



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. 2136 der Schweizerischen Unfalluntersuchungsstelle SUST

über den schweren Vorfall – Airprox
zwischen dem Flugzeug Airbus A320-214, HB-IJH,
betrieben durch Swiss International Airlines
unter Funkrufzeichen SWR 1326
und dem Flugzeug Airbus A320-214, HB-IJW,
betrieben durch Swiss International Airlines
unter Funkrufzeichen SWR 202W
vom 15. März 2011
auf dem Flughafen Zürich

Aéropôle I, Route de Morens, 1530 Payerne
Tel + 41 26 662 33 00, Fax +41 26 662 33 01
info@sust.admin.ch
www.sust.admin.ch

Allgemeine Hinweise zu diesem Bericht

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

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 entspricht dem Original und ist massgebend.

Alle in diesem Bericht erwähnten Zeiten sind, soweit nicht anders vermerkt, in koordinierter Weltzeit (*coordinated universal time* – UTC) angegeben. Für das Gebiet der Schweiz galt im Zeitpunkt des schweren Vorfalls die mitteleuropäische Zeit (MEZ) als Normalzeit (*local time* – LT). Die Beziehung zwischen LT, MEZ und UTC lautet:
LT = MEZ = UTC + 1 h.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	6
Untersuchung	7
Kurzdarstellung	7
Ursachen	7
Sicherheitsempfehlungen	8
1 Sachverhalt	9
1.1 Vorgeschichte und Verlauf des schweren Vorfalls	9
1.1.1 Allgemeines	9
1.1.2 Vorgeschichte	9
1.1.3 Verlauf des schweren Vorfalls	9
1.1.4 Ort des schweren Vorfalls	14
1.2 Angaben zu Personen	14
1.2.1 Flugbesatzung SWR 1326	14
1.2.1.1 Kommandant	14
1.2.1.1.1 Allgemeines	14
1.2.1.1.2 Flugerfahrung	15
1.2.1.1.3 Besatzungszeiten	15
1.2.1.2 Copilot	15
1.2.1.2.1 Allgemeines	15
1.2.1.2.2 Flugerfahrung	16
1.2.1.2.3 Besatzungszeiten	16
1.2.2 Flugbesatzung SWR 202W	16
1.2.2.1 Kommandant	16
1.2.2.1.1 Allgemeines	16
1.2.2.1.2 Flugerfahrung	17
1.2.2.1.3 Besatzungszeiten	17
1.2.2.2 Copilot	17
1.2.2.2.1 Allgemeines	17
1.2.2.2.2 Flugerfahrung	18
1.2.2.2.3 Besatzungszeiten	18
1.2.3 Mitarbeiter der Flugsicherung	18
1.2.3.1 Flugverkehrsleiter ADC	18
1.2.3.1.1 Allgemeines	18
1.2.3.1.2 Zusätzliche Angaben	18
1.2.3.2 Flugverkehrsleiter GRO	19
1.2.3.2.1 Allgemeines	19
1.3 Angaben zu den Luftfahrzeugen	20
1.3.1 SWR 1326	20
1.3.2 SWR 202W	20
1.4 Meteorologische Angaben	20
1.4.1 Allgemeines	20
1.4.2 Allgemeine Wetterlage	21
1.4.3 Wetter zur Zeit des schweren Vorfalls	21
1.4.4 Astronomische Angaben	21
1.4.5 Flugplatzwettermeldungen	21
1.4.5.1 ATIS-Meldungen des Flugplatzes Zürich	21
1.4.5.2 Vorhersagen	22
1.5 Startverfahren	23
1.5.1 Allgemeines	23
1.5.2 Betriebsverfahren für das Rollen und den Startlauf	24
1.5.3 Startlauf der SWR 1326 auf Piste 16	26
1.5.4 Startlauf und Startabbruch der SWR 202W auf der Piste 28	26

1.6	Kommunikation	26
1.6.1	Allgemeines.....	26
1.6.2	Koordinationsverfahren beim Kreuzen von Pisten.....	26
1.7	Angaben zum Flughafen	27
1.7.1	Allgemeines.....	27
1.7.2	Messflüge zur Kontrolle der Navigationsausrüstung.....	27
1.8	Flugschreiber	28
1.9	Kollisionswarnsystem RIMCAS	28
1.9.1	Allgemeines.....	28
1.9.2	Berechnungsgrundlagen.....	29
1.9.3	Darstellung des Verkehrs auf dem SAMAX-Bildschirm des Flugverkehrsleiters.....	29
1.9.4	Falsche Alarmer.....	30
1.9.5	Anwendung des Systems.....	31
1.9.6	Zusätzliche Angaben.....	31
1.10	Das Koordinationssystem TACO	32
1.10.1	Allgemeines.....	32
1.10.2	Anwendung des Systems.....	32
1.11	Arbeitsplätze und Ausrüstung im Kontrollturm	33
1.11.1	Arbeitsplatz ADC.....	33
1.11.2	Weitere Arbeitsplätze.....	34
1.11.3	Bildschirm des Bodenradars.....	34
1.12	Zusätzliche Angaben	35
1.12.1	Allgemeines.....	35
1.12.2	An- und Abflugverfahren.....	36
1.12.2.1	Kreuzungspunkte zwischen An- und Abflugverfahren.....	36
1.12.2.2	Kreuzungspunkte innerhalb des gleichen Abflugverfahrens.....	36
1.12.3	Gleichzeitige Benutzung zweier sich kreuzender Pisten für die Abflüge.....	37
1.12.3.1	Betriebskonzepte.....	37
1.12.3.2	Verfahren für das Erteilen der Startfreigabe.....	37
1.12.4	Betriebskonzepte und Statistische Daten.....	38
2	Analyse	40
2.1	Technische Aspekte	40
2.1.1	Allgemeines.....	40
2.1.2	Kollisionswarnsystem RIMCAS.....	40
2.2	Menschliche und betriebliche Aspekte	40
2.2.1	Eigenheiten und Risiken eines Startabbruchs.....	40
2.2.2	Flugbesatzungen.....	40
2.2.2.1	Besatzung SWR 1326.....	40
2.2.2.2	Besatzung SWR 202W.....	41
2.2.3	Flugverkehrsleitung.....	41
2.2.3.1	Handlungen und Vorgänge.....	41
2.2.3.2	Persönlichkeitsfaktoren des Flugverkehrsleiters ADC.....	43
2.2.3.3	Umgang mit Warnungen des RIMCAS.....	44
2.2.3.4	Arbeitsplatz des Flugverkehrsleiters ADC.....	44
2.2.3.5	Arbeitskonzept der Platzverkehrsleitstelle.....	45
2.2.4	Komplexität des Betriebes auf dem Flughafen Zürich.....	46
3	Schlussfolgerungen	48
3.1	Befunde	48
3.1.1	Technische Aspekte.....	48
3.1.2	Besatzungen.....	48
3.1.3	Mitarbeiter der Flugsicherung.....	48
3.1.4	Verlauf des schweren Vorfalls.....	48
3.1.5	Rahmenbedingungen.....	49
3.1.6	Organisatorische Aspekte.....	50

3.2 Ursachen	50
4 Sicherheitsempfehlungen und seit dem schweren Vorfall getroffene Massnahmen.....	51
4.1 Sicherheitsempfehlungen.....	51
4.1.1 Sicherheitsdefizit RIMCAS	51
4.1.2 Sicherheitsempfehlung Nr. 429.....	52
4.1.3 Sicherheitsdefizit Vermessungsflüge	53
4.1.4 Sicherheitsempfehlungen Nr.430 - 432	53
4.1.5 Sicherheitsdefizit Massnahmen nach einem schweren Vorfall.....	54
4.1.6 Sicherheitsempfehlung Nr. 433.....	54
4.1.7 Systemisches Sicherheitsdefizit.....	55
4.1.8 Sicherheitsempfehlungen Nr. 434 – 435.....	60
4.2 Seit dem schweren Vorfall getroffene Massnahmen.....	61
4.2.1 Durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt.....	61
4.2.2 Durch das Flugsicherungsunternehmen Skyguide	62
4.2.2.1 RIMCAS	62
4.2.2.2 Vermessungsflüge	63
4.2.2.3 Flugverkehrsleiter ADC.....	63
4.2.2.4 Frequenzbelastung ADC.....	63
4.2.3 Durch den Flughafenbetreiber	63
Anlagen	64
Anlage 1: Aufzeichnungen des RIMCAS während dem Startlauf.....	64
Anlage 2: Arbeitsteilung beim Start.....	66
Anlage 3: Startverlauf und Startabbruch SWR 202W.....	67
Anlage 4: Geschwindigkeitsverlauf der beiden Flugzeuge	68
Anlage 5: An- und Abflugverfahren von Amsterdam (EHAM)	69
Anlage 6: An- und Abflugverfahren von Hamburg (EDDH)	70
Anlage 7: An- und Abflugverfahren von Kopenhagen (EKCH)	71
Anlage 8: An- und Abflugverfahren von Wien (LOWW).....	72
Anlage 9: An- und Abflugverfahren von Zürich (LSZH).....	73
Anlage 10: Statistische Daten zum Abflugverkehr von Zürich im Jahr 2010.....	74
Anlage 11: Abflugrouten mit Umlenkverkehr in Flughafennähe.....	75

Schlussbericht

Zusammenfassung

Luftfahrzeug 1

Eigentümer	NBB Owl Co. Ltd., 8034 Zürich
Halter	Swiss International Airlines
Hersteller	Airbus S.A.S., Toulouse, Frankreich
Luftfahrzeugmuster	A320-214
Eintragungsstaat	Schweiz
Eintragungszeichen	HB-IJH
Kommerzielle Flugnummer	LX1326
ATC-Rufzeichen	SWR 1326
Funkrufzeichen	<i>Swiss one three two six</i>
Flugregeln	IFR
Betriebsart	Linienflug
Abflugort	Zürich (LSZH)
Bestimmungsort	Moscow Domodedovo International Airport (UDD)

Luftfahrzeug 2

Eigentümer	International Lease Finance Corp., Los Angeles
Halter	Swiss International Airlines
Hersteller	Airbus S.A.S., Toulouse, Frankreich
Luftfahrzeugmuster	A320-214
Eintragungsstaat	Schweiz
Eintragungszeichen	HB-IJW
Kommerzielle Flugnummer	LX2026
ATC-Rufzeichen	SWR 202W
Funkrufzeichen	<i>Swiss two zero two whiskey</i>
Flugregeln	IFR
Betriebsart	Linienflug
Abflugort	Zürich (LSZH)
Bestimmungsort	Madrid-Barajas Airport (LEMD)

Ort	Flughafen Zürich LSZH, Pisten 16 und 28 Schweizerisches Hoheitsgebiet
Datum, Zeit	15. März 2011, 11:43 UTC
ATS-Stelle	Platzverkehrsleitstelle Zürich, Arbeitsplatz ADC
Luftraum	Klasse D
AIRPROX-Kategorie	ICAO-Kategorie A – hohes Kollisionsrisiko

Untersuchung

Der schwere Vorfall ereignete sich am 15. März 2011 um 11:43 UTC. Die Meldung traf am gleichen Tag um ca. 13:00 UTC beim Büro für Flugunfalluntersuchungen (BFU) ein. Nach Vorabklärungen, wie sie für diese Art von schwerem Vorfall üblich sind, wurde die Untersuchung am 17. März 2011 eröffnet.

Der Untersuchungsbericht wird durch die Schweizerische Unfalluntersuchungsstelle SUST veröffentlicht.

Kurzdarstellung

Am 15. März 2011 um 11:41:15 UTC erhielt das Flugzeug Airbus A320-214 der Swiss International Airlines, mit dem ATC-Rufzeichen SWR 1326, die Freigabe in die Startposition auf der Piste 16 zu rollen. Während dem Einrollen in die Startposition erteilte der Flugverkehrsleiter der Platzverkehrsleitstelle um 11:42:19 UTC die Freigabe zum Start. Die Besatzung der SWR 1326 quittierte diese Freigabe und leitete um 11:43:12 UTC den Startlauf ein.

Um 11:43:05 UTC erhielt die Airbus A320-214 der Swiss International Airlines, mit dem ATC-Rufzeichen SWR 202W, welche in der Startposition auf der Piste 28 wartete, die Startfreigabe. Die Besatzung quittierte diese Freigabe und leitete unmittelbar darauf den Startlauf ein.

Während dem Startlauf, um 11:43:47 UTC, bemerkte die Besatzung der SWR 202W die sich von rechts annähernde SWR 1326 auf der Piste 16 und leitete unmittelbar darauf einen Startabbruch ein. Ungefähr gleichzeitig befahl der Flugverkehrsleiter ADC der Besatzung der SWR 202W, den Start sofort abubrechen.

Die Geschwindigkeit der SWR 202W betrug zu diesem Zeitpunkt 135 kt. Das Flugzeug kam im Sicherheitsbereich der Piste 16 zum Stillstand und rollte anschliessend zum zugewiesenen Standplatz.

Die Besatzung der SWR 1326 hatte den schweren Vorfall nicht bemerkt und setzte ihren Flug zum Bestimmungsort fort.

Ursachen

Der schwere Vorfall ist darauf zurückzuführen, dass der betreffende Flugverkehrsleiter einem Flugzeug auf Piste 28 die Startfreigabe erteilte, obwohl sich auf Piste 16 ein weiteres Flugzeug, dem er kurz zuvor die Startfreigabe erteilt hatte, noch im Startlauf befand. Dies hatte zur Folge, dass es zwischen diesen Flugzeugen zu einer unbeabsichtigten Annäherung kam, die ein hohes Kollisionsrisiko aufwies.

Die folgenden Faktoren haben wesentlich zur Entstehung des schweren Vorfalls beigetragen:

- Zu einer Zeit mit höchstem Verkehrsaufkommen am Flughafen Zürich wurden Vermessungsflüge durchgeführt, welche die Komplexität des Betriebes für die Flugverkehrsleitung erhöhten.
- Der betreffende Flugverkehrsleiter beschäftigte sich mit Aufgaben, die zu diesem Zeitpunkt keine hohe Priorität hatten.
- Das Arbeitskonzept der Platzverkehrsleitstelle liess bei hohem Verkehrsaufkommen nur eine ungenügende gegenseitige Unterstützung zu und wies generell keine Überwachung zum frühzeitigen Erkennen und Korrigieren von Fehlern auf.
- Das Kollisionswarnsystem der Flugverkehrsleitung war wenig geeignet, um die sich anbahnende Konfliktsituation zu entschärfen.

Die Entstehung des schweren Vorfalls wurde durch den komplexen Betrieb auf zwei sich kreuzenden Pisten begünstigt, der bei hohem Verkehrsaufkommen eine nur geringe Fehler-toleranz aufweist.

Sicherheitsempfehlungen

Im Rahmen der Untersuchung wurden sieben Sicherheitsempfehlungen ausgesprochen.

Nach Vorgabe des Anhangs 13 der 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

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

² *Das BAZL informiert das UVEK periodisch über die Umsetzung der erteilten Aufträge oder Empfehlungen.*

³ *Das UVEK informiert die SUST mindestens zweimal jährlich über den Stand der Umsetzung beim BAZL.“*

1 Sachverhalt

1.1 Vorgeschichte und Verlauf des schweren Vorfalls

1.1.1 Allgemeines

Für die folgende Beschreibung von Vorgeschichte und Verlauf des schweren Vorfalls wurden die Aufzeichnungen des Sprechfunkverkehrs, der Cockpitgespräche (*cockpit voice recorder* – CVR), der Flugdatenschreiber (*digital flight data recorder* – DFDR), verschiedener Radarsysteme sowie die Aussagen von Besatzungsmitgliedern, Flugverkehrsleitern und technischen Spezialisten verwendet. Weiter wurde eine Simulation der Abläufe im *tower simulator* (TOSIM) von Skyguide ausgewertet.

Bei den beteiligten Flugzeugen bestand die Besatzung aus je einem Kommandanten und einem Copiloten.

Im Flugzeug SWR 1326 auf der Piste 16 waren der Kommandant als assistierender Pilot (*pilot not flying* – PNF) und der Copilot als fliegender Pilot (*pilot flying* – PF) eingesetzt.

Im Flugzeug SR 202W auf der Piste 28 waren der Kommandant als fliegender Pilot (*pilot flying* – PF) und der Copilot als assistierender Pilot (*pilot not flying* – PNF) eingesetzt.

In der Platzverkehrsleitstelle *Zurich tower* (TWR) waren die Arbeitsplätze *aerodrome control* (ADC), *ground control* (GRO), *clearance delivery* (CLD) und *supervisor* (SPVR) besetzt.

Der schwere Vorfall ereignete sich im Zuständigkeitsbereich des Flugverkehrsleiters *aerodrome control* (ADC). Der Funkverkehr fand auf der Frequenz von 118.100 MHz statt.

1.1.2 Vorgeschichte

Der Flugverkehrsleiter ADC hatte bis etwa zehn Minuten vor dem schweren Vorfall am Arbeitsplatz GRO gearbeitet.

Gemäss Aussage des Flugverkehrsleiters (FVL) am Arbeitsplatz ADC herrschte zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls ein hohes Verkehrsaufkommen mit hoher Komplexität. Das hohe Verkehrsaufkommen betraf dabei den zunehmenden Abflugverkehr. Der Flugverkehrsleiter begründete diese Einschätzung hauptsächlich mit dem Einsatz eines Vermessungsflugzeuges, welches einige Minuten vor dem schweren Vorfall gestartet war (vgl. Kapitel 1.7.2). Er hatte bereits während seiner Tätigkeit als GRO das Flugprogramm dieses Vermessungsflugzeuges erhalten und sich damit beschäftigt. Nach dem Wechsel an den Arbeitsplatz ADC befasste er sich weiter damit.

Der FVL am Arbeitsplatz GRO beurteilte das Verkehrsaufkommen als hoch und die Komplexität als normal.

Am Arbeitsplatz ADC war ein Warnsystem installiert, welches die FVL vor Kollisionen am Boden zwischen Luftfahrzeugen sowie zwischen Luftfahrzeugen und Fahrzeugen warnen soll (vgl. Kapitel 1.9 und Anlage 1).

1.1.3 Verlauf des schweren Vorfalls

Am 15. März 2011 meldete sich die Besatzung der Airbus A320-214 HB-IJW der Swiss International Airlines mit dem ATC-Rufzeichen SWR 202W um 11:37:34 UTC bei der Platzverkehrsleitstelle Zürich (*Zurich tower*). Das Flugzeug befand sich hinter anderen Flugzeugen startbereit vor der Piste 28. Die Besatzung er-

hielt um 11:37:38 UTC folgende Freigabe: *"Hello Swiss two zero two whiskey, tower, behind company airbus, line up runway two eight behind."*

Ursprünglich war vorgesehen, SWR 202W auf Piste 28 vor SWR 1326 auf Piste 16 starten zu lassen. Der Flugverkehrsleiter ADC entschied sich aber aus folgendem Grund, die SWR 1326 auf Piste 16 vor der SWR 202W auf Piste 28 starten zu lassen: Ein Flugzeug befand sich im Anflug auf Piste 14 und wies eine Distanz von elf nautischen Meilen (NM) zur Pistenschwelle auf. Sobald dieses Flugzeug eine Distanz von 8 NM von der Pistenschwelle erreicht hätte, wäre ein Start von Piste 16 erst nach dessen Landung möglich gewesen¹. Die Entscheidung war mit dem Flugverkehrsleiter GRO abgesprochen. Dieser wechselte um 11:39:56 UTC die Reihenfolge der Abflugstreifen, was im *tower and approach communication system* (TACO) entsprechend angezeigt wurde (vgl. Kapitel 1.10).

Die Besatzung der anderen Airbus A320-214 HB-IJH der Swiss International Airlines mit dem ATC-Rufzeichen SWR1326 stand zu diesem Zeitpunkt in Kontakt mit *Zurich apron north* und rollte auf dem Rollweg ECHO zum Haltepunkt der Piste 16. Das Flugzeug befand sich etwa 700 m vor dem Haltepunkt der Piste 16, als sich die Besatzung um 11:41:14 UTC beim Flugverkehrsleiter ADC wie folgt meldete: *"Hello swiss one three two six, ready when reaching"*. Die Besatzung erhielt vom FVL umgehend die Freigabe, in die Startposition auf der Piste 16 zu rollen.

Nur wenige Sekunden später meldete sich auf der Frequenz von *Zurich ground* (GRO) eine dritte Airbus A320, um beim Rollweg ECHO die Piste 28 zu kreuzen. Der Flugverkehrsleiter GRO erhielt vom Flugverkehrsleiter ADC die Bewilligung zum Kreuzen, worauf der Flugverkehrsleiter GRO die Pistensperrung aktivierte und der Besatzung der Airbus die Freigabe zum Kreuzen der Piste 28 erteilte. Durch das Aktivieren der Pistensperrung wurde die Piste 28 auf allen Bildschirmen an den Arbeitsplätzen im *tower* rot eingefärbt dargestellt (vgl. Kapitel 1.9.3).

Um 11:42:07 UTC wurde der Flugverkehrsleiter GRO durch ein privates Geschäftsreiseflugzeug, eingetragen als D-AJJK, aufgerufen, dessen Funkrufzeichen er aber nicht verstand.

Aufgrund der gewechselten Startreihenfolge erteilte der Flugverkehrsleiter ADC der Besatzung der SWR 1326 um 11:42:19 UTC die Startbewilligung wie folgt: *"Swiss one three two six, wind zero two zero degrees seven knots, runway one six cleared for take off"*. SWR 1326 befand sich um diese Zeit noch auf dem Rollweg ECHO, etwa 50 m vor dem Pistenanfang der Piste 16, und bestätigte die Startbewilligung umgehend.

Während dem Erteilen der Startbewilligung an die SWR 1326, war die Besatzung der SWR 202W daran, in die Startposition auf der Piste 28 zu rollen. Dabei hatte sie die letzten Punkte der entsprechenden Prüfliste abzuarbeiten (vgl. Kapitel 1.5.2). Gemäss ihrer Aussage hatte sie die Startfreigabe an die SWR 1326 auf der Piste 16 nicht wahrgenommen, auf dem CVR ist die Startfreigabe deutlich hörbar.

Nach erfolgtem Kreuzen der Piste 28 durch den dritten Airbus, deaktivierte der Flugverkehrsleiter GRO um 11:43:01 UTC die Sperrung der Piste 28 und die vorher rot leuchtende Piste auf den Bildschirmen wurde wieder schwarz angezeigt. Das zeigte dem Flugverkehrsleiter ADC, dass ihm die Piste 28 wieder zu seiner Verfügung stand. Unmittelbar daraufhin erteilte er um 11:43:05 UTC der

¹ ATMM Zurich, APP, Section 3, 5.14 – Tower schreibt Folgendes vor: *„IFR separation between departures RWY 16 and approaches RWY 14, departures direction east: When a departure has started take-off roll on RWY 16, no arrival shall be between 8 NM final and threshold 14“*.

auf Piste 28 wartenden Besatzung der SWR 202W die Startbewilligung wie folgt: "Swiss two zero two whiskey, wind zero one zero degrees seven knots, runway two eight, cleared for take off." Die Besatzung bestätigte die Startbewilligung umgehend und leitete um 11:43:12 UTC den Startlauf ein. Als diese Startbewilligung durch den FVL erteilt wurde, befand sich der elektronische Kontrollstreifen (*electronic flight strip*) der SWR 202W auf dem TACO²-Bildschirm an zweiter Stelle oberhalb der grünen Trennlinie, welche optisch die Flugzeuge vor dem Start von denjenigen trennt, welche bereits gestartet sind. Unterhalb davon und an erster Stelle vor der grünen Trennlinie befand sich immer noch der Kontrollstreifen der SWR 1326.

abfliegender Verkehr					anfliegender Verkehr				
	Piste	A/C	Kursnr.			A/C	Kursnr.	Piste	Zeit
Startbereit	28							14	
	16							14	
	28							14	
	28	A320	SWR 202W					14	
gestartet	16	A320	SWR 1326					14	

Abbildung 1: Schematische, vereinfachte Darstellung des TACO-Bildschirms zum Zeitpunkt der Startfreigabe an die SWR 202W.

Während dem Erteilen der Startfreigabe an die SWR 202W befand sich die SWR 1326 auf der Piste 16 bereits im Startlauf und hatte gemäss den Aufzeichnungen des *digital flight data recorder* (DFDR) eine Geschwindigkeit von wenigen Knoten. Sie hatte den Start um 11:43:00 UTC eingeleitet, nachdem sie nach dem Rollen in die Startposition kurz angehalten hatte, um einen so genannten *standing take off* auszuführen. Dieser war bedingt durch die Tatsache, dass auf diesem Flugzeug zwei Triebwerke unterschiedlicher Bauart montiert waren (vgl. Kapitel 1.5.3). Gemäss Aussage der Besatzung hatte sie die Startfreigabe an die SWR 202W auf der Piste 28 nicht wahrgenommen.

Um 11:43:20 UTC erfolgte der zweite Aufruf der Besatzung der D-AJJK an den Flugverkehrsleiter GRO. Der Flugverkehrsleiter ADC, der diesen Aufruf wahrgenommen hatte, wollte seinem Kollegen helfen. Deshalb teilte er dem Flugverkehrsleiter GRO mit, dass es sich um die D-AJJK handle, welche einen Standplatzwechsel auf dem Vorfeld verlange.

Um 11:43:40 UTC wurde durch das *runway incursion monitoring and conflict alert sub-system* (RIMCAS) eine Warnung der Stufe 2 (*stage 2 alert*) ausgelöst. Die blauen Etiketten der beiden Flugzeuge SWR 1326 und SWR 202W auf den SAMAX-Bildschirmen wechselten ihre Farbe auf rot und der akustische Alarm: "RIMCAS" ertönte (vgl. Anlage 1). Das Flugzeug SWR 1326 hatte gemäss den SAMAX-Aufzeichnungen zu diesem Zeitpunkt eine Geschwindigkeit von 143 kt und das Flugzeug SWR 202W eine solche von 89 kt.

Der Flugverkehrsleiter ADC wurde gemäss seiner Aussage durch den Alarm überrascht und glaubte im ersten Moment an einen „*Fehlalarm mit einem Fahrzeug*“. Im Weiteren sagte er aus, dass die SWR 1326 zu diesem Zeitpunkt in seinem mentalen Plan nicht mehr vorhanden gewesen sei. Er überprüfte, ob ein Fahrzeug in der Nähe der Pisten sei oder ob sich ein landendes Flugzeug auf Piste 16 befinde. Dann entdeckte er die beiden Flugzeuge, die sich gleichzeitig

² TACO: Abkürzung für *tower and approach coordination*. Für Details vergleiche Kapitel 1.10

auf Piste 16 und Piste 28 im Startlauf befanden. Um 11:43:49 UTC befahl er der Besatzung der SWR 202W: "Swiss two zero two whiskey, stop immediately!" Die Besatzung antwortete auf diese Meldung nicht, da sie bereits zwei Sekunden vorher das startende Flugzeug auf Piste 16 wahrgenommen und sofort einen Startabbruch eingeleitet hatte (vgl. Abbildung 2 und Kapitel 1.5.4). Beim Einleiten des Startabbruchs hatte die SWR 202W eine Geschwindigkeit von 135 kt und die SWR 1326, welche am Abheben war, eine solche von 162 kt. Die SWR 202W befand sich etwa 550 m vor der Pistenkreuzung 16/28.

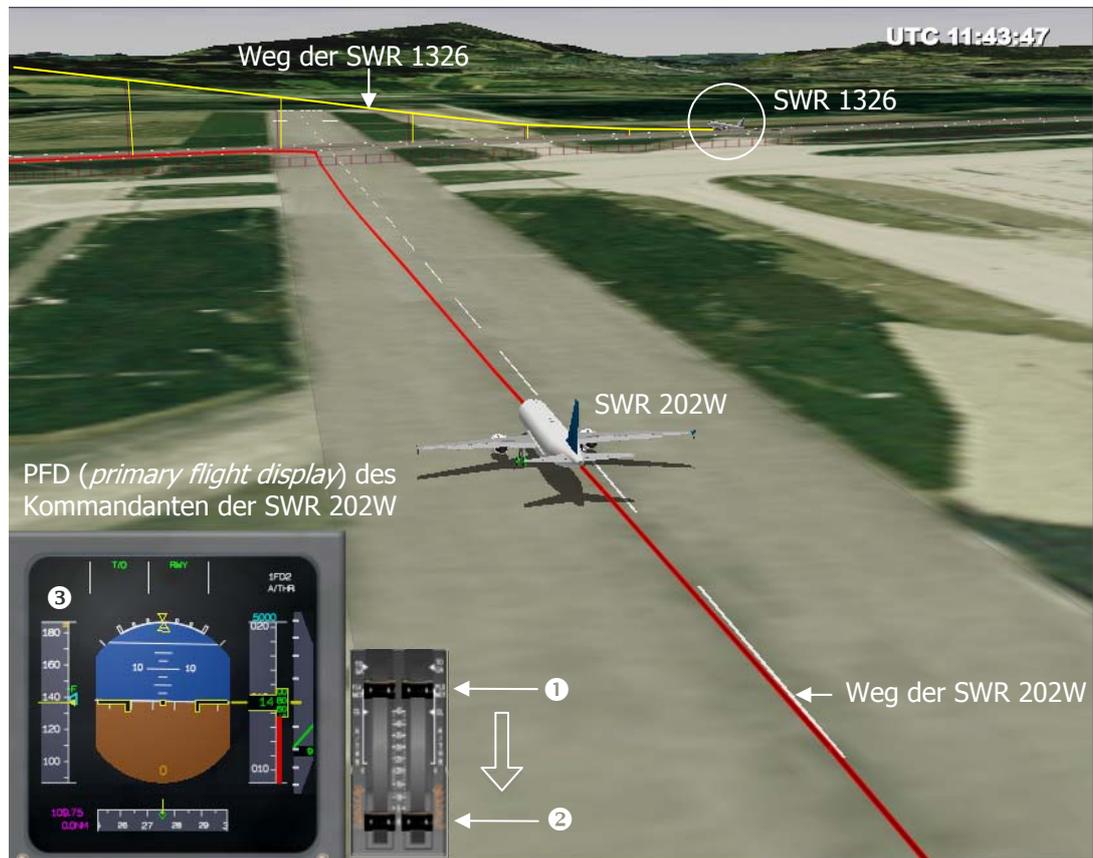


Abbildung 2: Aus den Flugschreibern rekonstruierter Startlauf der beiden Flugzeuge. Blickrichtung entlang der Piste 28. Zeitpunkt 11:43:47 UTC, als die Besatzung der SWR 202W die SWR 1326 bemerkte und den Startabbruch einleitete.

- ❶ Leistungshebel (*throttles*) in Startstellung (*take off position*)
- ❷ 1 Sekunde später: Leistungshebel im Leerlauf (*idle position*)
- ❸ Geschwindigkeitsanzeige



Abbildung 3: Sicht aus dem Cockpit der SWR 202W zum gleichen Zeitpunkt (11:43:47 UTC). Das Bild wurde im *tower simulator* (TOSIM) aufgenommen.

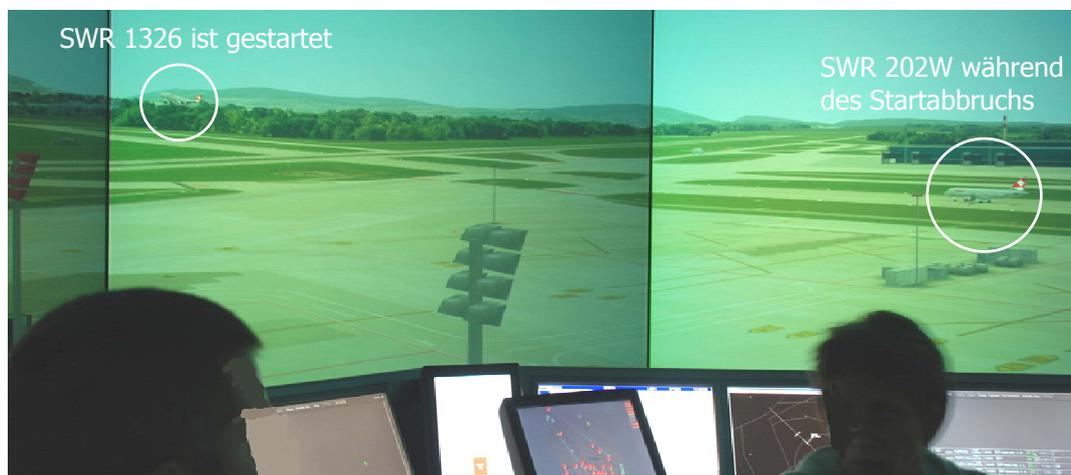


Abbildung 4: Sicht aus der Turmkanzel vom Arbeitsplatz ADC aus, kurz nach dem Startabbruch der SWR 202W. Das Bild wurde im *tower simulator* (TOSIM) aufgenommen.



Abbildung 5: Zum gleichen Zeitpunkt: Sicht aus dem Cockpit der SWR 202W, nachdem der Startabbruch eingeleitet wurde. Das Bild wurde im *tower simulator* (TOSIM) aufgenommen.

Um 11:44:00 UTC löste der Flugverkehrsleiter ADC auf seinem TACO-Bildschirm per Mausklick die Startmeldung für SWR 1326 aus, die kurz zuvor von der Piste abgehoben hatte.

Die SWR 202W kam um 11:44:03 UTC im Sicherheitsbereich³ der Piste 16 zum Stillstand. Nach einer kurzen Lagebeurteilung entschied sich die Besatzung, nach Süden über die Piste 16 und den Rollweg ECHO, zu einem Standplatz zu rollen. Nach dem Verlassen der Piste 16 verlangte die Besatzung auf Grund der heissen Bremsen, dass die Feuerwehr zu ihrer Bereitschaft gehalten werde. Dies führte im Kontrollturm zur Auslösung des Alarms 21.

Nach einer eingehenden, technischen Kontrolle des Flugzeuges durch einen lizenzierten Unterhaltsbetrieb, startete das Flugzeug etwa zwei Stunden später mit einer anderen Besatzung zum geplanten Flug.

Die Besatzung der SWR 1326 hatte den schweren Vorfall während ihres Startlaufs nicht bemerkt. Sie setzte ihren Start und den Flug zum Bestimmungsort fort. Sie wurde während des Steigfluges durch den FVL über den schweren Vorfall informiert.

Der Flugverkehrsleiter GRO, der direkt neben dem Arbeitsplatz des Flugverkehrsleiters ADC sass, führte kurz vor- und zum Zeitpunkt des schweren Vorfalles auf seiner Frequenz mit der Besatzung eines Geschäftsreiseflugzeuges Funkgespräche.

Der Flugverkehrsleiter ADC wurde kurz nach dem schweren Vorfall durch einen anderen Flugverkehrsleiter abgelöst.

1.1.4 Ort des schweren Vorfalles

Geographische Position	Flughafen Zürich (vgl. Kapitel 1.7)
Datum und Zeit	15. März 2011, 11:43 UTC
Beleuchtungsverhältnisse	Tag

1.2 Angaben zu Personen

1.2.1 Flugbesatzung SWR 1326

1.2.1.1 Kommandant

1.2.1.1.1 Allgemeines

Person	Schweizer Staatsbürger, Jahrgang 1963
Lizenz	Führerausweis für Verkehrspiloten auf Flächenflugzeugen (<i>air transport licence aeroplane – ATPL(A)</i>) <i>nach joint aviation requirements (JAR) EASA</i> , erstmals ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) am 13. Februar 1996, gültig bis 14. Februar 2016.
Berechtigungen	A320 PIC, gültig bis 6. Februar 2012 <i>language proficiency: english level 4</i> , gültig bis 2. Januar 2014
Instrumentenflugberechtigung	Nachtflug NIT(A) Instrumentenflug Flugzeug IR(A) Instrumentenanflüge der Cat. III (IR Cat.)

³ Die Aufzeichnung des *swiss airport movement area control system (SAMAX)*, und die Aussage des Copiloten der SWR 202W lassen den Schluss zu, dass der Bug des Flugzeuges HB-IJW in die Piste 16 hineinragte und sich dieses somit teilweise auf dem Pistenkreuz 16/28 befand. Die Visualisierung der Daten des Flugschreibers lässt den Schluss zu, dass das Flugzeug unmittelbar vor der Piste 16 zum Stillstand kam.

		III), gültig bis 6. Februar 2012
	Letzte Befähigungsüberprüfung	<i>proficiency check</i> am 3. Februar 2011
	Medizinisches Tauglichkeitszeugnis	Klasse 1&2, keine Einschränkungen Klasse 1 gültig bis 29. April 2011
	Letzte fliegerärztliche Untersuchung	22. April 2010
1.2.1.1.2	Flugerfahrung	
	Gesamthaft	11 722 h
	Auf dem Vorfalldmuster	4051 h
	davon als Kommandant	1401 h
	Während der letzten 90 Tage	147 h
1.2.1.1.3	Besatzungszeiten	
	Beginn der Dienste in den 48 Stunden vor dem schweren Vorfall	13. März 2011, dienstfrei 14. März 2011, 15:30 UTC 15. März 2011, 10:25 UTC
	Dienstende in den 48 Stunden vor dem schweren Vorfall	13. März 2011, dienstfrei 14. März 2011, 20:06 UTC
	Flugdienstzeiten in den 48 Stunden vor dem schweren Vorfall	13. März 2011, dienstfrei 14. März 2011, 04:36 h
	Ruhezeiten in den 48 Stunden vor dem schweren Vorfall	vom 13. auf den 14. März: dienstfrei vom 14. auf den 15. März: 14:19 h
	Flugdienstzeit zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls	01:18 h
1.2.1.2	Copilot	
1.2.1.2.1	Allgemeines	
	Person	Schweizer Staatsbürger, Jahrgang 1978
	Lizenz	Führerausweis für Berufspiloten auf Flächenflugzeugen (<i>commercial pilot licence aeroplane – CPL(A)</i>) nach <i>joint aviation requirements</i> (JAR) EASA, erstmals ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) am 12. August 2008, gültig bis 28. Januar 2016.
	Berechtigungen	A320 COPI, gültig bis 16. September 2011 <i>language proficiency:</i> <i>english level 5</i> , gültig bis 19. Januar 2017
	Instrumentenflugberechtigung	Nachtflug NIT(A) Instrumentenflug Flugzeug IR(A) Instrumentenanflüge der Cat. III (IR Cat. III), gültig bis 16. September 2011
	Letzte Befähigungsüberprüfung	<i>proficiency check</i> am 16. Januar 2011
	Medizinisches Tauglichkeitszeugnis	Klasse 1&2 Einschränkungen: VDL (<i>shall wear cor-</i>

		<i>rective lenses and carry a spare set of spectacles)</i> gültig bis 4. Oktober 2011
	Letzte fliegerärztliche Untersuchung	16. September 2010
1.2.1.2.2	Flugerfahrung	
	Gesamthaft	2150 h
	Auf dem Vorfallmuster	2026 h
	Während der letzten 90 Tage	199 h
1.2.1.2.3	Besatzungszeiten	
	Beginn der Dienste in den 48 Stunden vor dem schweren Vorfall	13. März 2011, dienstfrei 14. März 2011, 15:30 UTC 15. März 2011, 10:25 UTC
	Dienstende in den 48 Stunden vor dem schweren Vorfall	13. März 2011, dienstfrei 14. März 2011, 20:06 UTC
	Flugdienstzeiten in den 48 Stunden vor dem schweren Vorfall	13. März 2011, dienstfrei 14. März 2011, 04:36 h
	Ruhezeiten in den 48 Stunden vor dem schweren Vorfall	vom 13. auf den 14. März: dienstfrei vom 14. auf den 15. März: 14:19 h
	Flugdienstzeit zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls	01:18 h
1.2.2	Flugbesatzung SWR 202W	
1.2.2.1	Kommandant	
1.2.2.1.1	Allgemeines	
	Person	Schweizer Staatsbürger, Jahrgang 1967
	Lizenz	Führerausweis für Verkehrspiloten auf Flächenflugzeugen (<i>air transport licence aeroplane – ATPL(A) nach joint aviation requirements (JAR) EASA</i> , erstmals ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) am 18. April 1995, gültig bis 9. Juni 2015.
	Berechtigungen	A320 PIC, gültig bis 30. Juni 2011 <i>language proficiency: english level 4</i> , gültig bis 30. Juni 2013
	Instrumentenflugberechtigung	Nachtflug NIT(A) Instrumentenflug Flugzeug IR(A) Instrumentenanflüge der Cat. III (IR Cat. III), gültig bis 30. Juni 2011
	Letzte Befähigungsüberprüfung	<i>proficiency check</i> am 6. November 2010
	Medizinisches Tauglichkeitszeugnis	Klasse 1&2 Einschränkungen: VDL (<i>shall wear corrective lenses and carry a spare set of spectacles</i>)

		gültig bis 26. Juni 2011
	Letzte fliegerärztliche Untersuchung	10. Juni 2010
1.2.2.1.2	Flugerfahrung	
	Gesamthaft	12 100 h
	Auf dem Vorfalldmuster	5966 h
	davon als Kommandant	2070 h
	Während der letzten 90 Tage	177 h
1.2.2.1.3	Besatzungszeiten	
	Beginn der Dienste in den 48 Stunden vor dem schweren Vorfall	13. März 2011, 13:00 UTC 14. März 2011, 14:09 UTC 15. März 2011, 10:25 UTC
	Dienstende in den 48 Stunden vor dem schweren Vorfall	13. März 2011, 20:21 UTC 14. März 2011, 15:29 UTC
	Flugdienstzeiten in den 48 Stunden vor dem schweren Vorfall	13. März 2011, 07:21 h 14. März 2011, 01:20 h
	Ruhezeiten in den 48 Stunden vor dem schweren Vorfall	vom 13. auf den 14. März: 19:08 h vom 14. auf den 15. März: 18:56 h
	Flugdienstzeit zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls	01:18 h
1.2.2.2	Copilot	
1.2.2.2.1	Allgemeines	
	Person	Schweizer Staatsbürger, Jahrgang 1977
	Lizenz	Führerausweis für Verkehrspiloten auf Flächenflugzeugen (<i>air transport licence aeroplane – ATPL(A) nach joint aviation requirements (JAR) EASA</i> , erstmals ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) am 11. November 2008, gültig bis 30. Dezember 2015.
	Berechtigungen	A320 COPI, gültig bis 11. Mai 2011 <i>language proficiency: english level 4</i> , gültig bis 4. März 2014
	Instrumentenflugberechtigung	Nachtflug NIT(A) Instrumentenflug Flugzeug IR(A) Instrumentenanflüge der Cat. III (IR Cat. III), gültig bis 11. Mai 2011
	Letzte Befähigungsüberprüfung	<i>proficiency check</i> am 13. September 2010
	Medizinisches Tauglichkeitszeugnis	Klasse 1&2, keine Einschränkungen, Klasse 1 gültig bis 23. Mai 2011
	Letzte fliegerärztliche Untersuchung	17. Mai 2010

1.2.2.2.2	Flugerfahrung		
	Gesamthaft	1.2.3	2624 h
	Auf dem Vorfalldatum	1.2.4	2624 h
	Während der letzten 90 Tage		208 h
1.2.4.1.1	Besatzungszeiten		
	Beginn der Dienste in den 48 Stunden vor dem schweren Vorfall	13. März 2011, dienstfrei 14. März 2011, dienstfrei 15. März 2011, 10:25 UTC	
	Dienstende in den 48 Stunden vor dem schweren Vorfall	13. März 2011, dienstfrei 14. März 2011, dienstfrei	
	Flugdienstzeiten in den 48 Stunden vor dem schweren Vorfall	13. März 2011, 0 h 14. März 2011, 0 h	
	Ruhezeiten in den 48 Stunden vor dem schweren Vorfall	vom 13. auf den 14. März: dienstfrei vom 14. auf den 15. März: dienstfrei	
	Flugdienstzeit zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls	01:18 h	
1.2.5	Mitarbeiter der Flugsicherung		
1.2.5.1	Flugverkehrsleiter ADC		
1.2.5.1.1	Allgemeines		
	Funktion	<i>Aerodrome control (ADC)</i>	
	Person	Schweizer Staatsbürger, Jahrgang 1982	
	Dienstbeginn Vorfalldatum	06:20 UTC	
	Lizenz	Ausweis für Flugverkehrsleiter (<i>air traffic controller licence</i>) basierend auf Richtlinie 2006/23 der Europäischen Gemeinschaft, erstmals ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) am 30. Juni 2005	
	Relevante Berechtigungen	ADI (<i>aerodrome instruments</i>)	
	Medizinische Tauglichkeit	Klasse 3, Einschränkungen: VDL (<i>shall wear corrective lenses</i>); vom 18. Mai 2010, gültig bis 23. Mai 2012.	
1.2.5.1.2	Zusätzliche Angaben		
	Eine Analyse der Unterlagen zur Auswahl und Ausbildung des Flugverkehrsleiters zeigte, dass dieser von Skyguide als gut bis sehr gut qualifiziert wurde. Nach dem Erwerb der entsprechenden Lizenz und Berechtigungen finden bei Skyguide die gesetzlich vorgegebenen Leistungsüberprüfungen statt. Eine Einstufung des gegenwärtigen Leistungsstandes, d.h. eine differenzierte Qualifikation, wird nicht gemacht.		
	Vor dem schweren Vorfall hatte der Flugverkehrsleiter am Arbeitsplatz ADC noch nie Vermessungsflüge betreut.		
	Der Flugverkehrsleiter war am 31. Juli 2008 an einem schweren Vorfall auf den sich kreuzenden Pisten 16 und 28 beteiligt, bei dem er einem Flugzeug den Start auf Piste 28 bewilligte, nachdem er zuvor einem auf Piste 16 anfliegenden Flug-		

zeug die Landeerlaubnis erteilt hatte. Die sofort erteilte Aufforderung an die auf der Piste 28 rollende Maschine, den Start abubrechen, konnte die Situation entschärfen.

Die Untersuchung des Büros für Flugunfalluntersuchungen kam damals zu folgendem Schluss:

"Der schwere Vorfall ist darauf zurückzuführen, dass die ATC einem Flugzeug den Start auf Piste 28 bewilligte, während zuvor ein auf Piste 16 anfliegender Flugzeug eine Landefreigabe erhalten hatte und im Begriffe war zu landen."

Im Anschluss an diesen schweren Vorfall wurde von Skyguide weder eine Nachbesprechung (*debriefing*) mit dem Flugverkehrsleiter durchgeführt, noch wurden irgendwelche weitere Massnahmen getroffen. Ein *Critical Incident Stress Management* (CISM) fand nicht statt, weil der FVL darauf verzichtete.

Abklärungen bei Skyguide ergaben, dass bezüglich dem Umgang mit einem Flugverkehrsleiter, der an einem Unfall oder schweren Vorfall beteiligt war, einzig das Verfahren besteht, dass der Dienstleiter (*supervisor*) darüber entscheidet, ob der betreffende Mitarbeiter unmittelbar nach dem Ereignis weiterhin ohne Überwachung eingesetzt werden kann.

Weitere Verfahren, die beispielsweise abklären sollen, ob der Mitarbeiter einen Bedarf für Nachschulung aufweist oder weitere Massnahmen notwendig sind, existierten zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls nicht.

Das Flugsicherungsunternehmen Skyguide hat ein so genanntes *competence in doubt* Verfahren, welches bei ungenügender Qualifikation eines FVL im täglichen Betrieb oder bei den periodischen Kompetenzchecks angewendet wird. Bei schweren Vorfällen oder Unfällen wird dieses Verfahren explizit nicht angewendet.

Nach dem schweren Vorfall vom 15. März 2011 entschied die Geschäftsleitung von Skyguide, den betreffenden Flugverkehrsleiter an den Arbeitsplätzen in der Platzverkehrsleitstelle nicht mehr einzusetzen, bis alle Untersuchungsergebnisse analysiert und die Verfahren von Skyguide bei schweren Vorfällen weiterentwickelt sind.

1.2.5.2 Flugverkehrsleiter GRO

1.2.5.2.1 Allgemeines

Funktion	<i>Ground control</i> (GRO)
Person	Dänischer Staatsangehöriger, Jahrgang 1958
Dienstbeginn Vorfalldag	05:40 UTC
Lizenz	Ausweis für Flugverkehrsleiter (<i>air traffic controller licence</i>) basierend auf Richtlinie 2006/23 der Europäischen Gemeinschaft, erstmals ausgestellt durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) am 15. Januar 1993.
Relevante Berechtigungen	ADI (<i>aerodrome instruments</i>)
Medizinische Tauglichkeit	Klasse 3, Einschränkungen: VML (<i>shall wear multifocal lenses</i>) gültig vom 15. November 2010, gültig bis 27. November 2011.

1.3 Angaben zu den Luftfahrzeugen

1.3.1	SWR 1326	
	Eintragungszeichen	HB-IJH
	Luftfahrzeugmuster	Airbus A320-214
	Charakteristik	Zweistrahliges Kurz- und Mittelstreckenflugzeug
	Hersteller	Airbus S.A.S., Toulouse, Frankreich
	Baujahr	1996
	Triebwerke	LH: CFM56-5B4/2P (DAC) RH: CFM56-5B4/P (SAC)
	Eigentümer	NBB Owl Co. Ltd., 8034 Zürich
	Halter	Swiss International Airlines
	maximal zulässige Start- und Landemasse	73 500 kg 64 500 kg
	Startmasse	Die aktuelle Startmasse für den Flug SWR 1326 betrug 72 200 kg und die entsprechende Geschwindigkeit V_1^4 betrug 147 kt
	Crew / Passagiere	Flug SWR 1326: 2 Cockpit, 6 Kabine, 127 Pax
1.3.2	SWR 202W	
	Eintragungszeichen	HB-IJW
	Luftfahrzeugmuster	Airbus A320-214
	Charakteristik	Zweistrahliges Kurz- und Mittelstreckenflugzeug
	Hersteller	Airbus S.A.S., Toulouse, Frankreich
	Baujahr	2004
	Triebwerke	LH: CFM56-5B4/P (SAC) RH: CFM56-5B4/P (SAC)
	Eigentümer	International Lease Finance Corp., Los Angeles
	Halter	Swiss International Airlines
	maximal zulässige Start- und Landemasse	73 500 kg 64 500 kg
	Startmasse	Die Startmasse für den Flug SWR 202W betrug 64 500 kg und die entsprechende Geschwindigkeit V_1 betrug 135 kt
	Crew / Passagiere	Flug SWR 202W: 2 Cockpit, 5 Kabine, 120 Pax

1.4 Meteorologische Angaben

1.4.1 Allgemeines

Die Angaben in den Kapiteln 1.4.2 bis 1.4.6 wurden von MeteoSchweiz geliefert.

⁴ V_1 ist die maximale Geschwindigkeit, bei welcher bei einem Startabbruch das Flugzeug noch auf der Piste anhalten werden kann. Nach Erreichen der Geschwindigkeit V_1 wird ein Start weitergeführt (vgl. Kapitel 1.5).

1.4.2 Allgemeine Wetterlage

Ein ausgedehntes Tiefdruckgebiet mit Zentrum bei den Pyrenäen sorgte über dem Alpenraum für südliche Winde und damit für eine Föhnlage. Auf der Alpensüdseite wurde die Feuchtigkeit gestaut, während die Alpennordseite entlastet blieb. Die Druckgegensätze über den Alpen nahmen im Verlauf des Tages wieder zu und damit auch die Föhnströmung.

1.4.3 Wetter zur Zeit des schweren Vorfalls

Aufgrund der aufgeführten Informationen kann auf folgende Wetterbedingungen am Ort des schweren Vorfalls geschlossen werden:

<i>Wolken</i>	<i>1/8 um 11 000 ft AMSL, 6/8 um 30 000 ft AMSL</i>
<i>Wetter</i>	<i>-</i>
<i>Sicht</i>	<i>um 18 km</i>
<i>Wind</i>	<i>Nordwind mit 6 kt</i>
<i>Temperatur/Taupunkt</i>	<i>13°C / 04°C</i>
<i>Luftdruck</i>	<i>QNH LSZH 1011 hPa, QNH LSZA 1018 hPa, LSGG 1009 hPa</i>
<i>Gefahren</i>	<i>keine erkennbar</i>

1.4.4 Astronomische Angaben

Sonnenstand	Azimut: 183°	Höhe: 40°
Beleuchtungsverhältnisse	Tag	

1.4.5 Flugplatzwettermeldungen

In der Zeit des schweren Vorfalls war die folgende Flugplatzwettermeldung (METAR) gültig:

LSZH 151120Z 02006KT 340V060 CAVOK 11/04 Q1011 NOSIG=

Im Klartext bedeutet dies:

Am 15. März 2011 wurden kurz vor der Ausgabezeit der Flugplatzwettermeldung von 11:20 UTC auf dem Flugplatz LSZH die folgenden Wetterbedingungen beobachtet:

Wind	aus 20 Grad mit 6 kt, variierend aus der Richtung zwischen 340 Grad und 060 Grad.
Meteorologische Sicht	Sicht über 10 km
Bewölkung	keine Bewölkung unter 8000 ft AGL
Temperatur	11 °C
Taupunkt	04 °C
Luftdruck	1011 hPa, Druck reduziert auf Meereshöhe, berechnet mit den Werten der ICAO-Standardatmosphäre

1.4.5.1 ATIS-Meldungen des Flugplatzes Zürich

Am 15. März 2011 wurde durch den Flughafen Zürich ab 11:20 UTC das folgende *departure* ATIS (*automatic terminal information service*) ausgestrahlt:

15.03.2011 11:44:40 DEP ATIS ZURICH
 INFO WHISKEY RWY: DEP RW 28
 MET REPORT LSZH 1120Z 15.03.2011
 020 DEGREES 6 KT VARYING BTN 340 DEG AND 060 DEG
 CAVOK
 +11/+4
 QNH 1011 ONE ONE
 NOSIG
 TWY ECHO 8 CLSD,
 INCREASED BIRD ACTIVITY AT AND AROUND AD

1.4.5.2 Vorhersagen

In der Zeit des schweren Vorfalls war die folgende Flugplatzwettervorhersage (*terminal aerodrome forecast* – TAF) gültig:

LSZH 150825Z 1509/1615 VRB03KT 7000 NSC TX19/1514Z TN03/1606Z
 TX15/1614Z BECMG 1509/1512 CAVOK BECMG 1509/1512 04006KT BECMG
 1611/1615 9999 BKN080=

Im Klartext bedeutet dies: Am 15. März 2011 um 08:25 UTC waren für den Flugplatz LSZH zwischen 09:00 UTC am 15. März und 15:00 UTC am 16. März, folgende Wetterbedingungen vorhergesagt:

Wind	variabel mit 3 kt
Meteorologische Sicht	7 km
Trend	innerhalb der nächsten 2 Stunden sind keine signifikanten Änderungen bezüglich Wind, Sicht, Wetter oder Wolken zu erwarten
Temperaturprognose	Die prognostizierte Maximum-Temperatur am 15. März um 14:00 UTC beträgt 19° Die prognostizierte Minimum-Temperatur am 16. März um 06:00 UTC beträgt 03° und die Maximum-Temperatur um 14:00 UTC beträgt 15°
Bedingte Vorhersage	am 15. März zwischen 09:00 UTC und 12:00 UTC sollte ein gleichmässiger oder ungleichmässiger Übergang zu einer meteorologischen Sicht von über 10 km und keinen Wolken unter 8000 ft ASGL stattfinden. Am 15. März zwischen 09:00 UTC und 12:00 UTC sollte ein gleichmässiger oder ungleichmässiger Übergang zu einem Wind aus 040 Grad mit 6 kt stattfinden. Am 16. März sollte zwischen 11:00 UTC und 15:00 UTC ein gleichmässiger oder ungleichmässiger Übergang zu einer meteorologischen Sicht von über 10 km stattfinden, mit einer Wolkendecke von 5/8 bis 7/8 auf 8000 ft AGL.

1.5 Startverfahren

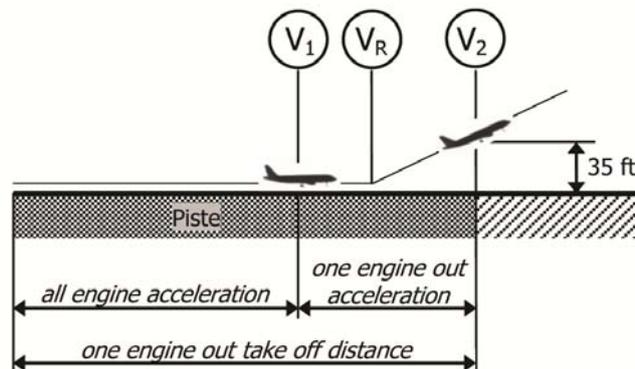
1.5.1 Allgemeines

Die folgenden Ausführungen beziehen sich nicht ausdrücklich auf die am schweren Vorfall beteiligten Flugzeugmuster, sondern sind genereller Natur.

Die für eine bestimmte Startmasse (Flugzeugmasse) notwendige Startstrecke (Pistenlänge), hängt ab von der Flugplatzhöhe, der Aussentemperatur, dem Luftdruck, dem Wind und der Pistenoberfläche (trocken, nass oder kontaminiert). Sie ist die längste, aus den folgenden drei Distanzen:

- Die *one engine out take off distance*. Sie ist die Distanz, welche benötigt wird, um die Höhe von 35 ft beim Pistenende zu erreichen, wenn bei der Geschwindigkeit V_1 ein Triebwerk ausfällt (Abbildung 6).
- Die *accelerate stop distance*. Diese ist die Summe aus der Distanz, welche nötig ist um auf die Geschwindigkeit V_1 zu beschleunigen und der notwendigen Distanz um das Flugzeug beim Startabbruch bei V_1 mit den Radbremsen noch auf der Piste zum Stillstand zu bringen (Abbildung 7).
- 115% der *all engine take off distance*. Dies ist die Distanz, welche unter Berücksichtigung einer Reserve von 15%, bei normaler Beschleunigung benötigt wird, um beim Pistenende eine Höhe von 35 ft zu erreichen (Abbildung 8).

Die folgenden Graphiken (Abbildungen 6 bis 8) zeigen eine diesbezügliche Übersicht:



V_1 = *decision speed*. Fällt ein Triebwerk bei dieser Geschwindigkeit aus, ist das Flugzeug fähig, entweder den Start mit einem sicheren Steigflug fortzusetzen oder den Start abubrechen und auf der Piste zum Stillstand zu kommen.

V_R = *rotation speed*. Die Rotation wird eingeleitet um zu starten.

V_2 = *minimum safety take off speed*. Diese Geschwindigkeit garantiert einen sicheren Steigflug mit einem bei V_1 ausgefallenen Triebwerk. Sie liegt 20% über der *stall speed*.

Abbildung 6: *one engine out take off distance*

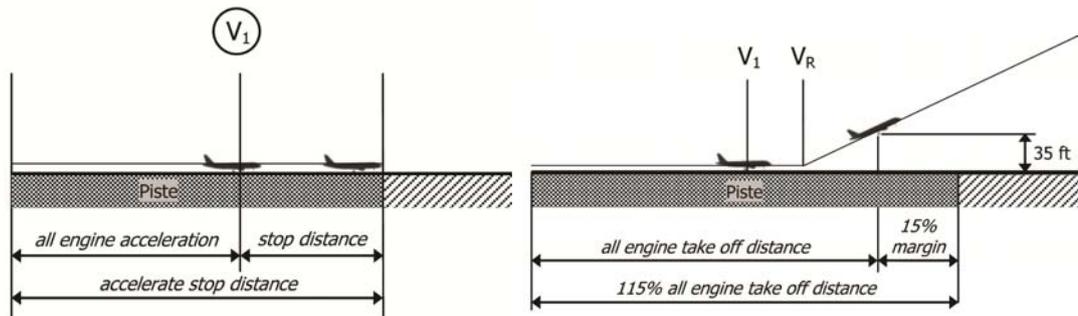


Abbildung 7: accelerate stop distance **Abbildung 8: 115% all engine take off distance**

Zeigen die vor dem Start durch die Besatzung ausgeführten Berechnungen, dass die für die aktuelle Startmasse benötigte Pistenlänge kleiner ist, als die aktuell zu Verfügung stehende, würde das Flugzeug bei einem Startabbruch bei V_1 vor dem Pistenende zum Stillstand kommen. Ebenso würde die Besatzung bei einem – aus was für Gründen auch immer – nach V_1 durchgeführten Startabbruch das Flugzeug immer noch auf der Piste zum Stillstand bringen können.

Im vorliegend untersuchten schweren Vorfall war für beide Flugzeuge die aktuelle Pistenlänge, Piste 28 und Piste 16, grösser als die für die aktuelle Startmasse benötigte.

1.5.2 Betriebsverfahren für das Rollen und den Startlauf

Im Flugbetriebshandbuch B (*operational manual B – OM B*) des Flugbetriebsunternehmens werden im Kapitel 2 die SOP (*standard operating procedures*) festgehalten. Grundsätzlich wird das Rollen (*taxi*) durch den Commander ausgeführt. Die Flugzeugkontrolle durch den Copiloten ist nur in Ausnahmefällen zugelassen und ist im OM B im Kapitel 2.04.10 "*ground operation*" unter anderem wie folgt beschrieben: "*For limited periods (e.g. during PA) the controls may be given to the Copilot. Handover of the controls should only be done in a straight line or after bringing the aircraft to a stop.*"

Im OM B, Kapitel 2.04.20 "*flight checklist*" wird unter anderem auch erwähnt, dass vor dem Auflinieren (*line up*) auf die Piste folgende drei Punkte der *take-off* Prüfliste abgearbeitet werden müssen, die in der *expanded flight checklist* (OM B 2.04.30) wie folgt beschrieben sind:

- BEFORE LINE UP*
5. b/P *ECAM MEMO*----- *CHECKED*
 PREDICTIVE WINDSHEAR (if installed)
 - *Switch to AUTO.*
 TCAS
 - *Set TCAS to TA / RA.*
 BRK FAN
 - *Check brake fan OFF.*
 Check for additional MEMO items and judge necessity of
6. b/P *Pack 1 and 2*----- *OFF*
 - *Check that both flow control valves are closed green.*
7. b/P *Cabin*----- *READY*
 Check that "CABIN READY" (if installed) is displayed in green on T.O. MEMO list.
- READY FOR DEPARTURE*

Diese drei Punkte müssen durch beide Piloten abgearbeitet werden. Dies ist im OM B 2.04.10 unter *flight checklist* unter anderem wie folgt festgehalten:

"Checklists which need dialog between PIC and Copilot [in der Prüfliste mit "b/P" bezeichnet] or which are not part of daily routine operation (e.g. DE-ICING) have to be executed as classic DO-Checklist (read item then execute, verify that the item has been executed)."

Im Weiteren müssen vor und nach dem *line up* noch zwingend folgende Punkte ausgeführt werden, welche im OM B 2.04.10 unter *take-off and initial climb* wie folgt festgehalten sind:

"GENERAL

- (...)
- *Before entering the runway:*
 - *Check the respective approach area and check FOB⁵*
- *When lined up and before setting take-off thrust, both pilots shall cross check headings and runway markings (identification of runway)*
- (...)"

Gemäss OM B Kapitel 2.04.10 *"take-off and initial climb"* wird zwischen folgenden zwei *take-off* Arten unterschieden:

"ROLLING TAKE OFF

- *The rolling-take off may be started upon entering the runway. Thrust should be increased as soon as the aircraft is lined up in order to satisfy the assumptions for the take-off performance calculation. Any acceleration out of a turn in combination of high thrust and braking should be avoided.*

STANDING TAKE-OFF

- *A standing take-off shall be performed under any of the following conditions:*
 - *Visibility/RVR at or close to take-off minimum*
 - *Contaminated runway*
- *The aircraft shall be lined up and brought to a stop. Release the brakes immediately before advancing the thrust levers.*

Note: *On aircraft equipped with engine intermix the take-off must be performed according to OM B 2.14.20."*

Weiter wird im OM B Kapitel 2.04.10 *"task sharing during take-off and initial climb"* festgehalten, wie die Arbeit zwischen PIC und Copilot aufzuteilen ist, abhängig davon ob der Start durch den PIC oder den Copiloten ausgeführt wird (Anlage 2). Festzuhalten ist dabei, dass ein Startabbruch in jedem Fall durch den PIC eingeleitet wird. Das entsprechende Verfahren ist im OM B Kapitel 2.04.10 *"rejected take-off"* unter anderem wie folgt geregelt:

"GENERAL

- *The seats of both pilots must be adjusted so to allow full brake pedal deflection with the rudder in either extreme position*
- *When the ABS is technically available it shall be used for rejecting the take-off*
- *The call out "STOP" by the PIC also means "my controls"*
- *After rejected take-off with high speed and high gross weight (high energy stop), rising brake temperatures may activate the fuse plugs and deflate the tires. The threat of landing gear fire may not be totally excluded. Therefore it is recommended to proceed to an isolated or non crowded area, considering the local airport facilities and the actual situation.*

⁵ FOB – *fuel on board*: Aktuelle Treibstoffmenge in den Tanks eines Luftfahrzeugs

Note: the performance calculations are based upon the assumption that in case of a rejected take-off the first action (e.g. THRUST LEVERS IDLE) is initiated at V_1 ."

1.5.3 Startlauf der SWR 1326 auf Piste 16

Auf dem Flugzeug HB-IJH waren zwei Triebwerke unterschiedlicher Bauart montiert.

Im OM B Kapitel 2.14.20 "*special operation engine intermix*" ist bezüglich Startverfahren bei zwei unterschiedlichen Triebwerksbauarten unter anderem folgendes festgehalten:

"TAKE-OFF PROCEDURE (ENGINE INTERMIX TYPE 1, DAC⁶ WITH SAC⁷, SAC/TI⁸)

- *Progressively adjust engine thrust in two steps:*
 - *Step 1: idle to 50% N1.*
 - *Brakes released when the 50% N1 is stabilized on both engines*
 - *Step 2: Both engines N1 to takeoff thrust*
 - *This procedure enables a significant slower acceleration from ground idle to N1=50% for the double annular combustor*
- *Other standard operative procedures apply for takeoff."*

Im vorliegend untersuchten schweren Vorfall führte die Besatzung einen *standing take-off* aus. Der Start wurde durch den Copiloten ausgeführt (vgl. Anlage 2).

1.5.4 Startlauf und Startabbruch der SWR 202W auf der Piste 28

Der Start wurde durch den Kommandanten ausgeführt. Unmittelbar bevor die Geschwindigkeit V_1 von 135 kt erreicht wurde, erkannte der Kommandant die von rechts kommende SWR 1326. Gleichzeitig mit seinem Ausruf um 11:43:47 UTC: "*Was isch das?*" leitete er einen Startabbruch ein. Die Aufzeichnungen im DFDR zeigen, dass das Zurücknehmen der Leistungshebel in den Leerlauf, das Applizieren der Bremsen und das Betätigen der Schubumkehr innert zwei Sekunden erfolgte (vgl. Anlage 3).

1.6 Kommunikation

1.6.1 Allgemeines

Der Funkverkehr zwischen den Besatzungen und dem betroffenen Flugverkehrsleiter wickelte sich bis zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls ohne technische Einschränkungen ab.

1.6.2 Koordinationsverfahren beim Kreuzen von Pisten

Für die Rollführung der Luftfahrzeuge sind, je nach Zuständigkeitsgebiet, entweder *apron north*, *apron south* oder *aerodrome control*, bzw. *ground* verantwortlich. So erfordern insbesondere diese Bewegungen in der Regel mehrere Frequenzwechsel. Auf Piste 14 landende Flugzeuge werden beispielsweise vom Flugverkehrsleiter ADC an *apron north* übergeben. Dieser führt die Flugzeuge bis vor die Piste 28, wo sie für das Kreuzen der Piste wieder dem Flugverkehrsleiter ADC übergeben werden.

⁶ DAC – *dual annular combustor*: doppelt ausgeführte Ringbrennkammer

⁷ SAC – *single annular combustor*: einfach ausgeführte Ringbrennkammer

⁸ TI - *Tech Insertion*: Triebwerke mit neuer Technologie, welche insbesondere den Treibstoffverbrauch und den Ausstoss von NOx senken.

Zur Startpiste 16 rollende Flugzeuge, welche vom *tarmac* südlich der Piste 28 kommen, werden zum Kreuzen der Piste 28 von *apron south* an den Flugverkehrsleiter GRO übergeben. Der Flugverkehrsleiter GRO verlangt in einem solchen Fall vom Flugverkehrsleiter ADC eine Bewilligung zum Kreuzen der Piste. Bewilligt der Flugverkehrsleiter ADC dies, erteilt er der Besatzung des entsprechenden Flugzeuges die Freigabe zum Kreuzen und aktiviert die Sperrung der Piste 28, worauf diese sowohl auf dem SAMAX-Bildschirm, dem Informationsbildschirm INCH und dem TACO-Bildschirm an allen Arbeitsplätzen im Kontrollturm "rot" dargestellt wird. Hat das Flugzeug die Piste überquert, übergibt er das Flugzeug an *apron north* und hebt die Pistensperrung auf, worauf die Piste auf den Bildschirmen wieder schwarz dargestellt wird und dem Flugverkehrsleiter ADC wieder zur Verfügung steht.

1.7 Angaben zum Flughafen

1.7.1 Allgemeines

Der Flughafen Zürich liegt im Nordosten der Schweiz. Der Flughafenreferenzpunkt (*airport reference point* – ARP) hat die Koordinaten N 47 27.5 / E 008 32.9 und eine ELEV von 1384 ft. Die Bezugshöhe des Flughafens beträgt 1416 ft AMSL und als Bezugstemperatur sind 24.0 °C festgelegt.

Die Pisten des Flughafens Zürich weisen folgende Abmessungen auf:

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

Der Flughafen Zürich zeichnet sich durch ein System von drei Pisten aus, wobei sich zwei dieser Pisten (16 und 28) im Bezugspunkt (*airport reference point*) kreuzen. Die Anflugschneisen zweier weiterer Pisten (16 und 14) schneiden sich ungefähr 850 Meter nordwestlich der Pistenschwelle 14.

1.7.2 Messflüge zur Kontrolle der Navigationsausrüstung

Damit die Instrumentenlandesysteme (ILS) der Flughäfen weltweit zertifiziert werden können, müssen sie periodisch mittels speziell ausgerüsteter Vermessungsflugzeugen vermessen werden. Auf dem Flughafen Zürich finden mindestens zweimal jährlich solche Vermessungsflüge statt, die jeweils während zwei Wochen durchgeführt werden. Dabei werden täglich während etwa drei Stunden bis zu 25 Anflüge auf die jeweilige Piste durchgeführt.

Die Flugverkehrsleiter wurden jeweils im Voraus schriftlich über diese Messflüge orientiert. An den betroffenen Arbeitsplätzen lagen die genauen Programme der Anflüge auf, welche allerdings kurzfristig Änderungen erfahren konnten. *Supervisor* und *ground controller* unterstützten den Flugverkehrsleiter ADC bei der Koordination.

Die FVL des Kontrollturms Zürich wurden mit Schreiben vom 1. September 2010 (Information: "*Handling of Nav Checker*⁹ at LSZH") durch Skyguide unter anderem wie folgt orientiert:

⁹ Mit dem Begriff *Nav Checker* wird das Vermessungsflugzeug bezeichnet.

"RWY 14, VMC: 12:30 bis 13:45 LT

- Only flights north of airport (arc-flights, circle-flights, approaches RWY 14 with break offs latest ½ RWY length) first approach over entire RWY
- No GATO 14/16 separation in regard of Nav Checker required.

(...)

Flight rules, separation: within class "D" airspace (CTR) in VMC conditions, traffic info only is necessary.

If the Nav Checker operates as VFR flight, there is no wake separation required, only cautionary info. If a special separation is needed, it will be stated in the program or requested by the PiC."

Am 15. März 2011 war das Vermessungsflugzeug Super King-Air B350 mit dem ATC-Rufzeichen FCK 211 vier Minuten vor dem schweren Vorfall auf der Piste 28 gestartet und etwa zehn Minuten später sollte mit den Anflügen auf die ILS 14 begonnen werden. Das Programm der Vermessungsflüge sah vor, dass in den ersten 75 Minuten die Anflüge vor der Pistenschwelle 14 abgebrochen werden sollten.

Der Flugverkehrsleiter, der zur Zeit des schweren Vorfalls am Arbeitsplatz ADC arbeitete, hatte das Programm der anstehenden Vermessungsflüge bereits vorher am Arbeitsplatz GRO studiert und gewisse Koordinationsarbeiten erledigt. Er gab an, sich während des schweren Vorfalls ebenfalls mit dem schriftlichen Programm der Flüge beschäftigt zu haben.

Der Flughafen Zürich beantragte im Jahr 2003 beim Bundesamt für Zivilluftfahrt die Bewilligung, Vermessungsflüge ausserhalb der ordentlichen Betriebszeiten durchführen zu können. Das BAZL bewilligte diesen Antrag im Jahr 2005. In Einzelfällen wurden in der Folge Vermessungsflüge während der Nacht durchgeführt. Im Dezember 2009 hob das Bundesverwaltungsgericht in einem Beschwerdeverfahren diese Regelung aufgrund mangelnder rechtlicher Grundlagen auf. Das Bundesgericht bestätigte im Dezember 2010 diesen Entscheid. Aus diesem Grund waren bis zur Anpassung der Verordnung über die Infrastruktur der Luftfahrt (VIL) am 1. April 2011 Vermessungsflüge nur während der ordentlichen Betriebszeiten möglich.

1.8 Flugschreiber

Die Aufzeichnungen der Flugdatenschreiber (*digital flight data recorder – DFDR*) und der Cockpitgesprächsaufzeichnungsgeräte (*cockpit voice recorder – CVR*) der beiden beteiligten Flugzeuge wurden angefordert.

Die Aufzeichnungen waren vollständig und konnten ausgewertet werden. Einzig der CVR des Flugzeuges SWR 1326 konnte nicht mehr ausgewertet werden, da das Flugzeug seinen Flug zum Zielflughafen fortsetzte und die Aufzeichnungen des Startes deshalb auf dem CVR bereits überschrieben waren.

1.9 Kollisionswarnsystem RIMCAS

1.9.1 Allgemeines

Die Stufe I des *advanced surface movement guidance and control system (A-SMGCS)* wurde in Zürich auf der Basis des bereits installierten *swiss airport movement area control system (SAMAX)* eingeführt. Die Stufe II des A-SMGCS beinhaltet eine Kollisionswarnfunktion (*runway incursion monitoring and conflict alert sub-system – RIMCAS*). Sie wurde am 31. Mai 2010 in Betrieb genommen. In einer sogenannten *service order (SO)* OZ 2010-034E wurden die betreffenden Mitarbeiter von Skyguide entsprechend orientiert.

Das Warnsystem RIMCAS unterstützt die Flugverkehrsleiter bei der Überwachung der Bewegungen von Flugzeugen und Fahrzeugen auf dem Pistensystem am Flughafen. Skyguide schrieb dazu in ihrer *service order*:

"The objective of RIMCAS is to assist the controller in preventing collisions on the active RWY(s) between aircraft and/or other mobiles by generating an alert (visual and/or audio) on actual or potential conflicts in a timely manner."

Das Warnsystem generierte bei gefährlichen Annäherungen zwei unterschiedliche Arten von Warnungen. Eine Warnung der Stufe 1 (*stage 1 alert*) und eine Warnung der Stufe 2 (*stage 2 alert*). Die beiden Warnungen wurden im *service order* (SO) OZ 2010-034E von Skyguide wie folgt beschrieben:

- *Stage 1 alert – INFORMATION – is used to inform the ATCO that a situation which is potentially hazardous may occur. INFORMATION is visual only.*
- *Stage 2 alert – ALARM – is used to alarm the ATCO that a critical situation is developing or exists which may require immediate attention/action. ALARM alert is both visual and audio.*

Dabei wurde festgehalten, dass der Warnung der Stufe 2 (Alarm) normalerweise eine Warnung der Stufe 1 (Information) vorausgeht, dass es aber auch Situationen geben kann – wie im vorliegend untersuchten schweren Vorfall – bei denen das System direkt einen Alarm (*stage 2 alert*) auslöst.

1.9.2 Berechnungsgrundlagen

Damit entsprechende Warnungen generiert werden können, müssen dem System gewisse Parameter zugeteilt werden. Dabei ist festzuhalten, dass das System zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls nicht zwischen Flugzeugen und Fahrzeugen unterscheiden konnte. Das System verarbeitete lediglich Positionsmeldungen von entsprechend ausgerüsteten Vehikeln. Nach Aussage von Spezialisten wird es in Zukunft möglich sein, zwischen Fahrzeugen und Flugzeugen zu unterscheiden.

Dabei wurde im Sekundentakt aus der aktuellen Position rechnerisch die Geschwindigkeit und der Richtungsvektor bestimmt, wobei der Richtungsvektor kontinuierlich nach vorne projiziert wurde. Die Geschwindigkeit musste dabei grösser sein als 12 Meter pro Sekunde (23.33 kt).

Um das Problem von zwei sich kreuzenden Flugzeugen auf zwei verschiedenen Pisten zu erkennen, wurde um das Pistenkreuz der Pisten 16/28 eine Kreisfläche mit einem Durchmesser von 400 m gelegt. Trafen aufgrund der errechneten Projektionen zwei Flugzeuge gleichzeitig in dieser "kritischen Kreisfläche" ein, wurde ein *stage 2 alert* ausgelöst.

Um Fehlermeldungen durch die ständig wechselnden Richtungsvektoren beim Einrollen auf die Piste zu vermeiden, wurde die *line up area* auf einer Länge von 250 m bei der Piste 28, respektive 350 m bei der Piste 16, für die Auslösung eines Alarms gesperrt.

1.9.3 Darstellung des Verkehrs auf dem SAMAX-Bildschirm des Flugverkehrsleiters

Auf dem SAMAX-Bildschirm des Flugverkehrsleiters (Anlage 1) werden die Fahrzeuge mit einem Kreissymbol und der dazugehörigen Fahrzeugbezeichnung, z. Bsp. "Gusti4", wie folgt dargestellt: **Gusti4** (weiss auf braunem Untergrund).

Flugzeuge am Boden werden mit einem gelben Symbol und einer farbigen Etikette dargestellt (vgl. Anlage 1). Befindet sich das Flugzeug auf dem *tarmac* oder einem Rollweg erfolgt die Darstellung (Etikette) z. Bsp. wie folgt **SWR 225G 16**

(weiss auf hellblauem Untergrund, ATC-Rufzeichen SWR 225G, vorgesehene Piste für den Abflug 16). Kurz bevor, oder sobald das Flugzeug auf die Piste rollt, wechselt die Etikettenfarbe auf dunkelblau, z. Bsp. **SWR202W 000**. Nun stellen die drei letzten Zahlen die vom System im Sekundentakt berechnete Geschwindigkeit dar. Hat das Flugzeug beim Start abgehoben, verschwindet die Etikette.

Etiketten von landenden Flugzeugen werden auf der Piste dunkelgrün und auf dem *tarmac* oder den Rollwegen hellgrün dargestellt, z. Bsp. **DLH 4UV 017**.

Bei einer Warnung der Stufe 2 (*stage 2 alert*) vor einer möglichen Kollision (vgl. Anlage 1) wechseln die ATC-Rufzeichen mit der entsprechenden Geschwindigkeitsangabe auf einen roten Untergrund, z. Bsp. **SWR 1326 138** und **SWR 202W 088**. Zusätzlich wird ein akustisches Warnsignal generiert (*synthetic voice*): "RIMCAS".

Erhält der Flugverkehrsleiter GRO vom Flugverkehrsleiter ADC die Bewilligung, die Piste 28 zu kreuzen (Kapitel 1.6.2), löst der Flugverkehrsleiter GRO über einen Mausklick an seinem Arbeitsplatz die Pisten-sperrung aus. Dadurch wird die Farbe der Piste 28 auf dem SAMAX-Bildschirm rot, mit den weissen Buchstaben GRO, dargestellt.

Die Vergleiche der von den Flugdatenschreibern (DFDR) in den Flugzeugen aufgezeichneten Geschwindigkeitswerte und den vom RIMCAS dargestellten Werte zeigen, dass diese eine Verzögerung von zwei bis drei Sekunden aufweisen und in ihrem Verlauf praktisch identisch sind (vgl. Anlage 4).

1.9.4 Falsche Alarme

Am Boden gibt es verschiedene mögliche Störquellen, wie umliegende Gebäude oder topographische Bedingungen, welche die ermittelten Positionsdaten der Flugzeuge und Fahrzeuge verfälschen können.

Skyguide schreibt dazu in der *service order* OZ 2010-034E:

"The quality of the hazardous situation detection by RIMCAS is dependent on the quality of the surveillance data. As a result, RIMCAS may provide false alerts if the surveillance performance is not optimal."

Das Eliminieren solcher falschen Alarme ist ein konstanter Prozess und die entsprechenden Auswertungen zeigen, dass seit der Einführung des Systems die Anzahl der täglichen falschen Alarme stark reduziert werden konnte.

In diesem Zusammenhang ist festzuhalten, dass das System täglich auch sogenannte *nuisance alarms* auslöst. Diese Alarme entsprechen der Auslegung des Systems; sie rühren daher, dass das System nicht zutreffend auf alle Situationen ausgelegt werden kann. Solche Alarme sind eigentlich ungerechtfertigt, müssen aber vom Flugverkehrsleiter analysiert und in der Folge mental ausgeblendet werden. Damit stellen sie eine Zusatzbelastung für den Flugverkehrsleiter dar.

Die Untersuchung hat gezeigt, dass diese *nuisance alarms* bei vielen FVL als falsche Alarme bezeichnet werden.

Gemäss der RIMCAS-Statistik wurden zum Beispiel am 15. März 2011, in der Zeit zwischen 05:00 UTC und 22:00 UTC, 25 *stage 1 alerts* und 19 *stage 2 alerts* aufgezeichnet. Dabei ist zu berücksichtigen, dass in dieser Statistik nicht zwischen echten Alarmen und *nuisance alarms* unterschieden wird. Gemäss einer Statistik von Skyguide wurden in der Zeit von Januar 2011 bis März 2011 pro Tag durchschnittlich 6.6 *stage 2 alerts* generiert. Gesamthaft waren 19% echte Alarme, 22% falsche Alarme und 59% so genannte *nuisance alarms*.

1.9.5 Anwendung des Systems

Zur generellen Benutzung schrieb Skyguide unter anderem:

"In normal visibility conditions, the ATCO [air traffic control officer] shall crosscheck RIMCAS alerts by visual observation.

Note: SAMAX procedures apply. Permanent monitoring of ASD [A-SMGCS situation display] is not mandatory, however when spotting the INFORMATION or being delivered the ALARM, the above procedure applies.

In low visibility conditions, the ATCO shall use ASD and other equipment such as TDI/PRN to cross check RIMCAS alerts. In case of doubt and until the factual situation is established, the controller shall trust the RIMCAS indication and shall take the appropriate action if necessary (...)."

Zum Umgang mit einem Alarm der Stufe 2 schreibt Skyguide in der *service order* OZ 2010-034E folgendes:

"In case of ALARM alert, ATCO shall immediately assess the situation and, if necessary take appropriate action to resolve the hazardous situation.

Note1: a Stage 2 alert (ALARM) does not necessarily mean that there is a hazardous situation; for example, a false alert.

Note 2: the action taken by the ATCO depends on the (traffic) situation and is left to his own best judgement."

Die Auswertung der Daten im vorliegend untersuchten schweren Vorfall zeigen, dass der RIMCAS *stage 2 alert* um 11:43:40 UTC ausgelöst wurde. Der FVL befahl der Besatzung von Flug SWR 202W um 11:43:49 UTC, den Start sofort abzubrechen. Die Besatzung hatte den Startabbruch bereits eingeleitet, da sie um 11:43:47 UTC das auf Piste 16 startenden Flugzeuges wahrgenommen hatte.

1.9.6 Zusätzliche Angaben

Am 18. Juni 2010 befanden sich gleichzeitig eine Airbus A340-600 auf der Piste 16 und eine ATR42 auf der Piste 28 startbereit. Die Besatzung der A340-600 erhielt die Startfreigabe, welche sie umgehend quittierte und den Startlauf einleitete. Gleichzeitig quittierte die Besatzung der ATR42 die nicht für sie bestimmte Startfreigabe und leitete den Startlauf ebenfalls ein. Der gleichzeitige Startlauf der beiden Flugzeuge wurde bemerkt und der Flugverkehrsleiter forderte die Besatzung der ATR42 auf, den Start sofort abzubrechen. Während des Startabbruchs wurde am RIMCAS eine Stufe 2 Warnung generiert.

Die Untersuchung kam zum Schluss, dass unter anderem der folgende Faktor zum schweren Vorfall beigetragen hat:

"Das Kollisionswarnsystem der Flugverkehrsleitung war wenig geeignet, um die sich anbahnende Konfliktsituation zu entschärfen."

Das Flugsicherungsunternehmen Skyguide hat nach dem schweren Vorfall unter anderem die folgende Massnahme beschlossen:

"Der Vorfall wurde im Rahmen des laufenden Abstimmungs- und Beobachtungsprozesses des Ende Mai 2010 neu eingeführten Systems SAMAX/RIMCAS analysiert. Zur besseren Feinabstimmung der Alarme und zur Eliminierung der unerwünschten Fehlalarme wird der Hersteller per Sommer 2011 eine neue Software liefern, welche eine Unterscheidung zwischen Fahrzeugen und Flugzeugen auf den Pisten durch das RIMCAS ermöglicht. Damit werden Fälle von verspäteten Alarmen oder Fehlalarmen rund um das Pistenkreuz 16/28 weiter reduziert."

In der Zwischenzeit hat sich gezeigt, dass der Hersteller die neue Software erst Ende 2011 liefern konnte.

1.10 Das Koordinationssystem TACO

1.10.1 Allgemeines

Das Koordinationssystem TACO (*tower and approach coordination*) ist ein Flugdatenverarbeitungssystem, das auf einem Bildschirm an jedem Arbeitsplatz im *tower* und *approach* die aktuellen Flugplandaten darstellt. In Form von elektronischen "Kontrollstreifen" (*electronic flight strip*) werden dem FVL die wichtigsten Daten jedes aktuellen Fluges wie Flughöhe, Piste, geplante Abflugzeit, Abflugroute oder Geschwindigkeit angezeigt. Der FVL kann in Echtzeit zusätzliche Angaben wie Start- und Landezeiten, Steuerkurs, Flughöhen- und Geschwindigkeitsänderungen eingeben. TACO ist eng mit andern Flugsicherungssystemen vernetzt und ist somit ein wichtiges Informationshilfsmittel des Flugverkehrsleiters.

1.10.2 Anwendung des Systems

Auf dem TACO-Bildschirm des Flugverkehrsleiters ADC wird der an- und abfliegende IFR-Verkehr in Form von elektronischen Kontrollstreifen (*electronic flight strip*) so dargestellt, dass links der abfliegende und rechts der anfliegende Verkehr ersichtlich ist. Ein grüner Trennstrich teilt gestartete Flugzeuge von solchen, die noch am Boden auf den Start warten, und anfliegende Flugzeuge von solchen, die bereits gelandet sind.

Durch Anklicken einzelner Streifen kann die Start- oder Landereihenfolge jederzeit verändert und der aktuellen Situation angepasst werden. Anklicken einer speziellen Box auf dem Streifen löst eine Lande- oder Startmeldung aus, worauf der entsprechende Streifen von oberhalb der grünen Trennlinie in die Position unterhalb der grünen Trennlinie wechselt. Der FVL hat so jederzeit den Überblick, welche Flugzeuge sich am Boden und welche sich in der Luft befinden.

abfliegender Verkehr										anfliegender Verkehr					
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> für den Start bereitete Flugzeuge Startreihenfolge Landereihenfolge für die Landung bereitete Flugzeuge </div>															
28	A	B712	BLF704	D1W	MI NGA	5000	OAW442 + 1	42							
28	A	F100	OAW442	V2W	LASUN	5000	SWR84T ovhd	41							
16	E	A333	SWR84T	V2S	LASUN	5000	SWR1190 + 1	37							
28	A	RJ1H	SWR1190	D1W	MI NGA	5000	SWR76AZ + 1	36							
28	A	S820	SWR76AZ	V2W	GERSA	5000	SWR64 ovhd	35							
16	E	A333	SWR64	V2S	ROTOS	5000	SWR14E + 2	32			AT45	BCI936	I91	14	11:46
16	E	A333	SWR14E	V2S	LASUN	5000	SWR160 + 2	30	30		RJ85	BCY104X	I94	14	11:44
16	E	A343	SWR160	D1S	DORAP	5000	SWR838A + 2	28	28		B736	PGT39S	E56	14	11:39
3005		TULSI	DORAP				R290				C525	S5BAJ	GA3	14	11:34
28	A	RJ1H	SWR754	V2W	LASUN	5000	SWR186J + 2	27			A319	TAP916	A07	14	11:32
16	E	A321	SWR838A	D1S	DORAP	5000	SWR1804 + 2	26			B735	BTI641	A09	14	11:31
28	A	RJ1H	SWR186J	D1W	DORAP	5000	SWR86 ovhd	25			E190	KLM49L	D01	14	11:24
16	E	A321	SWR1804	D1S	DORAP	5000	SWR86 + 2/T	24	↑		A320	BER3213	D17	14	11:23
A333	SWR86	V2S	LASUN	5000			DJL	MOROK	↑11:22		A319	DLH1TY	A42	14	
RJ1H	SWR32K	V2W	R010S	120				ULMES	↑11:21		A320	EZY86SH	E57	14	✗
A321	TAP921	V2W	R010S	120				NINTU	ULMES	↑11:20	MD82	SAS603	A44	14	✗
GLF4	GNJ45	D1W	DORAP	120				UNKEN	DORAP	↑11:18	B77W	UAE87	E53	14	✗
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> gestartete Flugzeuge ADC ADC2 ADC3 DEP DEP2 FIN FIN2 FIN3 APW APE 1024 </div>															

Abbildung 9: Typische Darstellung eines TACO-Bildschirms. Die Angaben auf dem abgebildeten Bildschirm entsprechen nicht der Darstellung zum Zeitpunkt des schweren Vorfalles.

1.11 Arbeitsplätze und Ausrüstung im Kontrollturm

1.11.1 Arbeitsplatz ADC

Das folgende Bild zeigt die Ausrüstung am Arbeitsplatz des Flugverkehrsleiters ADC im Kontrollturm Zürich zum Zeitpunkt des schweren Vorfalles.

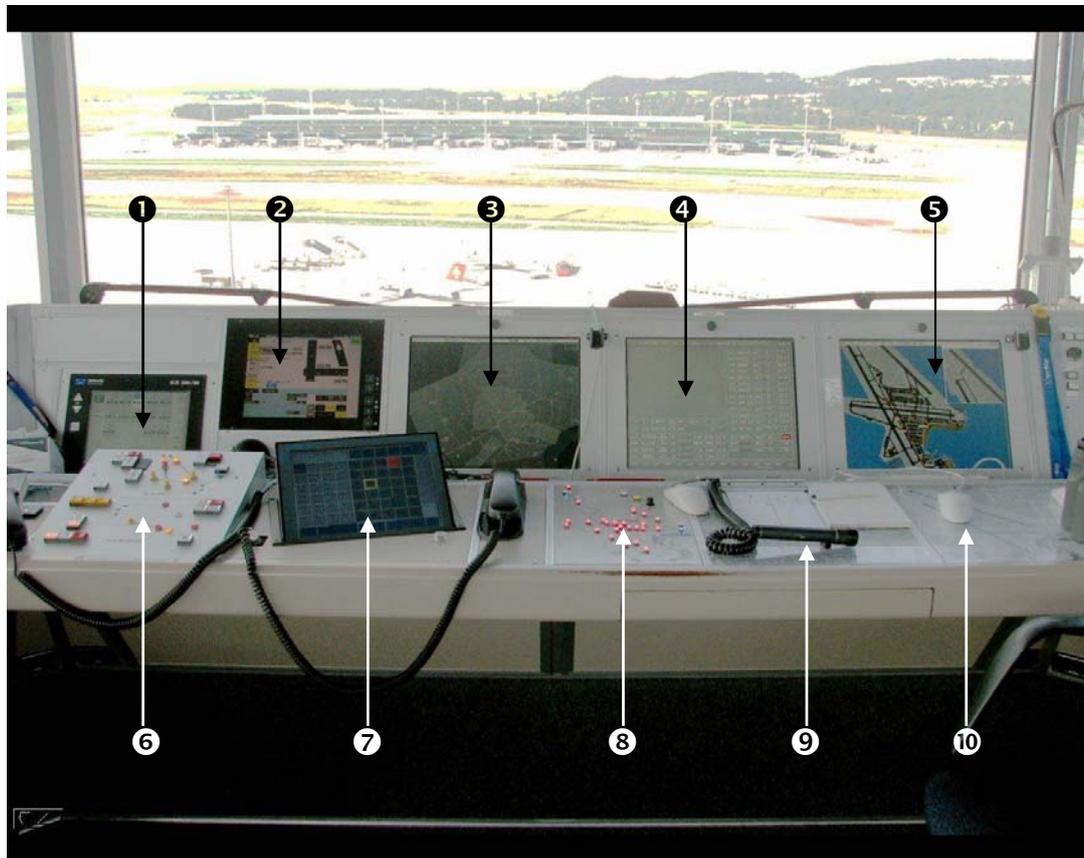


Abbildung 10: Arbeitsplatz des Flugverkehrsleiters ADC.

Nr.	Gerät / Farbe der Darstellung	Funktion / Verwendung
①	Funksteuerung	Einwählen der benutzten Frequenzen
②	INCH grau; rot wenn die Piste gesperrt ist	(<i>information system Schweiz</i>) Darstellung von Wetter, Pistenzustand, Zeit und Wind
③	PRN Vigie	(<i>poste radar de nuit</i>) Radarbild der Luftlage im Umkreis von ca. 50 km
④	TACO grau, rote und orange Streifen bei gesperrten Pisten	(<i>tower and approach coordination system</i>) Elektronische Darstellung aller Flugpläne
⑤	SAMAX div. Farben wie grün, blau rot, orange, braun	(<i>swiss airport movement area control system</i>) Bodenradar mit integriertem RIMCAS
⑥	FLUKO rot, weiss, gelb	(Flugkoordination Kloten / Dübendorf) Koordination mit der militärischen Flugsicherung Dübendorf
⑦	Telefon	Koordination mit diversen Stellen wie z. Bsp. <i>approach, apron, final</i> etc.

⑧	stopbar Tableau rot	Löschen der <i>stopbar lights</i> für kreuzende Flugzeuge
⑨	Mikrofon	für den Sprechfunkverkehr
⑩	Computermaus	mehrere Computermäuse für die Eingaben in die verschiedenen Systeme.

Zusätzlich – nicht auf dem obigen Bild erkennbar – wird die Befuerung des Flughafens von einem horizontalen *touch screen* aus gesteuert.

1.11.2 Weitere Arbeitsplätze

Im Kontrollturm sind nebst dem Arbeitsplatz *aerodrome control* (ADC) die Arbeitsplätze *ground control* (GRO), *clearance delivery* (CLD) und *supervisor* (SPVR) vorhanden. Der Flugverkehrsleiter GRO hat unter anderem auch die Aufgabe, die anderen Flugverkehrsleiter im Kontrollturm wenn nötig zu unterstützen und beispielsweise bei der Überwachung des Luftraums mitzuhelfen. Insbesondere bei hohem Verkehrsaufkommen ist aber jeder FVL im Kontrollturm mit den eigenen Aufgaben vollständig ausgelastet.

1.11.3 Bildschirm des Bodenradars

Auf dem Bildschirm des Bodenradars (*swiss airport movement area control system* – SAMAX) wird die aktuelle Verkehrslage auf den Pisten, Rollwegen und dem Vorfeld dargestellt. Um die Sicht nach Aussen nicht unnötig zu beeinträchtigen, wurde der rechteckige Bildschirm quer angeordnet.

Da das Pistensystem des Flughafens Zürich mit den beiden langen Pisten 14 und 16 geografisch eher in Richtung Nord-Süd ausgerichtet ist, werden zu wenig Details angezeigt, wenn das gesamte Pistensystem zusammenhängend auf dem Bildschirm dargestellt wird.

Aus diesem Grund wird üblicherweise eine Darstellung gewählt, bei welcher der nördliche Teil des Pistensystems in einem separaten Fenster (*inset*) auf dem Bildschirm dargestellt wird. Sowohl das Hauptbild als auch das *inset* überschneiden sich leicht.



Abbildung 11: Bildschirm des Bodenradars SAMAX. Der nördliche Teil des Pistensystems wird in einem separaten Ausschnitt (*inset*) des Bildschirms dargestellt.

1.12 Zusätzliche Angaben

1.12.1 Allgemeines

Die Untersuchung hat gezeigt, dass bei diesem, wie auch bei früheren schweren Vorfällen, die hohe Komplexität des Betriebes auf dem Flughafen Zürich-Kloten eine Rolle gespielt hat. Aus diesem Grunde wurde versucht, Flughäfen in Europa als Vergleich herbeizuziehen, welche ebenfalls komplexe Betriebssysteme aufweisen und Ähnlichkeit in ihrer geographischen Lage zu dichtbesiedelten Stadtkernen haben. Im Speziellen wurden bezüglich Lärmvorschriften, An- und Abflugverfahren, Betriebskonzepte sich kreuzender Pisten, VFR Verkehr und Spezialflüge folgende fünf Flughäfen verglichen:

Name	ICAO Abkürzung	Anzahl Pisten	Anzahl sich kreuzender Pisten	Flugbewegungen 2010
Amsterdam	EHAM	6	2	402 374
Hamburg	EDDH	2	2	157 210
Kopenhagen	EKCH	3	2	ca. 260 000
Wien	LOWW	2	0 ¹⁰	246 146
Zürich	LSZH	3	2	268 765

Tabelle 1: Europäische Flughäfen im Vergleich

¹⁰ Die beiden Pisten haben keinen gemeinsamen Schnittpunkt; dennoch trägt das Betriebskonzept dem Umstand Rechnung, dass die beiden Pisten nicht unabhängig voneinander betrieben werden können.

1.12.2 An- und Abflugverfahren

Im Rahmen einer Vergleichsstudie wurden Daten sämtlicher Anflug- und Abflugverfahren (*standard instrument departures – SID*) angefordert, welche zum Zeitpunkt des schweren Vorfalles zur Verfügung standen. Diese wurden auf einer Karte dargestellt, wobei Anflugverfahren blau und Abflugverfahren gelb eingefärbt wurden. Ferner wurden die in unmittelbarer Nähe des jeweiligen Flughafens liegenden Stadtgebiete rot schattiert (vgl. Anlage 5 bis 9).

1.12.2.1 Kreuzungspunkte zwischen An- und Abflugverfahren

Die einzelnen Flughäfen wurden hinsichtlich lateraler Kreuzungspunkte zwischen Ab- und Anflugverfahren untersucht, wobei eine allfällige vertikale Staffelung der Flugwege bewusst ausser Acht gelassen wurde.

Für die Bestimmung der Anzahl Kreuzungspunkte der Flugwege wurden folgende Kriterien erhoben:

- Anflüge: pro Pistenrichtung wurde jeweils nur das sogenannte Endanflugsegment (*final approach segment*) einschliesslich des Fehlanflugverfahrens (*missed approach procedure*) betrachtet. Hierbei wurde die Auswahl auf das beste zur Verfügung stehende Anflugverfahren pro Pistenrichtung beschränkt, d.h. fast ausnahmslos ein sogenanntes Instrumentenlandesystem (*instrument landing system – ILS*). In nur wenigen Fällen war dies ein Anflug ausschliesslich mittels eines Landekurssenders (*localizer approach*) bzw. ein VOR-Anflug.
- Abflüge: sämtliche SID pro Pistenrichtung wurden mit einbezogen. Der Anfang des SID wurde mit dem Pistenanfang gleichgesetzt.
- Kreuzungspunkte der Flugwege von sich kreuzenden Pisten wurden nicht gezählt; ebenso wenig diejenigen Kreuzungspunkte, welche sich aufgrund konvergierender Pisten unmittelbar (innerhalb von einem Kilometer) nach Pisteneinde ergaben.
- Deckungsgleiche Abschnitte zweier Flugwege wurden bis zum ersten gemeinsamen Punkt einmalig gezählt; entsprechend wurde der anfängliche, gemeinsame Steigflug von SID bzw. Fehlanflugverfahren auf ein und dieselbe Piste nicht als Kreuzungspunkt gezählt.
- Kreuzungspunkte zwischen Anflügen auf die eine Pistenrichtung und SID in die entgegengesetzte Richtung wurden nicht erhoben; jedoch wurden Kreuzungspunkte zwischen Ab- und Anflügen einer Pistenrichtung im Sinne eines Einpistenkonzeptes erhoben.

Die Anzahl der hiernach erhobenen lateralen Kreuzungspunkte der Flugwege zwischen An- und Abflugverfahren ist in Tabelle 2 enthalten.

1.12.2.2 Kreuzungspunkte innerhalb des gleichen Abflugverfahrens

Es wurden die Anzahl lateraler Kreuzungspunkte innerhalb des gleichen Abflugverfahrens gezählt; d.h. in diese Kategorie fielen nur solche SID, welche eine Kursänderung der Flugbahn um mehr als 180° aufwiesen.

Die Anzahl der Kreuzungspunkte innerhalb des gleichen Abflugverfahrens ist ebenfalls in Tabelle 2 enthalten.

ICAO Abkürzung	SID	Kreuzungspunkte zw. An- und Abflügen	Kreuzungspunkte innerhalb SID
EHAM	82	197	0
EDDH	32	52	0
EKCH	44	56	0
LOWW	58	92	0
LSZH	53 ¹¹	206	27

Tabelle 2: Laterale Kreuzungspunkte zwischen An- und Abflugverfahren

1.12.3 Gleichzeitige Benutzung zweier sich kreuzender Pisten für die Abflüge

1.12.3.1 Betriebskonzepte

Vergleicht man Flughäfen mit kreuzenden Pisten, so fällt auf, dass der Flughafen Zürich annähernd täglich während langer Zeitabschnitte mit einem Konzept betrieben wird, das Starts von sich kreuzenden Pisten vorsieht.

ICAO Abkürzung	Abflugverkehr auf sich kreuzenden Pisten in % der jährlichen Betriebszeit
EHAM	1
EDDH	1
EKCH	3
LOWW	unbekannt
LSZH	73

Tabelle 3: Betriebszeiten für Starts auf sich kreuzenden Pisten

Bei der Flughafen Zürich AG wurde im Jahre 2008 ein Sicherheitsgutachten (*safety survey*) erstellt, in deren Gefahrenliste (*hazard library*) das Pistenkreuz 16/28 als einer von 31 Hauptgefahren (*top hazards*) auf dem Flughafen Zürich fungierte. Bis zum Abschluss dieser Untersuchung liegen keine Angaben zu konkreten Massnahmen zur Verbesserung der Situation vor.

1.12.3.2 Verfahren für das Erteilen der Startfreigabe

Im Rahmen des vorliegend untersuchten schweren Vorfalles wurde auch ermittelt, welche Verfahrensvorschriften bei Skyguide für die gleichzeitige Nutzung der Pisten 16 und 28 für Abflugverkehr vorlagen. Insbesondere interessierten die Kriterien, nach denen Flugverkehrsleiter einem Flugzeug auf Piste 28 die Startfreigabe erteilen konnten, wenn kurze Zeit vorher einem anderen Flugzeug auf Piste 16 die Startfreigabe erteilt worden war. Diesbezüglich wurde festgestellt, dass im ATM Manual Switzerland verschiedene Abschnitte vorhanden sind, die sich mit abfliegenden Flugzeugen, Startfreigaben, Nachlauf-turbulenzen und ähnlichem befassen. Weiter sind im ATM Manual Zürich Vorschriften zu finden, die Pistenbenutzungskonzepte, Lärm-massnahmen und andere Aspekte der Flugsicherung umfassen. Eine detaillierte Beschreibung des Betriebskonzepts, welches den gleichzeitigen Betrieb der Pisten 16 und 28 für Abflüge vorsieht, und das wie oben dargelegt, am häufigsten verwendet wird, fehlt hingegen. Insbesondere fehlen klare und eindeutige Kriterien, nach denen eine Startfreigabe erteilt werden kann.

¹¹ Zwei Abflugverfahren, welche ausschliesslich für Propellerflugzeuge vorgesehen sind, wurden nicht berücksichtigt.

Als Begründung für das Fehlen einer solchen Verfahrensbeschreibung erklärte die Flugverkehrsleitung Skyguide: *"Wir glauben, dass in einem dynamisch-interaktiven System nicht alles schriftlich fixiert werden kann und soll, weil nicht jede erdenkbare Situation vorhersehbar ist."* Weiter wird argumentiert, dass viele Tätigkeiten bei der Flugsicherung nicht schriftlich festgehalten seien, sondern sich über die Jahre hinweg entwickelt und etabliert hätten.

Die detaillierten Vorschriften zum Durchführen von Abflügen auf sich kreuzenden Pisten seien in den Unterlagen nicht vermerkt, weil die Vorgaben der ICAO (Doc 4444) direkt interpretiert würden. Im Übrigen führt Skyguide an, dass während der Ausbildung zum Flugverkehrsleiter Abflüge von sich kreuzenden Pisten intensiv geübt würden und das Thema in Refresherkursen mit den teilnehmenden Flugverkehrsleitern besprochen werde.

Vergleicht man diese Situation beispielsweise mit dem Flughafen Köln-Bonn, der ebenfalls ein Betriebskonzept aufweist, bei dem sich kreuzende Pisten gleichzeitig für Abflüge genutzt werden können, so stellt man fest, dass dort in der "Betriebsanweisung Flugverkehrskontrolle" folgendes Verfahren für das Erteilen einer Startfreigabe festgelegt ist:

„Ein startendes Luftfahrzeug ist von einem anderen Luftfahrzeug, das eine kreuzende Piste benutzt, zu staffeln, indem sichergestellt wird, dass es den Startlauf nicht beginnt, bevor eine der nachfolgenden Bedingungen erfüllt ist:

- (...) das andere Luftfahrzeug hat abgehoben und eine Kurve eingeleitet, die eine Staffelungsunterschreitung ausschliesst oder
- Hat die Pistenkreuzung überquert“

1.12.4 Betriebskonzepte und Statistische Daten

Es wurden zu allen fünf Flughäfen in Sachen Betriebskonzepte und statistischer Daten folgende Aspekte erfragt bzw. Kenngrössen angefordert:

- Jährliche Anzahl Flugbewegungen von Flächenflugzeugen und Helikoptern
- Jährliche Anzahl von Pistenkreuzungen
- Jährliche Anzahl von *runway-incursions*
- Pistenbetriebskonzepte und dazugehörige Rahmenbedingungen
- Statistische Verteilung der Pisten für An- und Abflugverfahren
- Flughafenaktivität (Koordinationsaufwände, Anzahl Frequenzwechsel, etc.)
- Aktivität innerhalb der TMA (VFR Verkehr, Spezialflüge sowie Koordinationsaufwände für spezielle operationelle Gebiete für Segelflug, Militär, Fallschirmspringen, etc.)

Tagsüber findet das Betriebskonzept „Nord“ am häufigsten Anwendung, welches die Pisten 28 und 16 als Hauptstartrichtungen vorsieht; gleichzeitig wird der Anflugverkehr in erster Linie auf Piste 14 und vereinzelt auf Piste 16 geführt. Gemäss den statistischen Daten zum Abflugverkehr des Flughafen Zürichs im Jahr 2010 (vgl. Anlage 10) geht hervor, dass mehr als 75 % des abfliegenden Verkehrs auf den Abflugrouten von Piste 16 und 28 (gelb eingezeichnet) zu den Wegpunkten VEBIT bzw. DEGES geführt wird (vgl. Abbildung 12).

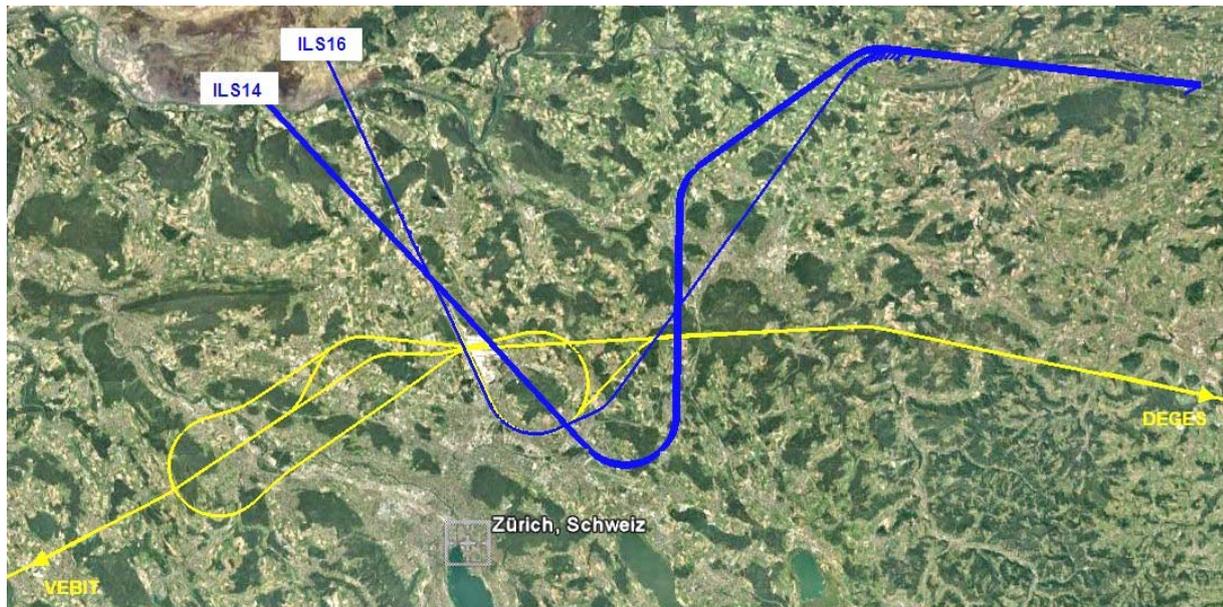


Abbildung 12: Betriebskonzept "Nord" des Flughafens Zürichs mit den meist genutzten Standardabflugverfahren (SID)

Beim Betriebskonzept "Bise" wird der Abflugverkehr von den Pisten 10 und 16 geführt, ebenso am häufigsten zu den gleichen Wegpunkten; in gleicher Weise wird gleichzeitig der Anflugverkehr hauptsächlich auf Piste 14 geführt. Im Jahr 2010 wurden rund 3 % des abfliegenden Verkehrs über die Piste 10 abgewickelt.

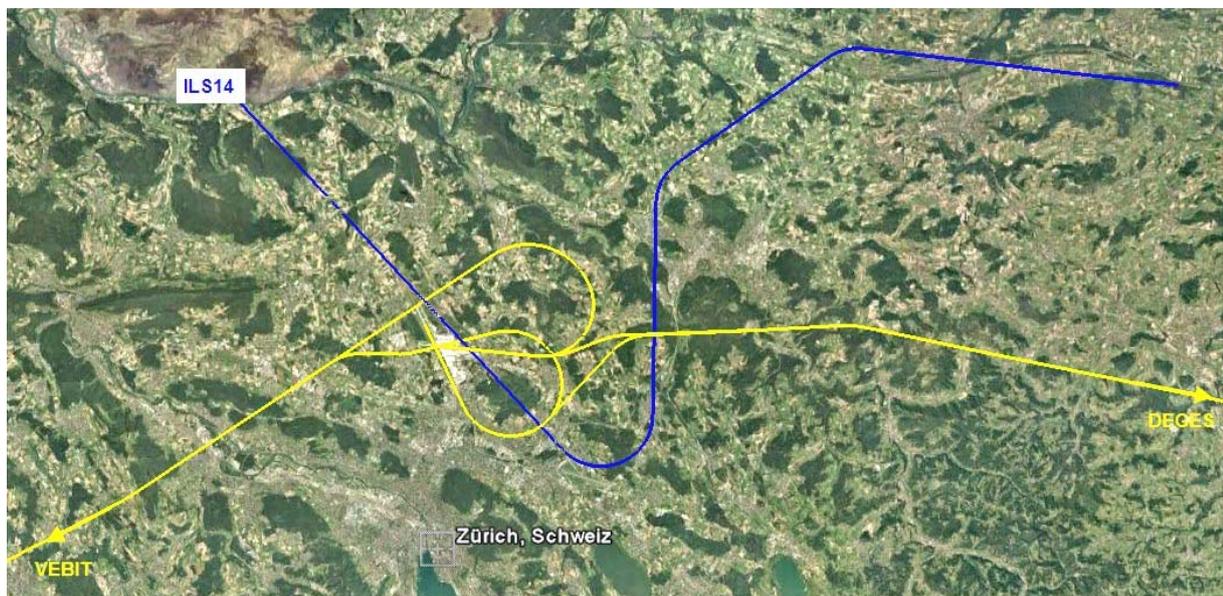


Abbildung 13: Betriebskonzept "Bise" des Flughafens Zürichs mit den meist genutzten Standardabflugverfahren (SID)

Da auf den angefragten Flughäfen nur ein geringer Teil der zum Vergleich angeforderten Daten erhoben wird, konnte nur bezüglich des Abflugverkehrs auf sich kreuzenden Pisten ein aussagekräftiger Vergleich des Flughafens Zürich mit diesen Flughäfen erzielt werden.

2 Analyse

2.1 Technische Aspekte

2.1.1 Allgemeines

Es liegen keine Anhaltspunkte für vorbestandene technische Störungen vor, die den schweren Vorfall hätten verursachen oder beeinflussen können.

2.1.2 Kollisionswarnsystem RIMCAS

Beim Auslösen des Alarms (*stage 2 alert*) um 11:43:40 UTC wiesen die beschleunigende SWR 1326 auf der Piste 16 gemäss RIMCAS-Aufzeichnung eine Geschwindigkeit von 143 kt und die SWR 202W auf der Piste 28 eine solche von 89 kt auf.

Der schwere Vorfall zeigt, dass eine Warnung der Stufe 2 (*stage 2 alert*) des RIMCAS, für einen sich anbahnenden Konflikt bei zwei gleichzeitig startenden Flugzeugen auf sich kreuzenden Pisten, zu spät ausgelöst wurde.

Dabei muss festgehalten werden, dass das RIMCAS primär nicht eingeführt wurde, um vor zwei gleichzeitig startenden Flugzeugen auf sich kreuzenden Pisten zu warnen. Vielmehr war die Absicht, wie es die Bezeichnung des Systems sagt, vor Kollisionen zwischen Fahrzeugen und Flugzeugen am Boden zu warnen.

2.2 Menschliche und betriebliche Aspekte

2.2.1 Eigenheiten und Risiken eines Startabbruchs

Nachdem ein Flugzeug seinen Startlauf begonnen hat, nehmen die Risiken, die mit einem Startabbruch einhergehen können, zu. Die Verfahren zum Betrieb moderner Verkehrsflugzeuge mit Strahlantrieb versuchen deshalb die Bedeutung eines technischen oder betrieblichen Problems gegenüber den bei einem Startabbruch auftretenden Risiken zu gewichten. So werden beispielsweise gewisse Warnungen von Systemausfällen im Cockpit während des Starts unterdrückt und die meisten Flugbetriebsunternehmen sehen einen Startabbruch über einer gewissen Grenzgeschwindigkeit – typischerweise 80 bis 100 kt – nur noch in wenigen Notsituationen vor. Aus Sicht der Flugsicherung bedeutet dies, dass einem startenden Flugzeug, das bereits schneller als 80 bis 100 kt ist, nur noch dann der Befehl zum Abbruch des Starts erteilt werden sollte, wenn bei Fortsetzung des Starts mit einer erheblichen Gefährdung gerechnet werden muss. Eine solche kann z.B. durch ein hohes Kollisionsrisiko oder durch unerwartet auftretende Hindernisse auf der Piste gegeben sein.

Da der Zeitpunkt, zu dem ein Flugzeug während des Starts die kritische Geschwindigkeit erreicht hat, bei der ein Startabbruch noch mit vertretbarem Risiko möglich ist, je nach Flugzeugmuster, Startkonfiguration und Umweltfaktoren variiert, ist eine Beurteilung der Situation durch eine aussenstehende Person, wie sie ein Flugverkehrsleiter darstellt, generell schwierig.

2.2.2 Flugbesatzungen

2.2.2.1 Besatzung SWR 1326

Die Besatzung der SWR 1326 quittierte die für sie bestimmte Freigabe, in die Startposition auf der Piste 16 zu rollen und ebenso die eine Minute später erteilte Freigabe zum Start. Zu diesem Zeitpunkt war die Besatzung noch am Rollen in die Startposition. Auf Grund der Triebwerkkonstellation ihres Flugzeuges hatte die Besatzung einen *standing take off* auszuführen, was naturgemäss zu ein paar Sekunden Verzögerung führte. Nach dem Anschieben der Schubhebel war

die Besatzung auf den Startlauf konzentriert, wobei sich der Copilot primär auf die Führung des Flugzeuges konzentrierte und der Kommandant alle im Cockpit angezeigten Parameter zu überwachen hatte.

Dass die Besatzung während des Startlaufs nicht wahrnahm, dass der FVL der Besatzung der SWR 202W auf der Piste 28 ebenfalls eine Startfreigabe erteilte, lässt sich dadurch erklären, dass in dieser Phase des Starts die Konzentration im Führen und Überwachen des Flugzeuges liegt und die Wahrnehmung in einem solchen Fall unbewusst auf das eigene Funkrufzeichen konzentriert ist. Erfolgt der Aufruf für ein anderes Flugzeug, kann es vorkommen, dass die nachfolgende Meldung ausgeblendet wird.

Im Moment, als der Kommandant der SWR 202W die SWR 1326 erblickte, war diese bereits am Abheben. In dieser Phase musste der Kommandant der SWR 1326 in die Flugrichtung blicken und konnte das startende, von links kommende Flugzeug auf der Piste 28 nicht erkennen.

2.2.2.2 Besatzung SWR 202W

Die Besatzung der SWR 202W befand sich mit Ihrem Flugzeug im *line up* auf die Piste 28, als der FVL der SWR 1326 auf Piste 16 die Startfreigabe erteilte. In dieser Phase hatte die Besatzung die letzten Punkte der Prüfliste abzuarbeiten und die auswendig abzuarbeitenden Punkte auszuführen, welche während des *line up* vorgeschrieben sind. Beim Abarbeiten dieser Punkte findet eine verbale Kommunikation zwischen den beiden Piloten statt und damit erklärt sich auch, warum sie die vom FVL für die SWR 1326 bestimmte Startfreigabe nicht wahrnahmen. Wie für alle Besatzungen gilt auch für die Besatzung der SWR 202W die Tatsache, dass in Phasen hoher Konzentration die Wahrnehmung auf das eigene Funkrufzeichen fokussiert ist und eine Meldung mit einem anderen Funkrufzeichen ausgeblendet werden kann.

Der Kommandant der SWR 202W erblickte unmittelbar vor dem Erreichen der Entscheidungsgeschwindigkeit V_1 , die von rechts kommende SWR 1326 auf der Piste 16, welche gemäss seiner Aussage bereits am Abheben war. Seine Reaktion erfolgte sehr schnell; innert 1 bis 2 Sekunden hatte er sich für einen Startabbruch entschieden und diesen eingeleitet (vgl. Anlage 3).

Dass die beiden Piloten in dieser Phase den Befehl des FVL, den Start abzubrechen, nicht bewusst wahrnahmen, erklärt sich leicht aus der Tatsache, dass sie den Startabbruch bereits eingeleitet hatten und eine Funk-Meldung in diesen zwei Sekunden der Entschlussfassung und dem Einleiten des Startabbruchs für die Piloten nicht relevant ist. Zudem sagten beide Piloten aus, dass der Lärmpegel im Cockpit während des Startabbruchs sehr hoch war.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Besatzung reaktions-schnell und effizient gehandelt und die für einen solchen Fall vorgesehenen Verfahren überlegt umgesetzt hat.

2.2.3 Flugverkehrsleitung

2.2.3.1 Handlungen und Vorgänge

Gemäss Aussage des beteiligten Flugverkehrsleiters ADC herrschte zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls ein hohes Verkehrsaufkommen mit hoher Komplexität. Er begründete diese Einschätzung hauptsächlich mit den anstehenden Vermessungsflügen. Der FVL GRO beurteilte das Verkehrsaufkommen als hoch mit normaler Komplexität.

Die Auswertung der Funk- und Radaraufzeichnungen zeigt, dass es sich um einen an sich durchschnittlichen Arbeitstag handelte, der aufgrund der geplanten

Vermessungsflüge eine gegenüber der normalen Situation erhöhte Komplexität aufwies. Das Verkehrsaufkommen war hoch, entsprach aber der üblichen Situation zu dieser Tageszeit.

Der Flugverkehrsleiter ADC sagte aus, er habe den sich anbahnenden Konflikt nicht bemerkt, weil er die Unterlagen des in Kürze beginnenden Vermessungsfluges studiert habe. Das Vermessungsflugzeug, das während etwa drei Stunden das Instrumentenlandesystem (ILS) der Piste 14 kalibrieren sollte und zu diesem Zwecke etwa 25 Anflüge durchzuführen hatte, war um 11:39:50 UTC auf der Piste 28 gestartet und sollte einige Minuten nach dem schweren Vorfall den ersten ILS-Anflug auf die Piste 14 beginnen.

Das Vermessungsprogramm sah mehrere unterschiedliche Anflüge und Kreisflüge vor, was bezüglich Anflugkoordination für den FVL anspruchsvoll ist. Solche Spezialflüge erhöhen bei hohem Verkehrsaufkommen die Komplexität und schaffen damit ein zusätzliches Risiko.

Aufgrund des geplanten Programms hätten die Vermessungsflüge bis ungefähr um 12:45 UTC den Startverkehr nur unwesentlich behindert. Dies wird aus den im Kapitel 1.7.2 aufgeführten Vorgaben für Vermessungsflüge erkennbar. Das Programm war darauf ausgelegt, dass die kurz nach dem Mittag auftretende Abflugspitze nicht wesentlich behindert wurde. So musste der betreffende Flugverkehrsleiter keine Starts auf Piste 32 berücksichtigen und das anspruchsvolle Staffelnungsverfahren bei Durchstarts von Piste 14 und Starts auf Piste 16 (GATO 14/16) kam nicht zur Anwendung. Weiter mussten sowohl dem Vermessungsflugzeug als auch den übrigen im Luftraum der Klasse D fliegenden Luftfahrzeugen bei Sichtflugbedingungen lediglich Verkehrshinweise gegeben werden, was die Komplexität zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls für den Flugverkehrsleiter nicht wesentlich erhöhte.

Der Flugverkehrsleiter hatte sich bereits während seiner Arbeit am Arbeitsplatz GRO mit dem Programm der Vermessungsflüge beschäftigt. Nun beschäftigte er sich in einer Phase mit hohem Verkehrsaufkommen und bei einem Betriebskonzept, das durch die sich kreuzenden Pisten an sich schon anspruchsvoll ist, erneut mit dem Programm dieser Flüge. Dieses vorausschauende Engagement ist möglicherweise auf den Umstand zurück zu führen, dass der Flugverkehrsleiter noch nie Vermessungsflüge am Arbeitsplatz ADC betreut hatte, die Koordination solcher Flüge generell anspruchsvoll ist und er deshalb besonders gut vorbereitet sein wollte. Damit wendete er sich etwas zu, das ihm wichtig schien, das aber objektiv betrachtet keine hohe Priorität aufwies. Dies führte dazu, dass seiner primären Aufgabe, der eigentlichen Flugverkehrsleitung, nicht mehr die für einen sicheren Betrieb notwendige Aufmerksamkeit zuteilwurde.

Im vorliegenden Fall bildete diese der Situation nicht angepasste Aufmerksamkeitsverteilung eine wesentliche Voraussetzung für die Entstehung des schweren Vorfalls.

Der Flugverkehrsleiter ADC hatte der SWR 1326 die Startbewilligung erteilt, als sich das Flugzeug noch auf dem Rollweg befand. Dies ist nicht unüblich, bedeutet aber, dass der Beginn des Startlaufs des Flugzeuges nicht unmittelbar nach der Startfreigabe erfolgt. In der Zwischenzeit hatte der Flugverkehrsleiter ADC dem Flugverkehrsleiter GRO die Piste 28 freigegeben, damit dieser einem anderen Flugzeug die Freigabe erteilen konnte, die Piste 28 zu kreuzen. Als das Flugzeug die Piste gekreuzt hatte, deaktivierte der Flugverkehrsleiter GRO die Sperrung der Piste 28, was dazu führte, dass die vorher auf allen Bildschirmen rot dargestellte Piste nun wieder schwarz dargestellt wurde. Dies mag für den Flugverkehrsleiter ADC ein Auslöser gewesen sein, um der auf der Piste 28 wartenden SWR 202W die Startbewilligung zu erteilen. Wie der Flugverkehrsleiter selber ausführte, war SWR 1326 in seinem mentalen Bild nicht mehr vorhanden.

Dies erklärt, warum er die Piste 16 nicht mehr überprüfte und damit auch nicht erkannte, dass SWR 1326 die Pistenkreuzung noch nicht überflogen hatte.

Auf dem TACO-Bildschirm war zu diesem Zeitpunkt zu erkennen, dass die SWR 1326 noch den Status eines sich am Boden befindlichen Flugzeuges hatte, als der FVL der SWR 202W die Startfreigabe erteilte. Der Abflugstreifen der SWR 202W befand sich immer noch an zweiter Stelle oberhalb des Abflugstreifens der SWR 1326. Die Startmeldung der SWR 1326 wurde durch den Flugverkehrsleiter ADC per Mausklick auf seinem TACO-Bildschirm um 11:44:00 UTC ausgelöst, kurz nachdem die SWR 1326 abgehoben hatte und 55 Sekunden nachdem der FVL der SWR 202W die Starterlaubnis erteilt hatte. Daraus kann geschlossen werden, dass der FVL den TACO-Bildschirm nicht wahrnahm, als er der SWR 202W die Startfreigabe erteilte.

Der Flugverkehrsleiter GRO sass neben dem Flugverkehrsleiter ADC und nahm die beiden erteilten Startfreigaben nicht wahr. Er führte zu diesem Zeitpunkt auf seiner Funkfrequenz mit der Besatzung eines Geschäftsreiseflugzeuges Funkgespräche.

2.2.3.2 Persönlichkeitsfaktoren des Flugverkehrsleiters ADC

Der Flugverkehrsleiter ADC war am 31. Juli 2008 an einem anderen schweren Vorfall auf den sich kreuzenden Pisten 16 und 28 beteiligt gewesen, bei dem er einem Flugzeug den Start auf Piste 28 bewilligte, nachdem er zuvor einem auf Piste 16 anfliegenden Flugzeug die Landeerlaubnis erteilt hatte. Auch mit der sich dadurch ergebenden Vergleichsmöglichkeit hat die Suche nach einem für diesen FVL charakteristischen Verhaltensmuster zu keinem Ergebnis geführt. Es konnte keine Gesetzmässigkeit in Form eines Zusammentreffens und einer Wechselwirkung ganz bestimmter einerseits persönlichkeitsbedingter, andererseits äusserer Gegebenheiten erkannt werden, welche diese Vorfälle ausgelöst haben.

Hingegen ist eine Auflistung von Faktoren, welche am 15. März 2011 zum Verhalten des Flugverkehrsleiters ADC beigetragen haben könnten, möglich:

- Situative Faktoren (Zeitpunkt und näheres zeitliches Umfeld des schweren Vorfalls):
 - Zusätzliche Inanspruchnahme der Aufmerksamkeit wegen der Vermessungsflüge.
 - Zeitpunkt etwa 90 Minuten vor Arbeitsende: Die Kombination von Ermüdung und vorausseilenden Gedanken kann die Konzentrationsfähigkeit beeinträchtigen.
 - Die Befragung des Flugverkehrsleiters ADC hat ergeben, dass es seitens des Privatlebens keine Probleme und somit zum massgebenden Zeitpunkt keine psychische Belastung gab.
- Zeitlich weiter zurückliegende Faktoren:
 - Die Befürchtung, der schwere Vorfall vom 31. Juli 2008 habe sich wiederholt. Dies hat nicht in auslösender Weise zum vorliegend untersuchten schweren Vorfall beigetragen, war aber gemäss seiner Aussage ein verzögernder Faktor bei der Fehlersuche nach Ertönen des RIMCAS *stage 2 alert*.
 - Darüber hinaus gilt generell, dass die Erinnerung an einen schweren Vorfall einen Teil der Aufmerksamkeit absorbieren kann.
- Persönlichkeitsspezifische Faktoren (Individuelle zeitübergreifende Eigenschaften des Flugverkehrsleiters):

- Ausgeprägte Hilfs- und Kooperationsbereitschaft.
Diese zeigt sich in Form freiwilliger Hilfeleistungen während der Arbeit als Flugverkehrsleiter ADC, aber auch bei der Befragung zum schweren Vorfall vom 15. März 2011: Es ist ein gut erkennbares Anliegen von ihm, die Analyse mit Hilfe selbstreflektierender und selbstkritischer Überlegungen zu unterstützen.
- Neigung zu ungünstiger Prioritätensetzung.
Diese zeigt sich wohl hauptsächlich als Kehrseite der Hilfs- und Kooperationsbereitschaft. Die im Zeitraum des schweren Vorfalls spontane Hilfestellung des Flugverkehrsleiters ADC an den Flugverkehrsleiter GRO bezüglich des Aufrufes des Geschäftsreiseflugzeuges D-AJJK kann dazu beigetragen haben, dass SWR 1326 für ihn wie aus dem Bewusstsein entchwunden war.
Laut Aussage des Flugverkehrsleiters ADC wurde wegen der Beschäftigung mit dem Programm der Vermessungsflüge ein Teil seiner Aufmerksamkeit absorbiert, was eine zweckmässige Prioritätensetzung ebenfalls beeinträchtigte.

Diese Faktoren können einzeln oder in ihrer Summe dazu beigetragen haben, dass der Flugverkehrsleiter ADC die SWR 1326 vergessen hat. Dass es hingegen keine eigentliche Erklärung für das erneute Vergessen gibt, stellt für den Flugverkehrsleiter, ganz abgesehen von den unmittelbaren Konsequenzen, eine zusätzliche Belastung dar.

2.2.3.3 Umgang mit Warnungen des RIMCAS

Gemäss Statistik von Skyguide (vgl. Kapitel 1.9.4) war nur jeder fünfte Alarm ein "echter Alarm", was dazu führt, dass solchen "echten Alarmen" nicht die nötige Bedeutung beigemessen wird. Dieser Sachverhalt wird durch die Aussage des FVL bestätigt, dass er durch den RIMCAS Alarm überrascht wurde und im ersten Moment an einen "*Fehlalarm mit einem Fahrzeug*" dachte.

Die durch die FVL aus Gründen der Verkehrseffizienz angewandten Verfahren lösen systembedingt öfters *nuisance alarms* aus. Diese werden durch die FVL in Kauf genommen. Das führt jedoch auch dazu, dass die Sensibilität gegenüber Alarmen eingeschränkt wird.

Die vorliegende Situation mit echten-, falschen Alarmen und *nuisance alarms* erschwert die Lagebeurteilung durch den Flugverkehrsleiter und schafft damit aus Sicht der Flugsicherheit eine Gefährdung.

2.2.3.4 Arbeitsplatz des Flugverkehrsleiters ADC

Der Flugverkehrsleiter ADC verfügt neben der Sicht nach Aussen über fünf Bildschirme, teils unterschiedlicher Grösse und Farbe sowie weitere Arbeitsgeräte wie Funk, Beleuchtungssteuerung, Videomonitore und Computerbedienungsgeräte (Mäuse, Tastatur). Die Bedienung und Überwachung dieser Geräte sowie die Fülle an Informationen, die der FVL verarbeiten muss, erfordert eine kontinuierliche Überwachung (*scanning*). Im Gegenzug bleibt dem FVL oft sehr wenig Zeit für den Blick nach Aussen und die 360°-Luftraumüberwachung. Zudem sind die meisten Bildschirme von unterschiedlicher Bauart, und die Systeme erfordern eine unterschiedliche Bedienung, was zusätzlich Kapazitäten bindet. Ebenso kann die Vielzahl verschiedener Farben, die teilweise auf Gefahren hinweisen, eine optische Übersättigung hervorrufen. Vom Gesichtspunkt der Ergonomie aus betrachtet, ist diese Art des Umgangs mit sicherheitsrelevanter Information nicht optimal.

Speziell zu erwähnen ist in diesem Zusammenhang die Darstellung des Pistensystems auf dem Bildschirm des Bodenradars (SAMAX), wie sie zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls in Gebrauch war. Dieser rechteckige Bildschirm zeigte die Verkehrssituation am Boden und war quer angeordnet (vgl. Abbildung 11, Kapitel 1.11.2). Um das ganze Pistensystem zusammenhängend auf diesem Bildschirm darzustellen, hätte ein Abbildungsmaßstab gewählt werden müssen, der zu einer geringen Detailtreue führte. Deshalb wurde in der Regel eine Einstellung verwendet, bei welcher der nördliche Teil des Pistensystems in einem separaten Fenster (*inset*) dargestellt wurde. Eine solche Darstellung ist ergonomisch ungünstig, denn sie erschwert es dem Flugverkehrsleiter, mit einem kurzen Blick das gesamte Pistensystem zu erfassen. Im vorliegenden Fall wird dies um 11:43:05 UTC besonders deutlich (vgl. Anlage 1), als sich beide Flugzeuge am Beginn der Pisten 16 und 28 befanden, die SWR 1326 den Startlauf begonnen hatte und die SWR 202W die Startfreigabe erhielt. Da auf dem Flughafen Zürich 73 % des abfliegenden Verkehrs von den sich kreuzenden und gleichzeitig in Betrieb stehenden Pisten 16 und 28 starten, ist eine vergleichbare Situation häufig und die ergonomisch ungünstige Darstellung fällt damit besonders ins Gewicht.

2.2.3.5 Arbeitskonzept der Platzverkehrsleitstelle

Der Flugverkehrsleiter GRO hat unter anderem auch die Aufgabe, den Flugverkehrsleiter ADC zu unterstützen. Damit hat der Flugverkehrsleiter GRO gegenüber dem Flugverkehrsleiter ADC eine unterstützende, aber keine überwachende Funktion. Diese Unterstützung kann er jedoch bei hohem Verkehrsaufkommen nicht mehr in jedem Fall gewähren, weil er mit seinen eigenen Aufgaben voll ausgelastet ist. Abgesehen davon, dass die Unterstützung des Flugverkehrsleiters ADC ausgerechnet dann nicht mehr zur Verfügung steht, wenn sie am ehesten benötigt wird, zeigt sich hier ein systemisches Problem des Arbeitskonzepts der Platzverkehrsleitstelle auf dem Flughafen Zürich. Das grundsätzliche Arbeitskonzept weist jedem Flugverkehrsleiter ein bestimmtes Aufgabengebiet zu, wobei keine gegenseitige Überwachung vorgesehen ist. Damit setzt man letztlich eine fehlerfreie Arbeitsweise des Einzelnen voraus, was bekanntermassen nicht realistisch ist.

Gestützt auf diese Erkenntnis hat sich zum Beispiel beim Betrieb von komplexeren Luftfahrzeugen eine Besatzung aus zwei Personen durchgesetzt. Der Einsatz von zwei Piloten rechtfertigt sich dabei nicht aus der durchschnittlich anfallenden Arbeitslast, die problemlos auch nur von einer Person bewältigt werden könnte. Vielmehr wird eine Arbeitsweise praktiziert, die sicherstellt, dass sich die beiden Piloten in ihren Tätigkeiten sinnvoll überwachen und Fehler so schon im Ansatz erkannt und korrigiert werden können. Damit verringern sich die Auswirkungen von Fehlern markant.

Ein vergleichbares Sicherheitsnetz, welches Fehler des einzelnen Flugverkehrsleiters durch eine gegenseitige Überwachung im Ansatz erkennen und korrigieren würde, ist im Arbeitskonzept der Platzverkehrsleitstelle des Flughafens Zürich nicht vorhanden.

Die genannten systemischen Zusammenhänge sind mit ein Grund dafür, dass auf europäischen Flughäfen, die mit Zürich vergleichbar sind, zwei oder mehr Flugverkehrsleiter ADC eingesetzt werden, um das Pistensystem und den Luftraum zu überwachen. In der Platzverkehrsleitstelle Frankfurt wird beispielsweise dem den Verkehr führenden FVL ein zweiter, vollwertiger Flugverkehrsleiter zur Unterstützung zur Seite gestellt. Beide FVL widmen sich dem gleichen Verkehrsgeschehen. Dabei zeigt die Erfahrung, dass dieser zusätzliche FVL ein wertvolles Sicherheitsnetz darstellen kann.

2.2.4 Komplexität des Betriebes auf dem Flughafen Zürich

Einleitend ist zu erwähnen, dass zum Zeitpunkt der Untersuchung kein international anerkannter Standard in Sachen Komplexität eines Flughafens existierte. Der angestrebte Vergleich zwischen den fünf europäischen Flughäfen mittels Gegenüberstellung von Flugweg-Kreuzungspunkten zwischen An-, Abflug- und Durchstartverfahren sowie typischer, statistischer Kenngrössen deckt nur Teilaspekte und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Nichtsdestotrotz können folgende Aussagen festgehalten werden:

- Bezüglich der lateralen Kreuzungspunkte zwischen An-, Abflug- und Durchstartverfahren weist Zürich den Spitzenwert auf. Solche Kreuzungspunkte stellen nicht per se eine Gefahr dar, erhöhen aber den Überwachungsaufwand für den betreffenden Flugverkehrsleiter.
- Weil die Abflugroute der Piste 16 kurz nach dem Start eine Linkskurve vollzieht und somit den Weg des Fehlanflugverfahrens auf Piste 14 schneidet, kam es am 30. August 2003 zu einer Annäherung von zwei Verkehrsflugzeugen, die ein hohes Kollisionsrisiko aufwies. Aus diesem Grund sprach das Büro für Flugunfalluntersuchungen die Sicherheitsempfehlung Nr. 369 aus, welche vorschlug, dass die Flugsicherung ein Verfahren anwendet, bei dem auch in dieser Situation eine ausreichende Staffelung gewährleistet ist. Die Umsetzung dieser Sicherheitsempfehlung durch das BAZL und Skyguide führte zu einer Regelung, welche eine zeitliche Koordination zwischen Starts auf Piste 16 und Anflügen auf Piste 14 erfordert. Dadurch entstehen für den Flugverkehrsleiter nur kurze Zeitfenster, in denen ein Start auf Piste 16 überhaupt möglich ist. Die Umsetzung dieser Sicherheitsempfehlung ist ein Beispiel dafür, dass durch eine nicht systemische Behebung eines Sicherheitsdefizits neue Sicherheitsprobleme – in diesem Fall eine erhöhte Komplexität für den Flugverkehrsleiter – geschaffen werden können.
- Der Flughafen Zürich wird mit Abstand am häufigsten gemäss einem Konzept betrieben, das Abflüge von zwei sich kreuzenden Pisten vorsieht, die gleichzeitig in Gebrauch sind. Ein solches Konzept ist deutlich anspruchsvoller als der Betrieb von parallelen Pisten und enthält ein Konfliktpotential, wenn zwei Flugzeugen gleichzeitig in Startposition sind und einem dieser Flugzeuge die Starterlaubnis erteilt wird.
- Es fällt auf, dass bei der Flugsicherung Skyguide für eben dieses Konzept mit Abflügen von sich kreuzenden Pisten, welches häufig genutzt wird und anspruchsvoll ist, keine klaren und eindeutigen Verfahrensvorgaben existieren, nach denen Startfreigaben erteilt werden. Die von der Flugsicherung Skyguide vorgebrachte Begründung, dass es nicht möglich oder sinnvoll sei, solche Verfahrensvorgaben zu definieren, vermag nicht zu überzeugen, haben doch andere Flugsicherungsunternehmen, die mit vergleichbaren Betriebskonzepten arbeiten, solche Verfahren schon seit langem etabliert. Es ist dabei zu betonen, dass es aus Sicht der Flugsicherheit nicht einfach um die Existenz einer Vorschrift gehen kann, die für sich alleine genommen noch keine Sicherheit zu gewähren vermag. Sinnvolle und einfache Kriterien, die im täglichen Betrieb angewendet werden, strukturieren Arbeitsabläufe und können für den sie anwendenden Menschen eine Art "mentale Ampelfunktion" aufweisen, die Arbeitsfehler zu vermeiden hilft. Der durch das Flugsicherungsunternehmen praktizierte Grundsatz, dass nicht alle Abläufe in der Flugverkehrsleitung als Verfahren festgelegt werden können, gilt für viele komplexe Systeme und wird nicht in Abrede gestellt. Im vorliegenden Fall muss aber insbesondere im Licht der Diskussion von Komplexitätsaspekten zumindest die Frage gestellt werden, ob hier nicht dieser Grundsatz zu weit getrieben wurde. Dies hat möglicherweise dazu geführt, dass durch das Fehlen von eindeutigen Verfahrens-

vorgaben die Situation für den Flugverkehrsleiter komplexer gemacht wurde, als dies aufgrund des Betriebskonzepts alleine notwendig gewesen wäre.

- Mit Blick auf die Führung von An- und Abflugrouten fällt auf, dass im Gegensatz zu den verglichenen Flughäfen auf dem Flughafen Zürich die Flugwege wesentlich gebündelter verlaufen und eine frühzeitige Entflechtung z.B. der Abflugwege nicht vorgenommen wird (vgl. Anlagen 5 bis 9). Dieser optische Eindruck wird durch die hohe Zahl der lateralen Kreuzungspunkte innerhalb der gleichen Abflugrouten gestützt. Durch diese Führung der An- und Abflugrouten wird erreicht, dass im Gegensatz zu den Vergleichsflughäfen das flughafennahe Stadtgebiet kaum überflogen wird. Insbesondere die Abflugwege werden nahe des Flughafens wieder so umgelenkt, dass die Flugzeuge in geringem Abstand zum Flughafen Höhe gewinnen und diesen oft nochmals überfliegen, um den Lärm möglichst in Flughafennähe zu konzentrieren. Im Jahr 2010 machte dieser in Flughafennähe umgelenkte Verkehr mehr als ein Drittel aller Startbewegungen aus (vgl. Anlage 10). Die daraus resultierenden Vorteile bezüglich Lärmbelastung der weiteren Umgebung werden allerdings durch eine höhere Komplexität für die Flugverkehrsleitung erkauft. Wie verschiedene schwere Vorfälle in den letzten Jahren zeigen, stellt diese erhöhte Komplexität ein Gefahrenmoment dar.

3 Schlussfolgerungen

3.1 Befunde

3.1.1 Technische Aspekte

- Beide Flugzeuge waren zum Verkehr nach IFR zugelassen.
- Die Untersuchung ergab keine Anhaltspunkte für vorbestandene technische Störungen, weder bodenseitig noch flugzeugseitig, die den schweren Vorfall hätten verursachen oder beeinflussen können.

3.1.2 Besatzungen

- Die Piloten besaßen die für den Flug notwendigen Ausweise.
- Es liegen keine Anhaltspunkte für gesundheitliche Störungen der Piloten während des schweren Vorfalles vor.
- Die Besatzung der SWR 1326 quittierte die erhaltene Freigabe für das Rollen in die Startposition und auch die Freigabe für den Start auf der Piste 16.
- Die Besatzung der SWR 1326 nahm das startende Flugzeug auf der Piste 28 nicht wahr.
- Die Besatzung der SWR 202W quittierte die Starfreigabe zum Start auf der Piste 28.
- Nachdem der Kommandant der SWR 202W das von rechts kommende Flugzeug auf der Piste 16 erkannt hatte, leitete er verzugslos den Startabbruch ein.

3.1.3 Mitarbeiter der Flugsicherung

- Die Flugverkehrsleiter besaßen die für die Ausübung ihrer Tätigkeit notwendigen Ausweise.
- Es liegen keine Anhaltspunkte für gesundheitliche Störungen der Flugverkehrsleiter zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls vor.
- Der Flugverkehrsleiter ADC war am 31. Juli 2008 an einem schweren Vorfall auf den sich kreuzenden Pisten 16 und 28 beteiligt, bei dem er einem auf Piste 28 abfliegenden Flugzeug den Start bewilligte, nachdem er zuvor einem auf die Piste 16 anfliegenden Flugzeug die Landeerlaubnis erteilt hatte.
- Im Anschluss an den schweren Vorfall vom 31. Juli 2008 wurde von Skyguide weder eine Nachbesprechung (*debriefing*) mit dem Flugverkehrsleiter durchgeführt noch wurden weitere Massnahmen getroffen.

3.1.4 Verlauf des schweren Vorfalls

- Das Flugzeug SWR 202W befand sich hinter anderen Flugzeugen startbereit vor der Piste 28 als die Besatzung um 11:37:38 UTC die folgende Freigabe erhielt: *"Hello swiss two zero two whiskey, tower, behind company airbus, line up runway two eight behind."*
- Das Flugzeug SWR 1326 befand sich auf dem Rollweg ECHO, etwa 50 m vor dem Pistenanfang der Piste 16, als die Besatzung um 11:42:19 UTC die Freigabe zum Start auf Piste 16 erhielt.
- Zu diesem Zeitpunkt war SWR 202W im *line up* auf Piste 28 und die Besatzung arbeitete die entsprechenden Punkte der Prüfliste ab.

- Die Besatzung der SWR 1326 führte einen *standing take off* durch und leitete diesen um 11:42:50 UTC ein.
- Von 11:42:15 UTC bis 11:43:01 UTC benutzte der Flugverkehrsleiter GRO die Piste 28 für einen Kreuzungsvorgang, indem er diese für den Flugverkehrsleiter ADC im System sperrte.
- Die Besatzung der SWR 202W erhielt um 11:43:05 UTC die Freigabe zum Start auf Piste 28. Sie quittierte diese Freigabe und leitete um 11:43:12 UTC den Startlauf ein.
- Zu diesem Zeitpunkt befanden sich die beiden elektronischen Kontrollstreifen der SWR 1326 und der SWR 202W auf dem TACO-Bildschirm in einer Position oberhalb des Trennstriches, welcher Flugzeuge am Boden von gestarteten Flugzeugen trennt.
- SWR 1326 befand sich zu diesem Zeitpunkt bereits im Startlauf auf Piste 16.
- Um 11:43:40 UTC generierte das RIMCAS (*runway incursion monitoring and conflict alert sub-system*) beim Flugverkehrsleiter eine Stufe 2 Warnung und die akustische Warnung: "RIMCAS" ertönte.
- SWR 1326 hatte gemäss RIMCAS zu diesem Zeitpunkt eine Geschwindigkeit von 143 kt und SWR 202W eine solche von 89 kt.
- Um 11:43:47 UTC bemerkte die Besatzung der SWR 202W das startende Flugzeug auf Piste 16, welches am Abheben war, und leitete verzugslos einen Startabbruch ein.
- Um 11:43:49 UTC gab der FVL der SWR 202W folgenden Befehl: "Swiss two zero two whiskey, stop immediately!"
- Die Besatzung antwortete auf diesen Befehl nicht, da sie den Startabbruch bereits eingeleitet hatte.
- Das Flugzeug SWR 202W kam im Sicherheitsbereich der Piste 16 zum Stillstand.
- Die Besatzung der SWR 1326 hatte das auf Piste 28 startende Flugzeug nicht wahrgenommen und setzte ihren Start und Flug zum Bestimmungsort fort.

3.1.5 Rahmenbedingungen

- Zur Zeit des schweren Vorfalles herrschte ein hohes Verkehrsaufkommen mit erhöhter Komplexität.
- Die Frequenzbelastung am Arbeitsplatz ADC war hoch.
- Zur Zeit des schweren Vorfalles waren Vermessungsflüge nur während der ordentlichen Betriebszeiten möglich.
- Zur Zeit des schweren Vorfalles stand der Beginn von Vermessungsflügen unmittelbar bevor.
- Das Wetter hatte keinen Einfluss auf den schweren Vorfall.
- Der Flughafen Zürich wird mehrheitlich gemäss einem Konzept betrieben, das Abflüge von zwei sich kreuzenden Pisten vorsieht, die gleichzeitig im Gebrauch sind.
- Bei der Flughafen Zürich AG wurde im Jahre 2008 ein Sicherheitsgutachten (*safety survey*) erstellt, in deren Gefahrenliste (*hazard library*) das Pistenkreuz 16/28 als einer von 31 Hauptgefahren (*top hazards*) auf dem Flughafen Zürich fungierte.

3.1.6 Organisatorische Aspekte

- Bezüglich dem Umgang mit einem Flugverkehrsleiter, der an einem Unfall oder schweren Vorfall beteiligt war, besteht bei Skyguide einzig das Verfahren, dass der Dienstleiter (*supervisor*) darüber entscheidet, ob der betreffende Mitarbeiter unmittelbar nach dem Ereignis weiterhin ohne Überwachung eingesetzt werden kann.
- Das Verfahren *competence in doubt* wurde bei schweren Vorfällen und Unfällen bei Skyguide explizit nicht angewandt.
- Eine detaillierte Beschreibung des Betriebskonzepts, welches den gleichzeitigen Betrieb der Pisten 16 und 28 für Abflüge vorsieht ist in den Verfahrensvorgaben des Flugsicherungsunternehmens nicht vorhanden. Insbesondere fehlen klare und eindeutige Kriterien, nach denen eine Startfreigabe erteilt werden kann.

3.2 Ursachen

Der schwere Vorfall ist darauf zurückzuführen, dass der betreffende Flugverkehrsleiter einem Flugzeug auf Piste 28 die Startfreigabe erteilte, obwohl sich auf Piste 16 ein weiteres Flugzeug, dem er kurz zuvor die Startfreigabe erteilt hatte, noch im Startlauf befand. Dies hatte zur Folge, dass es zwischen diesen Flugzeugen zu einer unbeabsichtigten Annäherung kam, die ein hohes Kollisionsrisiko aufwies.

Die folgenden Faktoren haben wesentlich zur Entstehung des schweren Vorfalls beigetragen:

- Zu einer Zeit mit höchstem Verkehrsaufkommen am Flughafen Zürich wurden Vermessungsflüge durchgeführt, welche die Komplexität des Betriebes für die Flugverkehrsleitung erhöhten.
- Der betreffende Flugverkehrsleiter beschäftigte sich mit Aufgaben, die zu diesem Zeitpunkt keine hohe Priorität hatten.
- Das Arbeitskonzept der Platzverkehrsleitstelle liess bei hohem Verkehrsaufkommen nur eine ungenügende gegenseitige Unterstützung zu und wies generell keine Überwachung zum frühzeitigen Erkennen und Korrigieren von Fehlern auf.
- Das Kollisionswarnsystem der Flugverkehrsleitung war wenig geeignet, um die sich anbahnende Konfliktsituation zu entschärfen.

Die Entstehung des schweren Vorfalls wurde durch den komplexen Betrieb auf zwei sich kreuzenden Pisten begünstigt, der bei hohem Verkehrsaufkommen eine nur geringe Fehlertoleranz aufweist.

4 Sicherheitsempfehlungen und seit dem schweren Vorfall getroffene Massnahmen

Nach Vorgabe des Anhangs 13 der 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

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

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

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

Am 17. Mai 2011 richtete das Büro für Flugunfalluntersuchungen gestützt auf Art. 18 Abs. 2 der Verordnung über die Untersuchung von Flugunfällen und schweren Vorfällen (VFU) einen Zwischenbericht an das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL). In diesem Zwischenbericht wurden die folgenden Sicherheitsempfehlungen frühzeitig ausgesprochen, damit verzugslos an Verbesserungsmaßnahmen gearbeitet werden konnte.

4.1 Sicherheitsempfehlungen

4.1.1 Sicherheitsdefizit RIMCAS

Auch wenn festgehalten werden muss, dass das Warnsystem RIMCAS nicht primär eingeführt wurde, um vor zwei gleichzeitig startenden Flugzeugen auf sich kreuzenden Pisten zu warnen, so wäre es bei entsprechender Verbesserung doch in der Lage, ein zusätzliches Sicherheitsnetz zu bilden.

Beim Auslösen der RIMCAS-Warnung der Stufe 2 um 11:43:40 UTC wiesen die beschleunigende SWR 1326 auf der Piste 16 gemäss RIMCAS-Aufzeichnung eine Geschwindigkeit von 143 kt und die SWR 202W auf der Piste 28 eine solche von 89 kt auf.

Der schwere Vorfall zeigt, dass eine RIMCAS-Warnung der Stufe 2, für einen sich anbahnenden Konflikt bei zwei gleichzeitig startenden Flugzeugen auf sich kreuzenden Pisten, zu spät ausgelöst wird.

Bereits in einem früheren schweren Vorfall zeigte sich, dass das System in seiner Funktion als mögliches Sicherheitsnetz noch Mängel aufweist: Am 18. Juni 2010 befanden sich gleichzeitig eine Airbus A340-600 auf der Piste 16 und eine ATR42 auf der Piste 28 startbereit. Die Besatzung der A340-600 erhielt die Startfreigabe, welche sie umgehend quittierte und den Startlauf einleitete. Gleichzeitig quittierte die Besatzung der ATR42 die nicht für sie bestimmte Startfreigabe und leitete den Startlauf ebenfalls ein. Der gleichzeitige Startlauf der beiden Flugzeuge wurde bemerkt und der Flugverkehrsleiter forderte die Besatzung der ATR42 auf, den Start sofort abzubrechen. Während des Startabbruchs wurde am RIMCAS eine Stufe 2 Warnung generiert.

Die Untersuchung kam zum Schluss, dass unter anderem der folgende Faktor zum schweren Vorfall beigetragen hat:

"Das Kollisionswarnsystem der Flugverkehrsleitung war wenig geeignet, um die sich anbahnende Konfliktsituation zu entschärfen."

Das Flugsicherungsunternehmen Skyguide hat nach dem schweren Vorfall unter anderem die folgende Massnahme beschlossen:

"Der Vorfall wurde im Rahmen des laufenden Abstimmungs- und Beobachtungsprozesses des Ende Mai 2010 neu eingeführten Systems SAMAX/RIMCAS analysiert. Zur besseren Feinabstimmung der Alarme und zur Eliminierung der unerwünschten Fehlalarme wird der Hersteller per Sommer 2011 eine neue Software liefern, welche eine Unterscheidung zwischen Fahrzeugen und Flugzeugen auf den Pisten durch das RIMCAS ermöglicht. Damit werden Fälle von verspäteten Alarmen oder Fehlalarmen rund um das Pistenkreuz 16/28 weiter reduziert."

4.1.2 Sicherheitsempfehlung Nr. 429

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte zusammen mit der Flugsicherung Skyguide prüfen, inwiefern das Warnsystem RIMCAS für den Betrieb von sich kreuzenden Pisten verbessert werden kann und sicherstellen, dass diesbezügliche Verbesserungen beschleunigt umgesetzt werden.

4.1.3 Sicherheitsdefizit Vermessungsflüge

Gemäss Aussage des beteiligten Flugverkehrsleiters ADC herrschte zum Zeitpunkt des schweren Vorfalls ein hohes Verkehrsaufkommen mit hoher Komplexität, er begründete dies hauptsächlich mit den anstehenden Vermessungsflügen. Der Flugverkehrsleiter GRO beurteilte das Verkehrsaufkommen als hoch mit normaler Komplexität. Die Untersuchung kommt in ihrer Analyse zum Schluss, dass das Verkehrsaufkommen als hoch mit leicht erhöhter Komplexität bezeichnet werden kann.

Der Flugverkehrsleiter ADC sagte aus, er habe den sich anbahnenden Konflikt nicht bemerkt, weil er sich mit den Unterlagen des in Kürze beginnenden Vermessungsfluges befasst habe. Das Vermessungsflugzeug, das während etwa drei Stunden das Instrumentenlandesystem (ILS) der Piste 14 kalibrieren sollte und zu diesem Zwecke etwa 25 Anflüge durchzuführen hatte, war um 11:39:50 UTC auf der Piste 28 gestartet und sollte einige Minuten nach dem schweren Vorfall den ersten ILS-Anflug auf die Piste 14 beginnen. Der Flugverkehrsleiter ADC hatte sich schon zuvor am Arbeitsplatz GRO mit dem schriftlich vorliegenden Programm beschäftigt.

Der Flughafen Zürich beantragte im Jahr 2003 beim Bundesamt für Zivilluftfahrt die Bewilligung, Vermessungsflüge ausserhalb der ordentlichen Betriebszeiten durchführen zu können. Das BAZL bewilligte diesen Antrag im Jahr 2005. In Einzelfällen wurden in der Folge Vermessungsflüge während der Nacht durchgeführt. Im Dezember 2009 hob das Bundesverwaltungsgericht in einem Beschwerdeverfahren diese Regelung aufgrund mangelnder rechtlicher Grundlagen auf. Das Bundesgericht bestätigte im Dezember 2010 diesen Entscheid. Aus diesem Grund waren bis zur Anpassung der Verordnung über die Infrastruktur der Luftfahrt (VIL) am 1. April 2011 Vermessungsflüge nur während der ordentlichen Betriebszeiten möglich.

Die Vermessungsflüge auf dem Flughafen Zürich erhöhen die Komplexität des bestehenden Verkehrs erheblich und stellen hohe Anforderungen an die Konzentration und Arbeitskapazität eines einzelnen Flugverkehrsleiters. Im Rahmen der Untersuchung wurde festgestellt, dass der betroffene Flugverkehrsleiter vor dem schweren Vorfall noch nie Vermessungsflüge am Arbeitsplatz ADC betreut hatte. Es liegen keine Hinweise vor, dass dieses Betriebsverfahren systematisch im Simulator geübt wurde.

4.1.4 Sicherheitsempfehlungen Nr.430 - 432

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte zusammen mit der Flugsicherung Skyguide und mit dem Betreiber des Flughafens Zürich Massnahmen ergreifen, um sicherzustellen, dass periodisch notwendige Vermessungsflüge ausserhalb der Betriebszeiten des Flughafens oder während geeigneter Verkehrssituationen durchgeführt werden.

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte zusammen mit der Flugsicherung Skyguide prüfen, an welchen Arbeitsplätzen während Vermessungsflügen oder generell bei komplexen oder ausserordentlichen Verkehrssituationen zusätzliche Flugverkehrsleiter zur Bewältigung dieser Aufgaben eingesetzt werden müssen.

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte zusammen mit der Flugsicherung Skyguide prüfen, inwiefern der Umgang mit Vermessungs- und anderen Spezialflügen im Simulator periodisch geübt werden sollte.

4.1.5 Sicherheitsdefizit Massnahmen nach einem schweren Vorfall

Der Flugverkehrsleiter ADC war bereits am 31. Juli 2008 an einem schweren Vorfall auf den sich kreuzenden Pisten 16 und 28 beteiligt, bei dem er einem Flugzeug den Start auf Piste 28 bewilligte, obwohl er zuvor einem auf Piste 16 anfliegenden Flugzeug die Landeerlaubnis erteilt hatte. Die sofort erteilte Aufforderung an die auf der Piste 28 rollende Maschine, den Start abubrechen, konnte die Situation entschärfen.

Im Anschluss an diesen schweren Vorfall wurde von Skyguide weder eine Nachbesprechung (*debriefing*) mit dem Flugverkehrsleiter durchgeführt, noch wurden weitere Massnahmen getroffen.

Die internen Verfahren von Skyguide für den Umgang mit einem Flugverkehrsleiter, der an einen Unfall oder schweren Vorfall beteiligt ist, sehen einzig vor, dass der Dienstleiter (*supervisor*) darüber entscheidet, ob der betreffende Mitarbeiter unmittelbar nach dem Ereignis ohne Überwachung weiter eingesetzt werden kann. Weitere Prozesse für die Abklärung, ob eine Nachschulung oder andere unterstützende Massnahmen notwendig sind, existieren nicht.

Wie die Untersuchung gezeigt hat, war die Erinnerung des Flugverkehrsleiters ADC an den schweren Vorfall vom 31. Juli 2008 ein verzögernder Faktor beim Versuch, den schweren Vorfall vom 15. März 2011 zu entschärfen. Eine Aufarbeitung des ersten schweren Vorfalles hätte möglicherweise dazu geführt, dass ihn dieses Ereignis im zweiten Fall in seiner Reaktion nicht beeinträchtigt hätte.

4.1.6 Sicherheitsempfehlung Nr. 433

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte von der Flugsicherung Skyguide Verfahren verlangen, die sicherstellen, dass an Unfällen oder schweren Vorfällen beteiligte Mitarbeiter überprüft und wenn nötig nachgeschult werden, so dass allfällige Fähigkeits- oder Leistungseinschränkungen zeitgerecht erkannt und behoben werden können.

4.1.7 Systemisches Sicherheitsdefizit

Seit dem Jahr 2000 haben sich auf oder in unmittelbarer Nähe des Flughafens Zürich 12 vergleichbare schwere Vorfälle ereignet, zu welchen insgesamt 19 Sicherheitsempfehlungen ausgesprochen wurden.

28. Dezember 2000: AXX032 vs. SWR422

Kurzbeschreibung: Während eines Durchstarts nach einem ILS-Anflug auf Piste 14 folgte die Besatzung der Anweisung des Flugverkehrsleiters ADC, ihren Steigflug abubrechen, nicht. Daraus entstand eine gefährliche Annäherung mit einem von Piste 10 abfliegenden Flugzeug.

Sicherheitsempfehlung Nr. 240

"Von der zuständigen Behörde sind in Anlehnung an die ICAO-Empfehlungen zweckmässige Regelungen zur Staffelung der Abflüge von den Anflügen festzulegen."

Stand der Umsetzung: Vgl. Bericht Nr. 1775, Sicherheitsempfehlungen des Büros für Flugunfalluntersuchungen mit Stellungnahmen des Bundesamtes für Zivilluftfahrt vom 28. August 2003 (www.sust.admin.ch)

1. Dezember 2001: TAP5327 vs. CRX3554

Kurzbeschreibung: Die Besatzung der TAP5327 überrollte den Rollhaltebalken auf Rollweg ECHO zu Piste 28 und näherte sich dabei in gefährlicher Weise der Pistenschulter währenddessen sich das Verkehrsflugzeug CRX3554 auf Piste 28 im Startlauf befand.

Sicherheitsempfehlungen:

Sicherheitsempfehlung Nr. 288

"Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte überprüfen, ob die Rollwegbezeichnungen dahingehend geändert werden könnten, dass durchgehende Rollwege (d.h. Rollwege die Pisten kreuzen) unterschiedliche Bezeichnungen tragen. Zusätzlich sollte durch Schaffung von Freigabebegrenzungspunkten vor den zu kreuzenden Pisten mehr systematische Sicherheit verwirklicht werden."

Sicherheitsempfehlung Nr. 289

"Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte veranlassen, dass bei der Erteilung von Rollanweisungen, Sequenzfolgeinstruktionen und Verkehrshinweisen auf der gesamten manoeuvring area Formulierungen wie "... YOU ARE NUMBER TWO BEHIND...." oder "...FOLLOW BEHIND...." nicht angewendet werden."

Sicherheitsempfehlung Nr. 290

"Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte überprüfen, ob die Apron jedem zum Start rollenden Luftfahrzeug zusammen mit der Aufforderung zum Frequenzwechsel zu einer Leitstelle der Skyguide auch die Aufforderung: "HOLD SHORT OF RUNWAY...." wiederholen sollte."

Stand der Umsetzung: Vgl. Bericht Nr. 1880, Sicherheitsempfehlungen des Büros für Flugunfalluntersuchungen mit Stellungnahmen des Bundesamtes für Zivilluftfahrt vom 9. Februar 2006 (www.sust.admin.ch)

23. November 2002: SWR195Z vs. TAR485 Zeitpunkt: 11:08 UTC

Kurzbeschreibung: Eine Startfreigabe des Verkehrsflugzeuges TAR485 auf Piste 28 erfolgte zeitgleich zu einem Landeanflug des Verkehrsflugzeuges SWR195Z auf die kreuzende Piste 16.

Sicherheitsempfehlungen:

Sicherheitsempfehlung Nr.264

"Das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) sollte veranlassen, dass grundsätzlich keine swingover Verfahren der beschriebenen Art angewendet werden."

Sicherheitsempfehlung Nr. 265

"Das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) sollte veranlassen, dass die nächsten Ausbauschritte des swiss airport movement area control system (SAMAX) möglichst rasch realisiert werden. Insbesondere die umgehende Verwirklichung des runway incursion monitoring and conflict alert sub-system (RIMCAS) könnte zur Vermeidung ähnlicher Vorfälle einen wertvollen Beitrag leisten."

Stand der Umsetzung: Vgl. Safety Project Directive SPD-2005-12C (<http://www.caso-db.uvek.admin.ch/>)

23. November 2002: SWR1168 vs. AFR1855 Zeitpunkt: 12:23 UTC

Kurzbeschreibung: Während des Startlaufs des Verkehrsflugzeuges SWR1168 auf Piste 28 kam es zu einem unerlaubten Kreuzen des Verkehrsflugzeuges AFR1855 auf Rollweg ECHO.

Sicherheitsempfehlungen:

Sicherheitsempfehlung Nr. 266

"Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte den Fluggesellschaften empfehlen, dass ihre Flugbesatzungen das take-off briefing in Zukunft wenn möglich vor Verlassen des Standplatzes durchführen. Dies würde die Piloten in die Lage versetzen, ihre ganze Aufmerksamkeit dem anschliessenden Rollverfahren zu widmen."

Sicherheitsempfehlung NR. 267

"Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte veranlassen, dass die Realisierung des Projektes RIMCAS mit höchster Priorität vorangetrieben wird."

Sicherheitsempfehlung Nr. 268

"Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte veranlassen, dass für die Funktion "Coordinator Apron Control" ein schriftliches Pflichtenheft erstellt wird."

Sicherheitsempfehlung Nr. 269

"Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte veranlassen, dass die Arbeitsplatzorganisation bei Apron Control so gestaltet wird, dass ein längeres Fernbleiben eines Vorfeldverkehrsleiter (VVL) von seinem Arbeitsplatz als "Coordinator Apron Control" nur nach einer entsprechenden Ablösung durch einen andern VVL erfolgen sollte."

Sicherheitsempfehlung Nr. 270

"Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte die Zweckmässigkeit der Rollwegbezeichnungen auf dem Flughafen Zürich überprüfen, insbesondere diejenigen im Vorfeldbereich (z.B. Rollweg ALPHA und ECHO). Pistenüberquerende Rollwege sollten nicht durchgehend die gleiche Bezeichnung tragen."

Eine Stellungnahme zur Umsetzung dieser Sicherheitsempfehlungen ist noch ausstehend.

21. März 2003: SWR754 vs. SAA275

Kurzbeschreibung: Gleichzeitiger Startlauf der Verkehrsflugzeuge SAA275 und SWR754 auf Piste 16 respektive Piste 28.

Sicherheitsempfehlung Nr. 271

"Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte veranlassen, dass Flugbesatzungen, denen gleichzeitig auf verschiedenen Pisten die Rollbewilligung in ihre Startposition erteilt wird, zusätzliche Begleitinformationen übermittelt werden wie z.B. Informationen betreffend Abflugsequenz. Dies würde zu einem erhöhten Situationsbewusstsein der Besatzungen führen."

Stand der Umsetzung: Vgl. Safety Project Directive SPD-2005-12C
(<http://www.caso-db.uvek.admin.ch/>)

30. August 2003: EZS932 vs. SWR1344

Kurzbeschreibung: Der Durchstart des Verkehrsflugzeuges EZS932 nach einem Anflug auf die Piste 14 führte zu einer seitlichen und vertikalen Unterschreitung der Mindeststaffelungswerte zum Verkehrsflugzeug SWR1344, welches auf Piste 16 die zugeteilte Standardabflugstrecke abflog.

Sicherheitsempfehlung Nr. 369

"Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte veranlassen, dass die ATC für Verkehrssituationen wie die hier vorliegende, Verfahren anwendet, die unter allen Umständen, sowohl in IMC als auch in VMC, die notwendige Mindeststaffelung gewährleisten."

Stand der Umsetzung: Vgl. Implemented Safety Action for CD-2008-26C
(<http://www.caso-db.uvek.admin.ch/>)

31. Oktober 2004: UAE87 vs. SWR162C

Kurzbeschreibung: Die Besatzung der UAE 87 entschied sich aufgrund von Turbulenzen kurz vor dem Aufsetzen auf Piste 14 zu einem Durchstart. Unmittelbar vorher war dem Verkehrsflugzeug SWR162C die Startfreigabe auf Piste 10 erteilt worden. Die Anweisung an die SWR162C, den Start abzubrechen, hat eine Annäherung beider Flugzeuge in der Verlängerung der Pistenachsen verhindert.

Sicherheitsempfehlung Nr. 392

"Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte veranlassen, dass die FVL des Flughafens ZRH Betriebskonzepte entwickelt, aufgrund derer die vorgeschriebene Staffelung in IMC und in VMC zwischen durchstartenden und startenden Flugzeugen mit kreuzenden Flugwegen resp. ab kreuzenden Pisten gewährleistet ist."

Stand der Umsetzung: Vgl. Implemented Safety Action for CD-2008-26C
(<http://www.caso-db.uvek.admin.ch/>)

2. Dezember 2004: BRT695 vs. SWR1499

Kurzbeschreibung: Startlauf des Verkehrsflugzeuges BRT695 auf Piste 28 mit gleichzeitigem Kreuzen der Piste 28 auf Rollweg JULIETT durch das Verkehrsflugzeug SWR 1499.

Sicherheitsempfehlung:

Am 17. Januar 2005 hatte das BFU dem Bundesamt für Zivilluftfahrt im Rahmen eines Zwischenberichts eine Sicherheitsempfehlung zugestellt. Darin empfahl das BFU, die Anwendung des non-standard Koordinationsverfahren (*wait/wait cancelled* via TACO, zur Beschleunigung der Verkehrsabwicklung), das weder dokumentiert noch instruiert wird, sofort untersagen zu lassen. Die Empfehlung wurde in der Zwischenzeit umgesetzt.

24. Oktober 2007: DLH1LA vs. RJA149

Kurzbeschreibung: Der schwere Vorfall bestand aus der unbeabsichtigten Annäherung zwischen einem auf Piste 10 startenden und einem auf Piste 14 durchstartenden Verkehrsflugzeug, die ein hohes Kollisionsrisiko aufwies.

Sicherheitsempfehlungen:

Sicherheitsempfehlung Nr. 369

Das Büro für Flugunfalluntersuchungen spricht bezüglich der fehlenden verfahrensmässigen Staffelung keine Sicherheitsempfehlung aus, sondern verweist auf die am 10. Juni 2005 ausgesprochene Sicherheitsempfehlung Nr. 369: *"Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte veranlassen, dass die ATC für Verkehrssituationen wie die hier vorliegende, Verfahren anwendet, die unter allen Umständen, sowohl in IMC als auch in VMC, die notwendige Mindeststaffelung gewährleisten."* Eine Umsetzung dieser Sicherheitsempfehlung würde auch das vorliegende Sicherheitsdefizit beheben.

Stand der Umsetzung: Vgl. Implemented Safety Action for CD-2008-26C (<http://www.caso-db.uvek.admin.ch/>)

Sicherheitsempfehlung Nr. 426

"Das BAZL sollte sicherstellen, dass bis zur Umsetzung der Sicherheitsempfehlung Nr. 369 die Flugverkehrsleiter ausreichend für den Umgang mit den gegenwärtigen Verfahren geschult werden."

Eine Stellungnahme zur Umsetzung dieser Sicherheitsempfehlung ist noch ausstehend.

31. Juli 2008: OLT212 vs. BER966Z

Kurzbeschreibung: Der schwere Vorfall entstand, weil einem von Piste 28 abfliegenden Flugzeug die Starterlaubnis erteilt wurde, obwohl gleichzeitig auf die Piste 16 ein weiteres Flugzeug anflieg, dem schon die Landeerlaubnis erteilt worden war.

Sicherheitsempfehlung Nr. 411

"Das BAZL sollte veranlassen, dass die ATC Zürich mit geeigneten technischen Hilfsmitteln oder standardisierten betrieblichen Verfahren Konflikte von auf Piste landenden mit auf Piste 28 startenden Flugzeugen frühzeitig erkennen kann."

Stand der Umsetzung: Vgl. Safety Project Directive SPD-2005-12C (<http://www.caso-db.uvek.admin.ch/>)

18. Juni 2010: BCI937 vs. THA971

Kurzbeschreibung: Gleichzeitiger Startlauf der Verkehrsflugzeuge THA971 und BCI937 auf Piste 16 respektive Piste 28.

Sicherheitsempfehlung Nr. 439:

"Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte sicherstellen, dass in den in der Schweiz verwendeten Funkbetriebssystemen eine Doppelausstrahlung erkennbar ist."

Eine Stellungnahme zur Umsetzung dieser Sicherheitsempfehlung ist noch ausstehend.

15. März 2011: SWR1326 vs. SWR202W

Kurzbeschreibung: Gleichzeitiger Startlauf zweier Verkehrsflugzeuge auf Piste 16 und Piste 28.

Die oben genannten schweren Vorfällen sind in Tabelle 4 zusammengefasst und nach ihren zugehörigen kritischen Kreuzungspunkten (1 – 6) gegliedert.

Nummer	Beschreibung	Schwere Vorfälle
1	Kreuzung zwischen Piste 16 und Piste 28	SWR195Z vs. TAR485
		OLT212 vs. BER966Z
		SWR754 vs. SAA275
		BCI937 vs. THA971
		SWR1326 vs. SWR202W
2	Kreuzung zwischen Piste 28 und Rollweg E	TAP5327 vs. CRX3554
		SWR1168 vs. AFR1855
3	Kreuzung zwischen Piste 28 und Rollweg J	BRT695 vs. SWR1499
4	Durchstart auf Piste 14 und Start auf Piste 10	UAE87 vs. SWR162C
5		DLH1LA vs. RJA149
6	Durchstart auf Piste 14 und Start auf Piste 16	EZS932 vs. SWR1344

Tabelle 4: Schwere Vorfälle am Flughafen Zürich gegliedert nach kritischen Kreuzungspunkten

Die kritischen Kreuzungspunkte am Boden sowie in unmittelbarer Flughafennähe sind in den Abbildungen 14 respektive 15 dargestellt.

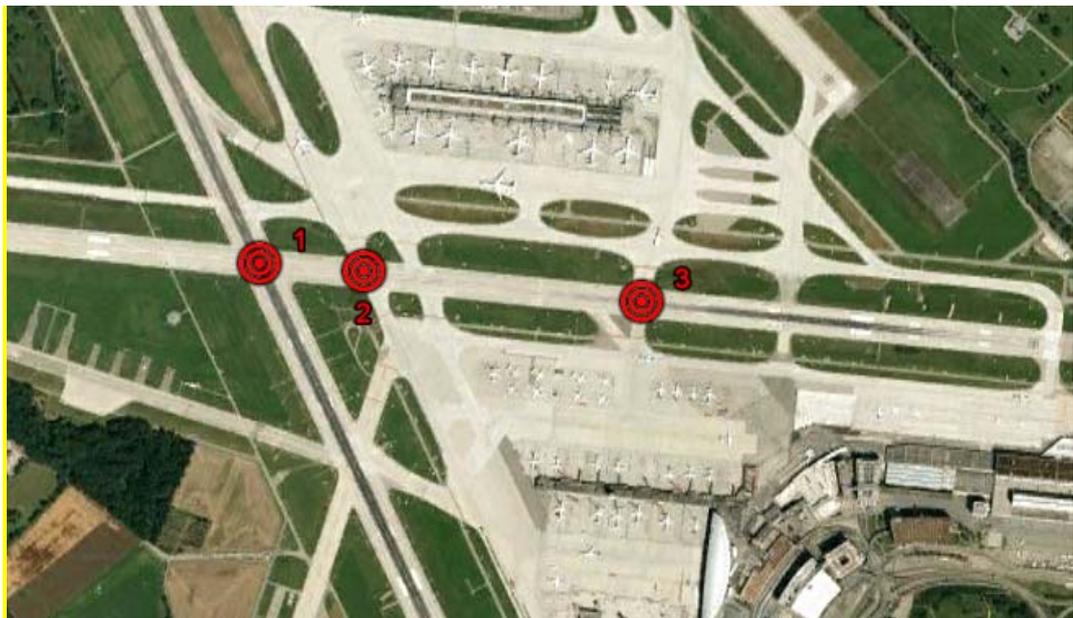


Abbildung 14: Kritische Kreuzungspunkte am Boden

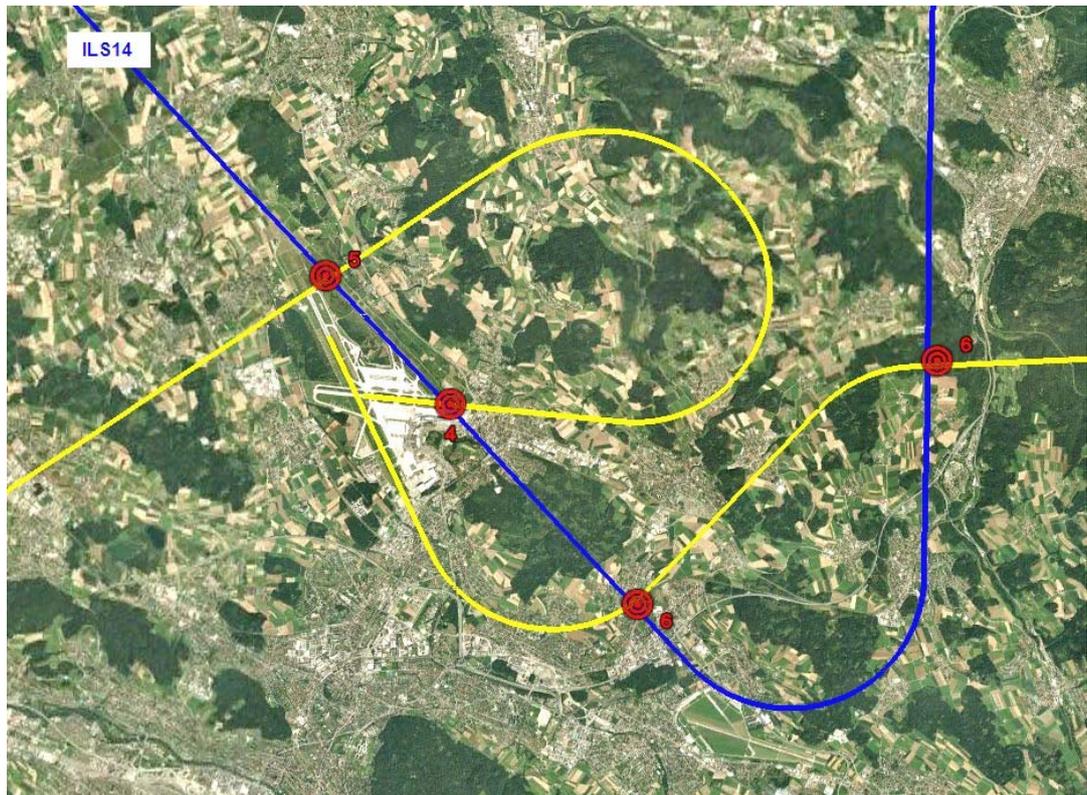


Abbildung 15: Kritische Kreuzungspunkte in Flughafennähe

Zusammengefasst entsteht der Eindruck, dass die bisher vorgenommene Verbesserung des Betriebs des Flughafens Zürich nur punktuell Risiken zu eliminieren vermag. Das ständige Auftauchen neuer Problemfelder deutet nach Auffassung der SUST darauf hin, dass das Gesamtsystem des Flughafens Zürich gegenwärtig auf eine Art betrieben wird, die weitere systeminhärente Risiken birgt.

4.1.8 Sicherheitsempfehlungen Nr. 434 – 435

Das Bundesamt für Zivilluftfahrt sollte mit der Flugsicherung Skyguide, dem Betreiber des Flughafens Zürich und mit den Benutzern des Flughafens Zürich eine umfassende Analyse der Betriebsverfahren vornehmen und alle geeigneten Massnahmen treffen, welche die Komplexität und die systemischen Risiken verringern.

Bis zur Umsetzung dieser Massnahmen, die sich aus einer solchen umfassenden Risikoanalyse ergeben, sollte wo nötig der Einsatz von zusätzlichem Personal oder von zusätzlichen bzw. verbesserten Sicherheitsnetzen angeordnet werden.

4.2 Seit dem schweren Vorfall getroffene Massnahmen

4.2.1 Durch das Bundesamt für Zivilluftfahrt

Mit Schreiben vom 22. Februar 2012 nimmt das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) zu den Sicherheitsempfehlungen unter anderem wie folgt Stellung:

Sicherheitsempfehlung Nr. 429

"Wir sind mit der Sicherheitsempfehlung einverstanden.

Getroffene Massnahmen:

Seit März 2011 wurden insgesamt 13 neue Releases im System SAMAX/RIMCAS (Safety Net) implementiert. Das letzte Update folgte am 15.12.11."

Sicherheitsempfehlung Nr. 430

"Wir sind mit der Sicherheitsempfehlung grundsätzlich einverstanden. Nicht einverstanden wäre das BAZL mit einer Auflage bzw. deren Interpretation, dass Messflüge zwingend ausserhalb der Betriebszeiten durchgeführt werden müssten. Die unterschiedliche Auslastung des Flughafens Zürich erlaubt es, im Einzelfall Messflüge auch während des Tages durchzuführen.

Getroffene Massnahmen:

Am 1. April 2011 wurde der revidierte Art. 39d Abs. 3 lit. B) VIL in Kraft gesetzt. Damit ist nun eine ausreichende Rechtsgrundlage vorhanden, um Messflüge auf den Landesflughäfen Genf und Zürich, sofern sich diese nicht während des Tagesbetriebs ordnungsgemäss abwickeln lassen, auch vorübergehend während der Nachtzeiten (22 und 6 Uhr) zu bewilligen. Gestützt darauf wurde für das Jahr 2011 vom BAZL eine temporäre Bewilligung erteilt; die Bewilligung für Messflüge während der Nachtzeiten für März und August/September 2012 wird vom BAZL bis Ende Februar 2012 erteilt."

Sicherheitsempfehlung Nr. 431

"Wir sind mit der Sicherheitsempfehlung einverstanden.

Getroffene Massnahmen:

Die verlangte Prüfung wurde vorgenommen. Die Belastung des ADC während Spezialflügen (Fotoflüge etc.) wurde durch Restriktion "nur ein Spez.-Flug auf einmal" gesenkt. Die Massnahme ist seit Ende Jahr 2011 in Kraft, sie wird aufgrund der geringen Anzahl entsprechender Anfragen aber erst auf die Sommersaison 2012 hin greifen. Eine Verringerung der Belastung der ADC auch während komplexen oder ausserordentlichen Verkehrssituationen wird derzeit im Rahmen des "ADC2 Konzepts" überprüft."

Sicherheitsempfehlung Nr. 432

"Wir sind mit der Sicherheitsempfehlung einverstanden.

Getroffene Massnahmen:

Aufgrund der vorgenommenen Priorisierung der erforderlichen Massnahmen hat die entsprechende Prüfung noch nicht stattgefunden. Sofortmassnahmen im Zusammenhang mit der Verlegung von Messflügen in die Nachtzeit wurden bereits eingeleitet (siehe SE Nr. 430)."

Sicherheitsempfehlung Nr. 433

"Wir sind mit der Sicherheitsempfehlung einverstanden.

Getroffene Massnahmen:

(...). Es wurde ein Finding formuliert, welches Skyguide auferlegt, ein solches Verfahren auch für die laufende Operation sowie bei Unfällen oder schweren Vorfällen auszuarbeiten und einzuführen. (...) Der genaue Zeitpunkt der Umsetzung steht mithin noch nicht fest."

Sicherheitsempfehlung Nr. 434

"Wir sind mit der Sicherheitsempfehlung einverstanden.

Getroffene Massnahmen:

(...). Die Ergebnisse dieser Arbeiten (Gefahrenkatalog, Gesamtbetrachtung, Risikodefinition) lagen im Herbst 2011 vor.

(...)

Die kurzfristigen Massnahmen sollten mehrheitlich bis Ende 2012 umgesetzt sein. Im Wesentlichen handelt es sich um die Folgenden:

- Teilweise arbeitet ein zusätzlicher Flugverkehrsleiter im Tower für Runway 14 (sog. ADC2 Konzept; vgl. Sicherheitsempfehlung Nr. 431)*
- Verlegung von Messflügen in Zeiten mit weniger Verkehr (vgl. Sicherheitsempfehlung Nr. 430)*
- Prüfung von speziellen Runway Status Lights*
- Prüfung der Installation einer automatisierten Pistenstatusanzeige*
- Update Warnsystem SAMAX/RIMCAS (vgl. SE Nr. 429)*
- Adaptiertes Slotsystem für Helikopter zwecks Erleichterung des Betriebs*

Zudem hat sich die Arbeitsgruppe auch mit mittel- bis langfristigen Massnahmen zur sicherheitsmässigen Sanierung des Gesamtsystems Flughafen Zürich befasst. Sie finden ihren Niederschlag in den jetzt laufenden Arbeiten im Zusammenhang mit der Sachplanung Infrastruktur der Luftfahrt (SIL) für den Flughafen Zürich und sollen vorab zu weiteren Entflechtungen des Flugbetriebs führen. (...)"

Sicherheitsempfehlung Nr. 435

"Wir sind mit der Sicherheitsempfehlung einverstanden.

Getroffene Massnahmen:

Vgl. die Ausführungen zur Sicherheitsempfehlung 434."

4.2.2 Durch das Flugsicherungsunternehmen Skyguide

Mit Schreiben vom 20. Februar 2012 teilt Skyguide mit, dass sie unter anderem an verschiedenen Stellen zusammengefasst folgende Massnahmen ergriffen hat:

4.2.2.1 RIMCAS

Skyguide hat in Zusammenarbeit mit dem Softwarehersteller am 6. Juli 2011 und am 14. Dezember 2011 Verbesserungen beim System RIMCAS eingeführt. So wurden unter anderem die Fehlalarme (*nuisance alerts*) reduziert, ebenso wurden die Parameter für Starts auf sich kreuzenden Pisten verändert (vgl. auch Kapitel 4.2.1: getroffene Massnahmen zur Sicherheitsempfehlung Nr. 429.) In einem Memo von Skyguide, datiert vom 10. Dezember 2011, wird unter anderem folgendes festgehalten: *"To overcome the configuration limitations related to RWY intersection, a new SAMAX release will be implemented at 14th of December 2011. With this major release the tool can be configured differently for aircraft/aircraft and aircraft/vehicle situations."*

4.2.2.2 Vermessungsflüge

Skyguide hat die Verfahren für Vermessungsflüge per 8. März 2012 geändert. Unter anderem werden Messflüge neu zwischen 14:00 und 15:30 und zwischen 22:15 und 02:00 LT durchgeführt. Ein zusätzlicher Flugverkehrsleiter muss im Kontrollturm anwesend sein. Es werden keine weiteren Spezialflüge während dieser Zeit bewilligt, und die Annahmerate für landenden Verkehr wird herabgesetzt. (vgl. Kapitel 4.2.1: getroffene Massnahmen zur Sicherheitsempfehlung Nr. 430).

4.2.2.3 Flugverkehrsleiter ADC

Die Geschäftsleitung von Skyguide beschloss kurz nach dem schweren Vorfall vom 15. März 2011, den betreffenden Flugverkehrsleiter nicht mehr an den Arbeitsplätzen im Kontrollturm einzusetzen, bis alle Untersuchungsergebnisse analysiert sind und die Verfahren bei schweren Vorfällen weiterentwickelt sind.

4.2.2.4 Frequenzbelastung ADC

Skyguide hat mit Wirkung ab 30. Juni 2011 mit einem AIP *amendment* und einer internen dienstlichen Weisung einige Sprechfunkverfahren so abgeändert, dass die Aufrufe der Piloten kürzer ausfallen und somit die Frequenzbelastung der tower Frequenz verringert wird.

4.2.3 Durch den Flughafenbetreiber

Mit Schreiben vom 10. Februar 2012 teilt die verantwortliche Stelle des Flughafens Zürich unter anderem folgendes mit:

"(...) haben wir zusammen mit Skyguide sodann gemäss der Sicherheitsempfehlung Nr. 429 verschiedene Verbesserungen des Warnsystems RIMCAS umgesetzt, mit denen das System dahingehend optimiert wurde, dass Situationen wie diejenige am 15. März 2011 frühzeitig detektiert werden und zeitgerecht ein Alarm ausgelöst wird. (...). So fanden unter Leitung der Flughafen Zürich AG Anfangs Dezember 2011 zwei Workshops unter Beteiligung von Skyguide, der Luftwaffe und Swiss sowie BAZL und CASO als Observer statt. Dabei wurden verschiedene kurzfristige sowie mittel- bis langfristige Massnahmen identifiziert, um namentlich die Komplexität des Gesamtsystems in Zürich zu reduzieren sowie andere identifizierte Risiken zu mitigieren (vgl. Kapitel 4.2.1: getroffene Massnahmen zur Sicherheitsempfehlung Nr. 434). (...)."

Payerne, 6. März 2012

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, 2. Mai 2012

Anlagen

Anlage 1: Aufzeichnungen des RIMCAS während dem Startlauf



11:41:17 UTC: SWR 1326 erhält die Freigabe in die Startposition auf Piste 16 zu rollen



11:42:18 UTC: SWR 225G hat die Freigabe erhalten, die Piste 28 zu kreuzen (Piste wird rot).

11:42:19 UTC: SWR 1326 erhält die Startfreigabe auf Piste 16



11:43:05 UTC: SWR 202W erhält die Startfreigabe auf Piste 28, SWR 1326 beginnt den Startlauf



11:43:40 UTC: das RIMCAS System generiert eine Stufe 2 Warnung (Flugzeugmarken werden rot)



11:43:49 UTC: SWR 202W erhält die Anweisung: "Swiss two zero two Whiskey stop immediately."

Anlage 2: Arbeitsteilung beim Start

gemäss OM B Kapitel 2.04.10 (Ausschnitt):

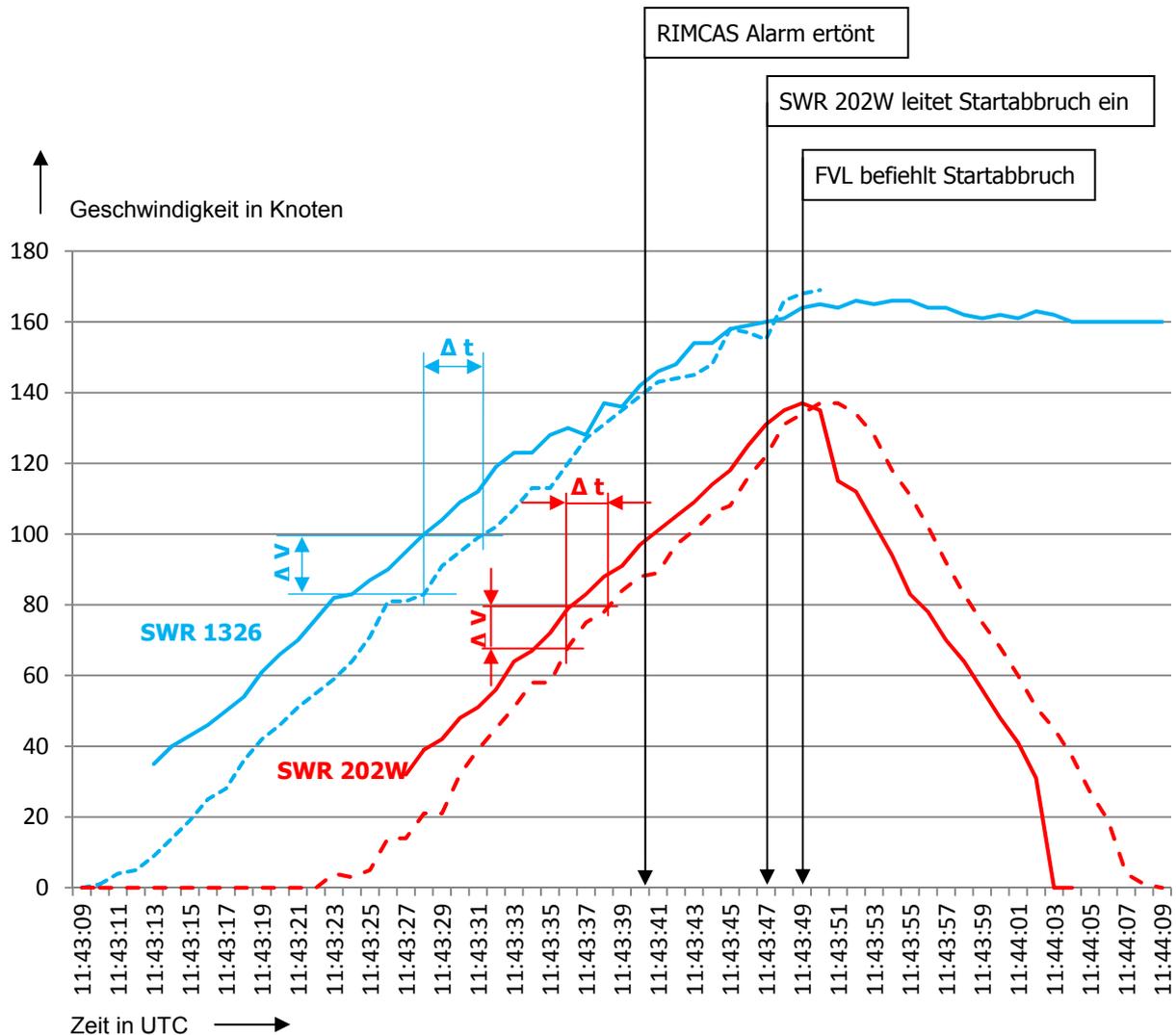
TASK SHARING DURING T/O AND INITIAL CLIMB

The PIC keeps his right hand on the thrust levers until V1 call out in order to be ready to reject the take-off, if necessary.

Flight phase, event	THE PIC SHALL	THE COPILOT SHALL
Cleared for take-off and upon lining up	<ul style="list-style-type: none"> – Call out "TAKE-OFF" – Advance thrust levers and check that both engines accelerate symmetrically to 50% N1 	
Copilot take-off	<ul style="list-style-type: none"> – Order "YOUR CONTROLS" – Advance thrust levers to FLX or TOGA detent as appropriate 	Confirm handover by calling "MY CONTROLS"
Thrust levers in FLX or TOGA detent	Both pilots check that	<ul style="list-style-type: none"> – FMA shows appropriate mode – ND shows correct T/O position

Flight phase, event	THE PF SHALL	THE PNF SHALL
Before 80 kt	<ul style="list-style-type: none"> – Hold side stick maintaining half forward deflection until 80 kt to restrict nose up effect at take-off thrust setting, releasing it progressively to reach neutral at 100 kt. (Notes 1, 2) – Verify on EW/D that take-off thrust is set and confirm "CHECKED" 	<ul style="list-style-type: none"> – Check that take-off thrust is set, check EGT and call out "TAKE-OFF THRUST SET" – Monitor essential engine and flight instruments (e.g. N1, EGT, airspeed) and call out any anomalies – Be ready for immediate take-over by placing his hand close to side stick
At 100 kt	Cross check on PFD and confirm "CHECKED"	Call out "ONE HUNDRED" (Note 3)
At V1		Announce "V1"
At VR	Start smooth rotation with about 3-4 deg/sec towards 15° ANU. After lift off follow pitch bar. If FD not usable, climb with V2+10 (initially 15° ANU, maximum 18° ANU)	Call out "ROTATE"
When clear of ground and positive rate of climb is established	Order "GEAR UP"	Check positive rate, select gear up and monitor proper gear retraction
Above 100 ft RH: AP may be engaged	<ul style="list-style-type: none"> – Order "ENGAGE AUTOPILOT 1 (OR 2)" – Check FMA and confirm "CHECKED" – Check that NAV engages, if NAV is armed 	Engage AP 1 (or 2), check on FMA and confirm "AP 1 (or 2)"

Anlage 4: Geschwindigkeitsverlauf der beiden Flugzeuge

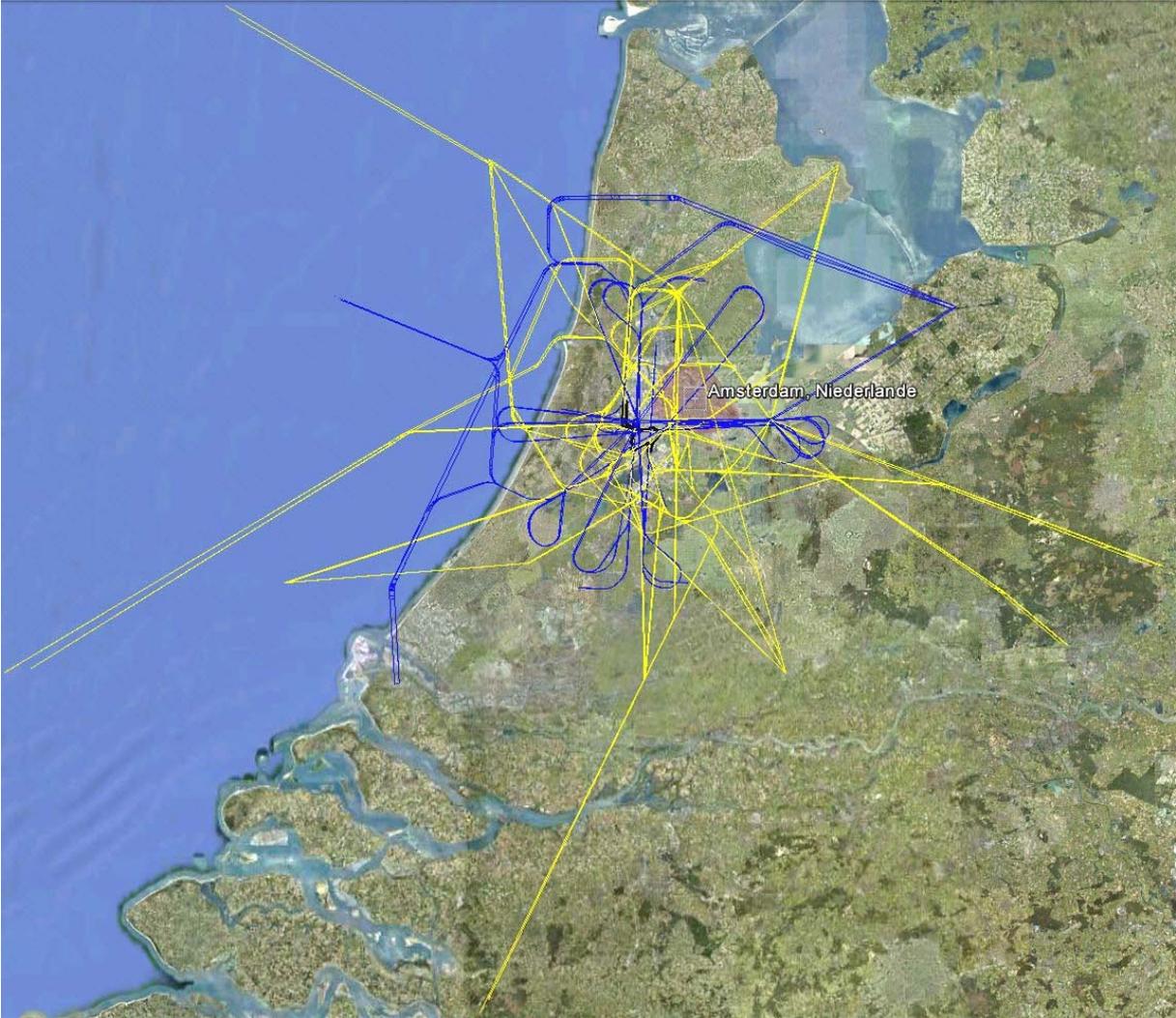


- SWR 1326, Geschwindigkeitsverlauf gemäss DFDR (*digital flight data recorder*)
- - - SWR 1326, Geschwindigkeitsverlauf gemäss RIMCAS Aufzeichnung
- SWR 202W, Geschwindigkeitsverlauf gemäss DFDR (*digital flight data recorder*)
- - - SWR 202W, Geschwindigkeitsverlauf gemäss RIMCAS Aufzeichnung

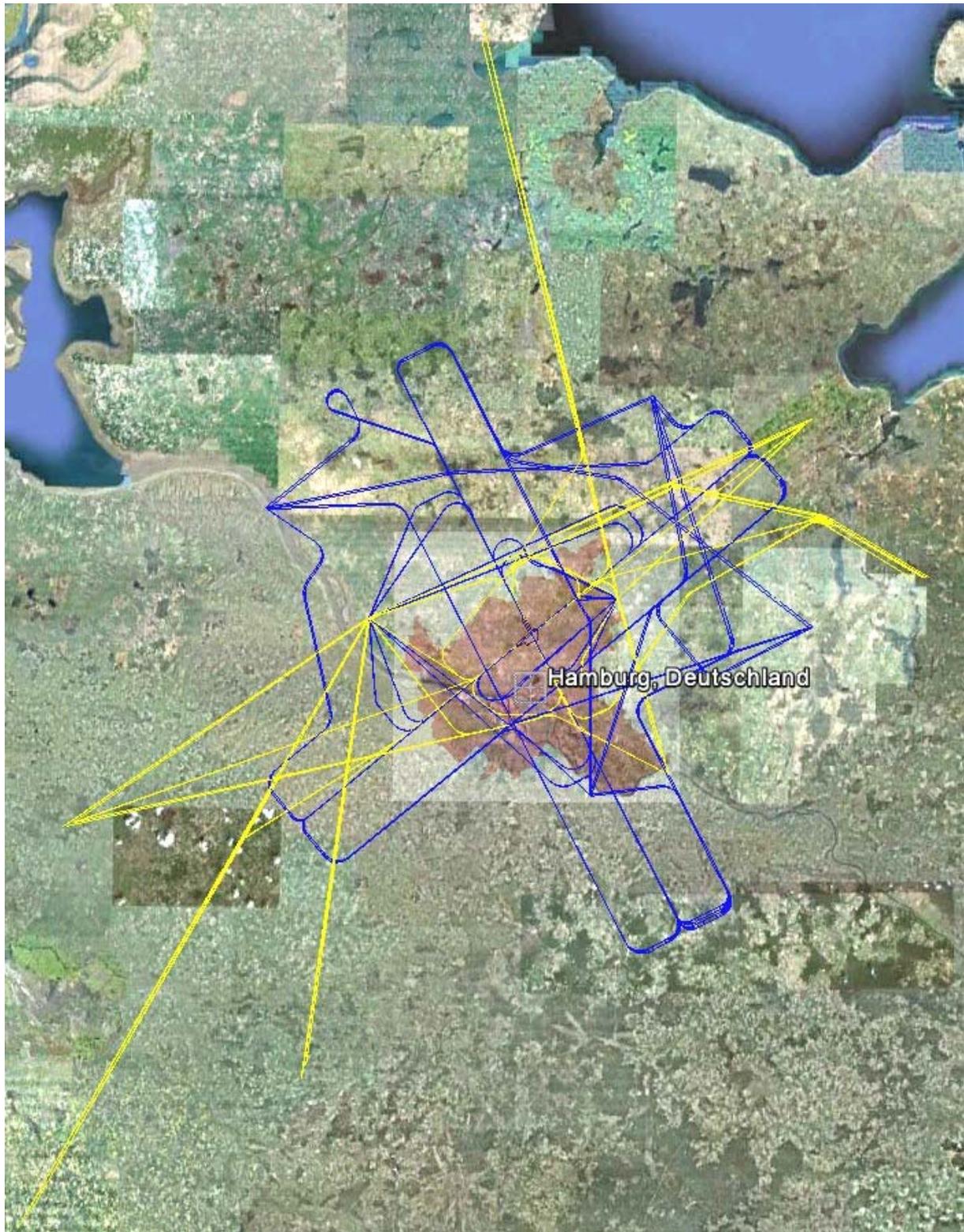
Beispiel: SWR 1326 hat bei 100 kt eine RIMCAS-Geschwindigkeitsanzeige von 83 kt (100 kt wird 3 Sekunden später angezeigt; $\Delta V = 17$ kt, $\Delta t = 3$ Sekunden)

SWR 202W hat bei 80 kt eine RIMCAS-Geschwindigkeitsangabe von 69 kt (80 kt wird erst zweieinhalb Sekunden später angezeigt; $\Delta V = 11$ kt, $\Delta t = 2.5$ Sekunden)

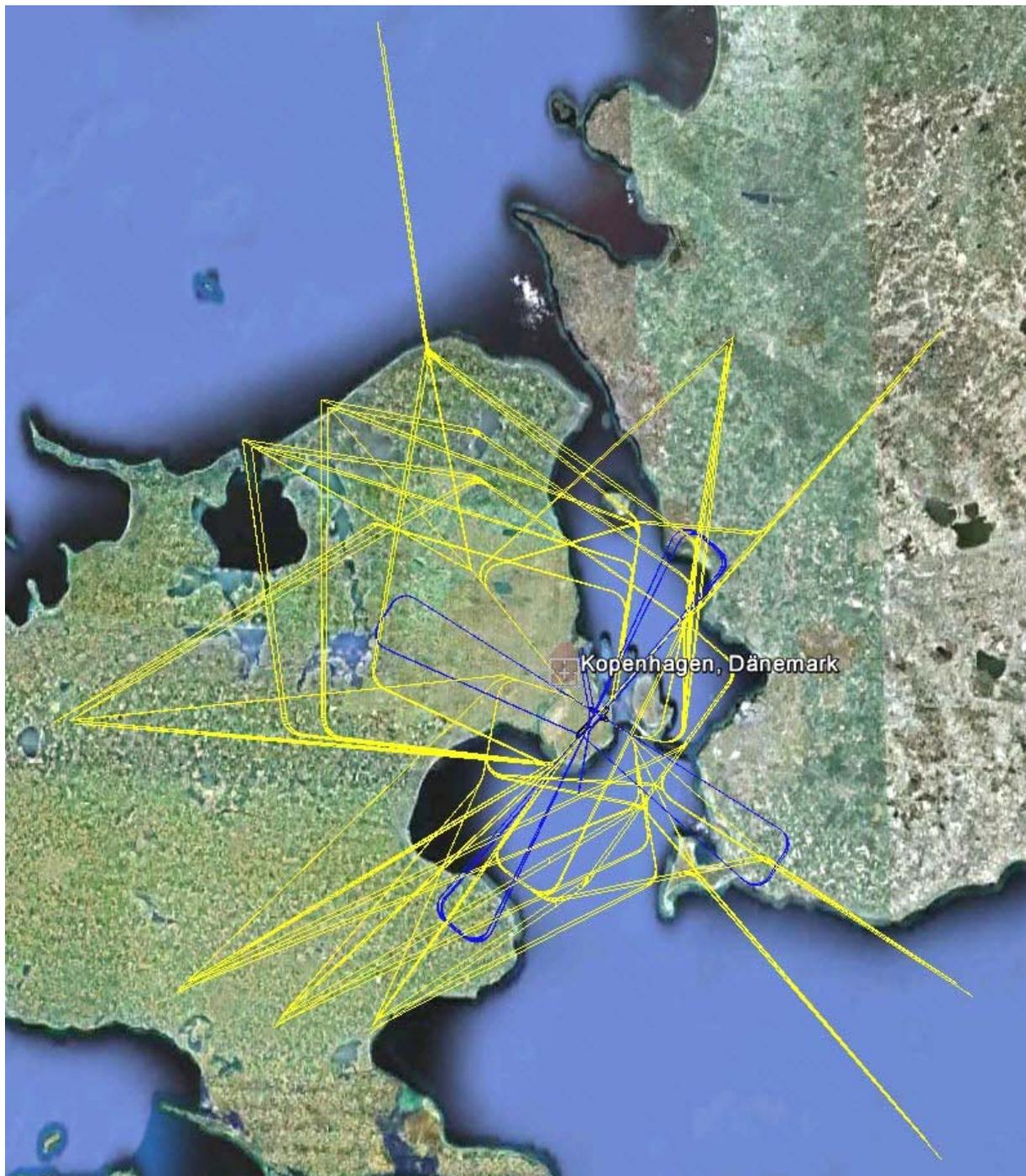
Anlage 5: An- und Abflugverfahren von Amsterdam (EHAM)



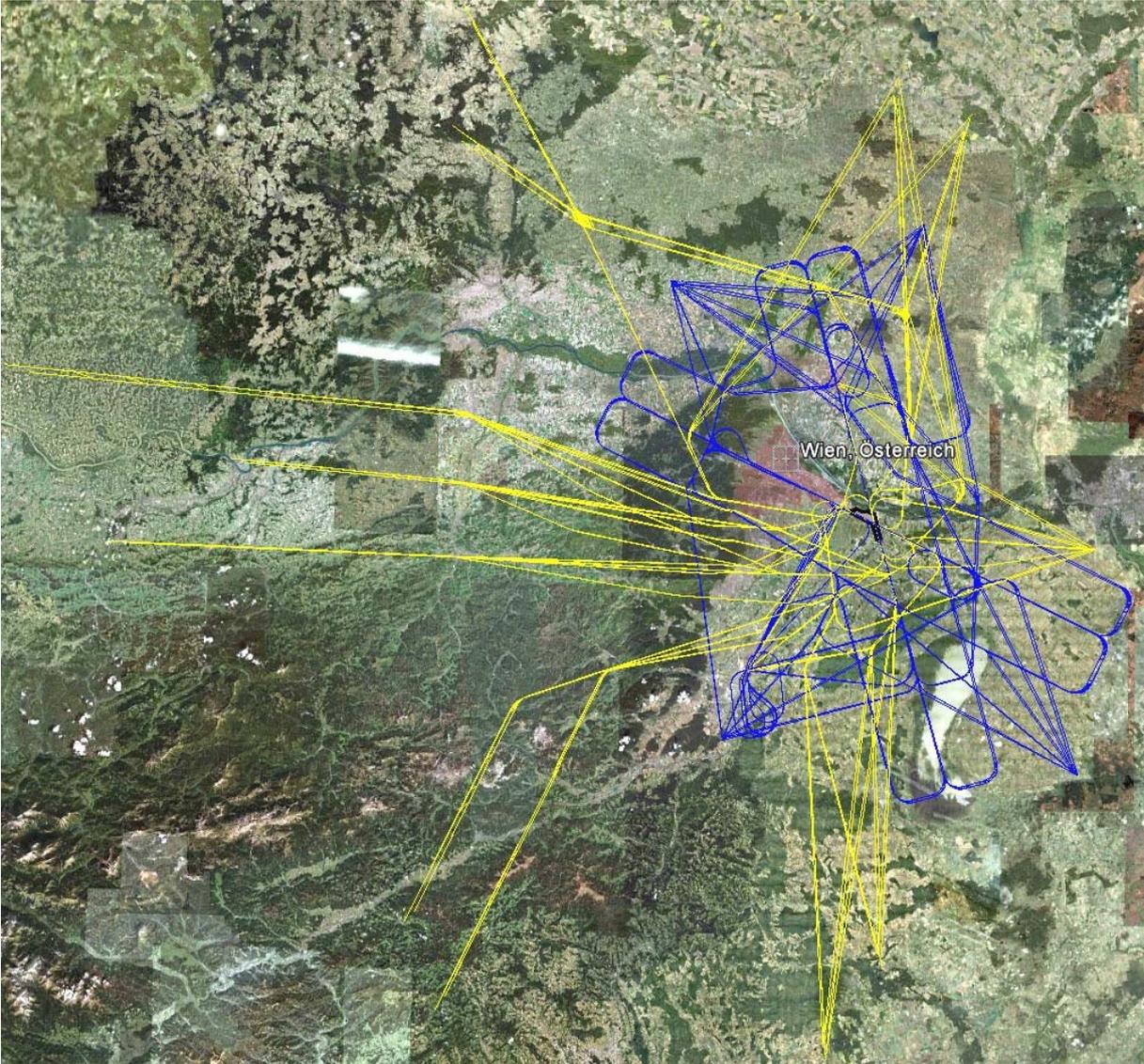
Anlage 6: An- und Abflugverfahren von Hamburg (EDDH)



Anlage 7: An- und Abflugverfahren von Kopenhagen (EKCH)



Anlage 8: An- und Abflugverfahren von Wien (LOWW)



Anlage 9: An- und Abflugverfahren von Zürich (LSZH)



Anlage 10: Statistische Daten zum Abflugverkehr von Zürich im Jahr 2010

Piste (# SIDs)	Designator ¹²	Jet		Prop		131'612	pro Pisten-ende [%]	pro Total [%]
P-10 (10)	A1C	0		0		0		
	A1D	0		0		0		
	D1D	259	7.72%	160	56.74%	419	11.53%	0.32%
	D1E	1'447	43.16%	4	1.42%	1'451	39.92%	1.10%
	G1C	221	6.59%	21	7.45%	242	6.66%	0.18%
	G1E	0		0		0		
	V2E	1'405	41.90%	64	22.70%	1'469	40.41%	1.12%
	W2C ¹³	0	0.00%	10	3.55%	10	0.28%	0.01%
	W2D	9	0.27%	4	1.42%	13	0.36%	0.01%
	Z1D	12	0.36%	19	6.74%	31	0.85%	0.02%
Total	10	3'353	100.00%	282	100.00%	3'635	100.00%	2.76%
P-28 (6)	A1V	4	0.01%	14	0.19%	18	0.02%	0.01%
	D1W	37'272	47.35%	4'002	55.18%	41'274	48.01%	31.36%
	G1W	1	0.00%	0		1	0.00%	0.00%
	V2W	41'123	52.24%	2'354	32.46%	43'477	50.57%	33.03%
	W2V	181	0.23%	443	6.11%	624	0.73%	0.47%
	Z1V	140	0.18%	439	6.05%	579	0.67%	0.44%
Total	6	78'721	100.00%	7'252	100.00%	85'973	100.00%	65.32%
P-14 (7)	A2A	0		0		0		
	D2A	0		0		0		
	D2B	0		0		0		
	G2B	0		0		0		
	V3B	1	100.00%	0		1		0.00%
	W3A	0		0		0		
	Z2A	0		0		0		
Total	7	1	100.00%	0		1		0.00%
P-32 (10)	A1M	1	0.01%	0		1	0.01%	0.00%
	D1N	5'783	38.27%	165	24.48%	5'948	37.68%	4.52%
	D2L	3'862	25.56%	247	36.65%	4'109	26.03%	3.12%
	G1N	0		0		0		
	S1N	0		0		0		
	S2L	0		0		0		
	V2N	5'440	36.00%	238	35.31%	5'678	35.97%	4.31%
	W2M	18	0.12%	8	1.19%	26	0.16%	0.02%
	Z1M	5	0.03%	16	2.37%	21	0.13%	0.02%

¹² Der Begriff *Designator* steht für den abgekürzten Endpunkt des SID verbunden mit einer charakteristischen Zahl und einem Buchstaben; so bezeichnet beispielsweise "A1C" ausgeschrieben das SID ALBIX 1C

¹³ W2C ab Piste 10: ein Prop-SID (nicht eingezeichnet in Anlage 9)

	Z2L	1	0.01%	0		1	0.01%	0.00%
Total	10	15'110	100.00%	674	100.00%	15'784	100.00%	11.99%
P-16 (12)								
	A1R	0		0		0		
	D1R (V)	596	3.50%	20	62.50%	616	3.61%	0.47%
	D1S (V)	10'269	60.30%	3	9.38%	10'272	60.20%	7.80%
	G1S (V)	0		0		0		
	V2S (V)	6'160	36.17%	5	15.63%	6'165	36.13%	4.68%
	W2Q ¹⁴	0		3	9.38%	3	0.02%	0.00%
	W2R	3	0.02%	0		3	0.02%	0.00%
	Z1R	2	0.01%	1	3.13%	3	0.02%	0.00%
Total	12	17'030	100.00%	32	100.00%	17'062	100.00%	12.96%
P-34 (10)								
	A1G	0		0		0		
	D1H	3'090	57.06%	4	57.14%	3'094	57.06%	2.35%
	D2F	557	10.29%	0		557	10.27%	0.42%
	G1H	0		0		0		
	S1H	0		0		0		
	S2F	0		0		0		
	V2H	1'766	32.61%	3	42.86%	1'769	32.63%	1.34%
	W2G	1	0.02%	0		1	0.02%	0.00%
	Z1G	0		0		0		
	Z2F	1	0.02%	0		1	0.02%	0.00%
Total	10	5'415	100.00%	7	100.00%	5'422	100.00%	4.12%
Diverses								
	Vxx ¹⁵	9		3'726		3'735		2.84%
								100.00%

Anlage 11: Abflugrouten mit Umlenkverkehr in Flughafennähe



¹⁴ W2Q ab Piste 16: ein Prop-SID (nicht eingezeichnet in Anlage 9)

¹⁵ Vxx: VFR Abflugverfahren