



SCHLUSSBERICHT
ÜBER DIE RADARSYSTEME
VON
SKYGUIDE
des Büros für
Flugunfalluntersuchungen

Bemerkung: Die gültigen Formulierungen für diesen Bericht liegen in deutscher Sprache vor.

0	Einleitung.....	2
0.1	Primäres Radar (PSR = Primary Surveillance Radar).....	2
0.2	Sekundärradar (SSR = Secondary Surveillance Radar).....	2
0.3	MRT und Auslegung des Radarsystems von Skyguide.....	4
0.4	Der Kontrollraum.....	6
1	Berichte über Vorfälle im Luftverkehr (ATIR) als Ursprung dieser Untersuchung.....	
1.1	Zusammengefasste Sicherheitsempfehlung.....	7
1.1.1	Zum Punkt 1: Einhaltung der Normen der Eurocontrol für Radarsysteme.....	7
1.1.2	Zum Punkt 2: Vollständigkeit der Luftlagedarstellung auf dem Bildschirm des FVL.....	8
1.1.3	Zum Punkt 3: Bestimmung des "Legal Recording" der Luftlage.....	8
2	Genauigkeit des Radarsystems.....	9
2.1	Beschreibung des Sachverhalts.....	9
2.2	Befund.....	10
2.2.1	Vom Radarsystem geforderte Leistungen.....	10
2.2.2	Messflüge.....	12
2.2.3	Messflug vom 30. Juni 2000.....	13
2.2.4	Messflug vom 5. Dezember 2000.....	18
2.2.5	AIRPROX vom 7. Mai 2001.....	19
2.3	Analyse.....	21
2.3.1	Genauigkeit der Luftlage ohne Darstellungssystem.....	21
2.3.2	Genauigkeit der SSR.....	22
2.3.3	Genauigkeit des MRT.....	24
2.3.4	Abweichung der Darstellungen bezüglich des AIRPROX vom 7. Mai 2001.....	26
2.4	Zusammenfassung.....	26
2.5	Sicherheitsempfehlungen.....	27
3	Flugverkehr, der vom Bildschirm der FVL verschwindet oder nicht dargestellt wird.....	29
3.1	Beschreibung des Sachverhalts.....	29
3.2	Befund.....	31
3.2.1	Störungen der Transponder durch Richtstrahlverbindungen.....	31
3.2.2	Transponder ausserhalb der Spezifikation.....	31
3.2.3	ORCAM am Beispiel des AIRPROX vom 24. August 2000.....	32
3.2.4	Überschreiten der Kapazität der Elemente des Radarsystems.....	32
3.2.5	Flugzeuge ohne Transponder (Primärradar).....	36
3.2.6	Luftraum ohne Radarüberdeckung.....	37
3.3	Analyse.....	37
3.3.1	Störungen der Transponder durch Richtstrahlverbindungen.....	37
3.3.2	Transponder ausserhalb der Spezifikation.....	37
3.3.3	Flugzeuge aus einer benachbarten ORCAM Zone.....	38
3.3.4	Kapazität und Überlast der Elemente des Radarsystems.....	38
3.3.5	Flugzeuge ohne Transponder (Primärradar).....	38
3.3.6	Luftraum ohne Radarüberdeckung.....	39
3.4	Zusammenfassung.....	39
3.5	Sicherheitsempfehlungen.....	39
4	Legal Recording der Luftlage.....	41
4.1	Beschreibung des Sachverhalts.....	41
4.2	Befund.....	41
4.3	Analyse.....	42
4.4	Zusammenfassung.....	43
4.5	Sicherheitsempfehlungen.....	43
5	Glossar.....	44

0 Einleitung

Anmerkung : In diesem Bericht impliziert der Begriff „Radarsystem“ die Gesamtheit der Verarbeitungskette von der Radarantenne bis zur Darstellung der Luftlage auf dem Bildschirm der Flugverkehrsleiter (FVL): die primären und sekundären Radare, die Informationsübertragungen, die Systeme, welche die Daten der Radare zusammenfügen und die Flugwege verfolgen (MRT =Multi Radar Tracker) sowie die Arbeitsstationen, die den FVL die Luftlage anzeigen.

Der vorliegende Bericht bezieht sich vorwiegend auf den Stand der Systeme vor Ende des Jahres 2000. Allfällige Verbesserungen, welche seither vorgenommen wurden, sind nicht berücksichtigt.

Der aktuelle Firmenname „Skyguide“ wird auch auf für die frühere Bezeichnung „swisscontrol“ verwendet.

0.1 Primäres Radar (PSR = Primary Surveillance Radar)

Ein primäres Radar ist ein Gerät zur Überwachung des Luftraumes. Dazu werden von einem Sender über eine Antenne Mikrowellenpulse ausgesandt, welche vom Flugobjekt teilweise zur Antenne zurück reflektiert werden. Ein Empfänger misst die Zeit zwischen dem Aussenden und der Rückkehr des Pulses. Diese Laufzeit und die Richtung des Pulses ermöglichen die Berechnung der Position des Flugobjekts.

Heute gibt es primäre Radare mit 2D (Distanz und Azimut) oder mit 3D (Distanz, Azimut, Elevation) Positionsbestimmung.

Primäre (PSR) Radare erlauben es, im überwachten Luftraum alle Flugobjekte, welche genügend Radarstrahlung zurück reflektieren, zu detektieren und verfolgen (inkl. meteorologische Ereignisse, Vogelschwärme, Hängegleiter, „ground clutter“, etc.). Diese zusätzlichen Informationen, welche das primäre Radar liefert, können zum Teil ausgefiltert werden.

Für die Kontrolle des Luftverkehrs, sind diese Informationen nicht immer nötig, für die Überwachung des Luftraumes sind die PSR hingegen unabdingbar.

Ein primäres Radar verbraucht ca. 100 kW Energie.

0.2 Sekundärradar (SSR = Secondary Surveillance Radar)

Ein SSR ist ein Gerät zur Kontrolle und Führung des Flugverkehrs. Dazu werden von einem Sender codierte Mikrowellenpulse zum Flugzeug gesandt. Das Flugzeug beantwortet die Anfrage des SSR mittels eines Transponders. Der Empfänger des SSR wertet die in der Antwort des Flugzeugs enthaltene Information aus.

SSR erlauben es, im kontrollierten Luftraum die Positionen, die Druckhöhe und die Identität der antwortenden Flugzeuge darzustellen.

Das SSR wird von der Zivilluftfahrt seit 1954 verwendet.

Radarbericht

Das Prinzip des SSR (Mode A und Mode C) erlaubt es heute nicht, die Identifikations- und Flughöhencodes auf Fehler zu überprüfen.

Ein sekundäres Radar verbraucht ca. 1 kW Energie.

0.3 MRT und Auslegung des Radarsystems von Skyguide.

In der Schweiz gibt es 2 „Air Traffic Control Areas of Responsibility“ (=ATCAR) in Genf und Zürich. Beide kontrollieren den Luftraum „en-route“ und „Approach“.

In der Schweiz gibt es drei weitreichende Radarstationen, die „en-route“-Radar genannt werden (La Dôle, Lägern und TG), sowie zwei „Approach“-Radarstationen (Cointrin und Kloten-Holberg).

Weiterhin stehen vier ausländische Radarstationen zu Verfügung, um die nationale Überdeckung zu vervollständigen und die Übergabe der Kontrolle des betroffenen Flugverkehrs an die benachbarten Kontrollzentren zu gewährleisten (Paris, Reims, Aix, Mailand, Karlsruhe, München etc.).

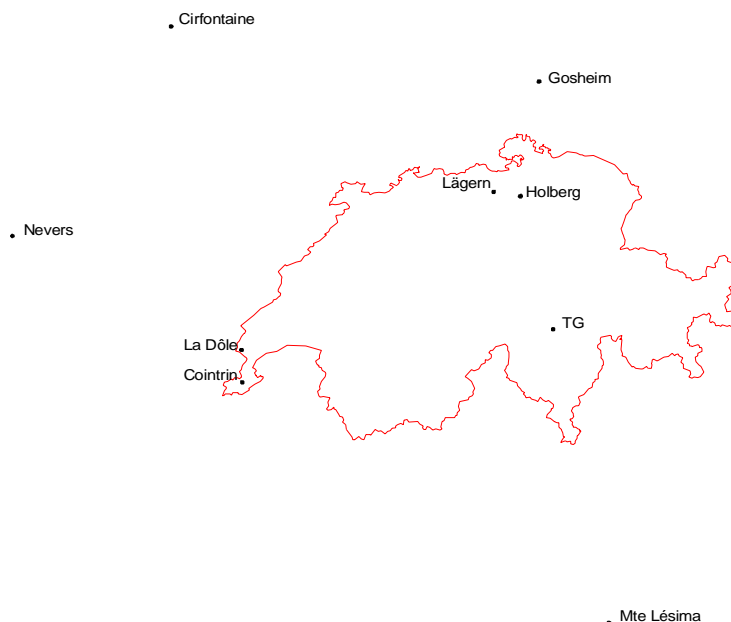


Abbildung 1: geographische Situation der von den zwei Schweizer ATCAR verwendeten Radarstationen.

Diese neun Stationen sind alle mit SSR des Typs „Monopulse“ ausgestattet (Materialgenerationen 1985-1995). Sie sind teilweise auch mit PSR bestückt. Für ACC Genf werden nur SSR Daten verwendet

Die beiden Schweizer ATCAR verwenden ein MRT, das von der Firma „Thomson-CSF“ Anfang der 80er Jahre entwickelt wurde.

Die MRT in Genf und Zürich sind identisch, verwenden aber die fest vordefinierten, am besten für ihre Region geeigneten Radarquellen und nicht die Gesamtheit der zur Verfügung stehenden Radare; bzw. die Radare mit der besten Qualität der Daten.

Die Radarinformation kann auch den Flugplänen zugeordnet sein, wodurch es möglich wird, auf den Radarschirmen ein „callsign“ (z.B. SWR311) anstelle des SSR-Identifikationscodes erscheinen zu lassen (Mode A, z.B. A1723). Dadurch gewährleistet der MRT die Zuordnung der Radardaten zu den Flugplänen für die Erfordernisse der „En-Route“- und „Approach“ ATC.

Radarbericht

Das Genfer MRT wird mit den Informationen der folgenden sieben Radarstationen gespeist: Lägern, La Dôle, TG, Cointrin, Nevers, Chaumont und Mte Lésima.

Das Zürcher MRT wird mit den Informationen der folgenden sechs Radarstationen gespeist: Lägern, La Dôle, TG, Holberg, Gosheim und Mte Lésima.

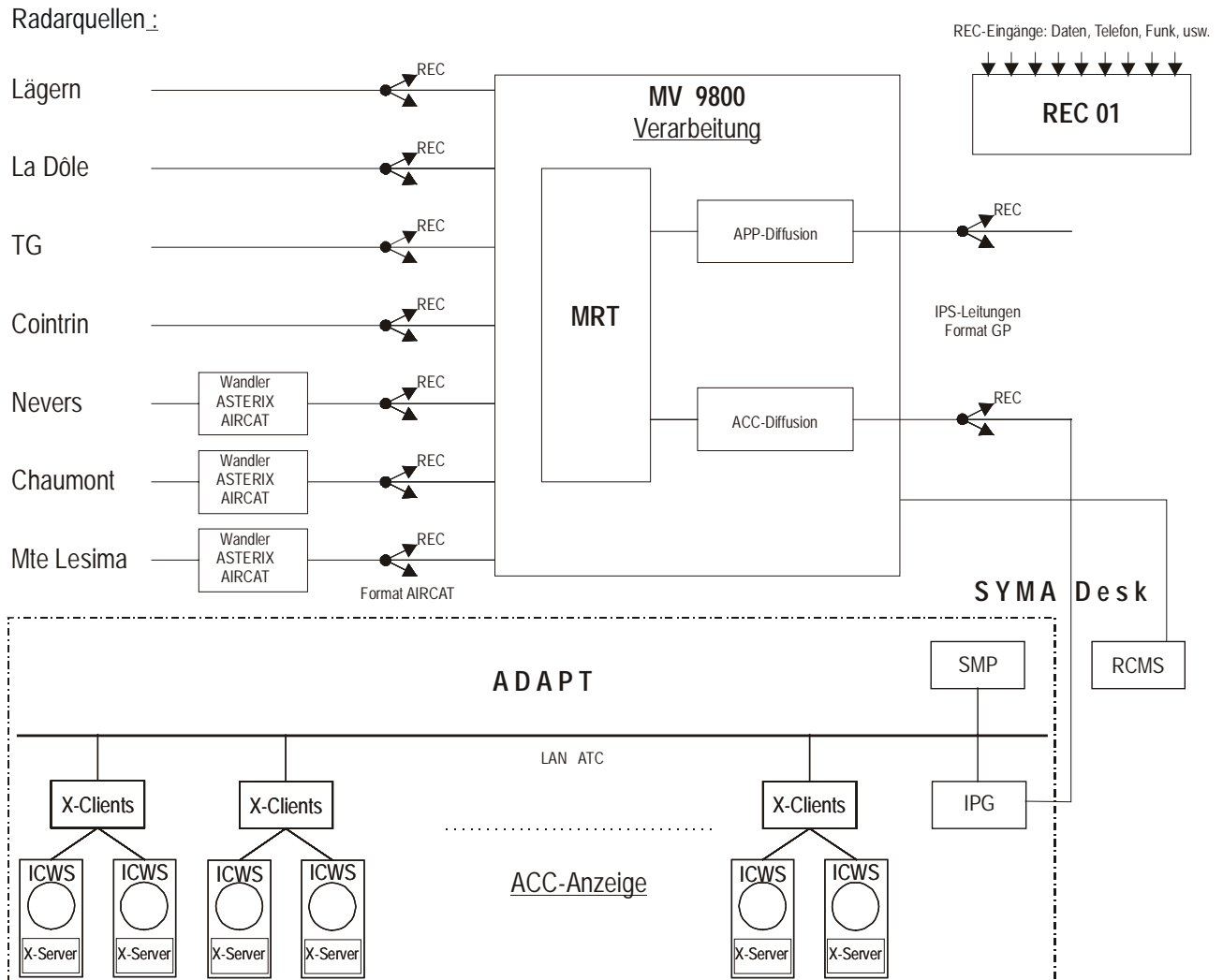


Abbildung 2: Struktur des Radarsystem von Skyguide (ATCAR Genf).

Das in Abbildung 2 dargestellte Radarsystem zeigt die Radarquellen und ihre Übertragung zum Verarbeitungssystem MRT. Die eingehenden und ausgehenden Informationen des MRT werden vom Teilsystem REC01 für die Erfordernisse des „Legal Recording“ aufgezeichnet. Das „Legal Recording“ gewährleistet u.a. die Aufzeichnung der Flugwege (= Radartracks) sowie der Kommunikation zwischen ATC und Flugzeugbesatzung. Die vom MRT verarbeiteten Informationen werden anschliessend von der „IPG“ genannten Schnittstelle und einem LAN (= Local Area Network) zu den Arbeitsstationen der regionalen Kontrolle ausgesandt. Die Arbeitsstationen verwenden UNIX-Rechner, die Fenstertechnik X-Window und Farbbildschirme grosser Abmessung (51 cm x 51 cm). Die Redundanz der verschiedenen Systeme ist in der Zeichnung nicht dargestellt.

Bemerkung: In Figur 2 sind die dem MRT nachgeschalteten Elemente Teil des Systems ADAPT.

0.4 Der Kontrollraum

Im Kontrollraum verfügen die FVL über graphische Farbbildschirme, um die Flugwege der Luftfahrzeuge in der Ebene darzustellen.

Ein Flugweg wird durch ein Symbol auf der aktuellen Position dargestellt, und durch Punkte für die letzten dargestellten Positionen. Die Erneuerung erfolgt alle 12 Sekunden auf den Arbeitsstationen von ACC, bzw. 4 Sekunden für APP. Jedem Symbol ist ein „Label“ zugeordnet, um insbesondere folgende Werte anzuzeigen:

- Die Flugnummer („callsign“) oder Mode A (A0000 – A7777)
- Die Flughöhe oder Flugfläche
- Die berechnete Geschwindigkeit über Grund (in Knoten) für mit Flugplandaten korrelierte Flugwege

Die Anzahl Bewegungen, die von einer ATCAR kontrolliert wird, variiert im Lauf des Tages. Da jeder FVL nur eine begrenzte Anzahl Bewegungen kontrollieren kann, muss die Gesamtheit des Verkehrs aufgeteilt werden. Diesen Vorgang nennt man Sektorisierung.

Die Sektorisierung kann zum Beispiel in Höhenabschnitten erfolgen. Dadurch ist es möglich den Flugverkehr auf 1 bis 7 Kontrollsektoren für ACC in Abhängigkeit vom Verkehrsaufkommen zu verteilen. Der Dienstleiter entscheidet über die Sektorisierung. Bei einer Änderung der Sektorisierung werden die Systeme (MRT, Funk- und Telefonverbindungen usw.) neu konfiguriert, um die Informationen an die richtigen Arbeitsstationen weiterzuleiten, damit diese nur empfängt, was sie benötigt.

Wenn also ein Sektor konfiguriert ist, um den Raum zwischen den Flugflächen FL200 bis FL300 zu kontrollieren, sieht der FVL auf seinem Bildschirm nur die Bewegungen, die in diesem Höhenabschnitt stattfinden. Er kann aber, wenn er es wünscht, mit Hilfe einer bestimmten Funktion den gesamten Verkehr einsehen.

Der Dienstleiter wird bei der Neukonfiguration oder der technischen Überwachung der Systeme von einem Techniker (SYMA) unterstützt. Die Position SYMA ist verbunden mit allen Terminals, Monitoren, Verwaltungs- oder Überwachungskonsolen der wichtigsten technischen Systeme (MRT, Flugpläne, Telefon- und Funkverbindungen, Navigationshilfen, Telekommunikation, Haustechnik usw.).

Für diesen Bericht sind in Bezug auf SYMA nur die Systeme SMP und RCMS wesentlich:

SMP: Arbeitsplätze, die für die Kontrolle und die Verwaltung der Gesamtheit der ADAPT-Ausstattungen verwendet werden.

RCMS: PCs, die für die Kontrolle und die Überwachung der Rechner MV9800 verwendet werden (Radarverarbeitung und Flugpläne).

1 Berichte über Vorfälle im Luftverkehr (ATIR) als Ursprung dieser Untersuchung

1. Im August 1998 wurde ein Bericht über einen Vorfall im Flugverkehr (Air Traffic Incident Report = ATIR) von Skyguide beim BFU eingereicht. Während der eingeleiteten Untersuchung (Bericht A001) wurde festgestellt, dass die von den ATC Zürich und Genf abgegebenen Radaraufzeichnungen unterschiedlich, so dass sich Fragen bezüglich Qualität und Genauigkeit aufdrängten.
2. Am 14. Januar 2000 und am 24. August 2000 wurden 2 ATIR betreffend Fastkollisionen ans BFU eingereicht. Die eingeleiteten Untersuchungen (Berichte A011 und A023) haben ergeben, dass die Flugwege von Flugzeugen auf den Bildschirmen der FVL nicht dargestellt werden oder verschwinden können.
3. Die Untersuchung bezüglich der beiden obigen Probleme haben zu Tage gebracht, dass die Aufzeichnungen der Flugwege durch das „Legal Recording“ von der Darstellung auf dem Bildschirm des FVL unterschiedlich sein können.

Diese Feststellungen haben das BFU dazu geführt, eine Untersuchung über die drei Problembereiche zu eröffnen.

1.1 Zusammengefasste Sicherheitsempfehlung

1.1.1 Zum Punkt 1: Einhaltung der Normen der Eurocontrol für Radarsysteme (Seite 9)

- Die SSR von Skyguide sind soweit zu verbessern, dass sie die Genauigkeitsanforderungen gemäss Eurocontrol Standard insbesondere im Hinblick auf die systematischen Fehler erfüllen.
- Die Einhaltung der Spezifikationen ist mit validierten Verfahren periodisch oder in Echtzeit nachzuweisen.
- Die Aufdatierung der MRT Tracks für die ACC ist von 12 Sekunden auf die von Eurocontrol geforderten 8 Sekunden zu verkürzen.
- Die Einhaltung der Genauigkeitsanforderungen ist periodisch nachzuweisen, indem die Systeme SSR und MRT mit geeigneten Mitteln ausgewertet werden.
- Die SSR Daten und der MRT sind mit einer gemeinsamen Zeitbasis auszustatten, welche auf der absoluten Zeit (UTC) basiert. Bis zur Realisierung der Zeitbasis ist die erforderliche minimale Separation an den Nahtstellen zu anderen Flugleitsystemen (GVA/ZRH, zivil/militärisch,

CH/Nachbarländer) zu ermitteln und gegebenenfalls entsprechend zu erhöhen.

1.1.2 Zum Punkt 2: Vollständigkeit der Luftlagedarstellung auf dem Bildschirm des FVL (Seite 29)

- Neben der Kontrolle des Flugverkehrs (SSR) soll mit einem leistungsfähigen Primärradar (PSR) auch die Luftraumüberwachung sichergestellt werden.
- Für die Flugverkehrsleitung sollen auch Flugzeuge in der Darstellung der Luftlage sichtbar sein:
 - deren Transponder gestört sind.
 - die einen Transponder besitzen, welcher die Spezifikationen nicht erfüllt
 - die aus einer benachbarten ORCAM Zone in den schweizerischen Luftraum einfliegen.
 - die einen defekten Transponder haben.
 - bzw. die mit ausgeschaltetem Transponder fliegen.
- Die Last in den Teilsystemen muss regelmässig überwacht, aufgezeichnet und systematisch ausgewertet werden.
- Alarme, welche ein Überschreiten kritischer Werte anzeigen, müssen periodisch verifiziert werden.
- Massnahmen zum kontrollierten Abbau der Systemlast unter die Kapazitätsgrenze sind zu implementieren.
- Vor der Zustimmung zu einer Erhöhung des Flugverkehrs im schweizerischen Luftraum muss zwingend die Verkraftbarkeit durch die vorhandenen technischen Systeme nachgewiesen werden.

1.1.3 Zum Punkt 3: Bestimmung des „Legal Recording“ der Luftlage (Seite 41)

- Das Legal Recording ist gemäss der Eurocontrol Empfehlung anzupassen, so dass eine vollständige Rekonstruktion auf dem Niveau der Konsole des FVL möglich ist. Insbesondere müssen die Darstellung der Luftlage, die Bildschirmeinstellungen und die Einstellungen an der Konsole reproduziert werden können.

2 Genauigkeit des Radarsystems

2.1 Beschreibung des Sachverhalts

Die Ermittlung über den Fastzusammenstoss der Flüge SWR3779/CRX985 vom 15. Juni 1998 hat u. a. das Problem der Genauigkeit des Radarsystems aufgedeckt.

Dieses Ereignis hat stattgefunden kurz nachdem die Flüge von der Genfer ATC an die Zürcher ATC übergeben worden waren. Die von den beiden ATC auf Papier reproduzierten Radarlinien wiesen bei einigen Positionen eine Diskrepanz von bis zu 1.5 NM auf.

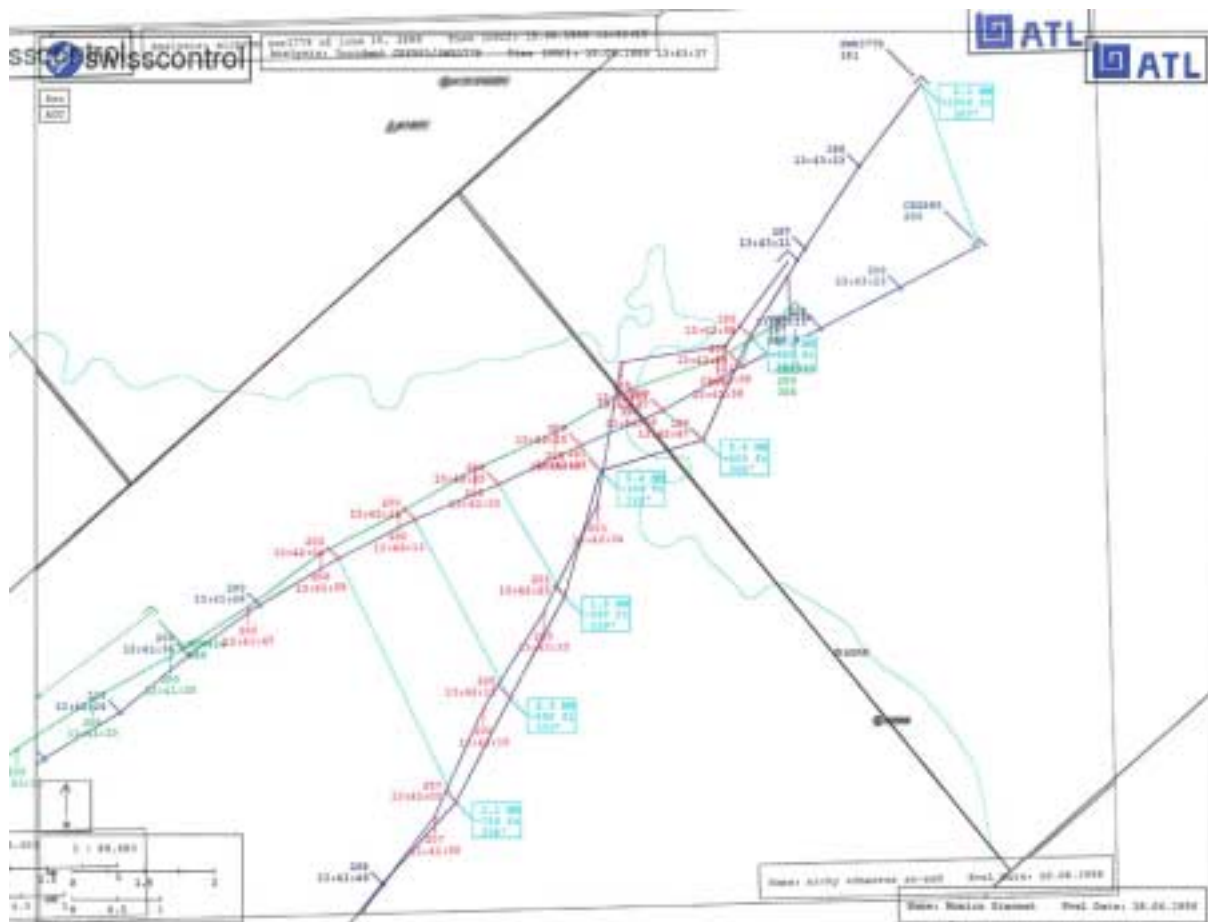


Abbildung 3: Die Flugwege des AIRPROX vom 15. Juni 1998 gemäss Legal Recording der MRT von Genf und Zürich übereinandergelegt zeigen Diskrepanzen bis zu 1.5 NM im Bereich der grössten Annäherung (SWR3779 um 13:42:47). Damit war eine zuverlässige Auswertung des Vorfalls aufgrund der Daten des Legal Recording stark erschwert.

2.2 Befund

2.2.1 Vom Radarsystem geforderte Leistungen

Eurocontrol hat im März 1997 das Dokument „Radar Surveillance in „en-route“ and Major Terminal Area“ (SUR.ET1.ST01.1000-01-01) als Norm anerkannt. Dieses Dokument legt die betrieblichen Anforderungen für die Führung und Kontrolle des Luftverkehrs, die Anforderungen an die Radare, den MRT und die Überprüfung der Leistungen der Elemente des Radarsystems fest.

Die betrieblichen Anforderungen sind:

- (5.1) Coverage Requirements
 - „Comprehensive and continuous radar coverage of high quality and reliability shall be constantly available in order to achieve radar operational separations of 3 NM, 5 NM and 10 NM.“
 - (4.1.2) The performance of the radar surveillance system shall enable the controller to provide a horizontal separation minimum of 5 NM in high density en-ren-route airspace, 10 NM in other en-ren-route airspace and 3 NM in major terminal areas.
- (5.2.1) The radar surveillance system shall provide the following information to be available for display to air traffic controllers:
 - aircraft horizontal position and history;
 - aircraft identification;
 - aircraft vertical position;
 - specific indication of Mode A special codes (i.e. 7500,7600,7700);
 - ground speed;
 - status of the Track whether it is primary, secondary, combined or extrapolated.
- (5.2.4) Surveillance information updates shall enable the display updates to be no more than 5 seconds (s) for major terminal areas, and no more than 8 seconds (s) in en-route airspace. A maximum of 2 successive updates by extrapolation is acceptable for positional data.
- (5.2.3) The positional accuracy of the surveillance radar data available, at the control position, shall have an error distribution with a root mean square (RMS) value equal to or less than 500 meters (m) for en-route airspace and equal to or less than 300 meters (m) for major terminal areas.
- (5.3.2) The radar surveillance data availability requirements are:
 - full data availability shall be not less than 0.995, excluding periods of scheduled maintenance;
 - essential data availability shall be not less than 0.99999;
 - PSR data availability for major terminal areas shall be not less than 0.995.

- The availability of radar surveillance data in full and reduced system performance status and maximum outage times shall be as given in Table 1 (5.3.3).

Die Anforderungen an die Genauigkeit der Position für MRT (im Falle eines geraden konstanten Fluges und Detektion durch mindestens 2 unabhängige geografisch getrennte Radars) sind:

- En-route <120 m RMS along track / 120 m RMS across track
(Table 7A - Accuracy Requirements En-Route)
- Approach <50 m RMS along track / 50 m RMS across track
(Table 5A - Accuracy Requirements Major Terminal Area)

Die Anforderungen an die Genauigkeit der Position für ein Sekundärradar SSR sind :

- (6.3.3.1) Positional Accuracy
 - Systematic errors:
 - slant range bias: < 100 m
 - azimuth bias (degree): < 0.1°
 - slant range gain error: < 1 m/NM
 - time stamp error: < 100 ms.
 - Random errors (standard deviation values):
 - slant range: < 70 m
 - azimuth (degree): < 0.08°
 - Jumps:
 - overall ratio of jumps: < 0.05 %.
- (6.2.3.2.1) "Jumps" are target reports with positional errors higher than 1° in azimuth or 700 m in range.

Die Anforderungen für die Überprüfung der Leistungen der Elemente des Radarsystems sind:

- (8.1.1) Performance verification of the various elements of the radar chain shall be made using procedures and analysis methods agreed within the Eurocontrol organisation.
- (8.1.2) The performances of the radar chain shall be verified prior to making operational use of the radar data.
- (8.1.3) The performances of the radar chain shall be re-assessed at regular intervals. This re-assessment can be made either by permanent monitoring (real-time quality control) or by annual performance measurements campaigns.
- (8.1.4) Changes in operational requirements or replacement of any element of the radar chain, which may have an impact on radar data quality shall require re-verification of performance.

2.2.2 Messflüge

Am 30. Juni 2000 und am 5. Dezember 2000 wurden zwei Messflüge durchgeführt.

Die Flugbahnen des Flugzeugs wurden an Bord mittels eines Global Positioning System (GPS) Empfängers Trimble 4000 SSE aufgezeichnet und dann mit den Daten der Referenzstationen des AGNES Netzes am Boden bzw. einem Referenzempfänger an vermessenen Punkten in Emmen oder Bern zu differentiellen GPS (DGPS) Daten korrigiert.

Die DGPS Daten geben die 3-dimensionale Position des Flugzeugs im Sekundentakt wieder. Die Genauigkeit des Flugweges liegt im Meterbereich.

Die DGPS Daten wurden mit den Aufzeichnungen der Daten des MRT und einzelner Radare durch das „Legal Recording“ von Genf und Zürich verglichen.

Anschliessend wurde eine statistische Analyse dieser Daten durchgeführt, um die systematischen und zufälligen Fehler gemäss Eurocontrol Standard für einzelne Radarquellen (SSR) bzw. die Verarbeitung von Daten durch ein MRT zu berechnen.

Weitere Angaben zum Verfahren

Das MRT datiert die Daten für das ACC alle 12 Sekunden und für das APP alle 4 Sekunden auf. In den gleichen Zeitabständen zeichnet das Legal Recording die Radardaten auf.

Die Daten des DGPS wurden von WGS-84 Koordinaten in Landeskoordinaten umgerechnet. Die MRT Radardaten liegen als Systemkoordinaten mit Referenzpunkt Cointrin für GVA und Holberg für ZRH vor. Diese Koordinaten werden über eine Transformation ins geozentrische System auf Landeskoordinaten mit Referenzpunkt Bern (600'000/200'000) projiziert.

Die SSR Daten sind auf den Radarstandort bezogen. Für den Vergleich werden die DGPS Daten auf den entsprechenden Radarstandort transformiert. Da die Anforderungen an das SSR Azimut und Range betreffen, werden sowohl SSR als auch die transformierten DGPS Daten in Polarkoordinaten umgewandelt.

Die Höhe des Flugzeugs wird bei GPS als geografische Höhe über dem Ellipsoid der Erde angegeben, während das Radar die Druckhöhe des Mode C wiedergibt. Je nach Wetterlage (Druckverteilung der Atmosphäre) unterscheiden sich die beiden Höhenangaben. Die Differenz kann mehr als 100 m ausmachen. Für die Auswertung der Genauigkeit der Position wurde die Druckhöhe durch die DGPS Höhe ersetzt.

2.2.3 Messflug vom 30. Juni 2000

Der Messflug startete von Emmen in Richtung Salzburg. Nach einer Zwischenlandung in Salzburg wurde der Flug Richtung Genf fortgesetzt. Über die Alpen wurden einige enge Kurven (Steep-Turns) geflogen. Schliesslich wurde nach einen Abstecher ins Tessin und nach Graubünden in Belp gelandet.

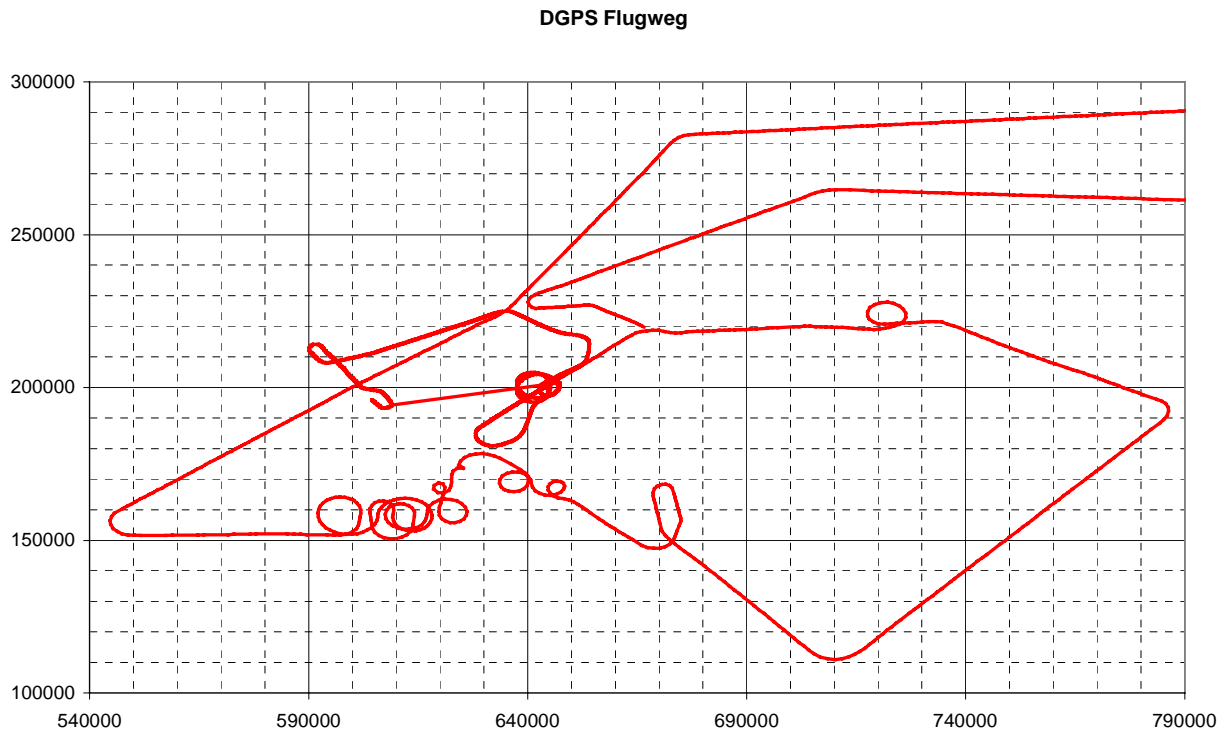


Abbildung 4: Darstellung des mittels differentiell GPS aufgezeichneten Flugweges in Schweizer Landeskoordinaten (CH1903, Referenzpunkt Bern)

Nach einer Transformation der DGPS und der Daten des „Legal Recording“ in Schweizer Landeskoordinaten (CH1903) können die Aufzeichnungen des Flugweges übereinander gelegt werden. Für den Flug von Emmen nach Salzburg, sowie den Rückflug Richtung Genf ergeben sich mit den Daten des ACC von ZRH folgende Bilder:

Radarbericht

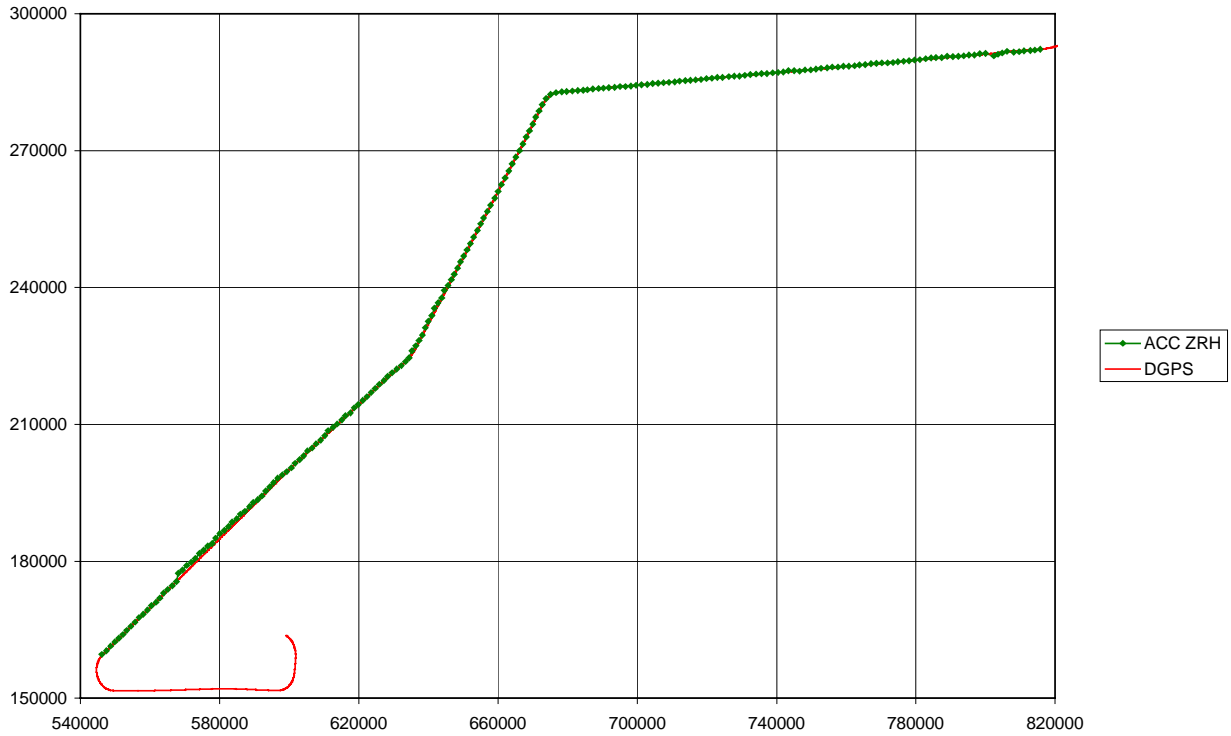


Abbildung 5: Flugweg von ACC ZRH verglichen mit dem Flugweg gemäss differentiellem GPS.

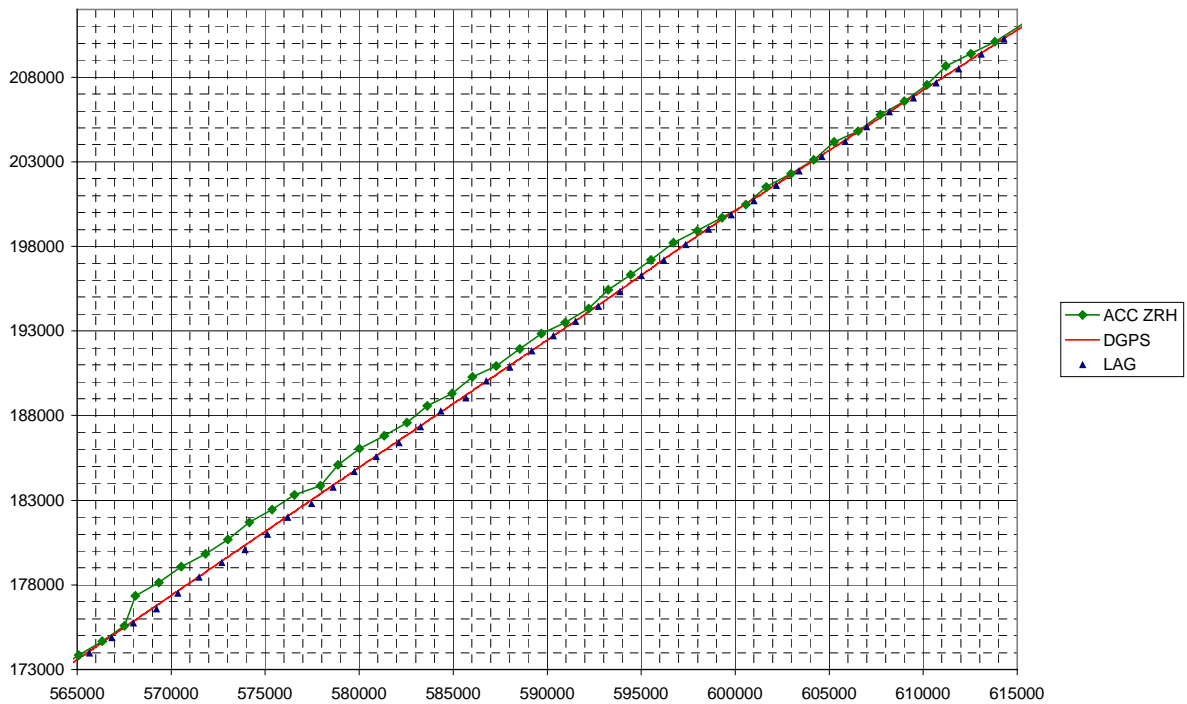


Abbildung 6: Detailausschnitt von Abbildung 5 im Raume Bern zeigt eine Abdrift der MRT für ACC ZRH von der DGPS Referenz. Zum Vergleich sind die Daten des Lägern Radars (LAG) dargestellt.

Radarbericht

Eine Detailansicht im Raume Bern zeigt ein Abdriften der MRT Daten (ACC ZRH) von der DGPS Referenz, während das Radar von Lägern nahe dem DGPS Flugweg bleibt.

Von der Fortsetzung des Fluges über die Alpen hat GVA im wesentlichen nur den Teil vor der Landung in Belp geliefert. Es ergibt sich folgende Übersicht.

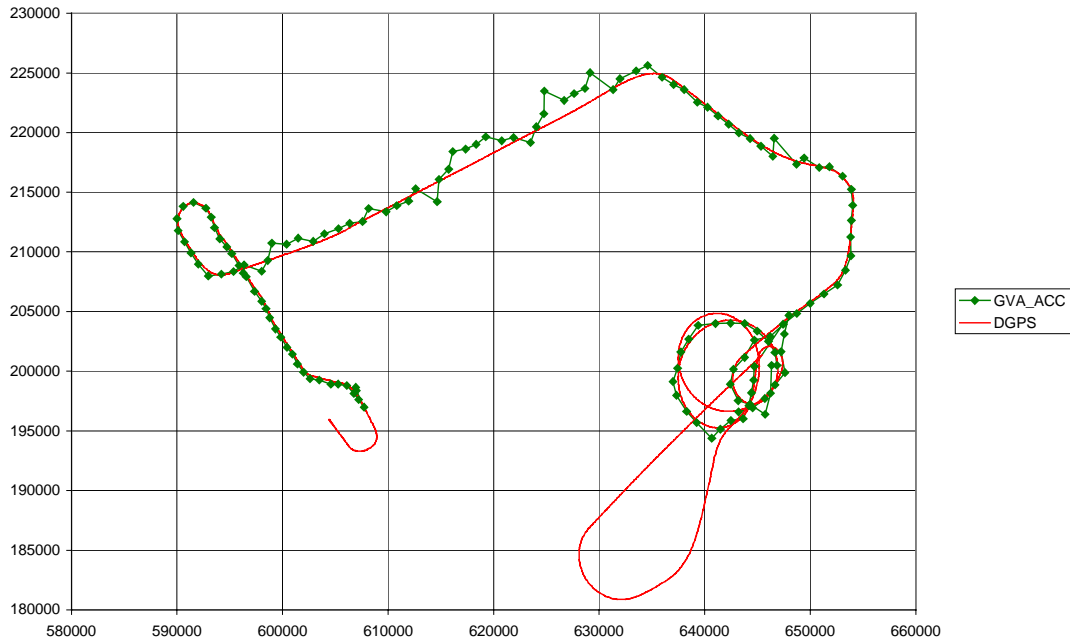


Abbildung 7 : Vergleich ACC GVA mit dem Flugweg gemäss differentielltem GPS.

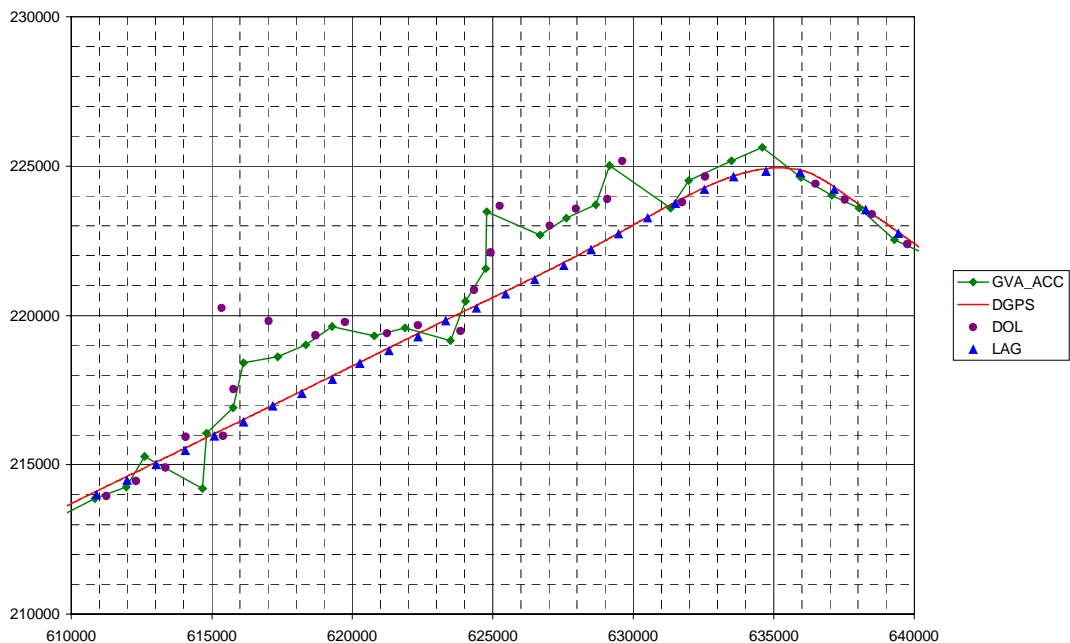


Abbildung 8 : Vergleich der Daten des MRT GVA für ACC, den Einzelradars DOL und LAG, sowie dem differentielltem GPS. Ein gestricheltes Häuschen misst 1 km x 1 km.

Radarbericht

Eine Detailansicht des Anflugs gegen Bern mit den Abweichungen zeigt, dass ACC GVA und DOL bis mehrere Kilometer vom DGPS Flugweg abweichen, während LAG der Referenz genauer folgt.

Wird zur gleichen Zeit die Abweichung zwischen den Skyguide Daten (Aufzeichnung des Legal Recording) und der DGPS Referenz berechnet, so erhält man die Positionsfehler, welche gemäss für den vorliegende Flugweg auftraten.

Der Höhenfehler wird wegen der unbekanntem Differenz zwischen Druckhöhe und GPS Höhe nicht berücksichtigt.

Berechnet man aus je zwei aufeinanderfolgenden Positionsdaten und der dazwischen liegenden Zeit die Geschwindigkeit, so können allfällige Positionsfehler in Flugrichtung besser sichtbar gemacht werden, als durch Darstellung der Positionen allein.

Radarbericht

Die beiden Flugabschnitte für welche ZRH die ACC Daten geliefert hat, ergeben folgende Bilder.

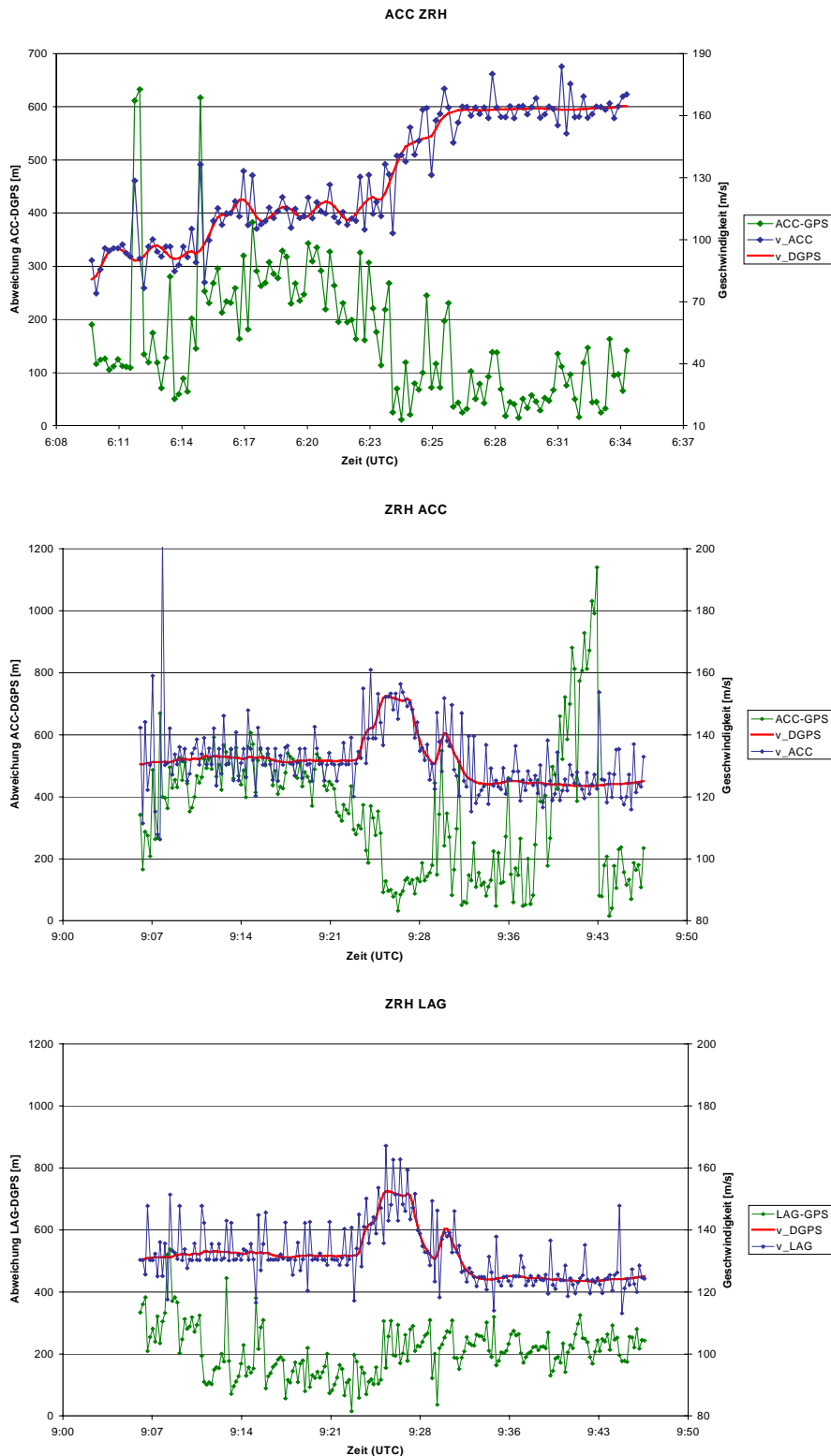


Abbildung 9 : Horizontale Abweichungen zwischen den Daten des MRT von ZRH für ACC und DGPS, sowie zum Vergleich das SSR von Lägern. Die rechte Skala gilt für die aus den Positionsmeldungen abgeleiteten Geschwindigkeiten.

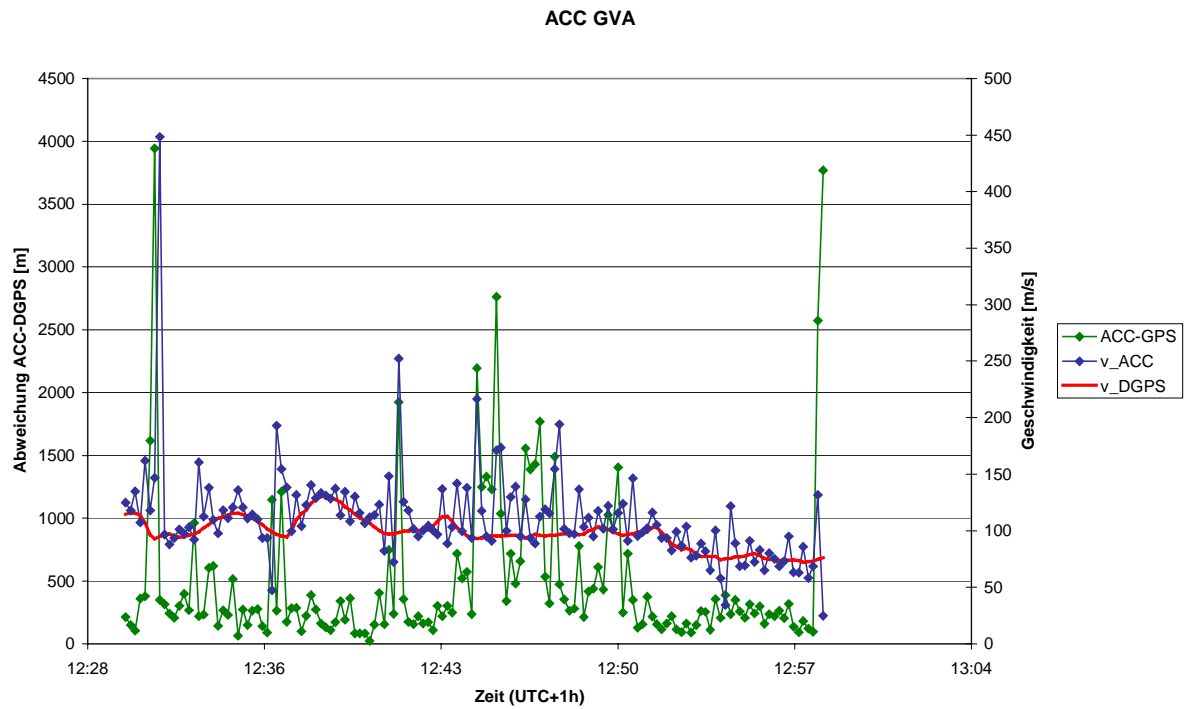


Abbildung 10: Horizontale Abweichungen zwischen den Daten des MRT von GVA für ACC und DGPS, sowie die aus den Positionsmeldungen abgeleiteten Geschwindigkeiten.

2.2.4 Messflug vom 5. Dezember 2000

Der Messflug führte von Dübendorf nach Salzburg, nach einer Zwischenlandung von Salzburg Richtung Genf und nach einem Abstecher nach Locarno zurück nach Dübendorf.

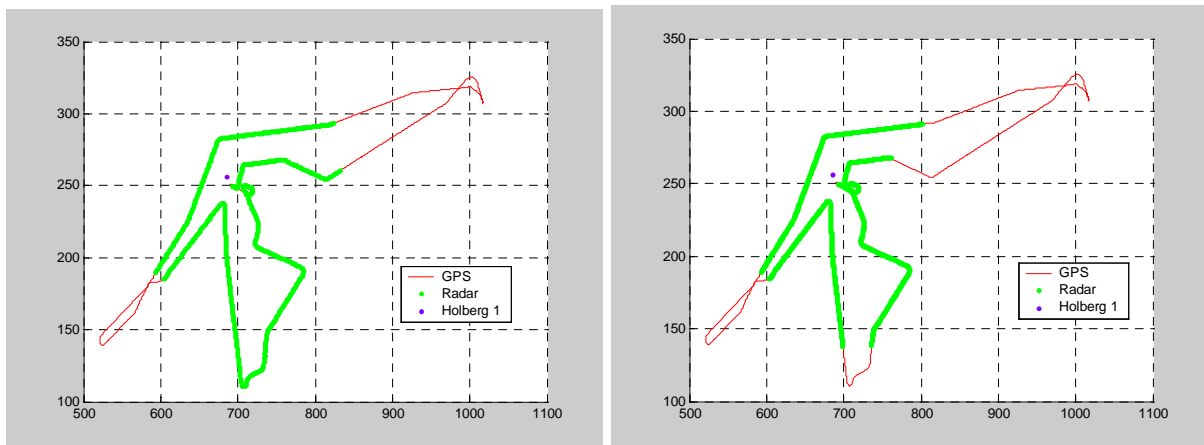


Abbildung 11: Flugweg des Messflugs vom 5. Dezember 2000 gemäss Aufzeichnung mittels differentiellem GPS und den MRT Daten des ACC Zürich (links), bzw. APP Zürich (rechts) beide umgerechnet auf Schweizer Landeskoordinaten (CH1903, Achsen in km statt m).

Der Abschnitt Bern – St.Prex –Bern wurde vom MRT GVA aufgezeichnet.

Für eine Auswertung des Kontrollfluges vom Dezember nach „Positional Jumps“ ist die Datenbasis viel zu klein. Ein Radar soll nach Eurocontrol Standard im Schnitt auf 2000 Positionsmeldungen weniger als 1 „Positional Jump“ aufweisen. Der Kontrollflug lieferte aber deutlich weniger als 2000 Positionsmeldungen, denn im 12 (bzw. 5) Sekunden Takt fallen 2000 Meldungen erst in 6.7 Stunden (bzw. 2.8 h) an.

2.2.5 AIRPROX vom 7. Mai 2001

Ein ATIR von ACC GVA berichtet über einen Fastzusammenstoss (AIRPROX) zwischen einem zivilen Flugzeug (BZH 842) und einem schweizerischen Militärjet (F5): „CH MIL TFc is approaching BZH 842 from the east with high speed and high rate of climb.“ Der Flugverkehrsleiter meldet eine Annäherung bis auf 2 NM auf Flughöhe FL 350. Das TCAS des zivilen Flugzeugs hat eine Kollisionswarnung angezeigt. Die Auswertungen der Radaraufzeichnungen von Skyguide und FLORIDA ergeben folgende Bilder:

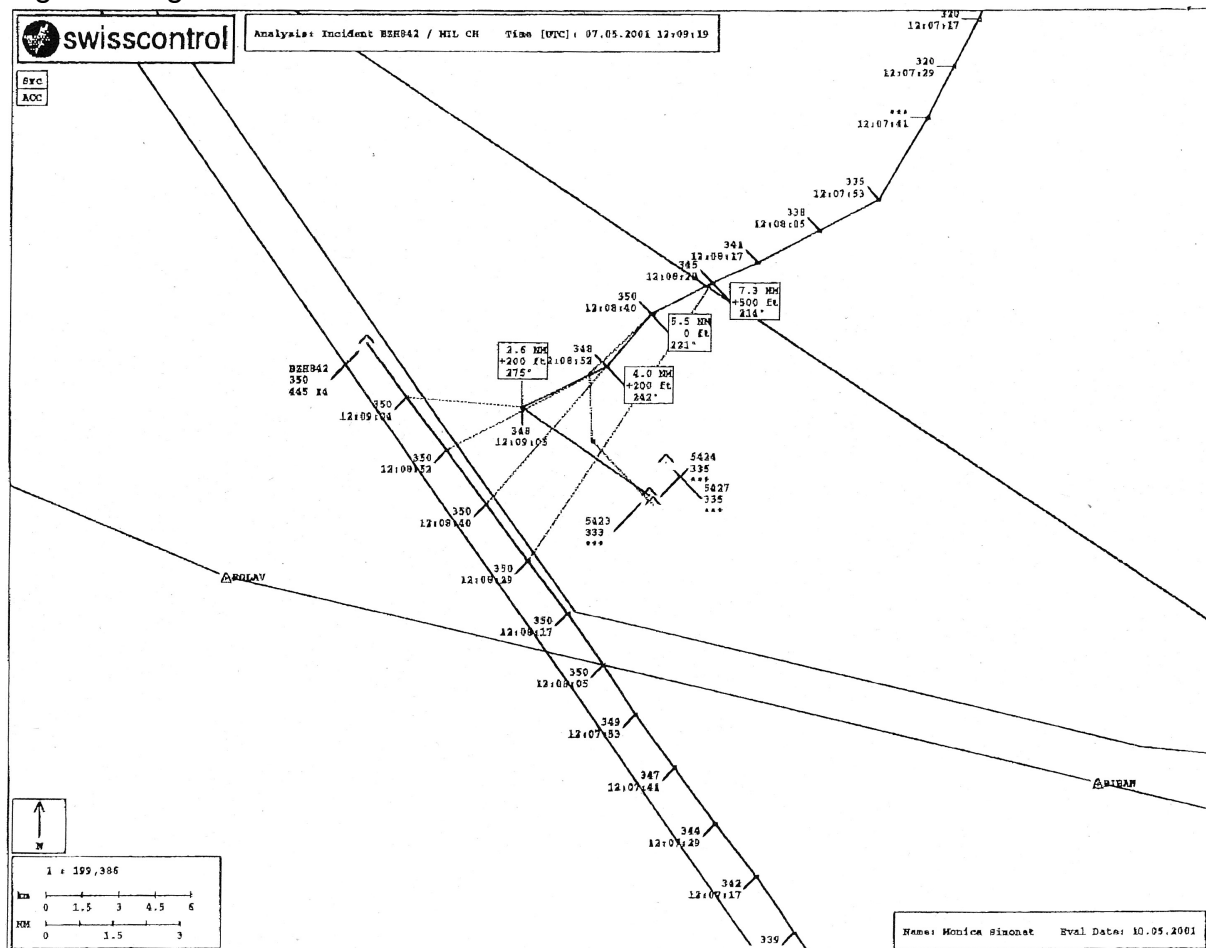


Abbildung 12: Eine Patrouille von F5 (Tiger) näherte sich von Nordosten im Steigflug dem zivilen Flugzeug BZH 842. Um 12:08:52 (Systemzeit ACC, Zeitzone UTC) erreicht die Patrouille die Flughöhe des zivilen Flugzeuges in einem Abstand von 4 NM (7.4 km). Bei der nächsten Aufdatierung der ACC Daten stellte sich am Bildschirm für den FVL folgende Lage dar: Ein F5 hatte sich von der Patrouille gelöst und nahm direkt Kurs auf das zivile Flugzeug. Der Abstand betrug weniger

als 2 NM (3.6 km). Erst nach weiteren 12 Sekunden wurde sichtbar, dass sich die F5 nach einer engen Linkskurve in Richtung Südosten vom zivilen Flugzeug entfernen.

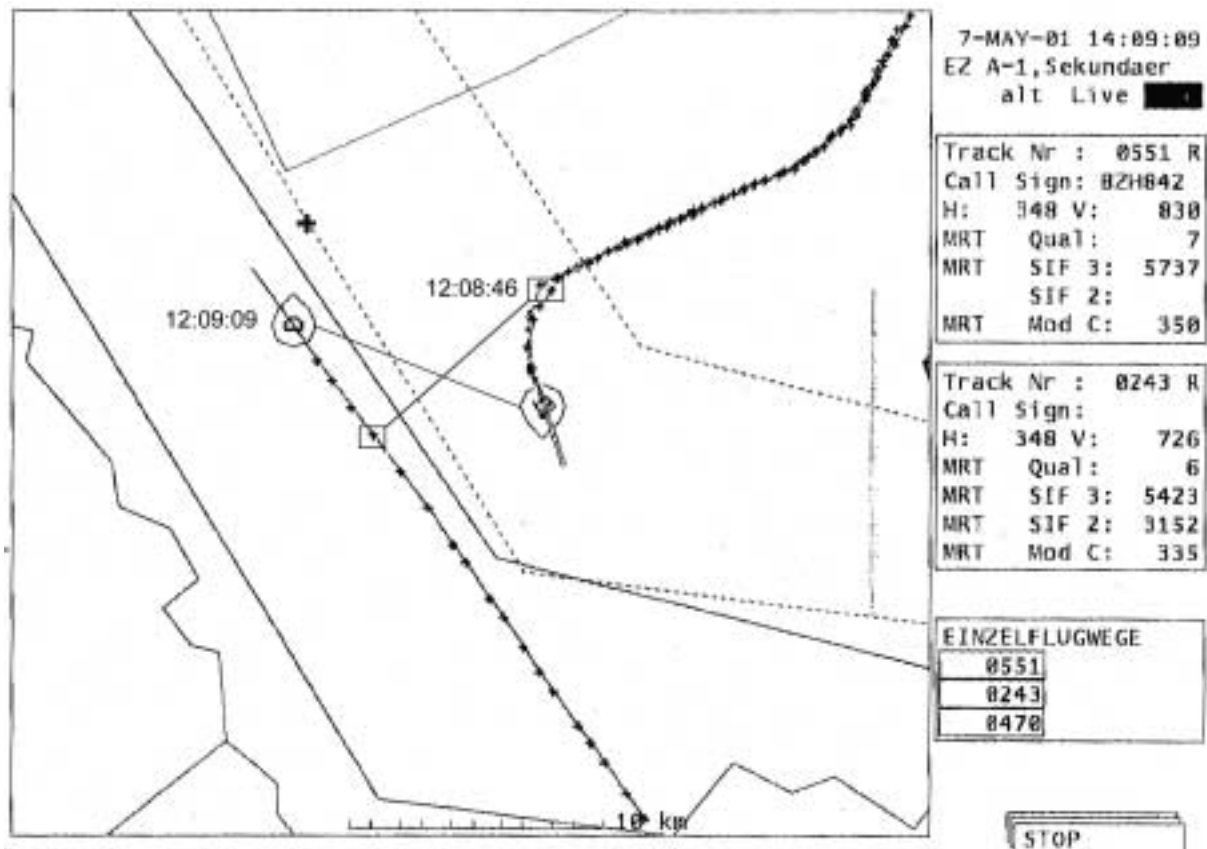


Abbildung 13: Die gleiche Situation wie in Abbildung 12 gemäss den Daten von FLORIDA. Um 12:08:46 (UTC) leitet die Patrouille im Abstand von 5.1 NM (9.5 km) eine enge Linkskurve Richtung Südosten ein. Nach Abschluss den Manövers sind die F5 um 12:09:09 wieder 5.7 NM (10.5 km) vom zivilen Flugzeug BZH 842 entfernt. Wieweit sich die Flugzeuge in dieser Zeit minimal annähern lässt sich aus den vorhanden Daten nicht exakt bestimmen. Gemäss FLORIDA Daten werden 4 NM (7.4 km) nicht unterschritten.

ACC GVA und FLORIDA unterscheiden sich insbesondere bezüglich der minimalen Distanz der Begegnung zwischen dem zivilen Flugzeug BZH 842 und dem F5 der Schweizer Luftwaffe. Für den FVL in Genf wurde ein minimaler Abstand von 2 NM bei Flugrichtungen mit möglichem Kollisionskurs dargestellt, während FLORIDA ein minimaler Abstand von 4 NM bei entgegengesetzten Flugrichtungen angibt.

2.3 Analyse

2.3.1 Genauigkeit der Luftlage ohne Darstellungssystem

Die Differenz der geographischen Positionen (ohne Höhe) zwischen den MRT und den GPS Daten zur gleichen Zeit beschreibt die Positionsgenauigkeit der Luftlage am Ausgang des MRT, jedoch ohne Berücksichtigung der Eigenschaften des Darstellungssystems.

Eurocontrol verlangt, dass die Radardaten mit einem UTC Zeitstempel versehen sind und empfiehlt, dass „*Time Systems used for time stamping radar data should be synchronized to a common standard UTC source operating to an accuracy of +/- 5 ms.*“ Die MRT Daten liegen in einer MRT Systemzeit vor. Die Datierung (Zeitstempel) der Positionsmeldung eines SSR erfolgt durch die Systemzeit des MRT korrigiert um die Verarbeitungs- und Übermittlungszeit sowie die Zeit der Antennendrehung zwischen Norddurchgang und Azimut der Position.

Die GPS-Zeit lässt sich durch Verrechnung der zum Zeitpunkt des Messfluges aktuellen Anzahl Schaltsekunden exakt in UTC umrechnen. Die Zeitabweichung unbekannter Grösse zwischen den GPS- und den Radardaten aufgrund des Fehlens eines UTC Zeitstempels führt zu Positionsabweichungen je nach Fluggeschwindigkeit und Flugrichtung. Dieser Fehleranteil muss in der Fehlerbilanz berücksichtigt werden.

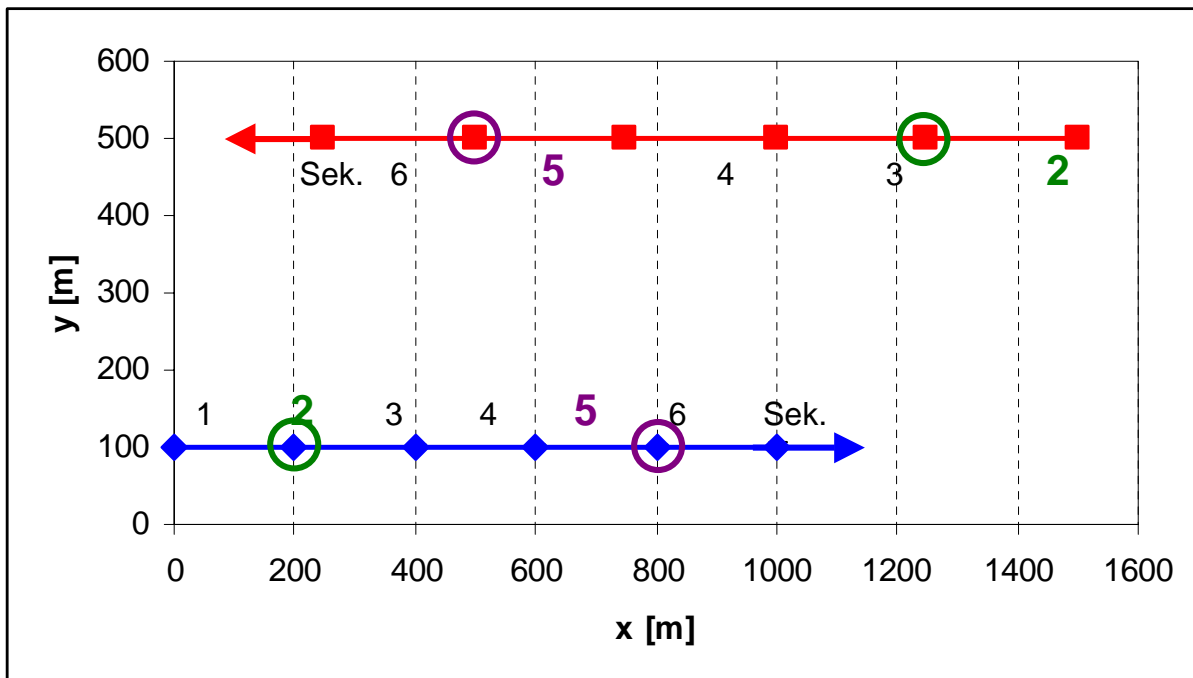


Abbildung 14: Beispiel für die Positionsabweichung in Flugrichtung, bei einem Zeitunterschied von 3 Sekunden zwischen UTC (grün) und MRT Systemzeit (violett) bei Fluggeschwindigkeiten von 250 (Flug nach links), bzw. 200 m/s (Flug nach rechts).

Für den Messflug vom 30. Juni 2000 ergeben sich folgende Genauigkeiten, verglichen mit den operationellen Anforderungen an das Gesamtsystem gemäss Eurocontrol.

System	Genauigkeit (RMS)	Aufdatierungsrate
Eurocontrol Standard	500 / 300 m ACC / APP	8 / 5 Sek. ACC / APP
ACC ZRH	337 m	12 Sek.
ACC GVA	800 m	12 Sek.
APP ZRH	n.a.	4 Sek.
APP GVA	n.a.	4 Sek.

Tabelle 1: Genauigkeit und Aufdatierungsrate für die Radarsysteme von GVA und ZRH für den Messflug vom 30. Juni 2000 aus dem Vergleich der vom Legal Recording am Ausgang des MRT aufgezeichneten Radardaten und den DGPS Flugwegdaten.

Für den Messflug vom 5. Dezember ergeben sich folgende Genauigkeiten, verglichen mit den operationellen Anforderungen an das Gesamtsystem gemäss Eurocontrol.

System	Genauigkeit (RMS)	Aufdatierungsrate
Eurocontrol Standard	500 / 300 m ACC / APP	8 / 5 Sek. ACC / APP
ACC ZRH	187 m	12 Sek.
ACC GVA	235 m	12 Sek.
APP ZRH	180 m	4 Sek.
APP GVA	n.a.	4 Sek.

Tabelle 2: Genauigkeit und Aufdatierungsrate für die Radarsysteme von GVA und ZRH für den Messflug vom 5. Dezember 2000 aus dem Vergleich der vom Legal Recording am Ausgang des MRT aufgezeichneten Radardaten und den DGPS Flugwegdaten.

2.3.2 Genauigkeit der SSR

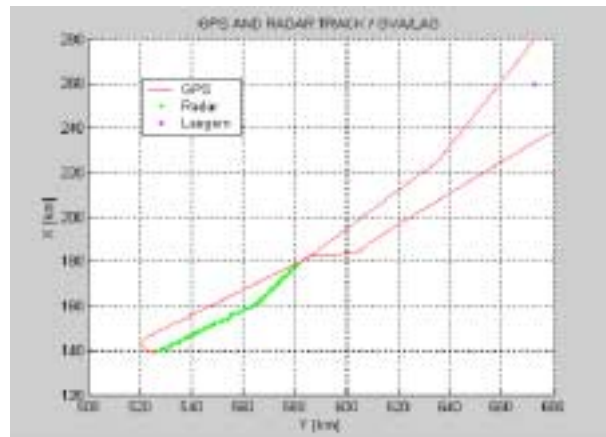
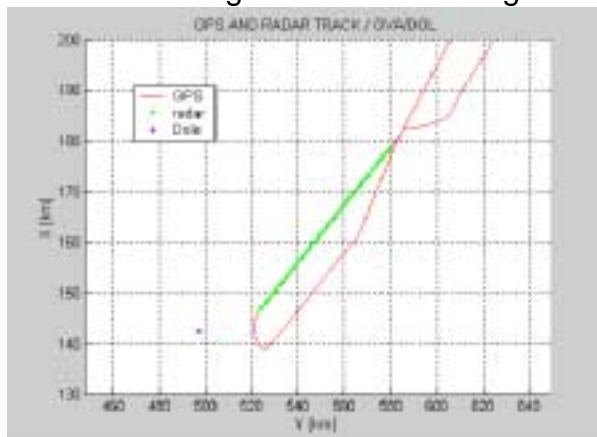
Für ein SSR beschreibt der Eurocontrol Standard bezüglich der systematischen Fehler im Range nicht nur durch einen *Bias*, sondern zusätzlich durch einen *Gain Error*, d.h. der vom Radar gemessene Range darf innerhalb vorgeschriebener Limiten auch linear mit dem wahren Range zunehmen. Der systematische Fehler im Range ergibt sich damit durch Legen einer Ausgleichsgeraden in die gemessenen Rangewerte in Funktion der wahren Rangewerte. Bei den vorliegenden Datensätzen wird das Problem zusätzlich dadurch erschwert, dass die Radardaten aufgrund eines Zeitversatzes zwischen GPS- resp. UTC-Zeit und den Skyguide zugrunde liegender Systemzeit gegenüber den GPS-Daten zeitlich verschoben sein können. Es muss somit neben dem Range-Bias ein Zeit-Bias geschätzt werden. Systematische Rangefehler und Zeitversatz können bestimmt werden, wenn für einen zu untersuchenden Radarsensor je ein radial darauf zulaufendes und ein radial weglaufendes Bahnstück vorhanden ist. Rangefehler und Zeitversatz addieren sich dann im einen Bahnstück, während sie sich im anderen subtrahieren. Der systematische Azimut-Fehler wird nur durch einen *Bias* beschrieben. Da die Höhe in die Range Berechnung eingeht, wird bei den Radardaten nicht die Druckhöhe des Mode C, sondern die GPS Höhe verwendet.

Resultate betreffend die systematischen Fehler der SSR für den Flug vom 30. Juni 2000:

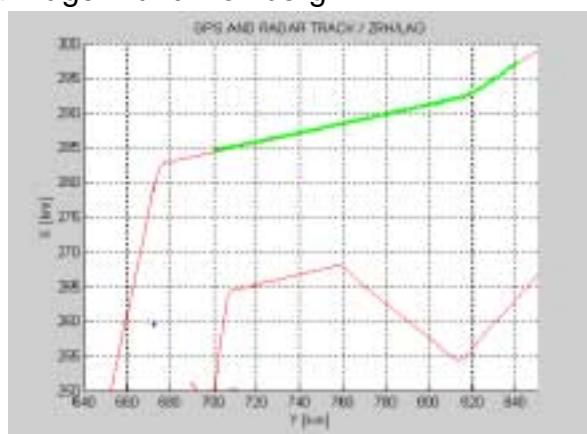
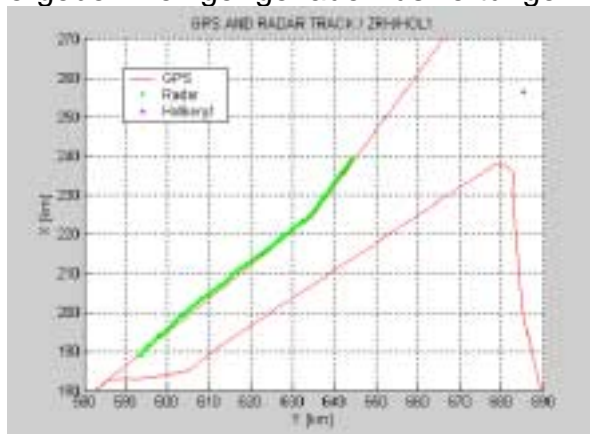
Die Datenbasis für eine Auswertung der Fehler der SSR ist bei diesem Messflug nicht vorhanden. Abbildung 8 zeigt jedoch deutlich grosse Abweichungen des SSR von La Dôle. Skyguide hat in der Analyse festgestellt, dass zur Zeit des Messfluges ein defekter Kanal des SSR von La Dôle zum MRT nach Genf übertragen wurde.

Resultate betreffend die systematischen Fehler der SSR für den Flug vom 5. Dezember 2000:

Bezüglich der Daten von Genf eignen sich die Flugabschnitte Bern-St.Prex-Bern von La Dôle und Lägern zur Auswertung



Die SSR Daten von Zürich weisen kleinere Anteile an radialen Flugwegen auf und ergeben weniger genaue Auswertungen für Lägern und Hohlberg:



ATC	SSR	Flugteil	Zeitverschiebung [sec]	Range-Bias [m]	Range-Gain-Error [m/NM]	Azimuth-Bias [deg]
EC	Standard		0±0.1	100 m	1 m/NM	0.1°
GVA	DOL	2	2.1±0.2	230±20	-3.1±0.3	0.05±0.005
GVA	LAG	2	2.1±0.2	180±20	-0.5±0.2	-0.01±0.002
ZRH	HOL1	1	-1±1	300±50	-3±0.3	0.25±0.1
ZRH	LAG	1	1±1	300±50	-2.7±0.3	0.03±0.04

Tabelle 3: Vergleich zwischen maximal zulässigen Werten nach Eurocontrol-Standard und den ermittelten systematischen Fehlern

Die zufälligen Fehler der SSR in Azimut und Range werden nach vorgängiger Korrektur der systematischen Fehler durch die Standardabweichung beschrieben. Beim Azimut braucht der allein durch einen Bias beschriebene systematische Fehler nicht subtrahiert zu werden, da dies per Definition in der Standardabweichung berücksichtigt ist. Beim Range ist die Subtraktion des systematischen Fehlers aufgrund des linear anwachsenden Teils notwendig. Unter Verwendung der systematischen Fehler gemäss Tabelle 3 ergeben sich folgende zufälligen Fehler für die SSR.

ATC	SSR	Flugteil	Range Mean [m]	Range Stdev [m]	Azimut Mean [deg]	Azimut Stdev [deg]
EC	Standard		--	70 m,	----	0.08°
GVA	DOL	2.1	16.5	56.6	0.001	0.026
GVA	DOL	2.2	-15.4	48.9	0.001	0.031
GVA	LAG	2.1	25.3	43.6	0.001	0.021
GVA	LAG	2.2	-27.5	113.7	0.001	0.040
ZRH	HOL1	1.1	-3.4	59.2	0.298	0.151
ZRH	HOL1	1.2	43.8	92.1	-0.197	0.066
ZRH	LAG	1.1	-56.1	54.3	-0.001	0.036
ZRH	LAG	1.2	88.7	95.2	0.034	0.040

Tabelle 4: Zufällige Fehler der SSR nach Korrektur der systematischen Fehler jeweils separat ermittelt für Flugabschnitte auf das Radar zu, bzw. vom Radar weg. Die Mittelwerte sollten nach der Korrektur der systematischen Fehler nahe bei Null sein.

Die mit dem Kontrollflug vom 5. Dezember 2000 unter optimalen Bedingungen vermessenen Radare (SSR Lägern, La Dôle und Holberg) weisen alle mindestens einen Parameter mit zu hohem systematischen Fehler auf. Insbesondere der Range Bias und der Range Gain Error sind überschritten. Hingegen wurde der Azimut Bias nur im Falle von Holberg überschritten.

Nach Abzug der systematischen Fehler weist Lägern noch zu grosse zufällige Fehler im Range und Holberg in Azimut und Range auf.

Die Forderung von Eurocontrol nach einem Zeitstempel mit 0.1 Sekunden Genauigkeit wird nicht erfüllt.

2.3.3 Genauigkeit des MRT

Es wurden nur Daten des Testfluges vom 5. Dezember 2000 ausgewertet. Statistisch auswertbare Daten liegen nur für ACC Genf und APP Zürich, vor. Die Fehler von Multiradar-Trackern werden im EUROCONTROL Standard beschrieben durch die RMS-Fehler „along“ und „across track“. Der RMS-Fehler unterscheidet sich von einer Standardabweichung dadurch, dass kein Mittelwert der Differenz zwischen Radar und Referenzbahn (GPS) subtrahiert wird. Systematische Fehler gehen damit ebenfalls in den RMS-Fehler ein (Man beachte den Unterschied zu den

Spezifikationen für Azimut und Range der SSR, wo der Fehler explizit nach systematischen und zufälligen Anteilen aufgespaltet wird). Es werden je nach Kinematik des Ziels verschiedene obere zulässige Fehlerschranken gesetzt, nämlich je für eine gleichförmige gerade Bewegung, eine Standardkurve, eine gerade und gleichförmig beschleunigte Bewegung sowie für eine gleichförmig auf- oder absteigende Bahn. Mit den vorliegenden Daten konnten nur gerade, gleichförmige Bahnstücke untersucht werden. Teil 3 bezeichnet die geraden Stücke des Flugabschnitts Bern-Lugano-Dübendorf, z.B. 3.5 gemäss Abbildung 15:

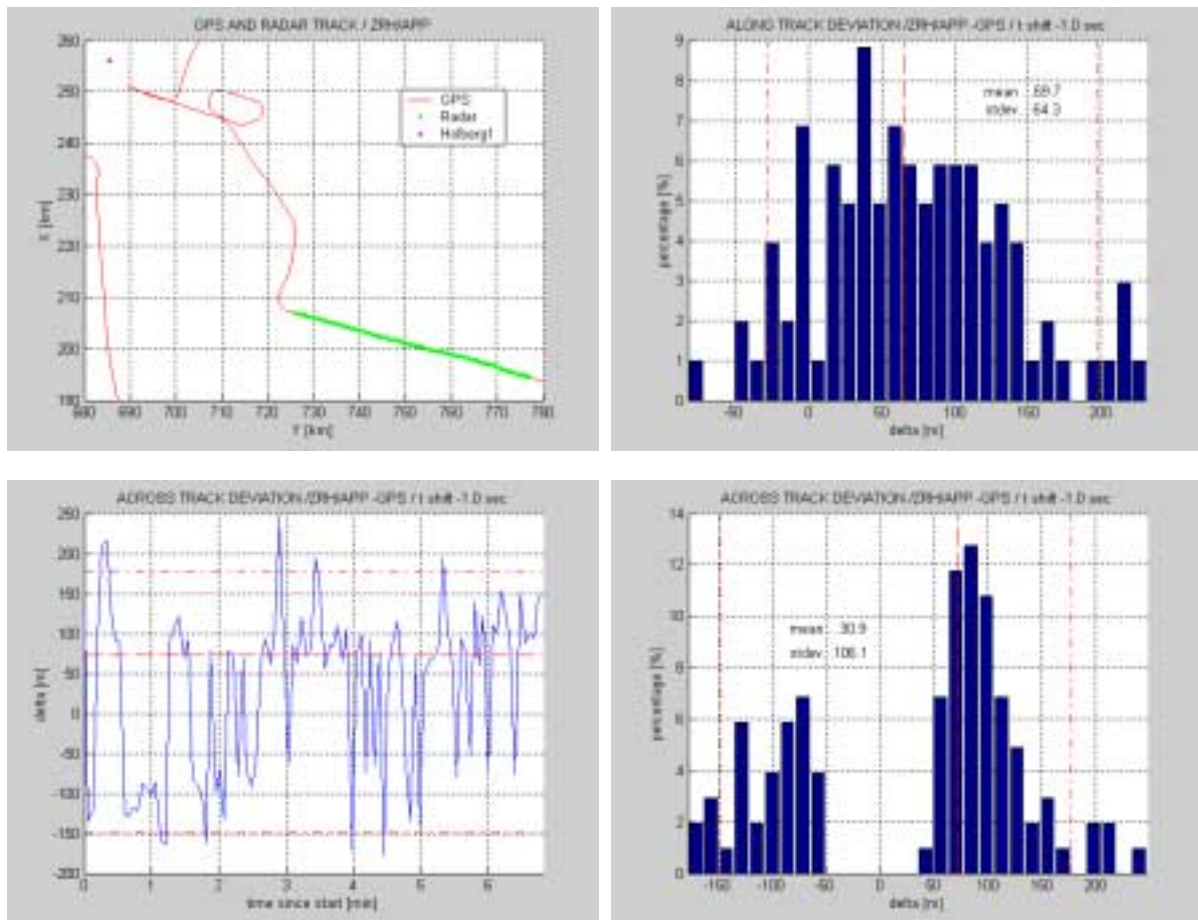


Abbildung 15: Flugweg Teil 3.5 gemäss MRT/APP von Zürich mit den entsprechenden Abweichungen zur GPS Referenzbahn längs und quer zur Flugrichtung. Die rot strich-punktierten Linien umfassen 95% der Werte.

ATC	MRT	Flugteil	Along-track RMS [m]	Across-track RMS [m]	Along-track Stdev [m]	Across-track Stdev [m]
EC	Standard		120 m	120 m	n.a.	n.a.
GVA	ACC	2.1	442.8	116.4	42.6	113.2
GVA	ACC	2.2	146.6	134.5	56.1	71.4

Tabelle 5: RMS Fehler längs und quer zur Flugbahn der MRT von Genf und Zürich, verglichen mit den Anforderungen des Eurocontrol Standards für „en-route“.

ATC	MRT	Flugteil	Along-track RMS [m]	Across-track RMS [m]	Along-track Stdev [m]	Across-track Stdev [m]
EC	Standard		50 m	50 m	n.a.	n.a.
ZRH	APP	1.1	197.3	135.5	153.9	132.8
ZRH	APP	1.2	81.0	125.0	49.2	74.1
ZRH	APP	3.1	82.2	157.4	51.4	51.6
ZRH	APP	3.2	158.6	114.9	40.5	81.3
ZRH	APP	3.3	139.5	126.3	44.2	114.9
ZRH	APP	3.4	174.1	139.4	125.6	39.7
ZRH	APP	3.5	94.7	110.0	64.3	106.1

Tabelle 6: RMS Fehler längs und quer zur Flugbahn der MRT von Genf und Zürich, verglichen mit den Anforderungen des Eurocontrol Standards für Approach

Die RMS-Werte der Positionsfehler des MRT überschreiten die Werte von Eurocontrol in 17 von 18 Fällen. Der MRT gibt im wesentlichen die Fehler der dominanten Radarquelle wieder.

2.3.4 Abweichung der Darstellungen bezüglich des AIPROX vom 7. Mai 2001

Aus Abbildung 12 für ACC GVA und Abbildung 13 für FLORIDA lässt sich folgender Vergleichspunkt zuverlässig bestimmen: Um 12:08:46 fliegen für FLORIDA die F5 im Abstand von 9.5 km auf BZH 842 zu. Für ACC GVA beträgt zu diesem Zeitpunkt der interpolierte Abstand noch 8.4 km. Diese Abweichung ist mit grosser Wahrscheinlichkeit auf unterschiedliche Zeiten in den beiden Radarsystemen zurückzuführen. Die um mehr als den Faktor 2 unterschiedliche minimale Distanz und die stark abweichenden Flugrichtungen zu dieser Zeit sind auf einen Ausreisser (Positional Jump) in den Radardaten von GVA zurückzuführen. Eine exakte Rekonstruktion des AIRPROX wird sowohl durch die Zeitabweichung zwischen den beiden Systemen, als auch durch den Positional Jump erheblich behindert. Die falsche Darstellung der Luftlage ist jedoch bei beiden Radarsystemen insbesondere für die Führung der Flugzeuge durch die Flugverkehrsleiter von erheblicher Bedeutung.

2.4 Zusammenfassung

Im Falle des Messfluges vom 30. Juni 2000 hat Genf mit einem defekten Kanal des La Dôle SSR gearbeitet. Dadurch wurde der von Eurocontrol spezifizierten Wert von

500 m RMS, welcher Voraussetzung für die minimale Separation von 5 NM ist, überschritten.

Die Anforderung von Eurocontrol nach einer gemeinsamen Zeitreferenz - „*coordinated universal time (UTC) as specified in ICAO Annex 5 shall be used to time stamp radar data.*“ – wird durch Skyguide nicht erfüllt. Insbesondere im Hinblick auf die Koordination mit den Flugführungssystemen der Nachbarländer und der militärischen Luftraumüberwachung ist dies gravierend, weil bereits Zeitunterschiede zwischen den verschiedenen Systemen von wenigen Sekunden genügen, um an den Nahtstellen zwischen den Systemen die Genauigkeit der Position der Flugzeuge auf über 500 m zu verschlechtern. Bei Überschreitung der 500 m ist die Genauigkeitsanforderung für eine Staffelung von 5 NM nicht mehr eingehalten. Die aus dem Messflug vom 5. Dezember 2000 abgeleiteten Werte bezüglich Genauigkeit der SSR zeigen, dass die zufälligen Fehler der SSR die Anforderungen von Eurocontrol teilweise erfüllen. Keines der SSR erfüllt jedoch alle Anforderungen bezüglich systematischen Fehler.

Der Design des MRT von Skyguide führt dazu, dass sich die Genauigkeit nach der Genauigkeit des dominanten Radars im entsprechenden Mosaik des MRT richtet. Die SSR Genauigkeit wird aber noch verschlechtert, indem die SSR Messungen auf den Zeitraster des MRT extrapoliert werden oder indem z.B. fehlende Höhen auf Null gesetzt werden, was je nach Distanz zum SSR zu Projektionsfehlern führen kann. Der MRT von Skyguide überschreitet die Genauigkeitsanforderungen an das Tracking eines geradeaus fliegenden Flugzeugs meist um ein Mehrfaches selbst unter den optimalen Voraussetzungen, welche beim Messflug vom 5. Dezember 2000 vorlagen.

Die Genauigkeit für die Darstellung auf der Konsole des Flugverkehrsleiters, gemessen am Ausgang des MRT, zur Einhaltung der minimalen Separation, ist nicht immer genügend.

Der Messflug vom 30. Juni 2000 zeigte jedoch auf, dass unbewusst über eine unbestimmte Zeit mit einem defekten System gearbeitet wurde, welches die Genauigkeitsanforderungen nicht mehr erfüllte.

2.5 Sicherheitsempfehlungen

- Die SSR von Skyguide sind soweit zu verbessern, dass sie die Genauigkeitsanforderungen gemäss Eurocontrol Standard insbesondere im Hinblick auf die systematischen Fehler erfüllen.
- Die Einhaltung der Spezifikationen ist mit validierten Verfahren periodisch oder in Echtzeit nachzuweisen.
- Die Aufdatierung der MRT Tracks für die ACC ist von 12 Sekunden auf die von Eurocontrol geforderten 8 Sekunden zu verkürzen.
- Die Einhaltung der Genauigkeitsanforderungen ist periodisch nachzuweisen, indem die Systeme SSR und MRT mit geeigneten Mitteln ausgewertet werden.

- Die SSR Daten und der MRT sind mit einer gemeinsamen Zeitbasis auszustatten, welche auf der absolute Zeit (UTC) basiert. Bis zur Realisierung der Zeitbasis ist die erforderliche minimale Separation an den Nahtstellen zu anderen Flugsystemen (GVA/ZRH, zivil/militärisch, CH/Nachbarländer) zu ermitteln und gegebenenfalls entsprechend zu erhöhen.

3 Flugverkehr, der vom Bildschirm der FVL verschwindet oder nicht dargestellt wird

3.1 Beschreibung des Sachverhalts

Dem BFU wurde folgender Vorfall vom 2. Dezember 1999 bekannt gegeben :

"Un incident de trafic est évité de justesse entre un avion à destination de Genève (TAR 700, descente stoppée à la dernière minute) et un avion en transit au niveau de vol 240 (RGI 672K) non visualisé sur les ICWS radar du secteur de contrôle concerné (KINES). Le radariste du 6^{ème} secteur (position physique adjacente) ne voit pas non plus cet avion sur son écran après avoir effectué la manipulation adéquate. Cet avion n'est correctement visualisé qu'après affichage du code demandé par Genève".

Die FVL stellen die Problematik wie folgt dar :

"Les ICWS peuvent ne pas visualiser un avion au secteur où il est attribué, comme dans d'autres secteurs où il devrait également être visible sous un statut différent ou après une manipulation adéquate".

Am 20. Mai 2001 erstellte das ACC GVA zwei ATIR betreffend das Verschwinden von Flugzeugen vom Bildschirm des FVL:

Um 0806 (UTC) kreuzen sich CFG 909 (eine Boeing 753) und A2A 318 (eine MD 82) auf Flight Level 350 20 NM südwestlich von Aosta. Der Controller berichtet: „*During radar separation between CFG 909 and A2A 318 radar contact is lost with CFG 909 just before crossing the track (~10 NM)*“.

Um 0940 wiederholt sich ein ähnlicher Vorfall zwischen einer MD 87 und einem A 306 (Airbus 300-600) über OMETA: „*While radar separation is in progress between OAL 201 and JKK 103, OAL 201 disappears completely from the screen. Req. of IDENT brings him back ~1 MIN.*“

Aber auch von GVA APP gibt es Meldungen bezüglich Flugzeugen, die nicht gesehen wurden. Als Beispiel sei auf ein ATIR vom 18. Juni 2001 verwiesen: „*LACK OF RADAR (MRT) DETECTION BTN KELUK AND LIRKO. ACFT ONLY SEEN BY NEVERS RADAR. ACFT "SEEN" USING "FALLBACK". BTN GVA AND SALEV, ONLY SEEN BY NEVERS RADAR. NEARLY NO MRT, LA DOLE OR ASR10 DIDN'T PICK UP ACFT CORRECTLY*“. Diese Meldung betrifft FGFJG (eine C 185) auf Flight Level 90 im Sinkflug, dargestellt in der nachfolgenden Übersicht:

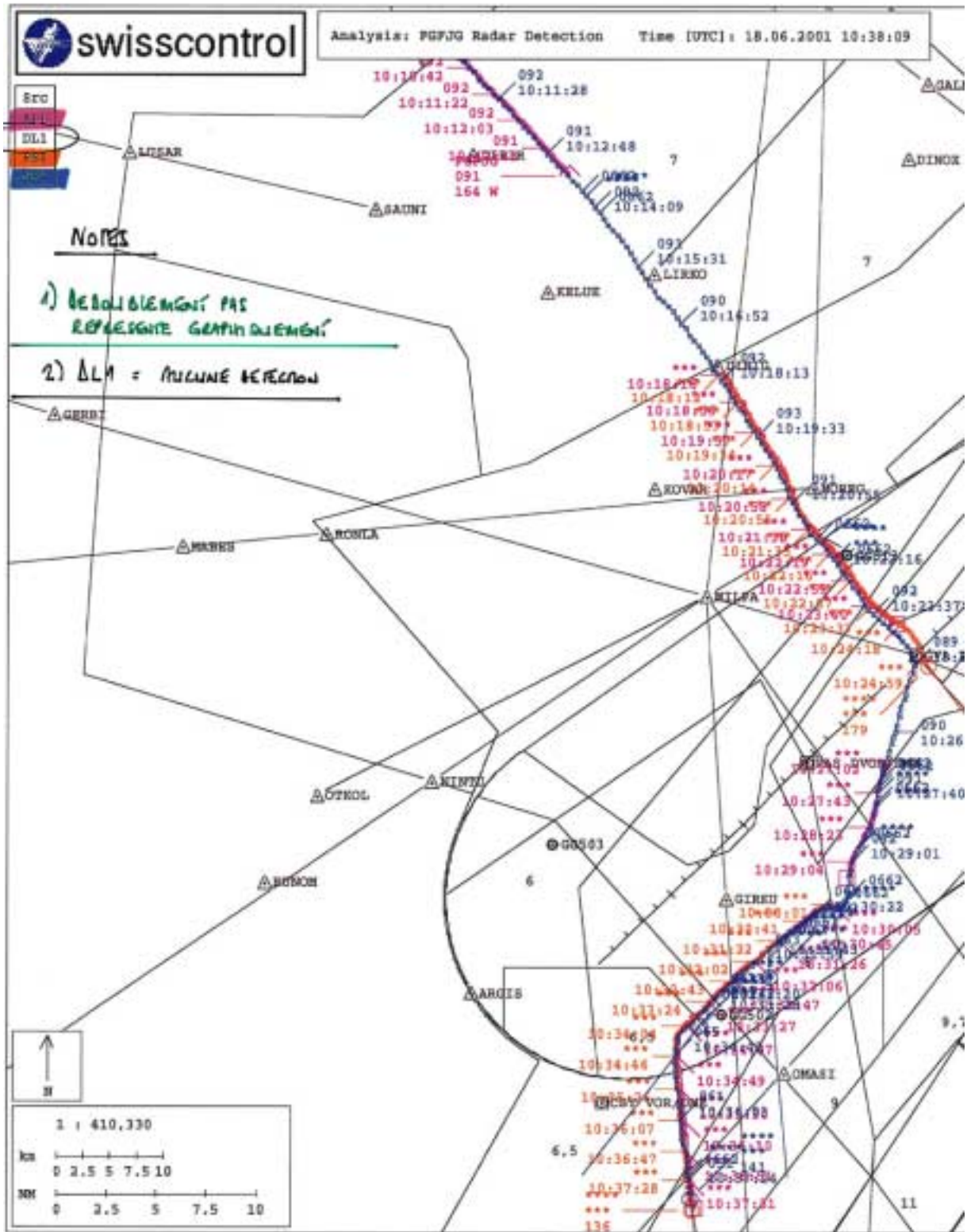


Abbildung 16: (Original Skyguide) Für den Flug von FGFJG vom 18. Juni 2001 auf Flight Level 090 liefert La Dôle (DL1) keine Radardaten. Auch der MRT (APP) weist minutenlange Lücken auf. Einzig Nevers (NEV) erfasst das Flugzeug. Auch das Primärradar (Approach) von Genf (PS1) erfasst Teile der Flugbahn. Die zunehmende Abweichung

zwischen NEV und PS1 ist auf Projektionsfehler der PS1 Daten, welche ohne Höhenangabe vorliegen, zurückzuführen.

3.2 Befund

Im Verlauf der Untersuchung wurden 6 Möglichkeiten eruiert, die dazu führen können, dass Flugzeuge nicht auf dem Bildschirm dargestellt werden:

- Störungen der Transponder durch Richtstrahlverbindungen
- Transponder, welche die Spezifikationen nicht erfüllen
- Flugzeuge, die aus einer benachbarten ORCAM Zone kommen und von der Arbeitstation ICWS des zuständigen FVL ausgefiltert werden
- Verkehrslast überschreitet die Kapazität der Elemente des Radarsystems
- Flugzeuge ohne Transponder, bzw. mit defektem oder absichtlich ausgeschaltetem Transponder (kein PSR)
- Luftraum ohne Radarüberdeckung

3.2.1 Störungen der Transponder durch Richtstrahlverbindungen

Wie in Kapitel 3.1 beschrieben sind über der Region Aosta wiederholt Flugzeuge vom Radarschirm verschwunden. Eine Analyse von Skyguide hat ergeben, dass dort Richtstrahlverbindungen im Frequenzbereich 1030 MHz betrieben werden. Damit wird der Empfänger des Transponders gestört, denn die Frequenz der SSR Abfrage (uplink) ist 1030 MHz.

3.2.2 Transponder ausserhalb der Spezifikation

Die amerikanische Federal Aviation Authority (FAA) hat eine Studie über die Einhaltung der Spezifikationen der Transponder durchgeführt: "A Field Study of Transponder Performance in General Aviation Aircraft" (DOT/FAA/CT-97/). Die Studie kommt zu folgenden Schlussfolgerungen:

"Only 4 percent of the sample transponders that were tested during this study were able to meet performance specifications on all 31 test parameters. Examination of the test parameters that were commonly failed, and the magnitude of the performance deviations on these parameters, indicated that many of the detected problems would not materially affect the transponder's ability to operate with existing secondary radar and Traffic Collision Avoidance System (TCAS) processors. However, an analysis of the operational implications of some of the failures showed that approximately 17 percent of the transponders would create functionally significant problems when interacting with ground Secondary Surveillance Radar (SSR) processors, TCAS, or both. These problems included 12 percent of the transponders that would not be detected by an interrogator or would experience intermittent detection failures.

Some of the detailed findings obtained in this study were unexpected and are particularly noteworthy. Results identified a second make/model of transponder that sometimes exhibits an operational flaw originally detected in Terra transponders. These transponders fail to reply consistently to interrogations used by the Mode Select (Mode S) radar system and by TCAS to acquire targets. This failure prevents

the transponders from being detected by TCAS, and would be invisible to Mode S radar if the modification introduced to deal with the Terra transponders were removed from the Mode S processor.

A second notable finding was that a large number of transponders either exhibited significant altitude errors or failed to report an altitude during testing. The result indicates that the warm-up time required for transponder/altitude encoders to achieve acceptable performance might be much longer than is commonly believed.

Thirty percent of the transponders failed at least one of the seven tests that must be performed as part of the biennial inspection required by FAR Part 43. The average transponder in the sample had received its last biennial inspection approximately 16 months prior to being tested in the study. However, the data indicate that there was no correlation between the time since last inspection and the number of biennial test failures.

Although acceptable performance was not predicted by how recently a transponder had received its biennial inspection, it was significantly associated with the pilot's use of air traffic control (ATC) radar services. Less than one-half as many transponders owned by pilots who had recently flown Instrument Flight Rules (IFR) or used Visual Flight Rules (VFR) flight following failed an operationally significant test than those owned by pilots who had not used radar services. This result suggests that pilots who use radar services may be using any feedback they receive from ATC as a basis for transponder maintenance decisions."

3.2.3 ORCAM am Beispiel des AIRPROX vom 24. August 2000

Im Rahmen der Untersuchung eines AIRPROX zwischen SWR 302 (ein Airbus 321) und SWR 3633 (eine Saab 2000) vom 24. August 2000 wurde festgestellt, dass der MRT von ZRH nur mit den Flugplandaten korrelierte Flugwege erstellt, falls diese den für den entsprechenden Zürcher Sektor vorgesehenen Transpondercode aufweisen. Nicht korrelierte Flugwege können durch die Arbeitstation von der Darstellung auf der Konsole des FVL ausgefiltert werden.

ORCAM (Originating Region Code Assignment Methodology) ist eine Prozedur zur Zuteilung des SSR Transpondercodes gemäss den Regeln des ICAO Air Navigation Plan, European Region. Die ORCAM Regeln bezwecken eine Minimierung sowohl der Anzahl gleicher Codes in der betreffenden Region als auch der Anzahl Code-Wechsel während des Fluges.

Während des AIRPROX vom 24. August 2000 war SWR 3633 auf dem Flug von Genua nach Zürich noch im Zuständigkeitsbereich von Milano Control und wurde vom zuständigen Zürcher FVL nicht erkannt.

3.2.4 Überschreiten der Kapazität der Elemente des Radarsystems.

Alle Elemente der Verarbeitungskette vom Radar bis zur Konsole haben eine begrenzte Bearbeitungskapazität, sowie eine limitierte Übertragungskapazität an das nächste Element der Kette. Die Kapazitäten bezeichnen die maximale Anzahl Flugwege im Erfassungsbereich (z.B. 360° Azimut, bis maximaler Range und maximale Höhe für ein Radar). Neben diesen totalen Lastgrenzen gibt es auch Grenzen für Teile des Erfassungsbereiches (z.B. Azimutsektor für Radar), welche die

möglichen Spitzenbelastungen definieren. Auf eine Betrachtung dieser Spitzenlasten wird verzichtet.

In einer Antwort vom 31. März 2000 gibt Skyguide Werte für den MRT ZRH: *„In ZRH ist die Lastgrenze heute bei 350 gleichzeitig bearbeitbaren Tracks, Dieser Wert wurde bis heute im praktischen Betrieb nie erreicht. Die höchste jemals festgestellte Last war 308 Tracks.“* Skyguide verweist auf die eingebauten Alarme beim MRT und bei ADAPT, welche noch nie ausgelöst worden seien.

Dennoch schreibt Skyguide am 31. März 2000: *„Die Begrenzung der Anzahl bearbeitbarer Tracks ist sowohl durch die verwendete Software, wie auch durch Beschränkungen der eingesetzten Hardware gegeben. Inwieweit diese Grenzen mit dem heutigen System noch erhöht werden kann, wird zur Zeit noch untersucht.“*

Aussage von Skyguide vom 11. Oktober 2000 bezüglich MRT Genf: *„Die maximale Last des MRT beträgt heute 220 Tracks. Es wird jedoch keine systematisierte Statistik geführt. Am Arbeitsplatz SYMA wird ein Alarm ausgegeben, wenn die Anzahl der verarbeiteten Tracks 350 übersteigt. Ausserdem hat SYMA jederzeit die Möglichkeit, die aktuelle Anzahl verarbeiteter Tracks am Monitor mit zu verfolgen.“*

Aussage von Skyguide vom 11. Oktober 2000 bezüglich ICWS:

„There was a case of a missing aircraft in Geneva on 23-Dec-1997 (shortly after the installation of the ADAPT-ICWS in Geneva) – the diagnosis was, that the X-Client reached its track limit. This problem was fixed and safeguards were put in place (a MAJOR warning message is displayed at the SYMA position when the track limit is at the 90% and another when it is at 100%). For the problem of 02-Dec-1999, this was checked and no message was recorded at SMP. We can also confirm that until now no such Major Warning Message ever appeared.“

Wenn die Last MRT 90% erreicht (100% entspricht 300 Tracks in Genf und 350 Tracks in Zürich), wird ein Alarm an der Position SYMA angezeigt. Skyguide gibt an, dass dieser Wert niemals erreicht wurde.

Wenn die Last eines ICWS (Bildschirm eines FVL) 90% bzw. 100% erreicht (100% entspricht 1001 einem Flugplan zugeordneten Tracks), wird ebenfalls ein Alarm an der Position SYMA angezeigt., Skyguide gibt an, dass diese Werte niemals erreicht wurden, seit der Alarm in Betrieb genommen wurde. Die Kapazität der Software wurde verbessert sowie ein Alarm installiert, nachdem bei der Inbetriebnahme der Verlust von Flugwegen festgestellt wurde.

Die Alarme MRT und ICWS werden aber nicht periodisch überprüft.

Ausser den beiden oben beschriebenen Alarmen gibt es keine Last- oder Überlastungstendenzdiagramme, die für eines der oder die Gesamtheit der Elemente des Radarsystems angezeigt oder aufgezeichnet werden.

Ein Überschreiten der Last des MRT oder der ICWS führen zu einem Verlust von Tracks. Es ist nicht vorhersehbar, welche Tracks verloren geht.

Für die Kapazitäten des Radarsystems liegen folgende Werte vor:

		Verarbeitungskapazität	Übertragungskapazität
Radarquellen	La Dôle	511	236
	Cointrin	255	156
	Lägern	511	472
	Kloten-Holberg	255	?
	TG	255	174
	Gosheim	?	?
	Nevers-Le Télégraphe	?	316
	Chaumont- Cirfontaines	?	316
	Mte Lésima	?	224
MRT (Verarbeitung)		511	300/350
ICWS (Sichtbarmachung)		1001	

Tabelle 7: Werte für die maximale Last der Elemente des Radarsystems von Skyguide als Anzahl Tracks ausgedrückt (Brief von Skyguide vom 12. Oktober 2000)

Anlässlich einer Sitzung zwischen Skyguide und BFU vom 11. Oktober 2001 eröffnet Skyguide neue Informationen bezüglich Last und Kapazität:

- Die Anzahl der durch den MRT verarbeiteten Tracks wird am Arbeitsplatz SYMA protokolliert und während 2 Monaten archiviert, um im Bedarfsfall analysiert werden zu können.
- Skyguide hat ein Projekt „512“ in Arbeit, um die Kapazitäten der MRT zu erhöhen. Die Verbesserung ist seit Juni 2001 in Zürich operationell. In Genf ist die Einführung für November 2001 geplant.
- Kapazitäten der MRT am 11. Oktober 2001: 450 Tracks in ZRH und 350 Tracks in GVA

Die Frage des BFU nach internen Studien oder Berichten zu Analysen der vorhandenen Last, welche vor der Inangriffnahme der Ausbauschritte für die MRT von ZRH und GVA wahrscheinlich gemacht wurden, wird von Skyguide nicht beantwortet.

Aktuelle Systemlasten am Beispiel des FLORIDA Systems

Da von Skyguide die Last des Radarsystems nicht protokolliert wird, sei hier als Beispiel die Anzahl der von FLORIN (MRT von FLORIDA) verarbeiteten Tracks wiedergegeben. FLORIN geht bei 350 Systemtracks in Überlast und beginnt am Rande des Erfassungsbereichs Tracks abzubauen. Der Erfassungsbereich von FLORIN ist grösser als der vom Skyguide MRT bearbeitete Bereich.

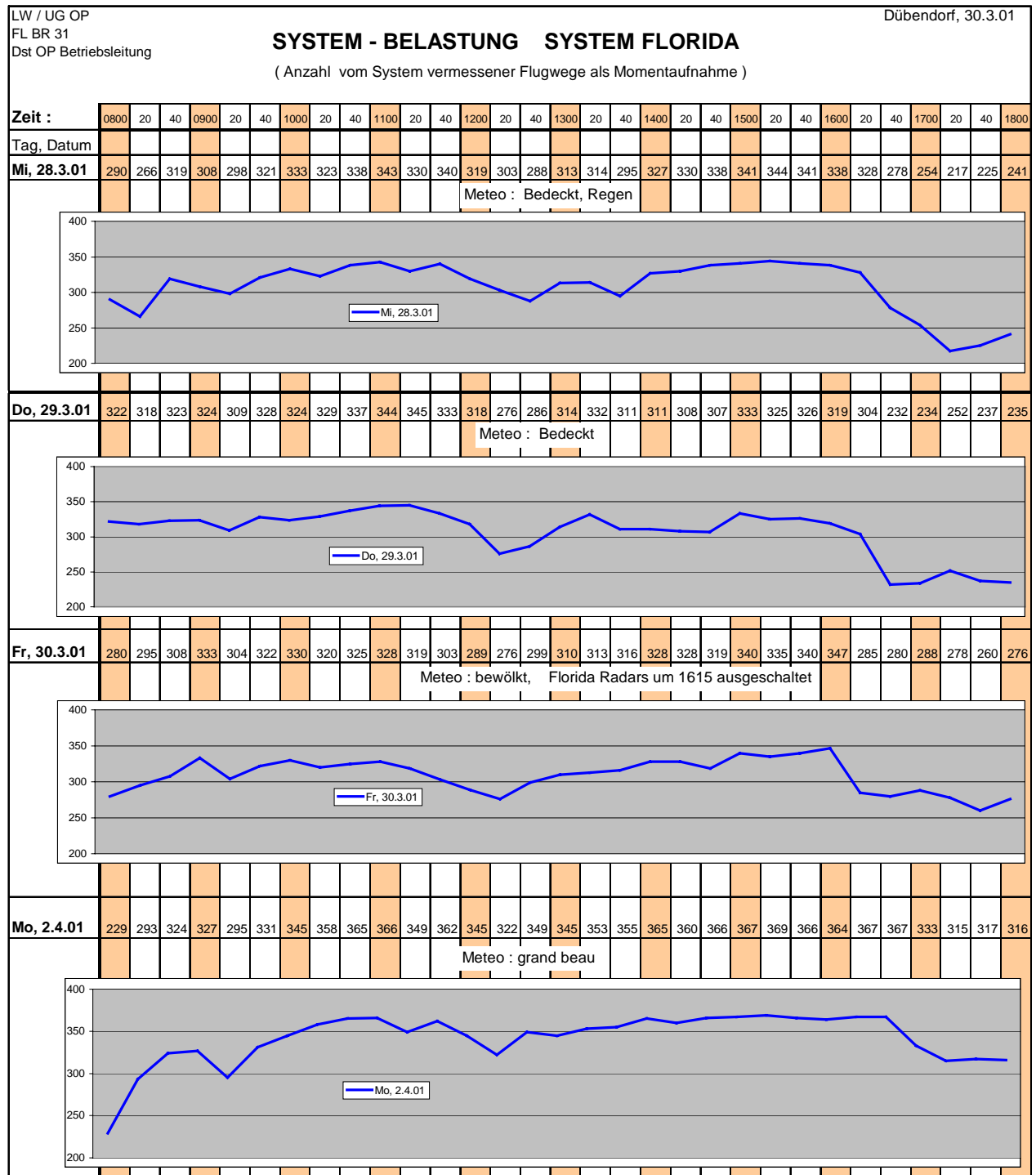


Abbildung 17: Anzahl Systemtracks am Beispiel FLORIN(FLORIDA MRT). Ab 350 Systemtracks begrenzt FLORIN die Last durch Abbau Rande des Erfassungsbereiches.

Radarbericht

Die Verteilung der Last ist abhängig von der Lage der Luftstrassen, welche den Luftverkehr bündeln. Dies ist in der Verteilung der Systemtracks welche für einen Zeitraum von 5 Stunden am 2. April aufgezeichnet wurden.



Abbildung 18: Summe aller Flugtracks welche von FLORIN am 2. April 2001 in der Zeit von 13 bis 18 Uhr aufgezeichnet wurden.

3.2.5 Flugzeuge ohne Transponder (Primärradar)

ACC GVA verfügt seit September 1998 über keine Daten eines Primärradars (en-route) mehr. Flugzeuge mit defektem Transponder können von ACC GVA nicht mehr detektiert und auf den Bildschirmen zur Darstellung gebracht werden. Dasselbe gilt für Flugzeuge welche sich durch Ausschalten des Transponders nicht zu erkennen geben wollen.

Die Integration der militärischen Primärradar ist im Rahmen der Projekte ATMAS und FLORAKO nicht geplant. Die Nutzung der von FLORAKO aufbereiteten gemeinsamen zivil-militärischen Luftlage beschränkt sich im Projekt ATMAS auf die Implementierung der Möglichkeit zur Darstellung in einem Fenster auf der Konsole.

3.2.6 Luftraum ohne Radarüberdeckung

In der Schweiz sind Teile des Luftraums, insbesondere wegen der Topografie, ohne Radarüberdeckung. Flugverkehr, der in eine Zone ohne Radarüberdeckung einfliegt, verschwindet vom Bildschirm des FVL.

3.3 Analyse

3.3.1 Störungen der Transponder durch Richtstrahlverbindungen

Eine Störung des Transponders kann dazu führen, dass die Abfrage eines SSR nicht mehr beantwortet wird. Erhält der MRT mehr als 3 mal keine Daten von den SSR, so wird der Track gelöscht. Um wieder auf der Konsole der Flugverkehrsleitung zu erscheinen, muss der Track erst wieder durch SSR Daten initialisiert und aufgebaut werden.

3.3.2 Transponder ausserhalb der Spezifikation

Die Studie der FAA basiert auf einer Analyse einer breiten Palette von 548 Transpondern von 12 verschiedenen Herstellern eingebaut in mehrheitlich in Flugzeuge (General Aviation) für den privaten oder gewerblichen Gebrauch. Die Transponder wurden mit dem Testsystem DATAS des William J. Hughes Technical Center der FAA geprüft.

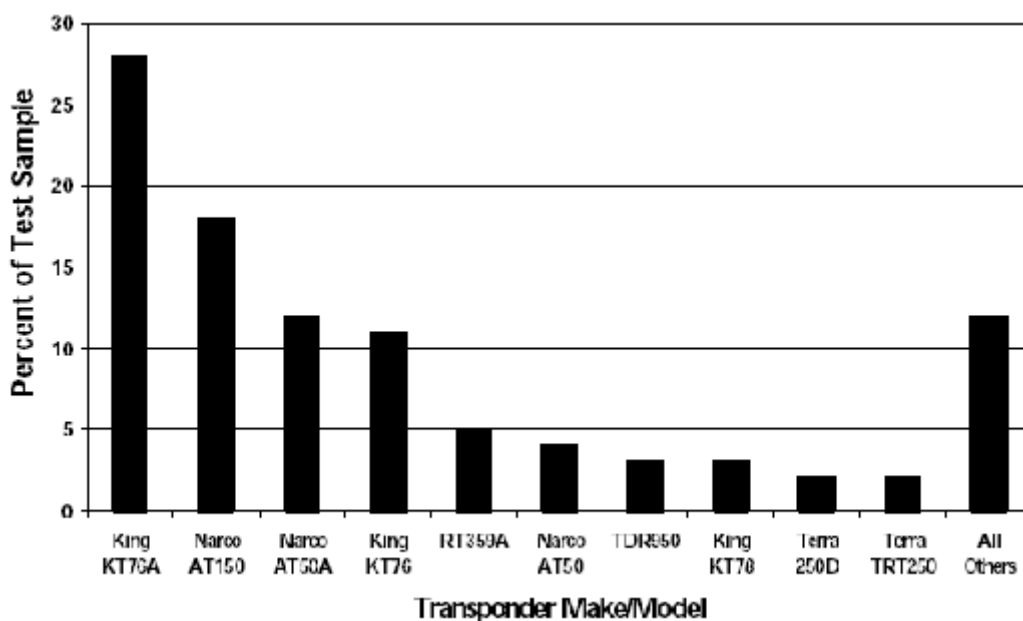


Abbildung 19 :Durch FAA im Hinblick auf Einhaltung der Spezifikation untersuchte Transponder Modelle verschiedener Hersteller

Die in der FAA Studie festgestellten Probleme mit der Einhaltung der Spezifikation der Transponder ist auch für Skyguide relevant.

Die FVL haben festgestellt, dass Flugzeuge z.B. vom Typ Dornier 328 ausgerüstet mit dem Transponder Honeywell RCZ833 gehäuft vom Bildschirm verschwinden.

Nicht auswertbare Antworten können dazu führen, dass der Track nicht mehr aufdatiert werden kann, schliesslich (vom MRT nach 3 ausbleibenden Aufdatierungen) gelöscht wird und schliesslich wieder initialisiert und aufgebaut werden muss

3.3.3 Flugzeuge aus einer benachbarten ORCAM Zone

Die Beschränkung der Korrelation von SSR Radardaten mit den aktuellen Flugplandaten durch den MRT auf Tracks mit Transpondercodes der ORCAM Zone für Zürich, führt dazu, dass aus einer benachbarten ORCAM Zone einfliegende Flugzeuge nur dann zwingend dargestellt werden, wenn die Flugplandaten den effektiv eingestellten Code wiedergeben, und der Wechsel der Flugplandaten synchron mit dem Wechsel in die schweizerische Zone erfolgt. Eine Erweiterung der Korrelation auf die Codes in beiden benachbarten ORCAM Zonen würde die Probleme von möglicherweise nicht sichtbaren Flugzeugen beim Übergang zwischen den ORCAM Zonen erheblich mindern.

3.3.4 Kapazität und Überlast der Elemente des Radarsystems

Die von FLORIN gelieferten Beispiele der Anzahl Systemtracks geben Hinweise auf die Last der MRT von Skyguide.

Die von FLORIDA erfasste Fläche ist ca. 50% grösser als die durch die beiden MRT von Skyguide abgedeckte Fläche. Unter der Annahme einer gleichmässigen Verteilung der Tracklast wäre somit die Last des Skyguide MRT um 1/3 geringer als diejenige von FLORIN. Ab 350 Tracks begrenzt FLORIN die Last durch Abbau am Rande des Erfassungsbereiches. Die Grenze von 350 Tracks wird heute bei FLORIN meistens überschritten. In dem von FLORIN erfassten Luftraum sind Lasten von über 450 Tracks üblich. Berücksichtigt man noch die hohe Dichte des Luftverkehrs über der Schweiz gemäss Abbildung 18, so geben die FLORIN Tracklasten deutliche Hinweise auf Lasten von über 300 Tracks im Erfassungsbereich der MRT von Skyguide.

Verlässliche quantitative Aussagen über die Last und die Verteilung der Tracks bei den einzelnen Elementen können nur von Skyguide erfasst und ausgewertet werden.

3.3.5 Flugzeuge ohne Transponder (Primärradar)

Die Aufgabe der Flugverkehrsleitung erfordert auch eine Überwachung des kontrollierten Luftraums im Hinblick auf eine Gefährdung der kontrollierten Flugzeuge durch anderer Flugzeuge. Ist jedoch wie im Falle ACC Genf kein Primärradar (en-route) vorhanden, so können Flugzeuge ohne Transponder, bzw. Flugzeuge mit defektem oder absichtlich ausgeschaltetem Transponder nicht erfasst und für den FVL nicht dargestellt werden.

Durch die Einbindung vorhandener bzw. in Beschaffung stehender militärischer Primärradare in die Aufbereitung der Luftlage für Skyguide könnte die Aufgabe der Luftraumüberwachung wieder wahrgenommen werden

3.3.6 Luftraum ohne Radarüberdeckung

Luftraum ohne Radarüberdeckung kann im Radarsystem von Skyguide neben topografisch bedingter Gebiete mit Radarschatten auch dadurch auftreten, dass die für ein Gebiet im MRT vordefinierten 3 Radarstationen ausfallen.

3.4 Zusammenfassung

Flugzeuge im Verantwortungsbereich von Skyguide können vom Bildschirm des zuständigen Flugverkehrsleiters verschwinden oder nicht dargestellt werden. Verschiedene Ursachen können dazu führen, dass Flugzeuge nicht auf dem Bildschirm dargestellt werden:

- Störungen der Transponder der Flugzeuge, z.B. durch Richtstrahlverbindungen im Frequenzbereich der SSR von 1030 MHz.
- Gewisse Transponder haben Probleme mit der Abfrage der SSR, aufgrund von Parametern welche ausserhalb der Spezifikation liegen.
- Flugzeuge aus einer benachbarten ORCAM Zone werden unter gewissen Umständen ausgefiltert, und somit nicht zur Darstellung gebracht.
- Überschreitet die Tracklast die Kapazitätsgrenze der Elemente des Radarsystems, so gehen Tracks ganz oder teilweise (für bestimmte SSR) in unvorhersehbarer Weise verloren. Gezielte Massnahmen zum Abbau der Last unter die Kapazitätsgrenze unter Inkaufnahme von Leistungseinbussen (z.B. Reduktion der Reichweite) sind nicht vorhanden.
- ACC GVA arbeitet ohne Primärradar (en-route). Flugzeuge ohne Transponder, bzw. mit defektem oder absichtlich ausgeschaltetem Transponder werden nicht detektiert und dargestellt.

Ohne Primärradar kann nur die Aufgabe der Leitung des kooperativen Flugverkehrs, nicht aber die Luftraumüberwachung wahrgenommen werden.

3.5 Sicherheitsempfehlungen

- Neben der Kontrolle des Flugverkehrs (SSR) soll mit einem leistungsfähigen Primärradar (PSR) auch die Luftraumüberwachung sichergestellt werden.
- Für die Flugverkehrsleitung sollen auch Flugzeuge in der Darstellung der Luftlage sichtbar sein:
 - deren Transponder gestört sind.
 - die einen Transponder besitzen, welcher die Spezifikationen nicht erfüllt

- die aus einer benachbarten ORCAM Zone in den schweizerischen Luftraum einfliegen.
- die einen defekten Transponder haben.
- bzw. die mit ausgeschaltetem Transponder fliegen.
- Die Last in den Teilsystemen muss regelmässig überwacht, aufgezeichnet und systematisch ausgewertet werden.
- Alarme, welche ein Überschreiten kritischer Werte anzeigen, müssen periodische verifiziert werden.
- Massnahmen zum kontrollierten Abbau der Systemlast unter die Kapazitätsgrenze sind zu implementieren.
- Vor der Zustimmung zu einer Erhöhung des Flugverkehrs im schweizerischen Luftraum muss zwingend die Verkräftbarkeit durch die vorhandenen technischen Systeme nachgewiesen werden.

Die FAA empfiehlt aufgrund der Transponder Studie:

- *“The results of this study were the basis for recommending the pursuit of follow-on research initiatives aimed at: (1) the in-depth investigation of operationally significant transponder failures, (2) determining the technical health of transponders carried by commercial aircraft, and (3) identifying the level of transponder and altitude encoder performance that will be needed for safe operations in the future Free Flight environment.*
- *A further recommendation is made to examine the need for improved methods and procedures to ensure the performance of transponders operating in the NAS. It is recommended that this be accomplished by forming a special committee composed of members drawn from government, industry, and GA user organizations. As a part of its charter, the committee should be tasked to: (1) examine current and future transponder performance requirements for safe NAS operations, (2) evaluate the effectiveness of biennial tests in meeting these requirements, and (3) make recommendations for methods and evaluation procedures that would support a consistently high level of transponder performance in the GA population, and (4) assess any system safety impact with either TCAS or SSR/NAS operations if determined to be a problem and suggest corrective action.”*

4 Legal Recording der Luftlage

4.1 Beschreibung des Sachverhalts

Es wurde dem BFU seitens FVL schriftlich folgender Radarzwischenfall vom 2. Dezember 1999 geschildert :

„Un incident de trafic est évité de justesse entre un avion à destination de Genève (TAR 700, descente stoppée à la dernière minute) et un avion en transit au niveau de vol 240 (RGI 672K) non visualisé sur les ICWS radar du secteur de contrôle concerné (KINES). Le radariste du 6^{ème} secteur (position physique adjacente) ne voit pas non plus cet avion sur son écran après avoir effectué la manipulation adéquate. Cet avion n'est correctement visualisé qu'après affichage du code demandé par Genève“.

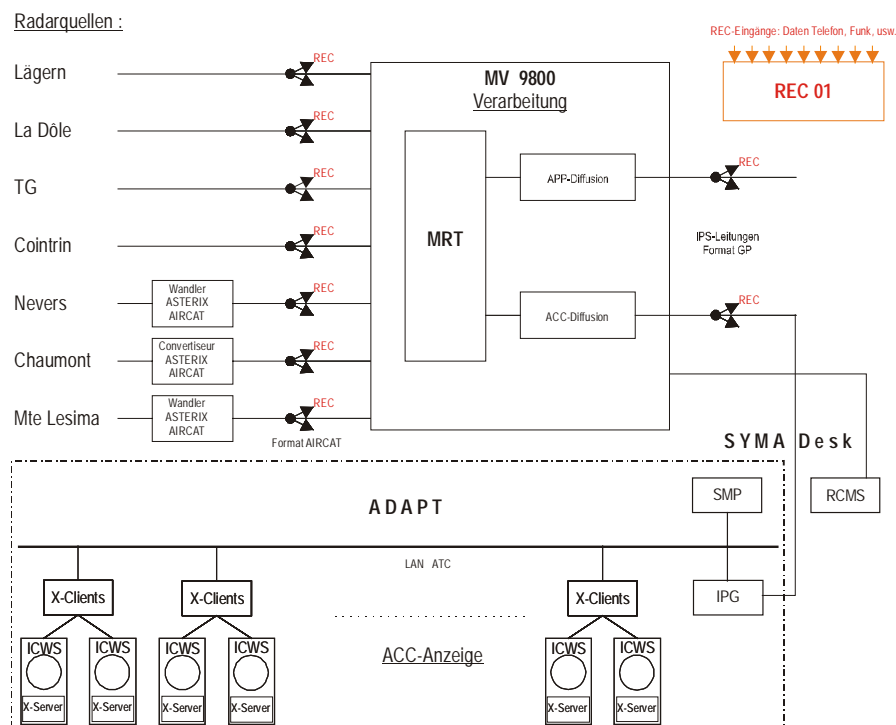
Die FVL bemerken in ihrer Schlussfolgerung zum Zwischenfall vom 2. Dezember 1999:

„Cet avion, qui n'est pas visualisé sur les ICWS, l'est sur l'enregistrement de la situation radar“.

Es muss die folgende Frage beantwortet werden: Kann sich die Reproduktion der Radartracks durch das Legal Recording von der Luftlage, wie sie sich den FVL auf ihren Arbeitstationen darstellt, unterscheiden ?

4.2 Befund

Das folgende Blockschaltbild zeigt, dass das Legal Recording (REC01) die Radardaten am Eingang des „MRT“ (Radarquellen) und die verarbeiteten Daten (Tracks ACC und APP) an dessen Ausgang aufzeichnet.



Die möglichen Fehler oder Verluste durch das ADAPT System, sowie der Einfluss der Einstellungen am einzelnen Arbeitsplatz (ICWS, Bildschirme) werden vom Legal Recording ignoriert.

Das Eurocontrol Standarddokument enthält bezüglich Legal Recording folgende Aussage:

„The recording medium and mechanism should be such that a complete reconstruction of the surveillance data presentation, display settings and selections can be produced at the controller’s display position.“

Im Protokoll der 19th ATCOM Sitzung ist sind folgende Aussagen festgehalten:

„The source used for the investigation is based on a mono-radar distance. The controller uses a certain processed picture, which is not always identical to the picture printed with the ATL evaluation software. ... In a further Step (REC02), the set-up of the working places, the various inputs into the working stations, the positioning of the windows will be included in the recording“

Der Ausbauschritt REC02 des Legal Recording wurde bisher nicht realisiert. Skyguide schreibt in einer Antwort vom 8.9.1998 auf die Zwischenempfehlung des BFU aufgrund die Fastzusammenstoss SWR3779/CRX985 vom 15. Juni 1998 (Abbildung 3) :

„Il reste bien sûr la question de la fiabilité des enregistrements radar en cas d’enquête. Je pense pouvoir affirmer qu’en l’espèce, les enregistrements monoradars présentent une précision et une cohérence suffisantes pour pouvoir établir les faits en cas d’incident“

4.3 Analyse

Für die Untersuchung eines Unfalls oder Zwischenfalls schlägt Skyguide die Verwendung eines einzelnen Radarquelle (SSR) anstelle des MRT vor, da die Kohärenz und die Genauigkeit einer einzelnen Radarquelle als besser eingestuft wird.

Der FVL arbeitet jedoch mit dem MRT Daten als Entscheidungsgrundlage. Diese werden vom Legal Recording auch aufgezeichnet, jedoch nicht in der Form wie sie dem FVL dargestellt wurden. Insbesondere die Darstellungssoftware wird durch die Geschichte der Aktionen und Vorgänge seit dem Aufstarten der Arbeitsstation beeinflusst. Angesichts der Komplexität der Software ist ein Replay der Daten für eine gesicherte Aussage bezüglich der effektiv dargestellten Luftlage als unzureichend einzustufen.

Die Aussagekraft einer Untersuchung eines schweren Vorfalls bzw. Unfalls wird dadurch beeinträchtigt.

4.4 Zusammenfassung

Die Aufzeichnung der Radardaten am Ein- und Ausgang des MRT ist für eine vollständige Rekonstruktion der Luftlage, wie sie sich dem verantwortlichen FVL an der Konsole präsentiert hat, nicht ausreichend. Dieses „Legal Recording“ kann sich von der Darstellung auf der Konsole unterscheiden.

4.5 Sicherheitsempfehlungen

Das Legal Recording ist gemäss der Eurocontrol Empfehlung anzupassen, so dass eine vollständige Rekonstruktion auf dem Niveau der Konsole des FVL möglich ist. Insbesondere müssen die Darstellung der Luftlage, die Bildschirmeinstellungen und die Einstellungen an der Konsole reproduziert werden können.

Bern, den 26. Juni 2002

Büro für Flugunfalluntersuchungen

5 Glossar

ACC	Area Control Center <i>Bezirksleitstelle.</i>
ADAPT	Air Traffic Management Data Acquisition Processing and Transfert <i>Name des von Skyguide zu Beginn der Neunzigerjahre gestarteten Projekts, um die Schweizer Zivil-Luftkontrollsysteme durch Arbeitsplätze zu ersetzen, die die Gesamtheit der technischen Funktionen umfassen.</i>
AIRCAT	<i>von Thomson-CSF verwendetes Konzept (derzeit "Thales ATM") zur Modem-Übertragung der Daten der Radarquellen.</i>
AIRPROX	AIRcraft PROXimity <i>Fastkollision von zwei Luftfahrzeugen.</i>
AGNES	Automatisches GPS NEtz Schweiz (Automated GPS NEtwork for Switzerland)
APP	APProach Control Office <i>Anflugleitstelle.</i>
ATC	Air Traffic Control <i>Flugverkehrsleitung</i>
ATCAR	Air Traffic Control Areas of Responsibility <i>Umfasst „en-route“ und „Approach“</i>
ATCOM	Air Traffic COMmission
ATIR	Air Traffic Incident Report
BFU	Büro für FlugunfallUntersuchungen
DGPS	Differential Global Positioning System. <i>GPS-Empfänger, dessen Positionsfehler mit Hilfe der durch eine Bezugsstation berechneten Differenz zwischen seiner tatsächlichen und seiner gemessenen Position reduziert wird.</i>

Radarbericht

EATCHIP	E uropean A ir T raffic C ontrol H armonisation and I ntegration P rogramme. <i>Dieses Programm heisst jetzt EATMP.</i>
EATMP	E uropean A ir T raffic M anagement P rogramme
FAA	F ederal A viation A dministration
FLORIDA	<i>Militärisches Luftraumüberwachungs- und Einsatzleitsystem der Schweiz</i>
FLORIN	F LORIDA I ntegration <i>MRT von FLORIDA</i>
FVL	F lug V erkehrs L eiter
GP	G énérateur de P lots. <i>Von Thomson-CSF verwendetes Format (derzeit "Thales ATM") zur Verbreitung der MRT-Informationen.</i>
GPS	G lobal P ositioning S ystem <i>Globales Satelliten-Navigationssystem.</i>
GVA	G ene V A <i>Zur Bezeichnung des Genfer Flughafens verwendetes Akronym.</i>
ICWS	I ntegrated C ontroller W ork S tation <i>Arbeitsplatz, der mit einem graphischen Farbbildschirm grosser Abmessung ausgestattet ist, um den Flugverkehrsleiter die Radarsituation anzuzeigen.</i>
IPG	I PS P rocessor G ateway <i>Arbeitsplatz, der die Verbindung zwischen den Rechnern MV9800 und dem ADAPT-System herstellt.</i>
IPS	I ndicateur P anoramique S ynthétique.
LAN	L ocal A era N etwork <i>Lokales Netz, das die Verbindung von Informatiksystemen untereinander ermöglicht.</i>

Radarbericht

MRT	MultiRadar Tracker <i>Multiradar-Verfolgungssystem.</i>
NM	Nautical Mile <i>Längen-Masseinheit, entspricht 1852 Metern.</i>
OACI	Organisation de l'Aviation Civile Internationale.
ORCAM	Originating Region Code Assignment Methodology
PSR	Primary Surveillance Radar. <i>Klassisches Primärradar im Gegensatz zum Sekundärradar.</i>
REC01	RECORDing system phase 01 <i>Aufzeichnungs- und Reproduktionssystem der Radardaten und der Kommunikationen (Funk und Telefon).</i>
RCMS	Remote Control and Monitoring System <i>Zur Kontrolle und Überwachung der Rechner MV9800 verwendete PCs.</i>
RMS error	Root Mean Square error <i>Mittlerer quadratischer Fehler: wird verwendet, um die absolute Genauigkeit einer physikalischen Messung zu qualifizieren.</i>
SMP	System Management and Control Processor <i>Arbeitsplatz, der zur Kontrolle und Verwaltung der Gesamtheit der ADAPT-Ausstattungen verwendet wird.</i>
SSR	Secondary Surveillance Radar <i>Sekundärradar: Radarsystem, das ein aktives Ziel verwendet, d.h. das mit einem Sender-Empfänger ausgestattet ist, der kodierte Nutzinformationen überträgt (Identifikation und Druckhöhe).</i>
SYMA	SYstem Management <i>Technische Position im Kontrollraum, wo die Gesamtheit der Terminals oder der Verwaltungs- und Überwachungskonsolen der grösseren technischen Systeme installiert ist.</i>
TCAS	Traffic Alert and Collision Avoidance System

Radarbericht

Track	<i>Flugweg, berechnet aus den Positionsmessungen der Radarstationen in einem 2D oder 3D Koordinatensystem.</i>
UTC	Universal Time Coordinated <i>Koordinierte Universalzeit, früher GMT genannt.</i>
X-Client	X Window Client <i>Client X: Benutzerprogramm, das mit Hilfe des Protokolls X die Dienste eines Servers X nutzt, indem es ihm Anzeige- oder Dialoganfragen des Benutzers unterbreitet.</i>
X-Server	X Window Server <i>Server X: Programm, das die Verwaltung und die Kontrolle der Eingangs- Ausgangs-Peripheriegeräte (Bildschirm, Tastatur und Maus) eines Arbeitsplatzes X Window gewährleistet.</i>
X Window	<i>Fenstertechnik-System, das auf dem Modell Kunde/Server basiert und in einem lokalen Netz verteilt arbeitet.</i>
ZRH	ZüRiCH <i>Zur Bezeichnung des Zürcher Flughafens verwendetes Akronym.</i>