

# Simulationsgestützte Missionsplanung für B-VLOS RPAS im überregionalen Katastrophenhilfeinsatz

Fritz ZOBL<sup>1</sup>, Robert MARSCHALLINGER<sup>1</sup>, Thomas GRÄUPL<sup>2</sup>,  
Elias PSCHERNIG<sup>2</sup> und Carl-Herbert ROKITANSKY<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Interfakultärer Fachbereich Geoinformatik – Z\_GIS, Universität Salzburg

<sup>2</sup>Aerospace Research, Fachbereich Computerwissenschaften, Universität Salzburg

## 1 Hintergrund

Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS) stellen in einem breiten Spektrum von Bereichen ein großes Potenzial für die Entwicklung von innovativen zivilen (wissenschaftlich, kommerziell, behördlich, etc.) Anwendungen dar. Die rasante Entwicklung an potenziellen Anwendungen und eine schnell wachsende Anzahl von RPAS erfordern jedoch eine rasche und effiziente Integration in den Luftraum. Das gilt besonders für „beyond visual line of sight (B-VLOS)“ oder „class 2“ RPAS (WATTS et al. 2012). Einsatz von B-VLOS RPAS erfordern daher auch die Entwicklung von geeigneten Flugplanungstechnologien, welche die Integration von RPAS in den kontrollierten Luftraum berücksichtigen.

## 2 Problemstellung

Durch Naturkatastrophen verursachten Schäden können sowohl für Menschen als auch für Infrastruktureinrichtungen nachhaltige Auswirkungen haben. Ein Katastropheneinsatz umfasst alle Aktivitäten vor, während und nach einer Katastrophe, um die Auswirkungen möglichst gering zu halten (ALTAY & GREEN 2006, GALINDO & BATTÀ 2013). Während eines Katastrophenhilfeinsatzes sind die beteiligten Akteure mit vielen logistischen Herausforderungen durch z. B. beschädigte Verkehrsinfrastruktur oder limitierte Kommunikation konfrontiert (COPPOLA 2011, DE LA TORRE et al. 2012).

Katastropheneinsätze sind – wegen der durch die mit den Katastrophen oft verbundenen widrigen Wetterverhältnisse bzw. der schlechten Erreichbarkeit durch Veränderungen an der Erdoberfläche – mit erhöhten Risiken verbunden. RPAS in Kombination mit diversen Sensoren bieten im Katastrophenfall daher eine gute Ergänzung für (i) die visuelle Inspektion und (ii) die geodätische Vermessung der Erdoberfläche zur Beurteilung von Veränderungen in den unterschiedlichen Phasen der Katastropheneinsätze. Grundsätzlich sind RPAS für unterschiedlichste Katastropheneinsätze wie z. B. Hochwasser, Lawinen oder Hangrutschungen geeignet. Je nach Art der Katastrophe sind unterschiedlich große Areale (m<sup>2</sup> bis km<sup>2</sup>) mit flachen oder auch hochalpinen Topographien betroffen. In Zukunft könnte – entsprechende Reichweite des RPAS vorausgesetzt – ähnlich derzeitigen Rettungshubschraubern das Unmanned Aerial Vehicle (UAV) von einer Einsatzzentrale starten und zum jeweiligen Einsatzort fliegen. Dies erfordert eine flexible Flugplanung, die auch den Einsatz über direkten unbehinderten Sichtkontakt hinaus unterstützt und die Integration des RPAS in den kontrollierten Luftraum über dem Katastrophengebiet berücksichtigt.

### 3 Fallbeispiel

Der entwickelte überregionale Flugplanungsansatz mit Simulation einer B-VLOS RPAS Mission unter Berücksichtigung der Integration in den kontrollierten Luftraum wird am Beispiel eines inneralpinen Hangrutschungskatastropheneinsatzes demonstriert.

Die Erfolgskriterien für einen solchen Einsatz sind dabei durch vor allem durch die steiles Gelände mit engen Tälern komplex und erfordern die Berücksichtigung etlicher Aspekte. Ein wesentlicher Aspekt dabei ist die Bereitstellung bedarfsangepasster aktueller Lagebilder für die jeweiligen Entscheidungsträger. Dazu muss die aktuelle Situation ortsspezifisch einerseits punktuell aber auch flächig erfasst werden. Dies erfordert eine zweckmäßige und effiziente Aufgabenzuordnung für die unterschiedlichen RPAS-Aufklärungssysteme bzw. auch eine entsprechende Flugführung zur Separierung des RPAS-Flugbetriebs vom restlichen Flugverkehr, um das höchst mögliche Maß an Flugsicherheit zu gewährleisten. Sämtliche flugsicherheitsspezifischen bzw. flugtechnischen Kriterien müssen daher schon bei der Planung von RPAS-Missionen mit einbezogen werden.

Der angestrebte Einsatz von unterschiedlichen RPAS-Aufklärungssystemen im Katastropheneinsatz sieht auch den Einsatz von weitreichenden „beyond visual line of sight“ Systemen vor. Der Einsatz von weitreichenden RPAS ist hier vor allem zur Überwachung von Hangrutschungen bzw. Felsstürzen unter „Live“-Datenübertragung zu den für die Leitung der Einsätze verantwortlichen Warnzentralen vorgesehen. Neben der „Live“-Datenübertragung zur visuellen Inspektion soll der Einsatz von Senkrechtaufklärung zur Dokumentation des Schadensverlaufes bzw. des aktuellen Lagebildes unter regelmäßiger Weitergabe der ausgewerteten Luftbilder bzw. erfassten Geländedaten an die jeweiligen Bedarfsträger erfolgen. Für einen effizienten RPAS-Einsatz sind daher unterschiedliche und individuell abgestimmte Flugplanungen notwendig.

### 4 Multi-scale RPAS-Missionsplanung

Der in diesem Beitrag vorgestellte Ansatz ermöglicht die Integration von ortsspezifischen (Gelände-)informationen mit entsprechend der Aufgabe angepassten Genauigkeitsstufen sowie die Berücksichtigung des kontrollierten Luftraums über dem betroffenen Katastrophengebiet für den Prozess der Missionsplanung. Eine B-VLOS-RPAS-Mission wird daher in einem iterativen, mehrstufigen Prozess erstellt. Der erste Schritt ist die Definition von „areas of interest“. Grundsätzlich können dazu Daten unterschiedlicher Auflösung berücksichtigt werden. Für eine schnelle Planung im Katastrophenfall werden zuerst überregional verfügbare Daten (digitales Geländemodell, Luftbilder, Karten, etc.) verwendet. Bei Verfügbarkeit können auch hochgenaue ortsspezifische Daten mit eingebunden werden.

Im nächsten Schritt werden mit einem eigens entwickelten Algorithmus kollisionsfreie RPAS-Flugrouten unter Berücksichtigung der Geländesituation erstellt (Abbildung 1a). Dieser Algorithmus basiert auf einer graphentheoretischen Darstellung der Höhenmodelle und einer Variante des A\* Algorithmus zur Wegfindung. Diese Flugroute wird in einen Flugverkehrssimulator eingespeist und entsprechend der Parameter des RPAS-Systems (Flugleistung, etc.) und des umgebenden Luftraums adaptiert (Luftstraßen und Navigationspunkte, Abbildung 1b). Anschließend werden die simulierten Missionen in Kombina-



## Literatur

- ALTAY, N. & GREEN, W. G. (2006), OR/MS research in disaster operations management. *European Journal of Operational Research*, 175 (1), 475-493.
- COPPOLA, D. P. (2011), *Introduction to International Disaster Management*. 2<sup>nd</sup> Ed. Butterworth-Heinemann, 696 S.
- DE LA TORRE, L. E., DOLINSKAYA, I. S. & SMILOWITZ, K. R. (2012), Disaster relief routing: Integrating research and practice. *Socio-Economic Planning Sciences*, 46, 88-97.
- GALINDO, G. & BATA, R. (2013), Review of recent developments in OR/MS research in disaster operations management. *European Journal of Operational Research*, 230 (2), 201-211.
- WATTS, A. C., AMBROSIA, V. G. & HINKLEY, E. A. (2012), Unmanned aircraft systems in remote sensing and scientific research: Classification and considerations of use. *Remote Sensing*, 4.6, 2012, 1671-1692.