

Hanke/Weinold (Hrsg.)

# 18. Internationale Geodätische Woche Obergurgl 2015



Wichmann

# Geoinformationstechnische Sicherstellung der Navigation von Luftfahrzeugen in der Luft und am Boden

Volker MEYER<sup>1</sup> und Victor LOBAZOV<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jeppesen GmbH

<sup>2</sup>Moskauer Staatliche Universität für Geodäsie und Kartographie (MIIGAİK)

Flugnavigationen, die sowohl auf geodätischen als auch auf kartographischen Informationen beruhen, definieren und steuern sämtliche Flugverfahren und die Bewegungen eines Luftfahrzeugs am Boden. Die ständig steigende Zahl von Starts und Landungen stellt neue qualitative Anforderungen an die kartographischen und geodätischen Informationen auf einem Flugplatz und dem ihn umgebenden Gebiet. Die neuesten Qualitätsanforderungen an diese Daten ermöglichen es, ein ankommendes Luftfahrzeug vom Moment seines Aufsetzens auf der Start- und Landebahn über die Rollbewegung bis zum Abstellplatz zu kontrollieren und zu verfolgen. Da das Ziel der neuen Anforderungen das sichere und automatische Manövrieren am Boden ist, haben sich die Methoden zur Datenerhebung auch wesentlich verändert. Die neuen Strategien zum Sammeln, Bearbeiten, Speichern und Laufendhalten von Daten werden mithilfe moderner Geräte und Technologien umgesetzt.

Die Erhöhung des Verkehrsaufkommens der kommerziellen Luftfahrt zu Beginn des 21. Jahrhunderts führte zu erhöhten Anforderungen an das System zur Kontrolle der Bewegungen von Luftfahrzeugen, in der Luft und am Boden. Ein Luftfahrzeug ist nach der Landung auf der Start- und Landebahn und vor dem Start genauso ein bewegliches Objekt wie ein Automobil, nur mit einer wesentlich höheren Geschwindigkeit und einer geringeren Manövrierfähigkeit. Zum Zeitpunkt von Start und Landung ist die volle Aufmerksamkeit der Flugsicherung auf die Sicherheit des Luftfahrzeuges und die Beseitigung von Störungen, die auf seinem Weg liegen könnten, gerichtet. Die tragischen Geschehnisse, die sich auf dem Flughafen Wnukowo mit der Falcon ereigneten, haben gezeigt, dass nicht alle vorhandenen Ressourcen genutzt wurden, um die Tragödie zu verhindern.

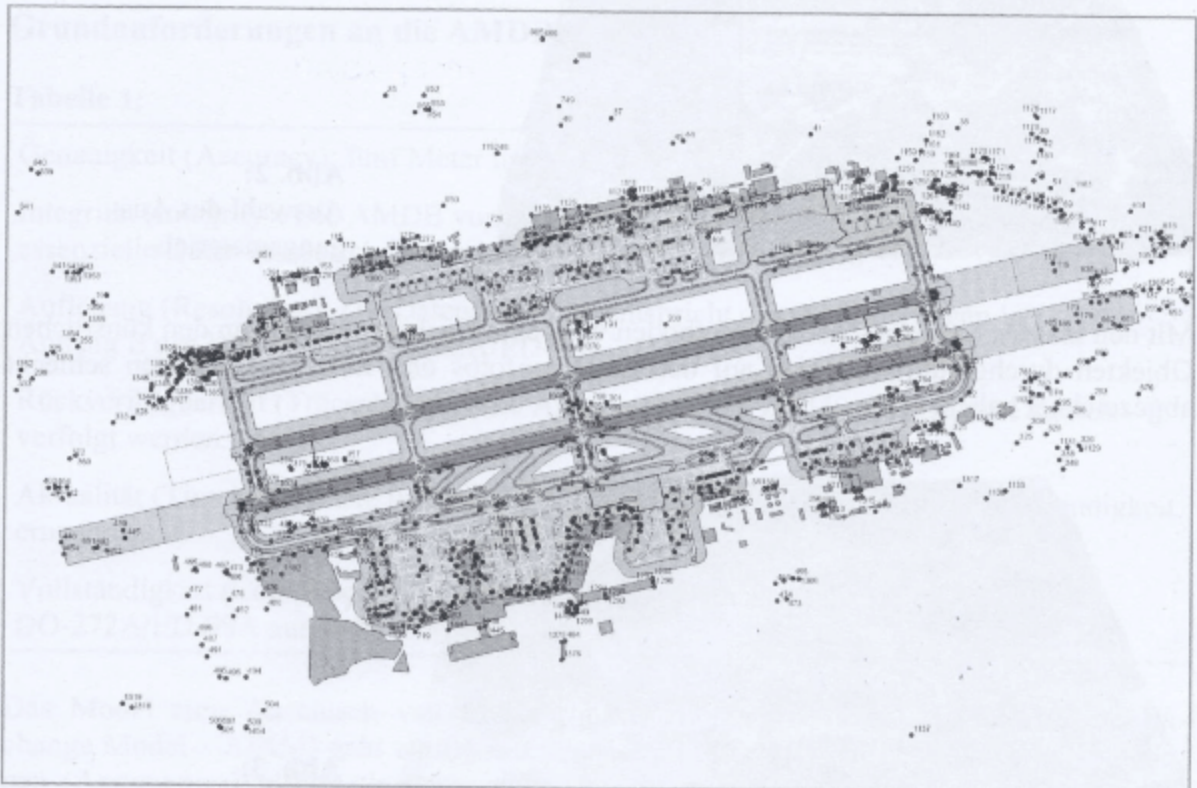
Da die Unfalluntersuchung noch nicht abgeschlossen ist, gehen wir nicht auf die Unfallursache ein, sondern sagen, dass aus Sicht der Spezialisten für die geoinformationstechnische Sicherstellung der Flüge Informationen analysiert wurden, deren Vorhandensein das Geschehene möglicherweise hätten verhindern können.

Die Navigation eines Luftfahrzeuges auf einem Flugplatzgelände beginnt mit seinem Aufsetzen auf der Start- und Landebahn und geht über das Rollen bis zum Aussteigen der Passagiere. Sie ist beendet nach dem erneuten Start des Luftfahrzeuges. An vielen Flugplätzen gibt es Systeme zur Kontrolle und Steuerung von Objekten wie Luftfahrzeugen und anderen beweglichen Objekten. Zur Lenkung der Verkehrsströme am Boden wird an Flughäfen mit Multifunktionsradartechnologien zur Verbesserung der Führung von beweglichen Objekten experimentiert.

Für die Bereitstellung von Informationen an Luftfahrzeugbesatzungen und Fahrer der Bodenfahrzeuge für die gegenseitige Standortbestimmung benötigt man eine hochwertige

Technologie zur Standortdarstellung, als deren Ausgangsbasis eine elektronische Flugplatzbewegungskarte (Airport Moving Map – AMM) dient.

Der kartographischen Flugplatzdatenbank (Airport Mapping Database – AMDB) liegen hochgenaue geodätische und kartographische Informationen zugrunde, auf denen die Bewegungsabläufe der beweglichen Objekte auf dem Flugplatzgelände aufgebaut sind. In Abbildung 1 ist ein Beispiel einer solchen kartographischen Basis für einen der führenden russischen Flugplätze dargestellt.



**Abb. 1:** Kartographische Flugplatzdatenbank (Airport Mapping Database – AMDB) Scheremetjewo

Durch die Erhöhung der Intensität von Starts und Landungen aber auch die erhöhte Anzahl von beweglichen Objekten auf den Flugbetriebsflächen erhöhen sich die Anforderungen an die Qualität der kartographischen und geodätischen Informationen. Das beinhaltet die Anforderungen an Genauigkeit, Richtigkeit und Aktualität der Informationen zu jeder beliebigen Zeit.

Wegen der erhöhten Anforderungen an die Genauigkeit der kartographischen und geodätischen Materialien für eine sichere automatische Führung von Luftfahrzeugen am Boden haben sich die Technologien für das Sammeln, Bearbeiten, Speichern und Laufendhalten von Daten grundlegend verändert. Diese Anforderungen lassen sich nur mithilfe modernster Methoden und Geräte erfüllen.

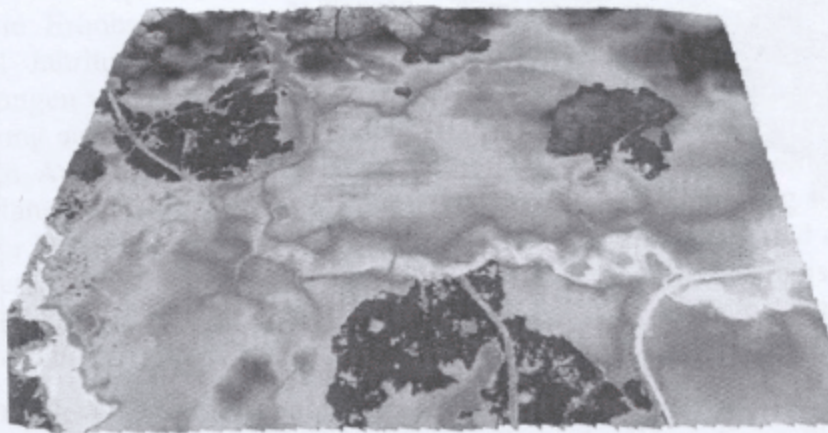
Aufgrund der großen Anzahl von Flugplätzen in der Russischen Föderation wird für die Erstellung von AMDB eine Technologie verwendet, welche den Einsatz von aktuellen hoch-

auflösenden Satellitenfotos von „WorldView“, von Luftbildaufnahmen oder Laserscan-Materialien vorsieht. Ein besonderes Element stellt die Georektifizierung der Materialien dar. Nach Aufbereitung der Materialien (Transformierung, Dechiffrierung) wird ein digitales Modell des Reliefs und der lesbaren Objekte erstellt.

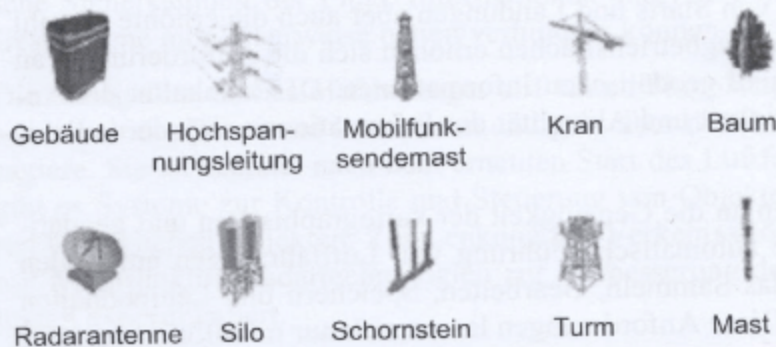


**Abb. 2:**  
Auswahl des Ausgangsmaterials

Mit den klassischen terrestrischen Methoden wird eine Nachvermessung an den künstlichen Objekten durchgeführt, die sich auf den Satellitenfotos und Luftbildaufnahmen schlecht abzeichnen haben.



**Abb. 3:**  
Erstellung eines digitalen Gelände- und Objektmodells



**Abb. 4:**  
Nachvermessung von nicht lesbaren Objekten

Dabei ist zu beachten, dass die AMDB nicht nur einheitliche Karten-Layer, sondern auch semantische Informationen haben, einschließlich der Sprache (Englisch), und ein einheitli-

ches internationales Datenformat, das es den Piloten aus unterschiedlichen Ländern ermöglicht, die Daten zu lesen. So ist es durch die ICAO-Dokumente festgelegt (ICAO – International Civil Aviation Organization – Internationale Organisation für Zivilluftfahrt).

Letzteres wird durch die Einführung des einheitlichen Standards zum Datenaustausch AIXM (Aeronautical Information Exchange Model) gewährleistet.

Ausgangspunkt ist die Vereinigung der Informationen und die Erstellung einer Ausgangs-AMDB (Abb. 1).

### Grundanforderungen an die AMDB:

**Tabelle 1:**

Genauigkeit (Accuracy): fünf Meter und weniger.

Integrität (Integrity): Die AMDB von Jeppesen entsprechen den Anforderungen an essenzielle Daten (essential data) mit einer Datenintegrität von  $10^{-5}$ .

Auflösung (Resolution): Die Datenauflösung entspricht den Anforderungen in Anhang E des Dokuments DO-272A/ED-99A.

Rückverfolgbarkeit (Traceability): Alle Angaben können zur Ursprungsquelle zurückverfolgt werden.

Aktualität (Timeliness): Die Informationen über die Flugplätze werden bei Notwendigkeit erneuert.

Vollständigkeit (Completeness): Jeppesen zeigt alle Attribute, die im Dokument DO-272A/ED-99A aufgezählt sind.

Das Model zum Austausch von Luftfahrtinformationen (Aeronautical Information Exchange Model – AIXM) geht zurück auf das Konzeptuelle Modell für Luftfahrtinformationen (Aeronautical Information Conceptual Model – AICM), welches die offizielle Beschreibung von Luftfahrtinformationen und -daten darstellt und mit den nationalen Zentren für Luftfahrtinformation abgestimmt ist. Das Format AICM wurde auf der Grundlage der Anhänge zum Chicagoer Abkommen über die internationale Zivilluftfahrt (Annex 15) entwickelt, aber berücksichtigt auch andere Dokumente und Standards, wie z. B. ARINC 424.

Das Format AIXM wird in der Mehrheit der Länder benutzt. Die Entwicklung von AIXM wird durch ein AIXM Oversight Board kontrolliert. Zu dessen Aufgaben gehört "Die Kontrolle der AIXM-Entwicklung, aber auch ähnlicher Mechanismen, mit dem Ziel, die Anforderungen möglichst aller Beteiligten zu erfüllen". Teilnehmer sind Staaten (die Länder der Europäischen Zivilluftfahrt-Konferenz – ECAC, die USA, Japan, Russland, Australien), Behörden, Eurocontrol (EAD, CFMU usw.).

Bei der Erstellung der AMDB-Datenbanken kommt es darauf an, die Integrität der Luftfahrtinformationen zu gewährleisten. Das ist eine ständige Forderung in vielen ICAO-Dokumenten. Das Problem besteht darin, dass sich mit jedem Eintrag und jeder Korrektur auf dem Weg der Informationserstellung das Fehlerrisiko erhöht. Das kann im Endeffekt Einfluss auf die Flugsicherheit haben. Im ICAO-Annex 15 sind spezielle Anforderungen an die Datenintegrität (data integrity) aufgeführt. Eurocontrol hat Untersuchungen durchge-

führt, die in ein Projekt zur Erhaltung des Genauigkeits- und Integritätsniveaus (accuracy and consistency level) der zu erstellenden Informationen mündeten, und auch zum Informationsmanagement von der Erstellung bis zum Endnutzer.

Bei der Benutzung der AMDB ist zu beachten, dass die Umgebung des Flugplatzes aus festen und beweglichen Objekten besteht. Die AMDB enthält kartographische Angaben über feste Objekte am Flugplatz, kann aber keine beweglichen Objekte verfolgen, bei denen es sich im Wesentlichen um Bodenfahrzeuge handelt.

Wahrscheinlich kommen auf jedem Flugplatz auf ein rollendes Luftfahrzeug bis zu zehn Bodenfahrzeuge. Deshalb ist es notwendig, die besten Methoden zur Kontrolle nicht nur des Luftfahrzeuges, sondern auch des Fahrzeugverkehrs zu finden. Weltweit findet hier eine Technologie Anwendung, die bekannt ist als Automatisches System zur Auffindung und Verfolgung von Fahrzeugen (automated vehicle location and tracking system). Das System besteht aus den folgenden Grundkomponenten:

- GPS-Empfänger und Funkkanal für die Datenübertragung;
- Kontrollpunkt, der in der Lage ist, Funksignale von Fahrzeugen aus großer Entfernung zu empfangen;
- Aufzeichnungssoftware, die in der Lage ist, teilweise oder vollständig die Strecke darzustellen, die das Fahrzeug zurücklegt;
- Software, die den Standort des Fahrzeugs auf der Karte verfolgen kann.

Die AMDB-Nutzung im Format AIXM erlaubt nicht nur, den Standort des beweglichen Objekts zu bestimmen, sondern auch Geschwindigkeit und Richtung, in der es sich bewegt. Sie ermöglicht, unerlaubte Bewegungen auf den Flugbetriebsflächen festzustellen und die entsprechenden Maßnahmen zu ergreifen, wenn ein Fahrzeug eklatant von seiner geplanten Strecke oder Standort abweicht. Mithilfe einer Smart-Card oder einer digitalen Unterschrift kann man ganz leicht das entsprechende Fahrzeug und den Fahrer identifizieren.

Zu den wichtigen Elementen der Erhöhung der Sicherheit auf den Flugbetriebsflächen zählen die Antworten auf die folgenden Fragen, welche die Einführung von AMDB lösen soll:

- Hat ein Fahrzeug des Wachdienstes im vergangenen Zeitabschnitt den gesamten Bereich des zu bewachenden Gebietes abgefahren?
- Hat ein Fahrzeug nicht die Grenzen des Bereiches überschritten, der für dieses Fahrzeug festgelegt ist?
- Überschreitet ein Fahrzeug nicht die Höchstgeschwindigkeit, die zur Erfüllung seiner Arbeitsaufgaben festgelegt ist?
- Wurde die Funkverbindung zu einem Fahrzeug nicht unterbrochen?

Und so weiter.

In kritischen Situationen kann man Antwort auf folgende Fragen erhalten:

- Kann man ein Fahrzeug identifizieren?
- Kann man feststellen, ob ein Fahrzeug von einem Fahrer gesteuert wird, der dafür berechtigt ist?
- Kann man feststellen, ob alle anderen Fahrzeuge die Gefahrenzone verlassen haben?
- Kann man feststellen, ob irgendein Fahrzeug der Beseitigung einer kritischen Situation im Wege steht?