

Magnetische Ortung und Klassifizierung von Land- und Luftfahrzeugen auf Flughäfen

Thomas Heur, Haibin Gao, Uwe Hartmann • FR 7.2 Experimentalphysik, Universität des Saarlandes, Im Stadtwald, 66123 Saarbrücken

Kurzfassung

Angesichts der weltweit rapide steigenden Zahl von Flugbewegungen wird ein System benötigt, das die Ortung und Klassifizierung von Objekten auf einem Flughafen auch unter ungünstigen Witterungsbedingungen gewährleistet und somit die Voraussetzung für eine zügige und sichere Verkehrsabwicklung schafft. Ein neuartiges, im Rahmen des EU-Projektes „ISMAEL“ (Intelligent Surveillance and Management Functions for Airfield Applications Based on Low Cost Magnetic Field Detectors) zu entwickelndes System erfasst die durch die Präsenz von Luft- und Landfahrzeugen erzeugten Änderungen im Erdmagnetfeld. Es kann damit andere, auf Radar basierende Ortungssysteme ergänzen oder, insbesondere auf kleineren Flughäfen, vollständig ersetzen. Besondere Herausforderungen bei der Entwicklung dieses Systems stellen dabei der geringe Anteil ferromagnetischer Werkstoffe in Luftfahrzeugen sowie die Vielzahl starker Störsignale auf einem Flughafen dar. Schwerpunkte der Forschungstätigkeit sind daher neben der numerischen Simulation der zu erwartenden Signale und dem Vergleich mit tatsächlich gemessenen Werten die Optimierung der Sensoren hinsichtlich Empfindlichkeit und Zuverlässigkeit.

Zu lösende Probleme

Kalender-Jahr	Falsche Anweisungen	Pilotenfehler	Fehler Bodenpersonal/ Straßenfahrzeuge	Anzahl der Vorfälle
1994	83	66	51	200
1995	65	125	50	240
1996	69	146	60	275
1997	69	132	87	288
1998	91	183	51	325
1999	78	182	61	321
2000	87	259	85	431
2001	91	233	83	407
2002	75	191	73	339
2003	90	174	60	324

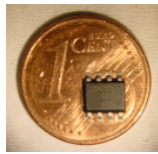
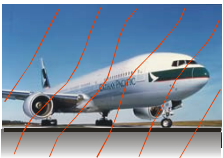


Der Unfall auf dem Flughafen Mailand-Linate hätte mittels eines Sensor-Kontrollsystems vermieden werden können.

Vorfälle auf dem Vorfeld FAA-überwachter Flughäfen

Prinzip

Flugzeuge und sonstige Fahrzeuge deformieren in ihrer Umgebung minimal die Feldlinien des Erdmagnetfeldes. Verantwortlich dafür sind Metallteile und elektrische Aggregate in den Fahrzeugen. Die Deformation kann mittels magnetoresistiver (MR) Sensoren, die sich, regelmäßig angeordnet, beispielsweise im Abstand von einigen Metern im Boden befinden, witterungsunabhängig, zuverlässig und vergleichsweise kostengünstig erfasst werden.



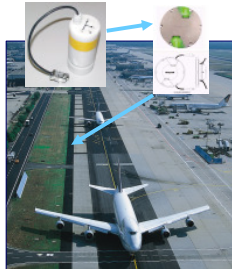
Aufgrund der Anwesenheit von Fahrzeugen wird des Erdmagnetfeld deformiert

Anwendungen

- Betrieb auf der Rollbahn
- Schranken-Management
- Andocksysteme
- Flughafenüberwachung
- Taxiführung
- Überwachen des Verkehrsaufkommens

Beispiel: Taxiführung

- Aktuelle A-SMGCS (Advanced Surface Movement Guidance and Control System) basieren oft auf speziellen Befuerungssystemen für Start- und Landebahnen sowie Taxiways
- Das Flugzeug wird entlang der zugeteilten Route geführt.
- Mittels des Magnetfeld-Detektors wird die aktuelle Flugzeugposition ermittelt und ermöglicht somit eine Regelung innerhalb eines interaktiven Leit- und Sicherungssystems (A-SMGCS).



Numerische Simulation der Magnetfeldänderungen

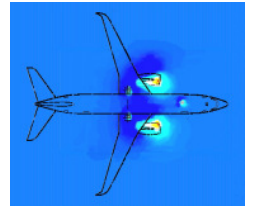
Bisher lagen keine Informationen zu Änderungen im Erdmagnetfeld in der Nähe von Flugzeugen vor. Die für Entwicklung und Erprobung der Sensoren benötigten Vergleichswerte mussten daher durch Modellrechnungen gewonnen werden.

Einerseits weisen Flugzeuge eine sehr komplexe Struktur auf, über die seitens der Hersteller kaum Informationen zugänglich gemacht werden. Andererseits beeinflussen nur einige wenige Komponenten aus ferromagnetischen Werkstoffen, wie etwa Triebwerke und Fahrwerksteile, das Magnetfeld, während ein Großteil der Struktur ohne Einfluss bleibt. Aus diesen Gründen wird für die Simulationen ein stark vereinfachtes, auf wesentliche Teile beschränktes Modell zugrunde gelegt.

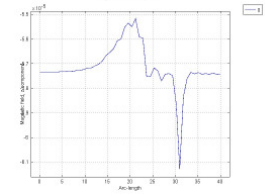
Zur Simulation selbst wurde das Elektromagnetismus-Modul der Software „FemLab“ genutzt. Als Rahmenbedingung wurde ein homogenes Magnetfeld, das in Betrag und Richtung dem Erdmagnetfeld am Rollhalt 27 des Flughafens Saarbrücken-Ensheim entspricht, vorgegeben. Somit sollte es möglich sein, die Ergebnisse der Simulation direkt mit denen der ersten Feldversuche zu vergleichen.

Von besonderem Interesse sind hierbei die Feldverläufe entlang bestimmter Linien parallel zur Längsachse des Flugzeuges. Diese Feldverläufe entsprechen der zeitlichen Änderung des Magnetfeldes am Einbaort eines entsprechend platzierten Sensors bei Vorbeifahrt eines Flugzeuges.

Die Ergebnisse der Simulation lassen Rückschlüsse auf mögliche Einbaorte für die Sensoren zu. So ergab sich für eine Boeing 737 eine maximale Feldänderung von 6 Mikrottesla bei Einbau des Sensors 1 Meter unter der Mitte der Rollbahn. Ein Signal dieser Stärke kann mit den verwendeten Sensoren problemlos aufgefangen und mit einfachsten Mitteln ausgewertet werden. Am Rand einer 22 Meter breiten Rollbahn hingegen wird eine Feldänderung von nur noch 80 Nanotesla erwartet. Dieses Signal liegt an der Erfassungsschwelle der Sensoren und stellt bereits erhebliche Anforderungen an die Signalverarbeitung.



Erwartete Änderung des Magnetfelds in der Umgebung einer Boeing 737



Erwartete zeitliche Änderung des Magnetfelds 1 Meter unter der Rollbahnmittle

Feldversuche

Nachdem anfänglich Messungen an stehenden oder geschleppten Flugzeugen durchgeführt wurden, wurden fünf Magnetfeldsensoren am Flughafen Saarbrücken-Ensheim fest installiert. Mit dieser Sensoranordnung können im laufenden Flugbetrieb die magnetischen Signaturen von Flugzeugen aufgezeichnet werden.

Zwei der Sensoren wurden 1 Meter unter der Mitte der Rollbahn in einem Rohr positioniert, während die restlichen drei Sensoren am Rand der Rollbahn vergraben wurden. Diese Anordnung erlaubt sowohl eine Aufzeichnung des charakteristischen Nahfeldsignals, das für eine Klassifizierung verwendet werden könnte, als auch eine Abschätzung der Erfassungsschweife im Fernfeld. Die zeitlichen Feldverläufe können in sicherer Entfernung von der Rollbahn in einem Computer aufgezeichnet und später ausgewertet werden.

Der dargestellte Feldverlauf für die Boeing 737 lässt erkennen, dass im Nahfeld Strukturen aufgelöst werden können, die deutlich kleiner als das gesamte Flugzeug sind. Als für die Magnetfeldänderung verantwortliche Komponenten lassen sich Bugrad, Triebwerke, Hauptfahrwerk und Hilfsturbinen identifizieren. Weite Bereiche des Flugzeugs haben offensichtlich keinerlei Einfluss auf das Magnetfeld. So ist das Magnetfeld im hinteren Teil des Flugzeugs zwischen Hauptfahrwerk und Hilfsturbinen weitgehend ungestört.

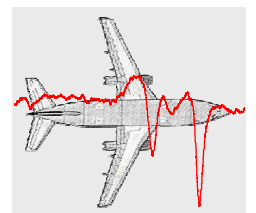
Ein Vergleich des simulierten Feldverlaufs mit dem tatsächlich gemessenen zeigt eine grundsätzliche Ähnlichkeit. Jedoch beträgt die maximale Feldänderung nur etwa 1 Mikrottesla anstelle der erwarteten 6 Mikrottesla. Die Unterschiede im Ausprägungsgrad der einzelnen Merkmale im Feldverlauf sind auf Unzulänglichkeiten des der Simulation zugrunde liegenden Modells zurückzuführen. Offensichtlich ist der Anteil ferromagnetischer Werkstoffe kleiner als anfänglich angenommen.

Der Vergleich der Feldänderung unter der Rollbahnmittle und am Rand der Rollbahn zeigt bei zunehmendem Abstand zum einen die erwartete Verringerung der Signalstärke und zum anderen das Verschwinden von Details. Dies kennzeichnet den Übergang vom Nahfeld zum Fernfeld.

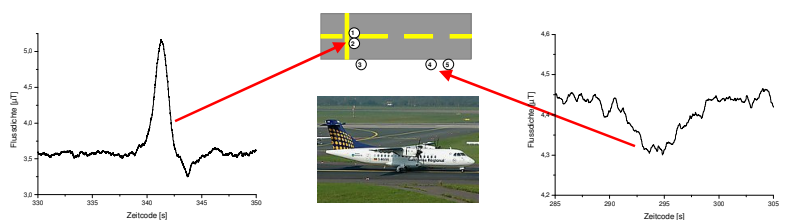
Der Betrag der Feldänderung nähert sich am Rand der Rollbahn mit etwa 120 Nanotesla der Erfassungsschwelle der Sensoren. Einige andere Flugzeugtypen mit einem geringeren Anteil an ferromagnetischen Werkstoffen können mit dem derzeit verwendeten System aus dieser Entfernung bereits nicht mehr zuverlässig detektiert werden. Die Sensoren der nächsten Generation sollten daher eine niedrigere Erfassungsschwelle aufweisen.



Einbaort der Sensoren bei Rollhalt 27 am Flughafen Saarbrücken-Ensheim



Zeitlicher Feldverlauf 1 Meter unter der Rollbahnmittle für eine Boeing 737



Aufgezeichnete zeitliche Feldverläufe bei Vorbeifahrt einer ATR-42-500 an der Sensoranordnung (links: Sensor 1 Meter unter der Rollbahnmittle, rechts: Sensor am Rand der Rollbahn, 11 Meter von Rollbahnmittle)

Konsortium

