, Malzgasse 15, 4052 Basel, Schweiz	
	Triebwerk	4 Allied Signal LF507-1F	
	Betriebsstunden Zelle	38 472 h	
	Anzahl Zyklen	35 666	
	Höchstzulässige Massen	Höchstzulässige Abflugmasse 44 999 kg Höchstzulässige Landemasse 40 142 kg	
	Masse und Schwerpunkt	Sowohl Masse als auch Schwerpunkt befanden sich innerhalb der gemäss Luftfahrzeughandbuch (<i>aircraft flight manual</i> – AFM) zulässigen Grenzen.	

Unterhalt	Die letzte geplante Unterhaltsarbeit ³ (A07 - Check) fand am 18. Juni 2012 bei 35 563 Zyklen statt.
Technische Einschränkungen	In der <i>deferred defect list</i> (DDL) waren das <i>airconditioning pack 1</i> , die APU und das <i>flight guidance system</i> (FGS) 2 als INOP eingetragen.
Zugelassene Treibstoffqualität	Flugpetrol JET A1
Eintragungszeugnis	Ausgestellt durch das BAZL am 11. April 2007 (Nr. 6), gültig bis zur Löschung aus dem Luftfahrzeugregister.
Lufttüchtigkeitszeugnis	Ausgestellt durch das BAZL am 11. April 2007, gültig bis zu seinem Widerruf durch die zuständige Behörde des Eintragsstaates.
Zulassungsbereich	Cat. IIIA RVR 200 m / DH 50 ft
Einsatzarten	LVTO RVR 125 m RVSM RNAV B-RNAV RNP 5 P-RNAV RNP 1.0 <i>Continuing Airworthiness</i> EC2042/2003, Part M Subpart G EFB Class 2 <i>Dangerous goods</i>

1.6.2 Systeme und Anzeigen

1.6.2.1 Allgemeines

Im Folgenden werden nur jene Systeme und Anzeigen erwähnt und beschrieben, welche auf den schweren Vorfall einen entsprechenden Einfluss hatten. Die in den folgenden Unterkapiteln beschriebenen System beziehen sich auf den Zeitpunkt des schweren Vorfalls.

1.6.2.2 Druckluftsystem

Das Druckluftsystem (*bleed air system*) liefert den pneumatischen Druck für den Antrieb der *airconditioning packs*. Im Folgenden werden diese als Pack 1 und Pack 2 bezeichnet.

Die Druckluftverteilung wird in Anlage 8 schematisch dargestellt.

Das Pack 1 bezieht Druckluft von der linken Druckluftversorgung (*left air supply*). Diese wird von den Triebwerken 1 und/oder 2 oder von der *auxiliary power unit* (APU) gespeist.

³ Die Unterhaltsarbeiten basieren beim AVRO 146-RJ100 auf den Anzahl Zyklen (Start – Landung).

Das Pack 2 bezieht Druckluft von der rechten Druckluftversorgung (*right air supply*). Diese wird von den Triebwerken 3 und/oder 4 oder von der *auxiliary power unit* (APU) gespeist.

Die Druckluft gelangt über das *pack valve* zum jeweiligen Pack. Mit den *pack valves* wird einerseits der Luftdurchfluss geregelt und andererseits dienen sie als Schliessventil.

Die *pack valves* können mittels Schalter (Pack 1 und Pack 2) auf dem *air conditioning panel* geöffnet resp. geschlossen werden (vgl. Abbildung 1).

Die *pack valves* können sowohl elektrisch wie auch pneumatisch betätigt werden. Fällt der elektrische Strom aus oder bricht der Luftdruck zusammen, schliesst das entsprechende *pack valve*.

Jedem *airconditioning pack* (Pack 1 und Pack 2) ist ein *flow switch* nachgeschaltet. Auf dem *airconditioning panel* sind zwei Warnleuchten **PACK 1 VALVE** und **PACK 2 VALVE** angeordnet (vgl. Abbildung 1).

Die Warnleuchten brennen, wenn:

- ein *flow switch* einen tiefen Luftdruck meldet und das entsprechende Pack eingeschaltet ist

oder

- mit ausgeschaltetem Pack 1 oder Pack 2 leuchtet die entsprechende PACK VALVE Warnlampe, falls der Luftstrom erhalten bleibt (d.h. wenn das PACK VALVE nicht schliesst). Sie erlischt, wenn der Luftdruck im Pack soweit sinkt, dass der *flow switch* öffnet

Nebst dem *airconditioning system* wird die heisse Druckluft der Triebwerke auch für Enteisungszwecke verwendet (vgl. Kapitel 1.6.2.5).

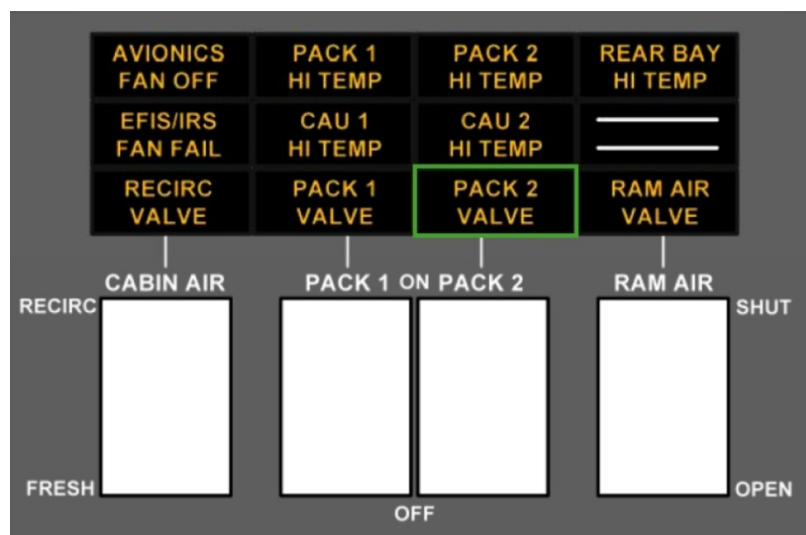


Abbildung 1: Airconditioning Panel mit PACK 1 und PACK 2 ON-OFF Schaltern und PACK VALVE 1 und PACK VALVE 2 Warnleuchten.

1.6.2.3 Druckbelüftungssystem

Das Druckbelüftungssystem (*air conditioning system*) hat die Aufgabe, den Luftdruck und die Temperatur im Flugzeug auf Werten zu halten, die für Passagiere und Besatzung komfortabel sind.

Druckluft gelangt von den Triebwerken via *pack valves* und *airconditioning packs* ins Innere des Flugzeuges und wird dort über ein Verteilsystem ins Cockpit und in die Passagierkabine geleitet. (vgl. Anlage 8).

Die *pack valves* sorgen für eine konstante Luftzufuhr. Sie dienen auch als Schliessventil, um die Luftzufuhr gänzlich zu unterbinden. Mit den *air conditioning packs* wird die Lufttemperatur reguliert.

Durch das Öffnen und Schliessen der beiden *pressurization discharge valves*, welche sich auf der linken Rumpfseite befinden, wird der Luftdruck reguliert.

Das Druckbelüftungssystem umfasst zwei Druckluftversorgungssysteme (*air supply systems*). Die linke Druckluftversorgung (*left air supply*) bezieht Druckluft von den Triebwerken 1 und 2. Die Rechte von den Triebwerken 3 und 4. Eines dieser Versorgungssysteme reicht aus, um den Luftdruck im Flugzeug bis auf die maximale Reiseflughöhe von 31 000 ft (9450 m) auf einem Niveau zu halten, das etwa 7000 ft (2134 m) entspricht.

Wie oben erwähnt, wird der Luftdruck im Flugzeug mittels *pressurization discharge valves* reguliert. Das *discharge valve* wird pneumatisch betätigt und elektrisch angesteuert. In einer Referenzkammer wird ein Referenzdruck aufgebaut. Dieser wird über einen Drehmomentenmotor (*torque motor*) moduliert. Steigt der Druck im Flugzeug über den Referenzdruck, öffnet das *discharge valve*, Luft wird über Bord abgelassen und der Druck sinkt. Umgekehrt, wenn der Druck unter den Referenzdruck fällt, schliesst das *discharge valve* und der Druck steigt an.

Die Vorgabe für den Referenzdruck kommt in Form eines elektrischen Steuersignals vom *pressurization controller*⁴. Auf diesem wird die gewünschte Kabinenhöhe mit dem *cabin altitude selector* eingestellt (vgl. Anlage 9).

Während des Fluges LX 456 war der *pressurization controller* im *automatic mode*. In diesem Modus steigt die Kabinenhöhe im Steigflug bis zum Erreichen der eingestellten Höhe mit einer Rate von 525 ft/min, sofern sich der RATE Drehknopf im *detent* befindet. Im Sinkflug beträgt die Rate 375 ft/min.

Im vorliegenden Fall war die Luftzufuhr zur Kabine ab 10:08:22 UTC unterbrochen. In der Folge sank der Luftdruck in der Kabine und die *pressurization discharge valves* schlossen automatisch. Wegen baubedingten, natürlichen Lecks an der Flugzeugzelle stieg die Kabinenhöhe trotz geschlossener *pressurization discharge valves* mit etwa 2000 ft/min⁵ an. Beim Erreichen einer Kabinenhöhe von 13 250 ft wurden die Passagiersauerstoffmasken automatisch ausgelöst (vgl. Kapitel 1.6.2.6).

1.6.2.4 Temperaturüberwachung des Druckluftverteilsystems

Das Druckluftverteilsystem besteht aus einem Rohrsystem, welches die heisse Druckluft zu den verschiedenen Verbrauchern (Flügelenteisung, Heckenteisung, *airconditioning packs* etc.) führt. Entlang der Rohre werden temperatursensitive *loops*⁶ geführt, die beim Bersten eines Rohres eine Anzeige im Cockpit auslösen. In bestimmten Fällen wird die Druckluftzufuhr automatisch unterbunden.

Die Temperaturüberwachung des Druckluftverteilsystems umfasst die linke und rechte Druckluftversorgung (*left and right air supply*).

Im vorliegenden Fall entstand ein Leck in der rechten Druckluftversorgung (*right air supply*), genauer gesagt am Übergang von der Aufhängung des Triebwerks 4 zum Flügel (vgl. Anlage 10).

⁴ Der *pressurization controller* ist im *pressurization control panel* integriert.

⁵ Die Kombination von fehlender Luftzufuhr und den erwähnten natürlichen Lecks resultiert in einer relativ hohen Steigrate der Kabine.

⁶ Bei diesen *loops* handelt es sich um temperaturabhängige elektrische Widerstände. Bei Erreichen eines definierten Widerstandswertes wird eine Warnung ausgelöst.

Dies hatte die folgenden Auswirkungen:

- das *eng 3 air valve* wurde geschlossen
- das *eng 4 air valve* wurde geschlossen
- das *right wing inner valve* wurde geschlossen
- das *right wing outer valve* wurde geschlossen
- das *tail valve 2* wurde geschlossen
- das *pack 2 valve* wurde geschlossen

Die folgenden Anzeigen blinkten auf dem *glareshield panel* und es ertönt gleichzeitig ein *single chime*:

- das *amber attention getting light* links
- das *amber attention getting light* rechts

Die folgenden Anzeigen leuchteten auf dem *central warning panel* (CWP):

- die Warnlampe AIR SUPPLY (vgl. Anlage 6)
- die Warnlampe AIR COND (vgl. Anlage 6)
- die Warnlampe ICE PROT (vgl. Anlage 6)

Die folgenden Anzeigen leuchteten auf dem *air supply panel*:

- die Warnlampe R ZONE HI TEMP (vgl. Anlage 7)
- die Warnlampe ENG 3 AIR VALVE (vgl. Anlage 7)
- die Warnlampe ENG 4 AIR VALVE (vgl. Anlage 7)

Die folgenden Anzeigen leuchteten auf dem *ice protection panel (lower part)*:

- die Warnlampe R INNER VALVE (vgl. Abbildung 2)
- die Warnlampe R OUTER VALVE (vgl. Abbildung 2)
- die Warnlampe Tail Valve 2 (vgl. Abbildung 2)

Die folgenden Anzeigen leuchteten auf dem *airconditioning panel (lower part)*:

- die Warnlampe PACK 2 VALVE (vgl. Abbildung 1)

Zusammenfassend: Die Luftzufuhr zur Kabine fiel nun gänzlich aus, weil das Pack 1 vom Start weg stillgelegt war. Ebenso fiel die Enteisungsanlage des rechten Flügels aus.

1.6.2.5 Flügelenteisungssystem

Das *wing de-ice* und *wing anti-ice system* hat zum Zweck, die Vorderkanten der Flügel gegen Vereisung zu schützen. Hierzu wird heisse Druckluft (*bleed air*) von den Kompressoren der Triebwerke abgezweigt und über ein Rohrsystem in den Raum hinter den Flügelvorderkanten geführt. Dort sind so genannte *piccolo tubes*⁷ vorhanden, mit welchen die heisse Luft an die zu enteisenden Flächen geblasen wird.

Man unterscheidet zwischen einem Eisverhinderungssystem (*anti-ice system*) und einem Eisentfernungssystem (*de-ice system*). Das *wing anti-ice system* er-

⁷ Die *piccolo tube* hat zwei Reihen mit feinen Löchern um die Luft optimal zu verteilen.

streckt sich über die gesamte Länge des Flügels. Das *wing de-ice system* umfasst nur den inneren Teil. Die Druckluft von jeweils zwei Triebwerken wird zusammengefasst und über Ventile (*valves*) und die *piccolo tubes* weitergeleitet.

Der Schalter *outer wing anti-ice*⁸ in Abbildung 2 betätigt die Ventile für das *wing anti-ice system* im linken und rechten Flügel. Der Schalter *inner wing de-ice* betätigt die beiden Ventile des *wing de-ice system*.

Die Warnanzeigen oberhalb der Schaltergruppe leuchten auf, wenn eines der Ventile automatisch geschlossen wurde. Im vorliegenden Fall wurden die beiden Ventile im rechten Flügel und ein Ventil im Heck (*tail*) infolge eines Lecks im Rohrsystem automatisch geschlossen (vgl. Kapitel 1.6.2.4).

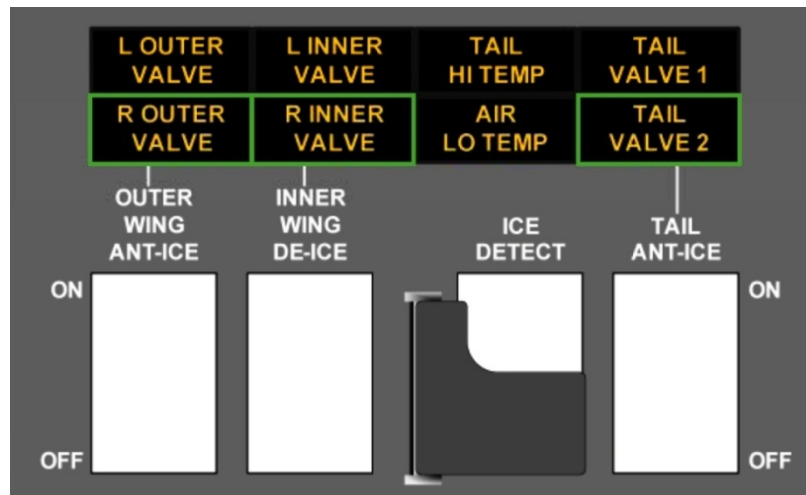


Abbildung 2: Ice Protection Panel (lower part).

1.6.2.6 Sauerstoffsystem für Passagiere und Kabinenbesatzung

Das Sauerstoffsystem für die Passagiere und die Kabinenbesatzung beinhaltet eine Anzahl von Boxen mit je einem chemischen Sauerstoffgenerator und zwei bis vier Sauerstoffmasken. Diese Boxen sind über den Passagiersitzen, in den Toiletten und bei den Arbeitsplätzen der Kabinenbesatzung angeordnet. Im Normalfall sind die Boxen durch einen Deckel abgedeckt und die Masken sind nicht sichtbar.

Beim Druckabfall steigt die Kabinenhöhe und die Masken werden bei Überschreiten einer Kabinenhöhe von 13 250 ft (4039 m) automatisch aus den Boxen freigegeben. Im Cockpit wird dieser Vorgang angezeigt.

Sollte das automatische Auswerfen der Masken versagen, können diese vom Cockpit aus von Hand ausgelöst werden. Es ist auch möglich, eine individuelle Box in der Kabine zu öffnen. Im vorliegenden Fall wurde von dieser Möglichkeit durch die Kabinenbesatzung Gebrauch gemacht, weil eine der Boxen sich nicht selber öffnete.

Um den chemischen Sauerstoffgenerator zu aktivieren, muss an einer der zugehörigen Masken gezogen werden. Der Sauerstoff fließt dann zu allen beteiligten Masken. Der Prozess kann nicht rückgängig gemacht werden. Ein Sauerstoffgenerator liefert je nach Typ 13 oder 22 Minuten Sauerstoff. In dieser Zeit muss das Flugzeug auf eine sichere Höhe absinken.

Im Sauerstoffgenerator läuft ein chemischer Prozess ab. Durch diesen wird der Generator erhitzt und es kann sich ein bläulicher Dunst um das Gerät bilden.

⁸ Man spricht von *outer wing anti-ice* obwohl das System den gesamten Flügel umfasst.

Die Passagiere werden vorschriftsgemäss vor jedem Flug über den Gebrauch der Sauerstoffmasken orientiert.

Damit sich die Kabinenbesatzung frei bewegen kann, sind zusätzlich portable Sauerstoffmasken verfügbar.

1.6.2.7 Sauerstoffsystem für die Cockpitbesatzung

Die Cockpitbesatzung bezieht im Notfall Sauerstoff aus einer Sauerstoffflasche. Diese kann durch einen Füllstutzen im vorderen Frachtraum nachgefüllt werden. Der Sauerstoffdruck wird über ein Druckregulierventil geregelt. Mittels eines Haupthahns kann der Sauerstoffzufluss zum Cockpit unterbunden werden. Der Druck in der Flasche kann vom Cockpit aus überwacht werden (vgl. Abbildung 3).

Das System versorgt drei Arbeitsplätze im Cockpit mit Sauerstoff. Die Sauerstoffmasken sind mit Mikrofonen ausgerüstet, so dass die Besatzung untereinander und über Funk kommunizieren kann.

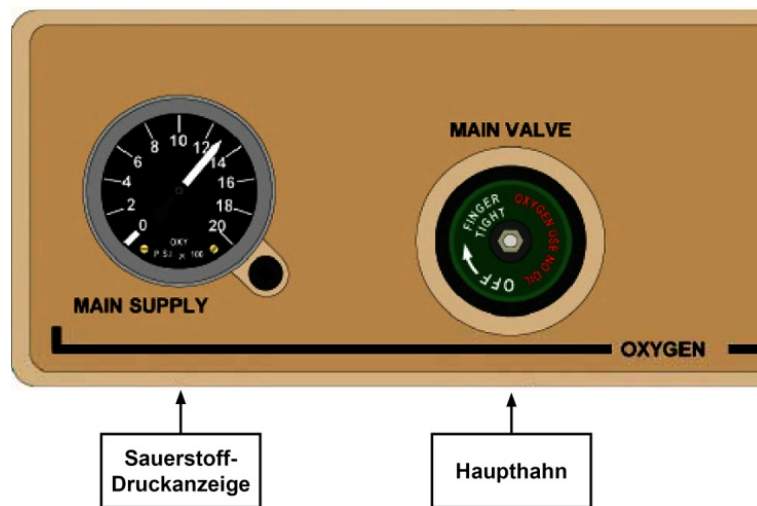


Abbildung 3: Rechtes Oxygen Panel mit Haupthahn und Druckanzeige.

1.6.2.8 Warnung bei Druckabfall im Flugzeug

Der Luftdruck im Flugzeug wird durch das Druckbelüftungssystem reguliert (vgl. Kapitel 1.6.2.3). Die Kabinenhöhe kann auf dem *pressurization control panel* eingestellt werden (vgl. Anlage 9). Die aktuelle Kabinenhöhe wird auf dem *cabin triple indicator* angezeigt (vgl. Abbildung 4). Der *pressurization controller* ist so programmiert, dass der maximal zulässige Differenzdruck (ausen/innen) nicht überschritten wird.

Steigt nun die Kabinenhöhe infolge eines technischen Problems auf über 9300 ft (2835 m) so leuchtet auf dem *central warning panel* (CWP) die Warnanzeige CABIN HI ALT in roter Farbe auf und es ertönt ein *triple chime*. Im vorliegenden Fall entsprach der Druck in der Kabine, zum Zeitpunkt des Ausfalls der Kabinendruckbelüftung, einer Höhe von ungefähr 7000 ft (2134 m).

Steigt die Kabinenhöhe weiter auf über 13 250 ft (4039 m) an, so werden in der Passagierkabine automatisch die Sauerstoffmasken ausgelöst.

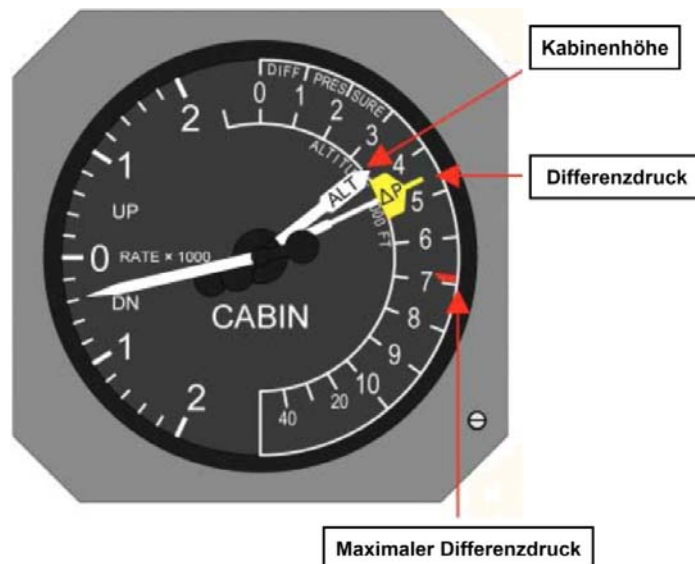


Abbildung 4: Cabin Triple Indicator.

1.6.2.9 Automatische Ansage

Wenn in der Passagierkabine die Sauerstoffmasken ausgelöst werden, ertönt über die Lautsprecheranlage in der Kabine eine automatische Ansage (*pre-recorded announcement system*) mit der Anweisung wie die Masken zu handhaben sind. Die Ansage soll mithelfen, dass die Passagiere Ruhe bewahren. Im vorliegenden Fall funktionierte das System nicht, sodass die Ansage durch die Kabinenbesatzung gemacht werden musste.

1.6.2.10 Systemverfügbarkeit beim Start von Flug LX 456

Am 2. Juli 2012, unmittelbar vor dem Flug LX 456, wurde das Pack 1 des *airconditioning system* ausser Betrieb gesetzt. Gemäss *minimum equipment list* (MEL) erlaubte dies einen Betrieb während 72 Kalenderstunden mit dem verbleibenden *airconditioning pack 2*.

Die *auxiliary power unit* (APU) war seit dem 26. Juni 2012 wegen eines Öllecks ausser Betrieb.

Das *flight guidance system* (FGS) 2 war seit dem 26. Juni 2012 als INOP (*inoperative*) in der *deffered defect list* (DDL) eingetragen.

Das Flugzeug HB-IXW startete demnach zum Flug LX 456 gemäss MEL, mit deaktiviertem Pack 1, deaktivierter APU und deaktiviertem FGS 2.

1.6.2.11 Systemstörung als Auslöser des schweren Vorfalls

Die Temperaturüberwachung des Druckluftverteilsystems ist in eine linke und eine rechte Flugzeugzone aufgeteilt.

Im vorliegenden Fall entstand ein Leck in der rechten Flugzeugzone, genauer gesagt am Übergang von der Aufhängung des Triebwerks 4 zum Flügel.

Dies löste die Schliessung verschiedener Ventile (*valves*) und das Aufleuchten verschiedener Warnanzeigen aus (vgl. Kapitel 1.6.2.4).

Verantwortlich für das Leck war eine gebrochene Bride (*clamp*) mit der Teilnummer P/N 10A222-200-95 (vgl. Anlagen 10 und 11).

1.6.3 Technische Massnahmen unmittelbar nach dem schweren Vorfall

Die gebrochene Bride (*clamp*) P/N 10A222-200-95 wurde ersetzt und es wurde ein *duct leak check* durchgeführt.

Bei der Flugbegleiterstation hinten links im Flugzeug wurde am Behälter für die Sauerstoffmasken ein Defekt in der elektrischen Verkabelung behoben.

Sämtliche Sauerstoffgeneratoren und Sauerstoffmasken wurden ersetzt und es wurde ein *passenger mask dropout test* durchgeführt. Bei diesem Test lösten die Masken der Sitzreihen 1DEF und 18DEF nicht aus. An diesen Positionen wurden die Behälter für die Sauerstoffmasken ersetzt.

Beim Auslösen der Sauerstoffmasken hatte die automatische Ansage nicht funktioniert. Nach der Landung wurde ein Funktionstest durchgeführt, bei welchem das System einwandfrei funktionierte.

1.7 Meteorologische Angaben

1.7.1 Allgemeine Wetterlage

Eine schmale Hochdruckbrücke erstreckte sich von Nordspanien über Norddeutschland bis nach Polen. In der Höhe reichte ein Rücken von Sizilien bis Nordwestrussland.

1.7.2 Wetter in der Umgebung des Drehfunkfeuers Rolampont (RLP)

Eine breite, zu einer Warmfront gehörende Wolkenzone, zog sich von den französischen Alpen bis zur Ostsee. In der Umgebung des Drehfunkfeuers Rolampont wiesen Satellitendaten eine Strahlungstemperatur der Wolkenoberfläche von -15°C bis -20°C aus.

Der Vergleich mit den Mittagsaufstiegen der Radiosonden von Payerne und Idar-Oberstein zeigt, dass dies einer Obergrenze der Wolken über der Westschweiz von 20 000 bis 22 700 ft AMSL, über Rheinland-Pfalz von 18 800 bis 21 200 ft AMSL entsprach. Gemäss Aussage der Besatzung befand sich das Flugzeug auf FL 259 noch in Wolken.

Die Radiosonde von Idar-Oberstein zeigte auf FL 250 Wind aus 195° mit 60 kt. Über Payerne wehte der Wind im Höhenintervall um dieselbe Flugfläche aus 180° mit 45 kt.

Der Vergleich mit Daten des Wettervorhersagemodells GFS deutet an, dass eine Extrapolation der Radiosondendaten auf den Standort des Drehfunkfeuers Rolampont zulässig ist.

Wetter/Wolken	in Wolken
Wind	195° Grad / 55 bis 60 kt
Temperatur/Taupunkt	$-28 / -28^{\circ}\text{C}$
Gefahren	keine

1.7.3 Astronomische Angaben

Sonnenstand	Azimut: 137° Höhe: 60°
Beleuchtungsverhältnisse	Tag

1.7.4 Wettermeldung des Flughafens Zürich

Am 2. Juli 2012 wurden kurz vor der Ausgabezeit der Flugplatzwettermeldung von 10:50 UTC auf dem Flughafen Zürich-Kloten die folgenden Wetterbedingungen beobachtet:

Wind	Aus 080° mit 10 kt
Meteorologische Sicht	10 km oder mehr
Bewölkung	1-2/8 auf 1200 ft <i>above aerodrome level</i> (AAL) 5-7/8 auf 1800 ft AAL
Temperatur	19 °C
Taupunkt	15 °C
Luftdruck QNH	1016 hPa, Druck reduziert auf Meereshöhe, berechnet mit den Werten der ICAO-Standard-Atmosphäre.
Landewetterprognose	In den zwei Stunden, die auf die Wetterbeobachtung folgen, sind keine signifikanten Wetteränderungen zu erwarten.

1.8 Navigationshilfen

Sämtliche Navigationshilfen befanden sich zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls im Normalbetrieb und standen uneingeschränkt zur Verfügung.

Auch von Seiten der Besatzung wurden keine Störungen gemeldet.

1.9 Kommunikation

Der Funkverkehr zwischen den Piloten und der ATC Zürich wickelte sich ordnungsgemäss und ohne Schwierigkeiten ab.

Der Funkverkehr zwischen den Piloten und der ATC *Reims Control* auf der Frequenz 134.405 MHz wickelte sich ordnungsgemäss ab. Nach dem Frequenzwechsel zum Sektor 134.960 MHz hatte sich der Flug LX 456 (Swiss 473F) jedoch bis zur Anfrage für eine Sinkflugfreigabe bei diesem nicht angemeldet.

Ab 10:09:40 UTC, nach dem Aufsetzen der Sauerstoffmasken bis zum Erreichen der Flugfläche FL100 um 10:15:50 UTC war der Funkverkehr für die Besatzung wie auch für die Flugverkehrsleiter erheblich erschwert. Der Flugverkehrsleiter musste mehrmals nachfragen, da die Verständlichkeit mit getragener Maske sehr schlecht war. Auf der Frequenz 134.960 MHz herrschte reger Funkverkehr. Dies führte teilweise zu Doppelausstrahlungen, was die Verständlichkeit zusätzlich erschwerte. Es war für die Besatzung anspruchsvoll, ihre Notlage zu kommunizieren.

Um 10:14:46 UTC wurde ein Wechsel auf die Frequenz 132.100 MHz (*Paris Control*) angeordnet. Auch hier war die Verständlichkeit mit getragener Maske schlecht. Um 10:15:33 UTC manifestierte sich dies nach einer Mitteilung der Besatzung indem der Flugverkehrsleiter wie folgt antwortete: „*Swiss four seven three foxtrott, I am sorry, I can't hear you very well, could you speak slowly please*“. Nach diesem Funkspruch setzte die Besatzung die Sauerstoffmaske ab, was zu einer verständlicheren Kommunikation führte.

Die Flugsicherheit war durch die erschwerte Kommunikation zu keinem Zeitpunkt beeinträchtigt.

1.10 Flugschreiber

1.10.1 Flugdatenschreiber

Muster	<i>solid state flight data recorder (SSFDR)</i>
Hersteller	Honeywell
Werknummer	3737
P/N (<i>part number</i>)	980-4700-003
Anzahl Parameter	64
Aufzeichnungsmedium	<i>non volatile memory</i>
Aufzeichnungsdauer	ca. 50 Stunden

Die Daten des Flugdatenschreibers wurden lückenlos aufgezeichnet und konnten ausgewertet werden.

1.10.2 Sprachaufzeichnungsgerät

Da die verbleibende Flugzeit nach dem schweren Vorfall länger als 30 Minuten dauerte, waren die relevanten Aufzeichnungen überschrieben worden.

1.11 Angaben über das Wrack, den Aufprall und die Unfallstelle

Nicht betroffen.

1.12 Medizinische und pathologische Feststellungen

Es liegen keine Anhaltspunkte für gesundheitliche Störungen der Piloten während des Fluges vor.

1.13 Feuer

Nicht betroffen.

1.14 Überlebensaspekte

Nicht betroffen.

1.15 Angaben zu verschiedenen Organisationen und deren Führung

1.15.1 Flugbetriebsunternehmen

Das Flugbetriebsunternehmen Swiss European Air Lines war zur Zeit des Vorfalls eine 100-prozentige Tochtergesellschaft der Swiss International Air Lines. Diese hatte sich im Frühling 2005 entschieden, den Regionalverkehr in eine separate Betriebsgesellschaft auszugliedern.

Das BAZL erteilte der Swiss European Air Lines die Betriebsbewilligung per 1. November 2005. Swiss European Air Lines führte im Auftrag der Muttergesellschaft Swiss International Air Lines so genannte "*wet lease*" Flüge durch. Alle Flugzeuge der Regionalflotte der Swiss International Air Lines wurden in die neue Gesellschaft überführt.

1.16 Zusätzliche Angaben

1.16.1 Vorhergehender Vorfall

Am 4. Juni 2012 trat auf einem Flug, durchgeführt mit dem selben Flugzeug, während des Steigfluges eine Störung am Druckluftsystem auf. Auch damals erschien im Cockpit die Warnanzeige „R ZONE HI TEMP“. Der Flug wurde fortgesetzt.

Nach der Landung war am *maintenance panel* der *latch* „PYLON#4 OVERHEAT“ gesetzt. Anlässlich eines *leak check* wurde sodann festgestellt, dass die Rohrleitung zur rechten, vorderen Flügelkante unterbrochen war. Es mussten diverse Dichtungen ersetzt respektive korrekt montiert werden.

Da sich am 2. Juli 2012 am Druckluftsystem eine praktisch identische Störung ereignete, ist nicht auszuschliessen, dass bei diesen Arbeiten eine Befestigungsschraube zu stark angezogen wurde. Dies mag zum Bruch der *Bride* im *de-icing duct* geführt haben.

1.16.2 Verfahren bei Notabstieg

Im Betriebshandbuch A (*operational manual* – OM A) des Flugbetriebsunternehmens stand im Kapitel „*Decompression*“ unter anderem „...*turn away from the assigned route or track with due consideration to terrain...*“.

Im *operations manual* B (OM B) des Flugbetriebsunternehmens waren keine flugzeugspezifischen oder vom OM A abweichenden Vorschriften zu finden. Es wurde dort lediglich auf die folgenden Kapitel im QRH „*Emergency Descent after Pressurization Failure*“ bzw. „*Cabin High Altitude*“ verwiesen (vgl. Anlage 4 und 5). In diesen Prüflisten für Notverfahren wurde kein Bezug auf den Flugweg genommen.

2 Analyse

2.1 Technische Aspekte

2.1.1 Druckbelüftungssystem

Das Flugzeug wurde von der Besatzung für den Flug LX 456 gemäss *minimum equipment list* (MEL) übernommen. Diese erlaubt das Betreiben des Flugzeuges mit nur einem *airconditioning pack*, unter Berücksichtigung von operationellen Auflagen, während maximum 72 Kalenderstunden.

Um 10:08:22 UTC, im Steigflug, auf FL 244 (7437 m), wurden als Folge eines Lecks in der rechten Druckluftversorgung (*right air supply*) verschiedene Ventile (*valves*) geschlossen (vgl. Kapitel 1.6.2.4). Dadurch wurde die Druckluftzufuhr zum *airconditioning pack 2* unterbunden. Da eine Querspeisung von der linken Druckluftversorgung (*left air supply*) nicht möglich ist und zudem das *airconditioning pack 1* ausser Betrieb war, fiel das Druckbelüftungssystem komplett aus.

Geht man davon aus, dass das *pressurization control panel* im AUTO Mode arbeitete, der *rate selector* im *detent* stand und die *cabin altitude* für eine Reise-flughöhe von 30 000 Fuss vorgewählt war, so betrug die Kabinenhöhe zu diesem Zeitpunkt rund 7000 Fuss. Bei einer Steigrate von 525 ft/min wurde diese Kabinenhöhe bereits ca. 10 Minuten nach dem Start erreicht.

Die Kabinenhöhe begann nach dem schweren Vorfall sofort zu steigen. Gemäss Angaben von Verantwortlichen der Fluggesellschaft steigt diese mit etwa 2000 ft/min. Eine entsprechende Aufzeichnung existiert nicht. Verglichen an neueren Flugzeugen ist diese Steigrate relativ hoch. Berücksichtigt man aber die natürlichen Lecks an einem alternden Flugzeug, ist die hohe Rate erklärbar.

Um 10:09:45 UTC, auf einer Flughöhe von 25 100 Fuss (7650 m), leuchtete die Warnanzeige CABIN HI ALT auf. Die Kabinenhöhe war inzwischen auf 9300 Fuss (2835 m) angestiegen. Um 10:11:05 UTC, auf einer Flughöhe von 25 900 Fuss (7894 m), leitete die Besatzung den Notabstieg ein. Dieser erfolgte mit einer durchschnittlichen Sinkgeschwindigkeit von 3600 ft/min.

Während des Notabstiegs, nachdem die Kabinenhöhe auf 13 250 Fuss (4039 m) angestiegen war, wurden die Passagiersauerstoffmasken ausgelöst. Dies hätte auch bei einer höheren Sinkrate des Flugzeuges, wegen der relativ hohen Steigrate der Kabine, nicht verhindert werden können.

Abschliessend kann ausgesagt werden, dass während des schweren Vorfalls alle relevanten Komponenten des Druckbelüftungssystems gemäss deren Bestimmung funktionierten.

2.1.2 Flugzeugenteisungssystem

Gemäss Aussage der Besatzung waren im Steigflug die Flügel-, Heck- und Triebwerkenteisungssysteme eingeschaltet.

Um 10:08:22 UTC wurden als Folge eines Lecks in der rechten Druckluftversorgung (*right air supply*) verschiedene Ventile (*valves*) geschlossen (vgl. Kapitel 1.6.2.4). Dadurch wurde die Zufuhr von heisser Luft zum rechten Flügel unterbunden und dessen Enteisierung war nicht mehr gewährleistet.

Die Enteisierung des Hecks ist redundant ausgelegt. Dies bedeutet, dass, obschon das *tail valve 2* geschlossen wurde, das Heck weiterhin von der linken Druckluftversorgung (*left air supply*) mit heisser Luft beliefert wurde.

Die Enteisierung der Triebwerkeinlasse ist einer unabhängigen Druckluftzone zugeordnet und war vom beschriebenen Defekt nicht betroffen.

Aufgrund der Meteodaten herrschte in der betroffenen Umgebung keine akute Vereisungsgefahr. Das Flugzeug war jedoch in Wolken.

2.1.3 Hilfsaggregat

Die *auxiliary power unit* (APU) war seit dem 26. Juni 2012 ausser Betrieb. Im technischen Logbuch war folgendes vermerkt: „*leakage on APU oil drain*“.

Gemäss *minimum equipment list* (MEL) konnte das Flugzeug, unter Berücksichtigung von operationellen Auflagen, während maximum 10 Tagen ohne APU betrieben werden. Am 2. Juli war diese zeitliche Begrenzung noch nicht erreicht. Die MEL bietet die Möglichkeit eine grössere Reparatur oder den Wechsel eines Gerätes in eine längere Bodenstandzeit zu verschieben.

Die Nichtverfügbarkeit der APU hatte auf den Verlauf des schweren Vorfalls keinen Einfluss, da sie auf Reiseflughöhe (oberhalb von 15 000 ft) nicht hätte gestartet werden können.

2.1.4 Passagiermasken und Sauerstoffgeneratoren

Im Normalfall werden die Sauerstoffmasken in der Kabine durch ein elektrisches Signal ausgelöst. Im Falle eines Versagens dieser Vorrichtung können die Sauerstoffmasken von Hand ausgelöst werden, was im vorliegenden Fall durch die Kabinenbesatzung bei der Sitzreihe 1DEF gemacht wurde.

Da die automatische Auslösung der Sauerstoffmasken im normalen Flugbetrieb selten passiert, muss diese Funktion periodisch geprüft werden, was gemäss Unterhaltsplan jeweils nach 10 000 Zyklen geschieht. Diese Kontrolle umfasst auch die automatische Ansage (*pre-recorded announcement*).

Bei älteren Flugzeugen wurde der Sauerstoff von einer zentralen Stelle aus über ein Rohrsystem zu den Passagieren geleitet. Diese Methode stellte ein erhebliches Gefahrenpotential dar. Heute wird der Sauerstoff in der Regel durch Sauerstoffgeneratoren erzeugt, die sich direkt über den Passagiersitzen befinden. Durch den chemischen Prozess in den Sauerstoffgeneratoren werden diese stark erhitzt. Nach einer Weile kann es zu einer leichten Dunstentwicklung kommen. Dies ist normal, für manche Passagiere aber eher unangenehm, weil sie glauben es handle sich um Rauch.

2.2 Menschliche und betriebliche Aspekte

2.2.1 Verhalten der Cockpit-Besatzung während des schweren Vorfalls

Der Start in Zürich und der Steigflug verliefen bis zu den ersten Warnanzeigen auf FL 244 ereignislos. Die Kommunikation mit allen ATC Sektoren war bis zu diesem Zeitpunkt normal. Nachdem verschiedene Warnungen erschienen, erkannte die Besatzung, dass die Kabinendruckbelüftung komplett ausgefallen war und demzufolge die Kabinenhöhe ansteigen werde. Immer noch im Steigflug wurde die Checkliste „*Emergency Descent after Pressurization Failure*“ eingeleitet. Die Besatzung verlangte darauf die Bewilligung für einen Sinkflug. Dieser unerwartete Aufruf mit dem speziellen Inhalt („...*foxtrott, requesting descent, we have a pressurization problem*“) veranlasste den Flugverkehrsleiter zu einer Rückfrage, welche von der Besatzung nicht vollständig beantwortet wurde. Als Grund können prioritäre Abläufe im Cockpit zur sicheren Flugführung angenommen werden.

Kurz danach erschien die Warnung CABIN HI ALT. Die Besatzung setzte nun die Sauerstoffmaske auf und meldete auf FL 256 „*mayday... mayday... emergency descent to flight level one hundred*“.

Die Checkliste „*Emergency Descent after Pressurization Failure*“ sieht im ersten Teil (*memory items*) vor, den Sinkflug unverzüglich einzuleiten. Vom Auftreten der ersten Warnungen bis zum Beginn des Sinkfluges verstrichen mehr als zwei-einhalb Minuten. Dies kann zum Teil mit der erschwerten Kommunikation erklärt werden. Da es sich nicht um einen schnellen Druckverlust (*rapid decompression*) handelte und die Besatzung vorsorglich die Sauerstoffmaske aufgesetzt hatte, führte diese zeitliche Verzögerung zu keinen negativen Auswirkungen.

Die Wahl der Besatzung, keine Kursänderung vor dem Absinken einzuleiten, hatte keine Konsequenzen, entsprach jedoch nicht den Verfahren.

2.2.2 Verhalten der Kabinen-Besatzung während des schweren Vorfalls

Die Kommunikation zwischen der Cockpit- und der Kabinenbesatzung war jederzeit gewährleistet.

Die Kabinenbesatzung reagierte schnell und richtig auf die Probleme mit dem nicht Auslösen einiger Masken und der nicht funktionierenden automatischen Ansage.

Die Betreuung und Orientierung der Passagiere erfolgte professionell.

2.2.3 Verhalten des Flugbetriebsunternehmens nach dem schweren Vorfall

Das Flugbetriebsunternehmen führte eine *operational risk evaluation* (ORE) durch mit dem Ziel, die Sicherheit zu erhöhen (vgl. Kapitel 4.2).

Als zusätzliche Restriktion könnte eine Flughöhenbeschränkung beim Betrieb mit nur einem *air conditioning pack* erlassen werden. Dies würde die Zeit des Notabstiegs auf eine sichere Höhe verkürzen.

2.2.4 Verhalten der Flugverkehrsleitung während des schweren Vorfalls

2.2.4.1 Reims Control

Bis zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls verlief die Kommunikation zwischen *Reims Control* und LX 456 problemlos. Um 10:09:09 UTC war Flug LX 456 (Swiss 473F) vom Sektor 133.405 MHz an den Sektor 134.960 MHz abgegeben worden, in welchem er sich jedoch nicht mit der Standardphraseologie für einen ersten Aufruf anmeldete. Dieser erste Aufruf ist generell der Zeitpunkt, zu welchem der Flugverkehrsleiter im neuen Sektor die Kontrolle und somit die Verantwortung für den Ablauf eines Fluges innerhalb seines Luftraumes übernimmt. Die Flugverkehrsleitung hatte bis anhin keinen Grund zur Annahme, dass im Flugzeug ernsthafte Probleme aufgetreten waren. Der Flugverkehrsleiter des Sektors 134.960 MHz konnte nicht wissen, dass die Besatzung wohl auf die Frequenz seines Sektors umgeschaltet hatte, aber mit prioritären Aufgaben beschäftigt war, die keine Zeit für eine Kommunikation erlaubten. Als um 10:09:40 UTC der Funkspruch mit der Anfrage zu einer Sinkflugfreigabe wegen aufgetretenen Kabinendruckproblemen erfolgte, war der Flugverkehrsleiter weder in der Lage dessen Herkunft zu eruieren, noch seinen Inhalt klar zu verstehen. Dies führte konsequenterweise zu einer Rückfrage. Die Antwort der Besatzung war unvollständig, beinhaltete jedoch einen Teil des Funkrufzeichens. Der Flugverkehrsleiter war sich nun bewusst, dass es sich beim Funkspruch um den Flug Swiss 473F handelte und sich dieser auf seiner Frequenz befand. Er war auch auf seinem Radarschirm dargestellt und wurde auf Grund der Flugplandaten erwartet. Die kurze Funkstille nach dieser abgebrochenen Antwort wurde von zwei anderen Flügen zum Funkverkehr mit der Kontrollstelle benutzt, wobei zu einem Zeitpunkt eine Frequenzüberlagerung zu hören ist. Dies wurde auch vom Flugverkehrsleiter bemerkt, der eine Wiederholung des Funkspruchs verlangte.

Daraufhin, um 10:10:31 UTC, mit mittlerweile aufgesetzter Sauerstoffmaske deklarierte die Besatzung des Fluges Swiss 473F seine Notlage mit einem Funkspruch, der mit "mayday...mayday" begann. Dieser Funkspruch, trotz erschwelter Verständlichkeit durch das Tragen der Sauerstoffmasken, zusammen mit dem auf dem Radarschirm erscheinenden Transpondercode A7700, schaffte endgültig Klarheit für den Flugverkehrsleiter, welcher daraufhin die Freigabe für den Sinkflug erteilte und den Flug wenig später an *Paris Control* übergab.

Die Tatsache, dass der erste Funkspruch nicht als Notmeldung abgesetzt wurde, führte beim Flugverkehrsleiter zu Unklarheit und Rückfragen über die Situation des Fluges Swiss 473F. Möglicherweise hätte bei einer deklarierten Notlage im kritischen Zeitpunkt auch kein Funkverkehr mit anderen Flugzeugen stattgefunden.

2.2.4.2 Paris Control

Obwohl der FVL von *Paris Control* den Aufruf des Fluges LX 456 erwartete, war die Verständlichkeit immer noch dermassen beeinträchtigt, dass auch dieser mehrmals nachfragen musste. Als die LX 456 die sichere Höhe erreichte und die Besatzung die Sauerstoffmaske ablegte, war die Kommunikation wieder verständlich und der Rückflug nach Zürich konnte problemlos eingeleitet werden.

3 Schlussfolgerungen

3.1 Befunde

3.1.1 Technische Aspekte

- Das Flugzeug war zum Verkehr VFR/IFR zugelassen.
- Sowohl Masse als auch Schwerpunkt des Flugzeuges befanden sich im Zeitpunkt des schweren Vorfalls innerhalb der gemäss Luftfahrzeugflughandbuch (*aircraft flight manual* – AFM) zulässigen Grenzen.
- Der letzte A-Check wurde am 18. Juni 2012 bei 35 563 Zyklen durchgeführt.
- Das *airconditioning pack 1* war vor dem Flug LX 456 ausser Betrieb gesetzt worden.
- Auf FL 244 entstand im Steigflug als Folge einer gebrochenen Bride im rechten Druckluftversorgungssystem ein Leck (vgl. Anlagen 10 und 11).
- In der Folge wurde die Luftzufuhr zum *airconditioning pack 2* unterbunden und das Kabinendruckbelüftungssystem fiel komplett aus.

3.1.2 Besatzung

- Die Piloten besaßen die für den Flug notwendigen Ausweise.
- Es liegen keine Anhaltspunkte für gesundheitliche Störungen der Piloten während des Fluges vor.

3.1.3 Flugverlauf

- Der Kommandant war als *pilot flying*, der Copilot als *pilot not flying* eingesetzt.
- Der Start in Zürich und der anschliessende Steigflug bis in die Gegend von Rolampont (RLP) verliefen normal.
- Wegen eines Lecks im rechten Druckluftversorgungssystem erschien die Warnanzeige R ZONE HI TEMP und das *airconditioning pack 2* wurde automatisch abgeschaltet.
- Der Druck in der Kabine nahm ab und die Kabinenhöhe stieg mit ca. 2000 ft/min an.
- Die Besatzung meldete der Flugverkehrsleitung ein Problem mit der Kabinendruckbelüftung und verlangte eine Freigabe zum Sinkflug.
- Kurz darauf erschien die Warnanzeige CABIN HI ALT.
- Die Besatzung setzte die Sauerstoffmaske auf.
- Eine Notsituation wurde deklariert und der Notabstieg wurde ohne Kursänderung eingeleitet.
- Während des Absinkens wurde auf den Transpondercode A7700 gewechselt.
- In der Kabine wurden die Sauerstoffmasken freigegeben und von den Passagieren und der Kabinenbesatzung aufgesetzt.

- Ungefähr viereinhalb Minuten nach Beginn des Notabstiegs erreichte das Flugzeug die sichere FL 100 (3048 m).
- Der Notabstieg erfolgte mit zugeschaltetem Autopilot.
- Die Cockpitbesatzung informierte den Kabinenchef, dass sich das Flugzeug auf einer sicheren Flughöhe befinde und die Sauerstoffmasken nun abgelegt werden könnten.
- Nach eingehender Beurteilung der Lage entschloss sich die Besatzung zurück nach Zürich zu fliegen, wo die Landung um 10:57:18 UTC erfolgte.

3.1.4 Flugverkehrsleitung

- Die Flugverkehrsleiter der betroffenen Sektoren unterstützten die Besatzung der LX 456.

3.1.5 Rahmenbedingungen

- Zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls war die Triebwerk- und Flügelenteisung eingeschaltet.
- Auf Grund der Meteodaten herrschte in der betroffenen Umgebung keine akute Vereisungsgefahr.
- Die Kommunikation zwischen der Besatzung und der Flugverkehrsleitung war wegen der aufgesetzten Sauerstoffmasken beeinträchtigt.
- Die leichte Dunstentwicklung in der Kabine infolge einer chemischen Reaktion der Sauerstoffgeneratoren führte zu einer Verunsicherung bei mehreren Passagieren.

3.2 Ursachen

Der schwere Vorfall ist darauf zurückzuführen, dass nach einem Defekt im rechten Druckluftverteilsystem das Kabinendruckbelüftungssystem auf FL 244 (7437 m) ganz ausfiel und die Besatzung gezwungen war, einen Notabstieg auf eine sichere Flughöhe durchzuführen.

Zum schweren Vorfall hat beigetragen, dass das *airconditioning pack 1* vor dem Flug stillgelegt worden war.

4 Sicherheitsempfehlungen und seit dem schweren Vorfall getroffene Massnahmen

4.1 Sicherheitsempfehlungen

Keine.

4.2 Seit dem schweren Vorfall getroffene Massnahmen

Das Flugbetriebsunternehmen führte eine sogenannte Operational Risk Evaluation (ORE) durch, um die Risiken, welche mit der „*single air conditioning operation*“ verbunden sind, zu untersuchen. Diese Evaluation umfasste die Flugzeugmuster AVRO 146-RJ100 und Airbus A320 series.

Beim Flugzeugmuster AVRO 146-RJ100 führte die Analyse zu einer restriktiveren Anwendung der *minimum equipment list* (MEL) wie folgt:

„...*operation with only one airconditioning pack operative is not permitted ex ZRH, GVA and BSL*“.

„*dispatch ex outstation according MEL possible after contact of flight operation (FDO)*“.

Diese Einschränkung gilt vorläufig bis September 2013.

Payerne, 10. Dezember 2013

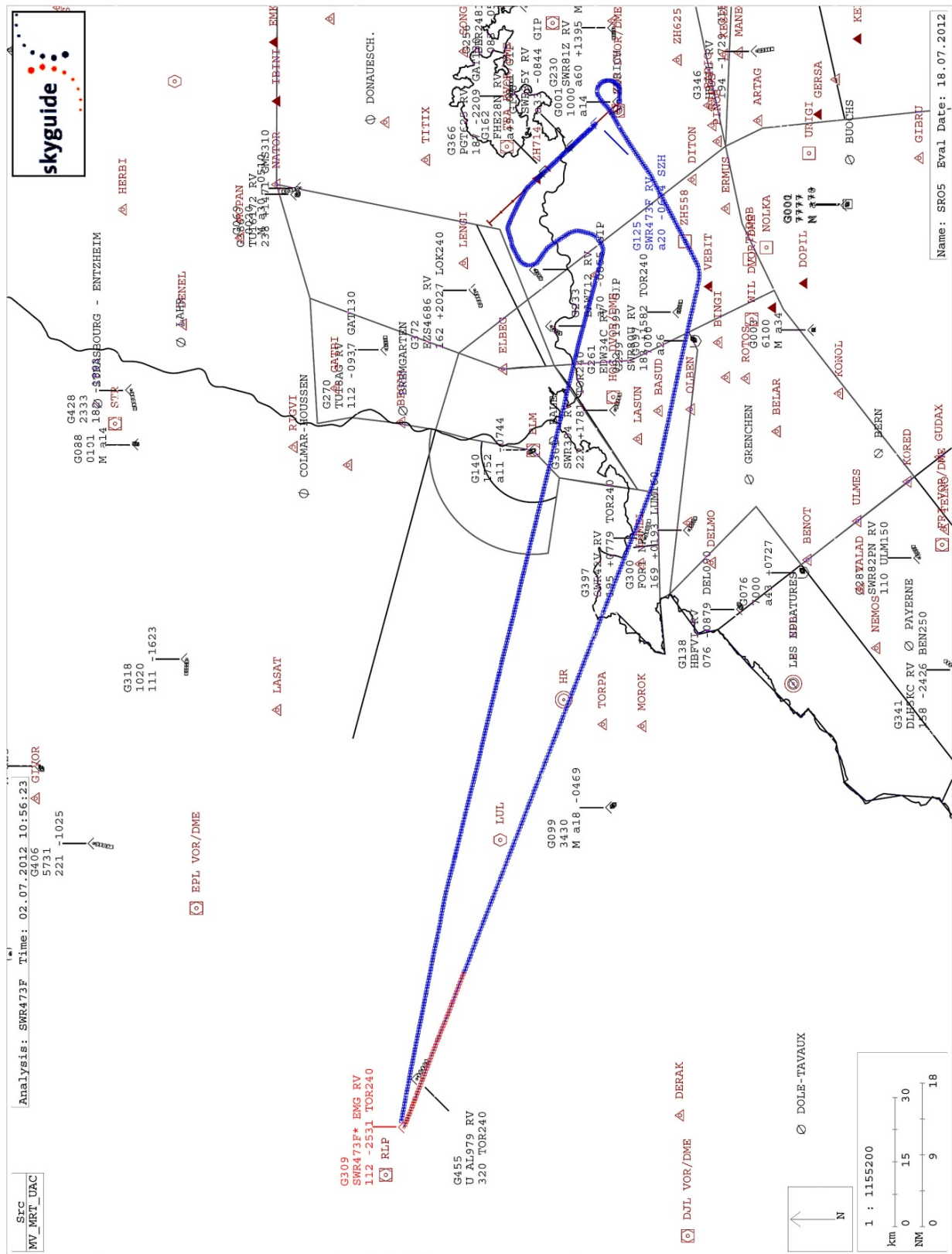
Schweizerische Unfalluntersuchungsstelle

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).

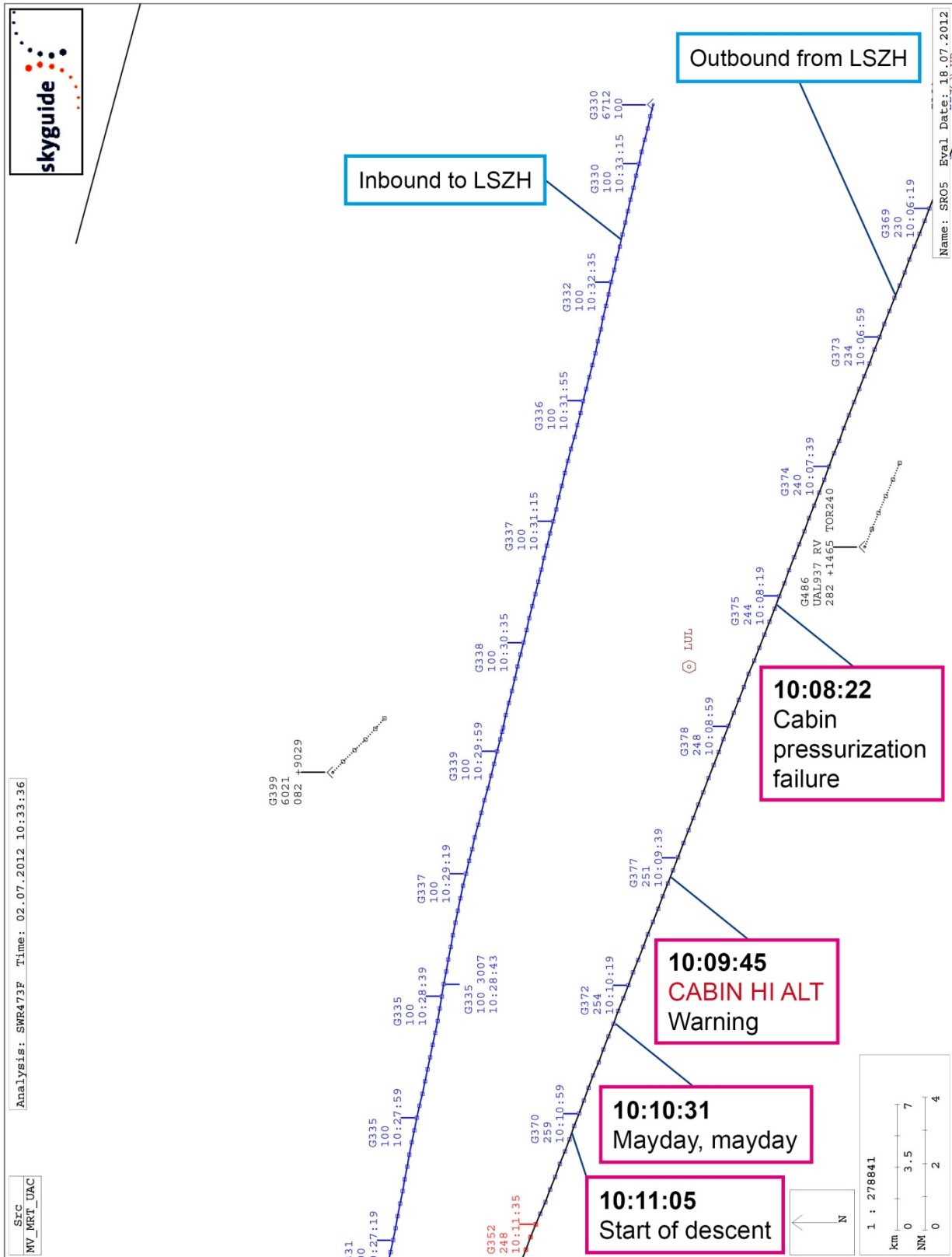
Bern, 12. Dezember 2013

Anlagen

Anlage 1: Gesamtflugverlauf (LSZH – LSZH)



Anlage 2: Flugverlauf während des schweren Vorfalles



Anlage 3: Zeitliche Abfolge wesentlicher Ereignisse

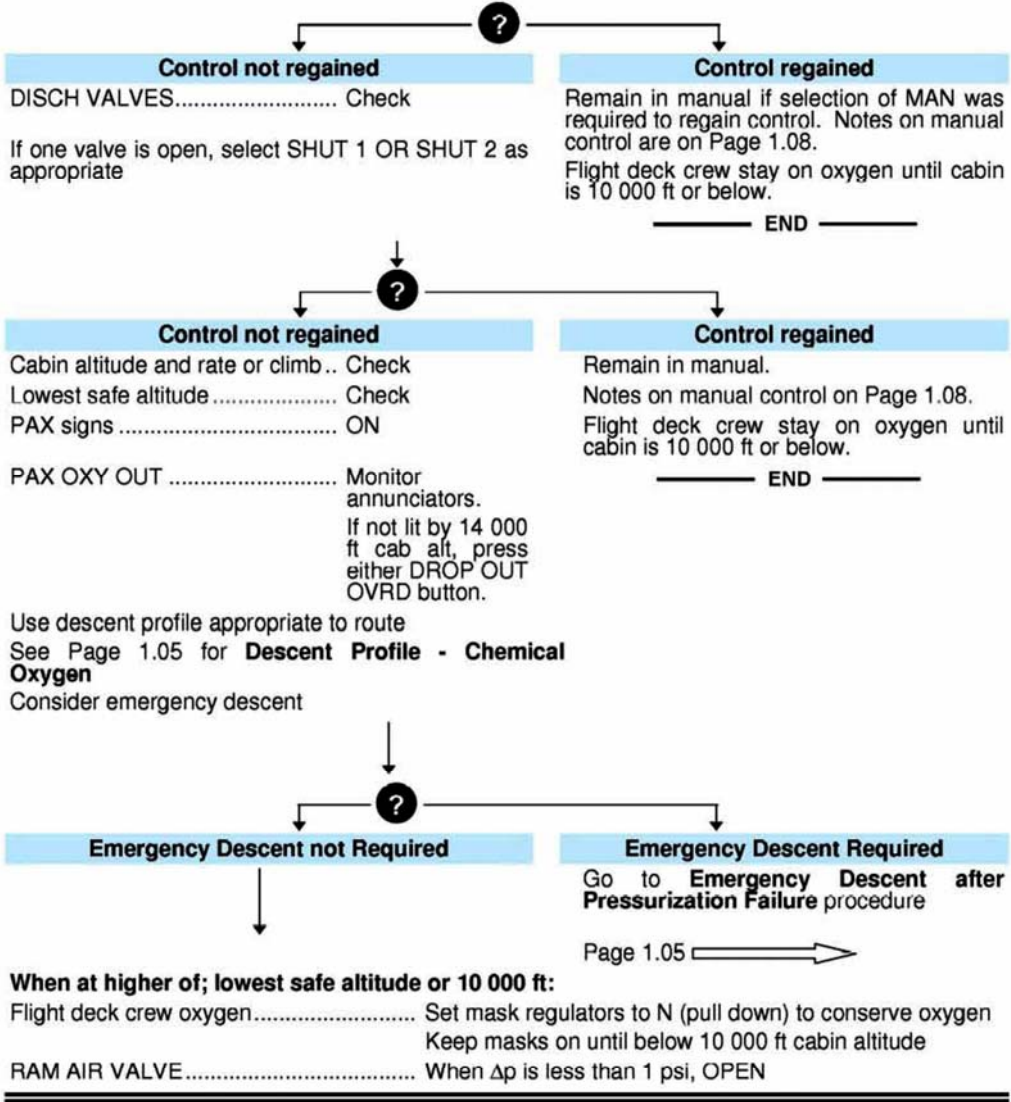
UTC	Flugphase	Ereignis	Handlung
09:47	Start in Zürich	Flight LX456 (HB-IXW) startet	
10:08:22	FL244, Steigflug (AP on; AT on, Hdg. 287°, 260 KIAS)	Die folgenden Warnungen leuchten auf: AIR SUPPLY, AIR COND, ICE PROT, R ZONE HI TEMP, ENG 3 AIR VALVE, ENG 4 AIR VALVE, R INNER VALVE, R OUTER VALVE, PACK 2 VALVE Kabinenhöhe beginnt zu steigen	
10:09:40	FL250, Steigflug		Besatzung verlangt Bewilligung für Sinkflug
10:09:45	FL251, Steigflug	Die folgenden Warnungen leuchten auf: CABIN HI ALT + red attention getting lights + triple chime	Besatzung leitet die Abarbeitung der Checkliste "Cabine Hi Altitude" ein
			Besatzung setzt Sauerstoffmaske auf
10:10:31	FL256, Steigflug	Die Kommunikation mit Reims Control mit aufgesetzter Sauerstoffmaske ist erschwert. Übriger Funkverkehr behindert die Verständigung zusätzlich	Besatzung meldet: „mayday mayday...emergency descent to flight level one hundred“
10:11:05	FL259, Beginn des Sinkfluges		Besatzung leitet den Notabstieg ein: AP LVL-CHG Mach nach FL100, AT off, Air Brakes out
10:11:35	FL244, Sinkflug	(AP on, AT off, Hdg. 285°, 264 KIAS)	Besatzung wechselt den <i>transponder code</i> auf A7700
	FL238, Sinkflug	Passagiersauerstoffmasken werden ausgelöst	Kabinenbesatzung unterstützt die Passagiere
10:11:49	FL231, Sinkflug	Kommunikation mit Reims Control weiterhin erschwert. Besatzung wiederholt den Notruf.	Besatzung meldet: „we have to descend to one hundred, mayday mayday“
10:11:54	FL227, Sinkflug		Reims Control meldet: „difficulty to understand you so you may descend to flight level one hundred if you have to“
10:14:46	FL120	Frequenzwechsel: 134.960 (Reims) – 132.100 (Paris)	
10:15:40	FL100,	LX456 erreicht Flugfläche FL100 und fliegt weiter in Richtung Rolampont (RLP)	
10:17:27	FL100	LX456 bekundet die Absicht, umzukehren und nach Zürich zurückzukehren	
10:18:32	FL100	LX456 dreht nach links und fliegt nun Richtung Basel	
10:20:24	FL100		Besatzung meldet: „...no assistance needed ...flying without pressurization..“
10:57:18	Landung in Zürich	Ereignislose Landung	

Anlage 4: Emergency Checklist – Cabin High Altitude

Cabin High Altitude

**CABIN
HI ALT**

Oxygen masks.....	Flight crew don
Crew communication.....	Establish
PACKS and AIR SUPPLY.....	Confirm ON
PRESSURIZATION.....	Check correctly set
If control not regained, PRESSURIZATION.....	MAN - attempt to control Rotary control all the way to SHUT if necessary



Anlage 5: Emergency Checklist – Descent after Pressurization Failure

Emergency Descent after Pressurization Failure

Emergency descent	Announce
Thrust Levers	Flight idle
Target speed	Announce - M_{MO}/V_{MO} or 0.6 M/240 kt If structural integrity in doubt, do not exceed 0.6 M/240 kt and limit "g".
Airbrake	OUT
Establish flight at 10 000 ft or the lowest safe altitude if higher	

CONT IGN A and B ON

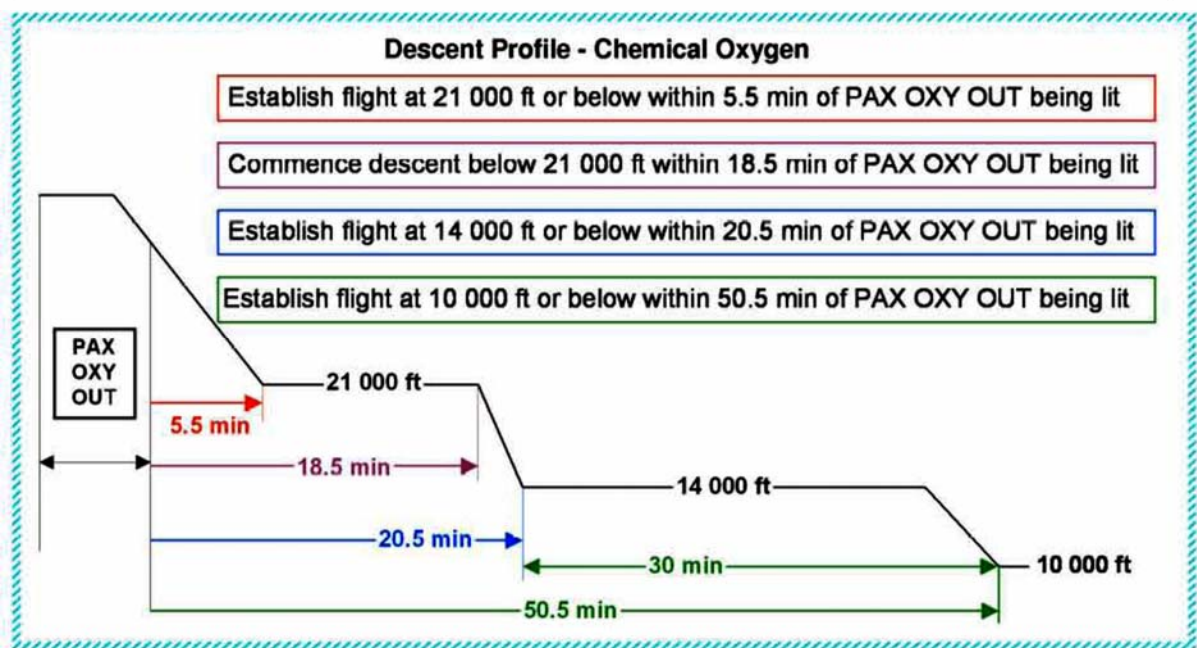
Transponder As required

When at higher of; 10 000 ft or lowest safe altitude:

Flight deck crew oxygen Set mask regulators to N (pull down) to conserve oxygen
Keep masks on until at or below 10 000 ft cabin altitude

RAM AIR VALVE When Δp is less than 1 psi, OPEN

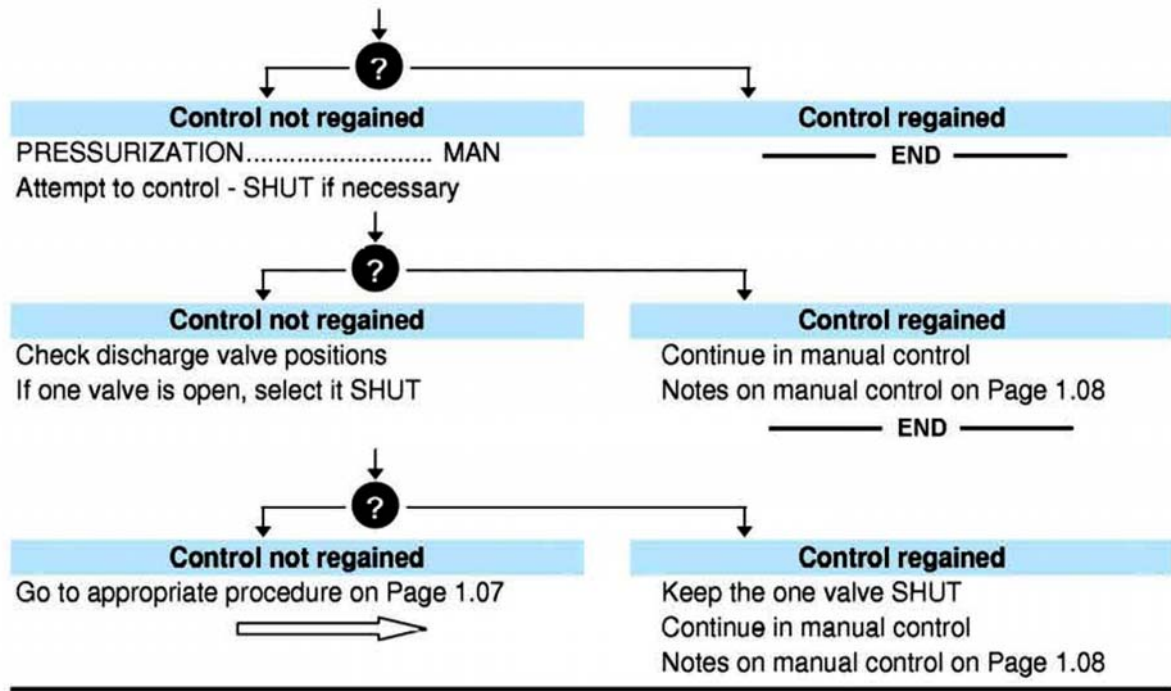
CONT IGN As required



Loss of Control of Pressurization

If CABIN HI ALT caption illuminates at any time in the following procedure, use Cabin High Altitude procedure on Page 1.04

- ENG AIR Confirm serviceable valves ON
- PACKS Confirm serviceable packs ON
- PRESSURIZATION..... Confirm correctly set



Anlage 6: Central Warning Panel – Relevante Warnanzeigen



Anmerkungen:

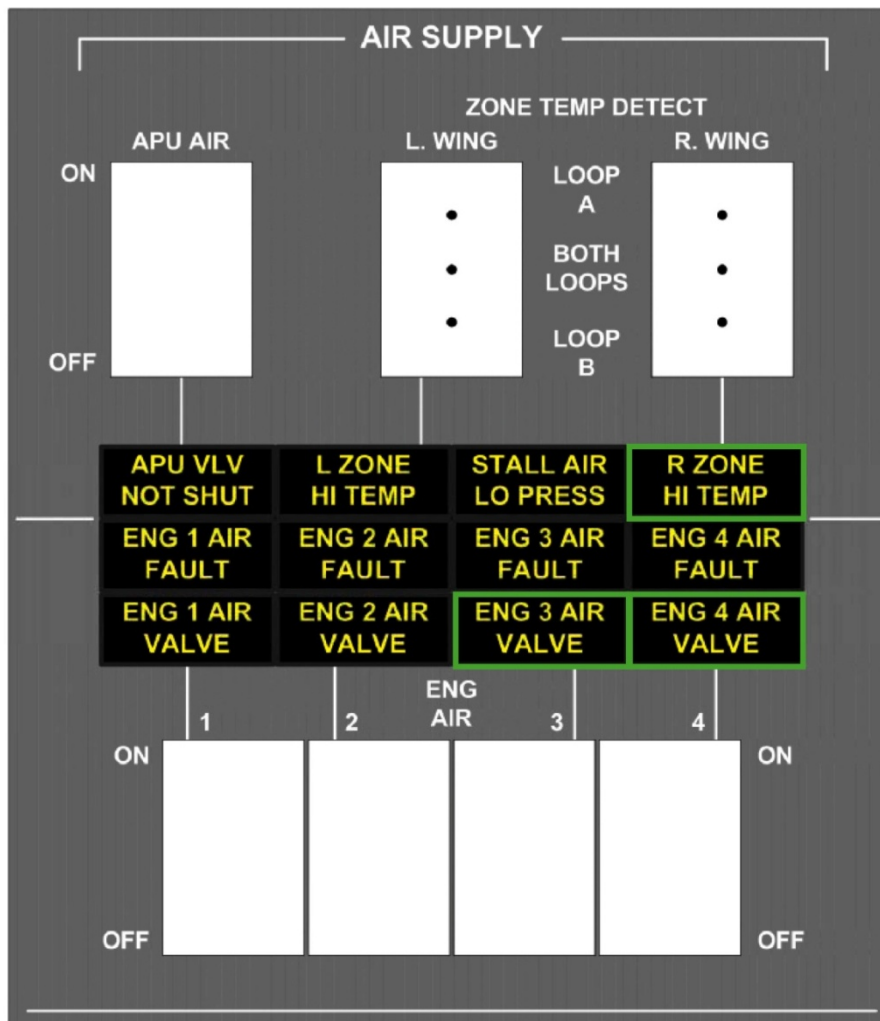
Die roten Warnanzeigen sind begleitet von einem *triple chime* und zwei roten Warnlampen links und rechts auf dem *glareshield panel* (*attention getting lights*).

Die gelben Warnanzeigen sind begleitet von einem *single chime* und zwei gelben Warnlampen links und rechts auf dem *glareshield panel* (*attention getting lights*).

Die nach oben weisenden Pfeile zeigen an, dass im *overhead panel* weitere Warnungen angezeigt werden.

Analoges gilt für die Pfeile nach links und nach unten.

Anlage 7: Air Supply Panel – Relevante Warnanzeigen

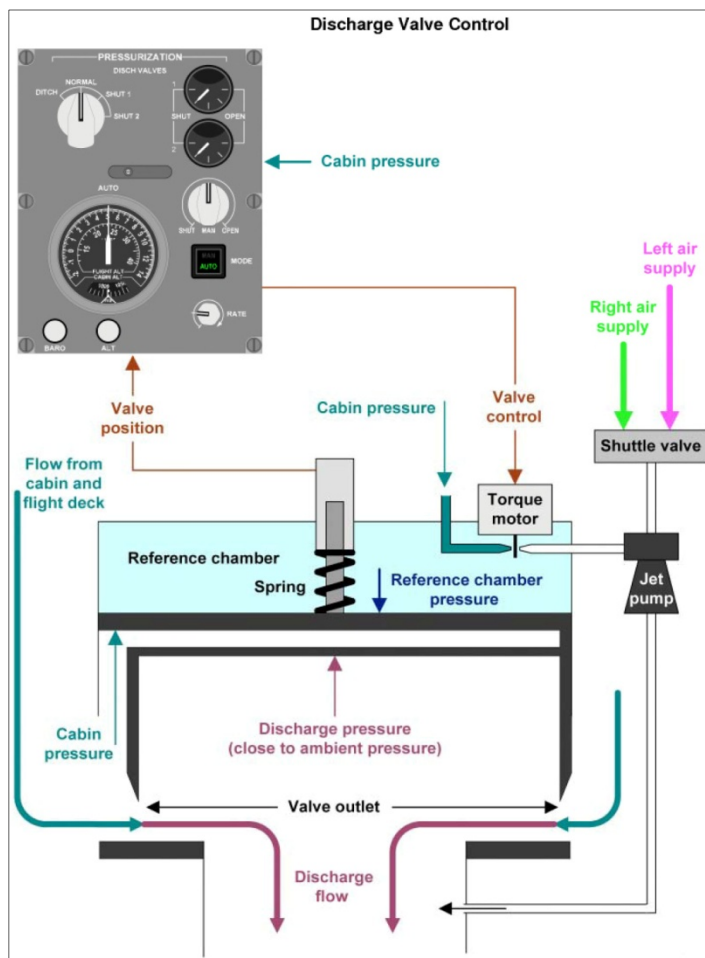
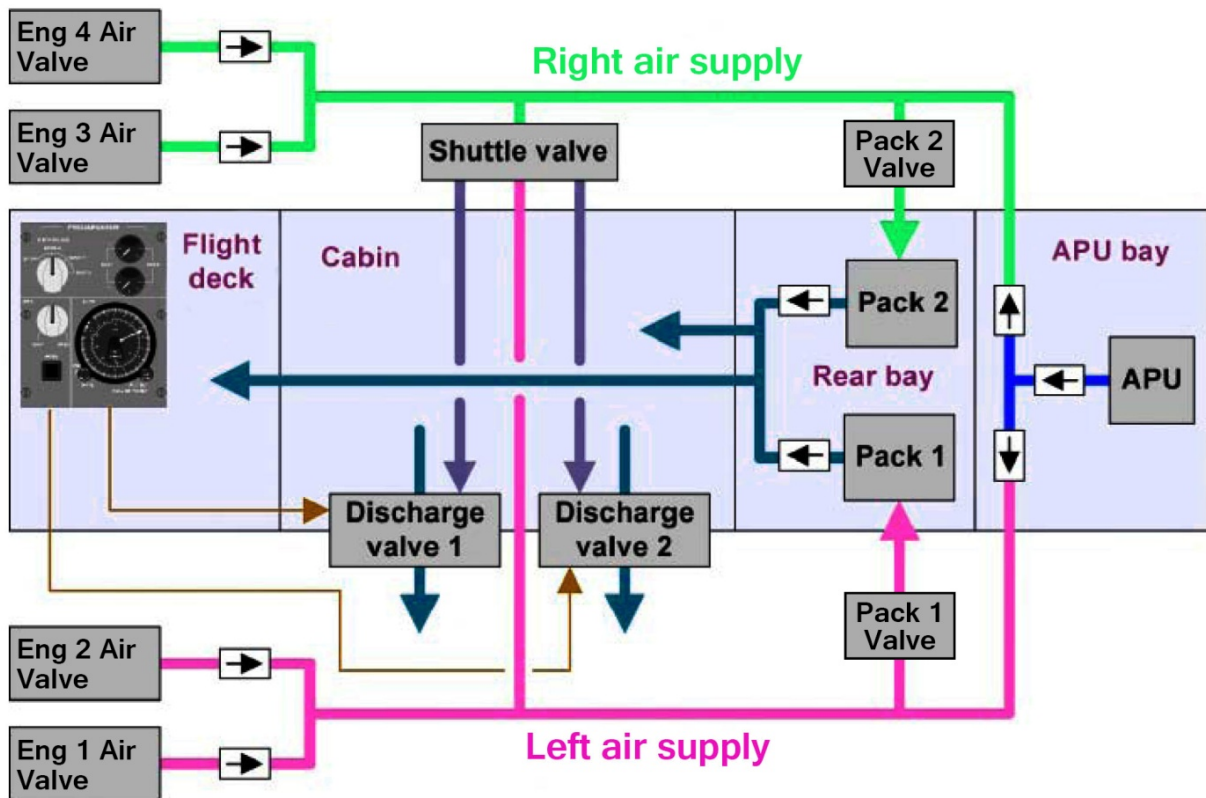


Anmerkung:

Ein Leck in der rechten Druckluftversorgung (*right air supply*), genauer gesagt am Übergang von der Aufhängung des Triebwerks 4 zum Flügel (vgl. Anlage 10) löste die Warnanzeige **R ZONE HI TEMP** aus. Als Folge davon wurden die folgenden Ventile (*valves*) automatisch geschlossen und die entsprechenden Warnanzeigen leuchteten auf:

- das **ENG 3 AIR VALVE** (vgl. Anlagen 7 und 8)
- das **ENG 4 AIR VALVE** (vgl. Anlagen 7 und 8)
- das **R INNER VALVE** (vgl. Kapitel 1.6.2.5)
- das **R OUTER VALVE** (vgl. Kapitel 1.6.2.5)
- das **TAIL VALVE 2** (vgl. Kapitel 1.6.2.5)
- das **PACK 2 VALVE** (vgl. Kapitel 1.6.2.2)

Anlage 8: Schematische Darstellung des Druckbelüftungssystems



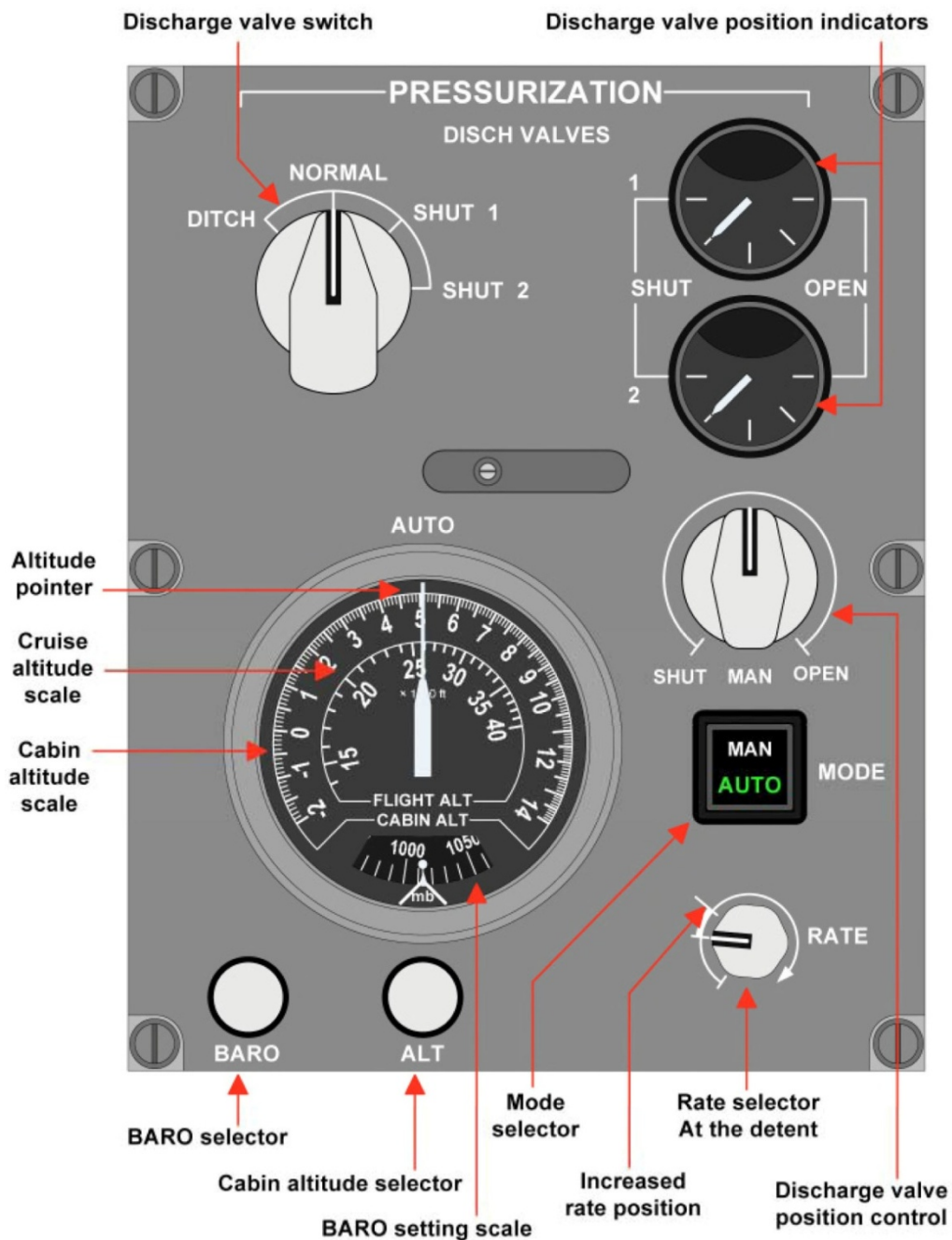
Anmerkungen:

Das pack 1 valve war vom Start an geschlossen und dadurch stand das Pack 1 für Flug LX 456 nicht zur Verfügung.

Eine vereinfachte Beschreibung der Funktionsweise des Druckbelüftungssystems findet sich unter Kapitel 1.6.2.3.

Während des schweren Vorfalls befand sich das Druckbelüftungssystem im AUTO Modus (vgl. Anlage 9)

Anlage 9: Pressurization Control Panel



Anmerkung:

Die Untersuchung geht von folgenden Einstellungen während des schweren Vorfalls aus:

discharge valve switch -- NORMAL

mode selector -- AUTO

rate selector -- at the detent

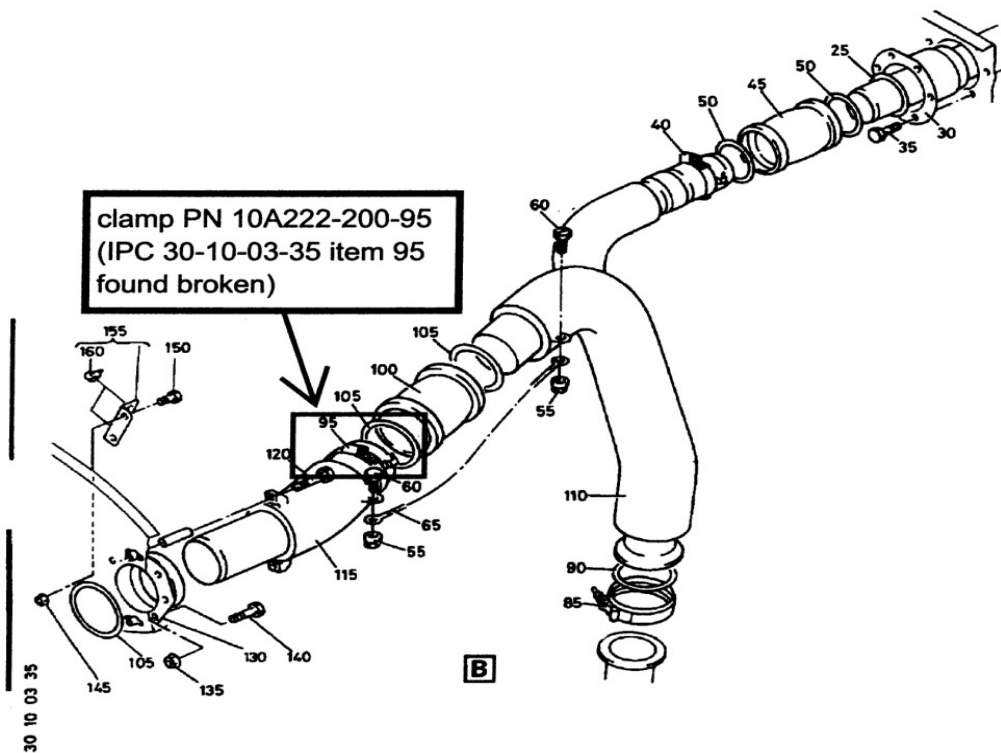
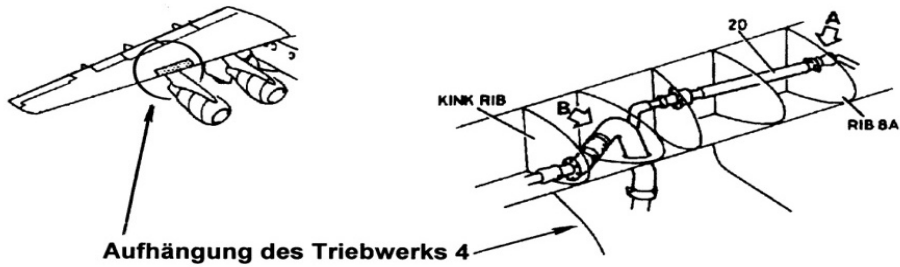
selected cabin altitude -- 7000 ft

AUTO MODE: Wenn der *rate selector* in der Einrastung (*detent*) steht, werden folgende Steig- resp. Sinkraten für die Kabine eingehalten: 525 ft/min climb, 375 ft/min descent.

Anlage 10: Leckes Druckluftrohr im Bereich des Triebwerks 4



BAe 146 SERIES/AVRO 146-RJ SERIES ILLUSTRATED PARTS CATALOGUE



DE-ICING DUCT INSTL-WING, RIB 8A TO KINK RIB,RH

30-10-03-35

PAGE 0
MAY 15/03

LXB

Printed in the U.K.

Anlage 11: Gebrochene Bride P/N 10A222-200-95

