



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

# **Schlussbericht Nr. 2269 der Schweizerischen Sicherheitsuntersuchungsstelle SUST**

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

vom 21. November 2014

110 NM westnordwestlich von Basel

**Cause**

L'incident grave est dû à la défaillance de la régulation automatique de la pressurisation de la cabine suite au blocage d'une valve de régulation d'échappement (*outflow valve*) conjugué au fait que la procédure pour la régulation manuelle n'a pas été exécutée dans sa totalité.

Le facteur suivant a été identifié comme causal :

- L'équipage a intuitivement initié une descente d'urgence (*emergency descent*) sans avoir exécuté une analyse structurée de la situation auparavant.

Le facteur suivant a joué un rôle dans l'incident grave :

- La suppression de l'affichage de la valeur altitude-pression cabine ainsi que la différence de pression en dessous d'une altitude-pression cabine de -2060 ft en raison de la conception du système.

## Allgemeine Hinweise zu diesem Bericht

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

Gemäss Artikel 3.1 der 10. Ausgabe des Anhangs 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 Vorfalls die Verhütung von Unfällen oder schweren Vorfällen. Die rechtliche Würdigung der Umstände und Ursachen von Flugunfällen und schweren Vorfällen ist ausdrücklich nicht Gegenstand der Sicherheitsuntersuchung. 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 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 Zeit (MEZ) als Normalzeit (*Local Time* – LT). Die Beziehung zwischen LT, MEZ und UTC lautet:

LT = MEZ = UTC + 1 h.

## Inhaltsverzeichnis

<b>Überblick .....</b>	<b>7</b>
<b>Untersuchung .....</b>	<b>7</b>
<b>Kurzdarstellung .....</b>	<b>7</b>
<b>Ursachen .....</b>	<b>8</b>
<b>Sicherheitsempfehlungen und Sicherheitshinweise .....</b>	<b>8</b>
<b>1 Sachverhalt.....</b>	<b>9</b>
<b>1.1 Vorgeschichte und Flugverlauf.....</b>	<b>9</b>
1.1.1 Allgemeines .....	9
1.1.2 Vorgeschichte .....	9
1.1.3 Flugverlauf.....	9
1.1.4 Ort und Zeit des schweren Vorfalls .....	12
<b>1.2 Personenschäden.....</b>	<b>13</b>
<b>1.3 Schaden am Luftfahrzeug.....</b>	<b>13</b>
<b>1.4 Drittschaden.....</b>	<b>13</b>
<b>1.5 Angaben zu Personen.....</b>	<b>13</b>
1.5.1 Flugbesatzung .....	13
1.5.1.1 Kommandant .....	13
1.5.1.1.1 Allgemeines .....	13
1.5.1.1.2 Besatzungszeiten .....	13
1.5.1.2 Copilot.....	14
1.5.1.2.1 Allgemeines .....	14
1.5.1.2.2 Besatzungszeiten .....	14
<b>1.6 Angaben zum Luftfahrzeug .....</b>	<b>14</b>
1.6.1 Allgemeine Angaben .....	14
1.6.2 Kabinendrucksystem .....	14
1.6.2.1 Allgemeines .....	14
1.6.2.2 Automatic mode.....	15
1.6.2.3 Manual mode.....	16
1.6.3 Electronic Instrument System.....	17
1.6.3.1 Allgemeines .....	17
1.6.3.2 Electronic Flight Instrument System.....	18
1.6.3.3 Electronic Centralized Aircraft Monitor .....	18
1.6.4 Centralized Fault Display System.....	20
<b>1.7 Meteorologische Angaben.....</b>	<b>21</b>
1.7.1 Allgemeine Wetterlage .....	21
1.7.2 Wetter zum Zeitpunkt und am Ort des schweren Vorfalls.....	21
1.7.3 Astronomische Angaben .....	21
1.7.4 Flugplatzwettermeldungen .....	21
<b>1.8 Navigationshilfen.....</b>	<b>22</b>
<b>1.9 Kommunikation .....</b>	<b>22</b>
<b>1.10 Angaben zum Flughafen.....</b>	<b>22</b>
1.10.1 Allgemeines .....	22
1.10.2 Pistenausrüstung .....	22
1.10.3 Rettungs- und Feuerwehrdienste .....	22
<b>1.11 Flugschreiber.....</b>	<b>23</b>
1.11.1 Flugdatenschreiber.....	23
1.11.2 Sprach- und Geräuschaufzeichnungsgerät.....	23
<b>1.12 Angaben über das Wrack, den Aufprall und die Unfallstelle .....</b>	<b>23</b>

<b>1.13</b>	<b>Medizinische und pathologische Feststellungen.....</b>	<b>23</b>
<b>1.14</b>	<b>Feuer.....</b>	<b>23</b>
<b>1.15</b>	<b>Überlebensaspekte.....</b>	<b>23</b>
<b>1.16</b>	<b>Versuche und Forschungsergebnisse .....</b>	<b>24</b>
1.16.1	Massnahmen nach der Landung.....	24
1.16.2	Untersuchung beim Gerätehersteller .....	24
1.16.2.1	Kontrollen an den CPC.....	24
1.16.2.2	Kontrollen am aft outflow valve.....	24
1.16.2.3	Erweiterte Funktionskontrollen .....	25
1.16.2.4	Funktionskontrolle des manual backup part von CPC 1 .....	26
<b>1.17</b>	<b>Angaben zu verschiedenen Organisationen und deren Führung .....</b>	<b>26</b>
1.17.1	Flugbetriebsunternehmen.....	26
1.17.1.1	Allgemeines .....	26
1.17.1.2	Generelle Verfahrensvorgaben .....	26
1.17.1.3	Flugzeugspezifische Verfahrensvorgaben .....	28
<b>1.18</b>	<b>Zusätzliche Angaben.....</b>	<b>30</b>
<b>1.19</b>	<b>Nützliche oder effektive Untersuchungstechniken.....</b>	<b>30</b>
<b>2</b>	<b>Analyse .....</b>	<b>31</b>
<b>2.1</b>	<b>Technische Aspekte.....</b>	<b>31</b>
2.1.1	Allgemeines .....	31
2.1.2	Kabinendrucksystem .....	31
2.1.3	Anzeigen im Cockpit.....	32
<b>2.2</b>	<b>Menschliche und betriebliche Aspekte .....</b>	<b>32</b>
2.2.1	Flugbesatzung .....	32
2.2.2	Flugverkehrsleitung .....	34
<b>3</b>	<b>Schlussfolgerungen.....</b>	<b>35</b>
<b>3.1</b>	<b>Befunde .....</b>	<b>35</b>
3.1.1	Technische Aspekte .....	35
3.1.2	Besatzung.....	35
3.1.3	Flugverlauf.....	35
3.1.4	Rahmenbedingungen .....	36
<b>3.2</b>	<b>Ursachen .....</b>	<b>37</b>
<b>4</b>	<b>Sicherheitsempfehlungen, Sicherheitshinweise und seit dem schweren Vorfalle getroffene Massnahmen .....</b>	<b>38</b>
<b>4.1</b>	<b>Sicherheitsempfehlungen und Sicherheitshinweise .....</b>	<b>39</b>
4.1.1	Digitale Anzeige der Kabinendruckhöhe .....	39
4.1.1.1	Sicherheitsdefizit.....	39
4.1.1.2	Sicherheitsempfehlung Nr. 504 .....	39
4.1.2	Training der Flugbesatzung im Simulator.....	39
4.1.2.1	Sicherheitsdefizit.....	39
4.1.2.2	Sicherheitshinweis Nr. 3 .....	39
<b>4.2</b>	<b>Seit dem schweren Vorfalle getroffene Massnahmen .....</b>	<b>39</b>
<b>Anlagen .....</b>	<b>41</b>	
<b>Anlage 1: Sinkprofil während des schweren Vorfalles.....</b>	<b>41</b>	
<b>Anlage 2: Flugweg unter Zurich Control.....</b>	<b>42</b>	
<b>Anlage 3: Verfahren für einen Notabstieg (emergency descent) .....</b>	<b>43</b>	
<b>Anlage 4: Verlauf von Flughöhe, Druckhöhe und Sinkrate der Kabine .....</b>	<b>44</b>	
<b>Anlage 5: Funktion des safety valve während des schweren Vorfalles .....</b>	<b>45</b>	

---

Anlage 6: Blockdiagramm des Kabinendrucksystems ..... 46  
Anlage 7: Cabin pressure system control ..... 47  
Anlage 8: ECAM system display ..... 48  
Anlage 9: Glossar ..... 49

## Zusammenfassung

### Überblick

Eigentümer	Swiss International Air Lines Ltd. Postfach, CH-4002 Basel
Halter	Swiss International Air Lines Ltd. Postfach, CH-4002 Basel
Hersteller	Airbus S.A.S., Toulouse, Frankreich
Luftfahrzeugmuster	A330-343
Eintragungsstaat	Schweiz
Eintragungszeichen	HB-JHB
Ort	Fluginformationsgebiet ( <i>Flight Information Region</i> – FIR) France, Reims <i>Control</i> 110 NM westnordwestlich von Basel
Datum und Zeit	21. November 2014, 12:03 UTC

### Untersuchung

Der schwere Vorfall ereignete sich am 21. November 2014 um 12:03 UTC. Die Meldung traf am gleichen Tag ein. Die damalige Schweizerische Unfalluntersuchungsstelle informierte Frankreich über den schweren Vorfall. Die Französischen Behörden erklärten am 1. Dezember 2014, dass sie keine Untersuchung vorsehen, aber zur Unterstützung bereit seien. Die Schweizerische Unfalluntersuchungsstelle eröffnete am 2. Dezember 2014 eine Untersuchung. Frankreich ernannte einen bevollmächtigten Vertreter, der an der Untersuchung mitwirkte.

Für die Untersuchung standen folgende Grundlagen zur Verfügung:

- Beweissicherung vor Ort
- Aufzeichnungen des Sprechfunkverkehrs
- Aufzeichnungen der Flugschreiber
- Auskünfte von Besatzungsmitgliedern
- Verschiedene Expertisen

Der vorliegende Schlussbericht wird durch die Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle (SUST) veröffentlicht.

### Kurzdarstellung

Am 21. November 2014 wurde mit dem Flugplankennzeichen SWR 19R der Linienflug von Newark (KEWR) nach Zürich (LSZH) mit dem Verkehrsflugzeug Airbus A330-343, eingetragen als HB-JHB, durchgeführt. An Bord befanden sich 2 Piloten, 10 Kabinenbesatzungsmitglieder und 166 Passagiere.

Nach einem ereignislosen Flug wurde um 12:03:12 UTC während des Sinkfluges von Flugfläche (*Flight Level* – FL) 370 auf FL 310 im Cockpit die bernsteinfarbene (*amber*) Warnmeldung CAB PR SYS 1 FAULT angezeigt. Eine Minute später ertönte ein Warnton (*single chime*) und gleichzeitig erschien die *amber* Warnmeldung CAB PR SYS 1+2 FAULT.

In der Folge entschied sich die Flugbesatzung, bei Reims *Control* für einen sofortigen weiteren Sinkflug nachzufragen, und setzte dazu eine Dringlichkeitsmeldung (*Pan Pan*) ab. Die Flugbesatzung setzte ihre Sauerstoffmasken auf, leitete einen Notabstieg (*emergency descent*) ein

und informierte diesbezüglich die Kabinenbesatzung. Kurze Zeit später meldete sie der Flugverkehrsleitung eine Notlage (*Mayday*) und erhielt eine Sinkfreigabe auf FL 150.

Die Flugbesatzung war der Ansicht, dass in der Kabine die Sauerstoffmasken ausgeworfen worden wären. Kurz darauf begann der Kommandant mit dem Abarbeiten des entsprechenden ECAM<sup>1</sup>-Verfahrens, das unter anderem verlangt, dass die Kabinendruckhöhe manuell gesteuert wird. Die Flugbesatzung diskutierte kurz die angezeigte Kabinendruckhöhe und befand diese als in Ordnung. Etwa fünf Minuten später erwähnte der Kommandant, dass die Kabinendruckhöhe nicht mehr angezeigt werde.

Die Flugbesatzung entschied sich daraufhin, raschmöglichst zu landen und während des Anfluges, auf einer Höhe von rund 4000 ft, die *outflow valves* manuell ganz zu öffnen, um nach der Landung die Kabinentüren öffnen zu können. Der Kommandant teilte in der Folge dem Unterhaltsbetrieb in Zürich mit, dass sie keine Anzeigen zur Kabinendruckhöhe und zum Differenzdruck mehr hätten. Um 12:11:47 UTC teilte die Flugbesatzung der Flugverkehrskontrolle mit, dass sie die Notlage aufheben würden.

Nach einem Frequenzwechsel zur Anflugleitstelle von Zürich wurde die Flugbesatzung mittels Radarführung für einen Instrumentenanflug auf die Piste 14 freigegeben. Kurz vor der Landung bemerkte der Copilot, dass die Kabinendruckhöhe jetzt wieder angezeigt werde. Um 12:38:08 UTC setzte das Flugzeug HB-JHB auf der Piste 14 auf.

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

## Ursachen

Der schwere Vorfall ist darauf zurückzuführen, dass als Folge eines blockierten *outflow valve* die automatische Regulierung des Kabinendrucks ausfiel und das Verfahren für dessen manuelle Steuerung nicht vollständig angewendet worden war.

Folgender Faktor wurde als ursächlich ermittelt:

- Die Flugbesatzung leitete intuitiv einen Notabstieg (*emergency descent*) ein, ohne zuvor eine strukturierte Situationsanalyse vorgenommen zu haben.

Folgender Faktor hatte zum schweren Vorfall beigetragen:

- Das systembedingte Ausblenden der Anzeigen für die Kabinendruckhöhe und den Differenzdruck bei einer Kabinendruckhöhe unterhalb –2060 ft.

## Sicherheitsempfehlungen und Sicherheitshinweise

Mit diesem Schlussbericht werden eine Sicherheitsempfehlung und ein Sicherheitshinweis ausgesprochen.

---

<sup>1</sup> ECAM: *Electronic Centralized Aircraft Monitor*



## 1 Sachverhalt

### 1.1 Vorgeschichte und Flugverlauf

#### 1.1.1 Allgemeines

Während des gesamten Fluges waren der Copilot als fliegender Pilot (*Pilot Flying – PF*) und der Kommandant als überwachender Pilot (*Pilot Monitoring– PM*) eingesetzt.

Es handelte sich um einen Linienflug nach Instrumentenflugregeln (*Instrument Flight Rules – IFR*).

#### 1.1.2 Vorgeschichte

Das Verkehrsflugzeug Airbus A330-343, eingetragen als HB-JHB, das für den Linienflug von Newark (KEWR) nach Zürich (LSZH) vorgesehen war, traf von Zürich herkommend mit rund zwei Stunden Verspätung in Newark ein. Das vorgesehene Flugplankennzeichen SWR 19 wurde deshalb auf SWR 19R gewechselt.

Das Flugzeug wurde durch die Flugbesatzung für den Flug nach Zürich vorbereitet. Die Vorbereitungen verliefen normal und im Bordbuch (*tech log*) des Flugzeuges waren keine Störungen oder Restriktionen festgehalten.

#### 1.1.3 Flugverlauf

Am 21. November 2014 um 05:39 UTC rollte die HB-JHB mit dem Flugplankennzeichen SWR 19R vom Standplatz in Newark (KEWR) zur Piste und um 05:53 UTC erfolgte der Start zum Linienflug nach Zürich (LSZH). An Bord befanden sich 2 Piloten, 10 Kabinenbesatzungsmitglieder und 166 Passagiere.

Nach einem ereignislosen Flug erhielt die Flugbesatzung um 11:55:28 UTC von der Flugverkehrsleitung Reims *Control* die Freigabe, von ihrer Reiseflughöhe von Flugfläche (*Flight Level – FL*) 390 auf FL 370 abzusinken. Die Flugbesatzung quittierte diese Freigabe und um 12:00:02 UTC begann der Copilot als PF mit dem *approach briefing* für die bevorstehende Landung in Zürich.

Um 12:01:20 UTC wies Reims *Control* die Flugbesatzung an, auf FL 310 abzusinken. Die Flugbesatzung bestätigte diese Freigabe umgehend. Nur wenig später, um 12:03:12 UTC, wurde im Cockpit die bernsteinfarbene (*amber*) Warnmeldung CAB PR SYS 1 FAULT angezeigt und gleichzeitig wurde auf dem *System Display* (SD) die CAB PRESS *page* angezeigt (vgl. Anlage 8). Gleichzeitig äusserte sich die Flugbesatzung über eine Druckempfindung in den Ohren. Eine Minute später, um 12:04:12 UTC, ertönte im Cockpit der Warnton (*single chime*) und gleichzeitig wurde die Warnmeldung CAB PR SYS 1+2 FAULT angezeigt. Das Flugzeug befand sich zu diesem Zeitpunkt auf FL 344 im Sinkflug; auf der CAB PRESS *page* wurde eine Kabinendruckhöhe von 5470 ft angezeigt mit einer Sinkrate von 300 ft/min und einem Differenzdruck von 8.44 PSI.

Der Kommandant sprach diese Warnmeldung gegenüber dem Copiloten an und ergänzte, dass sie eventuell einen Notabstieg (*emergency descent*) durchführen müssten. Der Copilot erwiderte darauf, dass sie sofort absinken und die Flugverkehrsleitung darüber informieren sollten. Der Kommandant war damit einverstanden und meldete der Flugverkehrsleitung um 12:04:29 UTC: „*Swiss one niner Romeo, Pan Pan Pan, we have a problem with our cabin and we would like to descend down to level one four zero at least.*“ Gleichzeitig setzten beide Piloten ihre Sauerstoffmasken auf. Die Flugbesatzung erhielt umgehend die Freigabe, auf FL 230 abzusinken, und die Meldung, dass sie in Kürze wieder aufgerufen würden. Die Flugbesatzung bestätigte diese Freigabe und leitete einen *emergency descent* ein. Der Kabinenbesatzung wurde dieser Entscheid um 12:05:06 UTC mit dem

Wortlaut „*Cabin crew emergency descent*“ über das Bordkommunikationssystem (*Public Address – PA*) bekannt gegeben (vgl. Anlage 3). Weiter wurde die Flugverkehrsleitung um 12:05:19 UTC wie folgt orientiert: „*Swiss one niner Romeo, Mayday Mayday Mayday.*“ Die Flugverkehrsleitung bestätigte diese Notlagemeldung umgehend und gab der Flugbesatzung eine Freigabe nach FL 150, die diese um 12:05:33 UTC bestätigte.

Der Copilot informierte den Kommandanten um 12:05:40 UTC, dass er auf dem Transponder den Notfallcode 7700 eingestellt habe. Gleichzeitig kontrollierten die beiden Piloten, dass sie mit aufgesetzter Sauerstoffmaske miteinander kommunizieren konnten.

Auf FL 277, im Sinkflug, informierte der Kommandant den Copiloten um 12:05:55 UTC darüber, dass er nun mit dem ECAM-Verfahren beginnen würde. Damit meinte er das Verfahren (*procedure*), das in der entsprechenden Prüfliste unter anderem festhält, dass das Kabinendrucksystem nun manuell bedient werden muss (vgl. Kapitel 1.17.1.3). Der Copilot nahm dies zur Kenntnis und meldete dem Kommandanten, dass er das Flugzeug unter Kontrolle habe und nun auf FL 150 absinken würde. Gemäss Aufzeichnungen betrug die Kabinendruckhöhe zu diesem Zeitpunkt 3200 ft mit einer Kabinensinkrate von 1300 ft/min. Der Differenzdruck betrug 8.2 PSI.

Auf die anschliessende Frage des Copiloten, ob der Kommandant den Passagieren etwas sagen wolle, antwortete dieser verneinend und bemerkte, dass er im Moment keine Zeit habe. Er äusserte sich dahingehend, dass er annehme, die Passagiere hätten ihre Sauerstoffmasken aufgesetzt.

Um 12:06:58 UTC informierte der Kommandant den Copiloten, dass die Kabinendruckhöhe 2000 ft betrage. Mit der Bemerkung, dass sie eine gute Kabinendruckhöhe hätten, teilte der Copilot um 12:08:08 UTC dem Kommandanten mit, dass er die Sinkflugrate etwas verringern würde. Das Flugzeug befand sich zu diesem Zeitpunkt auf FL 172 im Sinkflug. Die Aufzeichnungen zeigen eine Kabinendruckhöhe von 300 ft, eine Kabinensinkrate von 1200 ft/min und einen Differenzdruck von 7.0 PSI. In der Zwischenzeit hatte die Flugbesatzung um 12:07:11 UTC eine Sinkfreigabe auf FL 100 erhalten, was sie umgehend bestätigte.

In der Folge entstand ein kurzes Gespräch über die Kabinendruckhöhe. Das Flugzeug befand sich auf FL 149 im Sinkflug, als der Copilot um 12:08:47 UTC den Kommandanten überrascht fragte, ob er gesehen habe, dass sich die Kabinendruckhöhe nun im negativen Bereich befände und sich die Kabine aufpumpe. Die Aufzeichnungen zeigen eine Kabinendruckhöhe von –480 ft und eine Kabinensinkrate von 1200 ft/min. Der Kommandant antwortete mit „*Ja, ja*“ und gleichzeitig meldete sich die Flugverkehrsleitung wie folgt: „*Swiss one niner Romeo, when able, say intentions and do you need assistance on landing?*“ Der Kommandant erwiderte unverzüglich: „*Stand by, we have to level off now and we have to organize the cockpit, we will call you back.*“ Hierauf erwiderte die Flugverkehrsleitung: „*Copied, call me back when able.*“

Um 12:09:07 UTC sagte der Kommandant, dass er die Sauerstoffmaske abziehen werde, und der Copilot antwortete, dass er seine noch für einen kurzen Moment aufbehalten würde. Rund eine Minute später, um 12:10:12 UTC meldete sich der Chef der Kabinenbesatzung im Cockpit und gab bekannt, dass sie die Arbeit in der Kabine noch fertig erledigen müsste, was noch etwa 20 Minuten dauern würde.

Um 12:10:51 UTC meldete der Kommandant dem Copiloten, dass er auf dem Bildschirm die Kabinendruckhöhe nicht mehr sehen würde. Die Aufzeichnungen zeigen zu diesem Zeitpunkt eine Kabinendruckhöhe von –2680 ft. Diese wurde systembedingt auf der CAB PRESS *page* nicht mehr angezeigt. Der Copilot erwiderte,

dass diese anfänglich nicht vorhanden gewesen wäre, dann wäre sie wieder angezeigt gewesen und nun sei sie wieder weg. Das Flugzeug befand sich zu diesem Zeitpunkt auf FL 100. Nach einer kurzen Diskussion entschied sich die Flugbesatzung, nun möglichst rasch zu landen, und der Kommandant bemerkte, dass sie nicht genau wüssten, wo das Problem läge, aber dass sie nach der Landung im Stande sein müssten, die Kabinentüren zu öffnen. Hierauf erwiderte der Copilot, dass sie zwar nicht wüssten, auf welcher Druckhöhe sich die Kabine befinde, dass sie aber mit dem Öffnen der *outflow valves* die Kabinendruckhöhe auf dieselbe Höhe wie das Flugzeug bringen könnten. Der Kommandant erwiderte, dass sie das dann auf einer Höhe von 4000 ft machen würden, und der Copilot meinte dazu „*genau, ganz genau*“.

In der Folge meldete sich die Flugbesatzung um 12:11:47 UTC bei der Flugverkehrsleitstelle wie folgt: „*OK, Swiss one niner Romeo, we cancel Mayday and we would like to proceed for a direct approach in Zürich.*“ Die Flugverkehrsleitstelle bestätigte diese Meldung und teilte der Flugbesatzung um 12:12:03 UTC Folgendes mit: „*Swiss one niner Romeo, maintain one zero zero. I'll call you back for the approach.*“

Rund 20 Sekunden später nahm der Kommandant mit dem Unterhaltsbetrieb in Zürich Funkkontakt auf und der Copilot bestätigte, dass er nun die Kommunikation mit der Flugverkehrsleitung übernehmen würde. Um 12:14:05 UTC wurde er angewiesen, auf die Frequenz von *Zurich Arrival* zu wechseln und dort den geflogenen Kurs (*heading*) zu melden. Diese Anweisung wurde um 12:14:21 UTC wiederholt und um 12:15:01 UTC meldete sich der Copilot beim Flugverkehrsleiter (FVL) von *Zurich Arrival* wie folgt: „*Züri arrival guete Tag, Swiss one niner Romeo heavy, we have Juliett heading is one zero zero and speed two two zero, I call you when ready for the approach.*“ Der FVL bestätigte diesen Aufruf.

In der Zwischenzeit führte der Kommandant eine längere Diskussion mit dem Unterhaltsbetrieb. Er gab unter anderem bekannt, dass sie keine Anzeigen über die Kabinendruckhöhe und den Differenzdruck hätten. Er bestätigte auch, dass das vordere *outflow valve* geschlossen sei und das hintere leicht geöffnet. Um 12:17:25 UTC teilte er dem Unterhaltsbetrieb mit, dass sie keine Ahnung hätten, auf welcher Kabinendruckhöhe sie sich befänden. Nun teilte ihm der Copilot mit, dass sich das *safety valve* geöffnet hätte. Die Aufzeichnungen zeigen für diesen Zeitpunkt eine Kabinendruckhöhe von -7250 ft, mit einer Kabinensinkrate von 0 ft/min und einem Differenzdruck von 8.81 PSI (vgl. Anlage 5).

In der Zwischenzeit hatte der FVL der Flugbesatzung der SWR 19R auf deren Verlangen eine Kursanweisung in Richtung Warteraum über dem Wegpunkt GIPOL erteilt.

Um 12:17:56 UTC äusserte sich der Copilot gegenüber dem Kommandanten dahingehend, dass er das Gefühl habe, die Kabine hätte sich wieder aufgepumpt und sich darum das *safety valve* geöffnet hätte, diese Entwicklung hätten sie aber nicht voraussehen können. Diese Information teilte der Kommandant dem Unterhaltsbetrieb noch mit und anschliessend beendete er das Gespräch. Eine darauf folgende kurze Diskussion im Cockpit zeigt, dass die Kabinendruckhöhe für die Flugbesatzung auf der CAB PRESS *page* weiterhin nicht sichtbar war.

Um 12:19:41 UTC bestätigte der Copilot dem Kommandanten, dass er nun den Funkverkehr wieder übernehme, damit letzterer die Passagiere informieren könne. Um 12:20:16 UTC fragte der FVL die Flugbesatzung, ob sie Zeit hätte, eine Frage zu beantworten. Die Flugbesatzung bejahte dies, und der FVL fragte daraufhin: „*Confirm your problem is about pressurization of the cabin?*“ worauf der Copilot antwortete: „*Yes exactly, we lost both cabin pressure controllers.*“ Etwas später,

um 12:22:32 UTC, teilte der Copilot dem Kommandanten mit, dass das *safety valve* sich noch einmal geöffnet habe.

Um 12:24:07 UTC erkundigte sich der FVL bei der Flugbesatzung, ob sie nach der Landung Unterstützung brauchen würden. Da der Kommandant in der Zwischenzeit mit dem Chef der Kabinenbesatzung die Situation besprochen hatte und dieser ihm mitgeteilt hatte, dass bei den Passagieren alles in Ordnung wäre, wurde diese Anfrage des FVL negativ beantwortet. Die Flugbesatzung entschied sich trotzdem, mit der Einsatzleitstelle Kontakt aufzunehmen und ihr mitzuteilen, dass nach der Landung jemand vor Ort sein sollte, um allfällige Fragen der Passagiere zu beantworten.

In der Folge führte der FVL die Flugbesatzung mittels Radarführung zum Anflug auf die Piste 14. Um 12:29:49 UTC erhielt die Flugbesatzung eine Sinkfreigabe auf 4000 ft. Die Flugbesatzung diskutierte daraufhin noch einmal kurz und hielt fest, dass nach ECAM alles erledigt wäre und bei Erreichen von 4000 ft nur noch mit dem MAN V/S CTL *toggle switch* die *outflow valves* geöffnet werden müssten (vgl. Kapitel 1.17.1.3). Der Copilot bestätigte, dass das *approach briefing* abgeschlossen sei und sie landen könnten.

Um 12:32:00 UTC erteilte der FVL der Flugbesatzung eine Kursanweisung und die Freigabe zum Instrumentenanflug auf die Piste 14. Der Kommandant bestätigte diese Freigabe und teilte dem FVL gleichzeitig mit: „*We have cancelled Mayday, so you can give us another squawk.*“ Hierauf erhielt die Flugbesatzung den Squawk 2014 zugeteilt. Kurz darauf informierte der Kommandant den Copiloten darüber, dass er nun die *outflow valves* öffnen werde. Das Flugzeug befand sich auf einer Höhe von 4850 ft QNH. Gemäss den Aufzeichnungen betrug die Kabinendruckhöhe zu diesem Zeitpunkt –10 600 ft, bei einer Kabinensinkrate von 500 ft/min und einem Differenzdruck von 8.79 PSI.

Um 12:33:58 UTC meldete die Flugbesatzung: „*Swiss one niner Romeo we are established, one question, in case of go around can we stay at four thousand?*“ Der FVL antwortete: „*Of course Swiss one niner Romeo, no problem.*“

Die Flugbesatzung wurde nun aufgefordert, auf die Frequenz von *Zurich Tower* zu wechseln, was sie umgehend tat. Um 12:34:46 UTC zeigte sich der Kommandant erstaunt darüber, dass die Steigrate der Kabinendruckhöhe nun 2050 ft/min betrage. Die Aufzeichnungen zeigen eine Kabinendruckhöhe von –5170 ft und eine Kabinensteigrate von 2250 ft/min.

Rund 50 Sekunden später bemerkte der Copilot, dass nun plötzlich wieder eine Anzeige der Kabinendruckhöhe vorhanden war. Die Aufzeichnungen zeigen eine Kabinendruckhöhe von 200 ft, eine Kabinensteigrate von 6350 ft/min und einen Differenzdruck von 1.5 PSI. Weiter teilte der Copilot um 12:36:14 UTC mit, dass die Kabinendruckhöhe nun 2800 ft betrage. Die Aufzeichnungen bestätigen diese Aussage. Die Kabinendruckhöhe entsprach jetzt der Flugzeughöhe und es war kein Differenzdruck mehr vorhanden.

In der Folge sank die Kabinendruckhöhe analog zur Flugzeughöhe und um 12:38:08 UTC setzte das Flugzeug auf der Piste 14 auf.

Es entstand kein Schaden, Passagiere und Besatzung konnten das Flugzeug auf normalem Weg verlassen.

#### 1.1.4 Ort und Zeit des schweren Vorfalls

Ort	FIR France, Reims <i>Control</i> 110 NM westnordwestlich von Basel
Datum und Zeit	21. November 2014, 12:03 UTC

Koordinaten	N 48° 08' 48" E 004° 56' 49"
Beleuchtungsverhältnisse	Tag
Höhe	Im Sinkflug von FL 370 auf FL 310

## 1.2 Personenschäden

Verletzungen	Besatzungs- mitglieder	Passagiere	Gesamtzahl der Insassen	Drittpersonen
Tödlich	0	0	0	0
Erheblich	0	0	0	0
Leicht	0	0	0	0
Keine	12	166	178	Nicht zutreffend
Gesamthaft	12	166	178	0

## 1.3 Schaden am Luftfahrzeug

Nicht betroffen

## 1.4 Drittschaden

Keine

## 1.5 Angaben zu Personen

### 1.5.1 Flugbesatzung

#### 1.5.1.1 Kommandant

##### 1.5.1.1.1 Allgemeines

Person	Schweizer Staatsbürger, Jahrgang 1957		
Lizenz	Verkehrspilotenlizenz für Flugzeuge ( <i>Airline Transport Pilot License Aeroplane – ATPL(A)</i> ) nach der Europäischen Agentur für Flugsicherheit ( <i>European Aviation Safety Agency – EASA</i> ), ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL)		
Medizinisches Tauglichkeitszeugnis	Klasse 1	Einschränkungen: VNL ( <i>shall have available corrective lenses for near vision</i> )	
Flugerfahrung	Gesamthaft	17 985:23 h	
	Davon als Kommandant	12 260:00 h	
	Auf dem Vorfallmuster	4191:00 h	
	Während der letzten 90 Tage	90:15 h	
	Davon auf dem Vorfallmuster	39:04 h	

##### 1.5.1.1.2 Besatzungszeiten

Einsatzzeiten vor Vorfalltag	19. November 2014: 15:05 UTC bis 20. November 2014: 01:32 UTC
Flugdienstbeginn am Vorfalltag	21. November 2014: 04:15 UTC

	Flugdienstzeit zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls	7:48h	
1.5.1.2	Copilot		
1.5.1.2.1	Allgemeines		
	Person	Schweizer Staatsbürger, Jahrgang 1972	
	Lizenz	ATPL(A) nach EASA, ausgestellt durch das BAZL	
	Medizinisches Tauglichkeitszeugnis	Klasse 1; keine Einschränkungen	
	Flugerfahrung	Gesamthaft	6399:01 h
		Auf dem Vorfallmuster	739:28 h
		Während der letzten 90 Tage	106:20 h
		Davon auf dem Vorfallmuster	75:53 h
1.5.1.2.2	Besatzungszeiten		
	Einsatzzeiten vor Vorfalltag	19. November 2014: 15:05 UTC bis 20. November 2014: 01:32 UTC	
	Flugdienstbeginn am Vorfalltag	21. November 2014: 04:15 UTC	
	Flugdienstzeit zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls	7:48h	
<b>1.6</b>	<b>Angaben zum Luftfahrzeug</b>		
1.6.1	Allgemeine Angaben		
	Eintragungszeichen	HB-JHB	
	Luftfahrzeugmuster	A330-343	
	Charakteristik	Zweimotoriges Mittel- und Langstreckenflugzeug mit Turbofantrieb	
	Hersteller	Airbus S.A.S., Toulouse, Frankreich	
	Eigentümer	Swiss International Air Lines Ltd. Postfach, CH-4002 Basel	
	Halter	Swiss International Air Lines Ltd. Postfach, CH-4002 Basel	
	Triebwerk	RB211 Trent 772B-60	
	Höchstzulässige Massen	Start	233 000 kg
		Landung	187 000 kg
	Masse und Schwerpunkt	Sowohl Masse als auch Schwerpunkt befinden sich innerhalb der gemäss Luftfahrzeugflughandbuch ( <i>Aircraft Flight Manual – AFM</i> ) zulässigen Grenzen.	
1.6.2	Kabinendrucksystem		
1.6.2.1	Allgemeines		
	Das Kabinendrucksystem hat u. a. die Aufgabe, den Luftdruck in der Passagierkabine und im Cockpit zu regulieren. Da der Luftdruck auf Reiseflughöhe sehr gering		

ist, muss im Flugzeug ein Überdruck aufgebaut werden. Um dies zu ermöglichen, wird eine relativ konstante Luftmenge ins Innere des Flugzeuges gefördert. Durch Öffnen und Schliessen der *outflow valves* wird der Druck reguliert.

Das Kabinendrucksystem beinhaltet die folgenden Komponenten<sup>2</sup>:

- zwei *Cabin Pressure Controllers (CPC)*
- das *forward outflow valve*
- das *aft outflow valve*
- das *cabin pressure control panel*
- zwei *safety valves*

Im *automatic mode* steuert einer der beiden CPC die *outflow valves*. Im Störfall wird automatisch auf den zweiten CPC umgeschaltet. Um die Systemredundanz sicherzustellen, wird automatisch nach jedem Flug auf den anderen CPC umgeschaltet.

Jedes *outflow valve* kann durch drei Elektromotoren bewegt werden; je einen für den CPC 1 resp. CPC 2 im *automatic mode* und einen für den manuellen Betrieb (*manual mode*). Die Steuerung der Elektromotoren im *automatic mode* erfolgt über je ein *electronic module*. Dieses sorgt für die korrekte Umsetzung der vom CPC ausgegebenen Positionierungsbefehle und meldet die erreichte Position zurück. Der Elektromotor für den manuellen Betrieb wird direkt vom MAN V/S CTL-Schalter auf dem *cabin pressure control panel* angesteuert (vgl. Abbildung 1).

Das *cabin pressure control panel* dient der Bedienung des Kabinendrucksystems. Die einzelnen Bedienungselemente werden in Anlage 7 beschrieben.

Die *safety valves* öffnen sich autonom und rein mechanisch, wenn der Differenzdruck ( $\Delta P$ ) einen Wert zwischen 8.75 PSI bis 8.95 PSI erreicht. Aus Sicherheitsgründen sind zwei *safety valves* am Druckdom hinten im Flugzeugrumpf angebracht. Beim Öffnen eines *safety valve* wird eine *Master-Caution*-Warnung ausgelöst.

Das Kabinendrucksystem kann in zwei Betriebsarten (*operating modes*) betrieben werden. Diese werden in den folgenden Unterkapiteln beschrieben. In Anlage 6 wird das vereinfachte Blockdiagramm des Kabinendrucksystems dargestellt.

#### 1.6.2.2 Automatic mode

Standardmässig wird das Kabinendrucksystem im *automatic mode* betrieben. Wenn die entsprechenden Daten<sup>3</sup> vom *Flight Management Guidance Computer (FMGC)* vorhanden sind, werden diese vom CPC verwendet, um ein optimales Steig- respektive Sinkprofil der Kabinendruckhöhe (*cabin altitude*) zu berechnen. Dies, jeweils unter Berücksichtigung des momentanen Aussendruckes, des maximalen Differenzdruckes ( $\Delta P$ ) und der maximal zulässigen Steig- resp. Sinkraten.

Falls diese Daten nicht vorhanden sind, muss die *landing field elevation* manuell eingegeben werden, damit der CPC intern ein Sinkprofil berechnen kann. Nach der Landung werden die *outflow valves* geöffnet, um den Druckausgleich zu bewerkstelligen. Die relevanten Parameter werden auf dem ECAM dargestellt (vgl. Anlage 8).

---

<sup>2</sup> Die Aufzählung wurde bewusst auf diejenigen Komponenten reduziert, die beim schweren Vorfall eine Rolle gespielt haben.

<sup>3</sup> *Top of climb time, top of descent time, time of arrival, landing field elevation, cruise flight level, final cruise flight level, QNH at destination.*

Im Falle einer Störung beider CPC muss gemäss ECAM-Verfahren auf den *manual mode* umgeschaltet werden. Im vorliegenden Fall schaltete sich gemäss Aufzeichnung um 12:03:12 UTC der CPC 1 mit der *amber* Warnmeldung SYS 1 FAULT und rund eine Minute später ebenfalls der CPC 2 mit der *amber* Warnmeldung SYS 1+2 FAULT ab. Grund dafür war, dass das *aft outflow valve* in einer Schliessphase bei ca. 7° blockierte.

### 1.6.2.3 Manual mode

Im Falle einer Störung des CPC 1 und 2 (*double failure*) leuchtet auf dem *cabin pressure control panel* die FAULT-Anzeigelampe auf. Durch Drücken des MODE SEL *pushbutton* wird das System in den *manual mode* umgeschaltet, was mit der Anzeigelampe MAN bestätigt wird (vgl. Abbildung 1).

Durch Drücken des MODE SEL *pushbutton* kann jederzeit und unabhängig von einer Störung in den *manual mode* geschaltet werden.

Im *manual mode* wird die Stellung der *outflow valves* und damit die Kabinendruckhöhe mit dem federbelasteten MAN V/S CTL *switch* gesteuert. Mit dem Umschalter VALVE SEL kann allenfalls ein individuelles *outflow valve* manuell gesteuert werden.

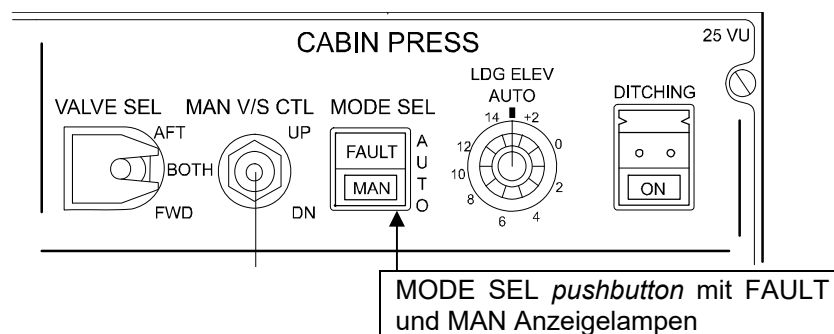


Abbildung 1: cabin pressure control panel

Die Parameter *cabin altitude*, *cabin altitude rate*, *differential pressure*, *forward outflow valve position*, *aft outflow valve position* werden wie im *automatic mode* auf dem ECAM angezeigt. Da die Elektronik des *manual backup part* im CPC 1 bewusst einfach gehalten wurde, wird die Verarbeitung dieser Signale im SDAC vorgenommen. Der *manual backup part* im CPC 2 wird nicht benutzt. Der *manual backup part* im CPC 1 verfügt über eine separate Stromversorgung (DC BAT BUS).

Der Parameter *cabin pressure* gelangt als Gleichspannung (analog) zum SDAC. Dort wird er in einen Digitalparameter umgewandelt und daraus die *cabin altitude* berechnet. Die Gleichspannung ist nach oben und unten begrenzt, was dazu führt, dass dieser Parameter ab einer Kabinendruckhöhe von -2060 ft nicht mehr angezeigt wird.

Der Parameter *cabin altitude rate* wird von der *cabin altitude* abgeleitet. Der Parameter *differential pressure* wird aus der Beziehung  $\Delta P = P_{\text{cabin}} - P_{\text{ambient}}$  berechnet. Der *ambient pressure* wird vom ADIRS geliefert. In Abbildung 2 wird der Datenfluss dargestellt.



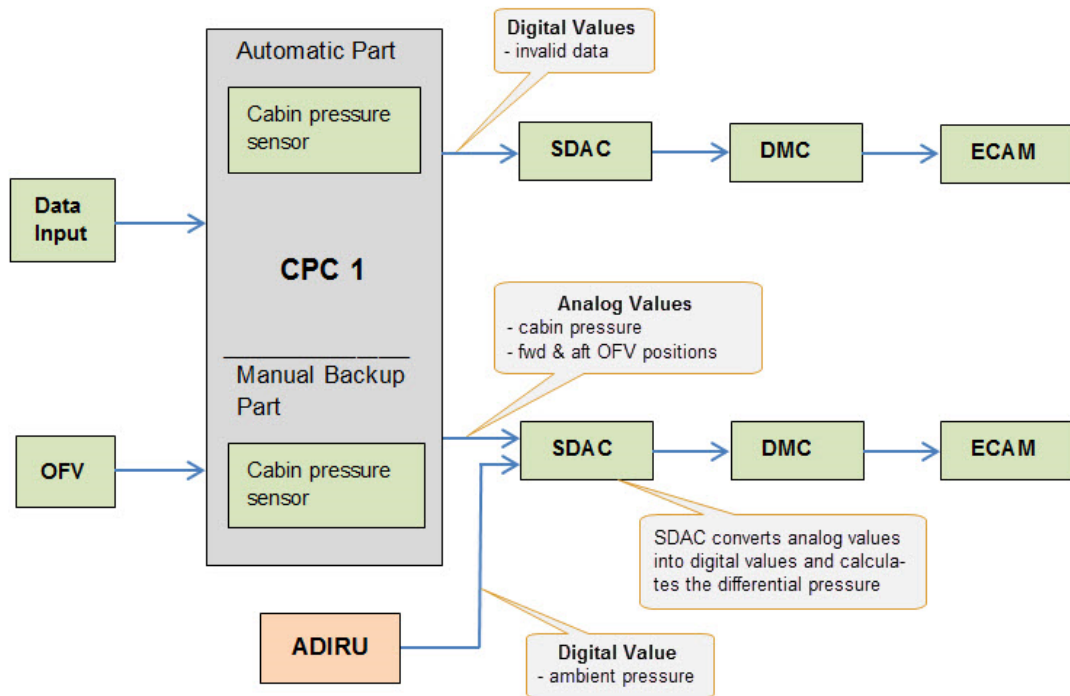


Abbildung 2: Datenflussdiagramm für ECAM-Anzeigen im *manual mode* (SYS 1 FAULT)

1.6.3 Electronic Instrument System

1.6.3.1 Allgemeines

Die generelle Cockpitauslegung sieht wie folgt aus:

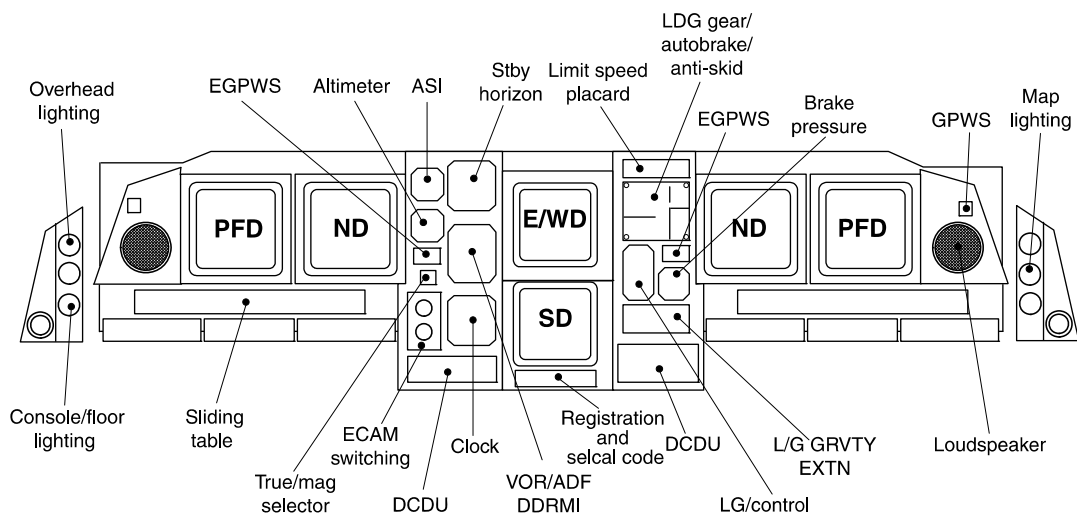


Abbildung 3: Cockpitauslegung der HB-JHB

Die sechs Bildschirme (2 PFD, 2 ND, E/WD, SD) dienen primär folgenden Anzeigen:

- PFD** Bei diesen beiden Bildschirmen (*Primary Flight Display* – PFD) handelt es sich um primäre Flugdatenanzeigen für Kommandant und Copilot. Die PFD dienen primär der Anzeige von Fluglage, Flughöhe, Flugeschwindigkeit und Kursrichtung.

- ND Diese beiden Bildschirme dienen u.a. der Navigationsanzeige (*Navigation Display* – ND). Sie zeigen Kartendarstellungen und Flugplaninformationen. Zusätzlich kann eine Vielzahl von anderen Informationen dargestellt werden wie z. B. Verkehrsanzeigen, Wetter, Gelände, Anflugkarten und Wegpunktinformationen.
- E/WD Auf diesem Bildschirm (*Engine/Warning Display* – E/WD) werden hauptsächlich Triebwerkdaten (*engine primary indication*), Klappen und Vorflügelstellungen (*flap/slat position*) und Warnmeldungen (*warning and caution messages*) dargestellt.
- Dieser Bildschirm ist Teil des *Electronic Centralized Aircraft Monitor* (ECAM) (vgl. Kapitel 1.6.3.3).
- SD Dieser Bildschirm dient der Darstellung von Flugzeugsystemen (*System Display* – SD), dabei werden die Systeme vereinfacht in Diagrammen (*system synoptic diagram*) dargestellt. Die verschiedenen Systemdarstellungen können auf dem *ECAM Control Panel* (ECP) selektiv gewählt werden. Zusätzlich wird der Status von verschiedenen Systemen (*aircraft status*) aufgelistet.

Das *Electronic Instrument System* (EIS) lässt sich in zwei Subsysteme unterteilen:

- das *Electronic Flight Instrument System* (EFIS)
- den *Electronic Centralized Aircraft Monitor* (ECAM)

#### 1.6.3.2 Electronic Flight Instrument System

Das EFIS umfasst die beiden Bildschirme PFD und ND.

#### 1.6.3.3 Electronic Centralized Aircraft Monitor

Das ECAM beinhaltet zwei übereinander angeordnete Anzeigegeräte. Auf dem oberen, dem *Engine/Warning display* (E/WD), werden Triebwerkdaten und Warnanzeigen dargestellt. Auf dem darunter liegenden *System Display* (SD) werden Systemdiagramme (*system pages*) dargestellt, die den Piloten eine Übersicht über die verschiedenen Systeme und deren Schaltzustände bieten.

Das darzustellende System kann auf dem *ECAM Control Panel* selektiert werden. Im Störfall wird je nach Störungsursache die entsprechende *system page* automatisch aufgerufen. So wird zum Beispiel bei einer Störung des CPC 1 auf dem E/WD-Bildschirm **CAB PR SYS 1 FAULT** angezeigt und die **CAB PRESS page** wird automatisch dargestellt (vgl. Anlage 8). Im Reiseflug wird diese Störung normal angezeigt. In anderen Flugphasen, z. B. nahe dem Boden, wird sie unterdrückt.

Die drei *Display Management Computer* (DMC) verarbeiten die Daten für das EFIS und das ECAM (vgl. Abbildung 5). Die Daten für das EFIS werden hauptsächlich von den Flugführungs- und Navigationssystemen geliefert. Im Normalfall stellt der DMC 1 die Daten für das EFIS des Kommandanten und der DMC 2 die Daten für das EFIS des Copiloten bereit. Im Störfall kann auf den gegenüberliegenden DMC oder auf den DMC 3 umgeschaltet werden.

Für das ECAM verarbeiten die drei DMC die Daten, die sie von den *System Data Acquisition Concentrators* (SDAC) und den *Flight Warning Computers* (FWC) erhalten. ECAM-Daten werden auf dem E/WD (DU1) und SD (DU2) angezeigt. Mit dem DMC-Wählschalter auf dem *ECAM Switching Panel* in Stellung AUTO werden die Daten von der DMC 3 geliefert. Im Falle einer Störung kann auf den DMC 1 oder den DMC 2 umgeschaltet werden (vgl. Abbildung 4).

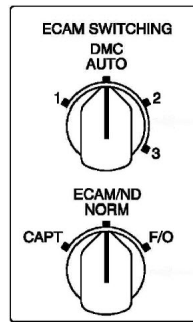


Abbildung 4: ECAM Switching Panel

Die beiden identischen FWC generieren Warnmeldungen (*alert messages*), akustische Warnsignale (*aural alerts*) und akustische Warnungen (*synthetic voice messages*). Signale für die roten Warnanzeigen gelangen über die FWC zu den drei DMC. Signale für die *amber* Warnmeldungen werden von den SDAC via FWC an die DMC weitergeleitet. Nebst den Warnmeldungen liefern die FWC die *radio altitude callouts* und Daten für die Systemdiagramme (*system pages*).

Während des schweren Vorfalls wurde um 12:03:12 UTC auf dem E/WD die *amber* Warnmeldung CAB PR SYS 1 FAULT und eine Minute später die *amber* Warnmeldung CAB PR SYS 1+2 FAULT angezeigt. Letztere Warnmeldung war begleitet von einem *single chime* und die *Master-Caution*-Lampen leuchteten auf.

Beim Öffnen des *safety valve 1* leuchteten jeweils die *Master-Caution*-Anzeigelampen auf und es ertönte ein *single chime*. Auf dem E/WD wurde die *amber* Warnmeldung SAFETY VALVE OPEN angezeigt.

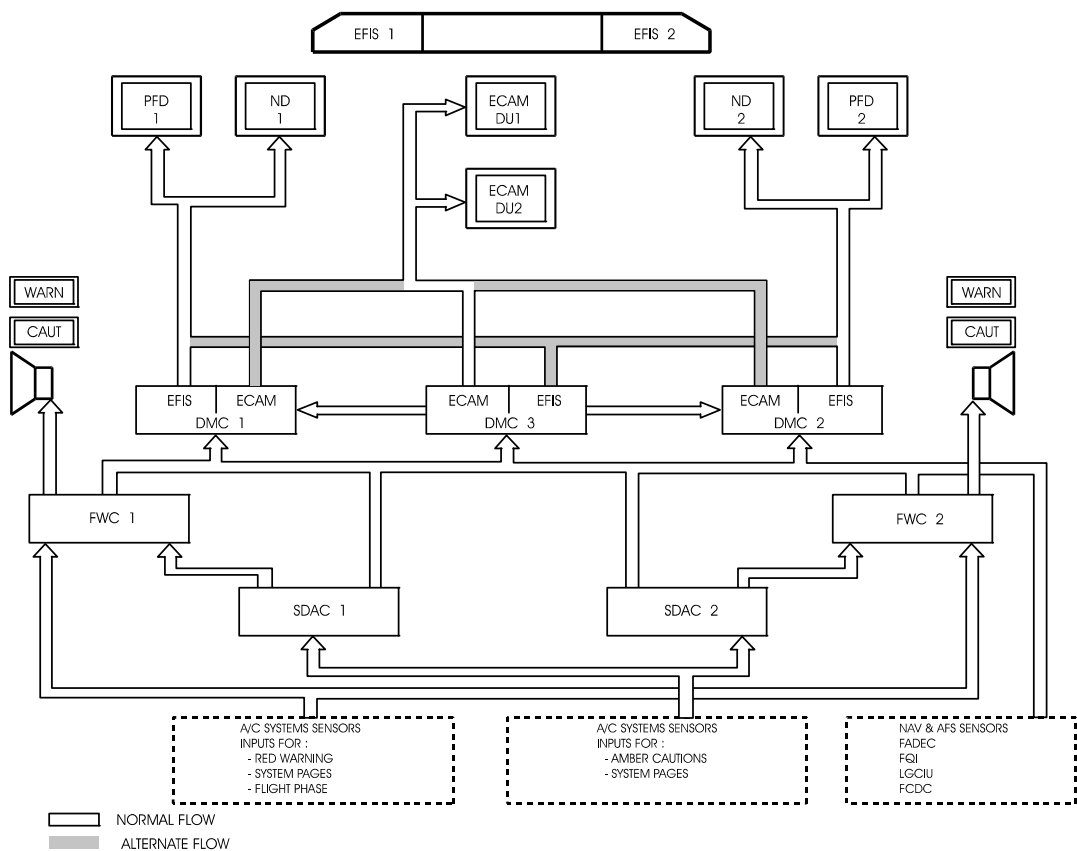
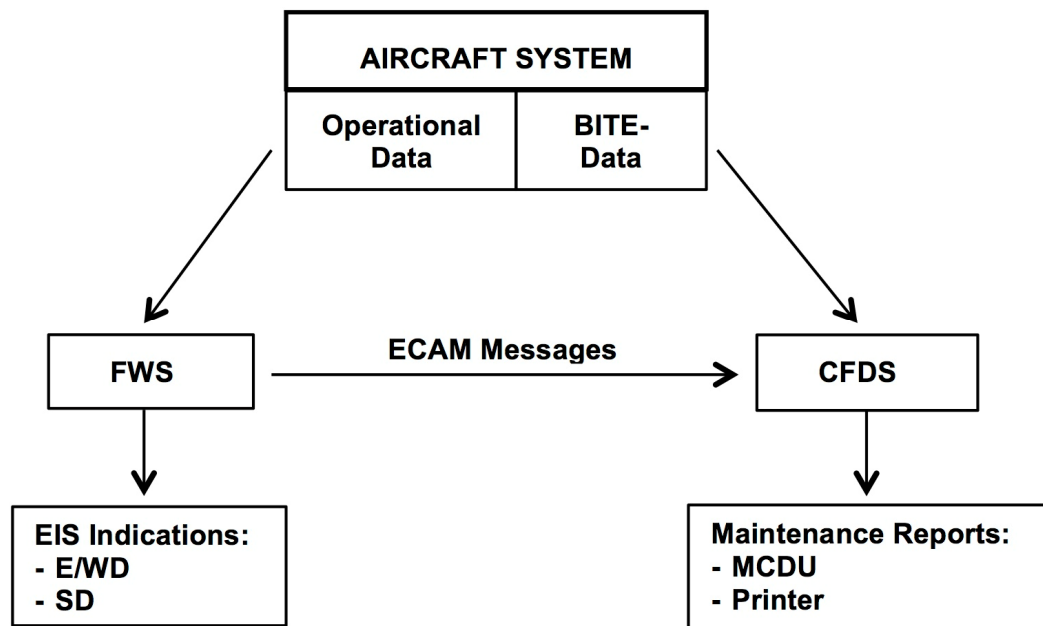


Abbildung 5: Blockdiagramm des *Electronic Instrument System* (EIS)

## 1.6.4 Centralized Fault Display System

Das *Centralized Fault Display System* (CFDS) erlaubt es dem Wartungspersonal, während des Fluges aufgetretene Systemstörungen zu analysieren und gezielte Reparaturmassnahmen vorzubereiten. Nach dem Flug kann ein sogenannter *Post Flight Report* (PFR) im Cockpit ausgedruckt werden. Zusätzlich können am Boden via CFDS individuelle Systeme getestet werden.

Das CFDS beinhaltet im Wesentlichen die *Centralized Fault Display Interface Unit* (CFDIU), die *Multipurpose Control Display Units* (MCDU) und einen Drucker. Die MCDU dienen als Eingabeeinheiten für verschiedene Systeme, unter anderem auch für das *Flight Management and Guidance System* (FMGS). Das CFDS erhält BITE-Daten<sup>4</sup> von verschiedenen elektronischen Flugzeugsystemen sowie ECAM-Störungsmeldungen vom *Flight Warning System* (FWS) (vgl. Abbildung 6).



**Abbildung 6:** Datenflussdiagramm des *Centralized Fault Display System* (CFDS)

Die Fehlermeldungen sind in Klassen unterteilt.

- Störungen der Klasse 1 sind für die Besatzung sichtbar (ECAM-Warnung, Flag etc.) und haben einen Einfluss auf den Betrieb des Flugzeuges. Sie lösen am Ende des Fluges einen *Post Flight Report* (PFR) aus. Kann die Störung vor dem nächsten Flug nicht behoben werden, ist die *Minimum Equipment List* (MEL) massgebend.
- Störungen der Klasse 2 haben keine betrieblichen Konsequenzen. Sie lösen am Ende des Fluges einen *Post Flight Report* (PFR) aus. Zusätzlich wird die Störung am Ende des Fluges auf der ECAM *status page* aufgeführt, sodass sie durch die Besatzung ins *tech log* eingetragen werden kann.

Das CFDS kann die Daten von mehreren Flügen speichern. Diese können nach Bedarf via MCDU abgerufen und ausgedruckt werden. Beim PFR ist die Speicherkapazität für die auf dem ECAM ausgegebenen *warning messages* auf die letzten 40 Einträge begrenzt, d. h. alle älteren Einträge werden laufend überschrieben.

<sup>4</sup> BITE steht für *Built-in Test Equipment*. Die meisten elektronischen Geräte testen sich laufend selber (*continuous BITE*) und liefern Fehlermeldungen an das CFDS.

Während des Fluges erstellt das CFDS einen *Current Flight Report* (CFR). Dieser kann bei Bedarf auf der MCDU eingesehen werden. Gewisse Fehlermeldungen werden ausserdem via ACARS<sup>5</sup> an eine Bodenstelle übermittelt.

## 1.7 Meteorologische Angaben

### 1.7.1 Allgemeine Wetterlage

Am Boden erstreckte sich eine Tiefdruckrinne vom Nordatlantik bis zu den Kanarischen Inseln. Frankreich befand sich zwischen dieser Rinne und höherem Druck über Nordosteuropa. In der Höhe weitete sich ein Rücken von Algerien bis Schottland aus. Milde Luft stiess über Frankreich nordwärts vor, was über dem Nordosten von Frankreich zu ausgedehnten hohen und mittelhohen Wolkenfeldern führte.

### 1.7.2 Wetter zum Zeitpunkt und am Ort des schweren Vorfalls

Auf FL 390 wehte der Wind mit rund 45 kt aus 240 bis 270 Grad. Die Lufttemperatur betrug minus 55 Grad Celsius. Die HB-JHB befand sich südwestlich und ausserhalb des Einzugsgebiets des Polarfront-Strahlstroms, dessen Achse sich von der Nordsee über die Mitte Deutschlands zur nördlichen Ägäis erstreckte. Entlang des Sinkflugpfades wehte der Wind vornehmlich aus Sektor West mit einer Geschwindigkeit, die im Bereich von 25 bis 35 kt lag. In der Umgebung des Flughafens Zürich herrschte Westwind, in Bodennähe Südwestwind. Entlang des Endanflugs der HB-JHB wehte der Wind mit durchschnittlich 10 ±5 kt.

### 1.7.3 Astronomische Angaben

Sonnenstand Reims	Azimut: 188 °	Höhe: 20 °
Beleuchtungsverhältnisse	Tag	

### 1.7.4 Flugplatzwettermeldungen

Zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls war die folgende Flugplatzwettermeldung (*Meteorological Aviation Routine Weather Report* – METAR) gültig:

*METAR LSZH 211250Z VRB02KT 6000 SCT072 BKN110 10/06 Q1021 NOSIG=*

Ausgeschrieben bedeutet dies:

Am 21. November 2014 wurden kurz vor der Ausgabezeit der Flugplatzwettermeldung von 12:50 UTC auf dem Flughafen Zürich die folgenden Wetterbedingungen beobachtet:

Wind	variabel mit 2 kt
Meteorologische Sicht	6 km
Niederschläge	keine
Bewölkung	3/8–4/8 auf 7200 ft AAE <sup>6</sup> 5/8–7/8 auf 11 000 ft AAE
Temperatur	10 °C
Taupunkt	6 °C

<sup>5</sup> ACARS steht für *Airborne Communications Addressing and Reporting System*. ACARS ist ein digitales Datenübermittlungssystem, das zur Übermittlung von einfachen Nachrichten zwischen Flugzeug und Bodenstationen und umgekehrt dient. Das System dient unter anderem dazu, Fehlermeldungen automatisch und ohne Zutun der Besatzung an die entsprechenden Stellen am Boden zu übermitteln.

<sup>6</sup> AAE: *Above Aerodrome Elevation*, über Flugplatzbezugshöhe

Luftdruck (QNH)	1021 hPa, Druck reduziert auf Meereshöhe, berechnet mit den Werten der ICAO <sup>7</sup> -Standardatmosphäre.
Landewetterprognose	In den zwei Stunden, die auf die Wetterbeobachtung folgen, sind keine signifikanten Änderungen zu erwarten.

## 1.8 Navigationshilfen

Zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls waren für den Flughafen Zürich keine für den Flug SWR19R relevanten Beschränkungen publiziert.

## 1.9 Kommunikation

Der Funkverkehr zwischen den Piloten und den Flugverkehrsleitstellen wickelte sich ordnungsgemäss, in englischer Sprache und ohne Schwierigkeiten ab.

## 1.10 Angaben zum Flughafen

### 1.10.1 Allgemeines

Der Flughafen Zürich liegt im Nordosten der Schweiz. Im Jahr 2013 betrug das Passagiervolumen 24.86 Millionen, bei rund 262 000 Flugbewegungen.

Die Bezugshöhe des Flughafens beträgt 1416 ft AMSL<sup>8</sup> und als Bezugstemperatur sind 24.0 °C festgelegt.

### 1.10.2 Pistenausrüstung

Der Flughafen Zürich zeichnet sich durch ein System von drei Pisten aus. Die Pisten 16 und 14 sind mit einem Instrumentenlandesystem (ILS) der Kategorie III ausgerüstet und die Piste 34 mit einem ILS der Kategorie I. Die Piste 28 ist mit einem ILS ohne Klassifizierung (*uncategorized*) ausgerüstet, das ein gegenüber der Kategorie I erhöhtes Wetterminimum aufweist.

Die Pisten des Flughafens Zürich haben folgende Abmessungen:

Pistenbezeichnung	Abmessungen	Höhe der Pistenschwellen
16/34	3700 × 60 m	1390/1388 ft AMSL
14/32	3300 × 60 m	1402/1402 ft AMSL
10/28	2500 × 60 m	1391/1416 ft AMSL

Zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls standen alle drei Pisten mit ihrer ganzen Pistenlänge für Landungen zur Verfügung.

### 1.10.3 Rettungs- und Feuerwehrdienste

Der Flughafen Zürich war zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls mit Feuerbekämpfungsmitteln der Kategorie 10 ausgerüstet. Die Berufsfeuerwehr des Flughafens leistete während des Flugbetriebes permanent Bereitschaftsdienst.

<sup>7</sup> ICAO: *International Civil Aviation Organization*

<sup>8</sup> AMSL: *Above Mean Sea Level*, Höhe über dem mittleren Meeresspiegel

**1.11 Flugschreiber**

## 1.11.1 Flugdatenschreiber

Muster	SSFDR
Hersteller	Honeywell
Werknummer	<i>serial number 16993; part number 980-7400-042</i>
Anzahl Parameter	64
Aufzeichnungsmedium	<i>solid state memory</i>
Aufzeichnungsdauer	100 Stunden

Die Daten des Flugdatenschreibers waren lückenlos aufgezeichnet und konnten ausgelesen werden. Die Kabinendruckhöhe und der Kabinendifferenzdruck werden nicht aufgezeichnet. Diese Daten werden im *Quick Access Recorder (QAR)* aufgezeichnet und standen für die Untersuchung zur Verfügung.

## 1.11.2 Sprach- und Geräuschaufzeichnungsgerät

Muster	SSCVR
Hersteller	Honeywell
Werknummer	<i>serial number 09656; part number 980-6022-001</i>
Anzahl Kanäle	4
Aufzeichnungsmedium	<i>solid state memory</i>
Aufzeichnungsdauer	2 Stunden

Alle vier Kanäle des Sprach- und Geräuschaufzeichnungsgeräts (*Cockpit Voice Recorder – CVR*) konnten ausgewertet werden und standen für die Untersuchung zur Verfügung.

**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**

Die Stellung des vorderen und hinteren *outflow valve* wurde durch die Besatzung während des Sinkfluges bis auf eine Flughöhe von rund 4000 ft nicht verändert. In der Folge erhöhte sich der Druck in der Kabine konstant. Bei Erreichen des maximalen Kabinendifferenzdrucks öffnete sich eines der Sicherheitsventile (*cabin pressure safety valve*). Dadurch wurde ein übermässiger Druck in der Kabine vermieden und es kam nicht zu einer erheblichen Gefährdung.

## 1.16 Versuche und Forschungsergebnisse

### 1.16.1 Massnahmen nach der Landung

Dem Unterhaltsbetrieb des Flugbetriebsunternehmens wurden die am Flugzeug aufgetretenen Fehler automatisch über das ACARS übermittelt. Somit war der Unterhaltsbetrieb vorbereitet.

Der PFR auf dem bordeigenen CFDS bestätigte die durch das ACARS übermittelten, für den schweren Vorfall relevanten Störungsmeldungen wie folgt:

12:03 UTC: AFT OUTFLOWVALVE

12:03 UTC: CAB PR SYS 1 FAULT

12:04 UTC: AFT OUTFLOWVALVE

12:04 UTC: CAB PR SYS 1 + 2 FAULT

12:10 UTC: CPC 1

12:17 UTC: CAB PR SAFETY VALVE OPEN

Ein anschliessend durchgeführter Funktionstest (*functional test*) zeigte keine Fehlfunktion (*no failure found*).

In der Folge wurden der CPC 1 und das *aft outflow valve* für eine genauere Untersuchung ausgebaut. Einige Tage später wurde zusätzlich der CPC 2 ausgebaut. Die Resultate der Untersuchung beim Gerätehersteller finden sich in den nachfolgenden Kapiteln.

### 1.16.2 Untersuchung beim Gerätehersteller

Die beiden CPC und das *aft outflow valve* wurden beim Gerätehersteller einer eingehenden Kontrolle unterzogen. Diese beinhaltete unter anderem eine visuelle Eingangskontrolle auf äussere Beschädigungen.

#### 1.16.2.1 Kontrollen an den CPC

An beiden CPC wurde der interne Datenspeicher ausgelesen. Die Daten bestätigten den vom QAR bekannten Befund, dass das *aft outflow valve* zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls während eines Schliessvorgangs in einer Position von ungefähr 7 Grad blockiert worden war. Dies entsprach nahezu der geschlossenen Stellung.

Anschliessend wurden beide CPC auf dem automatischen Prüfstand gemäss *Component Maintenance Manual* (CMM) geprüft. Beide Geräte passierten den Test ohne Fehlermeldung.

#### 1.16.2.2 Kontrollen am aft outflow valve

Das *aft outflow valve* wurde einer eingehenden visuellen Kontrolle unterzogen. Dabei wurden keinerlei mechanische Beschädigungen (Kratzspuren, Verformungen) festgestellt.

Die beiden *electronic boxes* passierten die Funktionskontrolle gemäss CMM ohne Probleme.

Der *actuator*, bestehend aus der *gear box*, zwei *electronic boxes* und drei Elektromotoren, wurde als Einheit gemäss CMM geprüft. Der Test verlief ohne Probleme.

Das *aft outflow valve* wurde in der Kühlkammer auf minus 40 Grad abgekühlt und dann während der Aufwärmphase mehrmals getestet. Auch dieser Test verlief ohne Probleme.



## 1.16.2.3 Erweiterte Funktionskontrollen

Die beiden CPC wurden an den sogenannten *base tester* angeschlossen (vgl. Abbildung 7). An diesem Testsystem lassen sich die *inputs* des Flugzeuges (ADIRS, FMGC etc.) simulieren und die *outputs* werden auf einem Bildschirm dargestellt. Das Test-*Outflow-Valve* wurde als *aft outflow valve* eingesetzt. Das *forward outflow valve* wurde simuliert. Beide CPC wurden an ein Spezialgerät angeschlossen, mit dem der Kabinendruck ( $P_{cabin}$ ) simuliert werden konnte. Der Aussendruck ( $P_{ambient}$ ) wurde durch den *base tester* simuliert. Es wurden die Druckverhältnisse eingestellt, wie sie beim schweren Vorfall vorherrschten.

Das *aft outflow valve* wurde in einer Stellung nahe bei *closed* blockiert, um einen *loop closure failure* zu erzwingen. Beide CPC traten nacheinander in den *Standby-Fault-Status (failure state)*, was den Erwartungen entsprach. Dieser zeitliche Verlauf stimmte ziemlich genau mit den Aufzeichnungen des QAR überein.

Am Display des *base tester* wurden die digitalen Ausgangssignale nach Arinc-429-Standard der beiden CPC überprüft. Alle zeigten den Status *invalid data* (ssm = 00).

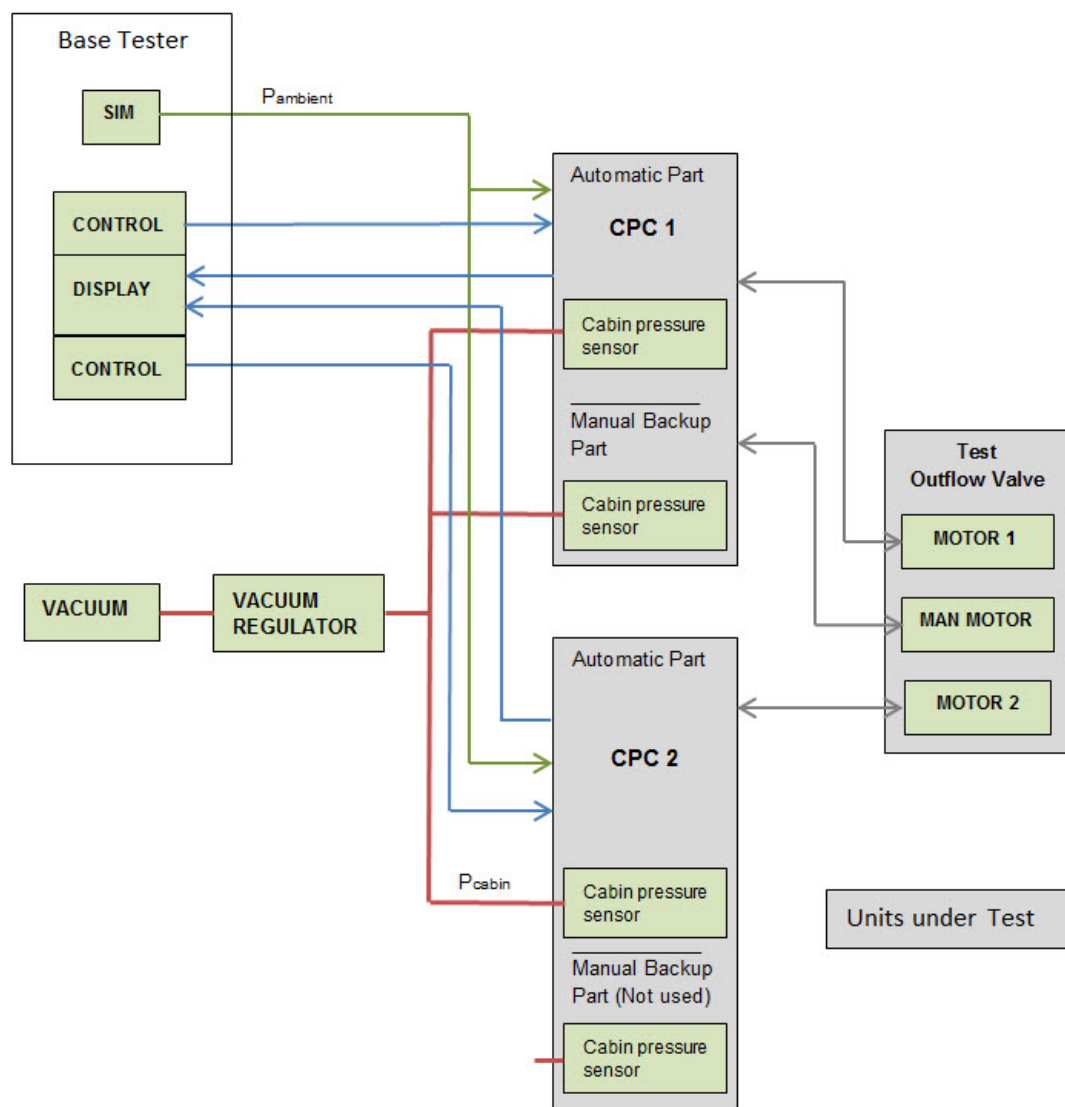


Abbildung 7: Vereinfachte Darstellung des Nord Micro *base tester*

#### 1.16.2.4 Funktionskontrolle des manual backup part von CPC 1

Gemäss den Aussagen der Besatzung wurden die Kabinenhöhe und der Differenzdruck im *manual mode* zeitweise nicht angezeigt. Am *base tester* bot sich die Gelegenheit, diesen Sachverhalt zu klären.

Zu diesem Zweck wurden im Stromkreis des analogen Signals zur Übertragung des *cabin pressure* (vgl. Abbildung 2) eine *breakout box* und ein Multimeter montiert. Auch wurde der Vakuumgenerator nur noch an den *cabin pressure sensor* im *manual backup part* des CPC 1 angeschlossen.

Die Messung ergab, dass der *cabin pressure sensor output* einen totalen Bereich von 0 bis 11.68 V aufwies, entsprechend 0–1400 hPa. Der operationelle Bereich war bei 4.6 bis 9.2 V begrenzt, entsprechend 546–1091 hPa (1091 hPa entspricht –2060 ft). Die Messresultate stimmten mit der Spezifikation des CPC überein.

Die Parameter *cabin altitude* und *cabin differential pressure* werden im SDAC gerechnet, wenn sich der CPC 1 im *manual mode* befindet (vgl. Abbildung 2). Der SDAC empfängt vom CPC 1 den *cabin pressure* in analoger Form. Der Analogwert wird in einen Digitalparameter umgewandelt und daraus werden die *cabin altitude* und die *cabin altitude rate* bestimmt. Vom ADIRS empfängt der SDAC den *ambient pressure* in digitaler Form. Der *cabin differential pressure* wird aus der Beziehung  $\Delta P = P_{\text{cabin}} - P_{\text{ambient}}$  gerechnet. Da der operationelle Bereich des *cabin pressure* bei 9.2 V begrenzt ist, wird die *cabin altitude* unterhalb –2060 ft nicht mehr angezeigt. Die digitale Anzeige wird durch bernsteinfarbene Kreuze (*amber crossed*) ersetzt und die analoge Anzeige wird ausgeblendet. Dies trifft auch für den *cabin differential pressure* zu. Der Flugzeughersteller begründet dies wie folgt: „*The rationale for that is because the analogue pressure sensor is designed to have a sufficient range to cover lowest and highest worldwide airport altitudes.*”

### 1.17 Angaben zu verschiedenen Organisationen und deren Führung

#### 1.17.1 Flugbetriebsunternehmen

##### 1.17.1.1 Allgemeines

Die verschiedenen Verfahren sind in den entsprechenden Betriebshandbüchern des Flugbetriebsunternehmens festgehalten. Die allgemein gültigen Verfahren finden sich im Betriebshandbuch (*Operations Manual – OM*) A und die flugzeugspezifischen Verfahren im OM B.

##### 1.17.1.2 Generelle Verfahrensvorgaben

Im OM A des Flugbetriebsunternehmens wird bezüglich Terminologie und Kommunikation in abnormalen oder Notsituationen unter anderem festgehalten [Fett-druck im Original]:

#### „8.3.20.1 Terminology

##### 8.3.20.1.1 Abnormal conditions

*Abnormal conditions require increased attention to safety by the crew. They can be caused by technical, operational or other reasons such as passenger illness.*

##### 8.3.20.1.2 Emergency conditions

*In emergency conditions safety is compromised or will be compromised within a critical time. The crew devotes all its attention to the safety of the aeroplane, its passengers and crew.*

(...)

An emergency condition is classified in accordance with the degree of danger or hazard being experienced, as follows:

- **Urgency:** A condition concerning the safety of an aeroplane or other vehicle, or some person on board or within sight, which does not require immediate assistance. The appropriate phraseology is the word „PANPAN“ repeated three times.
- **Distress:** A condition of being threatened by serious and/or imminent danger and requiring immediate assistance. The appropriate phraseology is the word „MAYDAY“ repeated three times.”

Im Weiteren wird im Kapitel 8.3.20.3 *Procedures* für das Vorgehen bei Fehlern folgendes Vorgehen festgelegt [Fettdruck im Original]:

### „8.3.20.3.1 Decision finding process

#### 8.3.20.3.1.1 General

**PPAA** (power, performance, analysis, action) principle helps the crew, in any critical or abnormal situation, to immediately find mental access to a structured process.

PPAA shall make sure, that all appropriate measures are taken regarding aeroplane performance, obstacle free vector and technical redundancy. As soon as the execution of PPAA results in a consolidated situation allowing, e.g. to evaluate operational considerations, the below defined well structured decision finding process shall be applied.

#### 8.3.20.3.1.2 Decision finding

**SPORDEC** stands for a step by step procedure for a decision finding under involvement of all resources inside and outside of the crew.

<b>S</b> ituation catch	Situation shall be analysed, carefully taking into account all available information.
<b>P</b> reliminary actions	Time critical actions shall be executed such as calling for external assistance, ordering emergency preparations or calling for additional information.
<b>O</b> ptions	Search for options.
<b>R</b> ating	Evaluate options for risk and benefit.
<b>D</b> ecision	The CMD makes up a decision. He conducts the planning for execution.
<b>E</b> xecution	Co-ordinated actions and mutual monitoring take place.
<b>C</b> ontrolling	Results and ongoing development are carefully monitored. If the situation warrants a new decision finding shall be started.

#### 8.3.20.3.2 Use of checklists

The use of checklists and approved flight deck documents is mandatory in case of abnormal conditions. In an emergency they shall be used as guidelines at the CMD's discretion.”

1.17.1.3 Flugzeugspezifische Verfahrensvorgaben

Das OM B steht den Flugbesatzungen in elektronischer Form zur Verfügung. Es besteht aus folgenden einzelnen *manuals*:

- Flugbetriebshandbuch (*Flight Crew Operating Manual – FCOM*), enthaltend unter anderem auch die *Operating Engineering Bulletins* (OEB) des Flugzeugherstellers;
- *Minimum Equipment List* (MEL) inklusive *MEL operational procedures*;
- *Quick Reference Handbook* (QRH);
- *Configuration Deviation List* (CDL).

Im FCOM sind nebst den Systembeschreibungen auch alle Verfahren für den Normalbetrieb, den abnormalen Betrieb und für Notsituationen publiziert.

Das Verfahren bei einem Ausfall beider Drucksysteme (*pressure fault*) findet sich im FCOM im Kapitel „*Abnormal and emergency procedures, air conditioning/pressurization/ventilation*“ und wird wie folgt dargestellt:

<b>CAB PR SYS (1+2) FAULT</b> (BOTH SYSTEMS AFFECTED)	
<b>Applicable to:</b> ALL	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>If one door not locked closed on ground:</b> CAB PR INHIB BY DOORS</li> <li>■ <b>In all other cases:</b></li> </ul>	<p><b>L2</b> Due to the slow closure of the outflow valve in manual pressurization mode and depending on the failure, the following procedure may not avoid a depressurization.</p> <p><b>L1</b> MODE SEL.....MAN            MAN VALVE SEL.....BOTH            MAN V/S CTL.....AS RQRD</p> <p><b>L2</b> <i>Monitor cabin V/S and cabin altitude frequently and adjust as necessary.            Maintain aircraft altitude at or above cabin altitude. It may take 10 s in manual mode before the crew notices a change of the outflow valve position.            The two safety valves limit ΔP to 8.85 PSI.</i></p>

*Continued on the following page*

CAB PR SYS (1+2) FAULT (Cont'd) (BOTH SYSTEMS AFFECTED)															
<p>L12</p> <p>MAN CAB PR CTL: TGT V/S: CLIMB 500 FT/MIN TGT V/S: DES 300 FT/MIN</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">A/C FL</th> <th style="width: 50%;">CAB ALT TGT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="text-align: center;">410</td><td style="text-align: center;">8 000</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">350</td><td style="text-align: center;">6 500</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">300</td><td style="text-align: center;">5 000</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">250</td><td style="text-align: center;">2 500</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">&lt;200</td><td style="text-align: center;">0</td></tr> </tbody> </table> <p>● <b>DURING FINAL APPR:</b>            MAN V/S CTL..... FULL UP  <i>When on intermediate approach (below 2 500 ft), adjust <math>\Delta P = 0</math>.</i>  <i>When <math>\Delta P</math> is zero, select FULL UP to fully open both outflow valves.</i></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;"><b>CAUTION</b></td> <td>Check that <math>\Delta P</math> is zero before opening doors.</td> </tr> </table>	A/C FL	CAB ALT TGT	410	8 000	350	6 500	300	5 000	250	2 500	<200	0	<b>CAUTION</b>	Check that $\Delta P$ is zero before opening doors.	<p><b>STATUS</b></p> <p><b>INOP SYS</b></p> <p>CAB PR 1 + 2</p>
A/C FL	CAB ALT TGT														
410	8 000														
350	6 500														
300	5 000														
250	2 500														
<200	0														
<b>CAUTION</b>	Check that $\Delta P$ is zero before opening doors.														

Abbildung 8: Kopie aus dem FCOM (PRO-ABN-21 P 13/30 und 14/30)

Das gleiche Verfahren präsentiert sich als ECAM-Verfahren auf dem E/WD und dem SD wie folgt:

<p style="color: orange;">CAB PR SYS 1+2 FAULT</p> <p>MODE SEL ..... MAN</p> <p>MAN VALVE SEL ..... BOTH</p> <p>MAN V/S CTL ..... AS RQRD</p>	
---	--

Abbildung 9: Anzeige auf dem E/WD

STATUS

MAN CAB PR CTL:  
TGT V/S: CLIMB 500 FT/MIN  
TGT V/S: DES 300 FT/MIN

A/C FL	CAB ALT TGT
410	8 000
350	6 500
300	5 000
250	2 500
<200	0

● DURING FINAL APP:  
MAN V/S CTL ..... FULL UP  
*When on intermediate approach (below 2 500 ft), adjust  $\Delta P=0$ .  
When  $\Delta P$  is zero, select FULL UP to fully open both outflow valves.*

**CAUTION** Check that  $\Delta P$  is zero before opening the doors

INOP SYS  
CAB PR 1+2

**Abbildung 10:** Anzeige auf dem SD

Das Verfahren für einen Notabstieg (*emergency descent*) findet sich im FCOM im Kapitel „*Abnormal and emergency procedures, miscellaneous*“ (vgl. Anlage 3).

**1.18 Zusätzliche Angaben**

Keine

**1.19 Nützliche oder effektive Untersuchungstechniken**

Nicht betroffen

## 2 Analyse

### 2.1 Technische Aspekte

#### 2.1.1 Allgemeines

Der Ausfall beider *cabin pressure controllers* (CPC 1+2) entsprach einem Doppelfehler (*double failure*). Die Steuerung des Kabinendrucks war somit nur noch im manuellen Betrieb (*manual mode*) möglich. Um dies zu bewerkstelligen, braucht die Flugbesatzung Anzeigen über die Kabinendruckhöhe und den Differenzdruck. Da die Flugbesatzung aussagte, dass ihr die Anzeigen für Kabinendruckhöhe und Differenzdruck nicht zur Verfügung gestanden hätten, wurde diese Situation als gefährlicher Vorfall eingestuft und in der Folge untersucht.

Erst im Laufe der Untersuchung zeigte sich, dass die Anzeigen nur partiell, systembedingt in einem gewissen Bereich, nicht zur Verfügung standen.

Es liegen somit keine Anhaltspunkte für vorbestehende technische Mängel vor, die den schweren Vorfall hätten beeinflussen können.

#### 2.1.2 Kabinendrucksystem

Um 12:02:46 UTC blockierte das *aft outflow valve* während einer Schliessphase bei ungefähr 7°. Als Folge davon wurde um 12:03:12 UTC auf dem E/WD *display* die *amber* Warnmeldung CAB PR SYS 1 FAULT angezeigt und die CAB PRESS *page* wurde automatisch aufgerufen. Eine Minute später, um 12:04:12 UTC, wurde die Warnmeldung CAB PR SYS 1+2 FAULT angezeigt, begleitet von einem *single chime* und dem Aufleuchten der *Master-Caution*-Warnlampen.

Bis um 12:03:12 UTC hatte sich beim *aft outflow valve* zwischen der angeforderten Position von 3.59° und der tatsächlichen Position von 7.61° eine Differenz gebildet, die zur Abschaltung des CPC 1 und zur Aktivierung des CPC 2 führte. Da die entsprechende Überwachungsfunktion im CPC 2 ebenfalls eine Unstimmigkeit feststellte (Sollwert = 1.41°, Istwert = 7.18°), schaltete sich der CPC 2 um 12:04:12 UTC ebenfalls ab. In der Folge blieben das *aft outflow valve* bei ungefähr 7° und das *forward outflow valve* bei ungefähr 1.5° stehen. Diese Differenz ist auf der Analoganzeige auf der CAB PRESS *page* schwer erkennbar (vgl. Anlage 8).

Da die manuelle Betätigung der *outflow valves* durch die Besatzung ausblieb, konnte sich in der Folge der Druck in der Kabine stetig aufbauen. Während des Sinkfluges nahm der Kabinendruck vorerst ab. Nach Erreichen einer Flughöhe von 10 000 ft erhöhte sich der Kabinendruck im Horizontalflug rapide und erreichte Werte von 8.6 PSI und höher (vgl. Anlage 1 und 5).

Um eine Überbelastung der Flugzeugzelle zu verhindern, ist die betroffene A330 mit zwei Sicherheitsventilen (*safety valves*) ausgerüstet. Diese befinden sich am Druckdom im hinteren Teil des Flugzeuges (vgl. Anlage 6). Diese Ventile arbeiten autonom und öffnen sich bei einem Kabinendruck zwischen 8.75 PSI und 8.95 PSI. In der Zeit zwischen 12:16:43 UTC und 12:24:47 UTC öffnete sich das *safety valve* 1 dreimal. Dies wurde der Besatzung auf dem E/WD als Warnmeldung SAFETY VALVE OPEN angezeigt, begleitet von einem *single chime* und dem Aufleuchten der *Master-Caution*-Warnlampen. Schematisch war der Schaltzustand des Sicherheitsventils auf der CAB PRESS *page* ersichtlich. Nach dem manuellen Öffnen der beiden *outflow valves* durch die Besatzung um 12:32:28 UTC reduzierte sich der Kabinendruck rapide und erreichte um 12:36:02 UTC auf einer Flughöhe von 3000 ft den Wert null.

Wie im Kapitel 1.16.2 erwähnt, wurden nach dem Flug beide CPC und das *aft outflow valve* ausgebaut und beim Gerätehersteller geprüft. Dabei konnten keine Fehlfunktionen an den Geräten festgestellt werden. Es kann nicht ausgeschlossen

werden, dass sich während des Fluges ein Fremdkörper zwischen dem Rahmen und einer Ventilklappe des *aft outflow valve* befand und so zur Blockade führte. Beim manuellen Öffnen des *aft outflow valve* könnte sich dieser Fremdkörper allenfalls von selbst gelöst und entfernt haben. Bei einem Test am Boden funktionierte das Kabinendrucksystem jedenfalls wieder einwandfrei.

### 2.1.3 Anzeigen im Cockpit

In ihrem Bericht hielt die Besatzung fest, dass nach dem Umschalten des Kabinendrucksystems in den *manual mode* die Anzeigen für die Kabinendruckhöhe und den Kabinendifferenzdruck ausgefallen seien.

Um dieser Frage nachzugehen, wurden beim Gerätehersteller für das Kabinendrucksystem Messungen durchgeführt (vgl. Kapitel 1.16.2.4). Diese ergaben, dass die genannten Parameter technisch bedingt bei einer Kabinendruckhöhe unterhalb –2060 ft nicht mehr angezeigt werden. Im vorliegenden Fall wurde eine Kabinendruckhöhe von –10 000 ft erreicht. Gemäss Aufzeichnungen des CVR erwähnte die Besatzung erstmals den Verlust der genannten Anzeigen, als die Kabinendruckhöhe einen Wert von –2680 ft erreichte.

Die Tatsache, dass der Kommandant den Copiloten um 12:06:58 UTC informierte, dass die Kabinendruckhöhe 2000 ft betrage und der Copilot um 12:08:47 UTC den Kommandanten überrascht fragte, ob er gesehen habe, dass sich die Kabinendruckhöhe nun im Minus befände und sich die Kabine aufpumpe, lassen keinen Zweifel daran, dass bis zu diesem Zeitpunkt die Kabinendruckhöhe wie auch der Differenzdruck angezeigt wurden.

Zum Zeitpunkt, als die Kabinendruckhöhe wieder über –2000 ft gestiegen war (vgl. Anlage 1), wurde erwähnt, dass die Anzeigen wieder zur Verfügung stünden.

Es handelte sich demnach nicht um eine technische Störung. Bei zweckmässiger Bedienung des Kabinendrucksystems im *manual mode* sollten derart tiefe Werte der Kabinendruckhöhe nicht erreicht werden.

## 2.2 Menschliche und betriebliche Aspekte

### 2.2.1 Flugbesatzung

Als im Cockpit die Warnung CAB PR SYS 1 FAULT und eine Minute später die Warnung CAB PR SYS 1+2 FAULT angezeigt wurde, sprach der Kommandant diese beiden Warnungen umgehend an. Dies entsprach der überwachenden Funktion des PM nach dem *Closed-Loop*-Prinzip und schuf damit eine gute Voraussetzung für den weiteren Umgang mit dem Problem. Dass der Kommandant gleichzeitig erwähnte, dass sie eventuell mit einem Notabstieg (*emergency descent*) rechnen müssten, war der Situation insofern nicht angepasst, als dadurch gedanklich ein Präjudiz geschaffen wurde. Es liegt nahe, dass der Entschluss des Copiloten, in diesem Falle sofort weiter abzusinken, dadurch beeinflusst wurde.

Es gibt keine Hinweise, dass die vom Flugbetriebsunternehmen festgelegte „PPAA“-Vorgehensweise (*power, performance, analysis, action*) beim Auftreten eines Fehlers im vorliegenden Fall konsequent durchgeführt wurde (vgl. Kapitel 1.17.1.2). Insbesondere trifft das auf den ersten Punkt des „SPORDEC“-Verfahrens zu. Der *emergency descent* wurde offensichtlich eingeleitet, ohne dass eine Fehleranalyse gemacht worden war. Die Angaben auf der CAB PRESS *page* zeigten nach dem Auslösen der Warnmeldung CAB PR SYS 1+2 FAULT eine Kabinendruckhöhe von 5470 ft mit einer Kabinensinkrate von 300 ft/min und einem Differenzdruck von 8.44 PSI. Ein bewusstes Analysieren dieser Anzeigen hätte klar gemacht, dass das erwartete Druckabfallszenario (*decompression*) nicht zutreffen konnte. Möglicherweise wurde dieser aktuellen Situation nicht die nötige



Beachtung geschenkt, weil die Flugbesatzung wiederholt betonte, dass sie ein gutes Gefühl gehabt habe. Ein weiterer Faktor mag sein, dass sich Flugbesatzungen im Training generell bei Kabinendruckproblemen auf Druckabfallszenarien mit nachfolgendem Einleiten eines *emergency descent* einstellen und diese auch immer wieder üben. Zusätzlich kam im vorliegenden Fall dazu, dass sich das Flugzeug bereits im Sinkflug zu seinem Zielflughafen befand.

Die Flugbesatzung entschied sich, ihrer Anfrage für einen Sinkflug mit einer Dringlichkeitsmeldung Nachdruck zu verleihen. Das war der Situation angepasst und erhöhte die Aufmerksamkeit der Flugverkehrsleitung. Nach dem Einleiten des *emergency descent* setzte die Flugbesatzung eine Notlagemeldung ab. Dies entsprach den Verfahrensvorgaben für einen Notabstieg. Dabei muss erwähnt werden, dass sich die Flugbesatzung aus technischer Sicht nicht in einer Situation befand, wie sie die Definition für eine Notlagemeldung festhält (vgl. Kapitel 1.17.1.2).

Knapp zwei Minuten nach dem Auslösen der *amber* Warnmeldung CAB PR SYS 1+2 FAULT sagte der Kommandant, dass er mit dem entsprechenden ECAM-Verfahren starte. Gemäss diesem Verfahren musste er dabei den MODE SEL *pushbutton* auf MAN (*manual*) umschalten<sup>9</sup>. Zum Zeitpunkt des Umschaltens zeigte die CAB PRESS *page* eine Kabinendruckhöhe von 2000 ft mit einer Kabinensinkrate von 1250 ft/min und einen Differenzdruck von 7.64 PSI. Das Flugzeug befand sich dabei auf FL 227 im Sinkflug. Das ECAM-Verfahren sieht für diese Flughöhe als Richtwert eine Kabinendruckhöhe von rund 2500 ft und eine Kabinensinkrate von 300 ft/min vor (vgl. Kapitel 1.17.1.3). Möglich ist, dass die angezeigte Kabinendruckhöhe, die mehr oder weniger dem Tabellenwert im ECAM-Verfahren entsprach, die Flugbesatzung dazu verleitete, der Kabinensinkrate keine Beachtung zu schenken (vgl. Anlage 4). Diese war rund 1000 ft/min höher als diejenige im ECAM-Verfahren und auch der Differenzdruck hatte sich nicht abgebaut.

Die Diskussion im Cockpit zeigt, dass der Kommandant in dieser Phase immer noch der Ansicht war, in der Kabine wären die Sauerstoffmasken ausgeworfen worden. Folglich reduzierte er die Kabinensinkrate nicht, weil er dazu die *outflow valves* manuell hätte öffnen müssen, was dem wahrscheinlich vorgefassten Bild einer *decompression* zuwiderlief. Der Entschluss, die *outflow valves* nicht zu verstellen, wurde möglicherweise durch die Tatsache unterstützt, dass im Sinkflug auf FL 220, um 12:06:58 UTC, eine Kabinendruckhöhe von rund 2000 ft abgelesen worden war. Diese Höhe entsprach zwar dem Tabellenwert, jedoch lag die Kabinensinkrate mit 1250 ft/min immer noch fast 1000 ft/min über dem empfohlenen Wert.

Kurz darauf fragte der Copilot den Kommandanten, ob er bemerkt habe, dass sich die Kabinendruckhöhe nun im negativen Bereich befände und sich der Kabinendruck weiter aufbaue. Es ist fraglich, ob der Kommandant diese Frage bewusst verarbeitete, denn nur Sekunden später wurde er durch die Kommunikation mit der Flugverkehrsleitung abgelenkt. Die angezeigte Kabinendruckhöhe von -480 ft und die Kabinensinkrate von 1200 ft/min, zusammen mit der Bemerkung des Copiloten, wären ein weiterer Hinweis darauf gewesen, dass der Differenzdruck hoch war und durch Öffnen der *outflow valves* hätte reduziert werden können.

Als der Kommandant um 12:10:51 UTC feststellte, dass die Kabinendruckhöhe nicht mehr angezeigt wurde, war diese gemäss den Aufzeichnungen bereits auf

---

<sup>9</sup> Der Zeitpunkt des Umschaltens konnte nur aus dem nichtflüchtigen Datenspeicher (*Non Volatile Memory* – NVM) ermittelt werden. Dieser Parameter wird weder vom DFDR noch vom QAR aufgezeichnet.

einer Höhe von –2680 ft. Auf Grund der Systemauslegung wird die analoge Kabinendruckhöhe auf der CAB PRESS *page* unterhalb –2060 ft ausgeblendet respektive die digitale Anzeige durch bernsteinfarbene Kreuze (*amber crossed*) ersetzt (vgl. Kapitel 1.16.2.4 und Anlage 1 und 4). Somit hatte die Flugbesatzung keine Angaben mehr über die Kabinendruckhöhe und den Differenzdruck. Es ist nachvollziehbar, dass die Flugbesatzung unter diesen Umständen verunsichert wurde und die Stellung der *outflow valves* nicht veränderte. Der Entschluss der Flugbesatzung, nun rasch möglichst zu landen und auf 4000 ft QNH die *outflow valves* manuell zu öffnen, war deshalb zweckmässig und der Situation angepasst.

Etwas später kontaktierte der Kommandant den Unterhaltsbetrieb in Zürich und schilderte diesem das Problem, ohne dass dabei eine Lösung gefunden werden konnte. Gegen Schluss dieses rund fünf Minuten dauernden Gesprächs meldete der Copilot dem Kommandanten, dass das *safety valve* sich geöffnet hätte. Der Copilot zeigte damit eine gute Übersicht, hatte er nebst der Steuerung des Flugzeuges doch auch noch die Kommunikation mit der Flugverkehrsleitung übernommen, die in dieser Flugphase intensiv war. Keine halbe Minute später ergänzte der Copilot seine Äusserung mit dem Hinweis, dass sich die Kabine „aufgepumpt“ und sich deshalb das *safety valve* geöffnet habe. Dies wäre ein weiterer Hinweis auf das Problem des Differenzdrucks respektive der Kabinendruckhöhe gewesen. Auf die Feststellung des Copiloten erfolgte keine Reaktion.

Die Handlungsweise der Flugbesatzung lässt sich zusammengefasst so beschreiben, dass diese sich nach Auftreten eines Kabinendruckproblems ohne vorgängige, strukturierte Analyse zu einem *emergency descent* entschloss. So führte ein Ausfall der automatischen Kabinendruckregulierung zu einer anspruchsvollen Aufgabe für alle Beteiligten. Die Steuerung der Kabinendruckhöhe im *manual mode* hätte demgegenüber nur zu einer leicht erhöhten Arbeitslast der Flugbesatzung geführt.

### 2.2.2 Flugverkehrsleitung

Die Unterstützung der Flugbesatzung durch alle beteiligten Flugverkehrsleitstellen war zweckmässig und der Situation angepasst.

### 3 Schlussfolgerungen

#### 3.1 Befunde

##### 3.1.1 Technische Aspekte

- Das Flugzeug war zum Verkehr nach VFR und IFR zugelassen.
- Sowohl Masse als auch Schwerpunkt des Flugzeuges befanden sich im Zeitpunkt des schweren Vorfalls innerhalb der gemäss AFM zulässigen Grenzen.
- Die Untersuchung ergab keine Anhaltspunkte für vorbestehende, technische Mängel, die den schweren Vorfall hätten beeinflussen können.
- Nach dem Flug wurden beide CPC und das *aft outflow valve* gewechselt. An keinem dieser Geräte konnte eine Fehlfunktion festgestellt werden.

##### 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 Flugverlauf

- Nach einem ereignislosen Flug erhielt die Flugbesatzung von Reims *Control* um 11:55:28 UTC eine Sinkfreigabe auf Flugfläche (*Flight Level – FL*) 370 und um 12:01:20 UTC eine solche auf FL 310.
- Während des Sinkfluges wurde um 12:03:12 UTC im Cockpit die *amber* Warnmeldung CAB PR SYS 1 FAULT angezeigt.
- Eine Minute später ertönte ein *single chime* und die *amber* Warnmeldung CAB PR SYS 1+2 FAULT wurde angezeigt.
- Die Flugbesatzung zog eine mögliche *decompression* in Betracht und verlangte um 12:04:29 UTC wie folgt einen weiteren Sinkflug: „*Swiss one niner Romeo, Pan Pan Pan, we have a problem with our cabin and we would like to descend down to level one four zero at least.*“
- Gleichzeitig setzten die beiden Piloten ihre Sauerstoffmasken auf und ein Notabstieg (*emergency descent*) wurde eingeleitet.
- Der Kabinenbesatzung wurde dieser Entscheid um 12:05:06 UTC mit dem Wortlaut „*Cabin crew emergency descent*“ über das Bordkommunikationssystem (*Public Address – PA*) bekannt gegeben.
- Um 12:05:19 UTC informierte die Flugbesatzung die Flugverkehrsleitung wie folgt: „*Swiss one niner Romeo, Mayday Mayday Mayday*“.
- Um 12:05:55 UTC teilte der Kommandant dem Copiloten mit, dass er nun das ECAM-Verfahren abarbeiten würde. Gemäss Aufzeichnungen betrug die Kabinendruckhöhe zu diesem Zeitpunkt 3200 ft mit einer Kabinensinkrate von 1300 ft/min. Der Differenzdruck betrug 8.2 PSI.
- Um 12:06:47 UTC äusserte sich der Kommandant gegenüber dem Copiloten dahingehend, dass die Passagiere ihre Sauerstoffmasken aufgesetzt hätten.
- Um 12:06:58 UTC informierte der Kommandant den Copiloten darüber, dass die Kabinendruckhöhe nun 2000 ft betrage.
- Beide Piloten fanden diese Höhe als in Ordnung und der Copilot reduzierte die Sinkrate des Flugzeuges.

- Um 12:08:47 UTC fragte der Copilot überrascht den Kommandanten, ob er gesehen habe, dass sich die Kabinendruckhöhe im Minus befände und sich die Kabine aufpumpe.
- Der Kommandant antwortete mit „Ja, ja“ und wurde dann aber durch die Flugverkehrsleitung unterbrochen, die sich nach der Absicht der Flugbesatzung erkundigte.
- Der Kommandant antwortete darauf mit: „Stand by, we have to level off now and we have to organize the cockpit, we will call you back.“
- Um 12:10:51 UTC sagte der Kommandant dem Copiloten, dass er keine Anzeige mehr über die Kabinendruckhöhe habe. Die Aufzeichnungen zeigen zu diesem Zeitpunkt eine Kabinendruckhöhe von –2680 ft. Diese wurde der Flugbesatzung systembedingt nicht mehr angezeigt. Das Flugzeug befand sich auf FL 100.
- Nach einer kurzen Diskussion kam die Flugbesatzung zum Schluss, dass sie nicht genau wisse, wo das Problem liege, dass sie aber nach Erreichen von 4000 ft mittels Öffnen der *outflow valves* die Kabinendruckhöhe mit der Flugzeughöhe in Einklang bringen könne.
- Um 12:11:47 UTC setzte die Flugbesatzung folgende Meldung ab: „OK, Swiss one niner Romeo, we cancel MAYDAY and we would like to proceed for a direct approach in Zürich“.
- In der Folge nahm der Kommandant mit dem Unterhaltsbetrieb in Zürich Funkkontakt auf und schilderte ihm während rund fünf Minuten das Geschehen.
- Der Copilot teilte dem Kommandanten um 12:17:25 UTC mit, dass sich das *safety valve* geöffnet hätte. Die Aufzeichnungen zeigen zu diesem Zeitpunkt eine Kabinendruckhöhe von –7250 ft mit einer Kabinensinkrate von 0 ft/min bei einem Differenzdruck von 8.81 psi.
- Der Copilot teilte dem Kommandanten um 12:17:56 UTC mit, dass er das Gefühl habe, die Kabine hätte sich wieder aufgepumpt und darum hätte sich das *safety valve* geöffnet.
- Der FVL führte die Flugbesatzung mittels Radarführung zum Anflug auf die Piste 14 und erteilte ihr um 12:29:49 UTC eine Sinkfreigabe auf 4000 ft QNH.
- Um 12:32:30 UTC, bei einer Flughöhe von 4800 ft QNH, öffnete der Kommandant das *outflow valve*. Die Aufzeichnungen zeigen zu diesem Zeitpunkt eine Kabinendruckhöhe von –10 600 ft mit einer Kabinensinkrate von 500 ft/min.
- Die Flugbesatzung meldete dem FVL um 12:33:58 UTC, dass sie auf der Anfluggrundlinie und dem Gleitweg (*established on ILS*) ausgerichtet sei.
- Kurz darauf stellte die Flugbesatzung fest, dass die Kabinendruckhöhe wieder angezeigt wurde und diese mit rund 2800 ft der Flugzeughöhe entsprach und kein Differenzdruck mehr vorhanden war.
- In der Folge sank die Kabinendruckhöhe analog der Flugzeughöhe und um 12:38:08 UTC setzte das Flugzeug auf der Piste 14 auf.

#### 3.1.4 Rahmenbedingungen

- Erreicht die Kabinendruckhöhe einen Wert unterhalb –2060 ft, wird die digitale Anzeige auf der CAB PRESS *page* durch bernsteinfarbene Kreuze (*amber crossed*) ersetzt und die analoge Anzeige wird ausgeblendet. Dies trifft auch für die Anzeige des *cabin differential pressure* zu.

- Das Wetter hatte keinen Einfluss auf den schweren Vorfall.

### 3.2 Ursachen

Der schwere Vorfall ist darauf zurückzuführen, dass als Folge eines blockierten *outflow valve* die automatische Regulierung des Kabinendrucks ausfiel und das Verfahren für dessen manuelle Steuerung nicht vollständig angewendet worden war.

Folgender Faktor wurde als ursächlich ermittelt:

- Die Flugbesatzung leitete intuitiv einen Notabstieg (*emergency descent*) ein, ohne zuvor eine strukturierte Situationsanalyse vorgenommen zu haben.

Folgender Faktor hatte zum schweren Vorfall beigetragen:

- Das systembedingte Ausblenden der Anzeigen für die Kabinendruckhöhe und den Differenzdruck bei einer Kabinendruckhöhe unterhalb –2060 ft.

#### 4 Sicherheitsempfehlungen, Sicherheitshinweise und seit dem schweren Vorfall getroffene Massnahmen

##### Sicherheitsempfehlungen

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

Die schweizerische Gesetzgebung sieht in der Verordnung über die Sicherheitsuntersuchung von Zwischenfällen im Verkehrswesen (VSZV) bezüglich Sicherheitsempfehlungen folgende Regelung vor:

##### „Artikel 48 Sicherheitsempfehlungen

<sup>1</sup> Die SUST richtet die Sicherheitsempfehlungen an das zuständige Bundesamt und setzt das zuständige Departement über die Empfehlungen in Kenntnis. Bei dringlichen Sicherheitsproblemen informiert sie umgehend das zuständige Departement. Sie kann zu den Umsetzungsberichten des Bundesamts zuhanden des zuständigen Departements Stellung nehmen.

<sup>2</sup> Die Bundesämter unterrichten die SUST und das zuständige Departement periodisch über die Umsetzung der Empfehlungen oder über die Gründe, weshalb sie auf Massnahmen verzichten.

<sup>3</sup> Das zuständige Departement kann Aufträge zur Umsetzung von Empfehlungen an das zuständige Bundesamt richten.“

Die SUST veröffentlicht die Antworten des zuständigen Bundesamtes oder von ausländischen Aufsichtsbehörden unter [www.sust.admin.ch](http://www.sust.admin.ch) und erlaubt so einen Überblick über den aktuellen Stand der Umsetzung der entsprechenden Sicherheitsempfehlung.

##### Sicherheitshinweise

Als Reaktion auf während der Untersuchung festgestellte Sicherheitsdefizite kann die SUST Sicherheitshinweise veröffentlichen. Sicherheitshinweise werden formuliert, 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. Sicherheitshinweise der SUST haben ihre Rechtsgrundlage in Artikel 56 der VSZV:

##### „Artikel 56 Informationen zur Unfallverhütung

Die SUST kann allgemeine sachdienliche Informationen zur Unfallverhütung veröffentlichen.“

## 4.1 Sicherheitsempfehlungen und Sicherheitshinweise

### 4.1.1 Digitale Anzeige der Kabinendruckhöhe

#### 4.1.1.1 Sicherheitsdefizit

Die Untersuchung hat gezeigt, dass per Design unterhalb –2060 ft die digitale Anzeige der Kabinendruckhöhe auf der CAB PRESS *page* durch bernsteinfarbene Kreuze (*amber crossed*) ersetzt und die analoge Anzeige ausgeblendet wird. Dies trifft auch für die Anzeige des *cabin differential pressure* zu.

Dieser Umstand ist den Betreibern der Flugzeuge nicht bekannt. Er trägt jedoch dazu bei, dass in einem solchen Fall eine Flugbesatzung eine manuelle Kabinendruckregulierung kaum mehr vornehmen kann.

#### 4.1.1.2 Sicherheitsempfehlung Nr. 504

Die Europäische Agentur für Flugsicherheit (*European Aviation Safety Agency – EASA*) sollte zusammen mit dem Flugzeughersteller sicherstellen, dass den Flugbesatzungen eine Kabinendruckhöhe unterhalb –2060 ft in geeigneter Form zur Anzeige gebracht wird.

### 4.1.2 Training der Flugbesatzung im Simulator

#### 4.1.2.1 Sicherheitsdefizit

Die Untersuchung hat gezeigt, dass die Flugbesatzung beim Ausfall der beiden *cabin pressure controllers* sofort an einen möglichen Druckabfall (*decompression*) dachte und als Folge davon einen Notabstieg (*emergency descent*) in Betracht zog, den sie kurz darauf auch einleitete.

Das Durchführen des *emergency descent* und die dabei abzuarbeitende Prüfliste nahmen wertvolle Zeit in Anspruch. Während dieser Zeit sank die Kabinendruckhöhe auf unter –2060 ft, weil durch das Nichtöffnen der *outflow valves* der Kabinendruck bis zum maximalen Wert respektive zum Ansprechen des *safety valve* aufgebaut wurde.

#### 4.1.2.2 Sicherheitshinweis Nr. 3

Thema: Training im Simulator

Zielgruppe: Flugbesatzungen, Ausbildungsverantwortliche der Flugbetriebsunternehmen, Hersteller von Trainingsgeräten

Die Flugbetriebsunternehmen sollten dahin wirken, dass bei Übungen im Flugzeugsimulator das Thema Druckprobleme weiter gefasst wird, damit Flugbesatzungen bei Druckproblemen nicht ausschliesslich auf Druckabfall (*decompression*) und Notabstieg (*emergency descent*) fokussiert bleiben.

## 4.2 Seit dem schweren Vorfall getroffene Massnahmen

In einem Schreiben vom 23. September 2015 teilt das Flugbetriebsunternehmen Folgendes mit:

*„Basierend auf den Erkenntnissen des Vorfalls und den Grundlagen des Evidence Based Training hat Swiss ihr Recurrent Training 2016 sowie die Ausbildung der Cruise Relief Pilots (CRPs) um folgende Schwerpunkte ergänzt:*

*Übungsanlage, welche einen wesentlichen Anteil an LOFT (line oriented flight training) Elementen bzw. eine technisch oder operationell diffuse Situation beinhaltet, wobei die Elemente ‚Recognition und Handling of non-normal Situations‘ in Verbindung mit ‚Decision Making‘ zentrale Elemente bilden.“*

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).

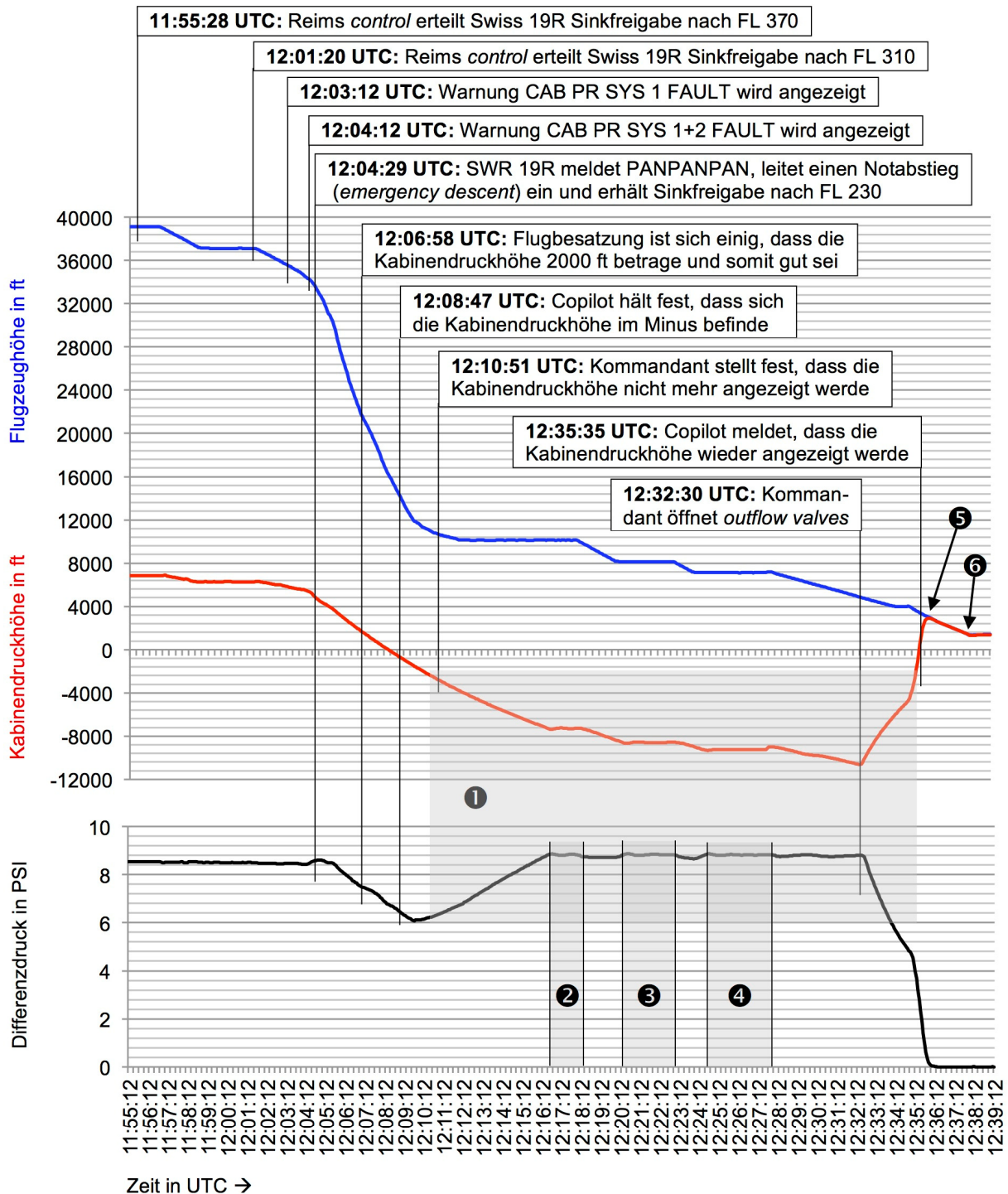
Bern, 5. Dezember 2017

Schweizerische Sicherheitsuntersuchungsstelle



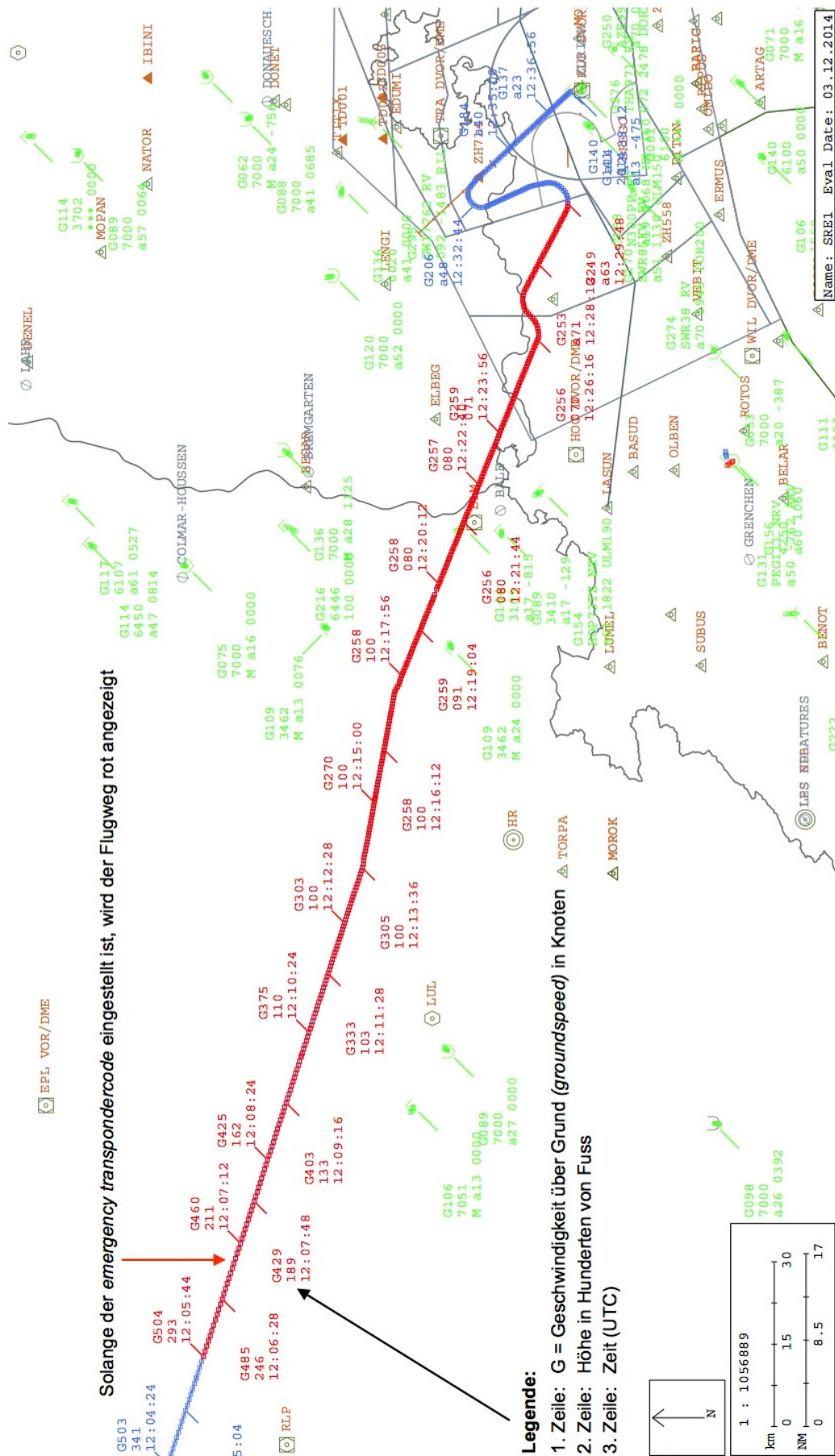
## Anlagen

## Anlage 1: Sinkprofil während des schweren Vorfalles



- ① Kabinendruckhöhe und Differenzdruckanzeigen werden durch bernsteinfarbene X ersetzt (*amber crossed*)
- ② 12:16:43 – 12:18:18 UTC: *safety valve 1* ist geöffnet
- ③ 12:20:38 – 12:23:12 UTC: *safety valve 1* ist geöffnet
- ④ 12:24:47 – 12:28:09 UTC: *safety valve 1* ist geöffnet
- ⑤ Kabinendruckhöhe und Flugzeughöhe sind identisch und sinken anschliessend miteinander ab
- ⑥ 12:38:08 UTC: Landung, Flugzeug setzt auf der Piste 14 auf

Anlage 2: Flugweg unter Zurich Control



**Anlage 3: Verfahren für einen Notabstieg (emergency descent)**

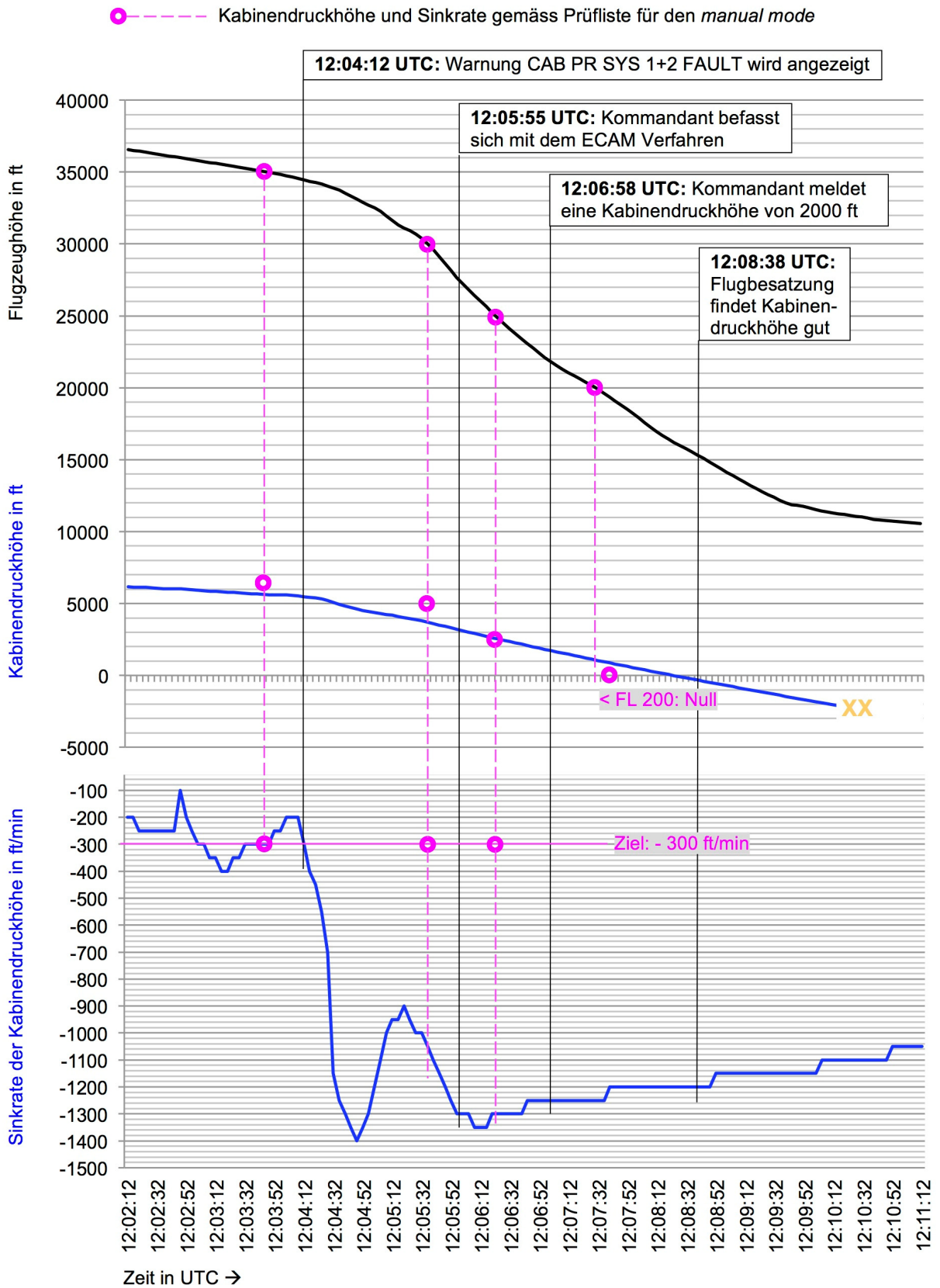
EMER DESCENT			
Ident.: PRO-ABN-80-00012261.0001001 / 23 JAN 14			
Applicable to: ALL			
<p><b>IMMEDIATE ACTIONS</b></p> <p>CREW OXYGEN MASKS..... ON                      "EMERGENCY DESCENT" ..... ANNOUNCE (PA)  <i>The flight crew must inform the cabin of emergency descent on the PA system.</i></p> <p>SIGNS.....ON                      EMER DESCENT.....INITIATE</p> <p><i>Descend with the autopilot engaged:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Turn the ALT selector knob and pull</li> <li>- Turn the HDG selector knob and pull</li> <li>- Adjust the target SPD/MACH.</li> </ul> <p>THR LEVER (if A/THR not engaged)..... IDLE</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- If autothrust is engaged, check that THR IDLE appears on the FMA.</li> <li>- If not engaged, retard the thrust levers.</li> </ul> <p>SPD BRK..... FULL</p> <p><b>WHEN DESCENT ESTABLISHED</b></p> <p>EMER DESCENT FL 100 or minimum allowable altitude.</p> <p>SPEED.....MAX/APPROPRIATE</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <tr> <td style="width: 15%; padding: 5px;"><b>CAUTION</b></td> <td style="padding: 5px;">Descend at the maximum appropriate speed. If structural damage is suspected, use the flight controls with care and reduce speed as appropriate.</td> </tr> </table> <p>Landing gear may be extended below 21 000 ft. Speed must be reduced to VLO/VLE.</p> <p>ENG START SEL.....IGN                      ATC.....NOTIFY</p> <p><i>Notify ATC of the nature of the emergency, and state intention. If not in contact with ATC, transmit a distress message on one of the following frequencies: (VHF) 121.5 MHz , or (HF) 2 182 kHz , or 8 364 kHz.</i></p> <p>ATC XPDR 7700..... CONSIDER</p> <p><i>Squawk 7700 unless otherwise specified by ATC.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- To save oxygen, set the oxygen diluter selector to the N position.</li> </ul>		<b>CAUTION</b>	Descend at the maximum appropriate speed. If structural damage is suspected, use the flight controls with care and reduce speed as appropriate.
<b>CAUTION</b>	Descend at the maximum appropriate speed. If structural damage is suspected, use the flight controls with care and reduce speed as appropriate.		

*Continued on the following page*

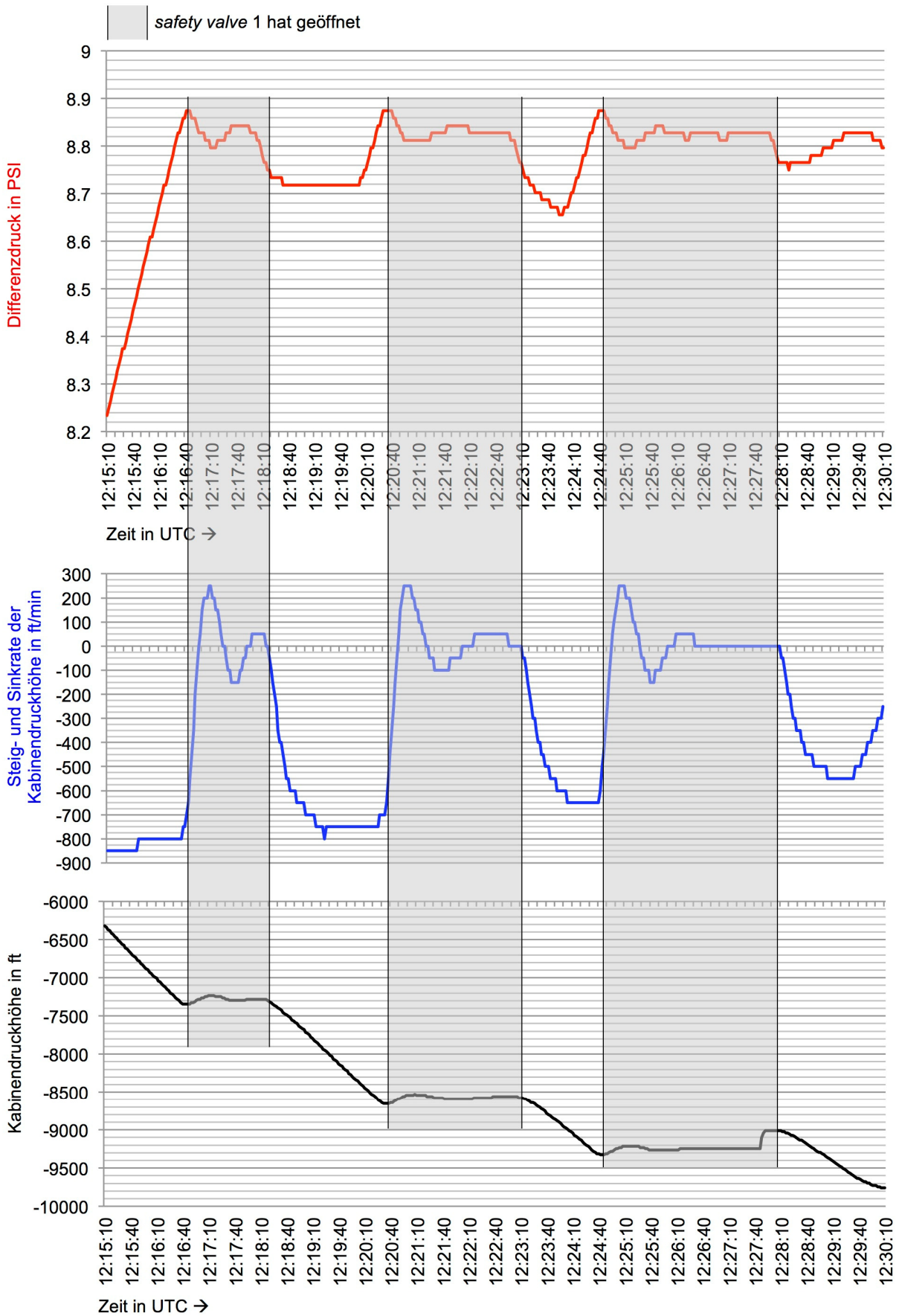
EMER DESCENT (Cont'd)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- With the oxygen diluter selector left at 100 % oxygen quantity may not be sufficient for the entire emergency descent profile.</li> <li>- Ensure that the flight crew can communicate wearing oxygen masks. Avoid the continuous use of the interphone to minimize the interference from the noise of the oxygen mask.</li> </ul> <p>MAX FL..... 100/MEA</p> <p>● <b>IF CAB ALT &gt; 14 000 ft:</b></p> <p>PAX OXY MASKS.....MAN ON</p> <p><i>This action confirms that the passenger oxygen masks are released.</i></p> <p><u>Note:</u> <i>Notify the cabin crew, when the aircraft reaches a safe flight level, and when cabin oxygen is no more necessary.</i></p>	

**Abbildung 11:** Kopie aus dem FCOM (PRO-NON-80 P 8/9/28)

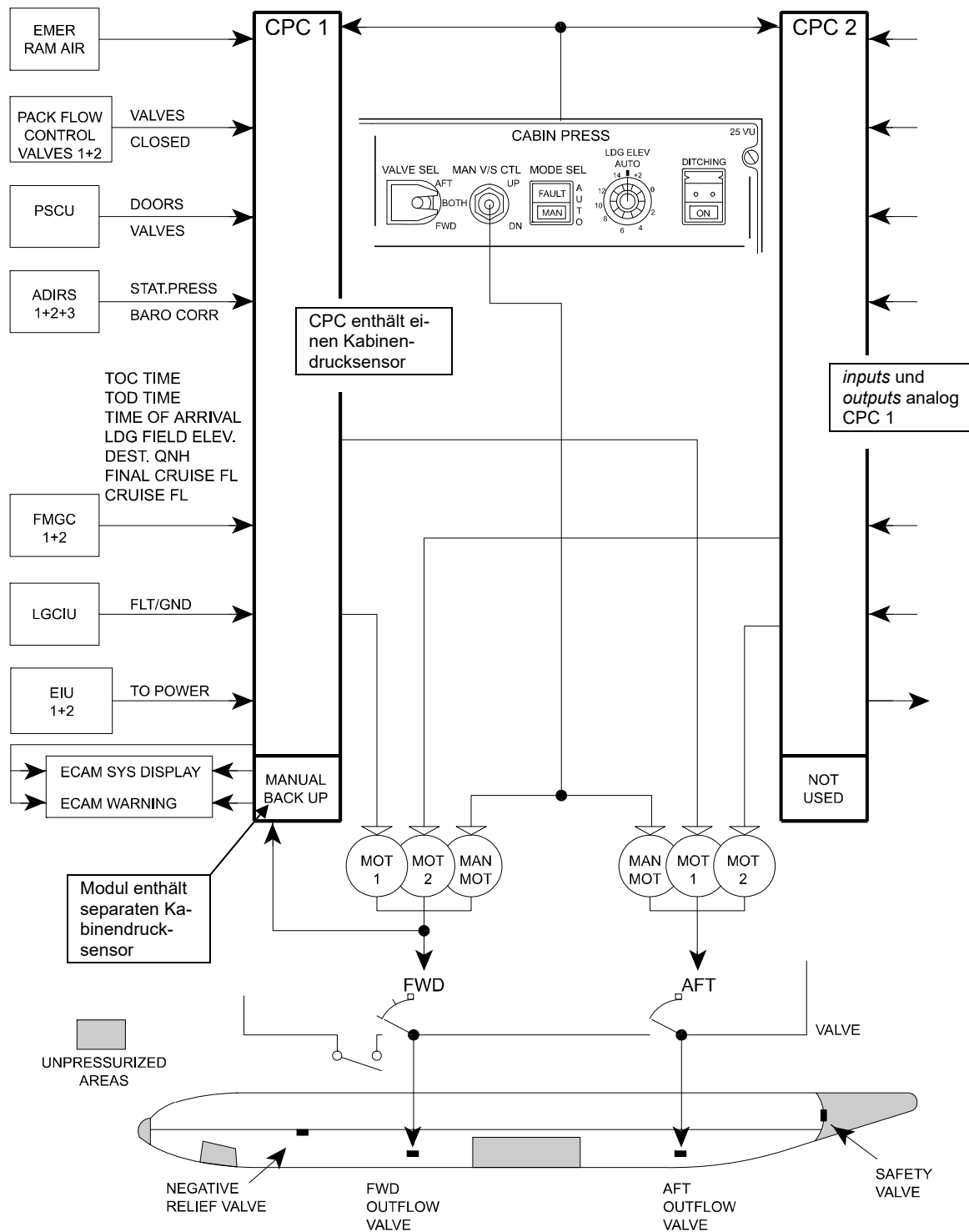
Anlage 4: Verlauf von Flughöhe, Druckhöhe und Sinkrate der Kabine



Anlage 5: Funktion des safety valve während des schweren Vorfalles



Anlage 6: Blockdiagramm des Kabinendrucksystems



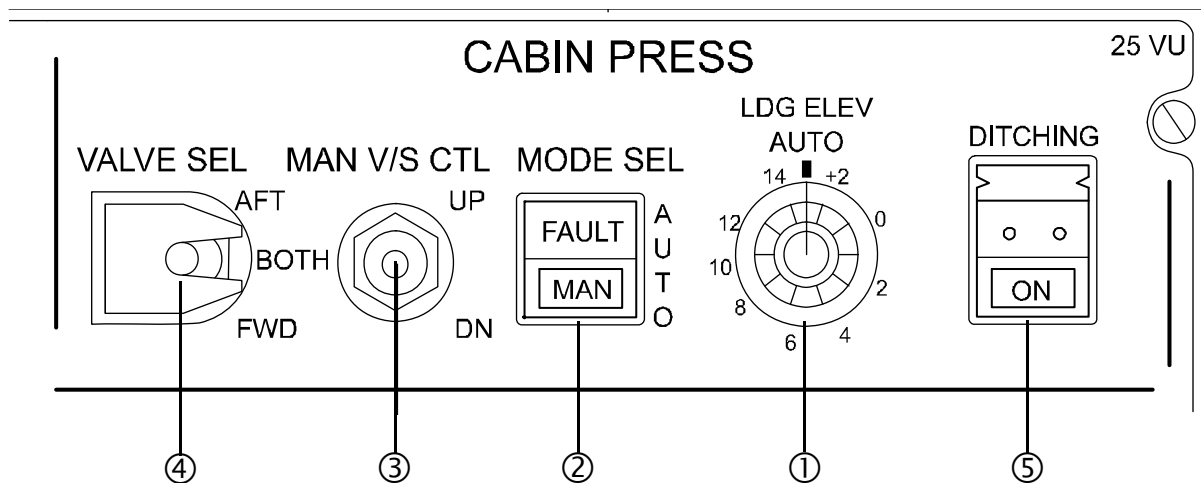
ECAM-Anzeigen im AUTO Mode:

Der Druck in der Kabine ( $P_{cabin}$ ) wird mittels eines *pressure sensor* im CPC erfasst. Die Kabinendruckhöhe (CAB ALT FT) wird daraus rechnerisch ermittelt. Der Parameter *cabin vertical speed* (V/S FT/MIN) wird von der Kabinendruckhöhe abgeleitet. Die Differenz zwischen Aussendruck und Druck in der Kabine ( $\Delta P$  PSI) wird aus der Beziehung  $\Delta P = P_{cabin} - P_{ambient}$  berechnet ( $P_{ambient} = \text{STAT.PRESS}$  vom ADIRS).

ECAM-Anzeigen im MAN Mode:

Der Druck in der Kabine ( $P_{cabin}$ ) wird mittels eines separaten *pressure sensor* im *manual backup part* erfasst. Dieser Parameter wird als analoges Signal an den SDAC übermittelt. Im SDAC werden daraus die Parameter *cabin altitude* (CAB ALT FT) und *cabin vertical speed* (V/S FT/MIN) berechnet. Da im SDAC der Parameter  $P_{ambient}$  vom ADIRS vorhanden ist, kann der Differenzdruck ( $\Delta P$ ) berechnet werden (vgl. Abbildung 2)

## Anlage 7: Cabin pressure system control

① LDG ELEV selector

Der Wählknopf steht normalerweise in der Stellung AUTO. In dieser Stellung werden Daten vom Flight Management Guidance and Envelope Computer (FMGEC) benutzt, um für den Sinkflug einen optimalen Verlauf des Kabinendruckaufbaus zu gewährleisten.

Durch Ziehen und Drehen des Wählknopfes kann die Landehöhe (*landing elevation*) von Hand eingestellt und auf dem ECAM abgelesen werden.

② MODE SEL pushbutton

In der Stellung AUTO steuert der aktive *Cabin Pressure Controller* (CPC) die beiden *outflow valves*.

Durch Drücken des MODE SEL *pushbutton* kann das System in den manuellen (MAN) Mode umgeschaltet werden. Die FAULT-Anzeige erscheint, wenn beide CPC eine Störung aufweisen.

③ MAN V/S CTL switch

Der MAN V/S CTL *switch* ist federbelastet und steuert die mit dem VALVE SEL *selector* gewählten *outflow valves*. Der MAN V/S CTL *switch* ist nur im manuellen (MAN) Mode wirksam.

UP: das (die) *outflow valve(s)* öffnet/öffnen sich

DN: das (die) *outflow valve(s)* schliesst/schliessen sich

④ VALVE SEL selector

In Stellung AFT kann das *aft outflow valve* manuell gesteuert werden. Das *forward outflow valve* bleibt unter automatischer Kontrolle.

In Stellung FWD kann das *forward outflow valve* manuell gesteuert werden. Das *aft outflow valve* bleibt unter automatischer Kontrolle.

In Stellung BOTH sind beide *outflow valves* unter manueller Kontrolle. Der VALVE SEL *selector* ist in dieser Stellung gesichert.

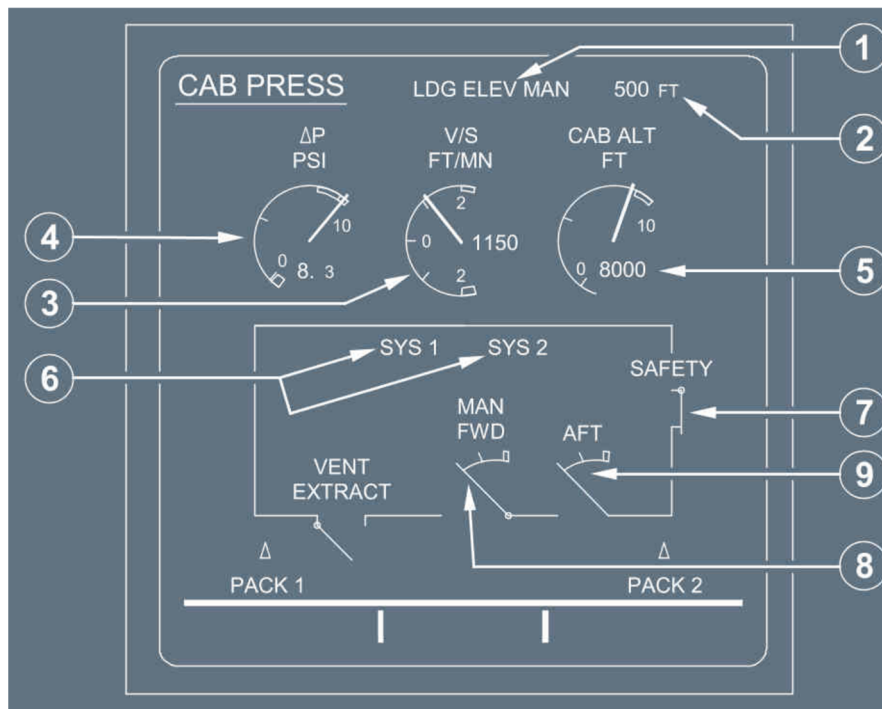
⑤ DITCHING pushbutton

Wenn der DITCHING *pushbutton* vor einer Notwasserung gedrückt wird, werden verschiedene Öffnungen am Flugzeug (unter anderem die *outflow valves*) geschlossen, um das Eindringen von Wasser zu verhindern. Um eine unbeabsichtigte Betätigung des *pushbutton* zu verhindern, ist dieser gesichert.

Hinweis:

Im manuellen (MAN) Mode schliessen sich die *outflow valves* nicht automatisch

## Anlage 8: ECAM system display



- ① LDG ELEV AUTO / MAN  
LDG ELEV AUTO wird angezeigt, wenn sich der LDG ELEV *selector* in der Position AUTO befindet und das FMGS die *landing elevation* an den CPC übermittelt.  
LDG ELEV MAN wird angezeigt, wenn sich der LDG ELEV *selector nicht* in der Position AUTO befindet.
- ② Landing Elevation  
Anzeige der Landehöhe (*landing elevation*).
- ③ V/S FT/MIN (*cabin vertical speed*)  
Die *cabin vertical speed* wird analog und digital grün angezeigt, wenn sie sich im Normalbereich befindet. Die Anzeige blinkt, wenn die *cabin vertical speed* mehr als  $\pm 1800$  ft/min beträgt.
- ④  $\Delta P$  PSI (*cabin differential pressure*)  
Der *cabin differential pressure* wird analog und digital grün angezeigt, wenn er sich im Normalbereich befindet. Die Farbe wechselt auf *amber* bei  $\Delta P \leq -0.2$  PSI oder  $\geq 8.85$  PSI.
- ⑤ CAB ALT FT (*cabin altitude*)  
Die *cabin altitude* wird analog und digital grün angezeigt, wenn sie sich im Normalbereich befindet. Die Anzeigen wechseln auf rot, wenn die *cabin altitude* über 9550 ft steigt. Die digitale Anzeige blinkt zwischen 8800 ft und 9550 ft.
- ⑥ Active system indication (SYS 1 or SYS 2 or MAN)  
Anzeige für das aktive System.
- ⑦ Safety valve position  
SAFETY wird in Weiss angezeigt, wenn beide *safety valves* geschlossen sind. Die Farbe wechselt auf *amber*, wenn sich eines der *safety valves* öffnet (wird auch schematisch dargestellt). Die *safety valves* öffnen sich bei einem *cabin differential pressure* zwischen 8.75 und 8.95 PSI.
- ⑧ Outflow valve position  
Anzeige der Position des vorderen respektive hinteren *outflow valve*.
- ⑨

Anmerkung: Die Anzeigen (1)–(5) sind auch auf der CRUISE *page* vorhanden (nur digital)



## Anlage 9: Glossar

Abkürzung	Voller Wortlaut (Terminus)	Erläuterungen
ADIRU	<i>Air Data Inertial Reference Unit</i>	Rechner für Flugdatenberechnung
ADIRS	<i>Air Data Inertial Reference System</i>	System für Flugdatenberechnung
ACARS	<i>Airborne Communications Addressing and Reporting System</i>	Datenübermittlungssystem zwischen Flugzeug und Bodenstationen
CAB PR	<i>cabin pressure</i>	Kabinendruck
CFDS	<i>Centralized Fault Display System</i>	Zentrales Fehleranzeigesystem
CFDIU	<i>Centralized Fault Data Interface Unit</i>	Datensammler für das CFDS
CFR	<i>Current Flight Report</i>	Störungsbericht zum laufenden Flug
CPC	<i>Cabin Pressure Controller</i>	Kabinendruck-Steuergerät
CVR	<i>Cockpit Voice Recorder</i>	Sprach- und Geräuschaufzeichnungsgerät
DU	<i>Display Unit</i>	Anzeigegerät
DMC	<i>Display Management Computer</i>	Rechner für die elektronischen Anzeigegeräte
ECAM	<i>Electronic Centralized Aircraft Monitoring</i>	Zentrale Überwachung von Flugzeugsystemen
E/WD	<i>Engine/Warning Display</i>	Anzeigegerät für Triebwerkdaten und Warnungen
EFIS	<i>Electronic Flight Instruments System</i>	Elektronisches Fluginstrumentensystem, umfasst zwei ND und zwei PFD
EIS	<i>Electronic Instruments System</i>	Elektronisches Instrumentensystem
EIU	<i>Engine Interface Unit</i>	Teil der elektronischen Triebwerksteuerung
FMGS	<i>Flight Management and Guidance Computer</i>	Flugführungssystem
FVL	<i>Air Traffic Control Officer</i>	Flugverkehrsleiter
FWC	<i>Flight Warning Computer</i>	Flugwarnungsrechner
FWS	<i>Flight Warning System</i>	Flugwarnungssystem
LGCIU	<i>Landing Gear Control Interface Unit</i>	Teil der elektronischen Fahrwerksteuerung
MCDU	<i>Multipurpose Control and Display Unit</i>	Mehrzweck-Eingabe- und Anzeigegerät
ND	<i>Navigation Display</i>	Bildschirm für Navigationsdaten
OVF	<i>outflow valve</i>	Kabinenluftauslassventil
PFR	<i>Post Flight Report</i>	Störungsbericht am Ende des Fluges
PFD	<i>Primary Flight Display</i>	Bildschirm für die primären Flugdaten (Lage, Höhe, Geschwindigkeit)
PSI	<i>pounds per square inch</i>	Englisches Mass für Druck
PSCU	<i>Proximity Switch Control Unit</i>	Elektronik für Näherungsschalter
QAR	<i>Quick Access Recorder</i>	Datenaufzeichnungsgerät mit Schnellzugriff
SDAC	<i>System Data Acquisition Concentrator</i>	Datensammler für Systemdaten
SD	<i>System Display</i>	Anzeigegerät für Systemdaten
SYS	<i>system</i>	System
V/S	<i>vertical speed</i>	Vertikalgeschwindigkeit