

Einsatz einer bildgebenden Hyperspektralkamera in einem Tragschrauber

IMMANUEL WEBER¹, CASPAR KNEER², ALEXANDER JENAL¹ & JENS BONGARTZ²

Zusammenfassung: Um in der Fernerkundung hyperspektrale Daten zu gewinnen, werden klassischer Weise scannende Verfahren verwendet. Diese besitzen eine große räumliche und spektrale Auflösung. Dabei sind aber sowohl der Sensor als auch die Sensorperipherie mit einem sehr hohen technischen und damit finanziellen Aufwand verbunden. Daneben wurden in jüngster Zeit verschiedene neue Sensorkonzepte vorgestellt, zu denen auch so genannten „Schnappschuss“-Verfahren zählen. Diese können ähnlich normaler Fotokameras eine zweidimensionale Aufnahme instantan erzeugen. Beim Einsatz eines solchen Systems kann auf ein hochpräzises Inertialmesssystem verzichtet werden, da die Bildinformationen nicht aus einzelnen Punkten oder Zeilen wie bei scannenden Systemen zusammengesetzt werden müssen. Die Autoren zeigen eine Adaption des Schnappschuss-Systems Cubert UHD 285 für den Einsatz in Bildflügen, wozu primär die Integration eines Hardwaretriggers notwendig ist. Abschließend werden zwei Datensätze gezeigt, die das erfolgreiche Zusammenspiel zwischen Kamerasystem und Flugmanagementsystem in einem Tragschrauber zeigen.

1 Einleitung

Hyperspektrale Bildgebung in unterschiedlichen Wellenlängenbereichen ist Gegenstand aktueller Forschung und Entwicklung und das sowohl auf Seiten der Sensorsystementwicklung als auch auf Seiten der Anwendungsforschung. Vielfältige Anwendungsbereiche in Umwelt- und Geowissenschaften (JONES et al. 2010), aber auch in vielen anderen Disziplinen, profitieren dabei von immer leistungsfähigeren Systemen. Hyperspektralsysteme werden in diesen Anwendungen auch luftgestützt in Bildflügen eingesetzt. Ihr Einsatz in der Fernerkundung erfordert aber gerade bei den klassischen Verfahren der Punkt- und Zeilenscanner (THENKABAIL et al. 2012) einen hohen technischen und finanziellen Aufwand. Dadurch ist die hyperspektrale Bildgebung für bestimmte Anwendungen und Anwender zwar interessant, aber nicht tragbar. Der technische Aufwand ergibt sich aus der Notwendigkeit der permanenten und hochpräzisen Messung und Aufzeichnung der Fluglage mit einem Inertialmesssystem, um eine anschließende Bildrekonstruktion aus den Punkt- oder Zeilenaufnahmen zu ermöglichen. In jüngster Zeit wurden jedoch verschiedene neue Sensorkonzepte vorgestellt (MICHELS et al. 2014, LIVENS et al. 2014), die Vorteile gegenüber den klassischen Verfahren aufweisen.

Bildgebende, hyperspektrale Systeme wie die Kamera UHD 285 der Firma Cubert GmbH reduzieren den notwendigen Aufwand, da sie keine einzelnen Zeilen, sondern, ähnlich normaler Kameras, Matrizen erzeugen. Deshalb muss ein Bild nicht erst zusammengesetzt werden, sondern es wird instantan erzeugt. Es wird quasi ein „Schnappschuss“ erzeugt, daher auch der englische Begriff „Snapshot Imager“. Dadurch wird der Einsatz von hyperspektraler Bildgebung einfacher

¹ Fraunhofer FHR, Anwendungszentrum für Multimodale und luftgestützte Sensorik, Joseph-Rovan-Allee 2, 53424 Remagen; E-Mail: [immanuel.weber, alexander.jenal]@fhr.fraunhofer.de

² Hochschule Koblenz - Anwendungszentrum für multimodale und luftgestützte Sensorik, Joseph-Rovan-Allee 2, 53424 Remagen; E-Mail: [kneer, bongartz]@hs-koblenz.de

und preiswerter, da auf ein hochpräzises Inertialsystem verzichtet werden kann. Nachteilig bei diesen Snapshot-Verfahren ist jedoch die häufig noch relativ niedrige räumliche Auflösung oder die geringe Anzahl spektraler Kanäle in den Bilddaten. Zusammen mit einer kostengünstigen, luftgestützten Trägerplattform, z.B. dem Tragschrauber des AMLS, eröffnen sich jedoch viele neue Anwendungsbereiche, in denen bisher ein Einsatz von Hyperspektralsensorik nicht möglich war. Im Folgenden wird zunächst die UHD 285 kurz vorgestellt, die Modifikation beschrieben und anschließend Beispieldatensätze gezeigt.

2 Methoden

Die Cubert UHD 285 ist eine Snapshot-Hyperspektralkamera. Ihr Messprinzip basiert prinzipiell auf dem eines üblichen Spektrometers, bei dem durch einen Spalt einfallendes Licht von einem Spektralapparat aufgeteilt und auf einen Zeilensensor abgebildet wird. Die flächenhafte Information wird hier dadurch erzeugt, dass statt eines Spaltes eine zweidimensionale Spaltanordnung verwendet wird, die durch sehr viele Spalte einzelne Spektren durch den Spektralapparat auf einen Flächensensor abbildet. (MICHELS et al. 2014) Durch entsprechende Bildrekonstruktion kann dann ein sogenannter hyperspektraler Würfel erzeugt werden. Dieser stellt in seiner Oberfläche die räumliche Dimension der Aufnahme und in seiner Tiefe die spektrale



Abb. 1: Links und Mitte: Cubert UHD 285 im Tragschrauber Cloud Dancer 2 des AMLS; rechts: selbe Kamera im Tragschrauber Trojan der Firma GyroLAG in Südafrika.

Dimension dar. Die Kamera arbeitet im Bereich von 450 – 950 nm und erzeugt neben dem hyperspektralen Würfel ein panchromatisches Referenzbild. Bei einer räumlichen Auflösung von 50 x 50 Spektralpixeln liefert sie pro Pixel 125 spektrale Kanäle mit einer 14 Bit Digitalisierung. Das Referenzbild hat eine räumliche Auflösung von 1000 x 1000 Pixeln. Beide Datensätze können mit bis zu 20 Hz aufgezeichnet werden. Der Hersteller liefert zur UHD 285 das Softwarepaket Cubeware, das aus C-Link und CubePilot besteht. Über die Software CubePilot lässt sich die Kamera konfigurieren und Einzel- sowie Serienbilder erzeugen. Mit ihr kann der Anwender die hyperspektralen Daten anschließend mit einfachen Mitteln analysieren. Im Hintergrund arbeitet dabei die Serverapplikation C-Link, die die eigentliche Kommunikation mit der Kamera

übernimmt. Der CubePilot verbindet sich mit dem C-Link über eine TCP/IP-Schnittstelle und muss somit nicht auf dem gleichen System ausgeführt werden, an das die Kamera angeschlossen ist. Der Befehlssatz zur Kommunikation über die TCP/IP-Schnittstelle wird vom Hersteller zur Verfügung gestellt, so dass eigene Applikationen implementiert werden können.

Im Lieferzustand der Kamera ist es jedoch nicht vorgesehen, die Bildaufnahme durch ein Hardware-Signal auszulösen (zu "triggern"). Dies ist jedoch im Zusammenspiel mit einem Flugmanagementsystem (FMS) für den Bildflug erforderlich, um ortspräzise Aufnahmen erzeugen

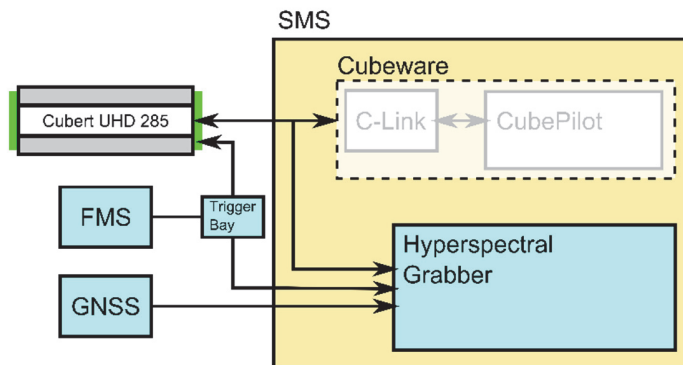


Abb. 2: Systemüberblick der Hard- und Softwarekomponenten; die Kamera ist per Ethernet und das GNSS per RS232 mit dem SM-System verbunden; FMS und TriggerBay kommunizieren über IO-Leitungen mit Kamera und SMS.

zu können. Das FMS zeigt dem Pilot während des Fluges einen vorab erzeugten Flugplan an und navigiert ihn zu den geplanten Auslösepunkten. Bei Erreichen dieser Punkte werden die angeschlossenen Kameras über ein Hardware-Signal ausgelöst. Um eine Kommunikation mit der UHD 285 mit einem solchen Signal zu ermöglichen, wurde die Kamera durch die Firma Cubert um entsprechende Hardware-Leitungen erweitert. Von den Autoren wurde ein Steuergerät entwickelt (TriggerBay), das ein entsprechendes Signal des FMS an die Kamera und das Sensormanagementsystem (SMS), einem Industrie-PC, auf dem die Kameraapplikation ausgeführt wird, weiterleitet. Dafür wurde eine vollständig neue Softwareapplikation implementiert, die die Triggerung mit einem Hardware-Signal unterstützt und direkt mit der Kamera kommuniziert, so dass die Cubeware in dieser Anwendung nicht zum Einsatz kommt. Als Grundlage für die Implementierung wurde das vom AMLS entwickelte Modul-Framework AWS verwendet. Neben der Kamerasteuerungs- und Bilderfassungslogik wurde darauf aufbauend, in enger Absprache mit der Firma Cubert, die Bildrekonstruktion integriert. Durch die Neuimplementierung konnte weiterhin der Funktionsumfang auf das für den Betrieb in einem Bildflug notwendige Maß reduziert werden, so dass eine schlanke und performante Applikation entstand. Die Software kombiniert die Hyperspektral- und Referenzdaten mit den gleichzeitig erfassten Lage- und Positionsdaten der Trägerplattform, die das GNS-System des Tragschraubers liefert, synchronisiert sie und speichert sie für die spätere Weiterverarbeitung ab.

3 Ergebnisse

Zur Überprüfung der Funktionsfähigkeit des Systems wurden zunächst mit dem AMLS eigenen Tragschrauber typische Szenarien, wie Befliegungen von Agrar- und Forstflächen, durchgeführt.

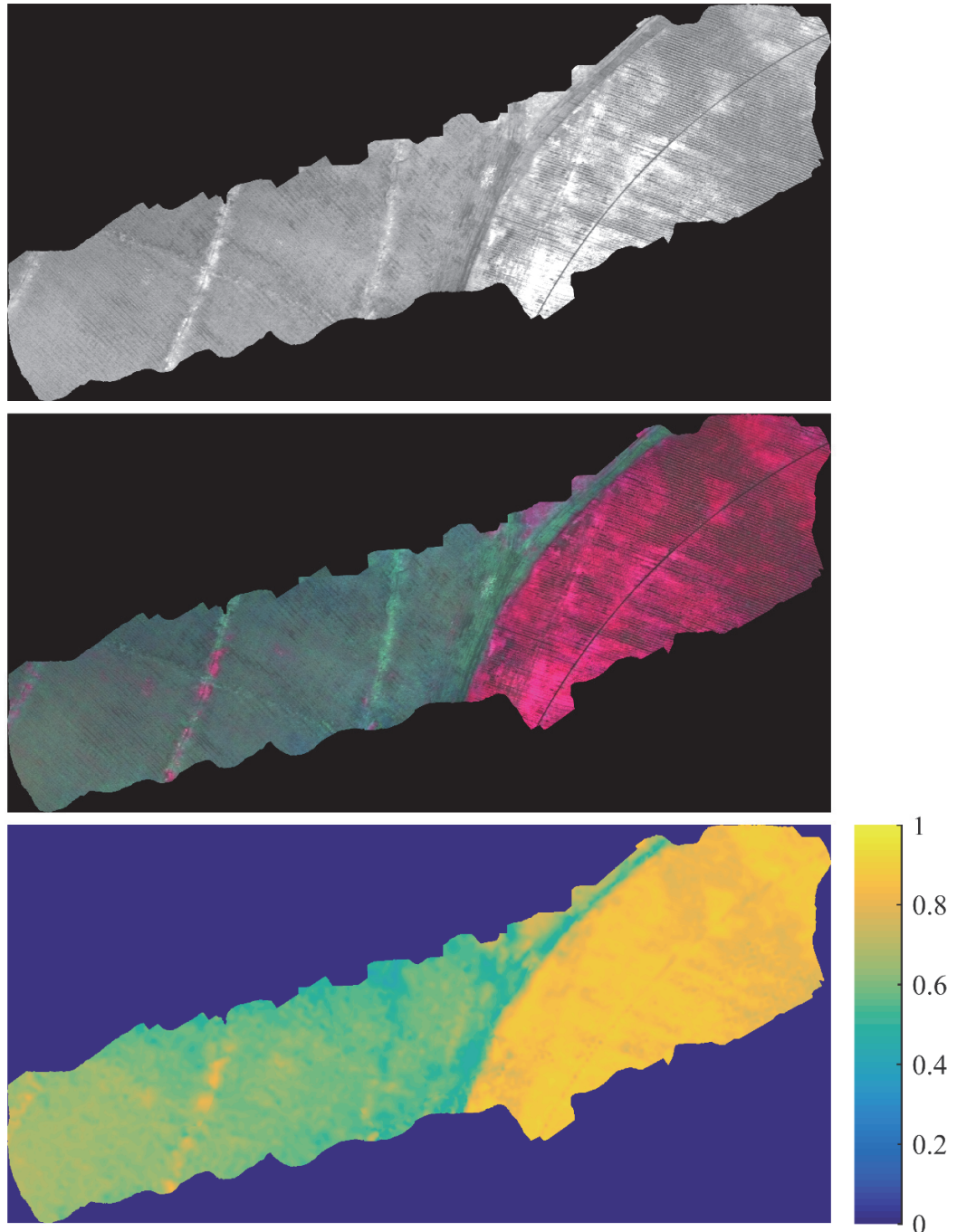


Abb. 3: Maisanbauflächen in Potchefstroom, Nordwestprovinz, Südafrika, beflogen, mit dem Tragschrauber der Firma GyroLAG; oben: panchromatisches Referenzbild, Mitte: CIR, unten: NDVI; Abmessungen: 400 x 120 m.

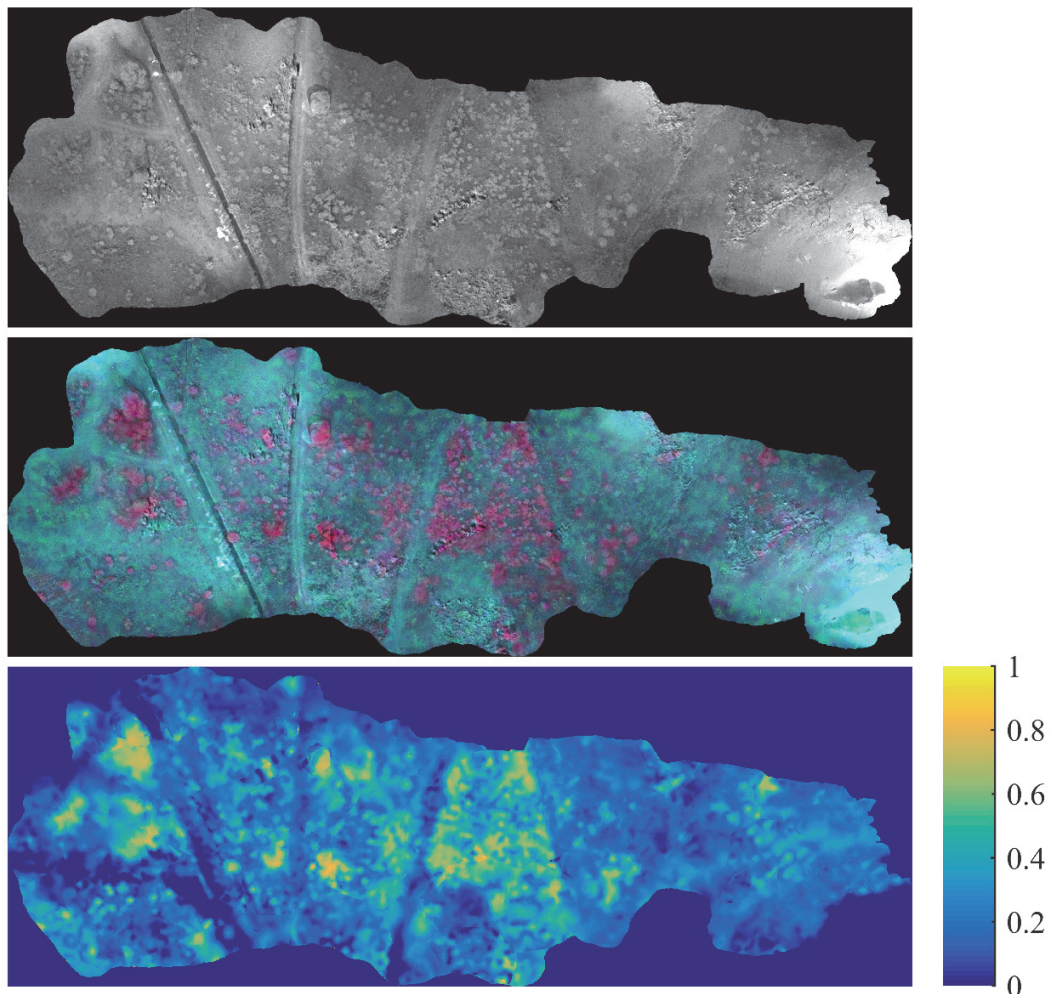


Abb. 4: Teil des Landschaftsschutzgebiets Bateleur, Provinz Limpopo, Südafrika, in dem der für ausgestorben gehaltene Schmetterling Waterberg Copper wiederentdeckt wurde. (MECENERO ET AL. (2013)); oben: panchromatisches Referenzbild, Mitte: CIR, unten: NDVI; Abmessungen: 1200 x 300 m.

Dabei wurde die Flughöhe an die Kameraauflösung angepasst. Bei einer Flughöhe von 300 m ü.G. konnten Auflösungen von ungefähr 2 m pro Pixel bei einer Schwadbreite von 100 m erzielt werden. Bei weiteren Erprobungsbefliegungen in Südafrika (Abb. 3 und Abb. 4) in Kooperation mit der Firma GyroLAG wurden landwirtschaftliche Anbauflächen und Teile eines Nationalparks befliegen. Dabei konnten die Ergebnisse bezüglich der Auflösung bestätigt werden. Einfache Auswertungen mittels NVDI und ähnlichen Indizes wurden durchgeführt und entsprechen den biologischen Erwartungen. Während der Einsätze hat sich gezeigt, dass das Gesamtsystem funktioniert und zuverlässig in Bildflügen eingesetzt werden kann.

Problematisch ist jedoch, dass optimale meteorologische Bedingungen für Befliegungen dieser Art schwierig vorhersehbar sind und nur an wenigen Tagen im Jahr auftreten, so dass häufig unter nicht-optimalen Bedingungen geflogen werden muss. Wechselnde Beleuchtungsverhältnisse

stellen ein Problem dar. Darüber hinaus erfordert ein im Moment noch fehlender Ausgleich der Fluglage eine nachträgliche Winkelkorrektur der gewonnenen Daten.

4 Zusammenfassung

Der Einsatz einer 2D-bildgebenden Hyperspektralkamera in der Fernerkundung vereinfacht die erforderliche Technologie deutlich. Die relativ geringe räumliche Auflösung kann durch ein niedrig fliegendes Fluggerät ausgeglichen werden. Durch technische Modifikationen und Anpassungen konnte die Cubert UHD 285 erfolgreich an Bord des Tragschraubers des AMLS eingesetzt werden. Die neu entwickelte Hard- und Software erlaubt eine zuverlässige Akquise der hyperspektralen Bildinformationen. Eine aktive Lageregelung zum Fluglagenausgleich (Gimbal) und ein Fiberoptic-Downwelling-Irradiance-Sensor (FODIS) für den Einsatz bei wechselnden Lichtverhältnisse befinden sich derzeit im Aufbau und Erprobung.

5 Danksagung

Die Autoren danken der Firma Cubert für die sehr gute Zusammenarbeit und Unterstützung bei der Adaption des Kamera-Systems für den Einsatz im Tragschrauber des AMLS.

6 Literaturverzeichnis

- JONES, H.G. & VAUGHAN, R.A., 2010: Remote Sensing of Vegetation. Oxford University Press, S. 271-306.
- MICHELS, R., LIEBSCH, S. & GRASER, R., 2014: Snapshot-Hyperspektroskopie. Photonik **01/2014**, S. 36-38.
- LIVENS, S., DELAURÉ, B., LAMBRECHTS, A., & TACK, N., 2014: Hyperspectral Imager Development using direct deposition of interference filters. The 4S Symposium.
- THENKABAIL, P.S., LYON, J.G. & HUETE, A., 2012: Hyperspectral Remote Sensing of Vegetation. CRC Press, S. 39-68.
- MECENERO, S., BALL J.B., EDGE, D.A., HAMER, M.L., HENNING, G.A., KRÜGER, M., PRINGLE, E.L., TERBLANCHE, R.F. & WILLIAMS, M.C., 2013: Conservation Assessment of Butterflies of South Africa, Lesotho and Swaziland: Red List and Atlas. Safronics (Pty) Ltd. and the Animal Demographic Unit, S.478.