

# 3F-MS – Multi-Level „ForestFireFighting Management System“ zur optimierten Einsatzführung von Boden- und Luftkräften in Waldbrandsituationen

Sabine Lukas<sup>1</sup>, Thomas Schnabel<sup>1</sup>, Alexander Almer<sup>1</sup>, Roland Perko<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Joanneum Research Forschungsges.m.b.H · sabine.lukas@joanneum.at

**Zusammenfassung:** Im Rahmen des KIRAS-Forschungsprojektes 3F-MS wird eine Lösung zur optimierten Einsatzführung auf Basis einer echtzeitnahen Lagebilderfassung sowie rollen- und szenarien-fokussierten Managementapplikation angestrebt. Es erfolgt die Entwicklung simulationsbasierter Entscheidungsunterstützungs- bzw. Impactevaluierungsmodule. Dieser Artikel beschreibt ein Konzept für das Waldbrandmanagement auf Basis einer multisensoralen, luftgestützten Aufnahmeplattform sowie die Entwicklung eines Multi-Level-Managementsystems, um Aufgaben und zeitkritische Entscheidungsprozesse in Waldbrandsituationen durch echtzeitnahe multispektrale Bilddaten optimal zu unterstützen.

**Schlüsselwörter:** Multisensorbildanalyse, echtzeitnahe Waldbrandüberwachung, simulationsbasierte Entscheidungsunterstützung, Waldbrandmanagement, Flugplattform

**Abstract:** *As part of the national funded KIRAS research project 3F-MS, a solution for an optimized support of command and control tasks based on a near real time common operational picture is intended. The management solution keeps track of a role and scenario focused application design. Also a simulation based decision support and impact evaluation module is developed. This article describes a concept for forest fire management based on a multi sensor airborne platform and also the development of a multi-level management system, to support tasks and time-critical decision processes in forest fire situations by near real-time multispectral image data and results of image analysis.*

**Keywords:** *Multi sensor imaging, near real-time forest fire monitoring, simulation-based decision support, forest fire fighting management, airborne segment*

## 1 Ausgangssituation

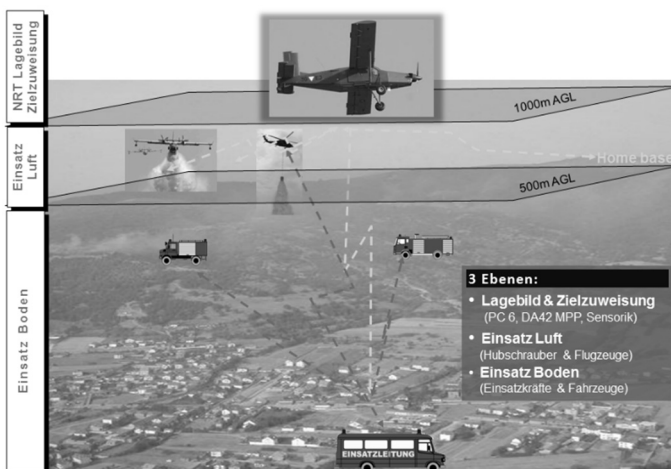
Klimaveränderungen werden zu einem dramatischen Anstieg von Waldbränden in Europa in diesem Jahrhundert führen. Im mediterranen Raum haben sich die durchschnittlich jährlich von Waldbränden betroffenen Flächen seit den 1960er-Jahren vervierfacht (WWF 2012). Europa erleidet jährlich circa 65.000 Brände, welche durchschnittlich eine halbe Million Hektar Wald zerstören (JRC 2010). Die Anzahl der Waldbrände in Zentral- und Nordeuropa befindet sich ebenfalls im Anstieg und die österreichische Waldbranddatenbank<sup>1</sup> zeigt eine Anzahl von 893 Bränden zwischen 2012 und 2015. Die Verbesserung der Waldbrandbekämpfung ist ein wichtiges Thema sowohl auf nationaler als auch internationaler Ebene. Hauptziel ist dabei der Bevölkerungs- und auch Ressourcenschutz, um die Auswirkungen von Waldbränden auf Menschenleben sowie die Umwelt zu minimieren.

---

<sup>1</sup> Siehe <http://fire.boku.ac.at/public/> (April 2016).

## 2 Systemkonzept und Schwerpunkte

Der Schlüssel für den optimalen Einsatz von Einsatzkräften ist ein aktuelles, umfassendes Lagebild sowie eine Managementlösung die es ermöglicht Ressourcen wie Löschtrupps und Rettungsteams, Fahrzeuge/Ausrüstung am Boden als auch Löschflugzeuge und Helikopter effizient einzusetzen. Auf den Einsatz von Drohnen wurde dabei nicht näher eingegangen, da Drohnen der Klasse 1 keine ausreichende Flughöhe für die flächendeckende Observation erreichen können und diese nur im Sichtflug eingesetzt werden können. Drohnen der Klasse 2 könnten diese Problematik zwar umgehen, wurden aber ausgeschlossen, da sie zurzeit noch zu teuer für einen flächendeckenden Einsatz sind. Der Einsatz bemannter Flugzeuge ist auch kostenintensiv, jedoch besteht hier die Möglich existierende Flugzeuge heranzuziehen und diese mit einem entsprechenden Sensorpaket auszustatten (LFG 2016<sup>2</sup>). Brandbekämpfungsmaßnahmen sind maßgeblich vom Typ des Brandes abhängig. Bodenbrände, Kronenbrände und Großflächenbrände benötigen verschiedene Herangehensweisen in Bezug auf die Brandbekämpfung, sowohl was die Einsatzstrategie als auch den Ressourceneinsatz betrifft. Um den Brand effektiv bekämpfen zu können muss somit der Brandtyp einbezogen werden. Ebenfalls ist es notwendig die betroffenen Bereiche für mindestens 24-36 Stunden nach der Brandbekämpfung zu überwachen, um mögliche Glutnester zu detektieren, welche einen Brand wiederentfachen könnten. Abbildung 1 gibt eine Übersicht der Einsatzebenen und verschieden eingesetzten Ressourcen, welche im Rahmen einer aktuellen Waldbrandbekämpfungsstrategie beteiligt sind. Das Einbeziehen und die Koordination der einzelnen Ebenen (großräumige Überwachung zur Lagebilderstellung, Luftkräfte für den Lösch und Transporteinsatz sowie der Bodenkkräfte) sind essenzielle Inhalte eines umfassenden und optimierten Waldbrandmanagements für große Flächen.



**Abb. 1:**  
Multi-Layer Waldbrandmanagementskizze

<sup>2</sup> Luftfahrtgesetz, Nationalrat, Wien, April 2016, <http://www.ris.bka.gv.at/GELTENDEFASSUNG.WXE?ABFRAGE=BUNDESNORMEN&GESE TZESNUMMER=10011306>

Basierend auf dem in ALMER et al. (2015) beschriebenen System ARGUS, einem luftgestützten, multi-funktionalen Führungsunterstützungssystem, welches auf Basis optischer und thermaler Bilddaten ein echtzeitnahes Monitoring bei Naturkatastrophen ermöglicht, werden in dem KIRAS Projekt 3F-MS<sup>3</sup> folgende Themen fokussiert:

- Optimierung der Aufnahme mit Thermalsensoren für großflächige Bereiche mit Fokus auf ein rotierendes Spiegelsystem und das erforderliche geometrische Verfahren.
- Automatische Analyse verschiedener Brandarten aus Thermaldaten (TIR).
- Simulation und Impactevaluierung eines effizienten Ressourceneinsatzes, abgestimmt auf die Anforderungen von verschiedenen Waldbrandszenarien.
- Unterstützung der Aufgabenverteilung und Erweiterung von Statusinformationen verbundener Einheiten.
- Unterstützung von Bodenteams bei Rettungsoperationen als auch Integration mobiler Informationssysteme und Feuerwehrfahrzeuge.

## 2.1 Waldbrandmanagementkonzept

Die folgenden Punkte stellen ein allgemeines Waldbrandmanagementkonzept dar, welches grundsätzlich auf die Anforderungen von großflächigen Waldbränden ausgerichtet ist. Es versucht alle essenziellen Aspekte von der Waldbrandvorbeugung und Bereitschaft bis zur Analyse der Zerstörung nach dem Brand, darzustellen. Um eine Risikooptimierung im Waldbrandmanagement zu erreichen ist es erforderlich, dass nachfolgend angeführten Phasen berücksichtigt werden.

- Vegetationsanalyse und Biomasse Schätzungen.
- „Risiko Bereiche“ – Waldbrandgefährdenkarte (z. B. ZAMG<sup>4</sup>, ALP FFIRS<sup>5</sup>, EFFIS<sup>6</sup>).
- Früherkennung von Brandherden.
- Waldbrand – Eventmanagement.
- Brandausbreitungsmodelle mit Nutzung aktueller meteorologischer und lokaler Daten sowie einer daraus ableitbaren Risikoabschätzung.
- Überwachung des gefährdeten Waldbrandbereiches nach dem Löschen des Brandes (Einsatz eines multisensoralen Monitoringsystem mit hoher Flächenleistung).
- Schadensdokumentation (Schadensbewertung und Analyse der Auswirkungen auf die Umwelt).
- Vegetationsregeneration (Monitoring der Regenerationsmaßnahmen).

Das ARGUS-System ermöglicht eine Früherkennung von Brandherden, ein Waldbrandmanagement, die Überwachung nach dem Brand sowie eine Schadensdokumentation. Schnittstellen erlauben die Integration von Risikokarten und Brandausbreitungssimulationsmodellen sowie den Export eines aktuellen Lagebildes als wichtiges Input für die Brandausbreitungsmo- dellierung. Unterstützt wird auch die Weitergabe der aktuellen Lagedarstellung an

---

<sup>3</sup> Siehe <http://www.kiras.at>, Multi-Level „ForestFireFighting Management System“ zur optimierten Einsatzführung von Boden- und Luftkräften in Waldbrandsituationen, Projektnummer 850201.

<sup>4</sup> Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, <https://www.zamg.ac.at/cms/de/wetter/produkte-und-services/freizeitwetter/waldbrand> (April 2016).

<sup>5</sup> Siehe <http://www.alpffirs.eu/> (April 2016).

<sup>6</sup> Siehe <http://forest.jrc.ec.europa.eu/effis/> (April 2016).

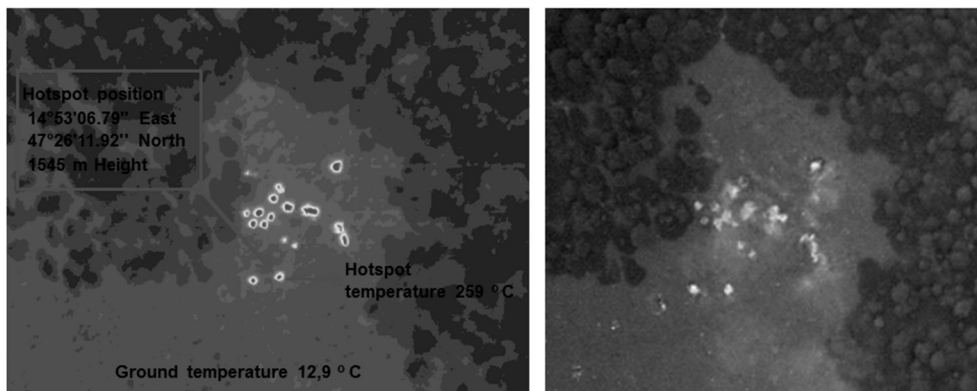
involvierte Einsatzkräfte und Entscheidungsträger. Für eine stark verbesserte Unterstützung der Einsatzführung sind die folgenden Erweiterungen von ARGUS geplant:

- Großflächige Überwachung gefährdeter Waldgebiete auf Basis einer Risikoanalyse.
- Nutzer- und szenarienorientierte Erweiterung der Managementlösung.
- Ressourcenmanagement von Boden- und Luftkräften.
- Simulation eines fiktiven Ressourceneinsatzes mit Bezug auf Brandtypen sowie Vergleich der Simulationen mit den realen Auswirkungen bzw. Einsatzdurchführungen.
- Effiziente Überwachung bereits gelöschter Waldbrandbereiche für 24-36 Stunden, um eine frühe Detektion wiederaufflammender Brände sicherstellen zu können und Maßnahmen zur Brandbekämpfung rechtzeitig einzuleiten.

Ein spezieller Fokus wird auf die Problemstellungen der Bildanalyse von Thermaldaten zur Bestimmung thermaler Hotspots und aktuellen Waldbrandarten sowie die notwendige Datenprozessierung zur Generierung echtzeitnaher, szenarienrelevanter Lagebilder gelegt.

## 2.2 Thermaldatenanalyse

Mit ARGUS aufgenommene Bilder werden dabei für automatisierte Bildanalyseaufgaben verwendet. Abbildung 2 zeigt Ausschnitte der thermalen Informationen (links) und dem optischen Bild (rechts) von einer künstlich gesetzten Waldbrandsituation. Das Wärmebild wird in Pseudo-Farben dargestellt und relevante Informationen angezeigt. Als Vorverarbeitungsschritt werden die Daten koregistriert und dienen als geometrisch kohärenten multispektraler Bildstapel als Grundlage für weitere detaillierte Bildanalysen.



**Abb. 2:** Annotiertes TIR (links) und optisches Bild (rechts) einer Waldbrandsituation

In der Vergangenheit wurde die thermische Information oft manuell interpretiert (EL-SHEIMY et al. 2004, HALIKIAS et al. 2011), was jedoch ineffizient ist und durch Automatisierung gestützt werden muss. Die Detektion von Hotspots ist eine relativ einfache Aufgabe, da solche Bereiche durch geeignete Schwellwertbildung des TIR-Bildes bestimmt werden können. Eine solche Verarbeitung wurde z. B. in SALAMI et al. (2009) oder MERINO et al. (2012) präsentiert, wobei die letztere auch die Konturen des Brandes extrahiert. Allerdings sollte das hier angedachte Bildverarbeitungssystem in der Lage sein, eine viel detailliertere Analyse

des aktuellen Zustands, insbesondere eine Klassifizierung der verschiedenen Waldbrandarten und Situationen zu ermöglichen. Speziell die Unterscheidung von Bodenbränden (einschließlich Glutnester), Kronenbrand und Vollbränden sind hier von großem Interesse.

Die laufenden Arbeiten basieren auf einer gemeinsamen Auswertung der thermalen und optischen Bilder mithilfe lernbasierter Klassifikatoren. Entsprechende TIR-Merkmale sind Größe und Form der Hotspots und Statistiken der Temperaturen innerhalb des Hotspots (minimale, maximale, mittlere und Fluktuation oder Histogramme). Zum Trainieren der Klassifikationsmodelle (z. B. support vector machine (SVN), deep neural networks (DNN) oder convolutional neural networks (CNN)) werden echten Bilddaten aus Feldkampagnen herangezogen.

Bei der Datenprozessierung muss speziell auf die Zeit zwischen der Aufnahme und dem zur Verfügung stehen der Daten am Boden beachtet werden. Sind die Daten am Boden für das Treffen von Entscheidungen nicht aktuell genug, wird das System im Realeinsatzfall nicht einsetzbar sein. Für die echtzeitnahe zur Verfügung Stellung einsatzrelevanter Daten werden in ARGUS eine optische und eine thermale Kamera eingesetzt. Die aufgenommenen Bilder können entweder im Flugzeug verarbeitet und in Folge nur die Ergebnisse komprimiert zur Bodenstation gesendet werden oder es werden die Rohdaten komprimiert übermittelt und danach am Boden prozessiert.

### 2.3 Entscheidungsunterstützung und Impactanalyse

Ein weiteres Modul stellt das Entscheidungsunterstützungssystem für die Einsatzleitung dar, welches basierend auf Brandbeschaffenheit bzw. Brandtyps eine Brandbekämpfungsstrategie vorschlägt und eine Übersicht an benötigten bzw. verfügbaren Einsatzkräfte gibt. Dabei wird das Ergebnis der Thermaldatenanalyse sowie weiterer Referenzmerkmale zur Erkennung des Brandtyps herangezogen. Die Merkmale beziehen sich dabei auf die Temperaturen der Brandbereiche und die Rauchfarbe. Aufgrund der genauen Detektion des Brandes durch das aufgenommene Bildmaterial, können punktuellere Löschrategien geplant werden und somit die weitere Ausbreitung des Brandes verhindert werden. Der Vorschlag berücksichtigt dabei auch die zur Verfügung stehenden Luft- und Bodenfahrzeuge und Einsatzkräfte sowie deren Kapazitäten. Als nächster Schritt wird mithilfe des Überwachungsflugzeugs die Situation nach erfolgter Brandbekämpfung erneut erhoben. Ein Vergleich der Lage vor dem Einsatz sowie danach zeigt den Erfolg der angewendeten Maßnahmen. Die Berücksichtigung des Impacts der Löscharbeiten kann nun für die Planung des weiteren Ressourceneinsatzes zur Steigerung der Effektivität herangezogen werden. Weiters ermöglichen die Ergebnisse die Bewertung des Ablaufs im Nachhinein und bieten gute Grundlagen im Bereich der Schulung von Einsatzkräften.

## 3 Ausblick

Die Evaluierung der Ergebnisse bezüglich der Unterstützung der Brandbekämpfungsszenarien stellen die Notwendigkeit von weiteren Entwicklungen in den Themengebieten, Thermaldatenbeschaffung, automatisierte Prozessierung der Daten, als auch die Entwicklung von innovativen Multi-Level-Management-Ansätzen in den Fokus. Speziell im Bereich der automatischen Thermaldatenanalyse werden in weiterer Folge die eingesetzten Algorithmen auf

praxisnahen Bilddaten aus Übungsszenarien der Feuerwehr sowie auch realen Einsätzen von ARGUS angewendet und verfeinert. Ebenfalls stellen die Integration von Risikokarten und Brandausbreitungsmodellen in das Simulationsmodul als auch in das zur Verfügung stehende aktuelle Lagebild offene Entwicklungsschritte dar. Der Einsatz im Rahmen von Feuerwehrübungen und Praxiseinsätzen von ARGUS ist ebenfalls zur Optimierung und dem Evaluieren des Mehrwerts für die Einsatzkräfte geplant.

## Literatur

- ALMER, A., SCHNABEL, T., KÖFLER, A., RAGGAM, H., WACK, R. & FEISCHL, R. (2015), Airborne multi-sensor management support system for emergency teams in natural disasters. ISCRAM 2015.
- EL-SHEIMY, N. & WRIGHT, B. (2004), Real-time Airborne Mapping System for Forest Fire-fighting (F3) System. PERS, 70 (4), 381-383.
- HALIKIAS, G., LEVENTAKIS, G., KONTOES, C., TSOUKAS, V., DRITSAS, L. & PANTELOUS, A. (2011), Design Issues of an Operational Fire Detection System integrated with Observation Sensors. Chapter 5 in Advances in Satellite Communications (KARIMI, M. & LABRADOR, Y. (Eds.)). InTech. 206 p. doi:10.5772/838.
- JRC EUROPEAN COMMISSION (2010), Forest Fires in Europe 2009. JRC Scientific and Technical Reports, no 10, European Union, EUR24502EN. ISBN 978-92-79-16494-1, ISSN 1018-5593, doi:10.2788/74089.
- MERINO, L., CABALLERO, F., MARTINEZ-DE-DIOS, R. J., MAZA, I. & OLLERO, A. (2012), An unmanned aircraft system for automatic forest fire monitoring and measurement. Journal of Intelligent & Robotic Systems, 65 (1-4), 533-548.
- SALAMI, E., PEDRE, S., BORENSZTEJN, P., BARRADO, C., STOLIAR, A. & PASTOR, E. (2009), Decision Support System for Hot Spot Detection. Intelligent Environments, 277-284.
- WWF (2012), Wälder in Flammen – Ursachen und Folgen der weltweiten Waldbrände. WWF Deutschland, Berlin (Juli 2012, 6. Aufl.).  
[http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/120809\\_WWF\\_Waldbrandstudie.pdf](http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/120809_WWF_Waldbrandstudie.pdf).