



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Schweizerische Unfalluntersuchungsstelle SUST  
Service d'enquête suisse sur les accidents SESA  
Servizio d'inchiesta svizzero sugli infortuni SISI  
Swiss Accident Investigation Board SAIB

Bereich Aviatik

# **Schlussbericht Nr. 2205 der Schweizerischen Unfalluntersuchungsstelle SUST**

über den Unfall des Flugzeuges Embraer  
EMB-505, CN-MBR

vom 6. August 2012

Regionalflugplatz St. Gallen-Altenrhein  
(LSZR), Gemeinde Thal/SG

**Cause**

L'accident est dû au fait que l'avion a dépassé le bout de piste suite à une approche non stabilisée et un atterrissage trop long avec une vitesse trop élevée.

Les facteurs suivants ont contribué à l'accident:

- Le manque de travail en commun et l'analyse insuffisante de la situation par l'équipage.
- Les volets bloqués à environ 10 degrés, ce qui correspond approximativement à la position 1 des volets.
- Tardif engagement d'un freinage maximale après l'atterrissage.

## Allgemeine Hinweise zu diesem Bericht

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

Gemäss Art. 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 Flugunfalluntersuchung. Es ist daher auch nicht Zweck dieses Berichts, ein Verschulden festzustellen oder Haftungsfragen zu klären.

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

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

Alle in diesem Bericht erwähnten Zeiten sind, soweit nicht anders vermerkt, in koordinierter Weltzeit (*co-ordinated universal time* – UTC) angegeben. Für das Gebiet der Schweiz galt zum Unfallzeitpunkt die mitteleuropäische Sommerzeit (MESZ) als Normalzeit (*local time* – LT). Die Beziehung zwischen LT, MESZ und UTC lautet:  $LT = MESZ = UTC + 2 \text{ h}$ .

## Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>8</b>
<b>Untersuchung</b> .....	<b>8</b>
<b>Kurzdarstellung</b> .....	<b>8</b>
<b>Ursachen</b> .....	<b>9</b>
<b>Sicherheitsempfehlungen</b> .....	<b>9</b>
<b>1 Sachverhalt</b> .....	<b>10</b>
<b>1.1 Vorgeschichte und Flugverlauf</b> .....	<b>10</b>
1.1.1 Allgemeines.....	10
1.1.2 Vorgeschichte.....	10
1.1.3 Flugverlauf.....	10
1.1.4 Unfallort.....	17
<b>1.2 Personenschäden</b> .....	<b>17</b>
1.2.1 Verletzte Personen.....	17
1.2.2 Staatsangehörigkeit der Insassen des Luftfahrzeuges.....	17
<b>1.3 Schaden am Luftfahrzeug</b> .....	<b>17</b>
<b>1.4 Drittschaden</b> .....	<b>17</b>
<b>1.5 Angaben zu Personen</b> .....	<b>18</b>
1.5.1 Flugbesatzung.....	18
1.5.1.1 Kommandant.....	18
1.5.1.1.1 Allgemeines.....	18
1.5.1.1.2 Flugerfahrung.....	18
1.5.1.1.3 Besatzungszeiten.....	18
1.5.1.1.4 Ausbildung.....	19
1.5.1.2 Copilot.....	19
1.5.1.2.1 Allgemeines.....	19
1.5.1.2.2 Flugerfahrung.....	20
1.5.1.2.3 Besatzungszeiten.....	20
1.5.1.2.4 Ausbildung.....	20
1.5.2 Mitarbeiter der Flugsicherung.....	21
<b>1.6 Angaben zum Luftfahrzeug</b> .....	<b>21</b>
1.6.1 Allgemeine Angaben.....	21
1.6.2 Cockpitausrüstung.....	23
1.6.2.1 Allgemeines.....	23
1.6.2.2 Cockpitauslegung.....	23
1.6.3 Flugzeugsysteme.....	24
1.6.3.1 Allgemeines.....	24
1.6.3.2 Das Flugsteuerungssystem.....	24
1.6.3.2.1 Allgemeines.....	24
1.6.3.2.2 Die Auftriebshilfen.....	24
1.6.3.2.3 Störklappen.....	26
1.6.3.3 Grenzwerte.....	27
1.6.3.4 Radbremsen.....	27
1.6.3.5 Berechnung der Landedistanz.....	29
1.6.3.6 Warnvorrichtungen.....	32
1.6.3.6.1 Allgemeines.....	32
1.6.3.6.2 Optische Warnungen.....	32
1.6.3.6.3 Akustische Warnungen.....	32
1.6.3.6.4 Bodenannäherungs-Warnsystem.....	33
<b>1.7 Meteorologische Angaben</b> .....	<b>35</b>
1.7.1 Allgemeine Wetterlage.....	35

1.7.2	Meteorologische Angaben für die Flugvorbereitung .....	35
1.7.3	Wetter zur Unfallzeit am Unfallort .....	35
1.7.4	Astronomische Angaben .....	36
1.7.5	Flugplatzwettermeldungen .....	36
1.7.6	ATIS-Meldungen des Regionalflugplatzes St. Gallen-Altenrhein .....	36
1.7.7	Flughafenwettervorhersage .....	36
1.7.8	Flugwettermeldungen, Vorhersagen und Warnungen .....	37
1.7.9	Webcambilder .....	38
1.7.10	Wetter gemäss Augenzeugenberichten .....	40
<b>1.8</b>	<b>Navigationshilfen .....</b>	<b>40</b>
<b>1.9</b>	<b>Kommunikation .....</b>	<b>40</b>
<b>1.10</b>	<b>Angaben zum Flughafen .....</b>	<b>40</b>
1.10.1	Allgemeines .....	40
1.10.2	Geschichtliches .....	41
1.10.3	Pistenausrüstung .....	41
1.10.4	Pistenkontrollen und Reibungsmessungen .....	42
1.10.5	Rettungs- und Feuerwehrdienste .....	43
<b>1.11</b>	<b>Flugschreiber .....</b>	<b>43</b>
<b>1.12</b>	<b>Angaben über das Wrack, den Aufprall und die Unfallstelle .....</b>	<b>43</b>
1.12.1	Unfallstelle .....	43
1.12.2	Aufprall .....	44
1.12.3	Wrack .....	45
<b>1.13</b>	<b>Medizinische und pathologische Feststellungen .....</b>	<b>46</b>
<b>1.14</b>	<b>Feuer .....</b>	<b>46</b>
<b>1.15</b>	<b>Überlebensaspekte .....</b>	<b>46</b>
<b>1.16</b>	<b>Versuche und Forschungsergebnisse .....</b>	<b>46</b>
1.16.1	Allgemeines .....	46
1.16.2	Untersuchung an den Klappen .....	46
1.16.2.1	Kontrolle am Flugzeug .....	46
1.16.2.2	Auswertung der Aufzeichnungen des CVDR .....	48
1.16.2.3	Auswertung des Centralized Maintenance Computer .....	48
1.16.2.4	Untersuchung von Komponenten .....	48
1.16.2.5	Kurzbeschreibung des Klappenwählhebels .....	49
1.16.2.6	Kurzbeschreibung der Flight Control Electronic .....	50
1.16.3	Untersuchung an den Störklappen .....	52
1.16.3.1	Kontrolle am Flugzeug .....	52
1.16.3.2	Auswertung der Aufzeichnungen des CVDR .....	52
1.16.3.3	Untersuchung von Komponenten .....	52
1.16.4	Untersuchung des Bremssystems .....	52
1.16.4.1	Vorgeschichte .....	52
1.16.4.2	Kontrolle am Flugzeug .....	53
1.16.4.3	Auswertung der Aufzeichnungen des CVDR .....	53
1.16.4.4	Untersuchung von Komponenten .....	53
1.16.5	Untersuchung der Reifen .....	54
1.16.6	Untersuchung der Triebwerke und des Treibstoffes .....	54
<b>1.17</b>	<b>Angaben zu verschiedenen Organisationen und deren Führung .....</b>	<b>55</b>
1.17.1	Das Flugbetriebsunternehmen .....	55
1.17.1.1	Verfahrensvorschriften zum Betrieb des Flugzeuges .....	55
1.17.1.2	Verfahrensvorschriften bei abnormalen Situationen .....	59
1.17.1.3	Piloten Handbuch .....	60
1.17.2	Flugzeughersteller .....	60
<b>1.18</b>	<b>Zusätzliche Angaben .....</b>	<b>61</b>
1.18.1	Aussagen der Flugbesatzung .....	61
1.18.2	Beobachtungen des Flugverkehrsleiters .....	61

<b>1.19 Nützliche oder effektive Untersuchungstechniken</b> .....	<b>61</b>
<b>2 Analyse</b> .....	<b>62</b>
<b>2.1 Technische Aspekte</b> .....	<b>62</b>
2.1.1 Allgemeines.....	62
2.1.2 Klappensystem .....	62
<b>2.2 Menschliche und betriebliche Aspekte</b> .....	<b>63</b>
2.2.1 Besatzung .....	63
2.2.1.1 Anwendung von Verfahrensvorgaben.....	63
2.2.1.2 Zusammenarbeit im Cockpit .....	63
2.2.1.3 Medizinische Feststellungen .....	65
2.2.2 Flugbetriebsunternehmen .....	66
2.2.3 Flugzeughersteller .....	67
2.2.3.1 Service-Bulletin .....	67
2.2.3.2 Flugzeug-Handbuch.....	67
2.2.3.3 Prüflisten .....	67
2.2.4 Flugverkehrsleitung.....	68
2.2.5 Regionalflugplatz St. Gallen-Altenrhein .....	68
<b>2.3 Meteorologische Aspekte</b> .....	<b>69</b>
<b>3 Schlussfolgerungen</b> .....	<b>70</b>
<b>3.1 Befunde</b> .....	<b>70</b>
3.1.1 Technische Aspekte.....	70
3.1.2 Besatzung .....	70
3.1.3 Flugverlauf .....	70
3.1.4 Rahmenbedingungen.....	72
<b>3.2 Ursachen</b> .....	<b>72</b>
<b>4 Sicherheitsempfehlungen und seit dem Unfall getroffene Massnahmen ....</b>	<b>73</b>
<b>4.1 Sicherheitsempfehlungen</b> .....	<b>73</b>
4.1.1 Minimierung der Gefährdung Dritter .....	73
4.1.1.1 Sicherheitsdefizit .....	73
4.1.1.2 Sicherheitsempfehlung Nr. 461 .....	73
4.1.1.3 Stellungnahme des Bundesamtes für Zivilluftfahrt vom 3. April 2013 .....	73
4.1.2 Verbesserung der Handbücher.....	74
4.1.2.1 Sicherheitsdefizit .....	74
4.1.2.2 Sicherheitsempfehlung Nr. 482.....	75
<b>4.2 Seit dem Unfall getroffene Massnahmen</b> .....	<b>75</b>
4.2.1 Allgemeines.....	75
4.2.2 Durch das Flugbetriebsunternehmen .....	75
4.2.3 Durch den Flugzeughersteller.....	76
4.2.3.1 Prüflisten .....	76
4.2.3.2 Unterhalts-Handbücher .....	78
<b>Anlagen</b> .....	<b>79</b>
<b>Anlage 1: Flugweg der DLI 211 gemäss Radaraufzeichnungen</b> .....	<b>79</b>
<b>Anlage 2: vertikaler Flugweg der DLI 211 zum ersten Anflug</b> .....	<b>80</b>
<b>Anlage 3: Erster Anflug mit Durchstart</b> .....	<b>81</b>
<b>Anlage 4: Manipulationen am Klappenwählhebel</b> .....	<b>82</b>
<b>Anlage 5: Zweiter Anflug mit Landung</b> .....	<b>83</b>
<b>Anlage 6: Anflug-Gleitwinkel und Gleitweg</b> .....	<b>84</b>
<b>Anlage 7: Cockpit-Layout</b> .....	<b>85</b>
<b>Anlage 8: Primary Flight Display (PFD)</b> .....	<b>86</b>

<b>Anlage 9: Multi Function Display (MFD).....</b>	<b>87</b>
<b>Anlage 10: Flughafen-Informationskarte gemäss Jeppesen .....</b>	<b>88</b>
<b>Anlage 11: Flughafen-Anflugkarte gemäss Jeppesen.....</b>	<b>89</b>
<b>Anlage 12: Flugplatz-Informationskarte gemäss AIP Schweiz.....</b>	<b>90</b>
<b>Anlage 13: Prüfliste für Notfälle und abnormale Fälle.....</b>	<b>91</b>
<b>Anlage 14: Bremsfunktion nach der Landung.....</b>	<b>92</b>
<b>Anlage 15: Auszug aus Service-Bulletin Nr. 505-27-0010 .....</b>	<b>93</b>

## Schlussbericht

### Zusammenfassung

Eigentümer	DALIA AIR, 30 Rue Normandie, Casablanca 20100, Marokko
Halter	DALIA AIR, 30 Rue Normandie, Casablanca 20100, Marokko
Hersteller	Embraer, Sao José dos Campos, Brasilien
Luftfahrzeugmuster	Embraer EMB-505 Phenom 300
Eintragungsstaat	Marokko
Eintragungszeichen	CN-MBR
Ort	St. Gallen-Altenrhein (LSZR)
Datum und Zeit	6. August 2012, 13:40 UTC

### Untersuchung

Der Unfall ereignete sich um 13:40 UTC. Die Meldung traf um 14:01 UTC bei der Schweizerischen Unfalluntersuchungsstelle, Bereich Aviatik (SUST-AV), ein. Die Untersuchung wurde in Zusammenarbeit mit der Kantonspolizei St. Gallen umgehend eröffnet. Die SUST-AV informierte folgende Staaten auf den Meldewegen über den Unfall: Marokko, Brasilien, Kanada und die Vereinigten Staaten von Amerika (USA). Alle vier Staaten ernannten je einen bevollmächtigten Vertreter, welche an der Untersuchung mitgewirkt haben.

Der Schlussbericht wird durch die SUST-AV veröffentlicht.

### Kurzdarstellung

Am 6. August 2012 startete das Flugzeug Embraer EMB-505 Phenom 300, eingetragen als CN-MBR, um 12:59 UTC in Genf (LSGG) zu einem gewerbsmässigen Flug nach St. Gallen-Altenrhein (LSZR). Nach dem Erstaufwurf bei der Platzverkehrsleitstelle St.Gallen tower entschied sich die Besatzung nach Anfrage des Flugverkehrsleiters kurzfristig für einen Direktanflug auf dem Instrumentenlandesystem (*instrument landing system* – ILS) der Piste 10. Kurz darauf wurden Fahrwerk und Klappen ausgefahren. Die Klappen blockierten bei etwa 10 Grad und die Warnmeldung FLAP FAIL wurde angezeigt. Die Besatzung leitete kurz vor der Landung einen Durchstart ein. Das Fahrwerk blieb in der Folge ausgefahren. Die Klappen blieben für den Rest des Fluges blockiert.

Die Besatzung entschied sich umgehend für einen zweiten ILS-Anflug mit blockierten Klappen, was gemäss Herstellerangaben eine erhöhte Anfluggeschwindigkeit bedingte. Während des Anfluges hatte die Besatzung Mühe, die Geschwindigkeit auf diese erhöhte Anfluggeschwindigkeit zu reduzieren. Um 13:40 UTC setzte das Flugzeug in der Folge mit einer angezeigten Geschwindigkeit von 136 kt rund 290 m nach der Pistenschwelle auf der nassen Piste auf und konnte innerhalb der verbleibenden Pistenlänge nicht mehr zum Stillstand gebracht werden. Das Flugzeug überrollte das Pistenende der Piste 10, durchbrach die Flugplatzumzäunung und überrollte den quer zur Pistenachse verlaufenden Rheinholzweg, welcher von einem Linienbus befahren wurde. Das Flugzeug rollte knapp hinter dem Autobus vorbei und kam 30 m nach Pistenende in einem Maisfeld zum Stillstand.

Das Flugzeug wurde schwer beschädigt. Die Passagierin und die beiden Piloten blieben unverletzt.

Es entstand Flurschaden sowie Schäden an der Flugplatzumzäunung.



## Ursachen

Der Unfall ist darauf zurückzuführen, dass das Flugzeug nach einem unstabilierten Endanflug spät und mit zu hoher Geschwindigkeit auf der nassen Piste aufsetzte und diese in der Folge überrollte.

Folgende Faktoren haben zum Unfall beigetragen:

- Die mangelhafte Zusammenarbeit und die unzureichende Situationsanalyse durch die Besatzung.
- Die auf rund 10 Grad blockierten Landeklappen, was ungefähr der Klappenstellung 1 entsprach.
- Spätes Einleiten einer Vollbremsung nach der Landung.

## Sicherheitsempfehlungen

Im Rahmen der Untersuchung wurden zwei Sicherheitsempfehlungen ausgesprochen.

Nach Vorgabe des Anhangs 13 der internationalen Zivilluftfahrtorganisation (*international civil aviation organisation* – ICAO) 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 ist 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 Untersuchung von Flugunfällen und schweren Vorfällen (VFU) bezüglich der Umsetzung folgende Regelung vor:

### „Art. 32 Sicherheitsempfehlungen

<sup>1</sup> Das UVEK richtet, gestützt auf die Sicherheitsempfehlungen in den Berichten der SUST sowie in den ausländischen Berichten, Umsetzungsaufträge oder Empfehlungen an das BAZL.

<sup>2</sup> Das BAZL informiert das UVEK periodisch über die Umsetzung der erteilten Aufträge oder Empfehlungen.

<sup>3</sup> Das UVEK informiert die SUST mindestens zweimal jährlich über den Stand der Umsetzung beim BAZL.“

## 1 Sachverhalt

### 1.1 Vorgeschichte und Flugverlauf

#### 1.1.1 Allgemeines

Für die folgende Beschreibung von Vorgeschichte und Flugverlauf wurden die Aufzeichnungen des Sprechfunkverkehrs, des kombinierten Cockpitgesprächs- und Flugdatenaufzeichnungsgerätes (*cockpit voice and data recorder – CVDR*), der Radardaten sowie die Aussagen von Besatzungsmitgliedern, dem beteiligten Flugverkehrsleiter sowie dem Busfahrer als Augenzeugen verwendet.

Während des gesamten Fluges war der Kommandant als fliegender Pilot (*pilot flying – PF*) und der Copilot als assistierender Pilot (*pilot not flying – PNF*) eingesetzt. Die Kommunikation zwischen den Piloten während beider Anflüge in St. Gallen-Altenrhein fand in arabischer und in französischer Sprache statt. Die Gespräche in arabischer Sprache wurden durch einen Vertreter der marokkanischen Untersuchungsbehörde ins Französische übersetzt. Die Übersetzung vom Französischen ins Deutsche folgt jeweils in eckigen Klammern. Worte oder Teile der Gespräche, die nicht verstanden werden konnten, sind mit „xxx“ bezeichnet.

Es handelte sich um einen gewerbsmässigen Flug nach Instrumentenflugregeln (*instrument flight rules – IFR*).

#### 1.1.2 Vorgeschichte

Die Besatzung hatte für den Flug von Genf (LSGG) nach St. Gallen-Altenrhein (LSZR) vom Flugbetriebsunternehmen eine Mappe erhalten, welche unter anderem einen Betriebsflugplan (*operational flight plan – OFP*) mit den entsprechenden Treibstoffberechnungen und Angaben über das Wetter enthielt. Die Besatzung bestätigte mit ihrer Unterschrift auf dieser Mappe, folgende Unterlagen geprüft zu haben: *weather, NOTAM, journey log, ATC FPL, computerized FPL, loadsheet, passenger information list, fuel receipt*.

Das Flugzeug wurde um 12:10 UTC mit 1397 l Treibstoff aufgetankt. An Bord befand sich damit gemäss Flugplan beim Start eine Treibstoffmenge von 2020 kg. Auf dem ATC-Flugplan hatte die Besatzung den als ursprünglich vorgesehenen Ausweichflugplatz (*alternate*) Samedan (LSZS) durch den Flughafen Genf (LSGG) ersetzt. Für den Flug nach St. Gallen-Altenrhein wurde eine benötigte Treibstoffmenge (*trip fuel*) von rund 300 kg ausgewiesen.

Bei der Platzverkehrsleitstelle St. Gallen-Altenrhein waren tagsüber normalerweise zwei Flugverkehrsleiter (FVL) im Kontrollturm. Zur Zeit des Unfalls befand sich ein Flugverkehrsleiter in der Pause. Der beteiligte FVL bezeichnete die Arbeitsbelastung als tief.

#### 1.1.3 Flugverlauf

Am 6. August 2012 startete um 12:59 UTC das Flugzeug Embraer EMB-505 Phenom 300, eingetragen als CN-MBR, unter dem Funkrufzeichen *Dalia two one one* und der Flugnummer DLI 211 auf der Piste 23 in Genf (LSGG) zu einem gewerbsmässigen Flug nach St. Gallen-Altenrhein (LSZR). An Bord befanden sich zwei Piloten und eine Passagierin.

Um 13:08:23 UTC meldete sich die Besatzung beim Flugverkehrsleiter (FVL) von *Swiss Radar West*. Sie erhielt in der Folge die Freigabe, direkten Kurs auf den Wegpunkt ROLSA zu nehmen und etwas später die Freigabe, nach Flugfläche (*flight level – FL*) 130 abzusinken. Um 13:11 UTC hörte der Copilot auf dem zweiten VHF-Empfänger die Information des *automatic terminal information system*

(ATIS) der Kennung INDIA von St. Gallen-Altenrhein ab (vgl. Kapitel 1.7.6) und in den folgenden Minuten informierte er den Kommandanten darüber. Die Einstellungen der Navigationsgeräte für den Anflug mittels Instrumentenlandesystem (*instrument landing system – ILS*) auf die Piste 10 wurde besprochen und auf den Cockpit-Bildschirmen überprüft. Ebenso wurde das *circling* auf die Piste 28 angesprochen. Ein *approach briefing*, bei welchem unter anderem entscheidende Höhen, Anflugwinkel, Anfluggeschwindigkeit und Fehlanflugverfahren (*missed approach procedure*) angesprochen werden, fand nicht statt (vgl. Kap. 1.17.1.1).

Um 13:16:16 UTC wies der FVL die Besatzung an, die Sinkrate auf 1500 Fuss pro Minute (ft/min) oder mehr zu erhöhen. Die Besatzung bestätigte diese Anweisung und wurde in der Folge angewiesen, auf die Frequenz von *Zurich departure* zu wechseln.

Um 13:17:39 UTC meldete sich die Besatzung beim FVL von *Zurich departure* und erhielt in der Folge die Freigabe nach ROLSA Richtung SITOR zu fliegen (vgl. Anlage 1). Der FVL gab der Besatzung um 13:20:39 UTC die Freigabe, auf FL 80 abzusinken und knapp zwei Minuten später wurde die Besatzung aufgefordert, auf die Frequenz von *Zurich arrival* zu wechseln.

Der FVL von *Zurich arrival* antwortete um 13:22:42 UTC der Besatzung der DLI 211 auf deren Begrüssung wie folgt: „*Dalia two one one, Zurich arrival, hello identified, continue inbound SITOR, radar vectors for the ILS approach runway one zero followed by visual right-hand circuit runway two eight St. Gallen.*“ Die Besatzung bestätigte diese Freigabe und der FVL gab um 13:23:00 UTC die weitere Freigabe: „*Dalia two one one uh descend to five thousand feet, QNH St. Gallen one zero one six.*“ Der Copilot bestätigte diese Freigabe und der Kommandant äusserte sich ihm gegenüber wie folgt: „*Donc, c'est une approche followed with ehh ... un vent arrière pour la vingt-huit la procédure*“ [Also, das ist ein Anflug gefolgt von eh... einem Gegenanflug auf die Achtundzwanzig, das Verfahren]. Der Kommandant sprach damit das *circling* Verfahren auf die Piste 28 an (vgl. Anlage 11).

Um 13:23:41 UTC wies der FVL die Besatzung an, einen Kurs von 040 Grad zu fliegen. Das Flugzeug befand sich zu diesem Zeitpunkt 13 NM nordöstlich des Wegpunktes ROLSA auf einer Druckhöhe von 8060 ft im Sinkflug. Die angezeigte Geschwindigkeit betrug 218 Knoten (*knots indicated airspeed – KIAS*). Die Rückenwindkomponente betrug etwas mehr als 70 kt. Der Copilot bestätigte diese Anweisung, und in der Folge äusserte sich der Kommandant gegenüber dem Copiloten wie folgt: „*Je comprends pas ce monsieur ATC, regarde le radar comme il est xxx, il faut trouver la procédure, xxx*“ [Ich verstehe den Herrn der ATC nicht, schau mal wie der Radar ist xxx, man muss das Verfahren finden, xxx]. Der Copilot bemerkte darauf: „*Contact au sol ... après la prochaine couche on aura contact*“ [Bodenkontakt ... nach der nächsten Schicht (Wolkenband) werden wir Kontakt haben]. Der Kommandant gab Folgendes zur Antwort: „*Ce qui m'inquiète plutôt, c'est ce qu'on au-dessus de nous ...*“ [Was mir eher Sorge macht, ist was wir über uns haben]. Auf den darauffolgenden Ausruf „ah“ des Copiloten antwortete der Kommandant: „*On se fait tabasser*“ [Wir werden durchgeschüttelt].

Um 13:24:57 UTC gab der FVL der Besatzung folgende Anweisung: „*Dalia two one one, turn right heading zero seven zero, cleared for ILS approach runway one zero followed by visual right-hand circuit runway two eight St. Gallen, report established.*“ Während der Übermittlung dieser Anweisung war im Cockpit ein Warnton hörbar. Der Copilot bestätigte nun die Anweisung des FVL und der Kommandant bemerkte elf Sekunden später: „*Okay, ah ... je t'affiche ... ah*“ [Okay, ah ... ich gebe dir ... ah], und nach sieben Sekunden: „*okay, en interception*“ [okay, während des Anschneidens], und nochmals sechs Sekunden später:

„*le localizer*“ [der Landekursender]. Zwölf Sekunden später, um 13:25:42 UTC, erkundigte sich der Kommandant beim Copiloten nach der Flugplatzhöhe und der Copilot sagte gleichzeitig: „*Glide, localizer*“. Der Kommandant beantwortete seine Frage nach der Flugplatzhöhe selbst mit: „*Ah ... mille trois cent, xxx, missed approach altitude please*“. [Ah ... eintausenddreihundert, xxx, Fehlanflughöhe bitte]. Der Copilot schien das nicht verstanden zu haben und der Kommandant sagte erneut: „*Missed approach altitude please*.“ Nun antwortete der Copilot mit: „*Mille huit cent*“ [Eintausendachthundert], worauf der Kommandant erwiderte, dass dies nicht die Durchstarthöhe sei. Gleichzeitig war im Cockpit erneut ein Warnton hörbar. Der Kommandant fragte ein drittes Mal nach der Durchstarthöhe. Der Copilot konnte die Frage nicht beantworten und verwies etwas später auf das *circling* zur Landung, wobei sich der Kommandant nun nach der Höhe des *circling* erkundigte. Er gab sich sieben Sekunden später gleich selbst die folgende Antwort: „*Deux mille, deux mille cent soixante-dix*“ [Zweitausend, zweitausendeinhundertsiebzig] (vgl. Anlage 11).

Um 13:26:34 UTC forderte der FVL die Besatzung auf, auf die Frequenz von *St. Gallen tower* zu wechseln. Die Besatzung kam dieser Aufforderung nach, und nach dem Wechsel antwortete der FVL von *St. Gallen* um 13:26:52 UTC wie folgt: „*Dalia two one one, St. Gallen tower good afternoon, actual surface wind two eight zero degrees niner knots, uh do you request straight in for one zero or a circling for runway two eight?*“ Gemäss Aufzeichnungen wurde während dieses Funkspruchs, um 13:26:54 UTC, auf einer Höhe von 3250 ft QNH und bei 222 KIAS das Fahrwerk ausgefahren. Diese Handlung wurde von der Besatzung verbal nicht angesprochen. Gleichzeitig war im Cockpit wieder ein Warnton hörbar. Um 13:27:06 UTC antwortete der Copilot dem FVL wie folgt: „*Uh, in this case we make one zero, Dalia two one one.*“ Diesem Entscheid war keine verbale Kommunikation zwischen den Piloten vorausgegangen. Unmittelbar darauf, um 13:27:11 UTC, gab der FVL die folgende Freigabe: „*Dalia two one one, that's copied, wind two niner zero degrees niner knots, runway one zero cleared to land.*“

Wenige Sekunden später, um 13:27:18 UTC, erkundigte sich der Kommandant beim Copiloten nach der Durchstarthöhe. Dieser gab ihm umgehend wie folgt Antwort: „*Cinq milles, high speed, doucement, ..., gear, flaps*“ [Fünftausend, hohe Geschwindigkeit, sachte, ..., Fahrwerk, Klappen]. Der Kommandant erwiderte: „*Coming, coming*“, und benutzte gemäss Aufzeichnungen um 13:27:24 UTC die Luftbremsen (*speed brakes*) zur weiteren Geschwindigkeitsreduktion (vgl. Kapitel 1.6.3.2.3).

Um 13:27:29 UTC, bei einer Geschwindigkeit von 183 KIAS, sagte der Kommandant: „*... one hundred and eighty, flaps one.*“ Der Copilot setzte den Klappenwählhebel in die Position 1 und bemerkte um 13:27:36 UTC: „*Okay, we have the runway in sight*“, worauf der Kommandant befahl: „*Flaps two.*“ Der Copilot meldete umgehend: „*Coming to two.*“ Sofort verlangte der Kommandant um 13:27:40 UTC „*and full flaps*“ was der Copilot ohne Verzögerung mit „*and full down*“ quittierte. Gemäss Aufzeichnungen wurde der Klappenwählhebel um 13:27:41 UTC in die Position FULL und zwei Sekunden später zurück in die Position 3 gebracht. Durch das Ausfahren der Klappen wurden systembedingt die *speed brakes* eingefahren, was im Cockpit die Hinweismeldung SPDBRK SW DISAG auslöste (vgl. Kapitel 1.6.3.2.3). Diese Hinweismeldung wurde im Cockpit verbal nicht angesprochen.

Fünf Sekunden später, um 13:27:45 UTC, ertönte im Cockpit zweimal der vom *master warning system* generierte Warnton und gleichzeitig erschien die Warnmeldung FLAP FAIL, welche bis zum Ende der Aufzeichnung angezeigt blieb. Um 13:27:53 UTC ertönte die synthetische Stimme „MINIMUMS, MINIMUMS“

und danach „FIVE HUNDRED“. Um 13:27:56 UTC wurde der *speed brake switch* in die Position CLOSE gebracht und gleichzeitig meldete die synthetische Stimme „AUTOPILOT“.

Während der Copilot den Kommandanten wie folgt informierte: „*Okay, on n'a pas les flaps ... presque*“ [Okay, wir haben keine Klappen ... beinahe], ertönte im Cockpit die akustische Höhenmeldung „FOUR HUNDRED“. Auf den erstaunten Ausruf des Kommandanten „*huh!?*“ sagte der Copilot um 13:28:03 UTC: „*Sortis mais arrêtés*“ [Ausgefahren, aber gestoppt]. Praktisch gleichzeitig ertönte die Höhenmeldung „THREE HUNDRED“. Das Flugzeug hatte in diesem Moment eine Geschwindigkeit von 154 KIAS und eine Sinkrate von mehr als 1000 ft/min.

Der Kommandant bemerkte um 13:28:06 UTC: „*Je vois rien*“ [Ich sehe nichts], worauf der Copilot erwiderte: „*Aller ... descends, descends*“ [Geh ... sink ab, sink ab]. Um 13:28:08 UTC ertönte im Cockpit die Höhenmeldung „TWO HUNDRED“ und der Kommandant sagte erneut: „*Je vois rien*“. Umgehend sagte der Copilot: „*Voilà la piste, voilà la piste*“ [Da die Piste, da die Piste]. Unmittelbar bevor um 13:28:13 UTC die Höhenmeldung „ONE HUNDRED“ ertönte, sagte der Kommandant „*xxx, puisqu'on voit rien*“ [xxx, da man nichts sieht], und nach ein paar wenigen, unverständlichen Worten war es für ein paar Sekunden still im Cockpit. Dann, um 13:28:22 UTC, sagte der Kommandant: „*Remise de gaz*“ [Wieder Gas geben] und leitete einen Durchstart ein. Die tiefste Radarhöhe während des Durchstarts betrug weniger als ein Fuss (30.5 cm) über Grund und die Geschwindigkeit betrug 147 KIAS.

Der Copilot meldete dem FVL um 13:28:24 UTC: „*Go around, Dalia two one one*“ und der Kommandant befahl unmittelbar darauf: „*Flaps one*“. Auf diesen Befehl erfolgte vom Copiloten keine verbale Reaktion. Die Aufzeichnungen zeigen, dass der Klappenwählhebel bereits um 13:28:23 UTC von der Position 2 in die Position 1 gebracht worden war. Der FVL antwortete um 13:28:28 UTC: „*Dalia two one one, uh, go around, I ... go around, follow the standard missed approach procedure, uh, climb to five thousand feet.*“ Der Copilot bestätigte diese Anweisung um 13:28:37 UTC und gleichzeitig brachte er den Klappenwählhebel in die Position 0. Kurz darauf, um 13:28:41 UTC, meldete er dem Kommandanten: „*Flaps up*“. Das Fahrwerk wurde von der Besatzung während des Durchstarts nicht angesprochen und blieb ausgefahren.

Nur zwei Sekunden später, um 13:28:43 UTC, als die Geschwindigkeit über 180 KIAS anstieg (vgl. Anlage 3), ertönte im Cockpit die synthetische Stimme „HIGH SPEED“, welche sich bis um 13:29:32 UTC wiederholte und den Copiloten veranlasste zu fragen: „*Pourquoi high speed?*“ [Warum *high speed*?]. Um 13:28:54 UTC ertönte im Cockpit zusätzlich die akustische Warnung „AUTOPILOT“, welche sich abwechslungsweise mit der Warnung „HIGH SPEED“ bis um 13:29:17 UTC wiederholte. Drei Sekunden später sagte der Kommandant: „*Cet ILS ne marche pas*“ und nach weiteren vier Sekunden: „*même les flaps sont coincés*“ [Diese ILS funktioniert nicht / auch die Klappen sind verklemmt]. Der Copilot erwiderte darauf: „*Mais pas les volets, oui*“ [Aber nicht die Klappen, ja].

Während des Durchstarts gab der FVL um 13:29:11 UTC der Besatzung die Anweisung, erneut auf die Frequenz von *Zurich arrival* zu wechseln. Die Besatzung bestätigte diese Anweisung und meldete sich um 13:29:37 UTC beim FVL von *Zurich arrival* erneut mit folgenden Worten: „*Arrival, Dalia two one one, going around by the left*“, worauf der FVL unverzüglich folgende Frage stellte: „*Dalia two one one, uh, do you prefer a second approach?*“ Ohne zu zögern sagte der Kommandant zum Copiloten: „*Yes, affirmative*“, worauf dieser dem FVL um 13:29:48 UTC folgende Antwort gab: „*Affirmative, Dalia two one one*“. Der FVL gab darauf folgende Anweisung: „*Dalia two one one fly heading two eight zero,*

*new radar vectors for the line-up runway one zero.*“ Der Kommandant liess sich vom Copiloten den Kurs von 280 Grad bestätigen und fragte gleichzeitig nach der zu fliegenden Höhe. Auf eine entsprechende Nachfrage des Copiloten antwortete der FVL wie folgt: *„Sorry, five thousand feet, QNH one zero one six, for the line-up.“*

Um 13:30:19 UTC sagte der Kommandant zum Copiloten: *„Les volets sont coincés, le high speed va persister“* [Die Klappen sind verklemmt und die hohe Geschwindigkeit wird bleiben]. Weiter verlangte er, dass der Copilot den FVL fragen solle, ob er einen Sichtanflug durchführen könne. Der Copilot antwortete darauf: *„Laisse le nous ramener au final, cela nous arrangera, cela nous permettra de prendre notre vitesse ... parce que les flaps sont toujours restés en position un“* [Lass uns von ihm in den Endanflug führen, das wird uns passen, das wird uns erlauben, unsere Geschwindigkeit zu reduzieren, weil die Klappen immer noch in der Position eins sind]. Der Kommandant erwiderte darauf um 13:30:40 UTC: *„Les flaps ne veulent pas descendre, si on met sur en position deux, qu'est-ce que cela va donner?“*, und 21 Sekunden später: *„on va les laisser à deux, c'est mieux que rien ...“* [Die Klappen wollen nicht ausfahren, was wird das ausmachen? / Wir werden sie in der Position zwei belassen, das ist immer noch besser als nichts]. Hierauf korrigiert der Copilot mit folgenden Worten: *„Non, ils sont coincés à un. Là j'ai fait deux recyclés ... parce que ...“* [Nein sie sind in der Position eins blockiert, ich habe zweimal versucht sie zu bewegen ..., weil ...]. Gemäss den Aufzeichnungen hatte der Copilot nach dem Erscheinen der Warnanzeige FLAP FAIL<sup>1</sup> mehrmals erfolglos versucht, die Klappen mittels Klappenwählhebel ein- und auszufahren. Diese Versuche dauerten bis kurz vor der Landung an, wobei die Warnung FLAP FAIL konstant angezeigt blieb. Auf die Frage des Kommandanten, ob sich die Klappen auch nicht einfahren liessen, antwortete der Copilot verneinend.

Um 13:31:38 UTC meldete der Copilot dem Kommandanten, dass sie den Anflug mit den Klappen in Position 1 durchführen würden. Der Kommandant bemerkte um 13:32:25 UTC, dass es kein Problem sei, die Geschwindigkeit zu reduzieren. Um 13:33:54 UTC fragte der Kommandant den Copiloten, was in der Prüfliste bezüglich *„flaps up“* stehen würde. Dieser antwortete um 13:34:24 UTC mit Unterbrüchen wie folgt: *„Okay, il va falloir augmenter le V-ref ... no icing ... de 17 V-ref 3 [ligne], plus 17 donc, on a V-ref d'en combien? Ah, V-ref cent douze ça fait cent trente à peu près, permettra nous ...“* [Okay, wir werden die  $V_{REF}$  ... keine Vereisung ... von 17,  $V_{REF}$  3 plus 17, somit haben wir  $V_{REF}$  von wie viel? Ah,  $V_{REF}$  einhundertundzwoölf, das macht ungefähr einhundertunddreissig, das erlaubt uns ...]. Hierauf befahl der Kommandant: *„Mets cent trente“* [Setz einhundertunddreissig]. Der Copilot verstand diesen Befehl nicht und der Kommandant wiederholte: *„Mets cent trente“*. Der Copilot erwiderte nichts darauf und sagte 26 Sekunden später, kurz zusammengefasst, dass die maximale Flughöhe auf 18 000 ft beschränkt sei und sie *icing condition* vermeiden müssten: *„Maximum altitude, dix huit mille pieds, donc is not ... no equipment, ah, ... xxx ... anti ice ... ice ... if not possible avoid“*.

Um 13:35:33 UTC gab der FVL der Besatzung folgende Freigabe: *„Dalia two one one turn left heading one three zero, cleared for the ILS approach runway one zero St. Gallen, report established.“* Der Copilot bestätigte diese Freigabe und sagte im Anschluss daran zum Kommandanten: *„Donc checklist donne la V-ref réalisé, donc c'est bon“* [Somit gibt die Prüfliste die umgesetzte Referenzgeschwindigkeit, so das ist gut]. Der Kommandant fragte zurück, ob der Copilot diese Referenzgeschwindigkeit gesetzt habe. Dieser wiederum antwortete, dass er

---

<sup>1</sup> FLAP FAIL: fehlerhaftes Klappensystem

dies gleich tun würde und fragte den Kommandanten ein paar Sekunden später wie folgt: „*Je te mets direct au final?*“ [Ich setze Dich direkt auf den Endanflugkurs?]. Der Kommandant war damit einverstanden und fragte danach: „*Le terrain [la piste] c'est combien?*“ [Der Boden (die Piste) ist wie viel?], worauf der Copilot neun Sekunden später antwortete: „*Quatre mille pieds, longueur quatre mille, ah, quatre mille neuf cent*“. [Viertausend Fuss, die Länge, ah, vier tausendneuhundert].

Der FVL gab der Besatzung um 13:36:47 UTC die Freigabe, auf 4500 ft QNH abzusinken. Der Copilot bestätigte diese Freigabe und der Kommandant bemerkte unmittelbar darauf, dass sie den *localizer* und den Gleitweg wohl gleichzeitig erfassen würden. Im Weiteren bemerkte er, dass mit einer Anfluggeschwindigkeit von 130 kt und einer nassen Piste schlechte Voraussetzungen herrschen würden. Um 13:37:56 UTC meldete der Kommandant, dass er den *localizer* erfasst habe und nun rascher absinken würde, um auch den Gleitweg zu erreichen. Der Copilot bestätigte dies und meinte, dass sie die Geschwindigkeit gut überwachen müssten, um nicht zu schnell zu sein. Der Kommandant bemerkte darauf: „*Ah, surveille les quarante noeuds, ah, il nous a ramené haut ce coup-là*“ [Ah, überwache die vierzig Knoten, ah, er hat uns dieses Mal hoch reingekommen]. Der Copilot riet dem Kommandanten nun: „*Prends mille deux cent, ah okay, c'est bon*“ [Nimm eintausendzweihundert, ah okay, das ist gut] und informierte gleichzeitig den FVL, dass sie den *localizer* erfasst hätten.

Daraufhin wies der FVL die Besatzung um 13:38:25 UTC an, auf die Frequenz von St. Gallen *tower* zu wechseln, was der Copilot bestätigte. Das Flugzeug befand sich zu diesem Zeitpunkt auf einer Höhe von 4000 ft QNH und hatte eine Geschwindigkeit von 160 KIAS. Um 13:38:28 UTC wurde gemäss Aufzeichnungen der *speed brake switch* wieder in die OPEN-Position gebracht, was die Hinweismeldung SPDBRK SW DISAG auslöste. Diese Handlung wie auch die Warnanzeige wurden von der Besatzung verbal nicht angesprochen. Um 13:38:40 UTC, auf einer Höhe von 3530 ft QNH, erreichte das Flugzeug eine Geschwindigkeit von 172 KIAS. Um 13:38:49 UTC äusserte sich der Kommandant dahingehend, dass er nichts mehr verstehen würde, worauf der Copilot mit „*laisse-les*“ antwortete. Um 13:38:53 UTC bemerkte der Kommandant: „*Les spoilers ne sortent pas ... c'est pourquoi que la vitesse ne chute pas*“ [die Störklappen (*spoilers*) fahren nicht aus, das ist der Grund warum die Geschwindigkeit nicht abnimmt]. Fünf Sekunden später ertönte im Cockpit ein Warnton, gefolgt von der akustischen Warnung „AUTOPILOT“, worauf der Kommandant bemerkte: „*Elle reste à cent quarante noeuds*“ [Sie bleibt auf einhundertvierzig Knoten]. Der Copilot antwortet: „*Cent trente, c'est bien, descend(s) s'il te plaît*“ [Einhundertdreissig, das ist gut, sink jetzt bitte ab].

Zum gleichen Zeitpunkt gab der FVL der Besatzung um 13:39:08 UTC folgende Freigabe: „*Dalia two one one, wind three zero zero degrees three knots, runway one zero cleared to land.*“ Hierauf riet der Copilot dem Kommandanten, die Sinkrate leicht zu erhöhen. Dieser erwiderte umgehend: „*Eeh, mon ami, la vitesse, elle monte beaucoup, on n'a pas de speed brakes, on n'a rien..... on a un problème avec les speed brakes, ils ne marchent pas*“ [Heh, mein Freund, die Geschwindigkeit steigt stark an, wir haben keine *speed brakes*, wir haben nichts... wir haben ein Problem mit den *speed brakes*, die funktionieren nicht]. Gemäss Aufzeichnungen wurde der *speed brake switch* um 13:39:24 UTC zurück in die CLOSE-Position gebracht, was die Hinweismeldung SPDBRK SW DISAG deaktivierte. Beides wurde von der Besatzung verbal nicht angesprochen.

Wenig später sprach der Copilot die hohe Geschwindigkeit an und der Kommandant erwiderte um 13:39:31 UTC: „*Problème, c'est un grand grand problème, on peut essayer et puis on décolle*“ [Problem, das ist ein grosses Problem, wir kön-

nen es versuchen und dann starten]. Der Copilot gab zur Antwort: „*Voilà, c'est ce que je voulais te dire tout à l'heure, malheureusement...*“ [Genau, das ist das, was ich Dir vorher sagen wollte, leider...]. Das Flugzeug befand sich in diesem Moment auf einer Höhe von 2330 ft QNH mit einer Geschwindigkeit von 162 KIAS und einer Sinkrate von rund 2000 ft/min. Praktisch gleichzeitig ertönte im Cockpit die akustische Warnung „TERRAIN“ und vier Sekunden später um 13:39:38 UTC die Warnung „<whoop><whoop> PULL UP“ und der Copilot rief: „*Diminue*“ [Reduziere]. Der Kommandant bemerkte, dass sie mit diesem Flugzeug ein Problem hätten, und gleichzeitig ertönte im Cockpit erneut die Warnung „TERRAIN“. Der Copilot riet dem Kommandanten, die Flugzeugnase etwas zu heben, worauf dieser fragte, wie er das denn machen solle. Umgehend sagte der Copilot: „*Tu viens dans ... vas-y, vas-y, tout se passe bien*“ [Du kommst in ... los, los, alles kommt gut]. Um 13:39:47 UTC meldete die synthetische Stimme „MINIMUMS, MINIMUMS“ und der Copilot sagte erneut: „*Vas-y, tu vas être just just*“ [Los, geh, du kommst gerade richtig, richtig]. Das Flugzeug befand sich zu diesem Zeitpunkt auf einer Höhe von rund 550 ft über Grund mit einer Geschwindigkeit von 163 KIAS und einer abnehmenden Sinkrate von rund 900 ft/min. Um 13:39:50 UTC ertönte die Höhenmeldung „FIVE HUNDRED“ und der Copilot sagte erneut: „*Vas-y tu vas bien*“ [Los, geh, du machst das gut].

Um 13:39:58 UTC ertönte die Höhenmeldung „FOUR HUNDRED“ und gleichzeitig sagte der Kommandant: „*Vingt noeuds, stabilisé à la vitesse normale d'approche*“ [Zwanzig Knoten, die Geschwindigkeit ist auf der normalen Anfluggeschwindigkeit stabilisiert]. Das Flugzeug hatte in diesem Moment eine Geschwindigkeit von 153 KIAS und eine Sinkrate von rund 1000 ft/min.

Um 13:40:03 UTC ertönte im Cockpit die Warnung „TOO LOW TERRAIN“, gefolgt von der Höhenmeldung „THREE HUNDRED“. Um 13:40:10 UTC erfolgte die Höhenmeldung „TWO HUNDRED“ und der Kommandant bemerkte: „*C'est bon*“ [Das ist gut].

Während den nächsten fünf Sekunden ertönte die Warnung „TOO LOW FLAPS / TOO LOW FLAPS“ und zwei Sekunden später erfolgte die Höhenmeldung „ONE HUNDRED“. In den nächsten beiden Sekunden ertönten die Warnungen „TOO LOW FLAPS“ und „GLIDESLOPE“. Das Flugzeug befand sich dabei auf einer Höhe von 70 ft über Grund. Die Geschwindigkeit betrug in diesem Moment 143 KIAS und die Sinkrate 850 ft/min.

Um 13:40:29 UTC setzte das Flugzeug bei leichtem Rückenwind mit 136 KIAS rund 290 m nach der Pistenschwelle mit dem rechten Hauptfahrwerk auf der Piste 10 auf. Der Bodenkontakt des linken Hauptfahrwerkes erfolgte eine Sekunde später respektive nach weiteren 70 m. Um 13:40:31 UTC, mit 135 KIAS und rund 450 m nach der Pistenschwelle, meldeten alle *weight on wheel sensors*, dass das Flugzeug am Boden war. Drei Sekunden später sagte der Copilot: „*Pourvu qu'on s'en sort ...*“ [Hoffentlich kommt das gut], und der Kommandant ergänzte: „*C'est ce que je t'ai dit xxx m...*“ [Das ist das, was ich dir gesagt habe xxx (Kraftausdruck)].

Das Flugzeug erreichte um 13:40:46 UTC das nicht gerillte (*ungrooved*, vgl. Kapitel 1.10.3) Ende der Piste 10 mit 60 KIAS. Zwei Sekunden später erreichte es den *stopway* am Ende der Piste 10 und verliess diesen um 13:40:51 UTC mit 44 KIAS. Es durchbrach eine Sekunde später die Flugplatzumzäunung mit 39 KIAS, überrollte den Rheinholzweg, der in einer Distanz von rund 20 m zum Pistenende quer zur Pistenachse verläuft, und kam nach weiteren 10 m in einem Maisfeld zum Stillstand (vgl. Kapitel 1.12.1).

Wenige Sekunden vorher hatte ein für 90 Personen zugelassener Linienbus der öffentlichen Verkehrsbetriebe der Rheintal Bus AG (RTB) den Rheinholzweg von



Süden her in Richtung Norden befahren. Der Busfahrer sagte später aus, er habe linksseitig ein Flugzeug erblickt, das sich mit hoher Geschwindigkeit dem Pistenende näherte. Er habe dies als Gefahr erkannt und deshalb das Gaspedal durchgedrückt.

Das Flugzeug rollte knapp hinter dem Linienbus vorbei. Die Besatzung und die Passagierin konnten das Flugzeug aus eigener Kraft verlassen. Das Flugzeug wurde schwer beschädigt.

1.1.4	Unfallort	
	Unfallort	Regionalflugplatz St. Gallen-Altenrhein (LSZR)
	Datum und Zeit	6. August 2012, 13:40 UTC
	Beleuchtungsverhältnisse	Tag
	Koordinaten	760 708 / 261 456 ( <i>swiss grid</i> 1903) N 47° 29' 3.19" / E 009° 34' 16.10" (WGS 84)
	Höhe	399 m/M (1309 ft <i>above mean sea level</i> (AMSL))
	Endlage des Wracks	Östlicher Wegrand des quer zur Piste verlaufenden Rheinholzweges, rund 30 m nach dem Pistenende der Piste 10
	Landeskarte der Schweiz	Blatt Nr. 1076, St. Margrethen, Massstab 1:25 000

## 1.2 Personenschäden

### 1.2.1 Verletzte Personen

Verletzungen	Besatzungsmitglieder	Passagiere	Gesamtzahl der Insassen	Drittpersonen
Tödlich	0	0	0	0
Erheblich	0	0	0	0
Leicht	0	0	0	0
Keine	2	1	3	Nicht zutreffend
Gesamthaft	2	1	3	0

### 1.2.2 Staatsangehörigkeit der Insassen des Luftfahrzeuges

Die beiden Piloten waren marokkanische Staatsangehörige.

Die Passagierin war französische Staatsangehörige.

## 1.3 Schaden am Luftfahrzeug

Das Flugzeug wurde schwer beschädigt. Die beiden Triebwerke blieben unbeschädigt.

## 1.4 Drittschaden

Es entstand Flurschaden. Infolge der Beschädigung der Treibstofftanks floss Treibstoff aus. Rund 60 m<sup>3</sup> Erdreich mussten abgetragen, vernichtet und ersetzt werden. Die Umzäunung des Flugplatzgeländes wurde beschädigt.

**1.5 Angaben zu Personen**

## 1.5.1 Flugbesatzung

## 1.5.1.1 Kommandant

## 1.5.1.1.1 Allgemeines

Person	Marokkanischer Staatsangehöriger, Jahrgang 1972
Lizenz	Führerausweis für Berufspiloten ( <i>commercial pilot licence II</i> ), ausgestellt am 10. März 2012 durch das Ausrüstungs- und Transport-Ministerium des Königreichs Marokko ( <i>Ministry of equipment and transports of the Kingdom of Morocco</i> )
Berechtigungen	Musterberechtigung EMB-505 <i>language proficiency: English level 6</i>
Instrumentenflugberechtigung	<i>instrument rating (IR)</i> , gültig bis 31. März 2013
<i>crew resource management (CRM)</i> Kurs	19. Dezember 2011
Letzte Befähigungsüberprüfung	<i>operational proficiency check (OPC)</i> am 10. März 2012
Medizinisches Tauglichkeitszeugnis	Klasse 1, ohne Auflagen und Einschränkungen, ausgestellt am 17. November 2011, gültig bis 17. November 2012
Letzte fliegerärztliche Untersuchung	17. November 2011

## 1.5.1.1.2 Flugerfahrung

Gesamthaft	7025:00 h
Auf dem Unfallmuster	75:00 h
Davon als Kommandant	75:00 h
Während der letzten 90 Tage	58:35 h
Davon auf dem Unfallmuster	58:35 h

## 1.5.1.1.3 Besatzungszeiten

Beginn der Dienste in den 48 Stunden vor dem Unfall	4. August 2012: dienstfrei 5. August 2012: dienstfrei 6. August 2012: 11:00 UTC
Dienstende in den 48 Stunden vor dem Unfall	4. August 2012: dienstfrei 5. August 2012: dienstfrei
Flugdienstzeiten in den 48 Stunden vor dem Unfall	dienstfrei
Ruhezeiten in den 48 Stunden vor dem Unfall	über 24 Stunden
Flugdienstzeit zum Zeitpunkt des Unfalls	2:40 h

## 1.5.1.1.4 Ausbildung

Der Kommandant hatte vom 15. Februar 2012 bis zum 10. März 2012, nach einem Unterbruch seiner fliegerischen Tätigkeit von ungefähr 24 Monaten, seine Ausbildung unter den FAA-Bestimmungen auf dem Flugzeugmuster EMB-505 bei der Firma CAE SimuFlite Inc. in Dallas/Fort Worth in den USA absolviert. Gemäss Ausbildungssyllabus beanspruchte die theoretische Ausbildung 43 Stunden.

Die Flugausbildung im Simulator wird auf einer detaillierten Liste der Firma CAE SimuFlite Inc. bescheinigt, und unter anderem ist ersichtlich, dass der Kommandant in allen sieben aufgeführten Lektionen das Thema *crew resource management* mit dem Kennbuchstaben „P“ (*proficient – meets PTS standards (if applicable)*) erfüllt hat. Unter *crew resource management* sind unter anderem folgende Punkte aufgeführt: *briefings, decision making, crew coordination, leadership, workload management, situational awareness, communication management*. Zusätzlich gab der Kommandant an, dass er über eine Flugerfahrung von 1500 Stunden auf *multi-crew*-Flugzeugen verfüge.

Unter *abnormal / emergency* wird unter anderem festgehalten, dass der Kommandant während dreier Übungen mit dem Thema „*Flight Controls / Autopilot*“ konfrontiert wurde. Ob dabei auch Anflüge mit einem fehlerhaften Klappensystem (FLAP FAIL) durchgeführt wurden, ist nicht ersichtlich.

Bei den im Simulator durchgeführten Streckenflügen sind jeweils mehrere Landungen auf den Flugplätzen KJFK (New York), KPHL (Philadelphia), KRNO (Reno), KPNE (Northeast Philadelphia), KDCA (Washington), KSFO (San Francisco), und KHPN (Westchester) nachgewiesen. Da bei diesen Anflügen die benutzte Piste nicht aufgeführt ist, kann über das Training bezüglich Landungen auf kurzen Pisten (*short field operation*) nichts Konkretes ausgesagt werden.

Das Flugtraining des Kommandanten auf dem Flugzeug erstreckte sich vom 21. April 2012 bis zum 27. Mai 2012 und beinhaltete eine Streckeneinführung (*line introduction*). Dabei führte er zehn Flüge durch, wovon drei nach Cannes (LFMD) und einen nach Genf (LSGG). Der Kommandant wurde auf diesen Flügen vom Instruktor durchwegs als sehr gut qualifiziert. Die verfügbaren Landedistanzen in Cannes der Pisten 17/35 betragen 1400 m resp. 1260 m.

Der Kommandant selbst sagte zu seiner Erfahrung bezüglich Landungen auf kurzen Pisten: „*Many times in Cannes, France.*“ Ferner führte er an, dass er nie zuvor St. Gallen-Altenrhein angefliegen hatte.

Der Kommandant war im Flugbetriebsunternehmen nebst seiner fliegerischen Funktion als Stellvertreter des Chefs Flugbetrieb (*adjoint du directeur des opérations aériennes*) tätig.

## 1.5.1.2 Copilot

## 1.5.1.2.1 Allgemeines

Person

Marokkanischer Staatsangehöriger,  
Jahrgang 1959

Lizenz

Führerausweis für Berufspiloten (*commercial pilot licence II*), ausgestellt am 25. Januar 2012 durch das Ausrüstungs- und Transport-Ministerium des Königreichs Marokko (*Ministry of equipment and transports of the Kingdom of Morocco*)

	Berechtigungen	Musterberechtigung EMB-505 <i>language proficiency: English level 4</i> , gültig bis 15. April 2014
	Instrumentenflugberechtigung	<i>instrument rating (IR)</i> gültig bis 31. Januar 2013
	Letzte Befähigungsüberprüfung	<i>line-check</i> am 25. Januar 2012
	CRM Kurs	19. Dezember 2011
	Medizinisches Tauglichkeitszeugnis	Klasse 1, mit der Auflage: Sehkorrektur, ausgestellt am 1. Juni 2012 für drei Mo- nate <sup>2</sup>
	Letzte fliegerärztliche Untersuchung	1. Juni 2012
1.5.1.2.2	Flugerfahrung	
	Gesamthaft	5854:05 h
	Auf dem Unfallmuster	465:25 h
	Während der letzten 90 Tage	52:25 h
	Davon auf dem Unfallmuster	52:25 h
1.5.1.2.3	Besatzungszeiten	
	Beginn der Dienste in den 48 Stun- den vor dem Unfall	4. August 2012: dienstfrei 5. August 2012: dienstfrei 6. August 2012: 11:00 UTC
	Dienstende in den 48 Stunden vor dem Unfall	4. August 2012: dienstfrei 5. August 2012: dienstfrei
	Flugdienstzeiten in den 48 Stunden vor dem Unfall	dienstfrei
	Ruhezeiten in den 48 Stunden vor dem Unfall	über 24 Stunden
	Flugdienstzeit zum Zeitpunkt des Unfalls	2:40 h
1.5.1.2.4	Ausbildung	
	Der Copilot hatte am 31. Januar 2012 seine Ausbildung auf dem Flugzeugmuster EMB-505 unter den JAA/EASA-Bestimmungen bei der Firma CAE SimuFlite Inc. in Dallas/Fort Worth in den USA abgeschlossen. Das Flugtraining im Simulator betrug dabei 14.1 Stunden.	
	Bezüglich des theoretischen Unterrichts wurde ein Nachtraining in den Kapiteln <i>aircraft systems</i> , <i>FMS</i> und <i>limitations</i> gefordert, welches erfolgreich abgeschlossen wurde.	
	Während des Flugtrainings im Simulator wurde dem Copiloten durch den Instruktor bescheinigt, dass er bezüglich der Prüfliste und des <i>normal/abnormal</i> -Verfahrens als Besatzungsmitglied gut arbeite.	

<sup>2</sup> Die zeitliche Einschränkung entspricht TML (*valid for ... months*), deren medizinische Hintergründe der SUST trotz mehrfacher Anfrage nicht zugestellt wurden.

Im Leistungsblatt „*simulator detail six*“, auf einem Flug von LSGG (Genf) nach LSZH (Zürich), wurde dem Copiloten unter Punkt 12 und 13 bescheinigt, dass er ein praktisches Training bezüglich „*Flap Abnormal Operation*“ und „*Landing without Flaps*“ erfolgreich absolviert hatte. In der Bewertung hielt der Instruktor fest, dass der Copilot einen Sichtanflug ohne Klappen durchführte und nach der Landung, infolge des Ausfalls des Hydrauliksystems, eine Notbremsung (*emergency brake use*) durchführen musste. Bezüglich Qualifikation hielt der Instruktor unter anderem Folgendes fest: „... *demonstrated good leadership and control during the emergency situations.*“

Über ein spezielles Training für Landungen auf kurzen Pisten ist in den detaillierten Ausbildungsunterlagen des Copiloten nichts festgehalten. Der Copilot selbst äusserte sich bezüglich seiner Erfahrung in *short field operation* wie folgt: „*Yes, in the Army on the Hercules. (...).*“

Der Copilot gab an, dass er das Flugtraining unter einem JAA-anerkannten *class rating examiner (CRE)* durchführte. Dabei flog er von Rabat (GMME) nach Fez (GMFF), absolvierte dort innerhalb von 55 Minuten vier Starts und Landungen und flog zurück nach Ben Slimane (GMMB). Ein dokumentierter Nachweis einer Streckeneinführung (*line introduction*) liegt nicht vor.

Der Copilot war im Flugbetriebsunternehmen nebst seiner fliegerischen Funktion als *quality and flight safety manager* eingesetzt. Vor seiner Anstellung beim Flugbetriebsunternehmen war er im Militär als Kommandant auf dem Flugzeugmuster C130-H sowie bei RAM Academy als Instruktor auf einmotorigen Kolbenmotorflugzeugen tätig.

#### 1.5.2 Mitarbeiter der Flugsicherung

Person	Schweizer Staatsangehöriger, Jahrgang 1984
Dienstbeginn am Unfalltag	07:15 UTC
Lizenz	<i>safety related task (SRT) licence</i> , <i>aerodrome control instrument (ADI) rating</i> , erstmals ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) am 2. Juli 2009, gültig bis 10. Juli 2013 <i>language endorsements: English level 4</i> , gültig bis 29. September 2012
Medizinisches Tauglichkeitszeugnis	Klasse 3, ausgestellt am 17. August 2011, gültig bis 16. September 2013

### 1.6 Angaben zum Luftfahrzeug

#### 1.6.1 Allgemeine Angaben

Eintragungszeichen	CN-MBR
Luftfahrzeugmuster	EMB-505 PHENOM 300
Charakteristik	Tiefdecker, Geschäftsreiseflugzeug mit zwei Strahltriebwerken ohne Schubumkehranlage ( <i>thrust reversers</i> ) Das Flugzeug ist zertifiziert für <i>single pilot operation</i>
Hersteller	Embraer, Sao José dos Campos,

	Brasilien
Baujahr	2011
Werknummer	50500025
Eigentümer	DALIA AIR, 30 Rue Normandie, Casablanca 20100, Marokko
Halter	DALIA AIR, 30 Rue Normandie, Casablanca 20100, Marokko
Triebwerk	Zwei Triebwerke Pratt & Whitney Canada PW535E links: <i>serial number</i> PCE-DG0043 rechts: <i>serial number</i> PCE-DG0040
Betriebsstunden	Zelle 510:38 h Triebwerke 624:07 h
Höchstzulässige Massen	Höchstzulässige Abflugmasse 8150 kg Höchstzulässige Landemasse 7650 kg
Masse und Schwerpunkt	Die Masse des Flugzeuges zum Abflugzeitpunkt betrug 7543 kg. Die Masse des Flugzeuges zum Unfallzeitpunkt betrug 7093 kg. Sowohl Masse als auch Schwerpunkt befanden sich innerhalb der gemäss Luftfahrzeughandbuch ( <i>aircraft flight manual</i> – AFM) zulässigen Grenzen.
Unterhalt	Die letzte geplante Unterhaltsarbeit fand am 7. Juli 2012 bei 480:45 Stunden statt.
Technische Einschränkungen	Im <i>technical log book</i> waren keine Mängel eingetragen, welche auf die Lufttüchtigkeit einen Einfluss gehabt hätten. Im <i>pilot's operating handbook</i> des Flugzeugherstellers war festgehalten, dass die Klappenposition „FULL“ nicht verfügbar sei und diese Position für den Klappenwählhebel mechanisch blockiert sei.
Zugelassene Treibstoffqualität	Flugpetrol JET A1
Treibstoffvorrat	Gemäss Flugplan hatte das Flugzeug vor dem Start 2020 kg Treibstoff an Bord ( <i>take off fuel</i> ). Darin war unter anderem ein <i>trip fuel</i> von 279 kg enthalten. Gemäss Flugplan betrug die minimal benötigte Treibstoffmenge ( <i>minimum block fuel</i> ) 776 kg. Die zusätzlichen 1244 kg hätten für eine Flugzeit von rund drei Stunden gereicht. Gemäss Flugplan hatte die Besatzung für den Flug 450 kg Treibstoff verbraucht ( <i>fuel used</i> ).
Eintragungszeugnis	Nr. 645, ausgestellt durch das <i>Ministry of</i>

<i>certificate of registration</i>	<i>Equipment and Transport of the Kingdom of Morocco</i> am 14. Februar 2011
Lufttüchtigkeitszeugnis <i>certificate of airworthiness</i>	Nr. 0269, ausgestellt durch das <i>Ministry of Equipment and Transport of the Kingdom of Morocco</i> am 11. Februar 2011, gültig nur zusammen mit einem gültigen <i>airworthiness review certificate</i> .
Lufttüchtigkeits-Folgezeugnis <i>airworthiness review certificate</i>	Nr. 803/12, gültig vom 16. Januar 2012 bis 9. Januar 2013
Zulassungsbereich	<i>NORMAL</i> <i>Transport public de passager 1</i>

## 1.6.2 Cockpitausrüstung

### 1.6.2.1 Allgemeines

Das Flugzeug war mit einem *Garmin Embraer Prodigy Flight Deck 300* ausgerüstet. Dieses System ermöglicht der Besatzung den Zugriff auf alle nötigen Informationen und Flugführungssysteme. Das Flugzeug wird über die Haupt- und Seitenpaneele geführt.

Systemfehler werden primär mit einem Warnsystem (*crew alerting system – CAS*) angezeigt. Die entsprechenden synoptischen Darstellungen sollen dem Piloten die Überwachung erleichtern.

### 1.6.2.2 Cockpitauslegung

Die generelle Cockpitauslegung ist in der Anlage 7 ersichtlich. Bei den drei Bildschirmen handelt es sich um je eine primäre Fluganzeige (*primary flight display – PFD*) für Kommandant und Copilot und dazwischen angeordnet eine Mehrfach-Funktionsdarstellung (*multi function display – MFD*).



**Abbildung 1:** Übersicht Cockpit-Frontpaneele mit der Bildschirmwahl wie sie für den Normalfall (*normal operation*) gewählt wird: links und rechts je ein *primary flight display* (PFD) und in der Mitte ein *multifunction display* (MFD)

Auf dem PFD der Piloten (vgl. Anlage 8) werden primär die Geschwindigkeit, die Flughöhe, die Kursrichtung und die Fluglage angezeigt. Dabei können verschiedene zusätzliche Informationen wie z. B. Kommunikation, Navigation, Flugführungs- und Flugplananzeigen dargestellt werden. Im Weiteren dient der PFD

auch als Warnsystem (*crew alerting system* – CAS). Anzeigen über Systemfehler werden rechts neben der Höhenanzeige dargestellt.

Die linke Seite des MFD (vgl. Anlage 9) ist bestimmt für die Anzeige von Triebwerksdaten und Flugzeugsystemen. Die mittlere und rechte Seite des MFD wird hauptsächlich für Kartendarstellungen und Flugplananzeigen gebraucht. Zusätzlich kann eine Vielzahl von weiteren Informationen auf dem MFD dargestellt werden, wie z. B. Verkehrsanzeigen, Wetterradar, Gelände, Anflugkarten und Wegpunktinformationen.

### 1.6.3 Flugzeugsysteme

#### 1.6.3.1 Allgemeines

In den folgenden Kapiteln werden nur jene Flugzeugsysteme beschrieben, welche zum Zeitpunkt des Unfallfluges eine Rolle gespielt haben. Die detaillierte Beschreibung der Systeme findet sich im Piloten-Handbuch (*pilot's operating handbook* – POH) des Herstellers, in *section 6 „systems description“*.

#### 1.6.3.2 Das Flugsteuerungssystem

##### 1.6.3.2.1 Allgemeines

Das Flugsteuerungssystem (*flight control system*) besteht aus einem primären und einem sekundären *control system*. Das sekundäre *control system* besteht aus folgenden Komponenten:

- *flaps*
- *aileron and rudder trim tabs*
- *elevator tab and movable horizontal stabilizer surface*
- *ground spoilers*
- *speed brakes*

Das *flaps* und *trim system* wird elektrisch angesteuert und mit elektromechanischen Betätigungseinheiten (*actuator*) angetrieben. Die *ground spoilers* und *speed brakes* werden elektrisch angesteuert und hydraulisch betrieben.

##### 1.6.3.2.2 Die Auftriebshilfen

Das Klappenkontrollsystem ist ein elektromechanisches System und bewegt total vier Klappenoberflächen, d.h. zwei per Flügel. Die äusseren Klappen werden durch je zwei und die inneren Klappen durch je eine Gewindespindel (*irreversible flap linear actuator* – IFLA) bewegt, respektive aus- oder eingefahren. Die Gewindespindeln werden via flexible Wellen von der *power drive unit* (PDU) angetrieben. Dabei wird die Klappenposition und Kontrolle mittels folgender Komponenten überwacht:

- *flap selector lever (FSL)*
- *flight control electronic (FCE)*
- *power drive unit (PDU)*
- *irreversible flap linear actuator (IFLA)*
- *flap position sensor unit (FPSU)*
- *flexible shafts*



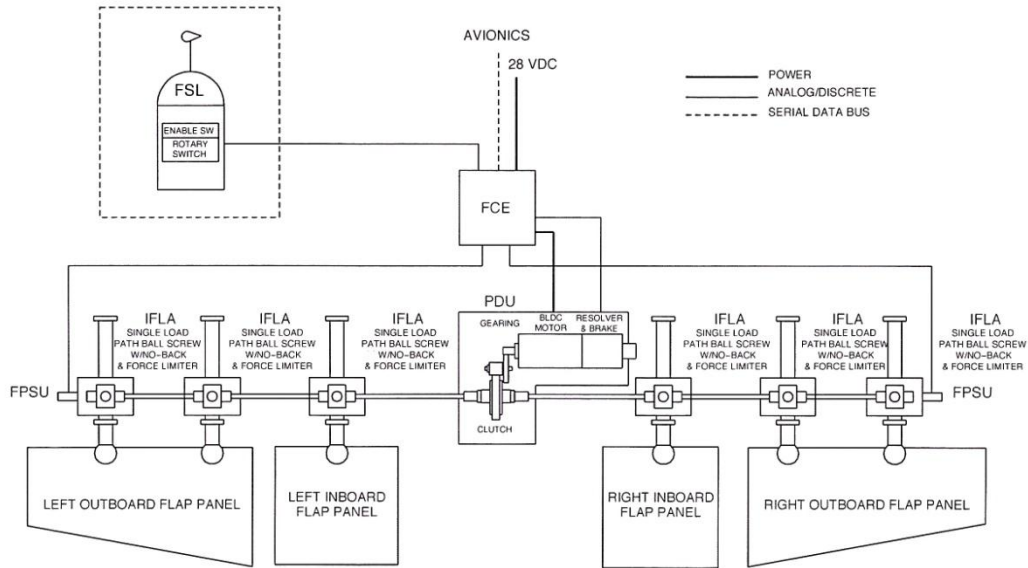
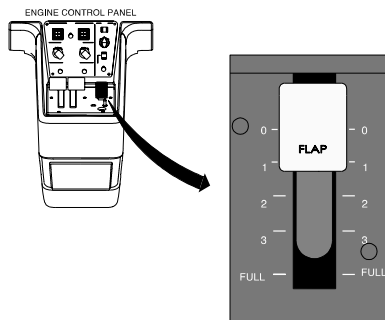


Abbildung 2: Schematische Darstellung des Klappenkontrollsystems (POH 2908, 6-07-10)

Die Stellung der Auftriebshilfen (*flaps*) wird durch einen Klappenwählhebel (*flap selector lever* – FSL) gewählt. Der FSL befindet sich in der Mittelkonsole. Die Klappenposition wird gewählt, indem der FSL angehoben und in die gewünschte Halteraste gesetzt wird. Zwischenpositionen sind nicht zugelassen. Wird der FSL in eine Zwischenposition gebracht, wird dem Piloten im Warnsystem (*crew alerting system* – CAS) die Warnung FLAP FAIL angezeigt und die Klappen bleiben in der letzten gültigen Position.



Lever Position	Flaps Position	Detent/Gated
0	0°	Detent/Stop
1	8°	Detent
2	26°	Gated/Stop
3	26°	Detent
FULL	35°	Detent/Stop

NOTE: The flap FULL position is not available and is blocked by a mechanical stop added to the FSL.

Abbildung 3: Flap selector lever und Beschreibung (POH2908, 6-07-05)

Ferner wird dem Piloten die Klappenposition auf dem MFD wie folgt angezeigt:

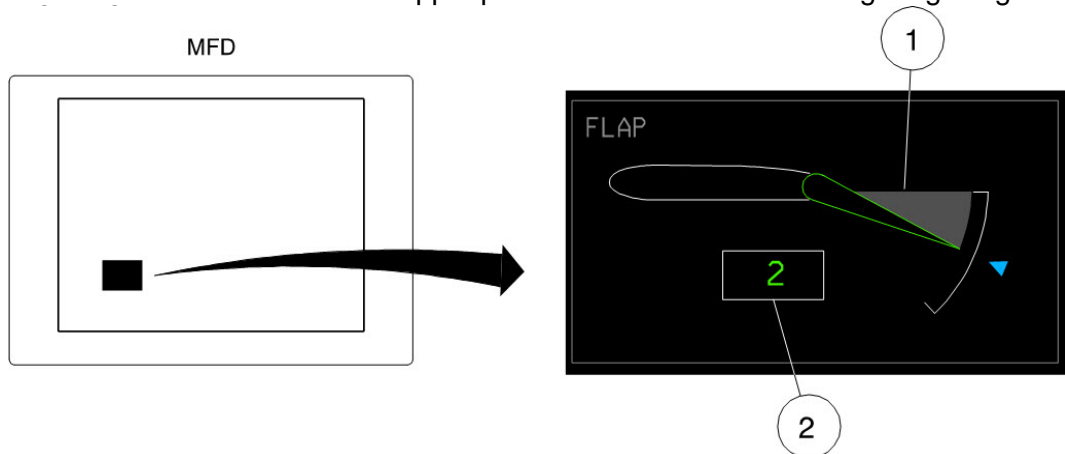


Abbildung 4: Darstellung der Klappenposition (POH2908, 6-07-05)

- ① Zeigt die Klappenposition in drei möglichen Farben wie folgt an:
- GREEN:** Normaler Systembetrieb  
**YELLOW:** Das Klappensystem versagt oder die FSL Stellung ist nicht bekannt  
**RED:** Vor dem Start: Die Klappen sind nicht in Startposition.
- Der blaue Zeiger (*cyan pointer*) zeigt die gewählte Klappenposition (FSL Position). Die obere Marke zeigt die 0 Position und die untere Marke die FULL Position. Versagt die Informationsanzeige oder ist sie ausserhalb der Limiten, wird sie nicht mehr angezeigt
- ② Zeigt die Klappenposition numerisch in drei möglichen Farben wie folgt an:
- GREEN:** Gültige Klappenposition  
**YELLOW:** Klappensystem ist nicht betriebsfähig aber die Position ist verfügbar  
**RED:** Vor dem Start: Die Klappen sind nicht in Startposition.
- Befinden sich die Klappen in Bewegung, wird die Anzeige durch grüne Striche ersetzt. Ist die Klappenposition ungültig oder nicht verfügbar, zeigt die Anzeige ein rotes X.

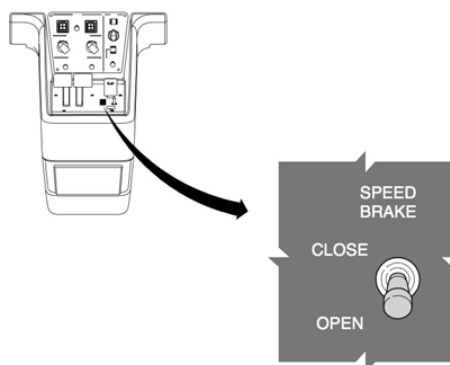
### 1.6.3.2.3 Störklappen

Auf jedem Flügel sind je zwei Störklappen (*spoiler*) vorhanden. Pro Flügel ist eine Kontrolleinheit (*power control unit*) für das Bewegen der *spoiler* verantwortlich. Das Störklappen-Kontrollsystem hat folgende drei Funktionen:

- *roll spoiler*
- *speed brakes*
- *ground spoiler*

Bei der Funktion als *roll spoiler* unterstützen die *spoiler* die Rollbewegungen um die Längsachse des Flugzeuges. Die *spoiler panels* werden dabei asymmetrisch ausgefahren, um eine optimale Rollunterstützung zu gewährleisten. Diese Funktion ist nur bei ausgefahrenen Klappen gewährleistet, wobei das Ausfahren der *spoilers* von der Klappenstellung und dem Drehwinkel der Steuersäule abhängig ist.

Bei der Funktion als *speed brakes* erhöhen die ausgefahrenen *spoilers* den Widerstand und verringern den Auftrieb. Die Bedienung der *spoilers* als *speed brakes* erfolgt über einen Schalter an der Mittelkonsole.



Die Funktion *speed brakes* ist nur verfügbar, wenn die Klappen eingefahren sind. Sind die *speed brakes* ausgefahren und werden gleichzeitig die Klappen ausgefahren, fahren die *speed brakes* automatisch wieder ein und die weisse Hinweismeldung SPDBRK SW DISAG wird im CAS angezeigt.

Abbildung 5: *speed brake control switch* (POH 2908, 6-07-15)

In der Funktion *ground spoiler* erhöhen die ausgefahrenen Störklappen den Widerstand und vermindern den Auftrieb nach erfolgter Landung oder bei einem Startabbruch. Diese Funktion erfolgt ohne spezielles Eingreifen des Piloten. Wenn die folgenden drei Bedingungen erfüllt sind, fahren die *ground spoilers* automatisch aus:

- *Airplane on ground*
- *Thrust levers in the idle position*
- *Ground spoiler armed*

Die *ground spoilers* sind *armed*, sobald sich das linke oder das rechte Hauptfahrwerkrad mit einer Drehzahl, entsprechend einer Geschwindigkeit von über 60 Knoten dreht und/oder drei von vier *weight on wheel sensors* während mehr als 10 Sekunden entlastet sind, respektive das Flugzeug in der Luft (*airborne*) ist.

#### 1.6.3.3 Grenzwerte

Im *operations manual* OM B des Flugbetriebsunternehmens werden in Kapitel 1 unter „1. Limitations“ unter anderem folgende Geschwindigkeitswerte publiziert:

Geschwindigkeitswerte ( <i>limitations</i> )	KIAS
<i>maximum speed with flaps in position 1</i>	180
<i>maximum speed with flaps in position 2</i>	170
<i>maximum speed with flaps in position 3</i>	170
<i>maximum speed with flaps in position FULL</i> (nicht verfügbar)	

*flap maneuvering speed:*

<i>gear up, flaps in position 0</i>	180
<i>gear up, flaps in position 1</i>	150
<i>gear down, flaps in position 2</i>	140
<i>gear down, flaps in position 3</i>	140

*landing gear operating speed:*

$V_{LO}$	250
$V_{LE}$	250

$V_{LO}$  *max. speed at which the landing gear can safely be extended and retracted*

$V_{LE}$  *max. speed at which the airplane can safely be flown with the gear extended*

#### 1.6.3.4 Radbremsen

Das Bremssystem ist ein *brake-by-wire system*. Dieses wird durch die Fusspedalen der beiden Piloten aktiviert, wobei die Bremspedale des Copiloten mechanisch mit denjenigen des Kommandanten verbunden sind. Durch je einen Signalgeber für das rechte, respektive linke Bremspedal wird ein entsprechendes Bremssignal an die Bremskontrolleinheit (*brake control unit* – BCU) gesendet. Aus Redundanzgründen sendet jeder Signalgeber zwei voneinander unabhängige Signale. Die BCU erhält alle Bremssignale und steuert die entsprechenden Ventile (*shutoff valve* – SOV und *brake control valves* – BCV).

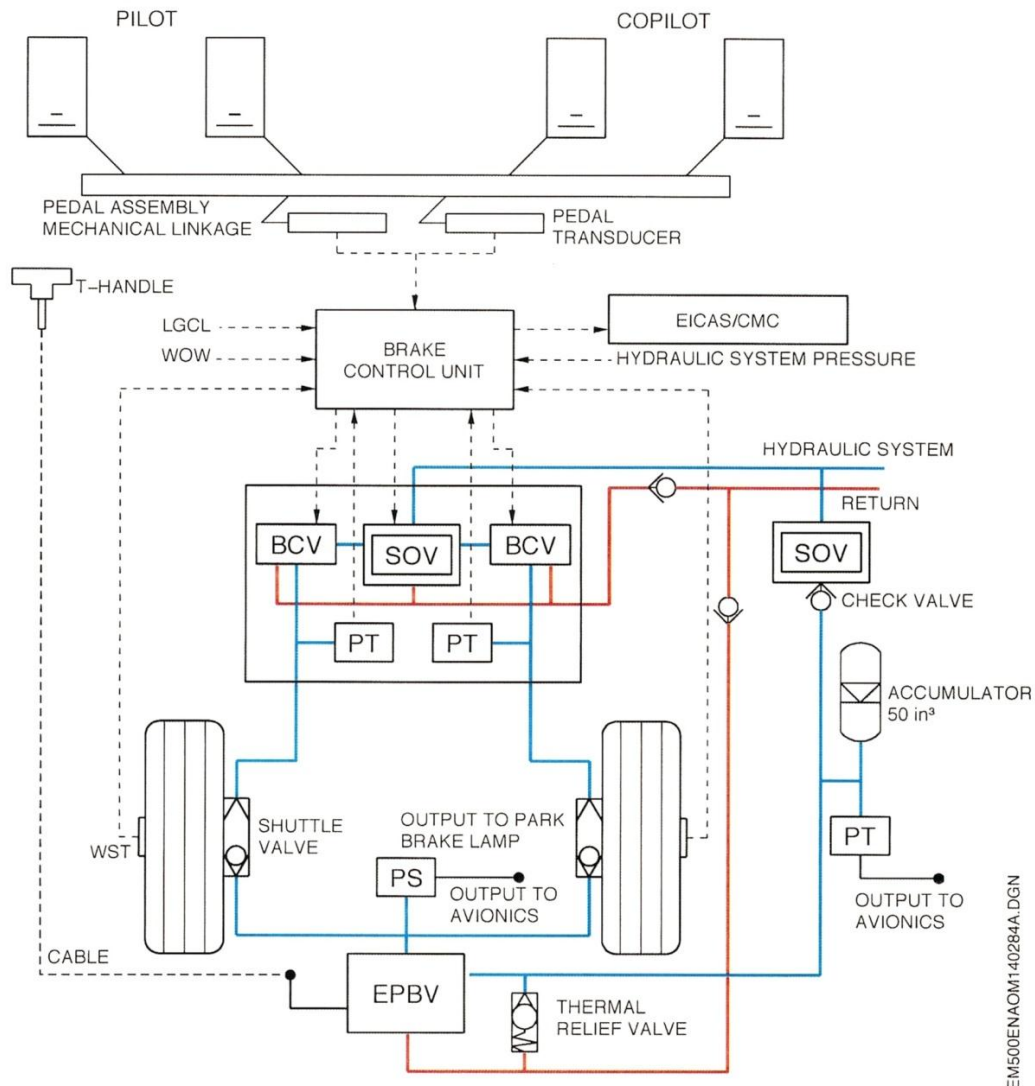


Abbildung 6: Schematische Darstellung des Bremssystems (POH2908, 6-12-20)

Das System ermöglicht durch differenziertes Bremsen die Steuerung des Flugzeuges zu unterstützen. Grundsätzlich erfolgt die Steuerung jedoch über das Bugrad, welches zu diesem Zweck mit den Pedalen der Piloten mechanisch verbunden ist.

Das System verfügt über ein *anti-skid* System, welches eine maximale Bremswirkung ermöglicht und gleichzeitig verhindert, dass die Räder blockieren. Das *anti-skid* System wirkt, wenn beide Räder eine Geschwindigkeit von mehr als 30 kt aufweisen. Bei Geschwindigkeiten unter 10 kt ist das *anti-skid* System deaktiviert.

Im Weiteren verfügt das System über eine sogenannte *touchdown protection*. Diese baut den Bremsdruck ab, sobald das Flugzeug nach dem Start in der Luft ist. Sie verhindert damit bei der Landung, wenn beim Aufsetzen auf der Piste die Bremspedale bereits gedrückt sind, ein Blockieren der Räder, bevor diese eine minimale Drehzahl (*spin up*) erreicht haben. Hat die Drehgeschwindigkeit der Räder eine Geschwindigkeit von 60 kt erreicht, steht beim Drücken der Bremspedale der volle Bremsdruck zur Verfügung. Diese Limite von 60 kt wird innerhalb von 3 Sekunden linear auf 30 kt reduziert, wenn das Signal WOW (*weight on wheel*) bestätigt, dass das Flugzeug effektiv am Boden ist. Bestätigt das WOW-Signal ununterbrochen während dreier Sekunden, dass das Flugzeug am

Boden ist, wird die *touchdown protection*, unabhängig von der Radgeschwindigkeit, ebenfalls deaktiviert.

Im Falle eines hydraulischen Fehlers kann das Flugzeug mit der sogenannten *emergency/parking brake* zum Halten gebracht werden. Diese bedient mechanisch einen isolierten Druckakkumulator. Dieser erzeugt Druck auf alle Bremsen und kann durch den Piloten moduliert werden. Der Akkumulator hat genügend Druck um sechs volle Druckapplikationen zuzulassen. Beim Benutzen der *emergency/parking brake* steht das *anti skid* System nicht zur Verfügung.

#### 1.6.3.5 Berechnung der Landedistanz

Die Angaben zur Berechnung der Landedistanzen in Abhängigkeit der Landemasse und unter Berücksichtigung allfälliger Einschränkungen finden sich im POH des Flugzeugherstellers, in *section 3 „performance“* und dort in *section 3-45 „approach and landing“*.

Die Landedaten basieren auf einer Landetechnik, die in *section 3-45-20* wie folgt festgehalten ist:

- „Steady three degree angle approach at  $V_{REF}$  in landing configuration;
- $V_{REF}$  airspeed maintained at runway threshold;
- Idle thrust established at runway threshold;
- Attitude maintained until MLG [main landing gear] touchdown;
- Maximum brake applied immediately after MLG touchdown;
- Antiskid system operative

*If these performance techniques are not strictly used for a typical landing made during normal operations, the distance may be longer.“*

Bezüglich *factored landing distance*, welche z.B. in der Prüfliste für FLAP FAIL (vgl. Anlage 13) erwähnt wird, wird unter anderem in *section 3-45-30* Folgendes festgehalten:

*„Factored landing distance is the actual distance to land the airplane from a point 50 ft above runway threshold to complete stop, factored according operational rules, using the landing technique described in the beginning of this section.“* [siehe oben].

Dabei muss festgehalten werden, dass in dieser *factored landing distance* respektive *required landing distance* eine Reserve enthalten ist. Gemäss JAR-OPS 1.515 beträgt diese Reserve 40 %. Das heisst, die effektive Landedistanz (*unfactored landing distance*) beträgt 60 % und muss demzufolge mit 1.67 multipliziert werden, damit man die *factored landing distance* erhält, welche 100 % entspricht.

In der vom Flugzeughersteller publizierte Tabelle „LANDING DISTANCE CORRECTION“ (QRH, PD35-1, Abbildung 9) fällt auf, dass diese Reserve nicht 40 %, sondern 32.5 % beträgt.

Im Weiteren wird bezüglich des Gebrauchs der Tabellen in *section 3-45-40 „corrected landing distances – wet runways or abnormal landings“* noch Folgendes festgehalten:

*„In order to determine the landing distance on wet runways or abnormal landings, the LANDING DISTANCE CORRECTION table should be used.*

*Enter the factored landing distance for the selected configuration (weight/landing Flap/anti-ice setting/altitude and wind) found on the FACTORED LANDING DISTANCE tables in the FACTORED LANDING CORRECTION table.*

**NOTE:** *Do not interpolate between distances. Use the next highest value of factored landing distance available (...).“*

Für den Gebrauch im täglichen Betrieb wird den Piloten eine angepasste Auswahl dieser Tabellen in der Prüfliste für Notfälle und abnormale Fälle (*quick reference handbook – QRH*) im „grünen“ Register unter „*landing, performance data*“ zur Verfügung gestellt.

Im QRH sind unter anderem folgende Bemerkungen festgehalten:

„**NOTE:** – *The tables in the following pages provide the corrected distances for landings with different weights and runway conditions. The distances provided consider the worst case among the scenarios presented in the POH in terms of contaminant depths and landing flaps.*

– *These tables constitute a simplification and therefore do not represent the optimized landing performance for each condition. They are a source for an in-flight quick assessment of the actual landing condition if the runway becomes wet or contaminated. (...)*“

Geht man von den Landedaten aus, wie sie im vorliegenden Fall vorhanden waren, nämlich:

- Landemasse 7093 kg
- $V_{REF}$  130 KIAS ( $V_{REF3} + 17$  KIAS; QRH, EAP7-3)
- Korrekturfaktor 1.3 (QRH, EAP7-4, vgl. Anlage 13)

kommt man anhand der entsprechenden Tabellen unter Berücksichtigung einer Klappenstellung in Position 3, einer nassen Piste und einer Situation ohne Wind zu folgenden Werten (QRH, PD35-3):  $V_{REF3}$  113 KIAS, *factored landing distance wet* 1438 m.

**FACTORED LANDING DISTANCE (m) – ISA**  
ENGINE ICE PROTECTION OFF/ON – WINGSTAB OFF – ZERO SLOPE  
NO WIND – FLAP 3

Alt. (ft)	Weight (kg)	$V_{REF}$ (KIAS)	$V_{AC}$ (KIAS)	$V_{FS}$ (KIAS)	Dry (m)	Wet Unfact. (m)	Wet Fact. (m)	Std. Water (m)	Slush (m)	Wet Snow (m)
2000	5600	100	104	113	1009	1014	1380	1827	1839	1865
	5800	102	105	115	1029					
	6000	109	112	123	1153					
	6800	110	114	125	1175					
	7000	112	115	126	1196					
	7200	114	117	128	1218					
	7400	115	118	130	1239					
7600	117	120	132	1263	1056	1438	1937	1953	1978	

Abbildung 7: QRH, PD35-3, FACTORED LANDING DISTANCE (NO WIND)

Berücksichtigt man eine Rückenwindkomponente von 10 kt (QRH; PD35-7) ergibt sich eine *factored landing distance* von 1668 m.

**FACTORED LANDING DISTANCE (m) – ISA**  
ENGINE ICE PROTECTION OFF/ON – WINGSTAB OFF – ZERO SLOPE  
10 kt TAILWIND – FLAP 3

Alt. (ft)	Weight (kg)	$V_{REF}$ (KIAS)	$V_{AC}$ (KIAS)	$V_{FS}$ (KIAS)	Dry (m)	Wet Unfact. (m)	Wet Fact. (m)	Std. Water (m)	Slush (m)	Wet Snow (m)
2000	5600	100	104	113	1200	1182	1610	2267	2295	2290
	5800	102	105	115	1222					
	6000	109	112	123	1355					
	6800	110	114	125	1377					
	7000	112	115	126	1404					
	7200	114	117	128	1432					
	7400	115	118	130	1459					

Abbildung 8: QRH, PD35-7, FACTORED LANDING DISTANCE (10 kt TAILWIND)

Geht man nun mit diesen beiden Werten, wie in der Prüfliste für FLAP FAIL empfohlen, als *factored landing distance* in die Tabelle „LANDING DISTANCE COR-



RECTION“ (QRH; PD35-1 und auf den nächsten höheren Wert gerundet) so ergibt sich bei nasser Piste mit dem verlangten Korrekturfaktor von 1.3 eine minimal verlangte Pistenlänge (*minimum required runway length*) von 1142 m ohne Wind und 1318 m bei 10 kt Rückenwind.

**LANDING DISTANCE CORRECTION  
(FOR ABNORMAL LANDING USE ONLY)**

MINIMUM REQUIRED RUNWAY LENGTH (m)							
FACTORED (V <sub>REF</sub> )		UNFACTORED (V <sub>REF</sub> )		ABNORMAL LANDING FACTORS			
Dry	Wet	Dry	Wet	1.10	1.20	1.30	1.40
900	1035	608	760	669	730	791	851
1000	1150	676	845	743	811	878	946
1100	1265	743	929	818	892	966	1041
1200	1380	811	1014	892	973	1054	1135
1300	1495	878	1098	966	1054	1142	1230
1400	1610	946	1182	1041	1135	1230	1324
1500	1725	1014	1267	1115	1216	1318	1419
1600	1840	1081	1351	1189	1297	1405	1514
1700	1955	1149	1436	1264	1378	1493	1608

NO WIND  
10 kt TAILWIND

Abbildung 9: QRH, PD35-1, LANDING DISTANCE CORRECTION

Diese Werte liegen unter den Werten der *factored landing distance*, weil bei einem technischen Problem grundsätzlich die *unfactored landing distance* als Basis für eine Korrektur berücksichtigt wird. Diese *unfactored landing distance* wird mit dem Korrekturfaktor multipliziert und mit der verfügbaren Pistenlänge verglichen, um die verbleibende Reserve zu ermitteln, welche unter anderem dem Piloten als Entscheidungskriterium dient.

Es muss festgehalten werden, dass sich der Korrekturfaktor von 1.3 in der obigen Tabelle (Abbildung 9) nur auf die *unfactored landing distance dry* bezieht und nicht auf die *unfactored landing distance wet*. Würde man die Werte der *unfactored landing distance wet* mit dem Faktor 1.3 multiplizieren, ergäbe das eine *minimum required runway length* von 1428 m ohne Wind und 1648 m mit 10 kt Rückenwind.

Für eine Landung auf der Piste 10 auf dem Regionalflugplatz Altenrhein stand die ganze Pistenlänge von 1400 m zur Verfügung.

Bei obiger Tabelle ist weiter festzuhalten, dass bei einer nassen Piste für die *factored landing distance* gegenüber einer trockenen Piste ein Zuschlag von 15 % berücksichtigt ist. Dies entspricht der Definition, wie sie in JAR-OPS 1.600 festgelegt ist. Bei der *unfactored landing distance* beträgt dieser Zuschlag in obiger Tabelle 25 %.

In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass in JAR-OPS 1 Subpart F unter anderem folgende Definitionen festgehalten sind:

„(3) *Damp runway.* A runway is considered damp when the surface is not dry, but when the moisture on it does not give it a shiny appearance.

(4) *Dry runway.* A dry runway is one which is neither wet nor contaminated, and includes those paved runways which have been specially prepared with grooves or porous pavement and maintained to retain ‘effectively dry’ braking action even when moisture is present.

(10) *Wet runway.* A runway is considered wet when the runway surface is covered with water, or equivalent, less than specified in sub-paragraph (a)(2) above

*or when there is sufficient moisture on the runway surface to cause it to appear reflective, but without significant areas of standing water.”*

Demzufolge hat eine gerillte (*grooved*) Piste auf die Berechnung der Landedistanz nur dann einen Einfluss, wenn der Pistenzustand als *damp* bezeichnet wird, weil dann dieser Zustand als *dry* betrachtet werden kann. Zum Zeitpunkt des Unfalls war die Piste nass (*wet runway*).

#### 1.6.3.6 Warnvorrichtungen

##### 1.6.3.6.1 Allgemeines

Das Flugzeug Phenom 300 bietet der Besatzung verschiedene Möglichkeiten zum Anzeigen von Systemzuständen und zur Warnung vor Störungen und abnormalen Flugzeugkonfigurationen. Alarmlichter (*master warning and master caution lights*) weisen auf Systemzustände hin. Warnmeldungen werden den Piloten auf dem jeweiligen PFD im CAS-Fenster angezeigt.

Im Weiteren erhöhen verschiedene Warnungen, akustisch und visuell, die Aufmerksamkeit der Piloten. Zu diesem Zwecke war auf dem Phenom 300 auch ein Bodenannäherungs-Warnsystem (*terrain awareness and warning system – TAWS*) und ein Verkehrswarn- und Kollisionsverhinderungssystem (*traffic alert and collision avoidance system – TCAS*) eingebaut.

Im Folgenden werden nur jene Warnungen beschrieben, welche zum Zeitpunkt des Unfallfluges eine Rolle gespielt haben.

##### 1.6.3.6.2 Optische Warnungen

Im CAS-Fenster auf dem PFD (vgl. Anlage 8) werden dem Piloten Unstimmigkeiten oder Statusmeldungen angezeigt. Ein zusätzlicher *message alert button* blinkt und meldet der Besatzung neue Meldungen, bis diese durch die Besatzung bestätigt werden.

Die CAS-Meldungen werden, je nach Priorität, in drei verschiedene Stufen mit entsprechenden Farben wie folgt unterteilt:

*Warning (red)*: Sie machen die Besatzung auf eine Notsituation aufmerksam, die eine unmittelbare Aktion verlangt.

*Caution (amber)*: Sie zeigen einen abnormalen Betriebszustand, welcher die Aufmerksamkeit und eine Folgereaktion durch die Besatzung verlangt.

*Advisory (white)*: Sie weisen die Besatzung auf einen Zustand hin, der ihre Aufmerksamkeit und eine mögliche Aktion verlangt.

Im Flugzeug CN-MBR erschien während des ersten Anfluges die *amber* Meldung FLAP FAIL, welche bis nach der Landung aktiv blieb. Während dieser Zeit erschien die weisse Hinweismeldung SPDBRK SW DISAG immer dann, wenn die Besatzung versuchte die *speed brakes* auszufahren, respektive den *speed brake switch* in die Position OPEN brachte (vgl. Kapitel 1.6.3.2.3).

##### 1.6.3.6.3 Akustische Warnungen

Ein elektronisches Warnsystem produziert und priorisiert akustische Warnungen. Die akustischen Warnungen werden nie unterbrochen, verstummen aber automatisch, wenn die gefährliche Situation nicht mehr besteht, welche für die Auslösung der Warnung verantwortlich war.

Die akustischen Warnungen haben folgende vier verschiedene Prioritätsstufen:

- *Emergency (levels 5 and 4)*;



- *Abnormal (levels 3 and 2);*
- *Advisory (level 1);*
- *Status (level 0).*

Die Stufen 4 und 5 (*emergency levels*) machen auf eine Situation aufmerksam, welche eine unmittelbare Aktion durch die Piloten verlangt.

Im vorliegend untersuchten Unfall ertönte nach dem Durchstart die akustische Warnung „HIGH SPEED“ und kurz darauf die akustische Warnung „AUTOPILOT“. Beide Warnungen blieben während rund 20 Sekunden aktiv.

Die akustische Warnung „HIGH SPEED“, eine *level-4*-Warnung (*emergency level*), bedeutet eine Geschwindigkeitsüberschreitung (*overspeed*), bezogen auf die aktuelle Konfiguration des Flugzeuges.

Die akustische Warnung „AUTOPILOT“, ebenfalls eine *level-4*-Warnung, bedeutet, dass der Autopilot ausgeschaltet wurde. Wird der Autopilot durch die Piloten bewusst ausgeschaltet, so ertönt diese Meldung ein einziges Mal und die Anzeige „AP“ leuchtet während fünf Sekunden alternierend auf, bis der Pilot ein zweites Mal den Ausschaltknopf drückt. Wird der Autopilot systembedingt automatisch ausgeschaltet, wird die akustische Meldung „AUTOPILOT“ ständig wiederholt, bis der Pilot das Ausschalten durch den Ausschaltknopf bestätigt.

#### 1.6.3.6.4 Bodenannäherungs-Warnsystem

Das TAWS erzeugt optische und akustische Warnungen, wenn sich das Flugzeug in gefährlicher Weise dem Boden nähert. Dabei ist festzuhalten, dass TAWS-Warnungen immer der Stufe 5 (*emergency level*) angehören. Ebenso generiert das TAWS akustische Höhenangaben, um die Piloten über die Annäherung an die Piste während der Landung zu informieren. Diese akustischen Höhenangaben beginnen bei 500 ft und werden (optional) in 100 ft Schritten ausgeufen. Zudem erfolgt auch die Meldung "MINIMUMS" wenn die vorher durch die Piloten im System gewählte Minimumhöhe (*minimum descent altitude – MDA* oder *decision height – DH*) erreicht wird.

Das TAWS generiert zusätzlich erweiterte Informationen bezüglich des Terrains rund um die aktuelle Position des Flugzeuges unter anderem mittels einer Datenbank. Bestimmte Signale des Flugzeuges werden überwacht, verarbeitet und in Relation zu oben erwähnten Daten gebracht. Befindet sich das Flugzeug bezüglich Konfiguration und räumlicher Position in einer Lage, welche ohne Korrektur innert kurzer Zeit in eine kritische Situation führen würde, wird eine entsprechende Warnung ausgelöst.

Es gibt verschiedene *modes*, die eine entsprechende Warnung inklusive Dringlichkeit ausgeben, wie z. B.:

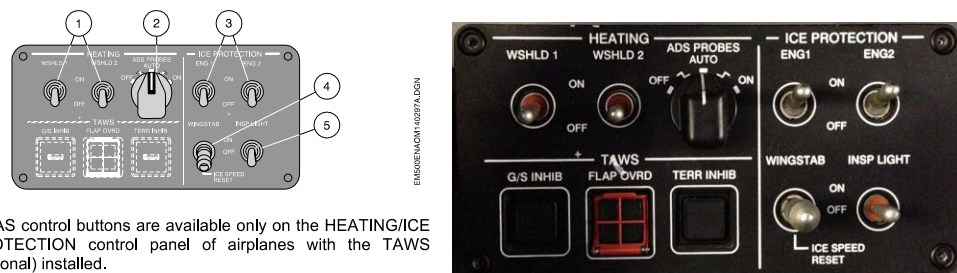
*Excessive closure rate alert (ECR)*. Dieser generiert die beiden akustischen Warnungen „<whoop><whoop> PULL UP“ oder „TERRAIN, TERRAIN“. Zusätzlich wird auf dem PFD/MFD „PULL UP“ respektive „TERRAIN“ angezeigt. Der ECR ertönt, wenn sich das Flugzeug mit einer exzessiven Sinkrate dem Boden nähert und ist abhängig von der Fahrwerk- und Klappenstellung des Flugzeuges.

*Flight into terrain alert (FIT)*. Diese Warnung ertönt, wenn das Flugzeug bezüglich Gelände zu tief fliegt und die Stellung des Fahrwerks und der Klappen nicht derjenigen für eine Landung entspricht. Die akustische Warnung heisst „TOO LOW GEAR“ oder „TOO LOW FLAPS“ und auf dem PFD/MFD erscheint die Meldung „TERRAIN“ respektive „TOO LOW GEAR“ oder „TOO LOW FLAPS“.

Bezüglich der Warnung „TOO LOW FLAPS“ muss festgehalten werden, dass diese deaktiviert werden kann, wenn man bewusst auf diese Warnung verzichten will. Im *Embraer Prodigy Flight Deck 300 Pilot's Guide* des Herstellers ist dazu in

Kapitel „*hazard avoidance*“ unter dem Titel „*flight into terrain alert*“ (FIT) unter anderem Folgendes festgehalten: „*To reduce nuisance FIT alerts on approach where flap extension is not desired (or is intentionally delayed), the pilot may override FIT alerting based on the flap position, while other FIT alerting remains in effect.*“ Im Weiteren wird beschrieben, wie diese Deaktivierung vorgenommen wird. Entweder über die TAWS-A *page* oder über die MENU *page* mittels „*flap override*“. In beiden Fällen wird dabei die Hinweisanzeige FLAP OVRD generiert.

Optional sind auf dem Flugzeug Phenom 300 separate TAWS *control buttons* verfügbar. Die Funktion dieser *control buttons* und ihre entsprechende Anwendung sind im POH nicht beschrieben. Das Flugzeug CN-MBR war mit dieser Option ausgerüstet.



NOTE: TAWS control buttons are available only on the HEATING/ICE PROTECTION control panel of airplanes with the TAWS (optional) installed.

**Abbildung 10:** HEATING/ICE PROTECTION *control panel*  
(links: POH 2908, 6-11-05; rechts: Im Flugzeug CN-MBR)

Im Weiteren war auf dem Flugzeug CN-MBR auch eine Warnung über das Abweichen vom Gleitweg verfügbar. Diese Warnung ertönt, wenn das System bemerkt, dass sich das Flugzeug während des Anfluges auf dem Instrumentenlandesystem (*instrument landing system* – ILS) mit ausgefahrenem Fahrwerk und unter 1000 ft signifikant unter den Gleitweg begibt. Die akustische Warnung heisst „GLIDESLOPE“ und erscheint auch auf dem PFD/MFD.

Beim vorliegenden Flug wurden gemäss den Aufzeichnungen im ersten respektive zweiten Anflug die folgenden akustischen Höhenangaben und Warnungen nacheinander ausgelöst:

erster Anflug:

- *minimums, minimums*
- *five hundred*
- *four hundred*
- *three hundred*
- *two hundred*
- *one hundred*

zweiter Anflug:

- *terrain*
- *whoop whoop, pull up*
- *terrain*
- *minimums, minimums*
- *five hundred*
- *four hundred*
- *too low terrain*
- *three hundred*
- *too low flaps (two times)*
- *one hundred*
- *too low flaps*
- *glide slope*

Es muss festgehalten werden, dass systembedingt auch während des ersten Anfluges die Warnung *too low flaps* generiert wurde. Dass diese Warnung auf dem CVDR nicht hörbar ist, liegt daran, dass die Cockpitgespräche der Piloten alle anderen Geräusche und möglichen akustischen Warnungen teilweise übertönen.

## 1.7 Meteorologische Angaben

### 1.7.1 Allgemeine Wetterlage

In der Höhe reichte ein Trog von Spitzbergen bis zur Biskaya. Am Boden strömte kühle Meeresluft nach Mitteleuropa. Die entsprechende Frontalzone lag um 12:00 UTC knapp östlich des Bodensees.

### 1.7.2 Meteorologische Angaben für die Flugvorbereitung

Den Piloten standen für die Flugvorbereitung folgende Wetterunterlagen zur Verfügung:

- *terminal aerodrome forecast* (TAF) (30 h) von Zürich (LSZH), Genf (LSGG), TAF (9 h) von St. Gallen (LSZR) (vgl. Kapitel 1.7.6); TAF (8 bis 24 h) von diversen Flugplätzen im Süddeutschen Raum.
- *aerodrome routine meteorological report* (METAR) von Zürich, Genf, St. Gallen (vgl. Kapitel 1.7.5) und diversen anderen Flugplätzen im Süddeutschen Raum.
- *significant meteorological warning* (SIGMET), *airmen's meteorological information* (AIRMET) der Schweiz (vgl. Kapitel 1.7.8) sowie von der Region Marseille und Milano Allgemeine Wetterkarten „EUROC SIGNIFICANT WEATHER CHART“ (SFC) bis FL 450
- Wind und Temperaturkarten verschiedener Flughöhen (FL 050/100/140/180/240/300/340/390 und 450).

### 1.7.3 Wetter zur Unfallzeit am Unfallort

Gemäss Bodenanalyse von 12:00 UTC befand sich eine Kaltfront knapp östlich des Bodensees. Die Daten des Feldbergradars von 13:30 UTC zeigten zwischen Konstanz und Bregenz Regen mit mässiger Intensität. Der Deutsche Wetterdienst (DWD) definiert „mässig“ mit einer Niederschlagssumme von 0.5 bis 4.0 mm in 60 Minuten oder 0.1 bis 0.7 mm in zehn Minuten. Um 13:45 UTC war die Niederschlagsintensität schwächer und gehörte zur Kategorie „leicht“. Das bedeutet, dass in einer Stunde maximal 0.5 mm Niederschlag fallen respektive in zehn Minuten weniger als 0.1 mm verzeichnet werden.

Hinter der Kaltfront frischte der Westwind böig auf. Zwischen 13:00 und 13:10 UTC erreichte die maximale Sekundenböe 23 Knoten. Anschliessend gingen die Windspitzen zurück. Zwischen 13:30 und 13:40 UTC erreichte die maximale Sekundenböe sieben Knoten. Der mittlere Wind wehte mit drei Knoten aus Nordwest. Zwischen 13:40 und 13:50 UTC wehte der mittlere Wind mit einem Knoten. Der höchste Wert der Sekundenböe lag bei fünf Knoten.

Datum/Zeit (UTC)	Windgeschwindigkeit		Windrichtung	
	Sekunden Böe (kt)	10-Minuten Mittel (kt)	Böe	Mittelwind
201208061300	16	11	295	291
201208061310	23	15	294	285
201208061320	17	9	271	272
201208061330	12	8	296	293
201208061340	7	3	308	321
201208061350	5	1	329	333
201208061400	17	8	291	306

**Tabelle 1:** Aufzeichnung von Windgeschwindigkeit und Windrichtung des Windmessers südwestlich der Pistenschwelle 28 zwischen 13:00 und 14:00 UTC.

In den auf MeteoSchweiz basierenden Radar-Kompositbildern lag die Niederschlagsintensität zwischen 13:35 und 13:40 UTC im Intervall von 1 bis 1.6 Millimeter pro Stunde, Tendenz abnehmend.

#### 1.7.4 Astronomische Angaben

Sonnenstand                      Azimut: 233°                      Höhe: 49°  
Beleuchtungsverhältnisse      Tag

#### 1.7.5 Flugplatzwettermeldungen

In der Zeit von 13:20 UTC bis zum Unfall war die folgende Flugplatzwettermeldungen (*aerodrome routine meteorological report* - METAR) gültig:

*LSZR 061320Z 28014KT 9000 +RA BKN045 18/16 Q1016 NOSIG RMK I=*

Ausgeschrieben bedeutet dies: Am 6. August 2012 wurden kurz vor der Ausgabezeit der Flugplatzwettermeldung von 13:20 UTC auf dem Flugplatz St.Gallen-Altenrhein (LSZR) die folgenden Wetterbedingungen beobachtet:

Wind	aus 280° mit 14 kt
Meteorologische Sicht	9 km
Niederschläge	starker Regen
Bewölkung	5/8-7/8 auf 4500 ft AAL
Temperatur	18 °C
Taupunkt	16 °C
Luftdruck	1016 hPa, Druck reduziert auf Meereshöhe, berechnet mit den Werten der ICAO-Standardatmosphäre.
Landewetterprognose	Innerhalb der zwei Stunden nach Beobachtungszeit sind keine wesentlichen Änderungen zu erwarten.
ATIS-Kennung	INDIA

#### 1.7.6 ATIS-Meldungen des Regionalflugplatzes St. Gallen-Altenrhein

Am 6. August 2012 wurde durch den Regionalflugplatz St. Gallen-Altenrhein zwischen 12:45:50 und 13:45:20 UTC auf der entsprechenden Frequenz das folgende *automatic terminal information system* (ATIS) der Kennung INDIA mit den Wetterangaben von 12:50 UTC, ausgestrahlt:

*„Good afternoon, St. Gallen information INDIA. Expect ILS DME approach runway one zero, followed by visual right-hand circling runway two eight. Departure runway two eight. Met report time one two five zero. Wind three one zero degrees one one knots, visibility seven kilometres. Light rain. Clouds broken four thousand five hundred feet. Temperature two zero, dew point one five. QNH one zero one six. NOSIG. Transition level seven zero. Additional information: Ground frequency not active. St. Gallen information INDIA.“*

#### 1.7.7 Flughafenwettervorhersage

In der Zeit des Unfalls war für den Regionalflugplatz St. Gallen-Altenrhein die folgende Flugplatzwettervorhersage (*terminal aerodrome forecast* – TAF) gültig:

*TAF LSZR 061125Z 0612/0621 34008KT 9999 FEW020 BKN050*

TEMPO 0612/0618 SHRA FEW020 BKN040  
 PROB40 TEMPO 0612/0614 4500 TSRA SCT030CB BKN040  
 PROB40 TEMPO 0613/0617 28012G27KT=

Ausgeschrieben bedeutet dies: Am 6. August 2012 waren für den Flugplatz St. Gallen-Altenrhein um 11:25 UTC für die Zeit von 12:00 UTC bis 21:00 UTC folgende Wetterbedingungen vorhergesagt:

Wind	Aus 340° mit 8 kt
Meteorologische Sicht	10 km und mehr
Bewölkung	1/8-2/8 auf 2000 ft AAL 5/8-7/8 auf 5000 ft AAL
Trend	Zwischen 12:00 und 18:00 UTC werden Regenschauer erwartet bei 1/8-2/8 auf 2000 ft AAL und 5/8-7/8 auf 4000 ft AAL. Diese Wetterbedingungen betreffen gesamthaft weniger als die Hälfte der Vorhersageperiode, im einzelnen Fall weniger als eine Stunde.
Bedingte Vorhersagen	Zwischen 12:00 UTC und 14:00 UTC ist mit einer Wahrscheinlichkeit von 40 Prozent zu erwarten, dass die Sicht auf 4500 Meter zurück geht, Gewitter einsetzen und Regen fällt. Die Bewölkung besteht aus 3/8-4/8 Cumulonimben und einer Hauptwolkenschicht von 5/8-7/8 auf 4000 ft AAL.  Zwischen 13:00 UTC und 17:00 UTC überwiegt Wind aus 280 Grad mit 12 Knoten und mit Böen bis 27 Knoten. Die Wahrscheinlichkeit dazu beträgt 40 Prozent.

#### 1.7.8 Flugwettermeldungen, Vorhersagen und Warnungen

Zum Zeitpunkt des Unfalls gab es keine stark fluggefährdende Wettererscheinungen (*significant meteorological warning* – SIGMET).

In der Zeit von 09:00 UTC bis 15:00 UTC war folgende Flugwetterwarnung (*general aviation meteorological information* – GAMET) für den Raum Eastern Switzerland gültig:

FASW41 LSSW 060759  
 LSAS GAMET VALID 060900/061500 LSZH-  
 CHECK FOR APPLICABLE AIRMET AND SIGMET  
 EASTERN SWITZERLAND  
 SECN I  
 SFC GUSTS: 12/15 30KT SIGWX: ISOL TS  
 ICE: 12/15 LCA MOD ABV FL110  
 SECN II  
 W/T: 5000FT 270/20KT PS11 10000FT 210/30KT PS04  
 FZLVL: FL120  
 MNM QNH: 1015 HPA

Ausgeschrieben bedeutet diese Meldung:

Gültigkeitsgebiet	Eastern Switzerland – östlich einer Linie Basel-Steffisburg und nördlich einer Achse Steffisburg-
-------------------	---

	Rheineck.
Wettererscheinungen SECN I	Zwischen 12:00 und 15:00 UTC können die Windspitzen am Boden bis 30 Knoten erreichen. Zudem ist mit einzelnen Gewittern zu rechnen. Im selben Zeitraum ist oberhalb von Flugfläche 110 lokal mässige Vereisung möglich.
Allg. Wettervorhersage SECN II	Wind/Temperatur 5000 ft, 270° / 20 kt, +11 °C Wind/Temperatur 10 000 ft, 210° / 30 kt, +4 °C Nullgradgrenze auf 12 000 ft Minimum QNH 1015 hPa.

In der Zeit von 11:50 UTC bis 14:00 UTC war folgende Flugwetterwarnung (*airman's meteorological information* – AIRMET) gültig:

*LSAS AIRMET 3 VALID 061150/061400 LSZH-LSAS SWITZERLAND FIR/UIR ISOL TS OBS ZURICH AREA MOV NE NC=*

Ausgeschrieben bedeutet diese Meldung:

Gültigkeitsgebiet	Fluginformationsgebiet ( <i>flight information region</i> – FIR und <i>upper flight information region</i> – UIR) der Schweiz östlich einer Linie St-Imier – Simplonpass.
Wettererscheinungen	Im bezeichneten Raum wurden vereinzelt Gewitter beobachtet, die unter gleichbleibender Wetteraktivität nach Nordosten ziehen. Die Gewitter betreffen flächenmässige weniger als die Hälfte des Gebiets.
Intensitätsverlauf	Keine Änderung

#### 1.7.9 Webcambilder



Abbildung 11 und 12: Webcam Rorschacherberg, 6. August 2012, 13:34 UTC



Abbildung 13 und 14: Webcam Rorschacherberg, 6. August 2012, 13:44 UTC.



Abbildung 15: Webcam Lindau, 6. August 2012, 13:11 UTC



Abbildung 16: Webcam Lindau, 6. August 2012, 13:21 UTC





Abbildung 17: Webcam Lindau, 6. August 2012, 13:31 UTC

#### 1.7.10 Wetter gemäss Augenzeugenberichten

Der Busfahrer, welcher auf dem Rheinholzweg fuhr, äusserte sich zum Wetter wie folgt:

*„Es hatte ein paar Minuten vorher eine Regenwolke, die durchging. Als ich auf der Höhe Buried war, regnete es noch. Die Strassen waren nass. Darum sah ich auch Wasser auf der Piste respektive auf diesem Bereich, den ich sah. Ich dachte darum auch an Aquaplaning. Wasserspritzer links und rechts des Bugrades. Sichtverhältnisse waren normal. Geregnet hat es in diesem Moment nicht mehr.“*

Der Flugverkehrsleiter der Platzverkehrsleitstelle St. Gallen-Altenrhein sagte bezüglich Wetter:

*„Zum Zeitpunkt des Unfalls gab es eine Wetterfront, die durchzog. Daher hat der Wind stark variiert.“*

### 1.8 Navigationshilfen

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

### 1.9 Kommunikation

Der Funkverkehr zwischen dem Piloten und der Flugverkehrsleitung wickelte sich bis zum Unfallzeitpunkt ohne Schwierigkeiten ab.

### 1.10 Angaben zum Flughafen

#### 1.10.1 Allgemeines

Der Regionalflugplatz St. Gallen-Altenrhein (LSZR) liegt in der Ostschweiz auf dem Gebiet der Gemeinde Thal, 14 km ostnordöstlich von St. Gallen, in unmittelbarer Nähe zur Grenze des österreichischen Bundeslandes Vorarlberg am Ufer des Bodensees.

Der Regionalflugplatz St. Gallen-Altenrhein ist der einzige Schweizer Regionalflugplatz im Status eines privaten Flugfeldes mit Linienverkehr, d.h. ein Flugplatz ohne Konzession, Betriebs- und Zulassungspflicht.

Im Jahr 2011 wurde von der Flugsicherung Skyguide gesamthaft ein Verkehrsvolumen von über 28 000 Bewegungen registriert, davon über 10 000 An- und Ab-



flüge nach Instrumentenflugregeln (*instrument flight rules – IFR*) und gut 18 000 nach Sichtflugregeln (*visual flight rules – VFR*).

Im selben Jahr registrierte man etwas mehr als 3000 Linienflüge mit rund 92 000 Passagieren und über 70 Bedarfsflüge (*charter flights*) mit über 2800 Passagieren.

Die Bezugshöhe des Regionalflugplatzes beträgt 1306 ft AMSL und als Bezugstemperatur sind 23.5 °C festgelegt. Gemäss Tabelle 1-1 *aerodrome reference code* des ICAO Annex 14, Volume 1 ist der Regionalflugplatz St. Gallen-Altenrhein mit einer *aerodrome reference field length* von 1236 m als Flughafen mit der *code number 3 (1200 m up to but not including 1800 m)* zu klassifizieren. Gemäss Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) wurde der Regionalflugplatz St. Gallen-Altenrhein jedoch als Flugplatz mit der *code number 2* behandelt.

#### 1.10.2 Geschichtliches

Der Regionalflugplatz St. Gallen-Altenrhein entstand im Jahr 1927. Im Jahr 1954 wurde eine 1200 m lange und 30 m breite Hartbelagpiste gebaut, die unter anderem auch für die militärische Nutzung im Kriegsfall gedacht war. Im Jahr 1979 wurde die Piste auf 1500 m verlängert.

In der Verlängerung beider Pisten verlaufen rund 20 Meter nach den Pistenenden Hartbelagstrassen quer zur Pistenrichtung. In der Achse der Piste 10 quert der Rheinholzweg, der nur für den landwirtschaftlichen Verkehr sowie öffentliche Verkehrsmittel zugelassen ist. In der Achse der Piste 28 quert die Dorfstrasse, welche keinen Restriktionen unterliegt und welche die Orte Altenrhein und Staad miteinander verbindet respektive als Zubringerstrasse zur Autobahn dient.

Um für Verkehrsteilnehmer auf diesen beiden Strassen die Folgen durch Abstrahlung der startenden Militärflugzeuge zu mildern, wurden neben der Verlängerung der Piste auf 1500 m und dem Montieren von Fangnetzen für Militärflugzeuge des Typs Hunter an beiden Pistenenden zusätzliche Netze, sogenannte *jetblast-nets*, montiert. Nach dem Ausscheiden des Militärflugzeuges Hunter wurden die Fangnetze wieder demontiert. Die *jetblast*-Netze hingegen wurden an ihren Standorten belassen.

#### 1.10.3 Pistenausrüstung

Der Regionalflugplatz St. Gallen-Altenrhein verfügt über eine Hartbelagpiste und über eine, nördlich dazu parallel verlaufende Graspiste. Die Pisten weisen folgende Abmessungen auf:

Pistenbezeichnung	Abmessungen	Höhe der Pistenschwellen
10/28 Hartbelag	1500 x 30 m	1306/1306 ft AMSL
10/28 Graspiste	600 x 23 m	

Die Pistenschwelle auf der Piste 10 ist um 100 m versetzt, diejenige der Piste 28 um 75 m. Daraus resultiert eine verfügbare Pistenlänge für Landungen (*landing distance available – LDA*) auf der Piste 10 von 1400 m und eine solche von 1425 m auf der Piste 28. Zum Zeitpunkt des Unfalls standen 1400 m Pistenlänge für eine Landung auf Piste 10 zur Verfügung. An beiden Pistenenden stehen noch weitere rund 60 m Hartbelag mit einer Breite von 40 m zur Verfügung (vgl. Anlage 10 und 12). Eine *runway end safety area* (RESA) von mindestens 90 m, wie sie zum Zeitpunkt des Unfalls von der ICAO für Flugplätze mit der *code number 3*, jedoch nicht für solche mit der *code number 2* vorgeschrieben wurde, ist nicht vorhanden.

Die Hartbelagpiste ist zwischen den beiden Pistenschwellen, d. h. einige Meter darüber hinaus, gerillt (*grooved runway*)<sup>3</sup>. Um über genaue Berechnungsgrundlagen zu verfügen, führte die Untersuchungsbehörde eine Messung der aktuellen Piste durch. Diese Messung kam zu folgendem Resultat:

Die auf der Piste 10 zu Verfügung stehende Pistenlänge betrug 1400 m, anschliessend standen noch 56 m Hartbelag (*stopway*) zur Verfügung. Die ersten 1328 m der Piste 10 waren gerillt (*grooved*).

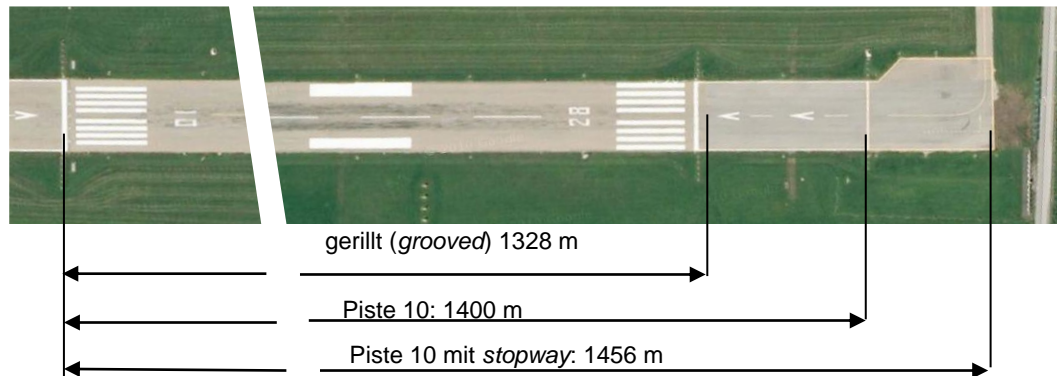


Abbildung 18: Längsdimensionen der Piste 10

Die Piste 10 ist mit einem Instrumentenlandesystem (*instrument landing system – ILS*) ausgerüstet. Der Anflugwinkel beträgt 4°. Dieser Wert liegt über dem maximalen ICAO-Standardwert von 3.5°. Der ILS-Anflug wurde nicht kategorisiert, da die Landebahn den Bestimmungen für eine Piste nach Instrumentenanflug nicht genügte.

Die Piste 28 kann nur nach Sicht angefliegen werden, d. h. der erste Teil des Anflugs erfolgt auf der ILS für die Piste 10 und anschliessend muss ein Platzrundenanflug (*circling approach*) im Norden des Flugplatzes durchgeführt werden.

Beide Pisten sind mit einer Pistenbefuerung ausgerüstet welche An- und Abflüge während der Nacht erlauben (vgl. Anlage 10).

#### 1.10.4 Pistenkontrollen und Reibungsmessungen

Der Flughafenbetreiber hat in seinen Betriebsunterlagen verschiedene Arbeitsprozesse beschrieben. Bezüglich Pistenkontrollen hat er in Kapitel 4.5.1 *Optische Inspektionen* unter Ziel und Zweck Folgendes festgehalten:

„Diese Prozessanweisung beschreibt die tägliche Kontrolle der Bewegungsfläche auf Fremdkörper und Hindernisse, um einen sicheren Flugbetrieb zu gewährleisten.“

Weiter wird festgehalten, dass eine optische Inspektion mindestens zweimal täglich und ein mündlicher Pistenbericht an die Platzverkehrsleitstelle zu erfolgen hat. Zusätzliche Inspektionen sind notwendig nach Vorfällen auf der Piste, wie z.B. nach dem Abkommen eines Luftfahrzeuges von der Piste. Am 6. August 2012 wurde eine solche optische Inspektion um 03:25 UTC und um 11:00 UTC durchgeführt. Dabei wurden keine Beanstandungen im Journal vermerkt. Eine erneute optische Pistenkontrolle nach dem Unfall ist nicht belegt. Dies ist aus Sicht der Flugsicherheit zu bemängeln.

<sup>3</sup> Die Piste hat einen gerillten Belag (*grooved runway*). Das heisst, quer zur Pistenrichtung sind Rillen in den Belag gefräst, welche dafür sorgen, dass bei Regen das Wasser besser abfliessen kann und sich keine Wasserpfützen bilden.

Nach Auskunft des Flughafenbetreibers führt dieser Reibungsmessungen nur bei Pistenkontamination durch Schnee und Eis durch. Im entsprechenden Prozessbeschrieb (Kapitel 4.16.5 *Einsatz Skiddometer*) wird unter Ziel und Zweck unter anderem Folgendes festgehalten:

„Die Messwerte dienen zur Information des Pistenzustandes für Starts und Landungen und werden bei Publikation eines SNOWTAM verwendet.“

Weiter wird festgehalten, dass bei trockener oder nasser Piste der Skiddometer aufgrund von Beschädigungsfahrer nicht eingesetzt wird.

Da am 6. August 2012 Niederschlag nur in Form von Regen vorhanden war, wurden keine solchen Messungen durchgeführt.

#### 1.10.5 Rettungs- und Feuerwehrdienste

Der Regionalflugplatz St. Gallen-Altenrhein war mit Feuerbekämpfungsmitteln der Kategorie 6 für Linienverkehr und mit Feuerbekämpfungsmitteln der Kategorie 2 für den übrigen Verkehr ausgerüstet. Eine Erhöhung der Kategorie 2 konnte mindestens drei Stunden vor der geplanten Ankunftszeit verlangt werden. Zum Zeitpunkt des Unfalls herrschte Kategorie 2.

### 1.11 Flugschreiber

Das Flugzeug CN-MBR war mit zwei Flug-Aufzeichnungsgeräten ausgerüstet: einem Flugdatenschreiber (*flight data recorder – FDR*) im vorderen Rumpfraum und einem kombinierten Cockpitgesprächs- und Flugdatenaufzeichnungsgerät (*cockpit voice and data recorder – CVDR*) im Raum hinter dem Gepäckabteil.

Für die Auswertungen im vorliegend untersuchten Unfall wurden die Aufzeichnungen des CVDR verwendet.

Der CVDR verfügt über vier Gesprächs-Aufzeichnungskanäle, wobei nur drei davon benutzt werden. Ein Kanal wird für das Cockpit-Raummikrofon (*cockpit area microphone – CAM*) benutzt und die beiden anderen Kanäle für die primären Besatzungsmikrophone. Die Aufzeichnungsdauer beträgt 120 Minuten.

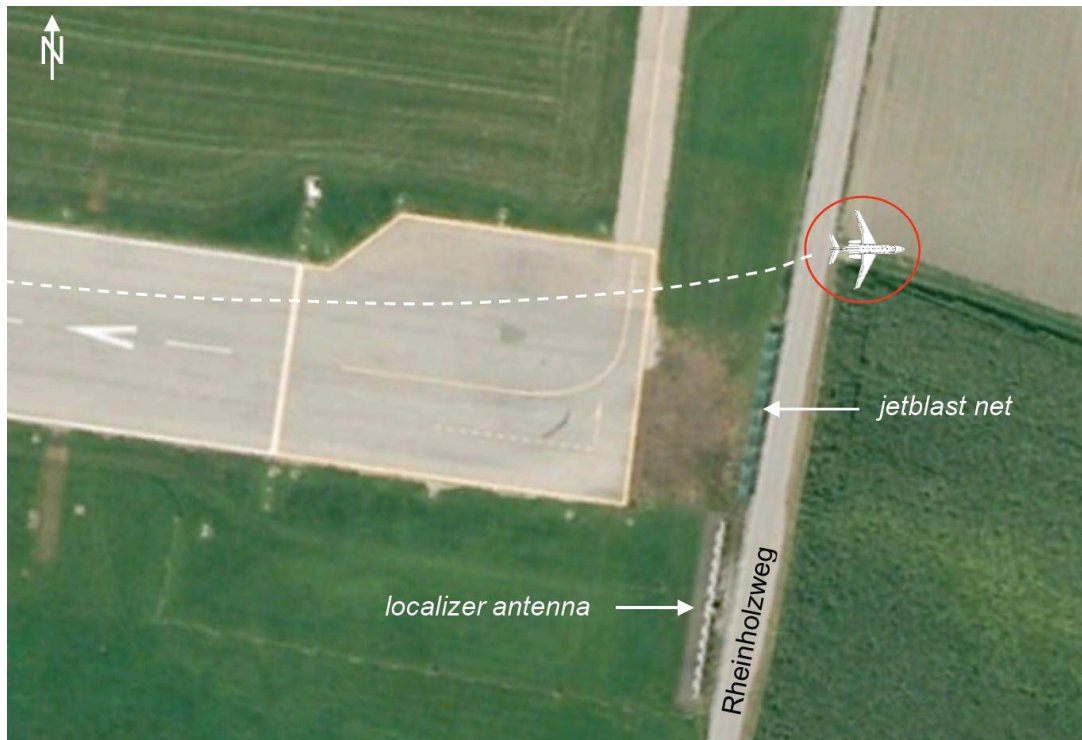
Im Weiteren zeichnet der CVDR mit einer Rate von 256 *words* pro Sekunde die Flugdaten auf. Dies über eine Zeit von 25 Stunden.

Die Aufzeichnungen der Gespräche im Cockpit sowie die Aufzeichnungen des digitalen Flugdatenschreibers waren lückenlos vorhanden und konnten vollumfänglich ausgewertet werden.

### 1.12 Angaben über das Wrack, den Aufprall und die Unfallstelle

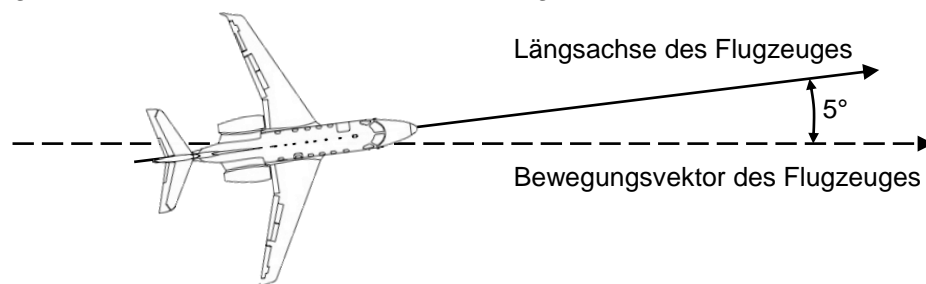
#### 1.12.1 Unfallstelle

Die Unfallstelle liegt am östlichen Strassenrand der in einer Distanz von 20 Metern vom Pistenende quer zur Piste verlaufenden Strasse (Rheinholzweg), knapp 30 m nach dem Pistenende der Piste 10.



**Abbildung 19:** Pistenende der Piste 10 mit quer zur Piste verlaufender Strasse (Rheinholzweg). Rot markierte Unfallstelle am Rande eines Maisfeldes

Die Längsachse des Flugzeuges war nicht parallel zum Bewegungsvektor des Flugzeuges. Sie war um rund 5 Grad nach links gedreht.



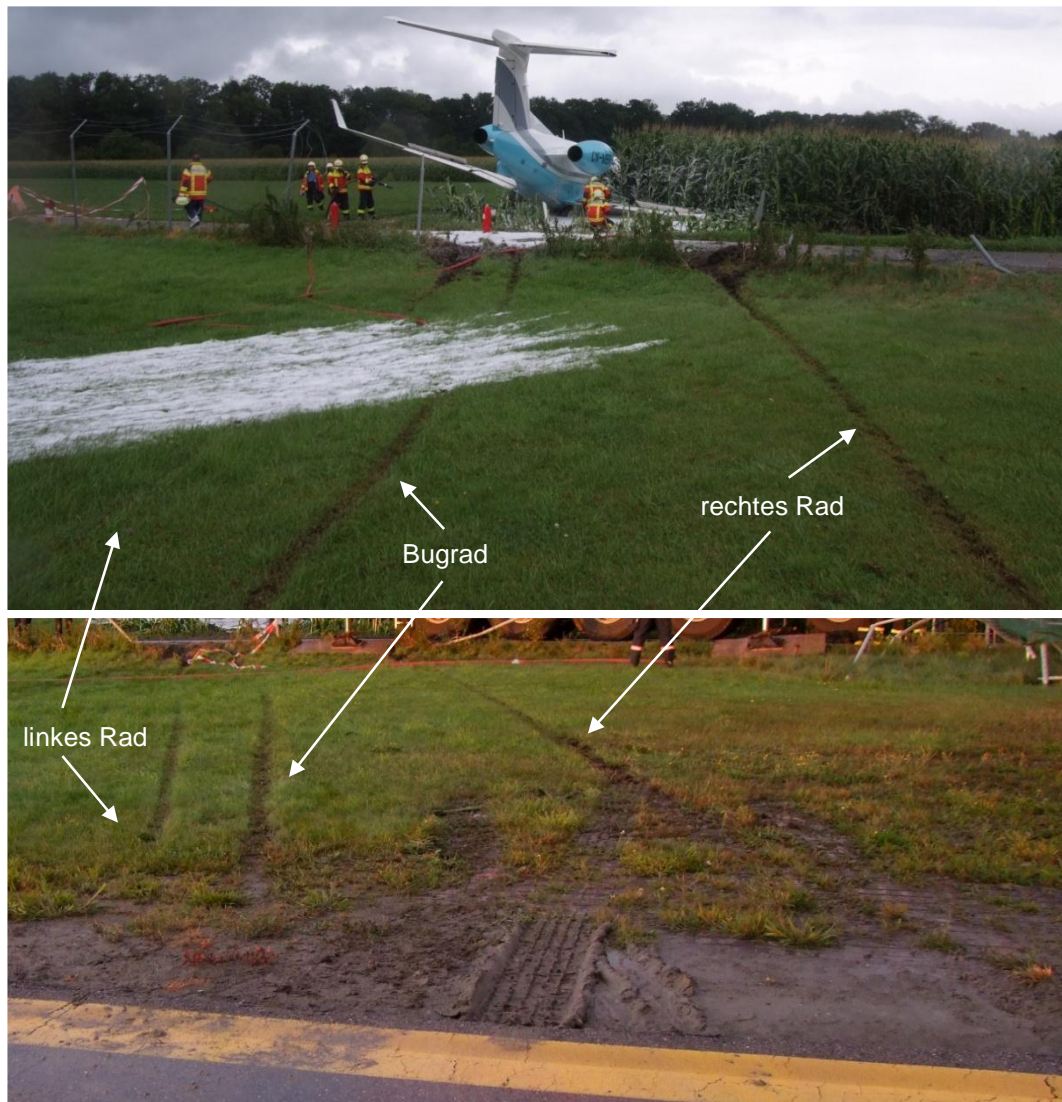
**Abbildung 20:** Die Längsachse war gegenüber dem Bewegungsvektor gedreht

Das Flugzeug schlitterte in der Folge in einer leichten Linkskurve nördlich am *jetblast-net* vorbei, welches sich in der verlängerten Pistenachse befand. Die Aufzeichnungen zeigen zudem, dass während dieser Phase das Querruder voll nach links ausgeschlagen war.

#### 1.12.2 Aufprall

Ein eigentlicher Aufprall erfolgte nicht, da das Flugzeug nur in horizontaler Richtung negativ beschleunigt, respektive abgebremst wurde. Die Geschwindigkeit des Flugzeuges beim Überrollen des Pistenendes betrug gemäss den Aufzeichnungen des CVDR noch 44 kt. Die nachträglich durch das Rollen im weichen Untergrund, das Durchtrennen der Umzäunung und das Überqueren der angrenzenden Strasse aufgetretene Verzögerung erfolgte über eine Strecke von rund 30 m und war gering.





**Abbildung 21:** Radsuren des Flugzeuges nach dem Überrollen des Pistenendes

### 1.12.3 Wrack

Durch das Rollen im weichen Untergrund, das Durchtrennen der Umzäunung und das Überrollen der quer zur Piste verlaufenden Strasse wurde das Flugzeug stark beschädigt.

Das rechte Hauptfahrwerk kollabierte und durchsties die Flügeloberfläche was zu erheblichem Schaden am Flügel führte. Dabei wurde auch der Treibstofftank beschädigt, was zu einem entsprechenden Leck führte.

Der Flugzeugrumpf-Unterteil und der rechte Flügel, eingeschlossen die Rumpf-Flügel-Verschaltung, wurden schwer beschädigt.

Die beiden Triebwerke blieben unbeschädigt.



**Abbildung 22 und 23 :** rechtes Hauptfahrwerk und linker Flügel

### 1.13 Medizinische und pathologische Feststellungen

Rund zweieinhalb Stunden nach dem Unfall veranlasste die Polizei eine routinemässige Blut- und Urinkontrolle bei der Besatzung.

Die Blutalkoholanalyse ergab bei beiden Besatzungsmitgliedern ein negatives Resultat. Der im Urin des Kommandanten nachgewiesene Gehalt an Cannabinoiden (THC-COOH) lag bei 120 µg/l. Im Blut konnten keine Cannabinoide nachgewiesen werden.

### 1.14 Feuer

Es brach kein Feuer aus.

### 1.15 Überlebensaspekte

Durch die relativ geringe Verzögerung des Flugzeuges nach dem Überrollen des Pistenendes bestand für die in ihren Sitzen angegurten Piloten und Passagierin keine unmittelbare Lebensgefahr.

Die beiden Piloten und die Passagierin konnten das Flugzeug aus eigener Kraft und unverletzt verlassen.

### 1.16 Versuche und Forschungsergebnisse

#### 1.16.1 Allgemeines

Da die Klappen beim Ausfahren auf einer Position von rund 10° stehen blieben und in der Folge blockiert waren und auf dem CAS gleichzeitig die Warnung FLAP FAIL angezeigt wurde, wurde am Flugzeug selbst eine visuelle Kontrolle durchgeführt und die entsprechenden CVDR Aufzeichnungen wurden detailliert untersucht.

Das Gleiche gilt für die Störklappen (*spoilers*) respektive die Luftbremsen (*speed brakes*), welche von der Besatzung als nicht voll funktionierend bezeichnet wurden.

Am Flugzeug wurde das Bremssystem einer eingehenden visuellen Prüfung unterzogen. Zusätzlich wurden die CVDR Aufzeichnungen der Bremsdrücke detailliert analysiert, da die Besatzung zu Protokoll gab, dass die Bremsen nicht vollständig oder gar nicht funktioniert hätten. In diesem Zusammenhang wurden auch die Reifen der Hauptfahrwerkkräder untersucht, um festzustellen, ob vorbestandene Schäden vorhanden waren oder Schäden durch Aquaplaning hervorgerufen wurden.

Zusätzlich wurden die Daten der Triebwerke analysiert, um nebst dem fehlerlosen Funktionieren auch die Werte der Schubleistung im Leerlauf zu verifizieren; einerseits während des Anfluges (*flight idle*) und andererseits während des Landevorganges am Boden (*ground idle*). Dazu gehörte auch eine Analyse des Treibstoffes.

#### 1.16.2 Untersuchung an den Klappen

##### 1.16.2.1 Kontrolle am Flugzeug

Der Klappenwählhebel (*flap selector lever – FSL*) wurde in der Stellung 3 vorgefunden. In dieser Stellung hätten die Klappen normalerweise auf 26° ausfahren müssen. Sie befanden sich dagegen in einer Stellung zwischen 9° und 10°. Dies entsprach den aufgezeichneten Werten. Aufgrund des allgemeinen Zustands des Flugzeuges konnte keine mechanische Funktionskontrolle des Klappensystems

vorgenommen werden. Eine visuelle Kontrolle ergab jedoch keine Hinweise auf vorbestandene Mängel.



Abbildung 24: Klappenantrieb



Abbildung 25: Klappen am linken Flügel, 9.49° ausgefahren

Im Verlaufe der Untersuchung drängten sich Messungen an der Flugzeugverkabelung auf. Diese waren notwendig um auszuschliessen, dass die Störung des Klappensystems durch Verkabelungsprobleme hervorgerufen worden war. Folgende Widerstandsmessungen wurden durchgeführt:

Widerstandsmessung		Prüfung	Ergebnis
Von	Nach		
		Reference: AWM 27-53-50, Page 3	
P0901, Pin 76	P0917, Pin 12	Durchgangsprüfung	ok
P0901, Pin 71	P0917, Pin 5	Durchgangsprüfung	ok
P0901, Pin 67	P0917, Pin 13	Isolationsprüfung > 40MΩ	ok
P0901, Pin 72	P0917, Pin 6	Isolationsprüfung > 40MΩ	ok

Ferner wurde untersucht ob am FSL ein sogenannter *stopper* vorhanden war, welcher verhindert, dass der Klappenwählhebel in die Stellung FULL gebracht werden kann, da diese Stellung nicht zugelassen ist. Abbildung 26 wurde am Tag des Unfalls im Cockpit der CN-MBR aufgenommen. Es war kein *stopper* eingebaut. Abbildung 27 zeigt den eingebauten *stopper*. Dieses Bild wurde an einem anderen Phenom 300 Flugzeug aufgenommen.

In der CN-MBR war ein FSL mit der P/N 780501-7 eingebaut (vgl. Kapitel 1.16.2.5).



Abbildung 26: FSL in der CN-MBR

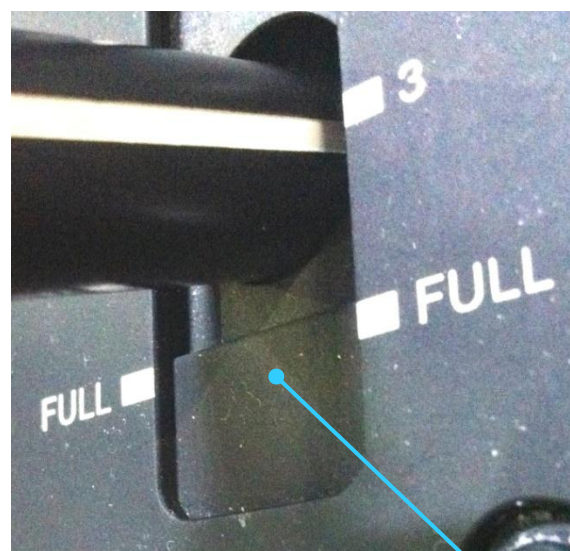


Abbildung 27: FSL mit mechanischem *stopper*

### 1.16.2.2 Auswertung der Aufzeichnungen des CVDR

Um 13:27:32 UTC wurde der Klappenwählhebel (*flap selector lever* – FSL) in die Stellung 1 gebracht, worauf die Klappen auszufahren begannen. Um 13:27:38 UTC wurde die Stellung 2 gewählt (vgl. Anlage 4).

Zwischen 13:27:40 UTC und 13:27:43 UTC zeichnete der CVDR eine Stellung 7 des Klappenwählhebels<sup>4</sup> auf. Danach wurde die Stellung 3 aufgezeichnet.

Um 13:27:42 UTC wurde das Ausfahren der Klappen angehalten, die linke Klappe blieb bei 9.49° und die rechte Klappe bei 9.43°. In diesen Positionen verblieben die Klappen bis zum Ende der Aufzeichnung.

Um 13:27:44 UTC wurde die CAS-Warnmeldung FLAP FAIL aufgezeichnet und gleichzeitig die Warnanzeige MASTER CAUTION. Letztere verschwand um 13:27:49 UTC wieder, während die CAS-Meldung bis zum Ende der Aufzeichnung blieb.

Von 13:28:01 UTC bis 13:37:44 UTC wurde der Klappenwählhebel wiederholt zwischen den Stellungen 3 und 0 hin und her bewegt.

Etwa um 13:37:45 UTC wiederholte sich das erwähnte Ereignis mit der Stellung 7 des Klappenwählhebels.

Von 13:40:16 UTC bis 13:40:57 UTC blieb der Klappenwählhebel in der Stellung 3.

### 1.16.2.3 Auswertung des Centralized Maintenance Computer

Um 13:27:45 UTC registrierte der *centralized maintenance computer* (CMC) die Störungsmeldung: FCS FCE 1/ FLAP LEVER FAIL [POS].

Zusätzlich zeigte die CMC-Aufzeichnung, dass das Arinc 429 Label 352, Bit 18 (*FSL Position Switch Failed CON*) und das Label 357, Bit 28 (*FSL Position Switch Failed MON*) gesetzt waren.

Das Arinc 429 Label 352, Bit 18 (*FSL Position Switch Failed CON*) wird gesetzt, wenn das Label 357, Bit 20 (*FSL Position Switch Invalid CON*) während mehr als 2 Sekunden gesetzt ist.

Das Arinc 429 Label 357, Bit 28 (*FSL Position Switch Failed MON*) wird gesetzt, wenn das Label 357, Bit 21 (*FSL Position Switch Invalid MON*) während mehr als 2 Sekunden gesetzt ist.

### 1.16.2.4 Untersuchung von Komponenten

Die folgenden Komponenten wurden aus der CN-MBR ausgebaut und unter Aufsicht zweier Vertreter der SUST-AV einer eingehenden Kontrolle unterzogen.

**FCE 1** (Parker Control Systems Division)  
P/N 462900-1007, Rev.F  
SW Rev. 15  
S/N 0168  
MFD 1Q11

**FCE 2** (Parker Control Systems Division)  
P/N 462900-1007, Rev.F  
SW Rev. 15

---

<sup>4</sup> Bei der aufgezeichneten Stellung 7 des Klappenwählhebels handelt es sich um eine ungültige Position (vgl. Kapitel 1.16.2.6 und Anlage 4)



S/N 0090  
MFD 3Q10

**FSL**

E.T.N Sensing and Controls Division, Costa Mesa, CA  
P/N 780501-7, Rev.C  
S/N 1045  
MFD 0912

Diese Kontrollen wurden auf einer speziellen Prüfeinrichtung, dem sogenannten *system integration lab* (SIL) durchgeführt. Das SIL ermöglicht es, die in der *flight control electronic* (FCE) integrierten Funktionen (*flap system, spoiler system und pitch trim system*) zu testen. Für das Testen der Klappenfunktion (*flap system*) ist das SIL mit einer Nachbildung des mechanischen Teils des flugzeugseitigen Klappensystems ausgerüstet. Die Ansteuerung erfolgt mittels eines Klappenwählhebels (*flap selector lever – FSL*). An einem Bildschirm können die Daten, welche an die Flugzeugsysteme geliefert werden, überwacht werden.

Die drei aufgeführten Geräte aus der CN-MBR wurden zuerst einer visuellen Kontrolle unterzogen und danach an das SIL angeschlossen. Danach wurde eine Funktionskontrolle nach einem speziell für diesen Zweck vom Hersteller erarbeiteten Protokoll durchgeführt. Aufgrund der Aufzeichnungen waren die durch die Piloten vorgenommenen Manipulationen am Klappenwählhebel bekannt. Diese wurden so gut wie möglich nachgeahmt. Dabei konnte die Situation, wie sie um 13:27:40 UTC und um 13:37:45 UTC (vgl. Anlage 4) aufgezeichnet wurde, nicht herbeigeführt werden. Auch bei einem Test, bei welchem der Klappenwählhebel sehr aggressiv bewegt wurde, traten keine Fehler auf.

Die aufgezeichnete Stellung 7 des Klappenwählhebels, die einer ungültigen Position entspricht, konnte dagegen herbeigeführt werden, wenn eine Drahtverbindung zwischen dem Klappenwählhebel und der FCE unterbrochen wurde.

#### 1.16.2.5 Kurzbeschreibung des Klappenwählhebels

Der Klappenwählhebel (*flap selector lever – FSL*) besteht im Wesentlichen aus dem *selector lever*, zwei *rotary switches* und zwei *enable switches*. Die beiden *rotary switches* sind mit dem *selector lever* über ein Getriebe verbunden. Die beiden *enable switches* sind am *selector lever* befestigt. Der FSL hat fünf fest definierte Stellungen (0, 1, 2, 3 und FULL). Diese fünf Stellungen werden durch eine gefräste Kulisserie definiert.

Die *rotary switches* sind derart konstruiert, dass sie zwischen den Stellungen unterbrechen. Der bewegliche Kontakt ist mit der Flugzeugmasse verbunden. Die *enable switches* sind wie erwähnt am *selector lever* befestigt. Sie schliessen, wenn der *selector lever* angehoben und in eine weitere Stellung gebracht wird. Damit signalisieren sie der FCE, dass der *selector lever* in Bewegung ist. Abbildung 28 zeigt das elektrische Schaltschema des FSL.

Das Wechselspiel zwischen dem *rotary switch* und dem *enable switch* ist sehr kritisch. Die Konstruktion muss robust genug sein, um die unterschiedlichen Manipulationsweisen der Piloten abzudecken.

Im Juli 2012 hat Embraer ein Service-Bulletin veröffentlicht, welches den FSL mit der P/N 780501-7 durch einen solchen mit der P/N 780501-9 ersetzt. Der neue FSL unterscheidet sich unter anderem durch eine wesentlich robustere Konstruktion. So erhielt dieser unter anderem ein gefrästes Gehäuse mit integrierten Kulisserien (*detents*) für die genaue Positionierung der Schalterstellungen. Das mechanische Spiel wurde verringert und die Justierbarkeit verbessert.

Das Service-Bulletin von Embraer SB 505-27-0010 ist ein *inspection service bulletin*. Es veranlasst die Betreiber des Flugzeuges die *part number* abzulesen und falls zutreffend die FSL -7 durch FSL -9 zu ersetzen. Unter dem Punkt „*Compliance*“ wird empfohlen, das Service-Bulletin bei der ersten Gelegenheit auszuführen.

Bei der Auslieferung im Dezember 2010 war das Flugzeug CN-MBR mit einem FSL -9 ausgerüstet und ebenso war ein *stopper* montiert, der gemäss Aussage des Flugzeug-Herstellers seit August 2009 in der Produktionslinie montiert wurde.

Gemäss den vorhandenen Unterlagen wurde im April 2011 der FSL -9 durch einen FSL -7 (*serial number* 1045) ersetzt. Dieser wurde im Dezember 2011 erneut mit einem FSL -7 (*serial number* 1171) getauscht. Weil dieser aber den Funktionstest nicht erfüllte, wurde er gleichentags wieder ausgebaut und mit dem ursprünglichen FSL -7 (*serial number* 1045) ersetzt.

Bei welchem dieser drei Wechsel des FSL, der bei der Ablieferung eingebaute *stopper* verloren ging, ist aus den vorhandenen Unterlagen nicht ersichtlich.

In dem zu diesem Zeitpunkt gültigen *aircraft maintenance manual* (AMM), Rev. 2 vom 26. Februar 2010, wird der *stopper* sowohl beim Ausbau des FSL (AMM 27-53-01, *page 3 of 8*), wie auch beim Einbau (AMM 27-53-01, *page 7 of 8*) „*FOR EASA CERTIFIED AIRCRAFT*“ explizit erwähnt. Der *stopper* wird „*FOR ANAC OR FAA CERTIFIED AIRCRAFT*“ nicht erwähnt.

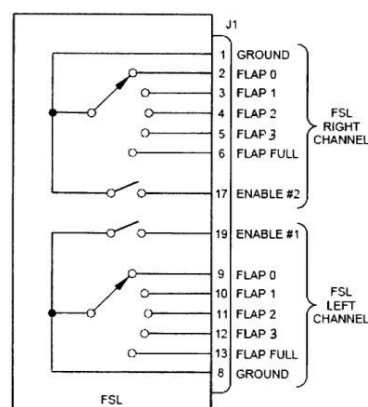


Abbildung 28: Schaltschema des *flight selector lever* (FSL)

#### 1.16.2.6 Kurzbeschreibung der Flight Control Electronic

In der Phenom 300 sind zwei *flight control electronic* (FCE) installiert. Jede beinhaltet die *hardware*, *firmware* und *software* um die Funktionen *normal trim*, *back-up trim*, *flap control* und *spoiler control* auszuüben. Die FCE 1 ist für die Funktionen *flap control* und *back-up trim* zuständig, während die FCE 2 die Funktionen *normal trim* und *spoiler control* ausübt. Die FCE werden mittels *pin programming* im Flugzeug für die entsprechenden Funktionen konfiguriert.

Die folgende Beschreibung beschränkt sich im Wesentlichen auf die Verarbeitung der diskreten Signale des *flap selector lever* (FSL). Der FSL liefert zwei Gruppen (*channels*) von Signalen an die FCE 1. Der linke FSL-*channel* liefert die Signale an die *control lane* und der rechte FSL-*channel* liefert die Signale an die *monitor lane* der FCE 1.

Die Signaleingänge der FCE sind mit sogenannten *pull-up*-Widerständen bestückt. Wird nun zum Beispiel am FSL die Stellung 3 gewählt, so wird der ent-

sprechende Signaleingang an Masse gelegt. Dies bewirkt eine Änderung des logischen Zustandes von 1 nach 0. Die diskreten Signale am Eingang werden dann in *binary coded numbers* umgewandelt. Im obigen Beispiel steht somit, oktall ausgedrückt, eine drei (**0 1 1**) zur Verfügung. Wenn kein Signaleingang an Masse liegt, entsteht die oktale Zahl sieben (**1 1 1**). Dies wäre beispielsweise der Fall, wenn ein Draht zwischen dem FSL und der FCE unterbrochen ist. Da die Zahl 7 ungültig ist, wird im CAS die Warnmeldung FLAP FAIL angezeigt und die Bewegung der Klappen blockiert. Bei der CN-MBR waren die der Stellung FULL zugeordneten Drähte beider FSL-*channels* isoliert.

Die Stellung des FSL wird von der FCE ans *electronic flight instrument system* (EFIS) und via Datenbus Arinc 429 (Label 107) an den CVDR weitergeleitet.

Die analogen Signale von der linken und rechten *flap position sensor unit* (FPSU) sowie die diskreten Signale vom linken und rechten FSL-*channel* werden separat in der *control lane* resp. in der *monitor lane* der FCE verarbeitet. Die *software monitors* führen unter anderem Checks für *miscompare*, *uncommanded motion* oder *motion rate out of range* durch. Wird ein Fehler festgestellt, so wird im MFD die CAS Warnmeldung FLAP FAIL angezeigt und der Grund für die Störung wird im CMC gespeichert. Im vorliegenden Fall wurde im CMC die folgende Meldung abgespeichert: FCS FCE 1/FLAP LEVER FAIL [POS]. Als Ursprung für diese Meldung registrierte der CMC: *FSL Position Switch Failed CON* und *FSL Position Switch Failed MON* (vgl. Kapitel 1.16.2.3).

Wenn die CAS-Warnmeldung FLAP FAIL erscheint, wird die Bewegung der Klappen gestoppt. Um das System wieder in Gang zu setzen, muss die Fehlerursache behoben sein und das System neu gestartet werden (*power reset*).

Die FCE beinhaltet zwei Typen von *built-in tests* (BIT). Beim einen handelt es sich um den sogenannten *power-up BIT*, welcher bei jedem Neustart ausgeführt wird. Beim anderen Test handelt es sich um den *continuous BIT*, welcher im Betrieb laufend ausgeführt wird. Abbildung 29 zeigt ein vereinfachtes Blockdiagramm der FCE.

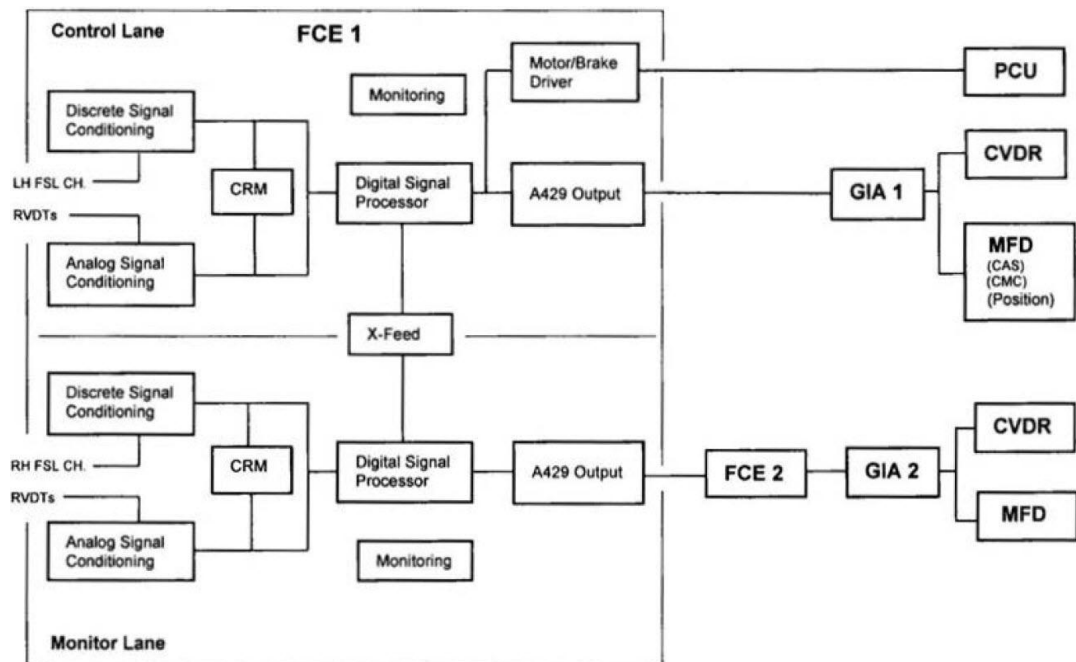


Abbildung 29: Vereinfachtes Blockdiagramm der *flight control electronic* (FCE)

Im Februar 2012 veröffentlichte Embraer ein Service-Bulletin, welches die FCE P/N 462900-1005 resp. -1007 durch solche mit der P/N 462900-1009 ersetzt. Mit der neuen FCE wurden verschiedene Probleme im Bereich der Klappen- und Spoiler-Funktionen gelöst. Es handelte sich unter anderem um Falschwarnungen für das *crew alerting system* (CAS) und Probleme, die während des *power-up* Tests auftraten.

Die Revision 01 des Service-Bulletin von Embraer SB 505-27-0009 wurde am 8. Februar 2012 herausgegeben. Unter dem Punkt „Compliance“ wird empfohlen, das Service-Bulletin bei der ersten Gelegenheit auszuführen.

Das Flugzeug CN-MBR war noch mit unmodifizierten -1007-FCEs ausgerüstet. Auf das Unfallgeschehen hatte dies keinen Einfluss.

### 1.16.3 Untersuchung an den Störklappen

#### 1.16.3.1 Kontrolle am Flugzeug

Der Schalter für die Störklappen (*speed brake switch*) wurde in der Stellung CLOSE vorgefunden. Die Störklappen waren eingefahren. Aufgrund des allgemeinen Zustands des Flugzeuges konnte keine mechanische Funktionskontrolle des Störklappensystems vorgenommen werden. Eine visuelle Kontrolle ergab jedoch keine Hinweise auf vorbestandene Mängel.

#### 1.16.3.2 Auswertung der Aufzeichnungen des CVDR

Kurz bevor um 13:27:31 UTC der Klappenwählhebel (*flap selector lever* – FSL) in die Stellung 1 gebracht wurde, war der Schalter für die Störklappen (*speed brake switch*) in die Stellung OPEN gebracht worden. Die ausgefahrenen Störklappen (*speed brakes*) wurden in der Folge ordnungsgemäss eingefahren und um 13:27:42 UTC erschien auf dem CAS die Meldung SPDBRK SW DISAG.

Um 13:27:56 UTC wurde der *speed brake switch* zurück in die Stellung CLOSE gebracht, worauf mit etwas Verzögerung die Meldung SPDBRK SW DISAG wieder verschwand.

Zwischen 13:38:15 UTC und 13:39:30 UTC wurde der *speed brake switch* noch zweimal in die Stellung OPEN und zurück in die Stellung CLOSE gebracht, was wiederum die Meldung SPDBRK SW DISAG auslöste. Die Störklappen selber blieben eingefahren.

Während der Landung, um 13:40:29 UTC, wurden die *ground spoilers* ausgefahren als sich die Hauptfahrwerkkräder auf etwa 60 Knoten beschleunigt hatten.

#### 1.16.3.3 Untersuchung von Komponenten

Wie in Kapitel 1.16.2.4 beschrieben, wurden die beiden FCE aus der CN-MBR einer eingehenden Kontrolle unterzogen. Beide FCE wurden gleichzeitig auf dem sogenannten *system integration lab* (SIL) getestet. Die Funktion *spoiler control* wird, wie in Kapitel 1.16.2.6 beschrieben, durch die FCE 2 ausgeübt. Das SIL wurde, um die *power control units* (PCU) im Flugzeug zu simulieren, mit hydraulischen Aktuatoren versehen. Durch diese Anordnung ist es möglich die Funktionen *flap control* und *spoiler control* als integriertes System zu testen. Die durchgeführten Tests verliefen fehlerfrei.

### 1.16.4 Untersuchung des Bremssystems

#### 1.16.4.1 Vorgeschichte

Am 6. Februar 2012 wurde am Flugzeug CN-MBR die Bremskontrolleinheit (*brake control unit* – BCU) mit der P/N DAP00100-06, S/N 230000170 ausgebaut und

an den Gerätehersteller gesandt, um an der Einheit einen *upgrade* auf die -07 *software* auszuführen. Eine Austausch BCU wurde eingebaut.

Anlässlich weiterer Maintenance-Arbeiten durch den Flugzeughersteller vom 3. bis 7. Juli 2012 in Le Bourget, wurden unter anderem Arbeiten ausgeführt, welche durch den Betreiber des Flugzeuges verlangt wurden. Auf einer entsprechenden Arbeitskarte (*task card no. W1498C-003*) wurde Folgendes festgehalten:

**„Work required:** *„following technical log book #431 entry #1, problem with the brake system during landing and taxi (right side unsynchronized with the left side – uncommanded braking)“.*

**Action:** *found brake control module leaking and „dissymmetrical braking value“ on CMC. Brake control module must be replaced.“*

Ein *brake control module* wurde ausgewechselt und dabei wurde festgestellt, dass eine BCU mit der P/N DAP00100-03 eingebaut war. Es musste sich dabei um den Austausch der BCU vom 6. Februar 2012 gehandelt haben. Diese Einheit wurde nun durch die in der Zwischenzeit modifizierte BCU DAP00100-07, S/N 230000170 ersetzt.

#### 1.16.4.2 Kontrolle am Flugzeug

Aufgrund des allgemeinen Zustandes des Fahrwerks und der Räder konnten am Flugzeug keine Funktionskontrollen vorgenommen werden.

#### 1.16.4.3 Auswertung der Aufzeichnungen des CVDR

Die Auswertungen des CVDR zeigen, dass die Bremsen wie auch das *antiskid system* fehlerfrei funktioniert haben (vgl. Anlage 14). Gleichzeitig mit dem *wheel spin up* wurden die Bremspedale betätigt und der Bremsdruck wurde in Abhängigkeit der Pedalstellung ohne Verzögerung aufgebaut. Allerdings ist zu bemerken, dass die Bremspedale nach der Landung nur zögerlich betätigt wurden und erst kurz vor Erreichen des Pistenendes respektive erst 14 Sekunden nachdem das Signal *weight on wheel* (WOW) gemeldet hatte, dass das Flugzeug am Boden war, im mechanischen Anschlag waren.

Es zeigt sich, dass nach dem Übergang von der gerillten Piste (*grooved runway*) zum Hartbelag ohne Rillen, der Bremsdruck stärker variierte, respektive pulsierte, was auf das Verhalten des *anti-skid-system* zurückzuführen ist.

Ebenso zeigt sich, dass gegen Ende der Piste das rechte Bremspedal nicht mehr gedrückt wurde und demzufolge der Bremsdruck entsprechend abgebaut wurde.

#### 1.16.4.4 Untersuchung von Komponenten

Nach dem Unfall wurde die *brake control unit* (BCU) P/N DAP 00100-07, S/N 230000170 zur Untersuchung an den Gerätehersteller geschickt.

Die BCU beinhaltet einen nichtflüchtigen Speicher (*non volatile memory – NVM*), in welchem Störungsdaten abgelegt werden. Dabei werden nicht nur geräteinterne Störungen, sondern auch relevante Störungen im Bremssystem registriert (*wheel speed transducer failure, brake position transducer failure, brake pressure failure*).

Eine Aufzeichnungsperiode beginnt jeweils beim Einschalten der BCU (*power-up*). Beim Start des Unfallfluges wurde *power-up* Nummer 78 gezählt. Die Auswertung des Speichers ergab, dass seit *power-up* Nummer 23, inklusive des Unfallfluges, keine Störung am Bremssystem registriert wurde.

Nebst der Auswertung des nichtflüchtigen Speichers wertete der Hersteller der BCU auch die Daten des CVDR aus (unabhängig von der Auswertung durch die SUST) und kam zum Resultat: *„There is no evidence of malfunction of the braking system“*.

#### 1.16.5 Untersuchung der Reifen

Die Untersuchung der Reifen des Bugrades, wie auch der beiden Räder des Hauptfahrwerkes, zeigten keine sichtbaren, abnormalen Spuren. Der entsprechende forensische Bericht hält unter anderem Folgendes fest:

*„Aus spurenkundlicher Sicht sind an den drei Reifen Spurenbilder, die durch den üblichen Gebrauch entstanden. Andererseits befinden sich an den betreffenden Reifen Spurenbilder, welche durch eine erst kürzlich erfolgte, über den üblichen Gebrauch hinausgehende Beanspruchung beim Unfallgeschehen (z.B. lange und starke Bremsung, Befahren der Wiese, Überrollen der Flugplatzumzäunung, Befahren von „Schotterbett“ und Randstein/Strasse, Überrollen von Flugzeugkomponenten etc.) entstanden sein dürften.*

*Andererseits deuten die relativ gleichmässig abgenutzten Laufflächen der Hauptfahrwerkreifen (basierend auf den gemessenen Tiefen der Längsrillen und dem allgemeinen Erscheinungsbild resp. der allgemeinen Erscheinungsform der Lauffläche) aus spurenkundlicher Sicht darauf hin, dass zum Unfallzeitpunkt kein Defekt im „Anti-Skid-System“ des Flugzeuges vorhanden war.*

*Schliesslich sind an den Laufflächen der drei untersuchten Flugzeugreifen keine Schmelzspuren vorhanden, die darauf hindeuten würden, dass es beim vorliegenden Unfall zu einem „Rubber Reversion Hydroplaning“, einer Art Aquaplaning, gekommen wäre.“*

#### 1.16.6 Untersuchung der Triebwerke und des Treibstoffes

Die Untersuchung der Triebwerkdaten zeigte bezüglich Leerlaufschub sowohl in der Luft (*flight idle*) wie auch am Boden (*ground idle*), dass sich diese im Bereich der zertifizierten Werte bewegten.

Dabei muss festgehalten werden, dass sich die Triebwerksteuerung (*full authority digital engine control – FADEC*), auf dem Stand der *software version 002* vom 19. April 2011 befand. Dieser Stand entsprach demjenigen, der zur Zeit des Baus des Flugzeuges aktuell war.

In der Zwischenzeit wurde vom Hersteller das *service bulletin (SB) 505-73-0001* publiziert, welches unter anderem die Leerlaufleistung am Boden reduzierte. Die Revision 1 dieses SB wurde am 30. Oktober 2012 erlassen. Diese Revision beschreibt den Vorgang, wie die FADEC auf die *software version 4.3* aufzurüsten ist. Da die Herausgabe der Revision erst im Oktober 2012 erfolgte, konnte dieses SB zum Zeitpunkt des Unfalls nicht ausgeführt sein.

Die chemische Analyse des Treibstoffes, sowohl im linken wie im rechten Tank zeigte, dass der Treibstoff der Spezifikation entsprach. Untersucht wurden folgende Punkte: Aussehen, Flamm- und Gefrierpunkt, Kupferkorrosion, Abdampfrückstand, MSEP-A, Dichte bei 15 °C, FAME- und Wassergehalt. Zusätzlich wurde eine Siedeanalyse durchgeführt.

Der entsprechende Untersuchungsbericht hält fest: *„Das vorliegende Prüfobjekt entspricht in den untersuchten Punkten der geforderten Spezifikation.“*

## 1.17 Angaben zu verschiedenen Organisationen und deren Führung

### 1.17.1 Das Flugbetriebsunternehmen

Das Flugbetriebsunternehmen Dalia Air ist spezialisiert auf weltweite Geschäftsreiseflüge. Das Flugbetriebsunternehmen ist in Marokko beheimatet und betrieb zum Zeitpunkt des Unfalls nebst der verunfallten Embraer Phenom 300 noch zwei Embraer Legacy 600 und eine Embraer Lineage 1000.

#### 1.17.1.1 Verfahrensvorschriften zum Betrieb des Flugzeuges

Die für die Untersuchung relevanten Betriebsvorschriften und Verfahren sind in den beiden Betriebshandbüchern A und B (*operations manual* – OM) des Flugbetriebsunternehmens festgehalten.

Der Copilot wurde im Flugbetriebsunternehmen nebst seiner fliegerischen Funktion auch als *quality and flight safety manager* eingesetzt. Die entsprechenden Pflichten sind im OM A in Kapitel 1.2.7 festgehalten. Bezüglich seiner Verantwortlichkeiten steht in Kapitel 1.7.2.2 unter anderem Folgendes:

*„The Quality and Flight Safety Manager is monitoring the adequacy of and compliance with procedures, (company) rules and regulations required to ensure safe operational practices and airworthy aircraft.“*

Im Weiteren wird im OM A in Kapitel 4.1.1 für den Betrieb aller Flugzeuge des Flugbetriebsunternehmens unter anderem Folgendes festgehalten:

*„A two-pilot crew is minimum required on all flights of Dalia Air aircraft.*

*Dalia Air will designate one pilot amongst the flight crew, qualified as a pilot-in-command, as Commander and one pilot as First Officer on each flight.“*

Ergänzend wird dazu in Kapitel 4.2 *Designation of the commander* unter anderem Folgendes festgehalten:

*„If a management pilot or training captain is assigned to an operating seat, he is the Commander whichever seat he occupies.*

*The Commander may delegate the conduct of the flight to another suitably qualified pilot. The change of command shall be reported to the Flight Operations Department and shall be recorded in the Journey Log.“*

Der Copilot in seiner Funktion als *quality and flight safety manager* des Flugbetriebsunternehmens war ein *management pilot* und demzufolge *Commander*. Im *journey log* wurde nicht festgehalten, dass er diese Funktion dem Kommandanten abgetreten hätte.

Im OM B werden die Verfahren für die Besatzungen in normalen, abnormalen und Notsituationen festgehalten. Sie enthalten generelle wie auch flugzeugspezifische Verfahren.

In Kapitel 2.1.3 *Briefings* wird für den Anflug unter anderem Folgendes festgehalten:

**„Approach briefing** - *It is recommended to accomplish the briefing during cruise flight. The FMS, AFCS preparation for arrival and approach should be performed by the PNF at the PF's request.*

*The Approach briefing should be accomplished by the PF. The PNF shall verify the STAR and APP on FMS, proper NAV and AFCS settings, and taxi procedures after landing. The active flight plan should be checked by verifying the charts against the MAP display and FMS.“*

Während des ganzen Sink- und Anfluges ab 10 000 ft QNH bis zur Landung respektive von 13:23 UTC bis 13:40 UTC ist auf den Audioaufzeichnungen des

CVDR nichts enthalten, was auf ein durchgeführtes *approach briefing* schliessen liesse.

Im Weiteren wird in Kapitel 2.1.10 *callout procedures* im OM B grundsätzlich festgehalten, dass alle Aktionen durch die beiden Piloten in einem sogenannten Regelkreis-Verfahren (*closed loop procedure*) stattfinden sollten. Mit anderen Worten: Eine Aktion wird durch den einen Piloten befohlen und durch den anderen Piloten ausgeführt. Dieser quittiert die durchgeführte Aktion, welche vom ersten Piloten wieder kontrolliert wird.

Während des gesamten Anfluges, des Durchstarts und des zweiten Anfluges bis nach der Landung lässt aufgrund der Aufzeichnungen nichts darauf schliessen, dass nach diesem Regelkreis gearbeitet worden wäre.

In Kapitel 2.2.2 *normal checklist* ist festgehalten, welche Punkte die Besatzung zu welchem Zeitpunkt abarbeiten muss. Diese Prüfliste hat die Besatzung auf einem speziellen Papier immer zur Hand. Eine erweiterte Prüfliste steht der Besatzung im OM B in Kapitel 2.2.3 ff. zur Verfügung. Dort ist z. B. in Kapitel 2.2.11. *expanded landing checklist* genau festgehalten, welche Befehle mit welchen Bestätigungen auszuführen sind. So werden der *yaw damper*, das Fahrwerk, die Klappen und die Geschwindigkeit in der Prüfliste *before landing* explizit angesprochen. Eine klare Arbeit nach dieser Prüfliste kann gemäss den Aufzeichnungen des CVDR nicht ausgemacht werden.

Bezüglich der Standardbetriebsverfahren (*standard operating procedures – SOP*) ist für den Anflug in Kapitel 2.3.8. *approach* Folgendes festgehalten:



## 2.3.8. APPROACH

LSP : During Approach Passengers ADVISE – FUEL XFEED Knob.....OFF	
LSP &RSP: Altimeters (pilots and IESI)..... SET & X-CHECK	
Prior to Start of Arrival ..... Ensure that all of the required information regarding approach and landing is known and confirmed.	
<b>PF</b>	<b>PM</b>
Green source shall be selected at least on one side before intercepting Localizer	
When on LOC intercept heading and cleared for the approach	
Approach Armed	
Flaps 1	Check the actual speed is below 180kts, select flaps to1, hold the Flap lever until on MFD flap indicator indicates flaps 1 and call:
Verify proper flap setting ON MFD indication	Flaps 1 Set
Switch ON the APP mode and check LOC and GS armed indication on PFD	Check LOC and GS armed indication on PFD
	Check
At first positive LOC movement:	
	Localizer alive
When LOC captured. Both pilots verify that PFD – LOC indication is green:	
Set Runway heading	Localizer captured, Runway heading _ _ _
Runway heading _ _ _ Set	
At first positive G/S movement:	
	Glide slope alive
Check	
It is recommended to select Flaps 1 no later then when one dot above G/S. If VIS < 2000m or Ceiling < 500 ft, it is mandatory to be stabilized in the landing configuration no later then at the FAF	
When one dot above G/S	
	One dot
Gear down, Flaps 2	Check the actual speed not below 150kts , select Gear down, select Flaps to 2, hold the Flap lever until MFD indicates Gear Down 3 greens, flaps 2 and call
	Gear down 3 greens, Flaps 2 Set
Check	
When G/S captured. Both pilots verify that PFD – GS indication is green:	
Check GS is green, Select Missed approach altitude:	Glide slope captured
Missed approach altitude _ _ _ Set	Missed approach altitude _ _ _ _
Passing Outer Marker under IMC, after checking that the altitude over the OM is correct.	
	"OUTER MARKER _ _ FEET ALTITUDE CROSS CHECKED"
ALTITUDE CROSS CHECKED	
Landing Flaps Before Landing Checklist	Check the speed not below 140kts, select Flaps to 3, hold the Flap lever until MFD indication indicates speed 120kts flaps 3 and call:
	ONE HUNDRED
	At DA(DH) : Minimums
Upon visual contact with the approach lights or with the runway.	
	"APPROACH LIGHTS" or "RUNWAY IN SIG HT" as appropriate
Reaching DA without visual contact. Perform Go-Around Procedure	
Go-Around	

Abbildung 30: Im OM A publiziertes Standardverfahren für einen Anflug

Für den Durchstart hält das Kapitel 2.3.11 *go around* Folgendes fest:

2.3.11. GO AROUND	
PF	PM
- Go around, Flaps 1 - TO/GA Button...Pressed. - Thrust Levers... TO/GA Rotate the airplane following the flight director guidance. In case the flight director inoperative, rotate the airplane according to the table below: - Landing Flaps Position : Go-Around Pitch Angle 8.0° Select flaps according to the table below: Landing Flaps Position 3 : Go-Around Flaps Position 1 Note: Do not press the TO/GA button after selecting go-around flaps. . - Minimal speed is Vac	Flaps 1 Check the GA indication on PFD, thrust setting, speed and proper pitch attitude. Select Flaps 1. When a positive rate of climb is verified on the altimeter and VSI / min 500 ft/min / call : Positive rate
Gear Up, Engage Heading or FMS and LNAV	Select Gear Up. Select HDG or FMS and LNAV when available, check that the requested mode is captured on the PFD. Check that TO/GA power is set. When Gear is indicating up and flaps 1:
Check the Gear is UP and Flaps 1 set and proper mode engaged	Gear Up, Flaps 1, Power Set, Heading or LNAV Engaged
Check	Call ATC, say intentions or request Call at : Alt 1000 ft V2 + 10 KIAS
check	Autopilot: engage. Flight Level Change: press. Speed: 160 KIAS. Retract flaps on schedule. check proper indication on PFD and MFD. Perform After Takeoff checklist
At 1000 ft (acceleration altitude) and V2 + 15 KIAS Proceed as in a normal takeoff. - AP...ON, - FLC..160 KIAS or as required by published procedure - Flaps....UP - Thrust Levers: CON/CLB Call for After Takeoff checklist	1000 ft below Missed App Altitude
Check	One to go

Abbildung 31: Im OM A publiziertes Verfahren für einen Standard *go around*

Im Weiteren ist im OM B, Kapitel 2.11 *STEEP APPROACH* unter anderem Folgendes festgehalten:

*„The information here is based on AFM Supplement 7 and is applicable when conducting approaches with a glide path angle greater than standard (normally 3°). The limitations, operating procedures and performance information for steep approach operations are based on the use of an approved approach path guidance system.“*

Die Piste 10 des Regionalflugplatzes St. Gallen-Altenrhein ist mit einem Instrumentenlandesystem (*instrument landing system – ILS*) ausgerüstet und der Anflugwinkel beträgt 4°. Gemäss Definition im OM B des Flugbetriebsunternehmens zählte demzufolge der durchgeführte ILS-Anflug zu den sogenannten *steep approaches*.<sup>5</sup>

Unter Beschränkungen in Kapitel 2.11.1 *LIMITATIONS* wurde unter anderem Folgendes festgehalten:

*„Operation is not permitted if the STEEP APPROACH mode is not armed“* und *„The Steep Approach must be done at Landing Reference Speed (VREF)“*.

<sup>5</sup> Nach ICAO wird ein Anflug dann als *steep approach* bezeichnet, wenn der Gleitwegwinkel 4.5° oder mehr beträgt.

Gemäss Flugzeughersteller gibt es im AFM kein *Supplement 7*, der STEEP APPROACH ist nicht zertifiziert und es gibt auf dem Flugzeug Phenom 300 auch keinen STEEP APPROACH *mode*.

#### 1.17.1.2 Verfahrensvorschriften bei abnormalen Situationen

Bezüglich Gebrauch der Prüfliste in abnormalen Situationen steht im OM B in Kapitel 3 *Non-normal procedures* unter anderem Folgendes:

*„Non-normal checklist use commences when the airplane flight path and configuration are properly established. Only a few situations require an immediate response (such as stall warning, ground proximity PULL UP and WINDSHEAR warnings, and rejected take off). Usually time is available to assess the situation before corrective action is initiated. All actions should be coordinated under the captain's supervision and performed in a deliberate, systematic manner. The flight path should never be compromised!“*

*„Checklist items are read aloud by the pilot monitoring (PM) with the appropriate action being taken by the crewmember in whose area of responsibility each control is located and the action is confirmed aloud by the other crew member.“*

In Bezug zur unvorbereiteten Evakuierung des Flugzeuges in Notsituationen steht im OM B in Kapitel 11.3. *unprepared emergency evacuation* unter 11.3.2 *unprepared evacuation checklist*:

*„Prior to an evacuation, the crew shall execute the critical items of the Evacuation Checklist (See Emergency Procedures). The exit by which the aeroplane is to be evacuated should always be included in the evacuation command.“*

Die oben erwähnten *emergency procedures* finden sich im *quick reference handbook* (QRH) (EE-2) und unter *emergency evacuation* ist Folgendes festgehalten:

<b>EMERGENCY EVACUATION</b>	
<b>Thrust Levers .....</b>	<b>IDLE</b>
<b>Emergency/Parking</b>	
<b>Brake.....</b>	<b>ON</b>
<b>START/STOP Knobs.....</b>	<b>STOP</b>
<b>SHUTOFF 1 &amp; 2</b>	
<b>Buttons .....</b>	<b>PUSH IN</b>
<b>PRESN MODE Switch ....</b>	<b>MAN</b>
<b>DUMP Button.....</b>	<b>PUSH IN</b>
<b>ATC .....</b>	<b>NOTIFY</b>
<b>Emergency</b>	
<b>Evacuation .....</b>	<b>PERFORM</b>
<b>BATT 1 &amp; 2 Switches .....</b>	<b>OFF</b>

**END**

Abbildung 32: *emergency evacuation checklist* gemäss *quick reference handbook* (QRH)

Ob diese Prüfliste entsprechend abgearbeitet wurde, kann aufgrund der Aufzeichnungen im CVDR nicht gesagt werden. Gemäss Aussage des Kommandanten hat er sich um die Passagierin gekümmert und der Copilot hat die Punkte der *emergency checklist* abgearbeitet. Der Kommandant sagte dazu: *„The passenger*

*was very much afraid so I took care of her. The copilot did the engine shut down and all that, he opened the door.“*

#### 1.17.1.3 Piloten Handbuch

Im Piloten-Flughandbuch (*pilot's operating handbook* – POH) sind, wie in Kapitel 1.6.3.1 erwähnt, unter anderem die Systeme des Phenom 300 beschrieben. Im Flugzeug CN-MBR fanden sich das POH und das Flughandbuch (*airplane flight manual* – AFM) des Herstellers Embraer. Diese beiden Bücher befanden sich im linken Schrank unmittelbar hinter dem Cockpit.

Es zeigte sich, dass in diesem POH in der Systembeschreibung (Kapitel 6-07-05, Seite 2, Revision 1 vom 5. Juli 2010) der folgende Hinweis bezüglich Klappenwählhebel (*flap selector lever* – FSL) fehlte: „**NOTE:** *The flap FULL position is not available and is blocked by a mechanical stop added to the FSL.*“

Der entsprechende Hinweis wurde erst mit der Revision 2 mit Datum vom 31. März 2011 publiziert. Diese Revision fehlte im POH auf dem Flugzeug. Stichproben zeigten, dass andere mit der Revision 2 publizierte Seiten jedoch ausgetauscht worden waren. Auch die Revision 3 vom 4. November 2011 war im POH ausgeführt worden. Dabei ist festzuhalten, dass in der Revision 3 bezüglich FSL gegenüber der Revision 2 keine Änderungen publiziert wurden.

#### 1.17.2 Flugzeughersteller

Mit Datum vom 19. Juli 2012 hat der Flugzeughersteller das *service bulletin* (SB) No 505-27-0010 mit dem Titel: „*Flight Controls – Inspection / Replacement of the Flap Selector Lever*“ publiziert. Das Flugzeug CN-MBR (S/N 50500025) war von diesem SB betroffen.

In diesem SB wird unter anderem Folgendes festgehalten:

##### *„HISTORY*

*Investigation has revealed the possibility of a non-certified flaps selector lever PN 780501-7 being installed on EMB 505 „PH300“ aircraft. This is due to the fact that the AIPC has classified this lever as two-way interchangeable with lever PN 785051-9.*

##### *OBJECTIVE*

*To inspect the part number of the flap selector lever (FSL) installed and if necessary provide instruction to do the replacement.“*

In *figure 1* des SB (vgl. Anlage 15) wird bezüglich *stopper* Folgendes festgehalten:

*„If applicable, when you lift the FSL make sure that the stopper remains in its position.“*

Es ist anzunehmen, dass der Flugzeughersteller mit diesem „*applicable*“ dem Umstand Rechnung trug, dass gemäss AMM (*aircraft maintenance manual*) zwei verschiedene Zertifizierungsvarianten existierten. Flugzeuge, welche nach ANAC oder FAA zertifiziert wurden, hatten keinen *stopper* installiert und Flugzeuge, welche nach EASA zertifiziert wurden, hatten einen *stopper*. Im AMM existierten deshalb, im Gegensatz zum SB, zwei verschiedene Explosionszeichnungen:

AMM 27-53-01 *figure 401, page 4 of 8 (Rev 2 – Feb 26/10) „EFFECTIVITY: FOR ANAC OR FAA CERTIFIED AIRCRAFT“*

AMM 27-53-01 *figure 402, page 5 of 8 (Rev 2 – Feb 26/10) „EFFECTIVITY: FOR EASA CERTIFIED AIRCRAFT“ (vgl. Kapitel 1.16.2.5).*

Im SB ist nirgends festgehalten, welche Werknummer welcher Zertifikationsvariante entspricht. Gemäss Flugzeughersteller wurde das Flugzeug CN-MBR nach EASA zertifiziert.

Unter *compliance* wird im SB festgehalten: „*Embraer recommends that this bulletin be accomplished at the first Maintenance opportunity.*“

Dieses SB war am Flugzeug CN-MBR noch nicht ausgeführt.

## 1.18 Zusätzliche Angaben

### 1.18.1 Aussagen der Flugbesatzung

Der Kommandant äusserte sich zur Landung respektive zum Bremsverhalten wie folgt:

*„I applied full brakes, after about the last quarter of the runway the aircraft slid to the left. I tried to maintain runway centerline, there was no braking effect anymore.“*

*„At the beginning anything was normal and I was sure that the aircraft would stop. When it slid to the left, there was no braking effect anymore and I lost control of the brakes although I kept the pedals pressed down. Then it happened so fast, there was no time left for any emergency braking.“*

Der Copilot meinte zur Landung:

*„The landing was perfect, right on the threshold. After touchdown we could brake normally. Towards the end of the runway the aircraft yawed to the left. I think we entered a slippery part of the runway. From that time on, the aircraft was no longer controllable and we overshot the runway by aircraft inertia less than ten meters.“*

### 1.18.2 Beobachtungen des Flugverkehrsleiters

Der FVL sagte aus, dass er die CN-MBR auf seinem Radar-*display* beobachtet und den eigentlichen Endanflug dann bis zum Durchstart visuell verfolgt habe. Zu diesem Teil des Anfluges äusserte sich der FVL wie folgt: *„Er war extrem viel zu schnell, ich sah nie eine Möglichkeit, dass er je landen konnte. Er brach den Anflug ab mit einem low G/A, fast auf der Piste. Er hätte schätzungsweise Mitte Piste aufgesetzt, wenn er den Anflug bis zur Landung fortgesetzt hätte.“*

Auf die Frage, warum der FVL die Besatzung nicht nach dem Grund des Durchstarts gefragt habe, antwortete der FVL wie folgt: *„Für mich war klar, dass er zu schnell war. Deshalb habe ich auch überhaupt nicht nachgefragt.“*

Aus diesem Grunde habe er der Besatzung eine Freigabe zu einem *standard missed approach* gegeben und die Besatzung unmittelbar darauf angewiesen, wieder mit der Flugverkehrsleitstelle *„Zurich arrival“* Kontakt aufzunehmen.

## 1.19 Nützliche oder effektive Untersuchungstechniken

Keine.



## 2 Analyse

### 2.1 Technische Aspekte

#### 2.1.1 Allgemeines

Die Untersuchungen an den relevanten Systemen, wie in Kapitel 1.16 beschrieben, zeigten keine vorbestehende Mängel, welche den Unfall hätten beeinflussen oder verursachen können. Mit Ausnahme des Klappensystems funktionierten diese Systeme auch während des Unfallfluges störungsfrei.

#### 2.1.2 Klappensystem

Das kombinierte Cockpitgesprächs- und Flugdatenaufzeichnungsgerät (*cockpit voice and data recorder* – CVDR) zeichnete zwischen 13:27:40 UTC und 13:27:43 UTC eine ungültige Stellung 7 des Klappenwählhebels (*flap selector lever* – FSL) auf. Vorgängig waren die Stellungen 1, 2 und 3 gewählt worden (vgl. Anlage 4). Die folgende Tabelle zeigt den zeitlichen Ablauf der FSL-Stellungen:

UTC	FSL-Stellung	aufgezeichnete Stellung	Bemerkungen
13:27:32	1	1	
13:27:38	2	2	
13:27:40	3	3	Aufzeichnung der Stellung 7 kurz danach möglich, wenn der FSL in die Stellung FULL gebracht wird, z.B: 13:27:40.01 UTC
13:27:41	4 (FULL)	7	vgl. Anlage 4
13:27:42	4 (FULL)	7	vgl. Anlage 4
13:27:43	3	3	Aufzeichnung der Stellung 7 bis kurz davor möglich, falls der FSL noch in der Stellung FULL steht, z.B. 13:27:42.59 UTC

**Tabelle 2:** Aufzeichnung der FSL-Stellungen in zeitlicher Abfolge

Die Stellung des Klappenwählhebels wird nur einmal pro Sekunde aufgezeichnet. Somit war es möglich, dass die Stellung 7 knapp drei Sekunden andauerte, obwohl sie nur zweimal aufgezeichnet wurde.

Wie in Kapitel 1.16.2.2 erwähnt, wurde in der Folge das Ausfahren der Klappen gestoppt und die CAS-Warnmeldung FLAP FAIL wurde angezeigt.

Eine ungültige Stellung 7 wird unabhängig von der Stellung des FSL, wie in Kapitel 1.16.2.6 beschrieben, immer dann aufgezeichnet, wenn zwischen dem linken FSL-*channel* und der FCE 1 eine Drahtverbindung unterbrochen ist. In der CN-MBR waren die der Stellung FULL zugeordneten Drahtverbindungen beider FSL-*channels* werkseitig isoliert und somit permanent unterbrochen.

Wird nun der Klappenwählhebel unter diesen Bedingungen länger als zwei Sekunden in die Stellung FULL gebracht, wird die ungültige Stellung 7 aufgezeichnet. Gleichzeitig werden die Klappen blockiert und die Warnung FLAP FAIL auf dem CAS angezeigt.

Normalerweise verhindert ein sogenannter *stopper*, dass der Klappenwählhebel in die Stellung FULL gebracht werden kann. Diese Stellung war zum Zeitpunkt des Unfalls vom Flugzeughersteller noch nicht freigegeben. Beim Flugzeug CN-MBR war auf dem Unfallflug kein *stopper* vorhanden (vgl. Kapitel 1.16.2.1).

Es erscheint als gegeben, dass der Copilot auf Befehl des Kommandanten den Klappenwählhebel kurz, jedoch länger als zwei Sekunden, in die Stellung FULL und anschliessend zurück in die Stellung 3 gebracht hat. Die Aufzeichnungen bestätigen diese Manipulationen und erklären das Blockieren der Klappen.

## 2.2 Menschliche und betriebliche Aspekte

### 2.2.1 Besatzung

#### 2.2.1.1 Anwendung von Verfahrensvorgaben

Die Zusammenarbeit in einer Mehrmannbesatzung setzt voraus, dass die Aufgaben der einzelnen Besatzungsmitglieder definiert und aufeinander abgestimmt sind. Diese Angaben finden sich in den Betriebshandbüchern (*operations manual* – OM) des Flugbetriebsunternehmens. Wie in Kapitel 1.17.1.1 erwähnt und teilweise zitiert, sind diese detailliert beschrieben.

Aus der Erfahrung zahlreicher Unfälle, bei denen eine mangelhafte Zusammenarbeit der einzelnen Besatzungsmitglieder ein kausaler Faktor war, wurde zu Beginn der Achtzigerjahre des letzten Jahrhunderts das sogenannte *crew resource management* (CRM) als Schulung für Flugbesatzungen entwickelt und in der Folge als Bestandteil in die Aus- bzw. Weiterbildung von Verkehrspiloten aufgenommen. *Crew resource management* soll das Bewusstsein dafür schärfen, dass neben dem technischen Verständnis an Bord eines Luftfahrzeugs der zwischenmenschliche Bereich ein entscheidender Faktor für eine sichere Flugdurchführung ist. Beiden Piloten wurde bescheinigt, am 19. Dezember 2011 einen entsprechenden CRM Kurs "*Rafrâchissement en Facteurs Humains pour Personnel Aéronautique*" besucht zu haben.

Die Analyse der Audioaufzeichnungen des CVDR deutet in keiner Weise auf eine Zusammenarbeit nach den Grundsätzen des CRM hin, wie sie in den Betriebshandbüchern des Flugbetriebsunternehmens festgehalten sind.

Dies ist umso erstaunlicher, war doch der Copilot zusätzlich als *quality and flight safety manager* im Flugbetriebsunternehmen eingesetzt und deshalb gemäss seinem Pflichtenheft dafür verantwortlich, dass die in den Betriebshandbüchern festgelegten und definierten Verfahren in der Praxis eingehalten werden.

#### 2.2.1.2 Zusammenarbeit im Cockpit

Nachdem der Copilot im Reiseflug die Information (*automatic terminal information system* – ATIS) des Flugplatzes St. Gallen-Altentrhein abgehört hatte, wurde der Anflug auf die Piste 28 gemäss den Angaben auf den Bildschirmen im Cockpit besprochen. Ein eigentliches *approach briefing*, wie es im Betriebshandbuch A (*operational manual* – OM A) in Kapitel 2.3.8 festgehalten ist, fand jedoch nicht statt. Dieser Sachverhalt spiegelt sich in der konfusen Diskussion zwischen den Besatzungsmitgliedern über die publizierten Anflugshöhen. Ebenso wenig wurden die Problematik und die Konsequenzen eines Anfluges auf einem Gleitweg von vier Grad bei Rückenwind und die Tatsache, dass die Klappenstellung FULL nicht verfügbar war, angesprochen.

Als der Flugverkehrsleiter des Regionflugplatzes St. Gallen-Altentrhein um 13:26:52 UTC der Besatzung beim ersten Aufruf für den Anflug die Piste 10 als Variante anbot, wurde noch während des Funkspruchs das Fahrwerk ausgefahren. Diese Handlung wurde weder vom Kommandanten befohlen, noch vom Copiloten bestätigt. Diese non-verbale Aktion lässt darauf schliessen, dass sich die Besatzung der Anflugseinteilung bezüglich Geschwindigkeit und Konfiguration für einen Direktanflug bewusst wurde. Es erstaunt weiter, dass bis zur Bestätigung der Besatzung um 13:27:06 UTC für eine Landung auf der Piste 10 und auch in der Folge zwischen den Piloten diesbezüglich kein Wortwechsel stattfand. Der Entscheid für die Piste 10 hätte vom Kommandanten ein korrigierendes *approach briefing* verlangt.

Es deutet vieles darauf hin, dass die Besatzung bereits in dieser Phase mental dem Flugverlauf nachhinkte. Nur so lässt sich erklären, dass sie dem aktuellen

Wind während des Sinkfluges nicht die nötige Beachtung schenkte. Zusätzlich wurde der Besatzung bei jedem ersten Funkkontakt eine Windinformation übermittelt.

Unabhängig von der Darstellungswahl auf ihren Bildschirmen für die primären Flugdaten (*primary flight display* – PFD) hätte die Besatzung sich während des ganzen Anfluges über den vorherrschenden Wind orientieren können (vgl. Anlage 8). Der zeitliche Druck auf die Besatzung zeigt sich auch darin, dass die Klappen leicht über der maximalen Geschwindigkeit für Position 1 ausgefahren wurden und in der Folge die jeweils nächste Klappenstellung befohlen wurde, noch bevor die letztgewählte Stellung erreicht und kontrolliert worden war. Es muss auch angenommen werden, dass der Besatzung nicht mehr bewusst war, dass systembedingt beim Ausfahren der Klappen die *speed brakes* automatisch ausgefahren werden, denn die darauf hinweisende Warnung SPDBRK SW DISAG wurde ebenfalls nicht angesprochen. Der Befehl zur Stellung FULL FLAPS, welche vom Kommandanten befohlen und vom Copiloten quittiert wurde, lässt den Schluss zu, dass den beiden Piloten im Moment nicht mehr bewusst war, dass diese Stellung nicht gewählt werden durfte.

Das Wählen der Klappenstellung FULL, welches zum Blockieren der Klappen führte, passierte zum Zeitpunkt, als die Klappen während des Ausfahrens bei rund 10 Grad standen. Dies entspricht zufällig etwa der Stellung 1 des FSL, was die Besatzung verständlicherweise im Glauben liess, die Stellung 1 hätte zur Blockade der Klappen geführt. Allerdings muss festgehalten werden, dass das für den weiteren Verlauf nicht relevant war.

Das Flugzeug befand sich 500 Fuss über Grund auf dem Gleitweg und mit einer Geschwindigkeit, die weit über der Anfluggeschwindigkeit lag. Der folgende Verlauf des Anflugs lässt jedoch keinen Zweifel daran, dass die Zusammenarbeit im Cockpit zusammengebrochen war. Der Kommandant äusserte sich dahingehend, dass er keine Sicht zur Piste hätte und liess sich vom Copiloten verleiten, den Anflug trotzdem weiterzuführen. Es ist nicht auszuschliessen, dass sich der Kommandant dadurch beeinflussen liess, dass der Copilot eine Management-Funktion hatte und über Flugerfahrung als Kommandant im Militär und als Fluglehrer verfügte. Die Aufzeichnungen im CVDR lassen keinen Schluss darüber zu, wer der eigentliche Kommandant des Fluges war.

Es ist unter dem Aspekt der Flugsicherheit unverständlich, dass der Anflug auch noch fortgesetzt wurde, als das Flugzeug 300 Fuss über Grund immer noch eine Sinkrate von über 1000 ft/min und eine Geschwindigkeit von über 150 KIAS aufwies.

Der Entschluss zum Durchstart wurde vom Kommandanten erst im letzten Moment, unmittelbar vor dem Aufsetzen auf der Piste, gefasst. Das anschliessende Durchführen des *go around* erfolgte wiederum nicht gemäss den Verfahren, wie sie im OM A in Kapitel 2.3.11 festgehalten sind (vgl. Kapitel 1.17.1.1). Das Fahrwerk wurde nicht eingefahren. Der Befehl des Kommandanten: „*Flaps one*“ wurde vom Copiloten nicht quittiert. Der Klappenwählhebel war bereits vorher ohne Aufforderung in diese Stellung gebracht worden.

Die während des Durchstarts ertönenden akustischen Warnungen „HIGH SPEED“ und „AUTOPILOT“ waren eine systembedingte Antwort auf die zu hohe Geschwindigkeit mit ausgefahrenen Klappen. Dass die Besatzung weder verbal noch mit ihrer Handlungsweise auf diese Warnungen reagierte, deutet darauf hin, dass sie überfordert war.

Die in der Folge stattfindende Diskussion im Cockpit über die nicht vorhandenen *speed brakes* zeigt zusätzlich, dass das Wissen über systembedingte Funktionen des Flugzeuges durch die Besatzung nicht mehr abgerufen werden konnte.



Aus betrieblicher Sicht ist es schwer nachvollziehbar, warum sich die Besatzung nicht für ein *holding* entschied, um eine Fehleranalyse durchzuführen, die Prüfliste für die Warnung FLAP FAIL Punkt für Punkt abzarbeiten und sich mit den Konsequenzen, insbesondere mit der grösseren Landedistanz, auseinanderzusetzen. Es bestand für die Besatzung zu keinem Zeitpunkt die Notwendigkeit für ein rasches Handeln. Sie hatte genügend Treibstoff an Bord und wäre diesbezüglich, auch zum Ausweichen auf einen Flughafen mit einer längeren Piste, nicht eingeschränkt gewesen. Die Gespräche im Cockpit lassen darauf schliessen, dass der Copilot die Prüfliste wohl konsultierte, diese aber nicht systematisch Punkt für Punkt und nach den Regeln, wie sie das Flugbetriebsunternehmen definiert hatte, abarbeitete.

Die Aufzeichnungen der Klappenwählhebel-Stellung (vgl. Tabelle 2) zeigen zudem, dass dieser nicht systematisch bewegt wurde und der Wechsel der Stellung auch in kritischen Flugphasen, u.a. während des Durchstarts, vorgenommen wurde, was die Flugstabilität beeinträchtigt hätte, wären die Klappen nicht blockiert gewesen (vgl. Anlage 4).

In der Folge kam es zu einem zweiten Anflug ohne ein vorausgehendes *approach briefing*. Auch kritische Punkte wie Flugzeugkonfiguration, Anfluggeschwindigkeit, Pistenzustand und Pistenlänge wurden nicht angesprochen. Die Ausgangslage war deshalb für den zweiten Anflug nicht optimal, was durch die unruhige Steuerführung bestätigt wird (vgl. Anlage 5 und 6). Die Kommunikation im Cockpit und die fehlenden Reaktionen der Besatzung auf die akustischen Warnungen des Bodenannäherungssystem (*terrain awareness and warning system* – TAWS) lassen nicht daran zweifeln, dass die Besatzung überfordert war.

Das späte Aufsetzen auf der Piste mit einer zu hohen Geschwindigkeit war die unmittelbare Folge des nicht stabilisierten Anfluges und der mangelhaften Zusammenarbeit der beiden Piloten.

Die Aufzeichnungen des CVDR zeigen (vgl. Anlage 14), dass unmittelbar nach der Landung die Bremspedale nur zögerlich und nicht voll betätigt wurden und somit auch nicht die maximale Bremswirkung genutzt wurde. Erst kurz vor Erreichen des Pistenendes und 14 Sekunden nachdem das Signal *weight on wheel* (WOW) gemeldet hatte, dass das Flugzeug am Boden war, zeigen die Aufzeichnungen die Bremspedale im Anschlag. Dieses Bremsverhalten steht einerseits im Widerspruch zu den Aussagen des Kommandanten „*I applied full brakes*“ und war andererseits aus flugbetrieblicher Sicht der Situation nicht angepasst.

Weiter zeigen die Aufzeichnungen des CVDR, dass nach dem Verlassen der Piste respektive auf dem anschliessenden *stopway* der Druck vom rechten Bremspedal genommen wurde und das Querruder voll nach links ausgeschlagen war. Der Schluss liegt daher nahe, dass der Kommandant auf den letzten Metern versuchte, das Flugzeug nach links, auf den Beginn des *taxiway N* (vgl. Anlage 10 und 12) zu steuern. Dass dies nicht gelang, lag an der Geschwindigkeit des Flugzeuges und an der Richtung, in welcher sich die Flugzeugmasse vorwärts bewegte.

### 2.2.1.3 Medizinische Feststellungen

Der nur wenige Stunden nach dem Unfall nachgewiesene Gehalt der THC-Carbonsäure (THC-COOH) lag beim Kommandanten bei 120 µg/l. Dieser liegt über dem in der Literatur verbreiteten Wert von 75 µg/l, ab welchem von einem chronischem Konsum die Rede ist.

Die Schwellen- und Richtwerte für Blut- und Urinalysen wurden von Rechtsmedizinischen Instituten auf der Grundlage von nationalen und internationalen Empfehlungen weitgehend harmonisiert. Bei chronischem Konsum erstreckt sich

die Nachweisdauer im Blut auf einige Tage respektive im Urin auf 30 Tage und mehr. Die Nachweisdauer ist u.a. abhängig von der aufgenommenen Dosis und erheblichen individuellen Schwankungen unterworfen. Die Blutentnahme erfolgte jedoch nur drei Stunden nach dem Unfall, und dennoch konnte kein Nachweis von THC-Carbonsäure im Blut gefunden werden.

Wie in Fachliteratur und Studien beschrieben, ist die Beeinflussung der Leistungsfähigkeit von Piloten unter THC-Wirkung vielschichtig. Einerseits zeigten Cannabisungewohnte im Flugsimulator ein eingeschränktes Wahrnehmungs- und Reaktionsvermögen auf komplexe und unerwartete Reize. Andererseits konnte bei gewohnten Cannabiskonsumern nur eine leichte Beeinträchtigung des Verhaltens nachgewiesen werden. Verschiedene Studien sind sich jedoch einig, dass chronischer Cannabis-Konsum möglicherweise zu einer langzeitigen kognitiven Beeinträchtigung im Bereich Aufmerksamkeit, Gedächtnis und der Fähigkeit, komplexe Informationen abzuarbeiten, führen kann.

Es gibt keine Hinweise aufgrund der vorliegenden Daten, dass der zurückliegende Konsum die Leistungsfähigkeit beeinträchtigt haben könnte.

### 2.2.2 Flugbetriebsunternehmen

Damit in einem Flugbetriebsunternehmen nach international anerkannten Grundsätzen und Regeln gearbeitet werden kann, müssen die entsprechenden Verfahren definiert respektive festgelegt werden. Hauptsächlich erfolgt das in den entsprechenden Betriebshandbüchern (*operations manual* – OM) A und B. Während im OM A generelle Regeln festgehalten werden, sind im OM B die flugzeugspezifischen Verfahren festgehalten. Diese Betriebshandbücher werden von den zuständigen offiziellen Stellen des betreffenden Landes kontrolliert, bevor einem Flugbetriebsunternehmen die Lizenz zum Flugbetrieb erteilt wird.

In dem vom Unfall betroffenen Flugbetriebsunternehmen wurde im OM A unter anderem festgehalten, dass das Flugzeug Phenom 300, welches gemäss Zertifikation mit nur einem Piloten betrieben werden kann, nur mit einer Zweimannbesatzung betrieben werden darf. Diese Regelung ist aus Sicht der Flugsicherheit zu begrüssen.

Im vorliegenden untersuchten Unfall hatte der Copilot zusätzlich eine Management-Funktion als *quality and flight safety manager* des Flugbetriebsunternehmens. Das Flugbetriebsunternehmen hielt im OM A fest, dass ein Pilot mit einer Management-Funktion, unabhängig von seiner Sitzposition, immer als *commander* galt. Er könne diese Funktion aber auch delegieren, sofern dies im *journey log* festgehalten werde. Diese Funktion wurde im Unfallflug vom Management-Piloten delegiert. Ein entsprechender Hinweis im *journey log* wurde jedoch nicht gefunden und muss deshalb bemängelt werden.

Im OM B wurde festgehalten, nach welchen Grundsätzen eine Zweimannbesatzung das Flugzeug zu betreiben hat. Dabei wird das Regelkreisprinzip (*closed loop*) explizit erwähnt. Da die Audioaufzeichnungen des CVDR keinerlei Anzeichen auf eine solche Zusammenarbeit ergeben, muss die Frage gestellt werden, nach welchen Kriterien das Flugbetriebsunternehmen kontrolliert, ob im täglichen Flugbetrieb nach den von ihm festgelegten Regeln und Verfahren gehandelt wird. Eine solch grosse Diskrepanz zwischen Theorie und Praxis schafft aus Sicht der Flugsicherheit Risiken.

Im Weiteren sind im OM B, in Kapitel 2.11, Vorgaben für den *steep approach* festgehalten. Dies ist erstaunlich, denn erstens ist der *steep approach* auf dem Phenom 300 nicht zertifiziert und zweitens treffen die erwähnten Bedingungen nicht auf diesen Flugzeugtyp zu. Sie betreffen Angaben, welche zum Flugzeugmuster 600 Legacy gehören, welches ebenfalls vom betroffenen Flugbetriebsun-

ternehmen betrieben wird. Wahrscheinlich haben sich diese Fehler im Zug einer Abschrift entsprechender Passagen eingeschlichen.

### 2.2.3 Flugzeughersteller

#### 2.2.3.1 Service-Bulletin

Zum Zeitpunkt des Unfalls war das *service bulletin* (SB) 505-27-0010 nicht ausgeführt. Dies kann mit der kurzen Zeitspanne zwischen der Publikation und dem Datum des Unfalls erklärt werden.

Die folgende Formulierung in *figure 1* des SB erstaunt:

„*If applicable, when you lift the FSL make sure that the stopper remains in its position.*“

Wie in Kapitel 1.17.2 erwähnt, wird mit dem „*applicable*“ auf die zwei verschiedenen Zertifikationsvarianten hingewiesen. Eine nach ANAC und FAA und eine nach EASA. Dies hilft jedoch einem Unterhaltsbetrieb wenig, da im SB wie auch im AMM jeder Hinweis fehlt, welche Flugzeug-Werknummer nach welchen Richtlinien zertifiziert wurde. Dass unter *effectivity* zudem die betroffenen Werknummern (*fuselage no.*) nicht aufgeführt sind, muss deshalb als Mangel bezeichnet werden.

Im Übrigen ist es unverständlich, dass bei Flugzeugen, welche nach ANAC oder FAA zertifiziert wurden, der *stopper* nicht vorhanden sein muss, da ein fehlender *stopper* das Wählen der Klappenposition FULL zulässt. Wird diese Position für mindestens zwei Sekunden gewählt, werden die Klappen in jedem Fall blockiert, auch im Fall eines FSL mit der PN 780501-9, und unabhängig davon, nach welchen Richtlinien das Flugzeug zertifiziert wurde.

#### 2.2.3.2 Flugzeug-Handbuch

Im Piloten-Flughandbuch (*pilot's operation handbook* – POH) wurde mit der Revision vom 31. März 2011 in Kapitel 6-07-05 bezüglich des Klappenwählhebels (*flap selector lever* – FSL) der folgende Hinweis publiziert: „**NOTE:** *The flap FULL position is not available and is blocked by a mechanical stop added to the FSL.*“

Es ist aus Sicht der Flugsicherheit nicht vertretbar, dass dieser Hinweis erst Ende März 2011 publiziert wurde, nachdem dem Flugzeug bereits im Jahr 2008 die Zulassung erteilt worden war und seit diesem Zeitpunkt die Klappenstellung FULL nie zertifiziert wurde. Dies lässt den Schluss zu, dass dem Flugzeughersteller nicht von Anfang an bewusst war, welche Konsequenzen ein irrtümliches Setzen des Klappenwählhebels in die Stellung FULL hat.

#### 2.2.3.3 Prüflisten

Im *quick reference handbook* (QRH) sind unter anderem in Prüflisten die Verfahren für abnormale Situationen festgehalten (*emergency and abnormal procedures*). Diese sollten den Piloten helfen, mit abnormalen Situationen umgehen zu können, und ihnen eine Hilfestellung zur Entschlussfassung bieten. Die publizierten Verfahren und Tabellen, die im vorliegenden Fall anzuwenden waren, bieten einem Piloten keine optimale Hilfe.

Im Verfahren FLAP FAIL (vgl. Anlage 13) wird der Pilot nicht darauf hingewiesen, dass er mit der Funktion *flap override* die akustische Warnung TOO LOW FLAPS im Endanflug hätte vermeiden können. Ebenso fehlt im *Embraer Prodigy Flight Deck 300 Pilot's Guide* des Herstellers der Hinweis, dass diese Funktion auch gewählt werden könnte, wenn bedingt durch einen technischen Fehler, die Klappen nicht in die Landeposition gebracht werden können.

Wenn der Hersteller – aus welchen Gründen auch immer – nicht will, dass in einem solchen Fall die Funktion *flap override* aktiviert wird, so sollte der Piloten mindestens mit einem Vermerk in der Prüfliste darauf aufmerksam gemacht werden, dass im Endanflug die akustische Warnung TOO LOW FLAPS ertönt.

Es ist im Weiteren unverständlich, dass in der publizierten Tabelle für eine Landedistanzberechnung (QRH, PD35-1) der Korrekturfaktor nur für trockene Pisten, nicht aber für nasse Pisten angewendet wird. Das so gefundene Resultat wiegt den Piloten beim Gebrauch dieser Tabelle bei Landungen auf nassen Pisten in einer falschen Sicherheit.

Ebenso ist nicht nachvollziehbar, dass beim optionalen Einbau des TAWS auf dem HEATING/ICE PROTECTION *control panel* (POH 2908, 6-11-05) drei *push buttons* (G/S INHIB / FLAP OVRD / TERR INHIB) vorhanden sind, deren Funktion und Anwendung nirgends beschrieben sind (vgl. Kapitel 1.6.3.6.4).

#### 2.2.4 Flugverkehrsleitung

Als sich die Besatzung beim Flugverkehrsleiter (FVL) des Regionalflugplatzes St. Gallen-Altenrhein erstmals meldete, bot ihr dieser als Variante umgehend einen direkten Anflug auf die Piste 10 an. Gleichzeitig gab er ihr eine vorherrschende Windrichtung von 280 Grad mit einer Windgeschwindigkeit von neun Knoten an. Das Wetter während der letzten halben Stunde (METAR von 13:20 UTC) zeigte einen Wind aus 280 Grad mit 14 Knoten und starkem Regen, wohingegen das ATIS der Kennung INDIA von 12:50 UTC (vgl. 1.7.6) eine Windinformation von 310 Grad mit elf Knoten und leichtem Regen ausstrahlte.

Das Angebot des FVL für einen Direkt-Anflug auf die Piste 10 war bei diesen Windverhältnissen und nasser Piste fragwürdig.

Dem FVL schien gemäss seiner Aussage klar, dass der Durchstart der DLI 211 erfolgte, weil sie im Anflug viel zu schnell war und erst noch zu spät aufgesetzt hätte. Er unterliess es deshalb, nach dem Grund des Durchstarts zu fragen. Dies ist aufgrund des Sichtkontakts des FVL mit dem Flugzeug verständlich, es ist aber aus Sicht der Kooperation zwischen FVL und Besatzung nicht zweckmässig. Eine Frage der Flugsicherung nach dem Grund hätte zur Ansprechung des technischen Fehlers durch die Besatzung geführt und ein angebotenes *holding* hätte ihr möglicherweise den Anstoss zu einer detaillierten Lagebeurteilung gegeben.

#### 2.2.5 Regionalflugplatz St. Gallen-Altenrhein

Wie in Kapitel 1.10 beschrieben ist der Regionalflugplatz St. Gallen-Altenrhein (LSZR) gemäss ICAO als Flughafen mit der *code number 3* zu klassifizieren. Gemäss Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) wurde der Regionalflugplatz St. Gallen-Altenrhein jedoch als Flugplatz mit der *code number 2* behandelt.

Eine *runway end safety area* (RESA) von mindestens 90 m, wie sie zum Zeitpunkt des Unfalls von der ICAO für Flugplätze mit der *code number 3*, jedoch nicht für solche mit der *code number 2* vorgeschrieben wurde, ist nicht vorhanden. Dies hatte jedoch auf die Ursache des vorliegend untersuchten Unfalls keinen Einfluss.

### 2.3 Meteorologische Aspekte

Auf der Vorderseite eines Troges, der vom Europäischen Nordmeer bis zur Biskaya reichte, strömte feuchtmilde und zum Teil instabil geschichtete Luft über die Alpen nach Nordost. Eine zum Trog gehörende Kaltfront erstreckte sich von Südwest nach Nordost über die Schweizer Alpen und führte vor allem präfrontal und entlang der Frontalzone zu Niederschlägen unterschiedlicher Intensität. Radarechos mit mässiger Intensität traten von der Wolkenbasis bis in Höhen von 7000 m/M auf.

Um 12 UTC lag die Bodenfront knapp östlich des Bodensees. Auf der Rückseite der Front flaute der Wind in Bodennähe kurzzeitig ab. Auch die Niederschläge liessen nach. Oberhalb von rund 800 m/M blieb die Windgeschwindigkeit annähernd unverändert.

Bedingt durch das Relief und durch Wellen entlang der Frontalzone unterlag die Luft im östlichen Bodenseeraum örtlich verstärkter Hebung, was die Niederschlagsintensität akzentuierte. Niederschlagsabkühlung führte zu typischem Schlechtwetter „Stratus fractus“ mit rasch ändernder Sichtweite und variabler Wolkenuntergrenze.

Für die Piloten war der Anflug unter den vorherrschenden Wetterbedingungen anspruchsvoll. Diese Bedingungen liessen jedoch einen direkten Anflug auf die Piste 10 sowie einen *circling approach* auf die Piste 28 zu.

### 3 Schlussfolgerungen

#### 3.1 Befunde

##### 3.1.1 Technische Aspekte

- Das Flugzeug war zum gewerbsmässigen Verkehr nach VFR/IFR zugelassen.
- Sowohl Masse als auch Schwerpunkt des Flugzeuges befanden sich im Unfallzeitpunkt innerhalb der gemäss AFM zulässigen Grenzen.
- Die Untersuchung ergab keine Anhaltspunkte für vorbestandene technische Mängel, die den Unfall hätten verursachen können.
- Die letzte geplante Unterhaltsarbeit wurde am 7. Juli 2012 bei 480:45 Betriebsstunden durchgeführt.
- Während des ersten Anfluges wurde der Klappenwählhebel für kurze Zeit in die Stellung FULL gebracht, welche zum Zeitpunkt des Unfalls nicht zertifiziert war und deshalb nicht gebraucht werden durfte.
- Ein bei der Auslieferung des Flugzeuges eingebauter mechanischer *stopper*, welcher das Wählen der Klappenstellung FULL verhindert, fehlte auf dem Unfallflug.
- Der fehlende mechanische *stopper* ermöglichte die Wahl der Klappenstellung FULL, was zu einem ungültigen Signal in der *flight control electronic* (FCE) führte, worauf die Klappen bei rund 10 Grad blockiert blieben und die Warnmeldung FLAP FAIL konstant angezeigt wurde.

##### 3.1.2 Besatzung

- Die Piloten besaßen die für den Flug notwendigen Ausweise.
- Es liegen keine Anhaltspunkte für gesundheitliche Beeinträchtigungen der Piloten während des Unfallfluges vor.
- Die Blutalkoholanalyse ergab bei beiden Besatzungsmitgliedern ein negatives Resultat.

##### 3.1.3 Flugverlauf

- Um 13:23:41 UTC erhielt die Besatzung eine Kursanweisung. Sie befand sich 13 NM nordöstlich des Wegpunktes ROLSA im Sinkflug. Die Rückenwindkomponente betrug etwas mehr als 70 Knoten.
- Um 13:24:57 UTC erhielt die Besatzung die Freigabe für einen Anflug auf die Piste 28: „(...) *ILS approach runway one zero followed by visual right-hand circuit runway two eight (...)*“.
- Um 13:25:42 UTC erkundigte sich der Kommandant beim Copiloten nach der Flugplatzhöhe. In der Folge entstand zwischen den Piloten ein kurzzeitiges Missverständnis.
- Nach dem Frequenzwechsel zum FVL von St. Gallen-Altenrhein wurde der Besatzung von diesem um 13:26:52 UTC ein Anflug mit Landung auf die Piste 10 offeriert, welcher von der Besatzung umgehend angenommen wurde.
- Um 13:27:29 UTC, bei 183 KIAS, befahl der Kommandant, die Klappen auszufahren.

- Um 13:27:36 UTC meldete der Copilot, dass er die Piste in Sicht habe, und der Kommandant befahl, die Klappen in die Stellung 2 zu setzen.
- Um 13:27:45 UTC erschien die *master warning* zusammen mit der Fehlermeldung FLAP FAIL, welche bis nach der Landung angezeigt blieb. Die Klappen blieben für den Rest des Fluges bei rund 10 Grad blockiert, was zufällig etwa der Stellung 1 des *flap selector lever (FSL)* entspricht.
- Um 13:27:53 UTC meldete die synthetische Stimme: „MINIMUMS, MINIMUMS“ und danach „FIVE HUNDRED“.
- Um 13:28:03 UTC, bei einer Geschwindigkeit von 154 KIAS und einer Sinkrate von mehr als 1000 ft/min ertönte die Höhenmeldung „THREE HUNDRED“.
- Um 13:28:06 UTC sagte der Kommandant, dass er die Piste nicht sehen würde und zwei Sekunden später bei der Höhenmeldung „TWO HUNDRED“ wiederholte der Kommandant diese Aussage.
- Umgehend sagte der Copilot: „*Voilà la piste, voilà la piste.*“
- Um 13:28:13 UTC, bei der Höhenmeldung „ONE HUNDRED“ sagte der Kommandant erneut, dass er nichts sehen würde.
- Um 13:28:22 UTC leitete der Kommandant einen Durchstart ein. Das Fahrwerk blieb ausgefahren.
- Um 13:28:43 UTC ertönte im Cockpit die Warnung „HIGH SPEED“ und elf Sekunden später zusätzlich die Warnung „AUTOPILOT“.
- Beide Warnungen ertönten abwechselungsweise bis um 13:29:17 UTC.
- Auf die Frage des FVL, ob die Besatzung einen zweiten Anflug bevorzugen würde, antwortete diese ohne zu zögern um 13:29:48 UTC mit: „*Affirmative*“.
- Um 13:30:19 UTC sagte der Kommandant zum Copiloten, dass die Klappen verklemmt seien und die hohe Geschwindigkeit bliebe.
- Um 13:31:01 UTC bemerkte der Kommandant, dass er für den Anflug die Klappen in der Position 2 belassen wolle.
- Der Copilot antwortete, dass diese immer noch in der Position 1 seien und dass er zweimal versucht habe, die Klappen zu bewegen.
- Tatsächlich hatte der Copilot in der Zeit von 13:27:40 UTC bis 13:40:15 UTC (während beiden Anflügen und dem Durchstart) über zehnmal versucht, die Klappen zu bewegen.
- Um 13:33:54 UTC fragte der Kommandant den Copiloten, was in der Prüfliste bezüglich des Problems mit den Klappen stehen würde.
- Die Piloten einigten sich über die erhöhte Anfluggeschwindigkeit von 130 Knoten und der Kommandant erkundigte sich beim Copiloten nach der Pistenlänge.
- Um 13:39:08 UTC erteilte der FVL der DLI 211 die Landefreigabe und der Copilot riet dem Kommandanten, die Sinkrate zu erhöhen.
- Der Kommandant erwiderte darauf, dass sie ein Problem hätten, da die Geschwindigkeit ansteige und sie keine *speed brakes* hätten.
- Auf einer Höhe von 2330 ft QNH und bei einer Geschwindigkeit von 162 KIAS und einer Sinkrate von rund 2000 ft/min generierte das Bodenannäherungswarnsystem um 13:39:34 UTC die Warnung „TERRAIN“, gefolgt vier Sekunden später von der Warnung „<whoop> <whoop> PULL UP“.

- Um 13:39:58 UTC, beim Ertönen der Höhenmeldung „FOUR HUNDRED“ bemerkte der Kommandant, dass die Anfluggeschwindigkeit stabilisiert sei. Das Flugzeug hatte in diesem Moment 153 KIAS und eine Sinkrate von rund 1000 ft/min.
- Ab 13:40:03 UTC ertönten im Cockpit verschiedene durch das Bodenannäherungswarnsystem generierte Meldungen wie „TOO LOW TERRAIN“ und „TOO LOW FLAPS“.
- Nach der Höhenmeldung „ONE HUNDRED“ ertönten die Warnungen „TOO LOW FLAPS“ und „GLIDESLOPE“. Das Flugzeug befand sich dabei 70 ft über Grund, mit einer Sinkrate von 850 ft/min und mit 143 KIAS.
- Um 13:40:29 UTC setzte das Flugzeug mit einer Geschwindigkeit von 136 KIAS und leichtem Rückenwind rund 290 m nach der Pistenschwelle mit dem rechten Hauptfahrwerk auf der Piste 10 auf, gefolgt eine Sekunde später respektive nach weiteren 70 m vom linken Hauptfahrwerk.
- Um 13:40:31 UTC, mit einer Geschwindigkeit von 135 KIAS und rund 450 m nach der Pistenschwelle meldeten alle *weight on wheel sensors*, dass das Flugzeug am Boden war.
- Erst kurz vor Erreichen des Pistenendes und 14 Sekunden nachdem das Signal *weight on wheel* (WOW) gemeldet hatte, dass das Flugzeug am Boden war, zeigen die Aufzeichnungen die Bremspedale im Anschlag.
- Um 13:40:51 UTC überrollte das Flugzeug das Ende der Piste 10 mit einer Geschwindigkeit von 44 kt.
- Es durchbrach eine Sekunde später die Flugplatzumzäunung, überrollte den Rheinholzweg, der in einer Distanz von rund 20 m zum Pistenende quer zur Pistenachse verläuft, und kam nach weiteren 10 m in einem Maisfeld zum Stillstand.
- Die beiden Piloten und die Passagierin konnten das Flugzeug aus eigener Kraft verlassen.

#### 3.1.4 Rahmenbedingungen

- Die im *quick reference handbook* (QRH) publizierten Verfahren waren in vielen Belangen für die Besatzung wenig benutzerfreundlich.
- Die Abkühlung infolge leichter bis mässiger Niederschläge einer kurz zuvor passierten Kaltfront führte zu rasch ändernden Sichtweiten und variablen Wolkenuntergrenzen.

### 3.2 Ursachen

Der Unfall ist darauf zurückzuführen, dass das Flugzeug nach einem unstabilierten Endanflug spät und mit zu hoher Geschwindigkeit auf der nassen Piste aufsetzte und diese in der Folge überrollte.

Folgende Faktoren haben zum Unfall beigetragen:

- Die mangelhafte Zusammenarbeit und die unzureichende Situationsanalyse durch die Besatzung.
- Die auf rund 10 Grad blockierten Landeklappen, was ungefähr der Klappeneinstellung 1 entsprach.
- Spätes Einleiten einer Vollbremsung nach der Landung.



## 4 Sicherheitsempfehlungen und seit dem Unfall getroffene Massnahmen

Nach Vorgabe des Anhangs 13 der Internationalen Zivilluftfahrtorganisation (*international civil aviation organisation – ICAO*) 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 ist 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 Untersuchung von Flugunfällen und schweren Vorfällen (VFU) bezüglich der Umsetzung folgende Regelung vor:

„Art. 32 Sicherheitsempfehlungen

<sup>1</sup> Das UVEK richtet, gestützt auf die Sicherheitsempfehlungen in den Berichten der SUST sowie in den ausländischen Berichten, Umsetzungsaufträge oder Empfehlungen an das BAZL.

<sup>2</sup> Das BAZL informiert das UVEK periodisch über die Umsetzung der erteilten Aufträge oder Empfehlungen.

<sup>3</sup> Das UVEK informiert die SUST mindestens zweimal jährlich über den Stand der Umsetzung beim BAZL.“

### 4.1 Sicherheitsempfehlungen

#### 4.1.1 Minimierung der Gefährdung Dritter

##### 4.1.1.1 Sicherheitsdefizit

Nach dem Anflug auf dem Instrumentenlandesystem (*instrument landing system – ILS*) auf Piste 10 in St. Gallen-Altenrhein (LSZR) mit nur teilweise ausgefahrenen Auftriebshilfen überrollte ein Flugzeug des Typs Embraer EMB-505 Phenom 300 nach der Landung das Pistenende, durchbrach die Flugplatzumzäunung und überrollte den quer zur Pistenachse verlaufenden Rheinholzweg, welcher von einem für 90 Personen zugelassenen Linienbus befahren wurde. Das Flugzeug rollte knapp hinter dem Autobus vorbei und kam 30 m nach Pistenende in einem Maisfeld zum Stillstand.

In einem Zwischenbericht vom 31. Januar 2013 an das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) hatte die SUST-AV folgende Sicherheitsempfehlung ausgesprochen:

##### 4.1.1.2 Sicherheitsempfehlung Nr. 461

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) sollte sicherstellen, dass auf allen Schweizer Flugplätzen in einer Gefahrenanalyse (*hazard identification*) auch die Gefährdung Dritter zumindest in der unmittelbaren Flugplatzumgebung erfasst und zu deren Minimierung geeignete Massnahmen getroffen werden.

##### 4.1.1.3 Stellungnahme des Bundesamtes für Zivilluftfahrt vom 3. April 2013

„Gestützt auf Art. 3 Abs.1<sup>bis</sup> VIL (Verordnung über die Infrastruktur der Luftfahrt, SR 748.131.1) sind für Flugplätze die Normen und Empfehlungen der Internationalen Zivilluftfahrt Organisation (ICAO) u.a. im Anhang 14 zum Übereinkommen vom 7. Dezember 1944 über die Internationale Zivilluftfahrt (ICAO-Anhänge) sowie die dazugehörigen technischen Vorschriften unmittelbar anwendbar. Flughäfen und der Flugplatz St. Gallen-Altenrhein müssen dem Bundesamt entspre-

chend Art. 23a VIL zudem ein dem ICAO-Dokument 9774 Manual on Certification of Aerodromes entsprechendes Flugplatzhandbuch zur Genehmigung vorlegen und nachweisen, dass sie in der Lage sind, den Flugplatz gemäss diesem Flugplatzhandbuch zu betreiben. Dazu gehört auch ein funktionierendes Sicherheitsmanagement-System (SMS) gemäss ICAO-Dokument 9859 Safety Management Manual.

Als Bestandteil des SMS sind bestehende Gefahren sowie die damit verbundenen Risiken von den betroffenen Flugplätzen systematisch zu erfassen und samt den erforderlichen Massnahmen in einer Gefahrenbibliothek zu dokumentieren. Die erstmalige Erstellung dieser Flugplatz-Gefahrenbibliothek wird vom BAZL im Rahmen der Implementierung von SMS auf Flugplätzen unter dem Titel „Projekt Hazid“ begleitet. Das BAZL hat hierzu einen Leitfaden<sup>1</sup> erstellt, in welchem das empfohlene Vorgehen erläutert wird. Im Leitfaden dargestellt wird u. a. auch das zu betrachtende System, mit dem Hinweis, dass eine Gefahr im Zweifelsfall aufgenommen werden soll, auch wenn sie nicht im Verantwortungsbereich des Flugplatzbetreibers liegt. Die Gefahren für Dritte in der unmittelbaren Flugplatzumgebung werden dadurch bereits heute erfasst und sofern möglich durch entsprechende Massnahmen mitigiert. Der Umgang mit identifizierten Risiken ausserhalb des Verantwortungsbereichs des Flugplatzes liegt dabei nicht im Einflussbereich des Flugplatzhalters, die verantwortliche Stelle wird in diesen Fällen jedoch informiert. Das Projekt „Hazid“ wird vom BAZL im Rahmen der COFA-Arbeitsgruppen<sup>2</sup> begleitet und gesteuert. Die Aufsicht über den Gefahrenidentifikationsprozess erfolgt im Rahmen der periodischen Zertifizierungsaudits. Dazu werden jeweils auch die Resultate des Projekts „Hazid“ gestützt auf den genannten BAZL-Leitfaden überprüft und eine Stellungnahme dazu abgegeben.

Alle übrigen Schweizer Flugplätze (Flugfelder) sind heute nicht verpflichtet, ein Safety Management System zu betreiben, entsprechend ist dort eine systematische Gefahrenidentifikation durch den Flugplatz nicht vorgesehen. Jedoch erfolgt die Aufsicht über den Umgang mit Gefahren auf Flugfeldern im Rahmen der Inspektionen vor Ort. Dabei wird auch die Gefährdung Dritter erfasst, sofern sich diese im Flugplatzbereich befindet und durch die Anforderungen der ICAO-Normen adressiert wird. Eine Ausweitung der SMS-Pflicht auf alle Schweizer Flugplätze wäre aus unserer Sicht unverhältnismässig.

Fazit: Auf allen Schweizer Flughäfen sowie dem Flugfeld St. Gallen-Altenrhein wird eine Gefahrenidentifikation samt Risikoabschätzung und Mitigationsplanung im Rahmen des SMS durchgeführt, wobei bereits heute auch die Auswirkungen auf Dritte in der unmittelbaren Flugplatzumgebung einbezogen werden. Das BAZL begleitet und beaufsichtigt diesen Prozess regelmässig. Auf den übrigen Flugplätzen wird die Gefährdung Dritter im Rahmen der Aufsichtstätigkeit erfasst und gestützt auf die ICAO-Normen adressiert. Eine Ausweitung der SMS-Pflicht auf alle Schweizer Flugplätze wäre aus unserer Sicht unverhältnismässig. Die Sicherheitsempfehlung Nr. 461 ist aus unserer Sicht nicht erforderlich resp. bereits umgesetzt.“

<sup>1)</sup> Bundesamt für Zivilluftfahrt, Leitfaden zur Gefahrenidentifikation und -beurteilung, 29. Mai 2009, Schlussbericht (1.3) - zur Zeit in Überarbeitung

<sup>2)</sup> COFA (Certification of Aerodromes): COFA EASA (LSZH, LSGG, LSZB, LSZA, LSZR) und COFA ICAO (LSZQ, LSZF, LSGE, LSGC, LSZG, LSGL, LSZS, LSGS)“

#### 4.1.2 Verbesserung der Handbücher

##### 4.1.2.1 Sicherheitsdefizit

Am 6. August 2012 um 13:27:11 UTC erhielt die Besatzung einer Phenom 300, eingetragen als CN-MBR, die Freigabe für einen Instrumentenanflug auf die Piste

10 in St. Gallen-Altenrhein. Kurz darauf verlangte der Kommandant, als PF (*pilot flying*), das Setzen der Landeklappen in die Position 1. Noch bevor die Klappen in dieser Position waren, befahl er das weitere Ausfahren der Landeklappen bis in die Position FULL. Bedingt durch eine technische Abnormalität blieben die Klappen auf rund 10 Grad, welche etwa der Position 1 entspricht, blockiert und konnten in der Folge nicht mehr bewegt werden. Zusätzlich wurde die Warnung FLAP FAIL angezeigt.

Die Besatzung setzte ihren Anflug fort, und weil der Geschwindigkeitsabbau nicht im gewünschten Mass erfolgte, leitete sie knapp über der Piste einen Durchstart ein.

Beim zweiten Anflug war das Flugzeug nicht stabilisiert und im Endanflug ertönten im Cockpit verschiedene akustische Warnungen, unter anderem die TAWS (*terrain awareness and warning system*) Warnung TOO LOW FLAPS. Diese Warnung kann auf verschiedene Arten unterdrückt werden, wenn man sie bewusst unterdrücken will. Im vorliegenden Fall wäre das sinnvoll gewesen, denn diese Warnung war eine logische Konsequenz der blockierten Klappen und deshalb keine eigentliche Warnung davor, dass sich das Flugzeug in Bodennähe befindet und die nötige Landeklappenstellung nicht vorhanden ist.

In der Prüfliste für die Warnung FLAP FAIL wird auf diesen Punkt nicht verwiesen. Ebenso fehlt der entsprechende Hinweis, dass diese Warnung ertönt, wenn man sie nicht deaktiviert. Im Handbuch für die Piloten finden sich keine Hinweise oder Beschreibungen über die für diesen Fall vorhandenen *push buttons*.

Im Weiteren ist der Hinweis in der Prüfliste zum Gebrauch der entsprechenden Tabellen für die Landedistanzberechnung nicht besonders benutzerfreundlich und der Korrekturfaktor wird nur für eine trockene, nicht aber für eine nasse Piste publiziert. Unter dem Aspekt der Flugsicherheit sind dies eklatante Mängel.

#### 4.1.2.2 Sicherheitsempfehlung Nr. 482

Die Europäische Agentur für Flugsicherheit (*European Aviation Safety Agency - EASA*) sollte zusammen mit dem Flugzeughersteller prüfen, wie die Handbücher angepasst werden können, sodass sie dem Piloten eine optimale Hilfe in abnormalen Situationen bieten.

## 4.2 Seit dem Unfall getroffene Massnahmen

### 4.2.1 Allgemeines

Im Rahmen eines *operator, manufacturer, air navigation service provider (OMA) meeting* wurde am 10. April 2013 den jeweiligen Vertretern die im Verlauf der Untersuchung gesicherte Faktenlage präsentiert und auf ihre Richtigkeit und Vollständigkeit überprüft.

Die nach Auffassung der SUST vorhandenen Unklarheiten und Mängel in den publizierten Handbüchern wurden in diesem Kreis explizit angesprochen.

### 4.2.2 Durch das Flugbetriebsunternehmen

In einem Brief an die Marokkanische Untersuchungsbehörde, datiert vom Januar 2014, teilt das Flugbetriebsunternehmen Folgendes mit:

*«Dalia Air analysed the event of the Embraer Phenom 300 landing overrun carefully. Following action was taken from the operator side to avoid a future similar runway overrun:*

*A general training agreement was signed with Swiss Aviation Training to assure that the pilots of Dalia Air will be trained with a training facility which has a high*


*standard and a long experience in the aviation training sector. [Eine Kopie dieses Vertrages liegt der SUST vor].*

*Dalia Air focuses even more on the Crew Resource Management (CRM) skills and enforced the checking concerning CRM skills. The flight crew will be checked during simulator checks and flights on the observer seat on the aircraft to check the level of CRM used during daily operation to assure a high level of CRM proficiency.*

*The operation manuals were reviewed and revised with the special attention given to the high CRM level required by Dalia Air. The landing overrun is a main topic during our recurrent training.*

*No information is given in Switzerland to the pilots from the flight charts of differences to the ICAO standard of the airport St. Gallen-Altenrhein. The stopway of the runway should be in compliance with the ICAO standard (250 meters required according ICAO, in this case 22 meters actual available) and shall be checked on the appropriate chart prior each flight to make the crew aware of the differences which can implement a potential hazard to the operation in case of a runway overrun.»*

Im Weiteren legt das Flugbetriebsunternehmen eine Kopie des revidierten Kapitels 3.2.1 des OM D bei:

	OPERATIONS MANUAL PART D	Edition No.: 3
	CHAPTER 3	Revision No.: 0
	FLIGHT TRAINING PROCEDURES	Date: 15/10/2013
		Chapter: 3.2 Page: 01

### 3.2 PROCEDURES IN CASE OF NOT ACHIEVING THE REQUIRED STANDARDS

#### 3.2.1 Cockpit crew

**CRM is one core part of the Dalia Air philosophy. It is noted here that poor CRM standard is not acceptable for Dalia Air and will lead to a failed check.**

The principle of a "second chance" shall be adopted, every time:

- a FCM does not pass for the first time during a specific training an internal check or
- an official check or
- when the training staff decides not to present the candidate for a check because lack of progress.

Before a second check a supplementary training program will be established. As each case will be different, a selection of staff personnel will decide upon a specific program. Should the second check be unsuccessful, the FCM will:

- be dismissed in case he is undergoing the first conversion training within the company,
- return to his/her previous function or aircraft in case of promotion,
- be downgraded to first officer in case he failed two consecutive proficiency checks as commander,
- be dismissed in case he failed two consecutive proficiency checks as first officer and decided by the DFO who will send a report will be send to the DAC.

#### 4.2.3 Durch den Flugzeughersteller

##### 4.2.3.1 Prüflisten

In einem Schreiben vom 22. Mai 2013 teilt der Flugzeughersteller mit, dass mit der Revision 4 des *quick reference handbook* (QRH) in der Prüfliste unter anderem folgende Änderungen vorgesehen sind:

In der Prüfliste für Notfälle und abnormale Fälle wurde das Verfahren für FLAP FAIL revidiert. Die Tabelle für die *minimum speeds* und den *correction factor* wurde um die Position FULL FLAPS erweitert, die *minimum speeds* wurden um 2 kt erhöht und die CAUTION nimmt Bezug auf eine neu publizierte Korrekturtabelle (vgl. Kapitel 1.6.3.5 und Anlage 13).

Zum Zeitpunkt des Unfalls gültig:

Revision 4, gültig ab 25. März 2013

FLAP POSITION	MINIMUM AIRSPEED	
	NO ICING	IN ICING/WITH ICE
0	V <sub>REF 3</sub> + 25 KIAS	V <sub>REF 3</sub> + 36 KIAS
1	V <sub>REF 3</sub> + 17 KIAS	V <sub>REF 3</sub> + 25 KIAS
2 and 3	V <sub>REF 3</sub> + 4 KIAS	V <sub>REF 3</sub> + 13 KIAS

FLAP POSITION	MINIMUM AIRSPEED	
	NO ICING	IN ICING/WITH ICE
0	V <sub>REF FULL</sub> + 27 KIAS	V <sub>REF FULL</sub> + 38 KIAS
1	V <sub>REF FULL</sub> + 19 KIAS	V <sub>REF FULL</sub> + 27 KIAS
2 and 3	V <sub>REF FULL</sub> + 6 KIAS	V <sub>REF FULL</sub> + 15 KIAS
FULL	V <sub>REF FULL</sub>	V <sub>REF FULL</sub> + 10 KIAS

QRH, EAP7-3, Revision 2

**CAUTION:** TO DETERMINE THE MINIMUM REQUIRED LANDING DISTANCE, ENTER ONE OF THE FACTORS BELOW AND THE FLAP 3 FACTORED LANDING DISTANCE IN THE "LANDING DISTANCE CORRECTION" TABLE.

FLAP POSITION	CORRECTION FACTOR	
	NO ICING	IN ICING/WITH ICE
0	1.40	1.60
1	1.30	1.40
2 and 3	1.10	1.30

QRH, EAP7-3, Revision 4

**CAUTION:** MULTIPLY THE FLAP FULL UNFACTORED LANDING DISTANCE ACCORDING TO THE TABLE BELOW.

FLAP POSITION	CORRECTION FACTOR	
	NO ICING	IN ICING/WITH ICE
0	1.40	1.60
1	1.30	1.40
2 and 3	1.10	1.30
FULL	1.00	1.20

QRH, EAP7-4, Revision 1

FACTORED LANDING DISTANCE (m) – ISA  
ENGINE ICE PROTECTION ON – WINGSTAB ON – ZERO SLOPE  
NO WIND – FLAP 3

ALT (ft)	Weight (kg)	V <sub>REF</sub> (KIAS)	V <sub>CL</sub> (KIAS)	V <sub>S</sub> (KIAS)	Dry (m)	Wet Unfact. (m)	Wet Fact. (m)	Std. Water (m)	Slush (m)	Wet Snow (m)
Sea Level	5600	108	108	126	1103	971	1323	1717	1725	1766
	5800	110	110	128	1127					
	6000	111	111	131	1150					
	6200	113	113	133	1173	1014	1380	1827	1839	1865
	6400	115	115	135	1197					
	6600	117	117	137	1219					
	6800	118	118	139	1243	1056	1438	1937	1953	1978
	7000	120	120	141	1266					
	7200	122	122	143	1290					
	7400	124	124	145	1318	1098	1495	2047	2067	2091

LANDING DISTANCE (m) – ISA  
ENGINE ICE PROTECTION OFF/ON – WINGSTAB OFF – ZERO SLOPE  
NO WIND – FLAP 3

ALT (ft)	WEIGHT (kg)	SPEEDS			FACTORED		UNFACTORED		CONTAMINATED		
		V <sub>REF</sub> (KIAS)	V <sub>CL</sub> (KIAS)	V <sub>S</sub> (KIAS)	DRY (m)	WET (m)	DRY (m)	WET (m)	STD. WATER (m)	SLUSH (m)	WET SNOW (m)
Sea Level	5600	100	104	113	1009	1161	647	809	1365	1375	1466
	5800	102	105	115	1030	1184	662	827	1406	1416	1502
	6000	104	107	117	1050	1208	677	846	1447	1458	1539
	6200	106	109	119	1071	1232	692	865	1489	1500	1577
	6400	107	110	121	1092	1256	708	885	1532	1544	1615
	6600	109	112	123	1112	1279	722	903	1573	1586	1652
	6800	110	114	125	1132	1302	737	921	1616	1628	1689
	7000	112	115	126	1153	1326	752	940	1656	1670	1725
	7200	114	117	128	1174	1350	767	959	1697	1711	1760
	7400	115	118	130	1193	1372	781	976	1736	1751	1794

QRH, PD35-3, Revision 2

LANDING DISTANCE CORRECTION  
(FOR ABNORMAL LANDING USE ONLY)

MINIMUM REQUIRED RUNWAY LENGTH (m)							
FACTORED (V <sub>REF</sub> )		UNFACTORED (V <sub>REF</sub> )		ABNORMAL LANDING FACTORS			
Dry	Wet	Dry	Wet	1.10	1.20	1.30	1.40
900	1035	608	760	669	730	791	851
1000	1150	676	845	743	811	878	946
1100	1265	743	929	818	892	966	1041
1200	1380	811	1014	892	973	1054	1135
1300	1495	878	1098	966	1054	1142	1230
1400	1610	946	1182	1041	1135	1230	1324
1500	1725	1014	1267	1115	1216	1318	1419
1600	1840	1081	1351	1189	1297	1405	1514
1700	1955	1149	1436	1264	1378	1493	1608

QRH, PD35-5, Revision 4

LANDING DISTANCE CORRECTION  
(FOR ABNORMAL LANDING USE ONLY)  
FLAP FULL

UNFACTORED LANDING DISTANCE (m)	MINIMUM REQUIRED RUNWAY LENGTH (m)					
	ABNORMAL LANDING FACTOR					
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
600	600	660	720	780	840	900
700	700	770	840	910	980	1050
800	800	880	960	1040	1120	1200
900	900	990	1080	1170	1260	1350
1000	1000	1100	1200	1300	1400	1500
1100	1100	1210	1320	1430	1540	1650
1200	1200	1320	1440	1560	1680	1800
1300	1300	1430	1560	1690	1820	1950
1400	1400	1540	1680	1820	1960	2100
1500	1500	1650	1800	1950	2100	2250
1600	1600	1760	1920	2080	2240	2400
1700	1700	1870	2040	2210	2380	2550

QRH, PD35-1, Revision 2

Anmerkung der SUST-AV:

- In der neu formulierten CAUTION im Verfahren für FLAP FAIL (QRH, EAP7-3, Revision 4) wird die Besatzung aufgefordert, den entsprechenden Korrekturfaktor auf die *unfactored landing distance* anzuwenden.
- In der LANDING DISTANCE *table* (QRH, PD35-5, Revision 4) wird neu auch die *unfactored landing distance* für trockene Pisten publiziert.
- In der LANDING DISTANCE CORRECTION *table* (QRH, PD35-3, Revision 4) wird neu nur noch die *unfactored landing distance* aufgeführt und damit wird bei der Anwendung des Korrekturfaktors der Pistenzustand berücksichtigt.

QRH, PD35-3, Revision 4

## 4.2.3.2 Unterhalts-Handbücher

In einem Schreiben vom 27. Juni 2013 teilt der Flugzeughersteller mit, dass die Erwähnung von zwei verschiedenen Zertifizierungsvarianten, ANAC und FAA einerseits und EASA andererseits ein Fehler war, der bei der Übertragung der Informationen aus den Unterlagen des Flugzeugmusters Phenom 100 entstanden sei. In der Zwischenzeit seien auch die Klappenstellung FULL zertifiziert und die Angaben im *aircraft maintenance manual* (AMM) entsprechend korrigiert worden:

- Im AMM 27-53-01 *figure 401, page 3 of 4* (Rev 20- May 23/13) steht unter *EFFECTIVITY* neu: „ON EMBRAER 505 ACFT WITH FLAP FULL OR POST-MOD SB 505-27-0011“ [Explosionszeichnung ohne stopper].
- Im AMM 27-53-01 *figure 402, page 4 of 4* (Rev 20 May 23/13) steht unter *EFFECTIVITY* neu: „ON EMBRAER 505 ACFT WITHOUT FLAP FULL OR PRE-MOD SB 505-27-0011“ [Explosionszeichnung mit stopper].

Payerne, 23. September 2014

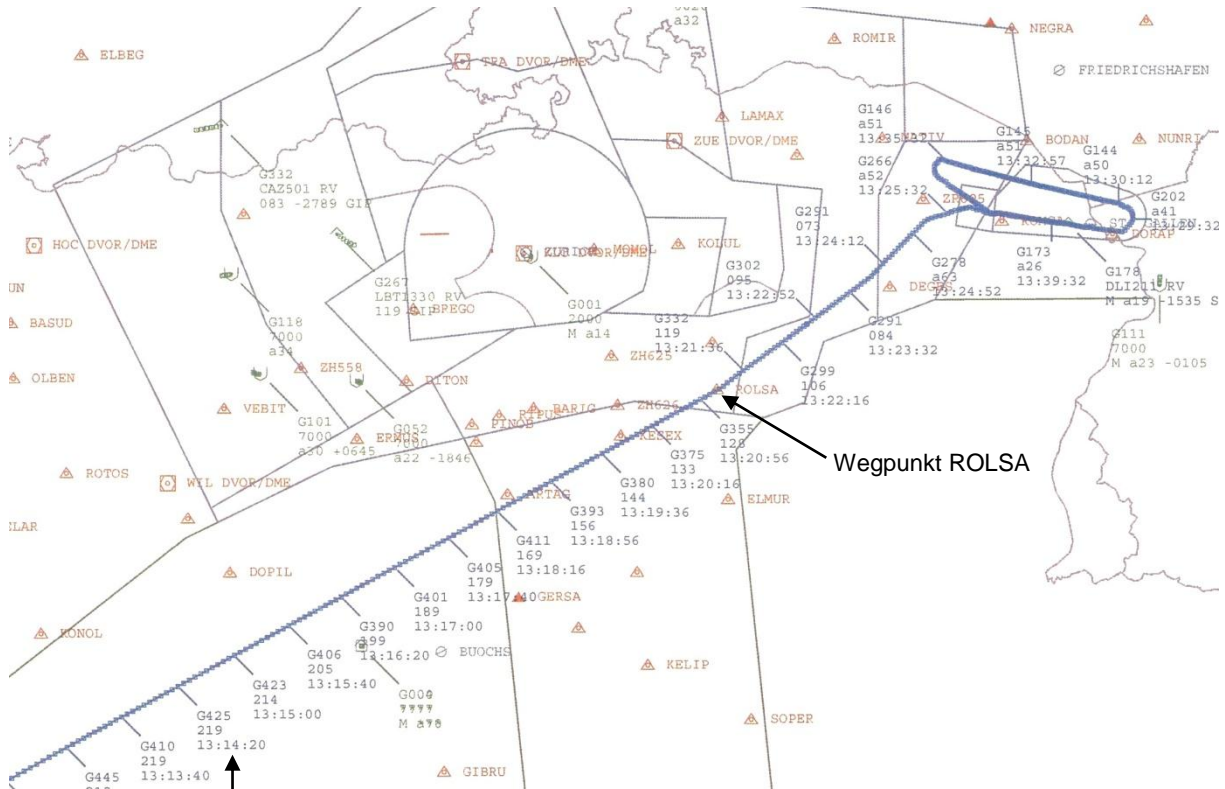
Schweizerische Unfalluntersuchungsstelle

*Dieser Schlussbericht wurde von der Geschäftsleitung der Schweizerischen Unfalluntersuchungsstelle SUST genehmigt (Art. 3 Abs. 4g der Verordnung über die Organisation der Schweizerischen Unfalluntersuchungsstelle vom 23. März 2011).*

*Bern, 6. November 2014*

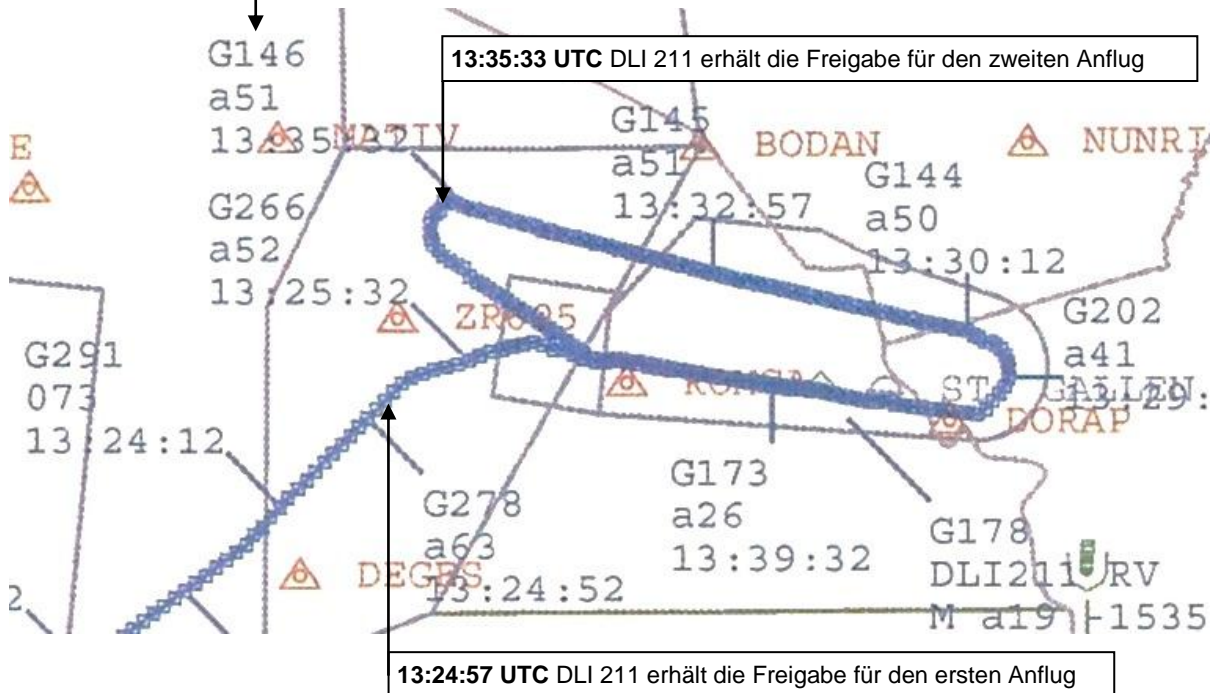
Anlagen

Anlage 1: Flugweg der DLI 211 gemäss Radaraufzeichnungen

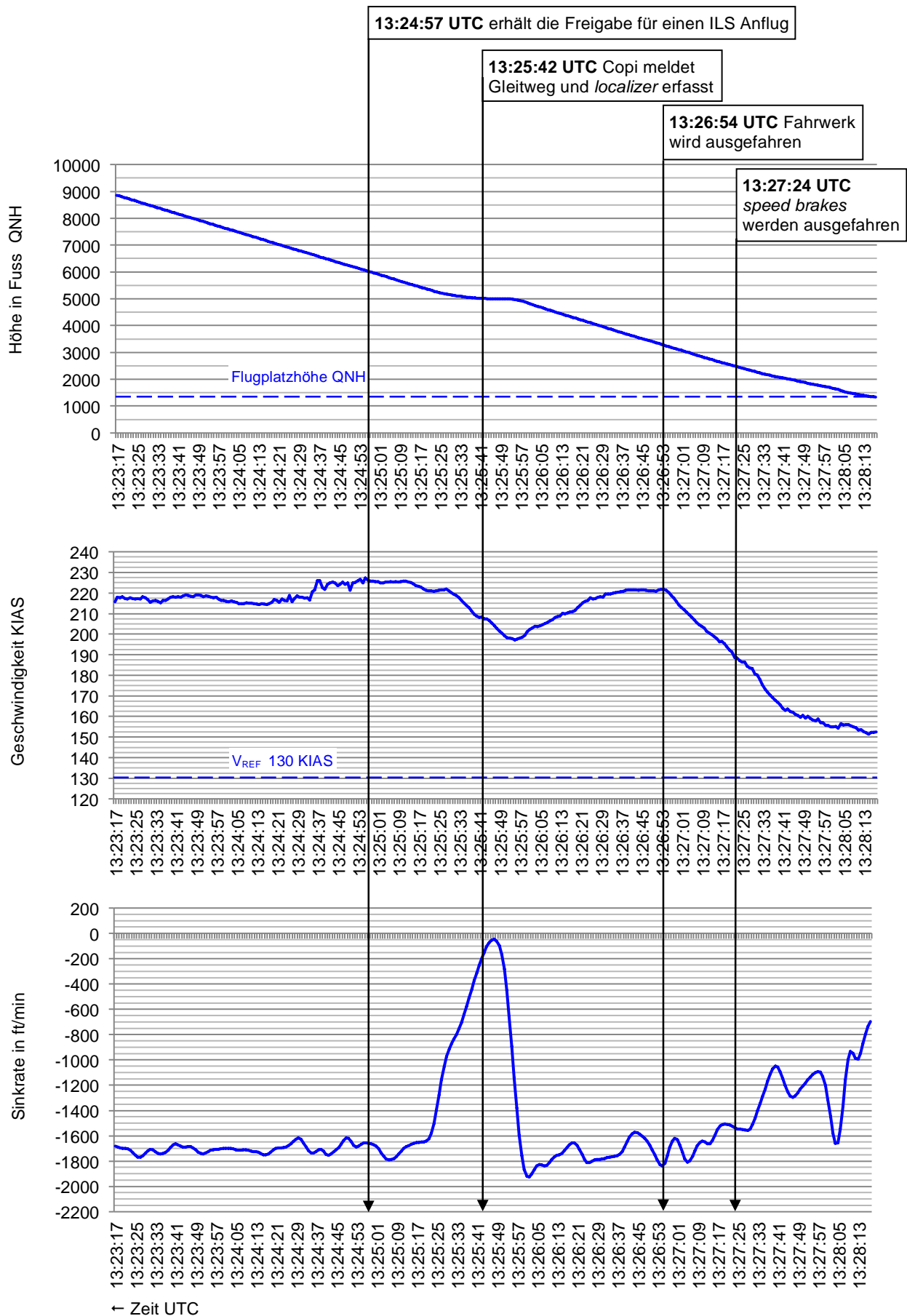


Legende:

- G      Geschwindigkeit über Grund (*groundspeed*) in Knoten
- xxx    Höhe in Hunderten von Fuss
- a xx    Höhe (*altitude QNH*) in Hunderten von Fuss
- xx:xx:xx    Zeit (UTC)

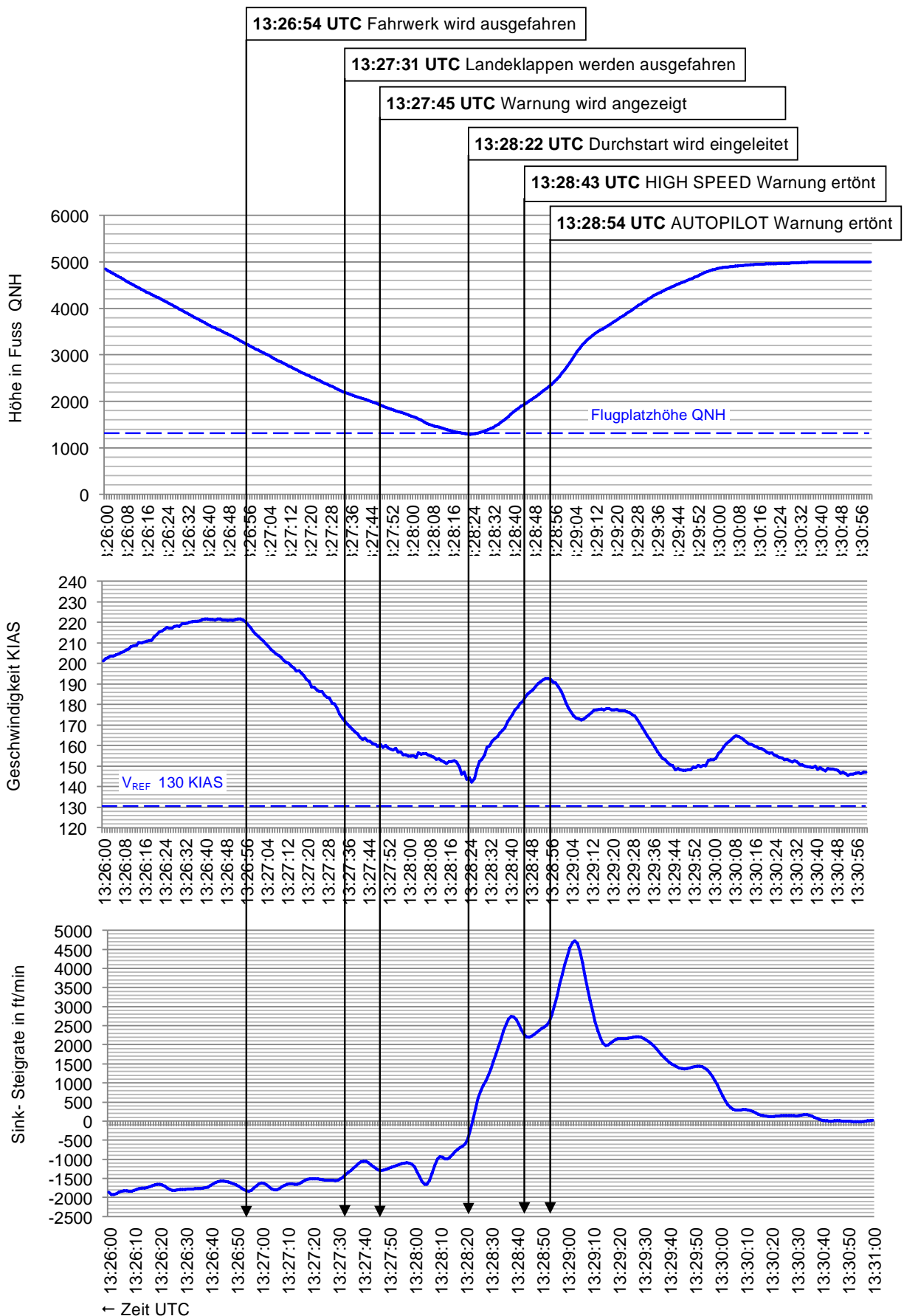


Anlage 2: vertikaler Flugweg der DLI 211 zum ersten Anflug

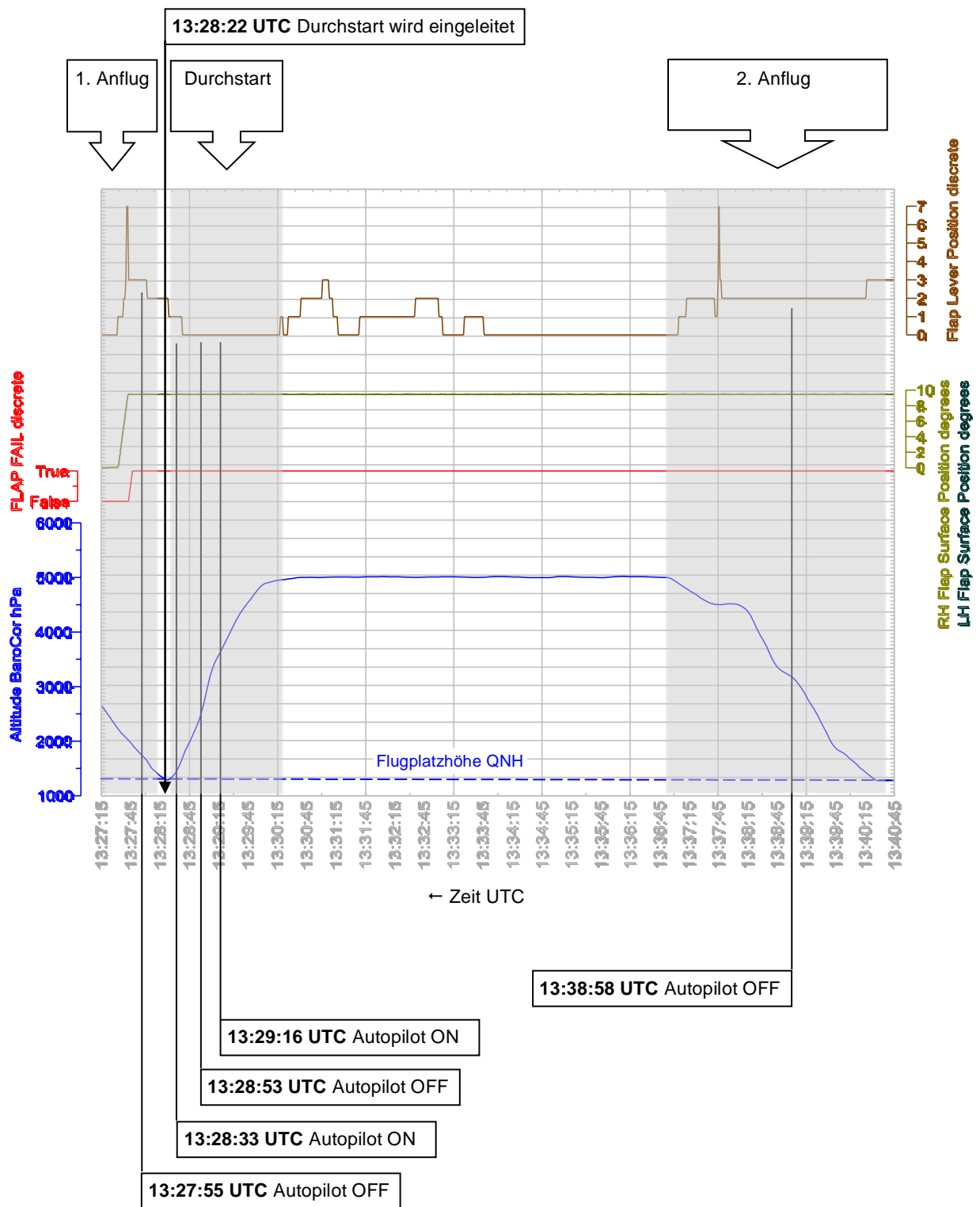




Anlage 3: Erster Anflug mit Durchstart

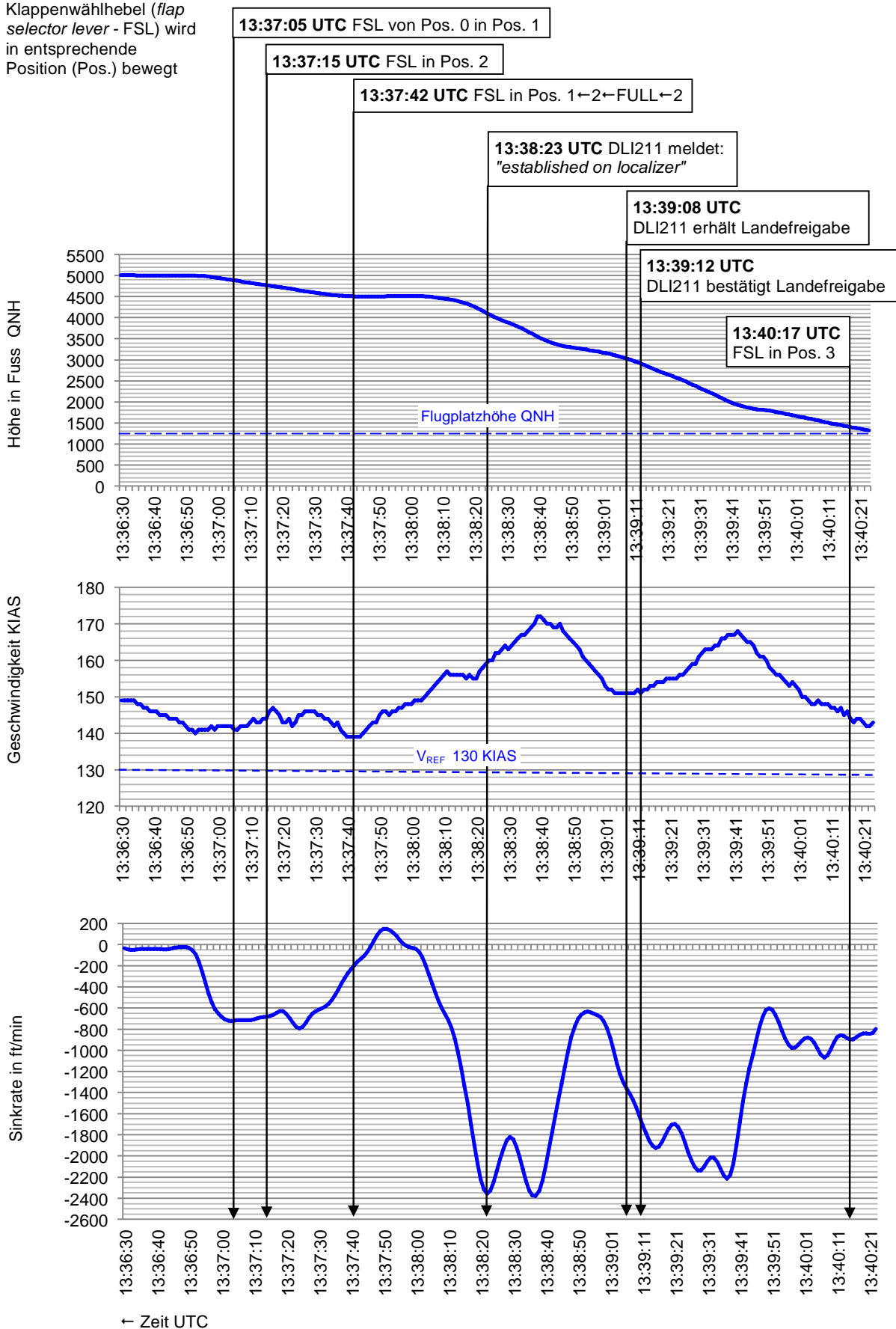


Anlage 4: Manipulationen am Klappenwählhebel



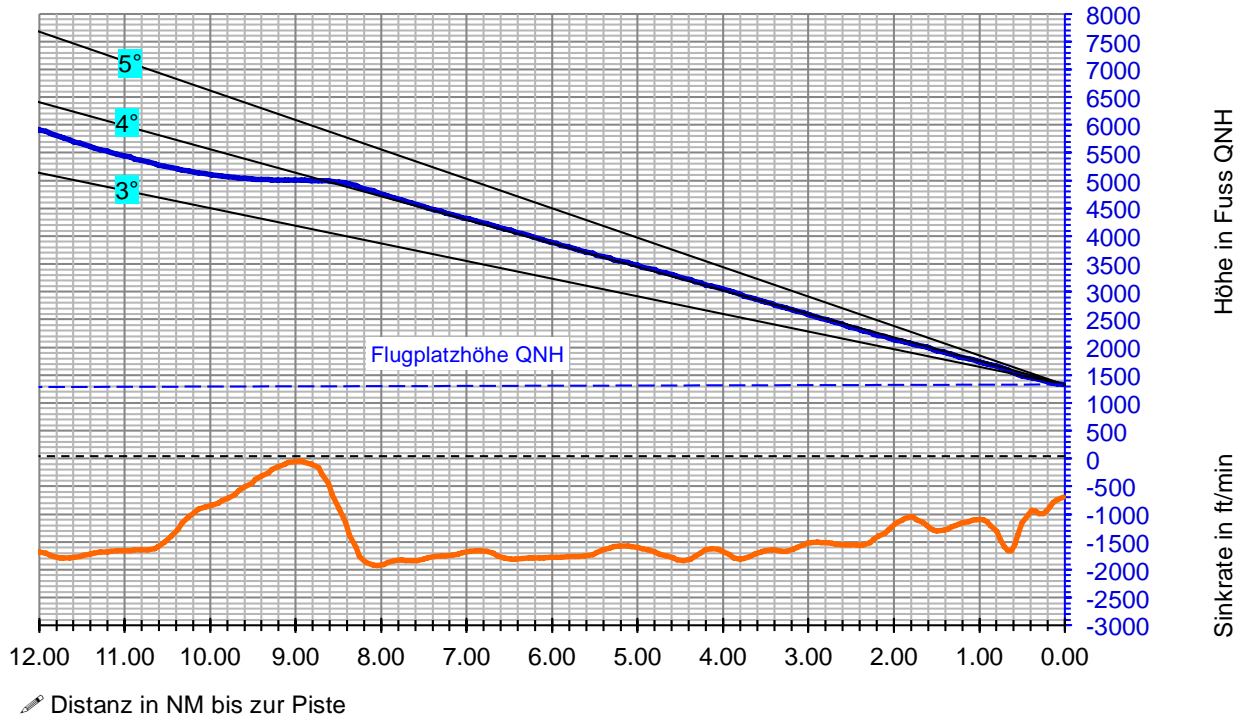
### Anlage 5: Zweiter Anflug mit Landung

Klappenwählhebel (*flap selector lever - FSL*) wird in entsprechende Position (Pos.) bewegt

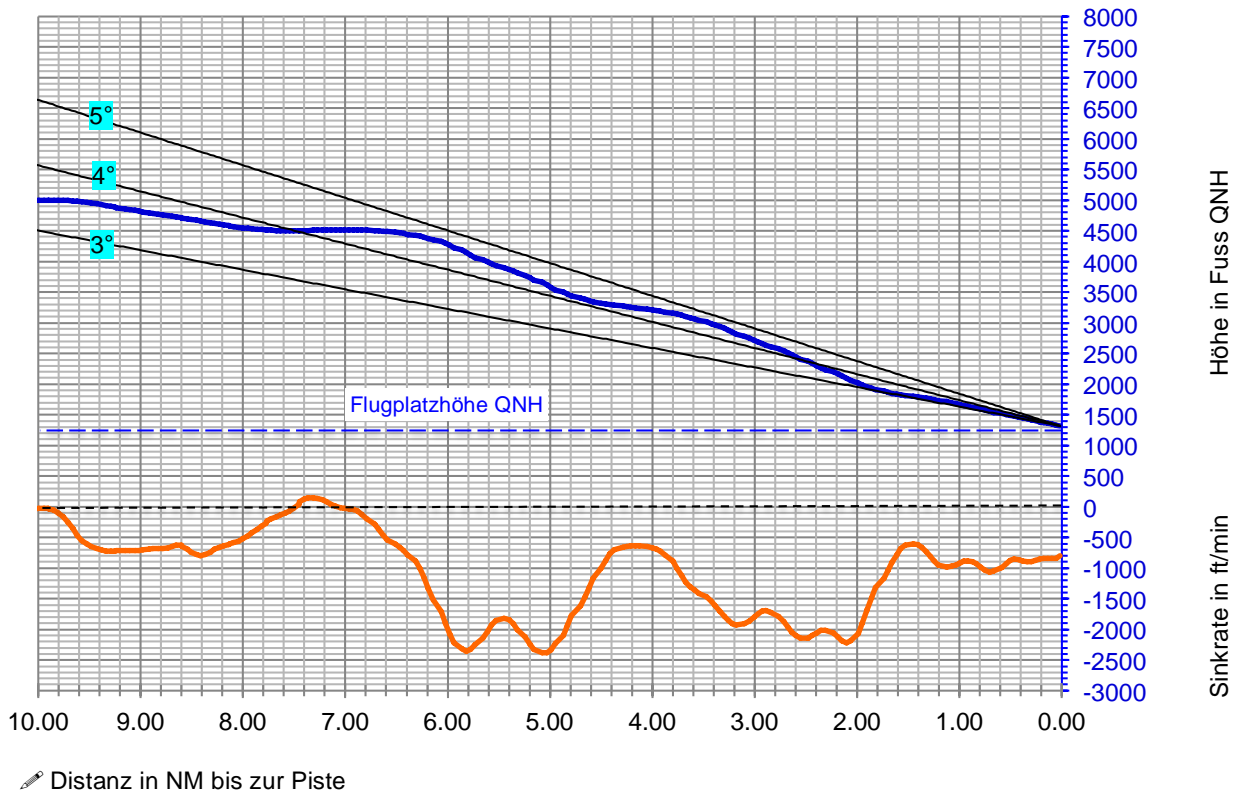


Anlage 6: Anflug-Gleitwinkel und Gleitweg

Erster Anflug



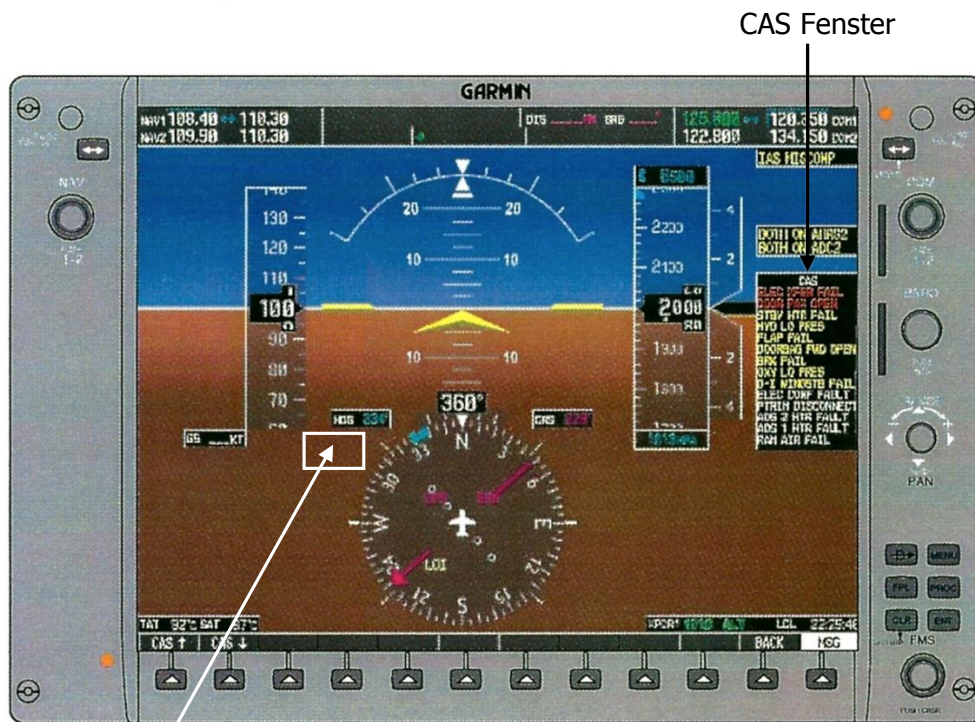
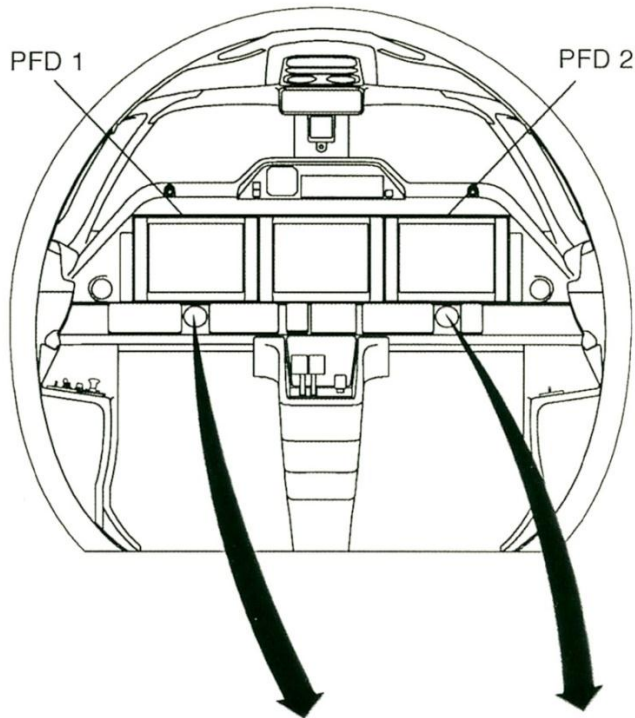
Zweiter Anflug



Anlage 7: Cockpit-Layout



Anlage 8: Primary Flight Display (PFD)



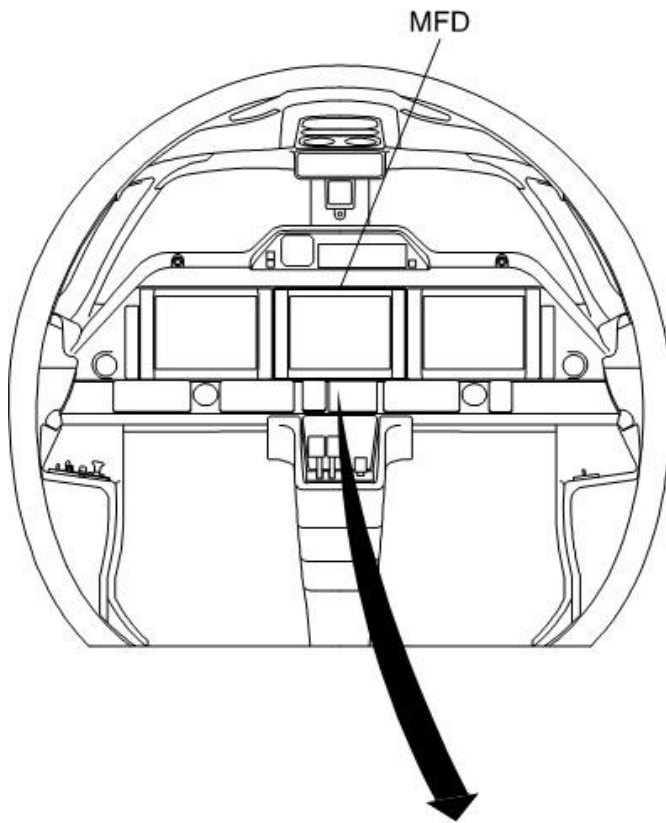
Auf dem PFD kann hier der Wind wahlweise auf drei verschiedene Arten wie folgt dargestellt werden:

- Windrichtungspfeil mit numerischer Angabe der Windkomponente
- Windrichtungspfeil mit numerischer Windgeschwindigkeit
- Windrichtungspfeil mit *headwind* (H), *tailwind* (T) und *crosswind* (X) Komponente





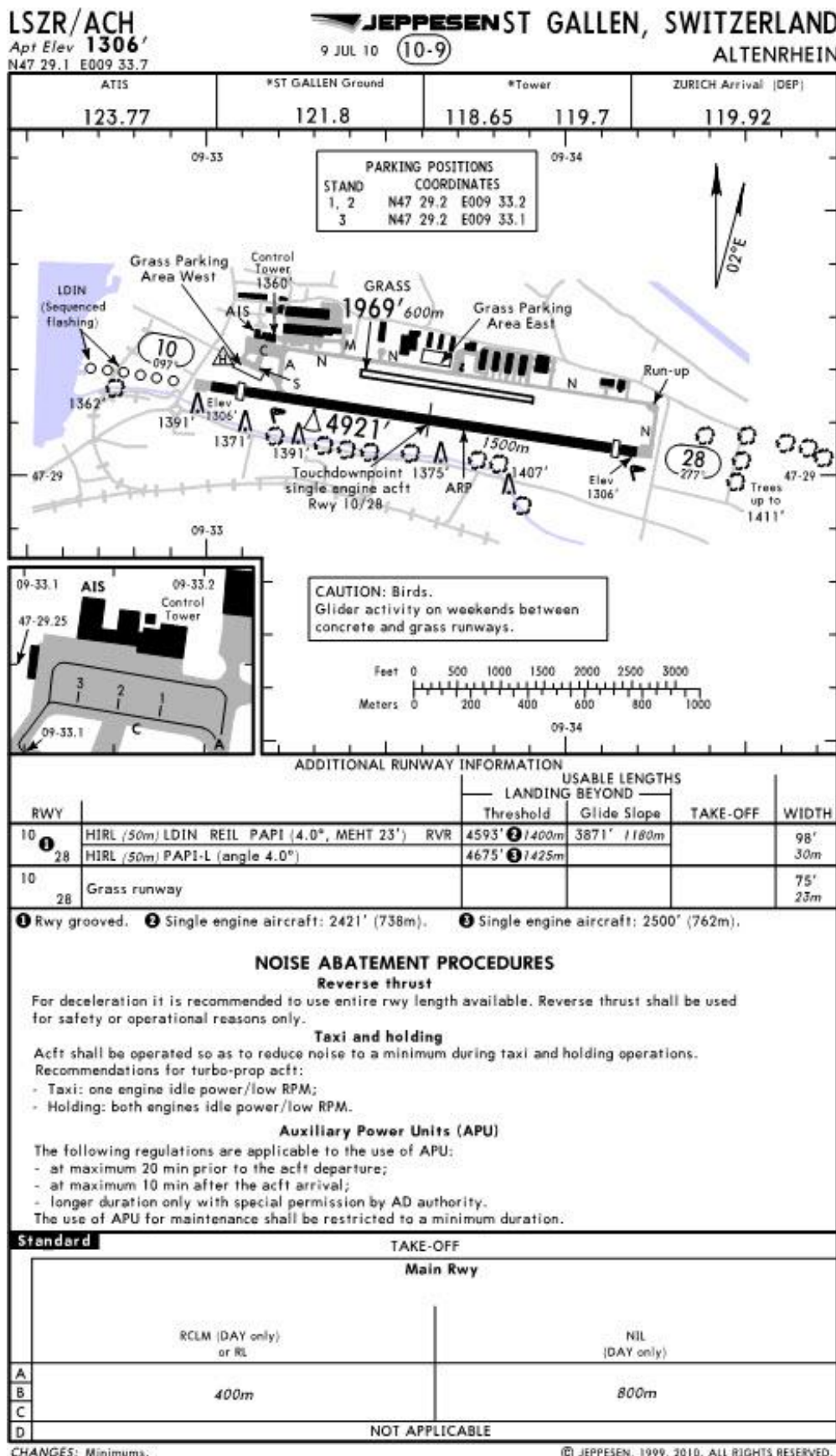
Anlage 9: Multi Function Display (MFD)



Linke Seite des MFD bestimmt für Triebwerk und Flugzeugsystemanzeigen und -Informationen

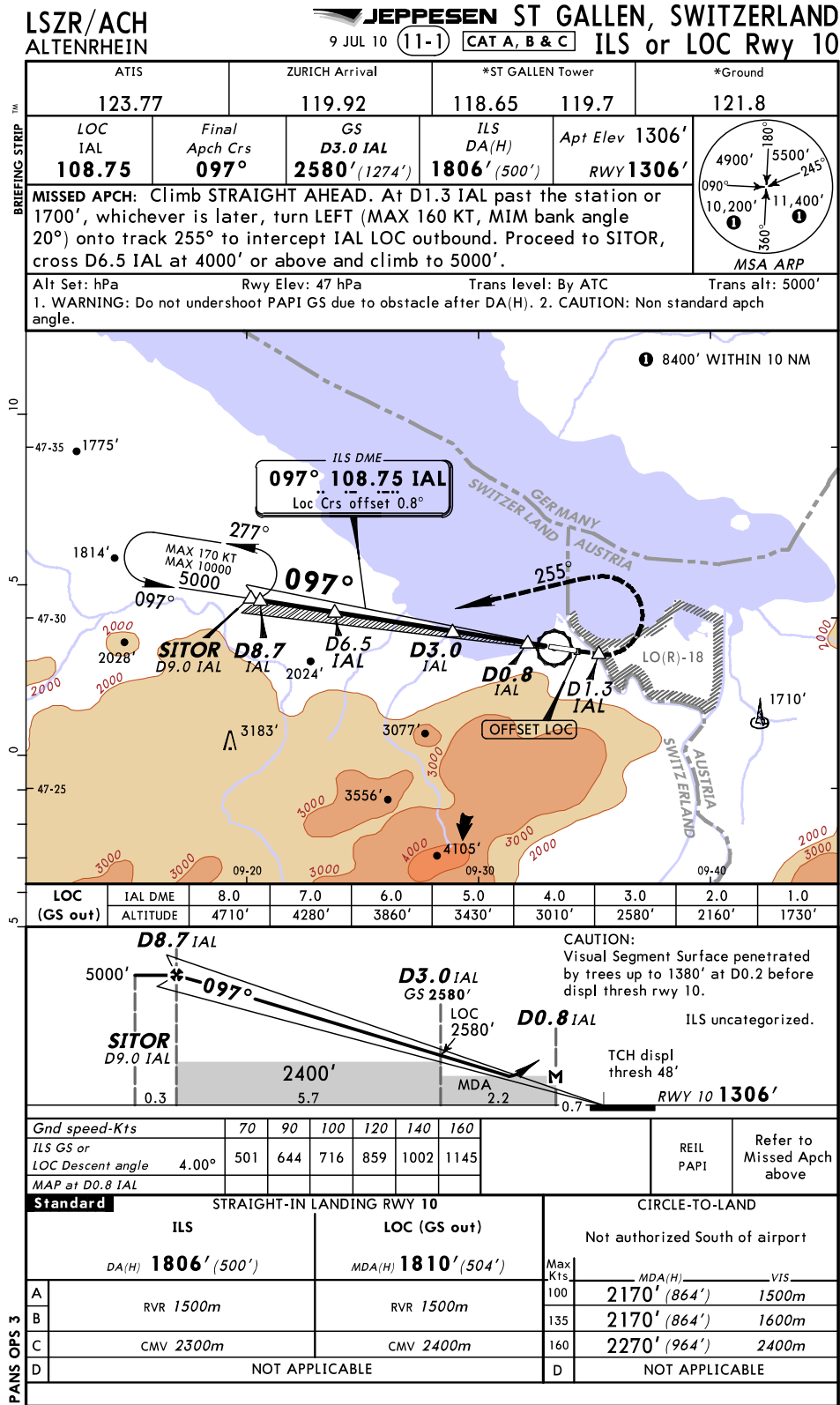
Mittlere und rechte Seite des MFD für Kartendarstellungen und Flugplaninformationen sowie eine Vielzahl von weiteren Informationen die gewählt werden können, wie z. Bsp. Verkehrsanzeigen, Wetterradar, Gelände, Anflugkarten und Wegpunktinformationen

Anlage 10: Flughafen-Informationskarte gemäss Jeppesen





Anlage 11: Flughafen-Anflugkarte gemäss Jeppesen

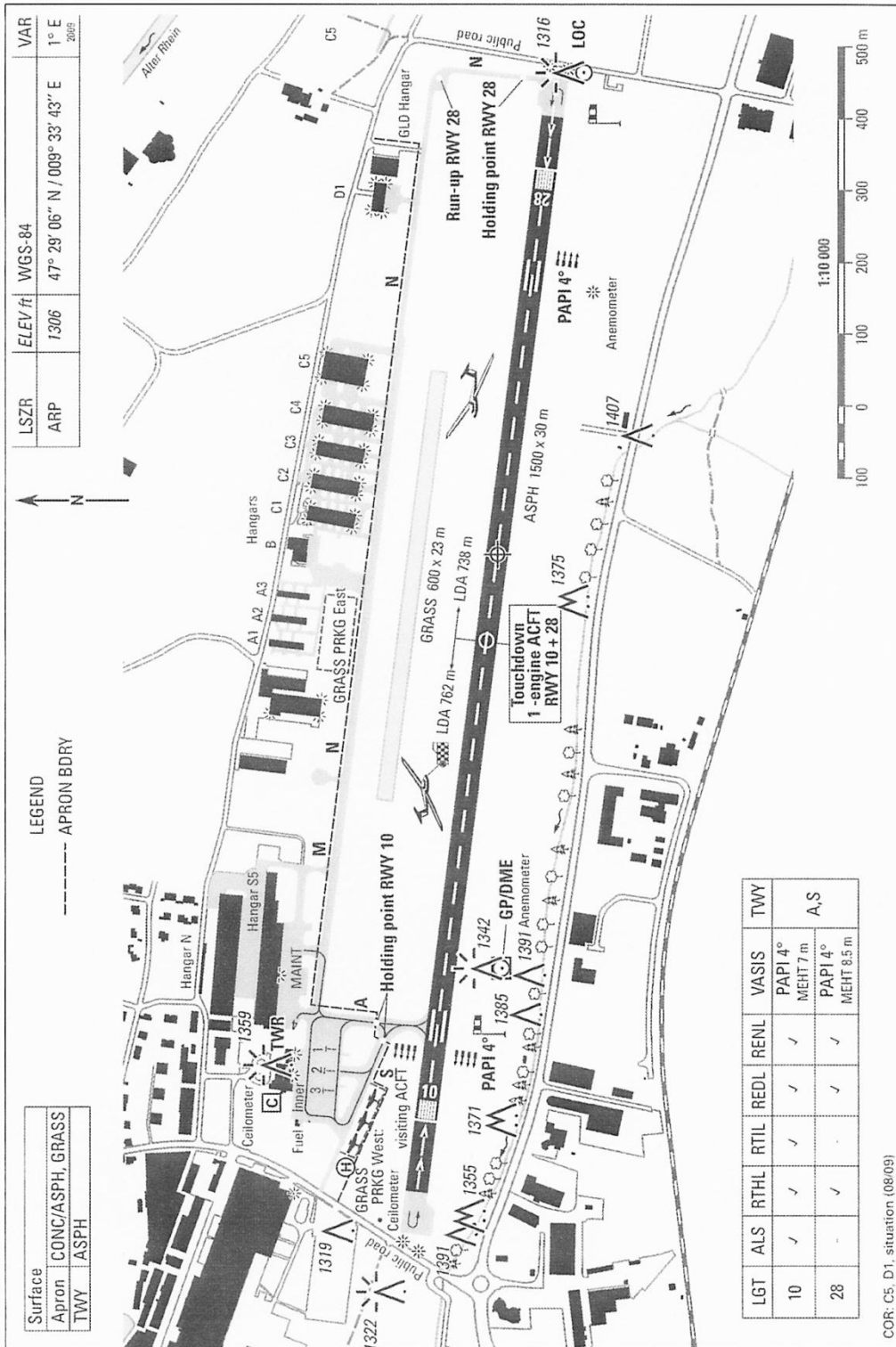


Anlage 12: Flugplatz-Informationskarte gemäss AIP Schweiz

AD INFO 1

ST. GALLEN-ALTENRHEIN

LSZR



LSZR	ARP	ELEV ft	WGS-84	VAR
		1306	47° 29' 06" N / 009° 33' 43" E	1° E 2006

LEGEND  
 --- APRON BDRY

Surface	CONC/ASPH, GRASS
Apron	CONC/ASPH, GRASS
TWY	ASPH

LGT	ALS	RTHL	RTL	REDL	RENL	VASIS	TWY
10	✓	✓	✓	✓	✓	PAPI 4° MEHT 7 m	A,S
28	-	✓	-	✓	✓	PAPI 4° MEHT 8.5 m	

03/12 MAR 08

SKYGUIDE, CH-8602 WANGEN BEI DÜBENDORF

LSZR 1

COR: C5, D1, situation (08/09)

Anlage 13: Prüfliste für Notfälle und abnormale Fälle

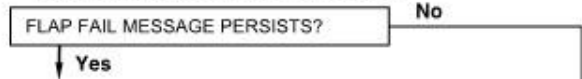
**EMERGENCY AND ABNORMAL PROCEDURES**

Flight Controls

**FLAP FAIL**

CAS Indication: Flap indication missing or yellow.  
 CAS Message: SWPS FAULT may also be displayed.

Flap Lever ..... CYCLE  
 Up to three cycles may be attempted.



Altitude ..... MAX 18000 FT  
 Icing Conditions ..... EXIT/AVOID

If it is not possible to avoid icing conditions:  
 LAND AS SOON AS POSSIBLE.

**FOR LANDING:**

- Check the available airports within the current range and choose the one that best matches the required runway length. Considerations for uphill slope and occurrence of headwind should be also made.
- Burn as much fuel as possible to reduce the landing weight.
- Maintain bank angle below 40°.
- Maintain the airspeed according to the following:

FLAP POSITION	MINIMUM AIRSPEED	
	NO ICING	IN ICING/WITH ICE
0	V <sub>REF 3</sub> + 25 KIAS	V <sub>REF 3</sub> + 36 KIAS
1	V <sub>REF 3</sub> + 17 KIAS	V <sub>REF 3</sub> + 25 KIAS
2 and 3	V <sub>REF 3</sub> + 4 KIAS	V <sub>REF 3</sub> + 13 KIAS

**NOTE:** - If flap stop between two positions, use the minimum airspeed associated with the next retracted position and the V<sub>FE</sub> associated with the next extended position.  
 - Disregard green circle indication, as it may indicate slower speeds.

(Continues on the next page)

**EMERGENCY AND ABNORMAL PROCEDURES**

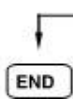
Flight Controls

(Continued from the previous page)

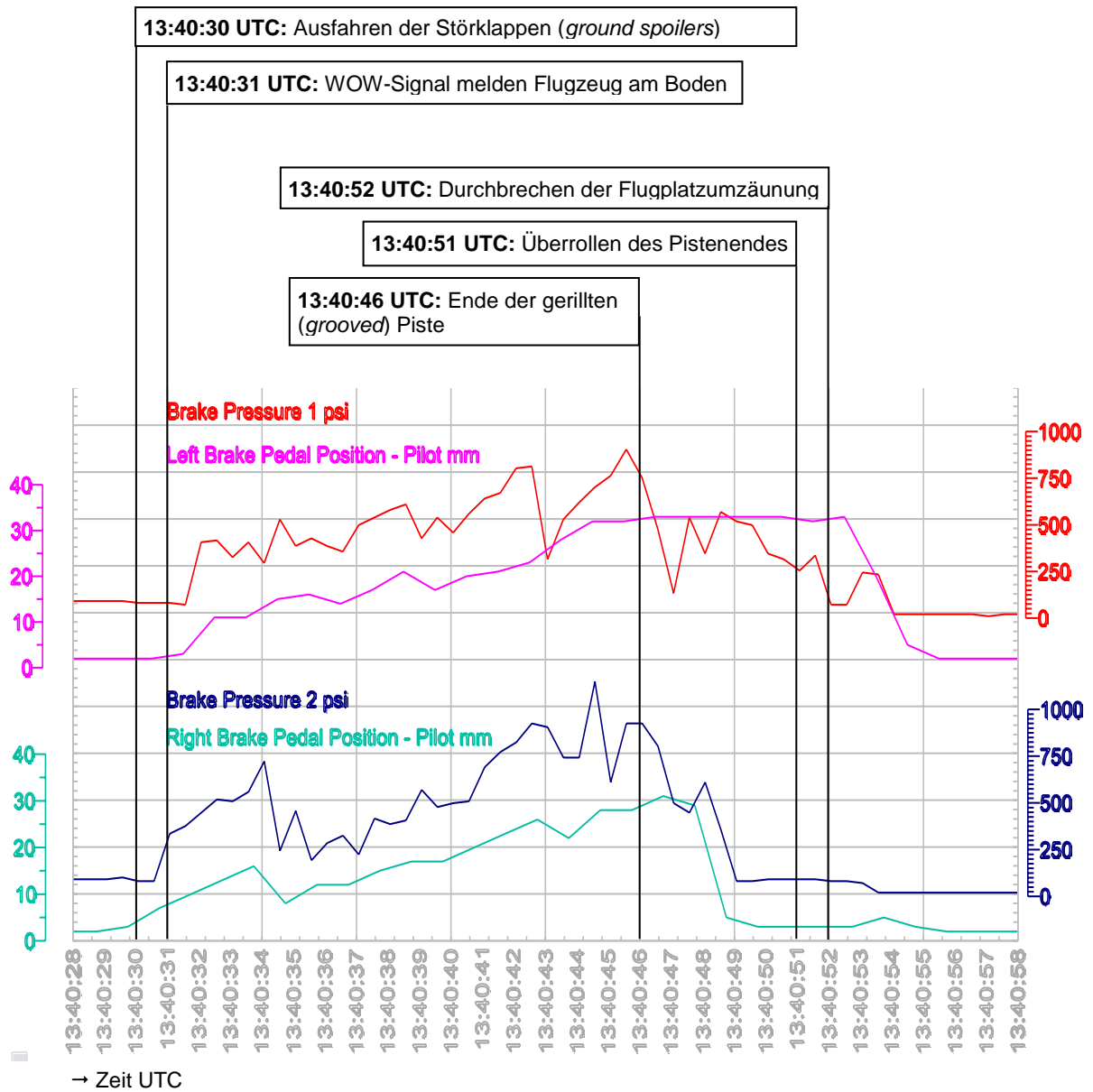
If a go-around is required, maintain the minimum airspeed presented in the applicable flap configuration, according to the previous table, until the acceleration altitude is reached.

**CAUTION:** TO DETERMINE THE MINIMUM REQUIRED LANDING DISTANCE, ENTER ONE OF THE FACTORS BELOW AND THE FLAP 3 FACTORED LANDING DISTANCE IN THE "LANDING DISTANCE CORRECTION" TABLE.

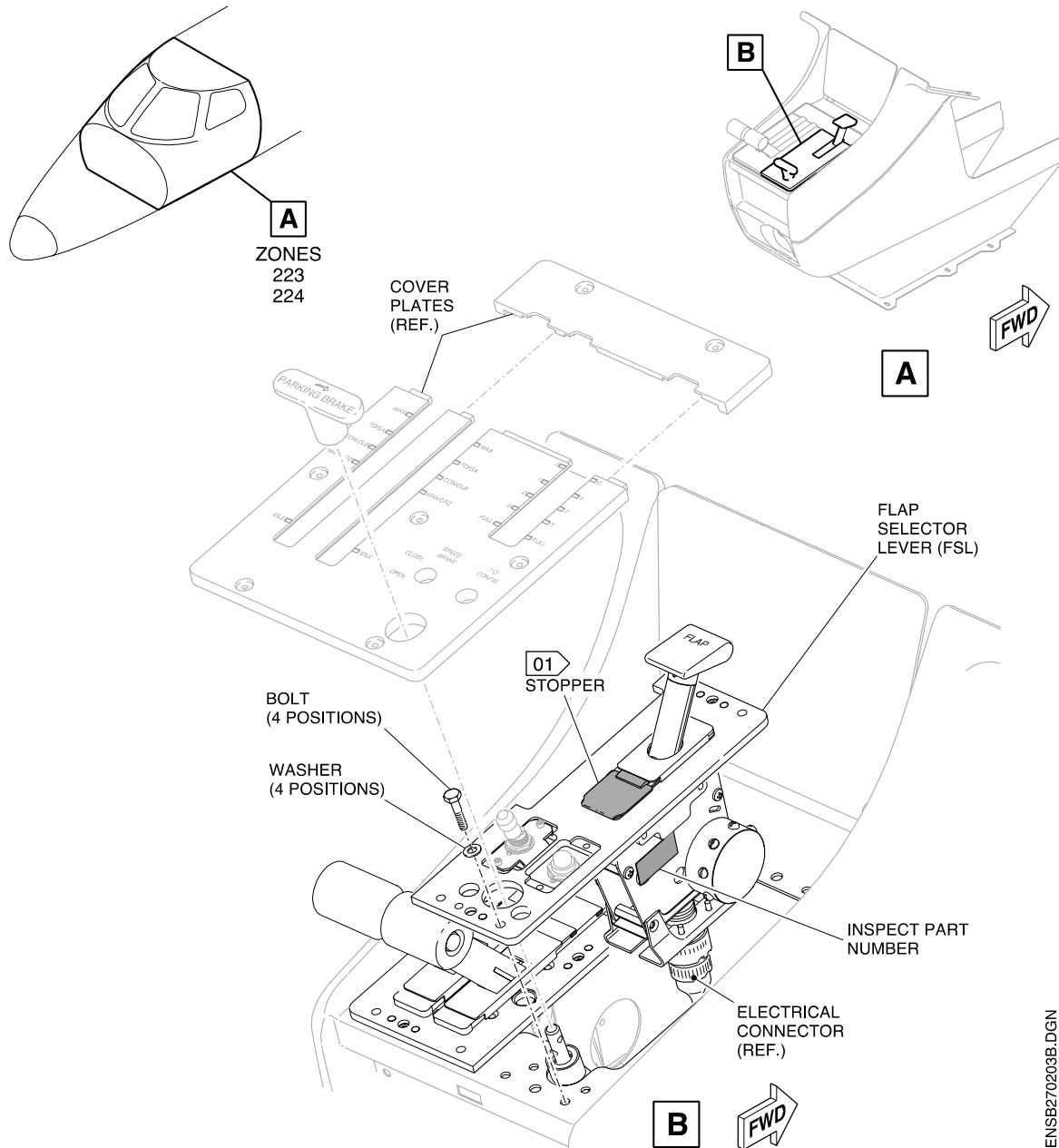
FLAP POSITION	CORRECTION FACTOR	
	NO ICING	IN ICING/WITH ICE
0	1.40	1.60
1	1.30	1.40
2 and 3	1.10	1.30



Anlage 14: Bremsfunktion nach der Landung



Anlage 15: Auszug aus Service-Bulletin Nr. 505-27-0010



01 IF APPLICABLE, WHEN YOU LIFT THE FSL, MAKE SURE THAT THE STOPPER REMAINS IN ITS POSITION

EM500ENSB270203B.DGN

FIGURE 1 - INSPECTION/REPLACEMENT OF THE FLAP SELECTOR LEVER (FSL)  
(SHEET 01 OF 01)