

AVIS – Ein neuer Sensor für Umweltmonitoring und Precision Farming

WOLFRAM MAUSER, MÜNCHEN
NATASCHA OPPELT, MÜNCHEN

Abstract

For the purpose of environmental monitoring and precision farming with remote sensing systems, the choices of system selection are limited. The spectral resolution of classical systems like Landsat TM is not accurate enough for the derivation of parameters like chlorophyll content or the supporting of fertilisation or pest control. On the other hand there are no spaceborne Imaging Spectrometer systems available, and airborne Imaging Spectrometers such as DAIS, AVIRIS and HYMAP are expensive and difficult to obtain for more than one or two missions per year. Therefore a cost-effective system is needed which is affordable for official institutions and communities to monitor the environment over a longer time period. The Airborne Imaging Spectrometer AVIS (Airborne Visible near Infrared Imaging Spectrometer) was developed at the Institute of Geography, University of Munich, as an attempt to close this gap.

The core of AVIS is a 240-channel Imaging Spectrograph. It covers a spectral range from 550 to 1040 nm with a nominal spectral resolution of 2 nm. This spectrograph is mounted between an objective with a focal length of 8 mm and a 2.3" IR CCD black and white camera. Due to the spectrograph slit each recorded image is a line of 390 pixels with a spatial resolution from 2.5 to 10 m, depending on the aircraft altitude. The resulting view-angle is 68 degrees.

The camera section can be installed in a chassis which fits onto a standard aircraft camera mount. The camera section is connected to a computer via a 10 bit frame grabber card for image data capture and processing which provides near-real-time data. The connected monitor enables the captured images to be supervised during flight. Auxiliary DGPS data including date, time, geographical position, and camera data is recorded.

The experiences made in the first two years suggest the conclusion that this sensor may be a reasonable tool for the operational monitoring of the environment as well as for the supporting of farmers with regard to fertilisation, irrigation and pest control.

1 Einführung

Die Möglichkeiten für den Einsatz von Fernerkundungssystemen in der Landwirtschaft sind trotz des großen Potentials bis heute begrenzt. Für die Bestimmung von Pflanzenparametern wie z.B. den Chlorophyllgehalt oder die Unterstützung beim effektiveren Einsatz von Düngemitteln bzw. Pflanzenschutzmitteln erweist sich die spektrale Auflösung der „klassischen“, satellitengestützten Systeme wie Landsat TM oder SPOT als zu gering. Der Einsatz von Abbildenden Spektrometern sorgt zwar für die geforderte spektrale Auflösung, ist zur Zeit aber auf flugzeuggetragene Systeme wie z.B. Dais, Hymap oder AVIRIS beschränkt. Nachteile dabei sind zum einen die eingeschränkte Verfügbarkeit dieser Sensoren, zum anderen der erhebliche Kostenaufwand bei deren Einsatz.

Um die oben genannten Nachteile zu kompensieren wurde am Lehrstuhl für Geographie und geographische Fernerkundung der Universität München das Abbildende Spektrometer AVIS (Airborne Visible / Near Infrared Imaging Spectrometer) entwickelt. Die Motivation für die Entwicklung war die Schaffung einer billigen Quelle hyperspektraler Daten für die hydrologische, botanische, ökologische und landwirtschaftliche Forschung.

Im folgenden soll sowohl der Sensor als auch die Erfahrungen der ersten zwei Jahre seines Einsatzes dargestellt werden.

2 Das Abbildende Spektrometer AVIS

Insbesondere zwei Parameter waren für die Entwicklung eines Abbildenden Spektrometers maßgebend: Einerseits sollten die Entwicklungskosten möglichst niedrig gehalten werden, um einen kostengünstigen Einsatz zu gewährleisten. Andererseits sollten Gewicht und Ausmaße so definiert werden, dass für den Flugbetrieb eine billige, einmotorige Plattform genutzt werden kann.

Diese Anforderungen führten zum Design eines Spektrometers mit folgenden Eigenschaften:

Wellenlängenbereich:	550 bis 1035 nm
Datenerfassung:	10 bit, 15 MHz
Spektrales Sampling:	240 Kanäle
Räumliches Sampling:	390 Spalten, 2,0 mrad x 2,0 mrad

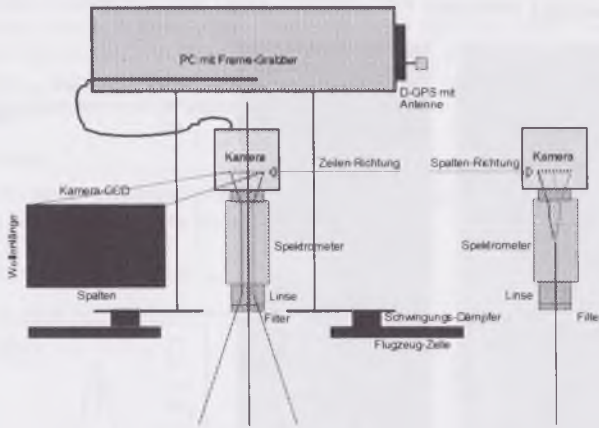


Abbildung 1: Schematische Darstellung des AVIS

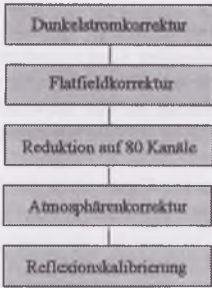
Abbildung 1 zeigt eine schematische Darstellung des AVIS. Die Schnitte durch die Konfiguration befinden sich in Flugrichtung (eine Bildzeile) und senkrecht dazu (alle Wellenlängen). Das Bild entsteht durch die zeilenweise Abtastung der Erdoberfläche in Flugrichtung.

Vor dem Einsatz im Gelände wurden im Labor folgende Parameter des Systems untersucht:

- Messung des Dunkelstrom
- Untersuchung der Homogenität der Sensor-Empfindlichkeit (Flatfield) mit Hilfe von Messungen an der Ulbricht-Kugel
- Bestimmung der spektralen Auflösung mit Hilfe des Atmosphären-Strahlungstransferprogramms LOWTRAN-7 (KNEIZYS 1988)
- Bestimmung des Signal/Rausch Verhältnisses mit Hilfe von Messungen an der Ulbricht-Kugel
- Wellenlängenkalibrierung mit Hilfe von Edelgasabsorptionslinien

3 Verarbeitung der Bilddaten

Die Flugdaten werden während des Fluges zusammen mit den Daten des differentiellen GPS für jede Bildzeile in einem Header abgespeichert. Bei 240 Spektralkanälen und 16bit Datentiefe ergibt sich bei einer durchschnittlichen Länge von 2000 Zeilen eine Dateigröße von 125 Mbyte pro Flugstreifen.



Vor der Interpretation des Bildmaterials muss eine Minimierung der system-inherenten Bildfehler erreicht werden. Zuerst werden die Daten dunkelstrom- und flatfieldkorrigiert. Außerdem werden für ein besseres Signal/Rausch Verhältnis sowie zur Verringerung der Datenmenge die Kanalzahl von 240 auf 80 und damit der spektralen Auflösung des Spektrometers von 6 nm angepasst. Der nächste Schritt ist die externe Reflexionskalibrierung und die Atmosphärenkorrektur der Daten. Das Ergebnis ist ein Reflexionswert für jedes Pixel in jedem Kanal. Diese Reflexionsspektren bilden die Grundlage für eine weitere Auswertung und Interpretation.

4 Erste Erfahrungen 1999/2000

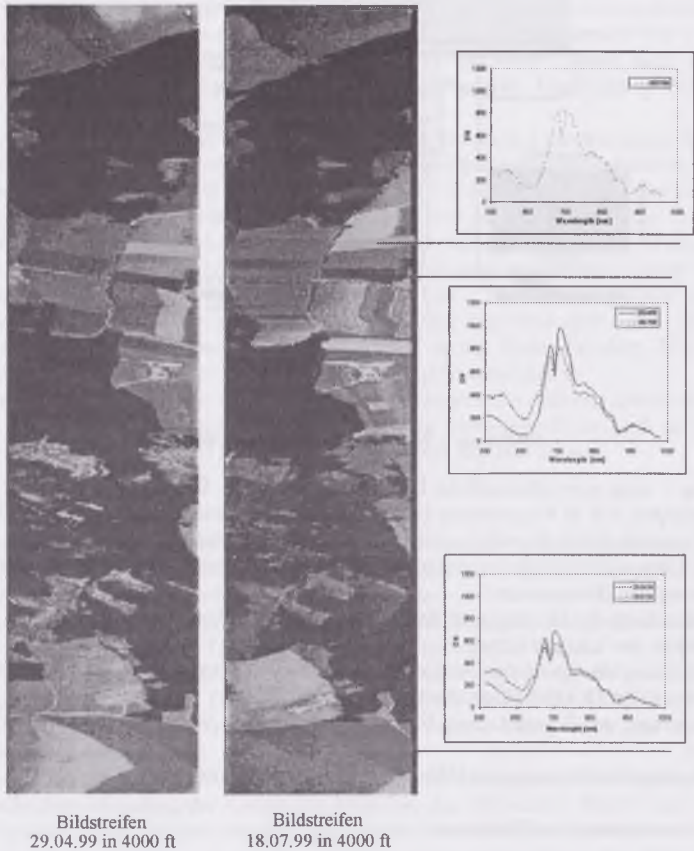


Abbildung 1: Bitemporaler Datensatz eines Flugstreifens nahe Gilching bei München mit Grauwertspektren drei unterschiedlicher Landnutzungen (Kanalkombination RGB: 563 nm, 674 nm, 778 nm)

Abbildung 2 zeigt beispielhaft vorprozessierte Bildstreifen eines Gebietes bei Gilching südwestlich von München, welches an zwei Terminen im Jahr 1999 aufgenommen wurde. Die Flughöhe betrug 4000 ft über NN, was einer Höhe von etwa 600 m über Grund entspricht. Bei einer mittleren Fluggeschwindigkeit von 50m/sec und einer Aufnahmezeit von 20 Bildern/sec liegt die räumliche Auflösung bei zirka 2.5 m, die Streifenbreite bei 800 m.

Die gezeigten Spektren zeigen die Unterschiede der verschiedenen Landnutzungen (Mais gelb, Wiese grün, Weizen braun) an einem bestimmten Termin und die phänologische Entwicklung der Felder (durchgezogene Linie entspricht dem ersten Befliegungstermin, gestrichelte Linie dem zweiten).

Die hier gezeigten Grauwertspektren lassen den Schluss zu, dass mit der spektralen Auflösung von 6 nm sowohl die Bestimmung der Pflanzenspezies als auch der chemischen Bestandteile der Pflanzen durchgeführt werden können. Nach der Atmosphärenkorrektur ist die flächenhafte Bearbeitung der Daten möglich. Dies birgt den Vorteil, dass räumliche Heterogenitäten sowohl innerhalb eines Feldes als auch feldübergreifend untersucht werden können. Diese flächenhafte quantitative Auswertung bietet sich als ideale Grundlage für den Einsatz von Dünge- bzw. Pflanzenschutzmitteln auf der einen Seite und Ernteertragsschätzungen auf der anderen Seite an.

5 Literatur

KNEIZYS, F.X. et al.: Lowtran-7. Air Force Geophysics Laboratory. Environmental Research Papers No.1010. Hanscom Massachusetts, 1988.