



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST
Service suisse d'enquête de sécurité SESE
Servizio d'inchiesta svizzero sulla sicurezza SISI
Swiss Transportation Safety Investigation Board STSB

Abschlussbericht Nr. 2435 der Schweizerischen Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST

über den schweren Vorfall des Verkehrs-
flugzeuges Airbus A330-343, HB-JHI,

vom 13. September 2024

ca. 50 NM west-nordwestlich von Basel

Allgemeine Hinweise zu diesem Bericht

Der alleinige Zweck der Untersuchung eines Flugunfalls oder eines schweren Vorfalls ist die Verhütung von Unfällen oder schweren Vorfällen. Es ist ausdrücklich nicht Zweck der Sicherheitsuntersuchung und dieses Berichts, Schuld oder Haftung festzustellen.¹

Wird dieser Bericht zu anderen Zwecken als zur Unfallverhütung verwendet, ist diesem Umstand gebührend Rechnung zu tragen.

Die deutsche Fassung dieses Berichts ist das Original und daher massgebend.

Alle Angaben beziehen sich, soweit nicht anders vermerkt, auf den Zeitpunkt des schweren Vorfalls.

Alle in diesem Bericht erwähnten Zeiten sind, soweit nicht anders vermerkt, in koordinierter Weltzeit (*Coordinated Universal Time – UTC*) angegeben. Für das Gebiet der Schweiz galt zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls die mitteleuropäische Sommerzeit (MESZ) als Normalzeit (*Local Time – LT*). Die Beziehung zwischen LT, MESZ und UTC lautet:

LT = MESZ = UTC + 2 h.

¹ Artikel 3.1 der 13. Ausgabe des Anhangs 13, gültig ab 28. November 2024, zum Übereinkommen über die internationale Zivilluftfahrt vom 7. Dezember 1944, in Kraft getreten für die Schweiz am 4. April 1947, Stand am 28. November 2024 (SR 0.748.0).

Artikel 24 des Bundesgesetzes über die Luftfahrt vom 21. Dezember 1948, Stand am 1. Januar 2025 (LFG, SR 748.0).

Artikel 1 Ziffer 1 der Verordnung (EU) Nr. 996/2010 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Oktober 2010 über die Untersuchung und Verhütung von Unfällen und Störungen in der Zivilluftfahrt und zur Aufhebung der Richtlinie 94/56/EG, in Kraft getreten für die Schweiz am 1. Februar 2012 gemäss einem Beschluss des gemischten Ausschusses der Schweizerischen Eidgenossenschaft und der Europäischen Union (EU) und gestützt auf das Abkommen vom 21. Juni 1999 zwischen der Schweiz und der EU über den Luftverkehr (Luftverkehrsabkommen).

Artikel 2 Absatz 1 der Verordnung über die Sicherheitsuntersuchungen im Verkehrswesen vom 17. Dezember 2014, Stand am 1. Januar 2025 (VSZV, SR 742.161).

Zusammenfassung

Überblick

Halter	Swiss International Air Lines Ltd., Malzgasse 15, 4052 Basel
Eigentümer	Swiss International Air Lines Ltd., Malzgasse 15, 4052 Basel
Hersteller	Airbus S.A.S., Toulouse, Frankreich
Luftfahrzeugmuster	A330-343
Eintragungsstaat	Schweiz
Eintragungszeichen	HB-JHI
Ort	Region Luxeuil-les-Bains, Frankreich, im Fluginformationsgebiet (<i>Flight Information Region – FIR</i>) Reims Control, auf Flugfläche (<i>Flight Level – FL</i>) 220
Datum und Zeit	13. September 2024, 16:20 UTC
Betriebsart	Verkehrsfliegerei
Flugregeln	Instrumentenflugregeln (<i>Instrument Flight Rules – IFR</i>)
Startort	Flughafen Zürich (LSZH)
Zielort	Flughafen Newark Liberty International (KEWR), USA
Flugphase	Start und Steigflug
Art des schweren Vorfalls	Notabstieg (<i>emergency descent</i>) aufgrund von Druckverlust in der Kabine

Untersuchung

Der schwere Vorfall ereignete sich am 13. September 2024 um 16:20 UTC, die Meldung traf um 17:21 UTC bei der SUST ein. Frankreichs Sicherheitsuntersuchungsstelle delegierte die Untersuchung an die Schweiz und ernannte einen bevollmächtigten Vertreter, der an der Untersuchung mitwirkte. Die SUST eröffnete gleichentags eine Untersuchung.

Für die Untersuchung standen folgende Grundlagen zur Verfügung:

- Radaraufzeichnungen;
- Aufzeichnungen des Flugdatenschreibers (*Flight Data Recorder – FDR*) und des *Quick Access Recorder* (QAR)²;
- Aufzeichnungen des Sprach- und Geräuschaufzeichnungsgerätes (*Cockpit Voice Recorder – CVR*) im Cockpit;
- Auskünfte von Besatzungsmitgliedern;
- Untersuchungsergebnisse vor Ort.

Der vorliegende Schlussbericht wird durch die SUST veröffentlicht.

² Beim QAR handelt es sich um ein Gerät, das ähnlich wie ein Flugdatenschreiber wesentliche Parameter aufzeichnet, die von der Fluggesellschaft zur Überwachung des Flugbetriebs und zu Instandhaltungszwecken genutzt werden.

Kurzdarstellung

Am 13. September 2024 startete das Verkehrsflugzeug Airbus A330-343, eingetragen als HB-JHI, in Zürich (LSZH) für einen Linienflug nach Newark (KEWR) mit dem Flugplakennzeichen LX18. An Bord befanden sich 2 Piloten, 10 Kabinenbesatzungsmitglieder und 205 Passagiere.

Während des Steigfluges erhielt die Flugbesatzung auf Flugfläche (*Flight Level – FL*) 220 die ECAM³-Hinweismeldung CAB ALT und anschliessend die ECAM-Warnung CAB PR EXCESS CAB ALT. Obwohl beide Auslassventile als vollständig geschlossen angezeigt wurden, war das Kabinendrucksystem nicht in der Lage, einen ausreichenden Kabinendifferenzdruck aufzubauen.

Die Cockpitbesatzung setzte ihre Sauerstoffmasken auf und leitete einen Notabstieg (*emergency descent*) ein. Sie löste zudem manuell die Sauerstoffmasken in der Kabine für Passagiere und Kabinenbesatzung aus und entschied sich zur Umkehr nach Zürich, wo eine ereignislose Landung erfolgte.

Die Passagiere und die Besatzung konnten das Flugzeug auf normalem Weg verlassen. Verletzt wurde niemand.

Ursachen

Der schwere Vorfall, bei dem während des Steigflugs des Verkehrsflugzeuges die Kabinendruckhöhe einen Wert von 10 000 ft überschritt und die Cockpitbesatzung einen Notabstieg einleiten musste, ist darauf zurückzuführen, dass als Folge eines defekten *skin check valve* das Kabinendrucksystem nicht in der Lage war, einen ausreichenden Kabinendifferenzdruck aufzubauen.

Ein vom Luftfahrzeughersteller im Jahr 2016 veröffentlichtes Service Bulletin, in dem das frühestmögliche Ersetzen des *skin check valve* durch ein modifiziertes *skin check valve* empfohlen wird, war nicht ausgeführt worden, was ursächlich für den schweren Vorfall war.

Sicherheitsempfehlungen und Sicherheitshinweise

Mit diesem Schlussbericht werden eine Sicherheitsempfehlung und ein Sicherheitshinweis ausgesprochen.

³ ECAM: *Electronic Centralized Aircraft Monitor*

1 Sachverhalt

1.1 Flugverlauf

1.1.1 Vorgeschichte

Am Nachmittag des 13. September 2024 bereitete das Bodenpersonal und die Besatzung das Verkehrsflugzeug Airbus A330-343, eingetragen als HB-JHI, für den Flug von Zürich (LSZH) nach Newark (KEWR) mit Flugplakennzeichen LX18 vor. Die Vorbereitungen verliefen normal. Wie üblich waren die gelben Luftschnäüche des Bodenluftgerätes (*Preconditioned Air Unit – PCA*) am Flugzeug angeschlossen, um die Flugzeugkabine mit Frischluft zu versorgen (vgl. Kapitel 1.6.2). Als das Flugzeug zum Zurückstossen (*push back*) vom Gate bereit war, wurden die Schnäüche vom Flugzeug getrennt.

1.1.2 Verlauf des schweren Vorfalls

Um 16:07 UTC startete die HB-JHI auf der Piste 32. Der Start und der Steigflug verliefen ohne Auffälligkeiten und die Cockpitbesatzung verspürte keine ungewöhnliche Druckempfindung in den Ohren. Während des Steigflugs kontaktierte die Besatzung die Flugverkehrsleitung *Reims Control*, die der LX18 eine Freigabe für einen Steigflug nach FL 300 erteilte.

Als das Flugzeug die Flugfläche (*Flight Level – FL*) 220 durchstieg, erschien um 16:22:22 UTC im Cockpit die Hinweismeldung (*advisory*) CAB ALT⁴ auf einem Monitor des Überwachungssystems (*Electronic Centralized Aircraft Monitor – ECAM*). Die Besatzung las eine Kabinendruckhöhe von 9200 ft ab, die langsam, aber stetig anstieg. Umgehend schaltete die Besatzung das Kabinendruck-Steuergerät (*Cabin Pressure Controller – CPC*) von System 1 auf System 2. Die beiden Auslassventile (*outflow valve*) waren zu diesem Zeitpunkt vollständig geschlossen (vgl. Kapitel 1.6.2.2). Trotzdem war das Kabinendrucksystem nicht in der Lage, einen ausreichenden Kabinendifferenzdruck aufzubauen, so dass die Kabinendruckhöhe weiter anstieg. Die Besatzung konnte keine sonstigen Fehlfunktionen feststellen und es wurden keine weiteren Fehlermeldungen angezeigt.

In der Folge verlangte die Besatzung bei der Flugverkehrsleitstelle *Reims Control* einen Übergang in den Horizontalflug (*/level-off*) auf FL 250, der vom Flugverkehrsleiter gewährt wurde. Zeitgleich ertönte im Cockpit der akustische Warnton (*master warning*) und auf dem ECAM erschien um 16:23:01 UTC die Warnmeldung CAB PR EXCESS CAB ALT⁵.

Die Besatzung setzte eine Dringlichkeitsmeldung («PAN PAN») ab mit Angabe eines Kabinendruckproblems und zog die Sauerstoffmasken an. Rund 20 Sekunden später übermittelte die Besatzung einen Notruf («MAYDAY») mit der Angabe, dass sie einen Notabstieg (*emergency descent*) einleiten würde.

Beide Cockpitbesatzungsmitglieder konnten sich nicht erklären, was für ein technisches Problem vorliegen könnte. Sie informierten die Kabinenbesatzung über den Notabstieg und betätigten in der Folge auch die manuelle Auslösung der Sauerstoffmasken in der Kabine.

Während des Notabstiegs, der mit einer Sinkrate von rund 5000 ft/min erfolgte, erreichte die Kabinendruckhöhe einen maximalen Wert von 10 800 ft. Als das Flugzeug FL 100 erreichte, war auch die Kabinendruckhöhe wieder unter 9000 ft

⁴ Die Hinweismeldung CAB ALT erscheint auf dem ECAM, wenn die Kabinendruckhöhe den Wert von 8800 ft übersteigt.

⁵ Die Warnmeldung CAB PR EXCESS CAB ALT erscheint auf dem ECAM, wenn die Kabinendruckhöhe einen Wert von 9550 ft überschreitet.

abgesunken und die entsprechenden Meldungen auf dem ECAM waren erloschen. Anschliessend erfolgte der Rückflug nach Zürich. Der Anflug auf die Piste 16 und die Landung mit Übergewicht (*overweight landing*)⁶ waren ereignislos.

Die Passagiere und die Besatzung konnten das Flugzeug auf normalem Weg verlassen. Verletzt wurde niemand.

1.1.3 Ort und Zeit des schweren Vorfalls

Ort	Region Luxeuil-les-Bains, Frankreich, im Fluginformationsgebiet (<i>Flight Information Region – FIR</i>) <i>Reims Control</i>
Datum und Zeit	13. September 2024, 16:20 UTC
Koordinaten	N 47° 43' 26" / E 006° 24' 21"
Beleuchtungsverhältnisse	Tag
Höhe	Im Steigflug, FL 220

1.2 Personenschäden

Verletzungen	Besatzungsmitglieder	Passagiere	Gesamtzahl der Insassen	Drittpersonen
Tödlich	0	0	0	0
Erheblich	0	0	0	0
Leicht	0	0	0	0
Keine	12	205	217	Nicht zutreffend
Gesamthaft	12	205	217	0

1.3 Schaden am Luftfahrzeug

1.3.1 Befunde am Flugzeug

Das Flugzeug wurde nach dem schweren Vorfall technisch untersucht. Es fanden sich Beschädigungen an Elementen des Kabinendrucksystems im Bereich des Niederdruckverteilers (*low pressure manifold*) (vgl. Kapitel 1.6.2.3).

Beim Übergang zwischen dem Niederdruckverteiler und dem Rückschlagventil (*check valve*) des Notstaulufteinlasses (*emergency ram air inlet*) fehlte die Dichtmanschette (*sleeve*) sowie eine von zwei Schraubschellen (*clamp*) (vgl. Abbildung 1). Die Dichtmanschette wurde stark beschädigt im Innern der Flugzeugzelle aufgefunden (vgl. Abbildung 2). Die noch vorhandene Schraubschelle auf der Seite des Niederdruckverteilers war lose. Die zweite Schraubschelle war nicht auffindbar.

⁶ Eine *overweight landing* bezeichnet die Landung eines Flugzeugs mit einer Masse, welche die höchstzulässige Masse im Normalbetrieb überschreitet. Bei einem Airbus A330-343 bestehen etablierte Verfahren, um eine *overweight landing* sicher durchzuführen, wenn sie notwendig wird.



Abbildung 1: Übergang zwischen Niederdruckverteiler (*low pressure manifold*, rechte Bildseite) und dem Rückschlagventil (*check valve*) des Notstaulufteinlasses (*emergency ram air inlet*, linke Bildseite) mit fehlender Dichtmanschette (gelb eingekreist) und der noch vorhandenen Schraubschelle (schwarzer Pfeil).

Abbildung 2: Stark beschädigte Dichtmanschette.

Beim sogenannten *skin check valve*, das sich zwischen dem Niederdruckverteiler und der Mischeinheit (*mixer unit*) des Kabinendrucksystems befindet, war eine der beiden Klappen etwas mehr als 90° nach oben geöffnet. Die Klappe war beweglich und konnte geschlossen werden. Das Scharnier wies einen Defekt auf (vgl. Kapitel 1.3.2).

1.3.2 Skin Check Valve

Am ausgebauten *skin check valve* wurde festgestellt, dass bei einer Klappe das Scharnier gebrochen und die Scharnierachse verbogen war (vgl. Abbildung 3). Weiter war die Schenkelfeder beim gebrochenen Scharnier, die ein Schliessen der Klappe sicherstellt, ebenfalls abgebrochen. Das gesamte Scharnier, die Klappen sowie die Kontaktflächen und die Endanschlüsse waren stark beschädigt.

Beim *skin check valve* handelte es sich um ein Bauteil mit der Teilenummer 4063-18140-01.



Abbildung 3: Defektes skin check valve.

1.4 Drittschaden

Es entstand kein Drittschaden.

1.5 Angaben zu Personen

1.5.1 Flugbesatzung

1.5.1.1 Kommandant

Person	Schweizer Staatsbürger, Jahrgang 1962
Ausweis	Verkehrspilotenlizenz für Flugzeuge (<i>Airline Transport Pilot License Aeroplane – ATPL(A)</i>) nach der Agentur der Europäischen Union (<i>European Union Aviation Safety Agency – EASA</i>), ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL)
Flugerfahrung	Gesamthaft 14 808:21 h Auf dem Vorfallmuster 2747:05 h Während der letzten 90 Tage 214:26 h Davon auf dem Vorfallmuster 214:26 h

1.5.1.2 Erster Offizier

Person	Schweizer Staatsbürger, Jahrgang 1990
Ausweis	ATPL(A) nur für Flugbetrieb mit mehreren Piloten (<i>Multipilot Operation only – MP OPS only</i>) nach EASA, ausgestellt durch das BAZL
Flugerfahrung	Gesamthaft 5755:08 h Auf dem Vorfallmuster 2351:07 h Während der letzten 90 Tage 231:09 h Davon auf dem Vorfallmuster 231:09 h

1.6 Angaben zum Luftfahrzeug

1.6.1 Allgemeine Angaben

Eintragungszeichen	HB-JHI
Luftfahrzeugmuster	A330-343
Charakteristik	Zweimotoriges Mittel- und Langstreckenflugzeug mit Turbofanantrieb
Hersteller	Airbus S.A.S., Toulouse, Frankreich
Baujahr	2010
Werknummer	1181
Halter	Swiss International Air Lines Ltd., Malzgasse 15, 4052 Basel
Eigentümer	Swiss International Air Lines Ltd., Malzgasse 15, 4052 Basel
Betriebsstunden	Zelle 62 698:48 h (TSN ⁷)
Landungen	9441
Masse und Schwerpunkt	Sowohl Masse als auch Schwerpunkt befanden sich innerhalb der gemäss Luftfahrzeugflughandbuch (<i>Aircraft Flight Manual – AFM</i>) zulässigen Grenzen.

1.6.2 Kabinendrucksystem

1.6.2.1 Allgemeines

Das Kabinendrucksystem stellt sicher, dass in der Flugzeugkabine während des gesamten Fluges eine für die Besatzung und Passagiere komfortable und sichere Umgebung in Bezug auf Luftdruck und Lufttemperatur aufrechterhalten wird.

1.6.2.2 Kabinendruckregler

Das Kabinendruck-Steuergerät (*Cabin Pressure Controller – CPC*), das sich üblicherweise in einem automatischen Modus befindet, reguliert den Kabinendruck in erster Linie über zwei Auslassventile (*outflow valve*), die sich jeweils vorne und hinten am Rumpf befinden. Sie stellen die Auslassrate der Kabinenluft so ein, dass die gewünschte Kabinendruckhöhe resp. der korrekte Kabinendifferenzdruck aufrechterhalten bleibt. Die Druckregelung erfolgt mittels Zapfluft (*bleed air*), die von den Triebwerken kommt und von den Klimaanlagen (*air conditioning pack – PACK*) aufbereitet wird, bevor sie in die Kabine gelangt.

Beim Flugzeugtyp A330 wird die Kabine in der Regel auf eine Höhe von maximal 7350 ft (rund 2240 m) unter Druck gesetzt. Das System verfügt über integrierte Sicherheitsmechanismen, darunter Alarne, welche die Cockpitbesatzung auf Anomalien aufmerksam machen, sowie eine automatische Auslösung der Sauerstoffmasken für die Passagiere im Falle eines Druckabfalls bei einer Kabinendruckhöhe über 14 000 ft (4270 m).

⁷ TSN: *Time Since New*, Betriebszeit seit Herstellung

Bei den im vorliegenden Fall relevanten Alarmen handelt es sich um die folgenden:

- Die Hinweismeldung CAB ALT erscheint auf dem ECAM, wenn die Kabinendruckhöhe einen Wert von 8800 ft überschreitet.
- Die Warnmeldung CAB PR EXCESS CAB ALT erscheint auf dem ECAM, wenn die Kabinendruckhöhe einen Wert von 9550 ft überschreitet.

1.6.2.3 Quellen des pneumatischen Systems

Während des Fluges sind die Triebwerke die primäre Quelle der Zapfluft (*bleed air*) für die PACK. Am Boden, wenn die Triebwerke nicht in Betrieb sind, versorgt in der Regel die Hilfsturbine (*Auxiliary Power Unit – APU*) die PACK mit *bleed air* (vgl. Abbildung 4). Die PACK versorgen anschliessend die Mischeinheit (*mixer unit*) mit der notwendigen Frischluft.

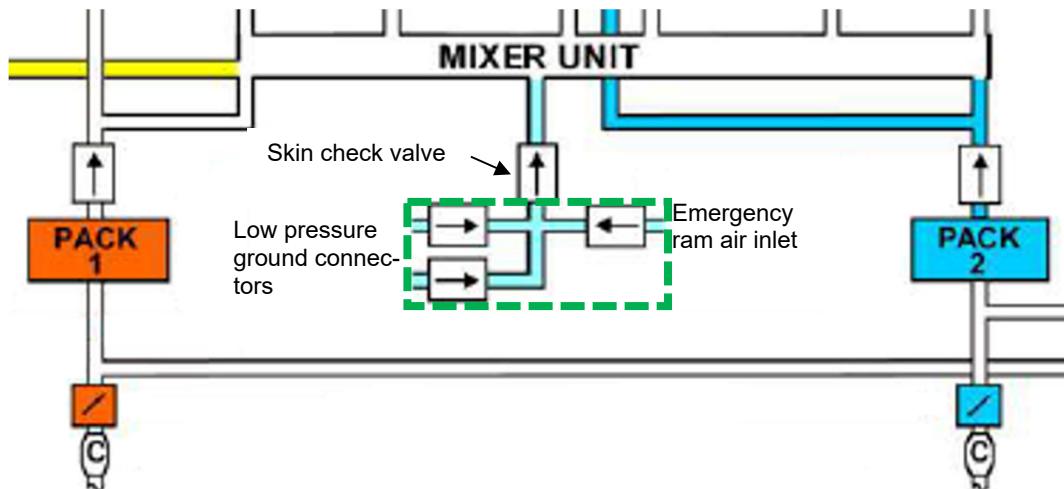


Abbildung 4: Schematische Darstellung der Mischeinheit (*mixer unit*) des Kabinendrucksystems und des Niederdruckverteilers (*low pressure manifold*) (grün-gestrichelt eingeklemmt). Quelle: Flugzeughersteller, bearbeitet durch die SUST.

Alternativ kann eine externe pneumatische Quelle, ein Bodenluftgerät (*Preconditioned Air Unit – PCA*), über den Bodenluftanschluss (*low pressure ground connector*) verwendet werden. Während das Flugzeug am Gate auf den Flug vorbereitet wird, verwendet man diesen Anschluss typischerweise, damit die APU nicht betrieben werden muss. Der Bodenluftanschluss besteht aus zwei nebeneinander liegenden Anschlüssen, die je mit einem *check valve* ausgestattet sind und über die externe Luft in den Niederdruckverteiler geführt werden können. Dies erfolgt über flexible Luftschräume, die an den Fluggastbrücken angebracht sind (vgl. Abbildung 5).

Gemäss Luftfahrzeugherrsteller ist der Niederdruckverteiler (*low pressure manifold*) nicht dafür ausgelegt, bei einem Versagen des *skin check valve* den gesamten Differenzdruck der Kabine aufzunehmen.

Der Niederdruckverteiler ist ausserdem mit dem Notstaulufteinlass (*emergency ram air inlet*) verbunden. Dieser kann während des Fluges geöffnet werden, falls beide PACK ausfallen oder falls Rauch aus der Flugzeugkabine entfernt werden muss.

Über den Niederdruckverteiler wird die Luft durch ein zweites Rückschlagventil, das sogenannte *skin check valve*, direkt in die Mischeinheit (*mixer unit*) geführt (vgl. Abbildung 4 und Anlage 1). Die *mixer unit* kombiniert Frischluft mit Umluft und führt sie den verschiedenen Kabinenzonen zu, wodurch eine Verteilung der klimatisierten Luft im gesamten Flugzeug gewährleistet wird.



Abbildung 5: Luftschauch des *pre-conditioned air system*, der an die Bodenluftanschlüsse (*low pressure ground connector*) angeschlossen ist. Quelle: Flughafen Zürich.

1.6.2.4 Skin Check Valve

Das *skin check valve* verfügt über ein Gehäuse (*housing*) mit zwei halbrunden Klappen, die auf einer Scharnierstange (*hinge bar*) montiert sind (vgl. Abbildung 3). Die Klappen können nur in eine Richtung geöffnet werden und werden durch Federn in der geschlossenen Position gehalten. Der Luftstrom vom *emergency ram air inlet* oder am Boden von der *pre-conditioned air* bewirkt das Öffnen der Klappen. Dadurch kann die Luft durch das *skin check valve* zur *mixer unit* strömen. Umgekehrt verhindert das *skin check valve*, dass Kabinenluft aus der *mixer unit* in den Niederdruckverteiler austreten kann.

Gemäss Luftfahrzeughersteller sind *check valve* im Allgemeinen sehr robust, so lange sie in definierten Positionen bleiben, also entweder vollständig geschlossen oder vollständig geöffnet sind. Flattern in Zwischenpositionen kann zu Verschleiss an den Scharnieren oder der Achse oder zu einem Federbruch führen. Aus diesem Grund sollen am Boden nicht gleichzeitig *pre-conditioned air* und Luft aus den PACK verwendet werden, da dies zu einem instabilen Luftstrom im *skin check valve* führen kann (vgl. Kapitel 1.17.1).

1.6.3 Instandhaltung

1.6.3.1 Instandhaltung des Skin Check Valve

Das *skin check valve* war seit der Auslieferung des neuen Flugzeuges aus dem Werk im Jahr 2010 eingebaut; das Flugzeug wies zum Zeitpunkt des Zwischenfalls 62 698:48 Betriebsstunden und 9441 Landungen auf. Das *skin check valve* muss gemäss Luftfahrzeughersteller alle 24 Monate einer Inspektion unterzogen werden, wofür es ausgebaut werden muss. Eine Betriebszeit-Limite bis zu einer Grundüberholung oder eines Austausches eines solchen *skin check valve* besteht nicht. Das *skin check valve* der HB-JHI wurde letztmals am 24. November 2022 einer Inspektion unterzogen.

1.6.3.2 Modifikation des Skin Check Valve

Am 9. November 2016 veröffentlichte der Flugzeughersteller das Service Bulletin Nr. A330-21-3179 mit der Empfehlung, das *skin check valve* mit der Teilenummer 4063-18140-01 durch ein modifiziertes *valve* mit der Teilenummer 24328-01 zu

ersetzen⁸. Grund dafür waren eine grössere Anzahl dem Flugzeughersteller gemeldeter Berichte über Ausfälle des *skin check valve* in A330-Flugzeugen aufgrund gebrochener Klappen und Federn. Bei umfangreichen Tests durch den Flugzeughersteller wurden auch und vor allem während des Normalbetriebes Schwingungen der Klappen des *skin check valve* festgestellt. In der Folge kam es zu Beschädigungen am *check valve* des *emergency ram air inlet* und am Niederdruckverteiler mit den Bodenanschlüssen, was zu einem Druckabfall in der Kabine und als Konsequenz zu einem Abbruch des Fluges führte. Der Flugzeughersteller empfiehlt, das Service Bulletin zum frühestmöglichen Zeitpunkt durchzuführen, um erhebliche Betriebsstörungen zu vermeiden.⁹

Das modifizierte *skin check valve* beinhaltet folgende Designverbesserungen:

- Reduzierung des Klappenöffnungswinkels von 85 Grad auf maximal 75 Grad;
- Verstärkung verschleisskritischer Teile: Scharniere, Kontaktflächen und Endanschlag;
- Reduzierung der Reibungskräfte zwischen den Klappen und der Scharnierachse durch den Einsatz einer speziellen Oberflächenbeschichtung;
- Reduzierung der Federkraft durch Verwendung nur einer Feder anstelle von zwei Federn;
- Neuanordnung der Klappenrippen, um ein Flattern der Klappen während des Normalbetriebs zu verhindern.

Bei der in den schweren Vorfall verwickelten HB-JHI war das Service Bulletin nicht ausgeführt worden.¹⁰ Bei sechs von acht A330 des Flugbetriebsunternehmens wurden während geplanter Instandhaltungsarbeiten die *skin check valve*, die Verschleiss zeigten, ersetzt.

1.6.3.3 Instandhaltung der Rückschlagventile im Niederdruckverteiler

Die beiden *check valve* des Bodenluftanschlusses sowie das *check valve* des Notstaulufteinlasses (*emergency ram air inlet*) weisen dasselbe Inspektionsintervall und denselben Inspektionsumfang auf wie das *skin check valve*. Eine Betriebszeit-Limite bis zu einer Grundüberholung oder eines Austausches eines solchen *check valve* besteht ebenfalls nicht. Letztmals wurden die *check valve* am 24. November 2022 einer Inspektion unterzogen.

⁸ Für die Flugzeugmuster Airbus A340 und A340-500/600 publizierte der Flugzeughersteller gleichgelagerte Service Bulletins Nr. A340-21-4160 und Nr. A3456-21-5054.

⁹ Auszug aus dem Service Bulletin: «This could lead to damage of the emergency ram check valve and ducting downstream to low pressure ground cart connectors, resulting in cabin depressurization and in-flight turn back. [...] RECOMMENDED: Service Bulletin recommended to be accomplished to prevent significant operational disruptions. [...] Accomplishment of this Service Bulletin is recommended at the earliest opportunity where manpower and facilities are available.»

¹⁰ Das Flugbetriebsunternehmen gab an, die Modifikation sei im Jahr 2017 aufgrund der aus seiner Sicht hohen Zuverlässigkeit des ursprünglichen *skin check valve* und der mit einem Wechsel des *valve* verbundenen Kosten abgelehnt worden.

1.7 Meteorologische Angaben

1.7.1 Wetter zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls

Am Flughafen Zürich (LSZH) herrschte zur Zeit des schweren Vorfalls folgendes Wetter:

Wetter/Wolken	Schauer in der Umgebung, wenig bewölkt mit Gewitterwolken auf 3500 ft AAE ¹¹ , aufgelockert bewölkt auf 4000 ft AAE, stark bewölkt auf 7000 ft AAE
Sicht	über 10 km
Wind	230° / 3 kt
Temperatur/Taupunkt	10 °C / 7 °C
Luftdruck (QNH)	1023 hPa (Druck reduziert auf Meereshöhe, berechnet mit den Werten der ICAO ¹² -Standardatmosphäre)
Gefahren	keine

1.7.2 Astronomische Angaben

Sonnenstand	Azimut: 262°	Höhe: 12°
Beleuchtungsverhältnisse	Tag	

1.8 Navigationshilfen

Nicht betroffen

1.9 Kommunikation

Der Funkverkehr zwischen den Piloten und den Flugverkehrsleitstellen wickelte sich ordnungsgemäss und ohne Schwierigkeiten ab.

1.10 Angaben zum Flughafen

Nicht betroffen

1.11 Flugschreiber

1.11.1 Flugdatenschreiber

Die Daten des Flugdatenschreibers (*Flight Data Recorder – FDR*) und des *Quick Access Recorder* (QAR) konnten ausgelesen und ausgewertet werden (vgl. Anhang 2).

Aus diesen Aufzeichnungen lassen sich folgende Eckwerte erkennen:

- Nach dem Start bewegten sich die beiden *outflow valve* kontinuierlich in Richtung geschlossene Position und erreichten die vollständig geschlossene Position im Steigflug bei rund 12 000 ft AMSL und bei einer Kabinendruckhöhe von ca. 3000 ft.
- In der Folge nahm die Kabinendruckhöhe mit einer durchschnittlichen Steigrate von rund 750 ft/min zu.

¹¹ AAE: *Above Aerodrome Elevation*, über der Flugplatzhöhe

¹² ICAO: *International Civil Aviation Organization*

- Das ECAM gab auf einer Kabinendruckhöhe von rund 9000 ft die Hinweismeldung CAB ALT aus.
- Die Warnmeldung CAB PR EXCESS CAB ALT erschien auf einer Kabinendruckhöhe von knapp 9600 ft.
- Die Flughöhe betrug maximal 25 200 ft AMSL, als die Cockpitbesatzung den Notabstieg einleitete.
- Die Kabinendruckhöhe erreichte rund 1½ Minuten später einen Maximalwert von 10 800 ft (3291 m).
- Der Notabstieg bis auf FL 100 erfolgte innerhalb 3 min mit einer durchschnittlichen Sinkrate von rund 5000 ft/min.

1.11.2 Cockpit Voice Recorder

Das Sprach- und Geräuschaufzeichnungsgerät (*Cockpit Voice Recorder – CVR*) konnte ausgelesen und ausgewertet werden.

1.12 Angaben über das Wrack, den Aufprall und die Unfallstelle

Nicht betroffen

1.13 Medizinische und pathologische Feststellungen

Es liegen keine Hinweise auf gesundheitliche Beeinträchtigungen oder Ermüdung der Piloten vor.

1.14 Feuer

Nicht betroffen

1.15 Überlebensaspekte

Nicht betroffen

1.16 Versuche und Forschungsergebnisse

Nicht betroffen.

1.17 Angaben zu verschiedenen Organisationen und deren Führung**1.17.1 Flugbetriebsunternehmen**

Die relevanten Verfahren für die Besatzung waren in den entsprechenden Betriebshandbüchern des Flugbetriebsunternehmens festgehalten.

Für den vorliegend untersuchten schweren Vorfall sind untenstehend die relevanten Verfahren und Informationen aus dem *Flight Crew Operating Manual* (FCOM), dem *Flight Crew Techniques Manual* (FCTM) und dem *Quick Reference Handbook* (QRH) aufgeführt. Hinsichtlich einer Überschreitung der maximalen Kabinendruckhöhe sind dies die folgenden:

- Beim Erscheinen des Hinweises CAB ALT wird ein manueller Wechsel des Kabinendruck-Steuergeräts (*Cabin Pressure Controller – CPC*) auf den anderen CPC empfohlen.
- Zur Warnung CAB PR EXCESS CAB ALT existiert ein *Operations Engineering Bulletin* (OEB). Gemäß diesem soll das CAB PR EXCESS CAB ALT ECAM-Verfahren immer ausgeführt werden, auch wenn die Überschreitung der maximalen Kabinendruckhöhe nicht auf den Instrumenten im Cockpit angezeigt wird.

- Falls sich das Flugzeug beim Erscheinen der Warnmeldung CAB PR EXCESS CAB ALT auf einer Flughöhe von über FL 160 befindet, soll die Cockpitbesatzung zuerst die *memory items* für einen Notabstieg ausführen, und erst anschliessend das angezeigte ECAM-Verfahren.
- Gemäss ECAM-Verfahren CAB PR EXCESS CAB ALT soll die Cockpitbesatzung unter anderem die Sauerstoffmasken aufsetzen, einen Notabstieg (*emergency descent*) einleiten und die Masken für die Passagiere manuell auslösen, falls die Kabinendruckhöhe 14 000 ft überschreitet.
- Ausserdem wird festgehalten, dass ein manuelles Auslösen der Passagiermasken auch erfolgen kann, wenn offensichtlich ist, dass die Kabinendruckhöhe 14 000 ft überschreiten wird.

Zum Gebrauch des Bodenluftgerätes (*Preconditioned Air Unit – PCA*) findet sich folgende Information:

- Die Flugbesatzung darf nicht gleichzeitig Luft aus den Klimaanlagen (*air conditioning pack – PACK*) und aus dem Bodenluftgerät (*Preconditioned Air Unit – PCA*) verwenden, um nachteilige Auswirkungen auf das Klimatisierungssystem zu vermeiden.

1.18 Zusätzliche Angaben

Nicht betroffen

1.19 Nützliche oder effektive Untersuchungstechniken

Nicht betroffen

2 Analyse

2.1 Technische Aspekte

2.1.1 Allgemeines

Die Daten der Flugdatenschreiber waren lückenlos aufgezeichnet und konnten ausgelesen werden. Die Sicherheitssysteme funktionierten einwandfrei und die aufgezeichneten Daten waren plausibel. Anhand der aufgezeichneten Daten war jedoch nicht erkennbar, welches System resp. Bauteil ursächlich für den Druckabfall in der Kabine war.

2.1.2 Kabinendruckhöhe

Aufgrund des defekten, in der geöffneten Stellung verharrenden *skin check valve* (vgl. Kapitel 1.3.2 und Kapitel 1.6.2.4) konnte sich der Kabinendruck während des Steigfluges der HB-JHI nicht wie geplant aufbauen. Die beiden *outflow valve*, die üblicherweise während eines Fluges zur Regelung des Kabinendrucks in einer leicht geöffneten Position verbleiben, fuhren kontinuierlich in Richtung geschlossene Position und waren auf einer Flughöhe von rund 12 000 ft AMSL bereits vollständig geschlossen.

Die Kabinenluft entwich aber weiterhin über die Mischeinheit (*mixer unit*) und durch das geöffnete *skin check valve* (vgl. Kapitel 2.1.3) in den Niederdruckverteiler (*low pressure manifold*). Hier konnte sich ebenfalls kein Druck aufbauen, da die beschädigte Dichtmanschette (*sleeve*) zwischen dem Niederdruckverteiler und dem Rückschlagventil (*check valve*) des Notstaulufteinlasses (*emergency ram air inlet*) fehlte und dort Luft entwich (vgl. Kapitel 2.1.4). In der Folge stieg die Kabinendruckhöhe mit einer nun erhöhten Rate von rund 750 ft/min weiter an, bis sie Grenzwerte überschritt und die Cockpitbesatzung den Notabstieg einleitete. Der Defekt am *skin check valve* stellte somit den kausalen Faktor für die Entstehung des schweren Vorfalls dar.

2.1.3 Skin Check Valve

Im Flugzeug wurde ein stark beschädigtes und nicht mehr funktionstüchtiges *skin check valve* festgestellt. Die ersten Anzeichen von Beschädigungen dürften schon seit längerer Zeit bestanden haben. Wahrscheinlich ist, dass beim letzten Flug vor dem schweren Vorfall dieses *skin check valve* aber noch funktionstüchtig war und sich in geschlossenem Zustand befunden hatte, so dass das Kabinendrucksystem in der Lage war, einen ausreichenden Kabinendruck aufzubauen.

Als das Flugzeug am Gate mittels Bodenluftgerät (*Preconditioned Air Unit – PCA*) mit Luft versorgt wurde, öffnete sich das *skin check valve*. Nach dem Entkoppeln der Luftsäcke blieb das *skin check valve* aber aufgrund des defekten Klappenscharniers und der einen gebrochenen Feder geöffnet, was unbemerkt blieb. Ein defektes resp. geöffnetes *skin check valve* ist aufgrund der geschlossenen *check valve* der beiden Bodenanschlüsse von aussen nicht sichtbar. Nur durch Aufdrücken eines dieser *check valve* von Hand kann ein offenstehendes *skin check valve* erkannt werden. Es bestand aber kein Verfahren für eine solche Überprüfung.

Gleichgelagerte Zwischenfälle mit defekten *skin check valves* waren dem Flugzeughersteller seit längerem bekannt. Aus diesem Grund veröffentlichte dieser im Jahr 2016 für alle Flugzeugmuster, die mit diesem Bauteil ausgerüstet sind, jeweils ein Service Bulletin mit der Empfehlung, das *skin check valve* durch ein modifiziertes *skin check valve* zu ersetzen. Die Service Bulletins weisen darauf hin, dass ein defektes *skin check valve* zu Beschädigungen am *check valve* des *emergency ram air inlet* und am Niederdruckverteiler mit den Bodenanschlüssen führen kann, was

einen Druckabfall in der Kabine und eine Umkehr während des Fluges zur Folge hätte. Aus diesem Grund empfiehlt der Flugzeughersteller, die Service Bulletins zum frühestmöglichen Zeitpunkt durchzuführen, um erhebliche Betriebsstörungen zu vermeiden (vgl. Kapitel 1.6.3.2).

Bei der HB-JHI war das Service Bulletin nicht ausgeführt worden. Dieser Entscheid ist aus sicherheitstechnischer Sicht nicht nachvollziehbar, da das Nichtausführen dieses Service Bulletins auch die Flugsicherheit betreffen kann (vgl. Kapitel 2.2, letzter Absatz) und das *skin check valve* zwecks Inspektion sowieso alle 24 Monate, d.h. bei der HB-JHI mindestens drei Mal aus- und wieder eingebaut werden musste. Das *skin check valve* hätte bei einer dieser Gelegenheiten ohne erheblichen Mehraufwand durch ein modifiziertes *skin check valve* ersetzt werden können.

2.1.4 Dichtmanschette beim Niederdruckverteiler

Die Dichtmanschette (*sleeve*) beim Übergang vom Niederdruckverteiler (*low pressure manifold*) zum Rückschlagventil (*check valve*) des Notstaulufteinlasses (*emergency ram air inlet*) wurde stark beschädigt im Flugzeuginnern vorgefunden. Weiter war eine Schraubschelle lose, die zweite fehlte und war im Flugzeuginnern nicht auffindbar. Die gerissene Dichtmanschette kann als Folgeschaden auf das defekte *skin check valve* zurückgeführt werden, da die Dichtmanschette dem Luftdruck nicht mehr standhielt. Im Service Bulletin wird auf diese mögliche Beschädigung hingewiesen (vgl. Kapitel 1.6.3.2). Durch die austretende Luft konnte der Kabinendruck nicht mehr aufrechterhalten werden.

Aus welchem Grund die eine Schraubschelle lose war und die zweite Schelle komplett fehlte, liess sich nicht feststellen. Mutmasslich waren die notwendigen Arbeiten während der letzten Instandhaltungsarbeiten am Niederdruckverteiler nicht vollständig ausgeführt worden.

2.2 Menschliche und betriebliche Aspekte

Für die Cockpitbesatzung war bis zum Zeitpunkt, als auf dem ECAM die Hinweismeldung CAB ALT erschien, anhand der Anzeigen im Cockpit kaum erkennbar, dass die Kabinendruckhöhe nicht wie üblich anstieg. Aufgrund der nur mässigen Steigrate der Kabinendruckhöhe von 750 ft/min blieben physische Symptome, wie beispielsweise ein ungewöhnlicher Druckausgleich in den Ohren, ebenfalls aus. Ein solcher langsamer Druckverlust wird auch als subtile Dekompression (*subtle decompression*)¹³ bezeichnet. Es ist aus diesem Grund naheliegend, dass die Cockpitbesatzung von der Hinweismeldung CAB ALT und der darauffolgenden Warnmeldung CAB PR EXCESS CAB ALT überrascht wurde und sie sich aufgrund der ihnen vorliegenden Systemanzeigen nicht erklären konnte, was für ein technisches Problem vorlag.

Die anschliessende Reaktion, den Steigflug zu unterbrechen und kurz darauf einen Notabstieg einzuleiten, folgte den geltenden Vorgaben und wurde zeitnah und korrekt durchgeführt. Dies führte dazu, dass die Kabinendruckhöhe den Wert von 10 800 ft nicht überschritt.

¹³ Eine subtile Dekompression tritt langsam im Laufe der Zeit auf und ist daher schwer zu erkennen, bis Instrumente oder Höhenwarnsysteme ein Problem anzeigen.

Zwischenfälle und Unfälle aus der Vergangenheit¹⁴ haben gezeigt, dass es für Cockpitbesetzungen mitunter schwierig sein kann, einen langsamem Druckabfall (*subtle decompression*) zu erkennen, dies insbesondere während des initialen Steigfluges.

¹⁴ Vgl. beispielweise Unfall einer Boeing B737-300 am 14. August 2005 in Griechenland, Helios-Airways 522, mit Eintragungszeichen 5B-DBY, Schlussbericht des *Hellenic Air Accident Investigation & Aviation Safety Board* oder schwerer Vorfall eines Airbus A330 am 5. Februar 2021 in Australien, Qantas Airways, mit Eintragungszeichen VH-EBK, Schlussbericht des *Australian Transport Safety Bureau*.

3 Schlussfolgerungen

3.1 Befunde

3.1.1 Technische Aspekte

- Das Flugzeug war zum Verkehr nach Instrumentenflugregeln (*Instrument Flight Rules – IFR*) zugelassen.
- Sowohl Masse als auch Schwerpunkt des Flugzeuges befanden sich zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls innerhalb der gemäss Luftfahrzeughandbuch (*Aircraft Flight Manual – AFM*) zulässigen Grenzen.
- Das *skin check valve* zwischen dem Niederdruckverteiler (*low pressure manifold*) und der Mischeinheit (*mixer unit*) war stark beschädigt und nicht mehr funktionstüchtig.
- Das *skin check valve* ist von aussen nicht sichtbar, weshalb der Defekt unerkannt blieb.
- Die Dichtmanschette (*sleeve*) beim Übergang vom Niederdruckverteiler zum *check valve* des Notstaulufteinlasses (*emergency ram air inlet*) hielt dem Luftdruck aufgrund des defekten *skin check valve* nicht stand und wurde stark beschädigt.
- Dadurch entwich Kabinendruckluft und die Kabinendruckhöhe stieg langsam, aber unkontrolliert an.
- Ein vom Luftfahrzeugherrsteller im Jahr 2016 veröffentlichtes Service Bulletin, in dem das frühestmögliche Ersetzen des *skin check valve* durch ein modifiziertes *skin check valve* empfohlen wird, war bis zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls nicht ausgeführt worden.

3.1.2 Besatzung

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

3.1.3 Verlauf des schweren Vorfalls

- Das Flugzeug startete um 16:07 UTC auf der Piste 32 des Flughafen Zürich.
- Als das Flugzeug die Flugfläche (*Flight Level – FL*) 220 durchstieg, erschien im Cockpit die Hinweismeldung CAB ALT auf dem ECAM.
- Die Cockpitbesatzung wechselte das Kabinendruck-Steuergerät (*Cabin Pressure Controller – CPC*) manuell von System 1 auf System 2. Die beiden *outflow valve* waren zu diesem Zeitpunkt vollständig geschlossen.
- Die Cockpitbesatzung konnte keine sonstigen Fehlfunktionen feststellen und es wurden keine weiteren Fehlermeldungen angezeigt.
- Die Cockpitbesatzung verlangte bei der Flugverkehrsleitstelle einen Übergang in den Horizontalflug auf FL 250. Zeitgleich ertönte im Cockpit der akustische Warnton (*master warning*) und auf dem ECAM erschien die Warnmeldung CABIN PR EXCESS ALT.
- Die Besatzung setzte eine Dringlichkeitsmeldung («PAN-PAN») ab und setzte die Sauerstoffmasken auf.

- Kurz darauf übermittelte die Besatzung einen Notruf («MAYDAY»), leitete einen Notabstieg (*emergency descent*) ein und betätigte die manuelle Auslösung der Sauerstoffmasken in der Kabine.
- Als das Flugzeug FL 100 erreichte, waren die entsprechenden Warnmeldungen erloschen.
- Der Rückflug nach Zürich und die Landung mit Übergewicht (*overweight landing*) auf der Piste 16 waren ereignislos.
- Die Passagiere und die Besatzung konnten das Flugzeug auf normalem Weg verlassen. Verletzt wurde niemand.

3.1.4 Rahmenbedingungen

- Das Wetter hatte keinen Einfluss auf den schweren Vorfall.

3.2 Ursachen

Eine Sicherheitsuntersuchungsstelle muss sich zum Erreichen ihres Präventionszwecks zu Risiken und Gefahren äussern, die sich im untersuchten Zwischenfall ausgewirkt haben und die künftig vermieden werden sollten. In diesem Sinne sind die nachstehend verwendeten Begriffe und Formulierungen ausschliesslich aus Sicht der Prävention zu verstehen. Die Bestimmung von Ursachen und beitragenden Faktoren bedeutet damit in keiner Weise eine Zuweisung von Schuld oder die Bestimmung von verwaltungsrechtlicher, zivilrechtlicher oder strafrechtlicher Haftung.

Der schwere Vorfall, bei dem während des Steigflugs des Verkehrsflugzeuges die Kabinendruckhöhe einen Wert von 10 000 ft überschritt und die Cockpitbesatzung einen Notabstieg einleiten musste, ist darauf zurückzuführen, dass als Folge eines defekten *skin check valve* das Kabinendrucksystem nicht in der Lage war, einen ausreichenden Kabinendifferenzdruck aufzubauen.

Ein vom Luftfahrzeugherrsteller im Jahr 2016 veröffentlichtes Service Bulletin, in dem das frühestmögliche Ersetzen des *skin check valve* durch ein modifiziertes *skin check valve* empfohlen wird, war nicht ausgeführt worden, was ursächlich für den schweren Vorfall war.

4 Sicherheitsempfehlungen, Sicherheitshinweise und seit dem schweren Vorfall getroffene Massnahmen

4.1 Sicherheitsempfehlungen

Nach internationalen¹⁵ und nationalen¹⁶ Rechtsgrundlagen richten sich alle Sicherheitsempfehlungen an die Aufsichtsbehörde des zuständigen Staates. In der Schweiz ist dies das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) oder die supranationale Agentur der Europäischen Union für Flugsicherheit (*European Union Aviation Safety Agency – EASA*). Die zuständige Aufsichtsbehörde hat darüber zu entscheiden, inwiefern diese Empfehlungen umzusetzen sind. Gleichwohl sind jede Stelle, jeder Betrieb und jede Einzelperson eingeladen, im Sinne der ausgesprochenen Sicherheitsempfehlungen eine Verbesserung der Flugsicherheit anzustreben.

Die SUST veröffentlicht die Antworten des zuständigen Bundesamtes oder von ausländischen Aufsichtsbehörden unter www.sust.admin.ch und ermöglicht so einen Überblick über den aktuellen Stand der Umsetzung der entsprechenden Sicherheitsempfehlung.

4.1.1 Skin check valve

4.1.1.1 Sicherheitsdefizit

Bei einem Verkehrsflugzeug Airbus A330-343 baute sich während des Steigfluges der Kabinendruck nur ungenügend auf, worauf nach Überschreiten der Kabinenhöhe von 9550 ft eine entsprechende Warnmeldung im Cockpit erschien und die Piloten einen Notabstieg (*emergency descent*) einleiteten. Der Grund für den ungenügenden Druckaufbau lag in einem defekten Rückschlagventil, dem sogenannten *skin check valve*, das sich zwischen Mischeinheit (*mixer unit*) und Niederdruckverteiler (*low pressure manifold*) befindet. Dadurch entwich Druckluft aus der Kabine in den Niederdruckverteiler und über eine beschädigte Dichtmanschette beim Notstaulufteinlasses (*emergency ram air inlet*) aus dem Flugzeug.

Zwischenfälle und Unfälle aus der Vergangenheit haben gezeigt, dass es für Cockpitbesatzungen mitunter schwierig sein kann, einen solchen langsamem Druckabfall (*subtle decompression*) zu erkennen, dies insbesondere während des initialen Steigfluges. Daraus kann sich schnell eine gefährliche Situation entwickeln.

Der Flugzeughersteller veröffentlichte am 9. November 2016 das Service Bulletin Nr. A330-21-3179 mit der Empfehlung, das *skin check valve* mit der Teilenummer 4063-18140-01 durch ein modifiziertes *valve* mit der Teilenummer 24328-01 zu ersetzen, um einen gleichartig gelagerten Ausfall des *skin check valve* mit nachfolgendem Druckabfall in der Kabine zu verhindern. Das Flugbetriebsunternehmen verzichtete auf die Umsetzung des Service Bulletins. Für die Flugzeugmuster Airbus A340 und A340-500/-600, die mit einem baugleichen *skin check valve* ausgerüstet sind, publizierte der Flugzeughersteller die gleichgelagerten Service Bulletins Nr. A340-21-4160 oder Nr. A3456-21-5054.

¹⁵ Anhang 13 der internationalen Zivilluftfahrtorganisation (*International Civil Aviation Organization – ICAO*) sowie Artikel 17 der Verordnung (EU) Nr. 996/2010 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Oktober 2010 über die Untersuchung und Verhütung von Unfällen und Störungen in der Zivilluftfahrt und zur Aufhebung der Richtlinie 94/56/EG.

¹⁶ Artikel 48 der Verordnung über die Sicherheitsuntersuchung von Zwischenfällen im Verkehrswesen (VSZV) vom 17. Dezember 2014, Stand am 1. Januar 2025 (VSZV, SR 742.161).

4.1.1.2 Sicherheitsempfehlung Nr. 605

Die Agentur der Europäischen Union für Flugsicherheit (*European Union Aviation Safety Agency – EASA*) sollte basierend auf den Service Bulletins Nr. A330-21-3179, Nr. A340-21-4160 oder Nr. A3456-21-5054 eine Lufttüchtigkeitsanweisung (*Airworthiness Directive – AD*) publizieren.

4.2 Sicherheitshinweise

Die SUST kann allgemeine sachdienliche Informationen in Form von Sicherheitshinweisen veröffentlichen¹⁷, wenn eine Sicherheitsempfehlung nach der Verordnung (EU) Nr. 996/2010 nicht angezeigt erscheint, formell nicht möglich ist oder wenn durch die freiere Form eines Sicherheitshinweises eine grössere Wirkung absehbar ist.

4.2.1 Skin check valve

4.2.1.1 Sicherheitsdefizit

Bei einem Verkehrsflugzeug Airbus A330-343 baute sich während des Steigfluges der Kabinendruck nur ungenügend auf, worauf nach Überschreiten der Kabinenhöhe von 9550 ft eine entsprechende Warnmeldung im Cockpit erschien und die Piloten einen Notabstieg (*emergency descent*) einleiteten. Der Grund für den ungenügenden Druckaufbau lag in einem defekten Rückschlagventil, dem sogenannten *skin check valve*, das sich zwischen Mischeinheit (*mixer unit*) und Niederdruckverteiler (*low pressure manifold*) befindet. Dadurch entwich Druckluft aus der Kabine in den Niederdruckverteiler und über eine beschädigte Dichtmanschette beim Notstaulufteinlasses (*emergency ram air inlet*) aus dem Flugzeug.

Zwischenfälle und Unfälle aus der Vergangenheit haben gezeigt, dass es für Cockpitbesatzungen mitunter schwierig sein kann, einen solchen langsamem Druckabfall (*subtle decompression*) zu erkennen, dies insbesondere während des initialen Steigfluges. Daraus kann sich schnell eine gefährliche Situation entwickeln.

Der Flugzeughersteller veröffentlichte am 9. November 2016 das Service Bulletin Nr. A330-21-3179 mit der Empfehlung, das *skin check valve* mit der Teilenummer 4063-18140-01 durch ein modifiziertes *valve* mit der Teilenummer 24328-01 zu ersetzen, um einen gleichartig gelagerten Ausfall des *skin check valve* mit nachfolgendem Druckabfall in der Kabine zu verhindern. Das Flugbetriebsunternehmen verzichtete auf die Umsetzung des Service Bulletins. Für die Flugzeugmuster A340 und A340-500/-600, die mit einem baugleichen *skin check valve* ausgerüstet sind, publizierte der Flugzeughersteller die gleichgelagerten Service Bulletins Nr. A340-21-4160 oder Nr. A3456-21-5054.

4.2.1.2 Sicherheitshinweis Nr. 69

Zielgruppe: An alle Flugbetriebsunternehmen mit Luftfahrzeugen, die von den Service Bulletins Nr. A330-21-3179, Nr. A340-21-4160 oder Nr. A3456-21-5054 betroffen sind

Flugbetriebsunternehmen, die von den Service Bulletins Nr. A330-21-3179, Nr. A340-21-4160 oder Nr. A3456-21-5054 betroffene Luftfahrzeuge betreiben, sollten zum Umsetzungsentscheid des Service Bulletin alle relevanten operationalen Szenarien in der entsprechenden Risikoanalyse miteinbeziehen. Im vorliegenden Fall betrifft dies insbesondere die gefährliche Situation, die bei einem unerkannten Ausfall des *skin check valve* und einem damit einhergehenden

¹⁷ Artikel 56 der Verordnung über die Sicherheitsuntersuchung von Zwischenfällen im Verkehrswesen (VSZV) vom 17. Dezember 2014, Stand am 1. Januar 2025 (VSZV, SR 742.161).

langsamem Druckabfall (*subtle decompression*) – insbesondere während des initialen Steigfluges – entstehen kann.

4.3 Seit dem schweren Vorfall getroffene Massnahmen

Die der SUST bekannten Massnahmen werden im Folgenden kommentarlos aufgeführt.

Das Flugbetriebsunternehmen hielt mit Stand 3. November 2025 folgendes fest:

«*Nach dem Vorfall wurde die Maintenance Program Task Card 215500-02-1 vorzeitig angewiesen mit Priorität auf längste Installationszeit des Skin Check Valves.*

Auszug aus OIR CO-OKUA:

As immediate preventive measure, the Maintenance Program Taskcard (TC) 215500-04-1 got modified with an additional step to check the condition of the sleeve connecting emergency ram air inlet and manifold, additionally the torque of the clamps in September 2024.

Based on the TSI review of the skin check valves, an early performance of TC 215500-02-1 and 215500-04-1 was initiated on the oldest valves during A-Check in ZRH. The inspections on aircraft HB-JHH, HB-JHK and HB-JMG. HBJHJ were performed until November 2024.

To highlight critical aspects of the maintenance processes and ensure that employees develop a greater awareness of standards and potential safety risks, the SWR CAMO Engineering department will produce an MRO newsletter for the external maintenance organisations highlighting this error and its consequences.

In addition, the SWR CAMO Engineering will monitor the population development of the post-mod skin check valve provided by the component pool and re-evaluate the situation in case of a trend change or specific findings. »

Dieser Schlussbericht wurde von der Kommission der Schweizerischen Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST genehmigt (Art. 10 lit. h der Verordnung über die Sicherheitsuntersuchung von Zwischenfällen im Verkehrswesen vom 17. Dezember 2014).

Bern, 6. Januar 2026

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle

Anlage 1: Bodenluftanschluss und Notstaulufteinlass

AIRBUS	IPC - SWR - A330	REV DATE: Jul 01/2024
	Tail Number - MSN - FSN: HB-JHI - 01181 - 209	
	FIG. 21-55-03-02B - CONNECTION INSTL-GROUND,FR39-40.3 Zone(s) 191 (Oct 01/21)	

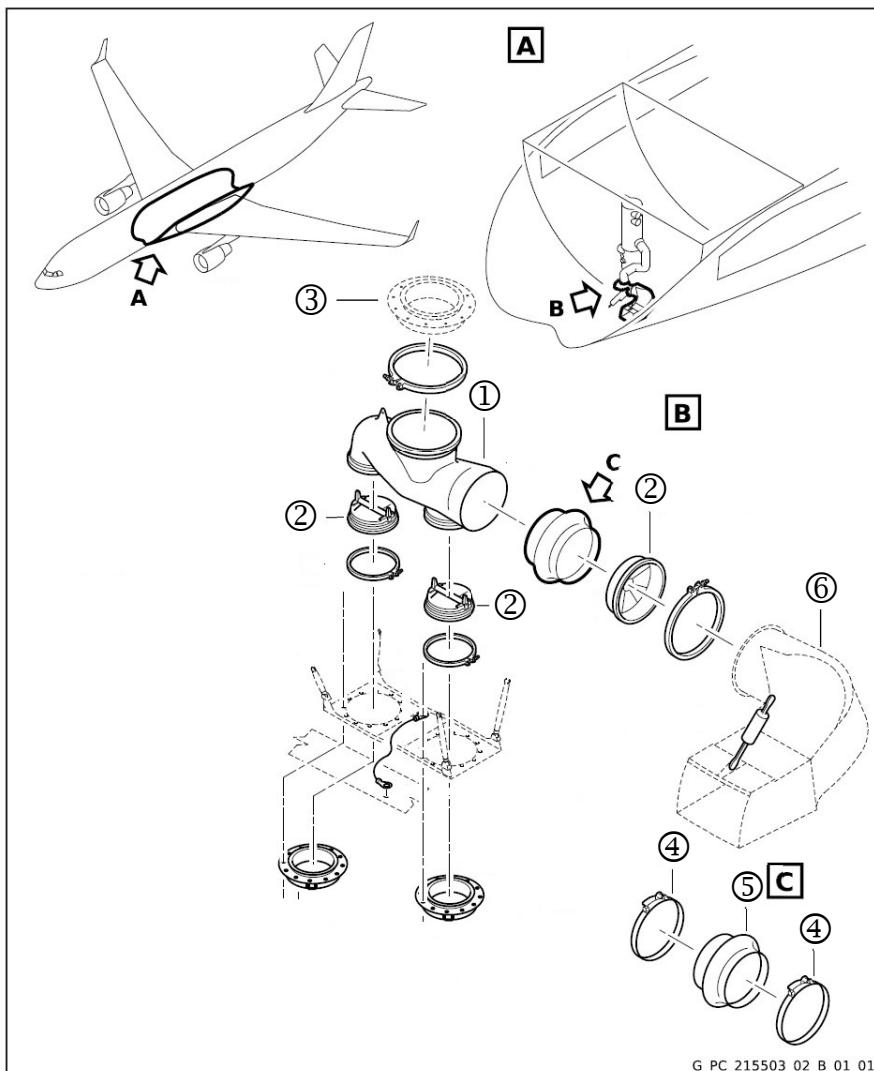


Figure 21-55-03-02B (SHEET 1)
** ON A/C FSN ALL

Legende:

- ① *Manifold assy*
- ② *Check valve*
- ③ *Skin check valve*
- ④ *Clamp*
- ⑤ *Sleeve*
- ⑥ *Emergency ram air inlet*

Anlage 2: Auswertung des Flugdatenschreibers (Flight Data Recorder – FDR)