

Dr.-Ing. Erwin Lindermeir  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt,  
Institut für Methodik der Fernerkundung  
Oberpfaffenhofen

info-pks@dlr.de

Thomas Krauß  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt,  
Institut für Methodik der Fernerkundung  
Oberpfaffenhofen

info-pks@dlr.de

## Ein Geländemodell für die IR-Signaturberechnung mit MIRA

**MIRA (Model for InfraRed scene Analysis) ist ein Infrarot (IR) Signaturmodell für Flugzeuge. Es wurde am DLR Institut für Methodik der Fernerkundung im Rahmen mehrerer DLR-interner Projekte entwickelt, die sich mit dem Entwurf und der Bewertung von Kampfflugzeug-Konfigurationen beschäftigten. Im letzten Jahr wurde dieses Modell um ein Geländemodell zur Darstellung des Hintergrundes erweitert.**

Für die Bewertung von IR-Signaturen kommt es vor allem auf den Unterschied zwischen der von einem Objekt emittierten Strahlung und der Strahlung des Hintergrundes an. Es ist also der Kontrast zwischen Hintergrund und Ziel, der sowohl die Detektion als auch die Verfolgung eines Ziels ermöglicht oder verhindert. Eine entscheidende Rolle spielt dabei die Struktur des Hintergrundes. Die Erfassung eines Objektes vor einem homogenen Hintergrund, sei es der kalte, klare Himmel oder gleichförmiger und gleichmäßig warmer Boden, ist eine sehr einfache Aufgabe. Ist der Hintergrund aber strukturiert, sind also z.B. die Temperaturen am Boden sehr variabel, so wird die Detektionsaufgabe schon schwieriger.

Um realistische Aussagen über die Detektion zu erhalten, muss ein IR-Signaturmodell daher nicht nur die Emission des Flugzeugs, sondern auch den Einfluss des Hintergrundes berücksichtigen. Dabei sollte der Hintergrund möglichst realistisch modelliert werden. In Bezug auf den Boden lassen sich heutzutage sowohl digitale Höhenmodelle als auch Bodenbedeckungskarten mit Hilfe von Satellitendaten gewinnen. Zudem ist es mit entsprechenden Daten auch möglich, Gebäude



Abb. 1: Erstellung des Oberflächenmodells für einen Teil Hamburgs (c) aus Geländemodell (a), Gebäudemodellen (b) und Baumkataster (nicht dargestellt)



Abb. 2: Materialinformation abgeleitet aus einem Satellitenbild Hamburgs. Farbkodierte Materialkarte zu Abb. 1 (c): Rot: Ziegeldächer, Blau: Wasser, Hellgrün: Gras, Dunkelgrün: Bäume, Hellgrau: Beton, Dunkelgrau: Straße

bis hin zu ganzen Städten in das Modell aufzunehmen. Im Folgenden wird anhand eines Ausschnitts der Stadt Hamburg eine Übersicht über das dazu nötige Vorgehen gegeben.

Die IR-Simulation benötigt neben der Geländeform auch die Kenntnis der Materialien und der Temperaturverteilung. Um diese Daten zu erhalten, wird zuerst ein Oberflächenmodell aus einem Geländemodell, Gebäudedaten und einem Baumkataster erzeugt (Abb. 1). Damit können die Schatten und die Sonneneinstrahlung für beliebige Tage und Uhrzeiten berechnet werden. Die Materialinformation wird aus einem Satellitenbild, hier des WorldView-4-Satelliten, abgeleitet (Abb. 2).

Basierend darauf erfolgt die thermische Simulation. Dabei werden die Absorption von direkter und diffuser Sonneneinstrahlung, die thermische Abstrahlung sowie Wärmeleitungsprozesse berücksichtigt. Absorption und Emission sind hierbei abhängig von der Neigung der Oberflächen und dem Schattenfall. Abb. 3 zeigt Ergebnisse einer solchen Simulation in Form von Temperaturprofilen in der Luft über Tonziegeln (Dächer) bzw. im Material (Ziegel) darunter.

Mit diesem Hintergrundmodell wird dann die Berechnung der IR-Signatur bzw. des Kontrastes durchgeführt. Dabei ist der Einfluss der Atmosphäre zu berücksichtigen. Diese dämpft die Strahlung vom Boden sowie die vom Flugzeug zum Sensor. Die Atmosphäre emittiert aber auch selbst IR-Strahlung. Beide Effekte werden in MIRA unter Verwendung des Atmosphärenmodells MODTRAN berücksichtigt.

In gleicher Weise wirken die Gase im Abgasstrahl. Allerdings ist deren Einfluss wegen der höheren Temperaturen stärker.

MIRA berücksichtigt auch diesen Effekt mit einem spektralen Bandenmodell, das speziell für hohe Temperaturen entwickelt wurde.

Die Abb. 4 und 5 zeigen zwei mit MIRA berechnete IR-Signaturen eines „Nurflüglers“, der im DLR Projekt „Diabolo“ entworfen wurde. Die Oberflächentemperaturen des Flugzeugs und die Zusammensetzung des Abgasstrahls wurden vom DLR Institut für Antriebstechnik zusammen mit dem Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik bestimmt. In der IR-Simulation fliegt der Nurflügler 1 km über der Stadt mit einer Geschwindigkeit von Mach 0,5. Die Kamera mit einem Gesichtsfeld von 3,6° x 3,6° ist 1 km vom Flugzeug entfernt und misst im Spektralbereich 3,3 µm – 5,0 µm.

Die Kontraste zu den Abb. 4 und 5 unterscheiden sich fast um den Faktor 2. Um 04:00 UTC, wenn der Hintergrund noch kalt ist, beträgt der Strahlstärkekontrast 9,4 W/sr. Um 11:00 UTC hat die Sonne die Stadt erwärmt. Der Kontrast beträgt nun nur noch 5,0 W/sr. Eine Detektion ist daher schwieriger.

Diese Arbeiten erlauben es nun, wesentlich realistischere Bewertungen von IR-Signaturen durchzuführen. Somit wurde das DLR IR-Signaturmodell MIRA wesentlich verbessert.

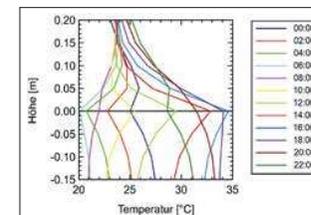


Abb. 3: Thermische Simulation: Vertikale Temperaturprofile am 15.06. (alle 2 Stunden). Tonziegel (Dächer) auf Höhe 0, darüber Luft, darunter Ziegel

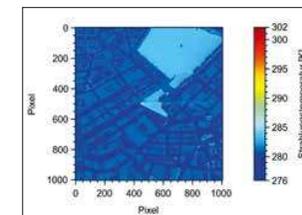


Abb. 4: Flugzeug über der Stadt Hamburg. Flughöhe 1 km, Geschwindigkeit Mach 0,5, Simulationszeit: 05.10., 04:00 UTC (Hamburg Zentrum, Binnenalster)

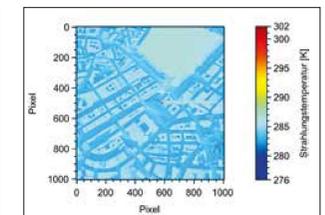


Abb. 5: Flugzeug über der Stadt Hamburg. Flughöhe 1 km, Geschwindigkeit Mach 0,5, Simulationszeit: 05.10., 11:00 UTC