

# Überblick über die Arbeiten der Radiometriegruppe zur DGPF - Jahrestagung

**MARIA VON SCHÖNERMARK<sup>1</sup>, URSULA KIRCHGÄßNER<sup>1</sup>, MARC SCHWARZBACH<sup>1</sup>, UWE PUTZE<sup>1</sup>  
& DONG ZHOU<sup>2</sup>**

*Zusammenfassung: Es wird ein Überblick über den gegenwärtigen Stand der Arbeiten der Radiometriegruppe innerhalb des DGPF-Projektes zur Evaluierung digitaler photogrammetrischer Kamerasysteme gegeben, wobei auf die während der Tagung vorgetragenen Arbeiten zur radiometrischen Einschätzung der drei großformatigen Kameras (DMC, ADS 40 und Ultracam X, von Hanusch & Baltsavias) und auf erste Ergebnisse zur Klassifikation (Klonus, Hagedorn & Jordan) nur verwiesen wird. Etwas ausführlicher wird auf erste, noch vorläufige Ergebnisse hinsichtlich der Bodenmessungen und der spektralen Eigenschaften der DMC und JAS-150 eingegangen.*

## 1 Einleitung

Digitale Daten von Flugzeugkameras werden neben Vermessungsaufgaben und kartographischen Zwecken in zunehmendem Maße zur Erarbeitung von Klassifikationen und thematischen Karten eingesetzt. Diese Aufgabengebiete erfordern zusätzlich zu einer Aussage über die geometrischen Eigenschaften auch eine radiometrische Bewertung der Aufnahmesysteme. Häufiger als die Struktur werden die unterschiedlichen spektralen Eigenschaften der Objekte als Grundlage einer thematischen Untersuchung oder Klassifikation genutzt. Damit rücken für Fragen der Fernerkundung die radiometrischen Eigenschaften der Farbkanäle immer mehr in das Interesse.

Klassifizierung erfordert häufig eine Vorverarbeitung der Bilddaten, um eine vergleichbare Bildqualität zu gewährleisten. Hier tragen digitale Kamerasysteme ein neues Potenzial in sich, nämlich die Möglichkeit, Bildunschärfen infolge von Atmosphäreneinfluss und BRDF-Effekten aus den Bilddaten herauszurechnen. Diese mathematischen Prozeduren erfordern allerdings auf absolute Strahldichten kalibrierte Systeme. Wenn die Ausgangsbilddaten aus Daten mehrerer unterschiedlicher Sensoren bestehen, ist eine radiometrische cross-Kalibrierung notwendig.

Für eine radiometrischen Evaluation und eventuelle Kalibration wurde im Testgebiet Vaihingen/Enz des Institutes für Photogrammetrie der Universität Stuttgart erstmalig auch ein Radiometriefeld eingerichtet. Im Folgenden werden die bisher unternommenen Arbeiten beschrieben.

- 1) Universität Stuttgart, Institut für Raumfahrtssysteme, Pfaffenwaldring 31, 70569 Stuttgart, E-mail: schoenermark@irs.uni-stuttgart.de
- 2) Universität Stuttgart, Institut für Photogrammetrie, Student

Neben der radiometrischen Einschätzung der Sensorsysteme ist für Kamerahersteller und Befliegungsfirmen die Güte, mit der eine Klassifikation unter Nutzung einer bestimmten Kamera ausgeführt werden kann, von entscheidender Bedeutung. Daher sollen nicht nur die radiometrischen Eigenschaften der Sensorsysteme eingeschätzt werden, sondern es besteht das Ziel, eine Landnutzungsklassifikation für das Gebiet Vaihingen /Enz durchzuführen und die Potenziale der verschiedenen Kameras für diesen Zweck zu testen. Als Voraussetzung dafür haben unterschiedliche Gruppen (EFTAS [C. Hagedorn], Universität Düsseldorf, Lehrstuhl für Geographie [Jordan], Universität Osnabrück, Institut für Fernerkundung und Geoinformatik [Klonus], Martin-Luther Universität Halle, Institut für Geowissenschaften [Gläser] und C+B Technik GmbH [Wild]) Landnutzungserhebungen durchgeführt. Die Ergebnisse der Feldbegehungen dieser Gruppen wurden zusammengeführt und digitalisiert; erste Klassifizierungen wurden durchgeführt. Herr Klonus wird darüber auf der Tagung berichten.

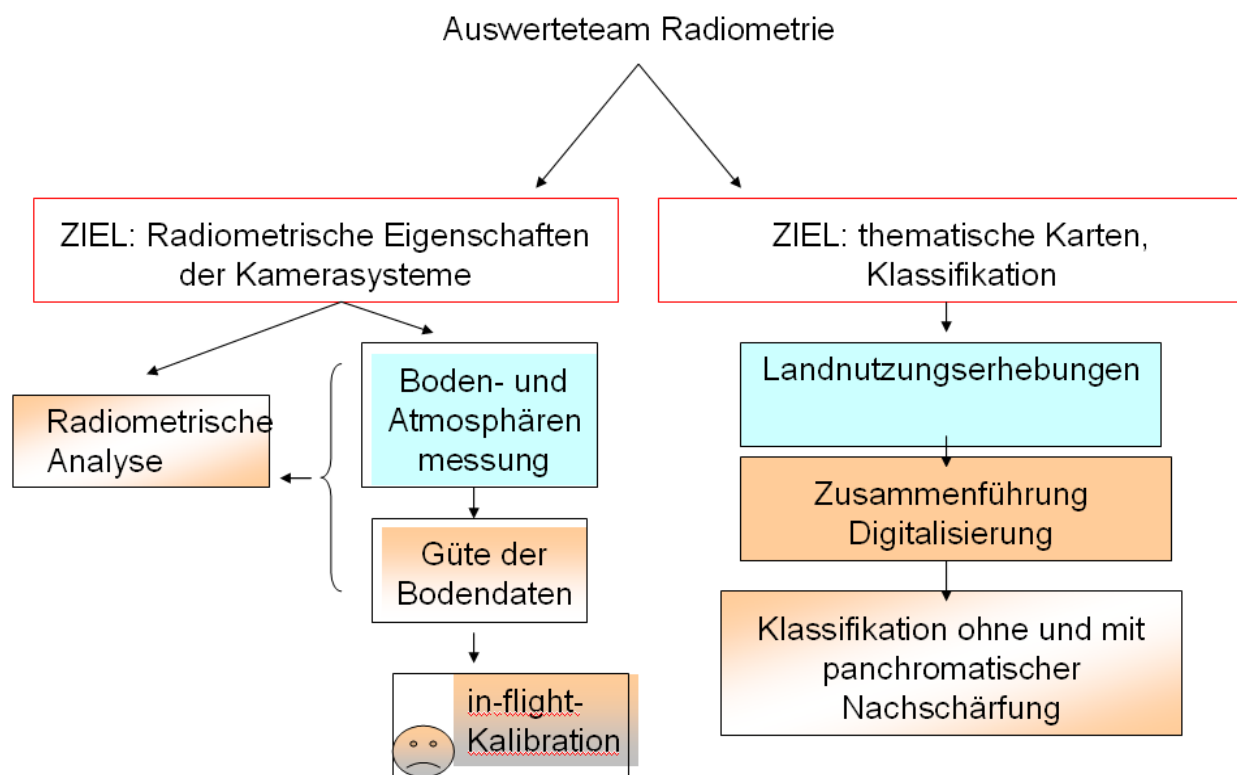


Abb. 1: Aufgabengebiete für die radiometrische Einschätzung digitaler photogrammetrischer Luftbildkamerasysteme im Rahmen des DGPF-Projektes

## 2 Bodenmessungen

Im Testfeld wurden neben einem Siemensstern von 8 m Durchmesser, der im Wesentlichen zur geometrischen Kalibrierung diente, vier unterschiedlich eingefärbte LKW-Planen mit einer Größe von 2 x 2m<sup>2</sup> ausgelegt. Die Planen wurden dankenswerter Weise von der Firma RAG Deutsche Steinkohle zur Verfügung gestellt (Abb.2).



Abb. 2: Radiometriefeld mit Siemensstern, farbigen Planen und Bodenmessgeräten (Die farbigen Kleckse innerhalb der Farbplänen kennzeichnen das Mittelungsintervall bei der späteren Auswertung)

Vom Institut für Raumfahrtssysteme wurden ein Spektrometer AvaSpec-128- USB2 der Firma avantes und ein BRDF-Messgerät (Eigenbau M. Schwarzbach) zur Messung der Reflexionseigenschaften des Untergrundes während der Befliegungen betrieben. Zusätzlich wurde ein Son-

nenphotometer SP1 der Schulz & Partner GmbH eingesetzt, um die aerosoloptische Tiefe als Maß für die Trübung der Atmosphäre messen zu können.

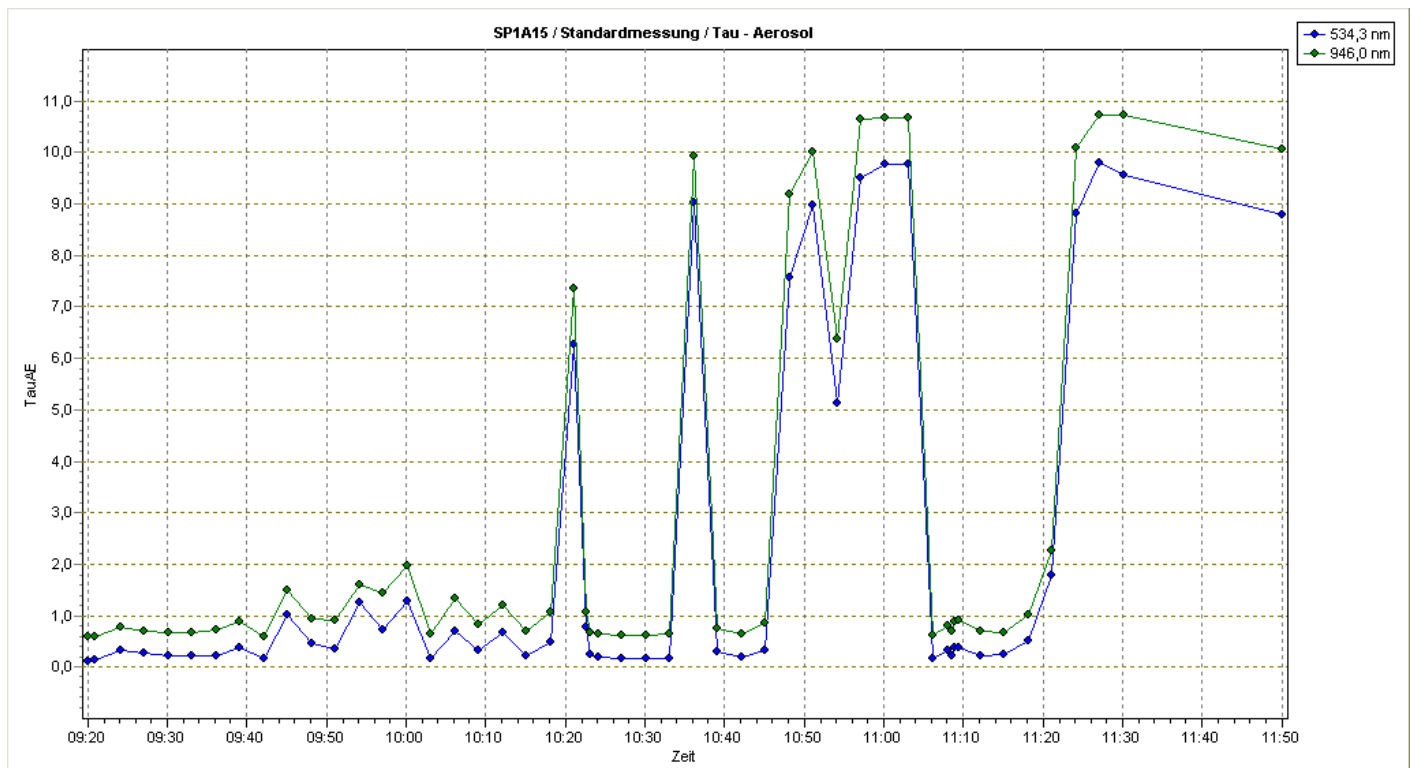


Abb. 3: Aerosoloptische Tiefe  $Tau_{AE}$  für die Wellenlängen 534nm und 946 nm am 26.06.08

Das Sonnenphotometer misst die Durchlässigkeit (Transmission) der direkten Sonnenstrahlung durch die Atmosphäre. Aus diesen Messungen kann die aerosoloptische Tiefe als Maß für den Aerosolgehalt innerhalb der gesamten vertikalen Säule über dem Beobachter abgeleitet werden. Im sichtbaren und nahen infraroten Bereich hängt die Transmission der Atmosphäre für Sonnenstrahlung maßgeblich vom Aerosolgehalt ab. Zur Veranschaulichung findet sich in Abb.4 eine Darstellung der Transmission der untersten 2 km der Atmosphäre für verschiedene Aerosolbedingungen. Der Grad der Aerosolanreicherung der untersten 2 km ist hier durch die horizontale Sichtweite ausgedrückt. Diese Kurven wurden für eine Modellatmosphäre, die die sommerlichen Verhältnisse in mittleren Breiten beschreibt, mit einem Strahlungstransportprogramm (MODTRAN4) berechnet.

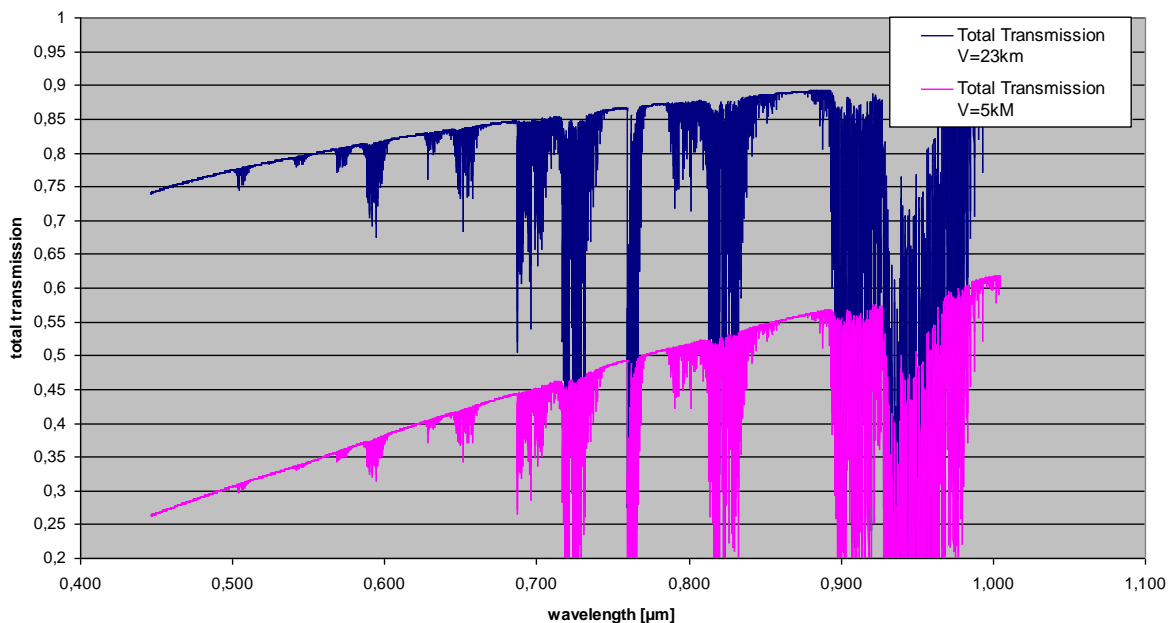


Abb 4: Transmission der untersten 2 km der Atmosphäre für unterschiedliche Aerosolkonzentration (ausgedrückt durch die horizontale Sichtweite V)

Treten Wolken in der Atmosphäre auf, so gelangt unter Umständen kein oder wenig direktes Sonnenlicht zum Erdboden; die vom Sonnenphotometer gemessene Transmission der vertikalen Luftsäule nimmt drastisch ab. In dem Berechnungsalgorithmus kann in diesem Fall zwischen Aerosolteilchen und Wolkentröpfchen nicht unterschieden werden; daher nimmt die aerosoloptische Tiefe merklich zu (Abb.3). Dass es sich bei der Zunahme der aerosoloptischen Tiefe um einen Wolkeneffekt handelt, ersieht man aus dem Vergleich der beiden dargestellten Wellenlängen (Abb.3) aus den Messungen am 26.6.08. Der Kanal „946 nm“ liegt im Zentrum einer Wasserdampfabsorptionsbande; sein Wert ist im Wolkenbereich gegenüber der wolkenfreien Atmosphäre stark erhöht.

In einer bewölkten Atmosphäre kann die diffuse Einstrahlung die direkte stark überwiegen; als Folge ändert sich auch der Reflexionsbetrag des Untergrundes. Ein Vergleich der Daten der Kameras, die unter unterschiedlichen Bewölkungsbedingungen das Testfeld überflogen haben, ist daher nicht zu empfehlen. Leider waren die Wetterbedingungen im Sommer 2008 sehr ungünstig; eine radiometrische Auswertung des gesamten Datenmaterials im vorgesehenen Umfang wird daher nicht möglich sein.

Die Spektrometermessungen des IRS wurden an einzelnen Tagen ergänzt durch Messungen der Firma Leica Geosystems [Beisl], und der Martin-Luther-Universität Halle, Institut für Geowissenschaften [Jung]. Die gemessenen Daten wurden zwischen den einzelnen Gruppen, die Bodenmessungen durchgeführt haben, ausgetauscht und stehen auch allen Projektteilnehmern zur Verfügung. Die Untergründe waren allerdings keineswegs homogen, wie Abb.5 zeigt. Die mit dem Zusatz „IRS“ bezeichneten Daten sind die Spektrometer-Punktmessungen des IRS am Boden; die Werte differieren stark. Die AISA-Daten über demselben Objekt unterscheiden sich viel

weniger. Sie haben eine GSD von etwa 1m. Dadurch wird über die Bodeninhomogenitäten wesentlich besser gemittelt. Es ist für Bodenmessungen, die zur Einschätzung von Fernerkundungsdaten genutzt werden sollen, sinnvoll, mehrere Messungen über dem gleichen Objekt nach einem vorgegebenen Transect auszuführen und aus dem Ensemble Mittelwert und Streuung zu berechnen.

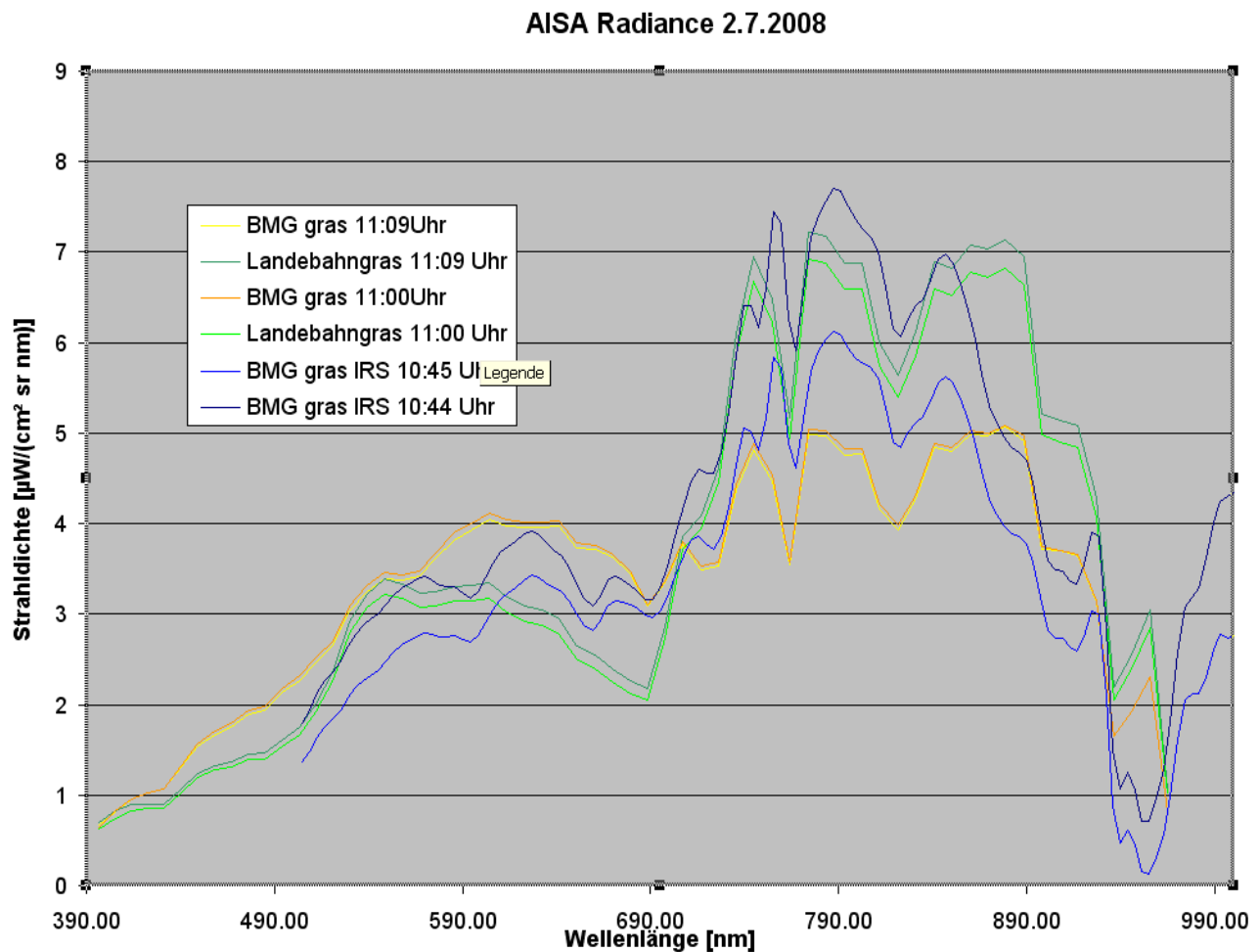


Abb. 5: Messung des AISA-Hyperspektralscanners über dem Radiometriefeld im Vergleich zu den Bodenmessungen (IRS), (BMG: Gras um das Bodenmessgerät)

Des Weiteren wird in Abb. 5 auch der Atmosphäreinfluss auf die Flugzeugdaten deutlich. Im Allgemeinen bewirkt die Atmosphäre im sichtbaren Bereich eine Aufhellung der Satelliten- oder Flugzeug- Daten gegenüber den Bodendaten, im nahen infraroten Bereich dagegen eine Abdunklung.

Das Reflexionsvermögen hängt nicht nur vom Sonnenstand ab, sondern auch vom Beobachtungswinkel. Daher sollte zumindest für einen Untergrund die Funktion, die die Abhängigkeit von Sonnen- und Beobachterposition beschreibt (BRDF = Bi-direktionale Reflektanzverteilungsfunktion), gemessen werden. Abb. 6 zeigt ein Beispiel. Dargestellt ist der bi-direktionale Reflexionsfaktor (BRF) in Abhängigkeit vom Beobachterzenitwinkel  $\theta_{\text{view}}$  für verschiedene Sonnen-

höhen. Positive Werte von  $\theta_{\text{view}}$  bedeuten Vorwärtsstreuung, negative Werte Rückwärtsstreuung (zurück zur Sonne). Gemessen wurde über Gras, das teilweise von einer Heuschicht abgedeckt war (anderes Grün in Abb.2!). Im Messbereich schwankt der Reflexionsfaktor zwischen etwa 0.4 und 0.6. Damit muss mit einem Einfluss der BRDF auf Luftbildweitwinkelkameras gerechnet werden (s. auch Abb. 8). Die gemessenen BRFs können dazu dienen, einen Korrekturalgorithmus zu erarbeiten.

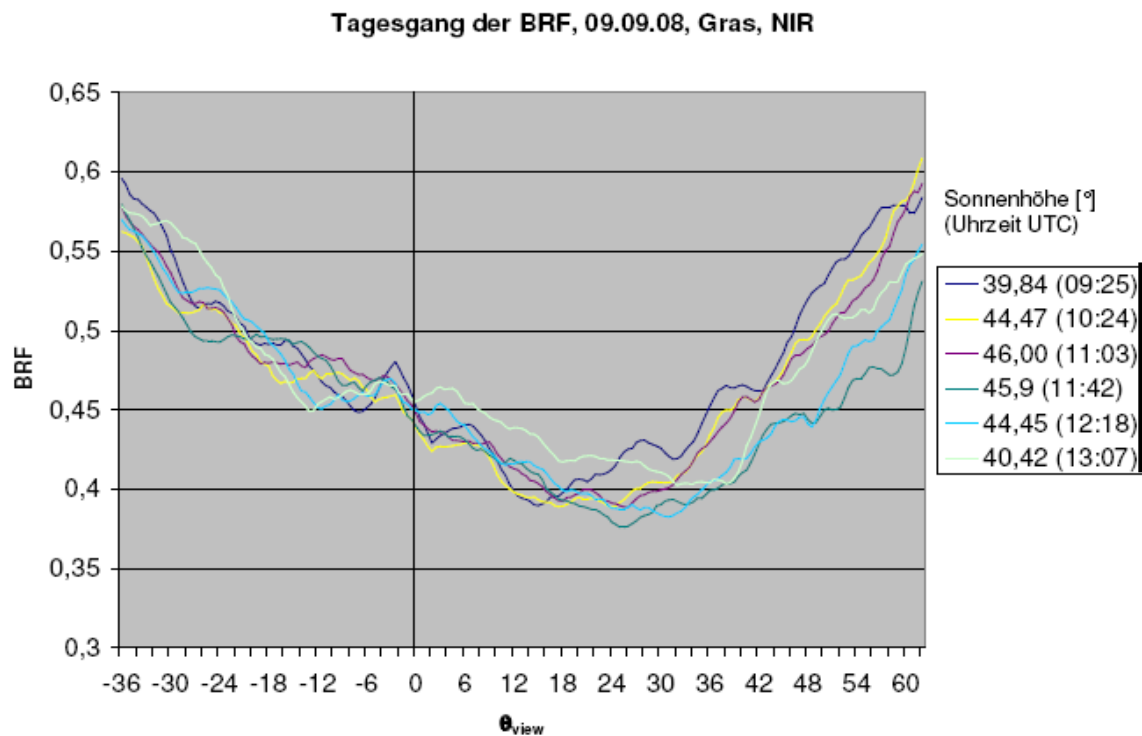


Abb. 6: Bi-direktionaler Reflektanzfaktor (BRF) in Abhängigkeit vom Beobachterzenitwinkel und der Sonnenhöhe(= Farben). Der senkrechte schwarze Strich markiert die Nadirrichtung

### 3 Radiometrische Einschätzung

Erste Ergebnisse einer radiometrischen Einschätzung der DMC, ADS40 und Ultracam X präsentieren HANUSCH und BALTSAVIAS (2009) in ihrem Vortrag und Tagungsbandbeitrag.

Auf den Abbildungen 7a bis 7c sind für die einzelnen Farbkanäle der DMC und JAS-150 die Grauwerte (DN) über den gemessenen Bodenreflexionswerten im Radiometriestreifen aufgetragen. Die Bodenreflexionswerte wurden gewonnen, indem die mit dem Bodenspektrometer in Nadirrichtung gemessenen Strahldichten in Reflexionswerte, bezogen auf den Halbraum und auf die Filterbreiten der Kameras, umgerechnet wurden. Zur Bestimmung der Kamerawerte der einzelnen Kanäle wurden von der JAS-150 die level-0-Daten verwendet, von der DMC die Werte

der Farbkanäle in niedriger Auflösung. Die ermittelten Grauwerte der Farbkanäle stellen Mittelwerte über das jeweilige Target (s. Abb. 2) dar. Da die DMC- und die JAS-150-Überflüge an verschiedenen Tagen statt gefunden haben, können wegen der unterschiedlichen Atmosphärenbedingungen die Werte der beiden Kameras nicht miteinander verglichen werden. Es lässt sich nur eine Aussage über die Linearität zwischen Reflexionswert und Grauwert ableiten. Für die spezifischen Zwecke der Klassifikation und der Ableitung von thematischen Karten sollte ein linearer Zusammenhang zwischen Grauwert und einfallender Strahlung angestrebt werden. Für die JAS-150-Daten zeigt sich zumindest für den grünen und roten Kanal ein sehr zufrieden stellender linearer Zusammenhang. Für die DMC dagegen deutet sich für den roten und nahen infraroten Kanal an, dass die Grauwerte mit zunehmenden Reflexionswerten vom linearen Verlauf abweichen und der Zusammenhang mehr durch ein Potenzgesetz, wie es für das menschliche Auge charakteristisch ist, beschrieben wird. Im NIR –Bereich kann eventuell Sättigung auftreten. Die Untersuchung des blauen Kanals war nicht möglich, da der Messbereich des Bodenspektrometers erst bei einer Wellenlänge von 500 nm einsetzt.

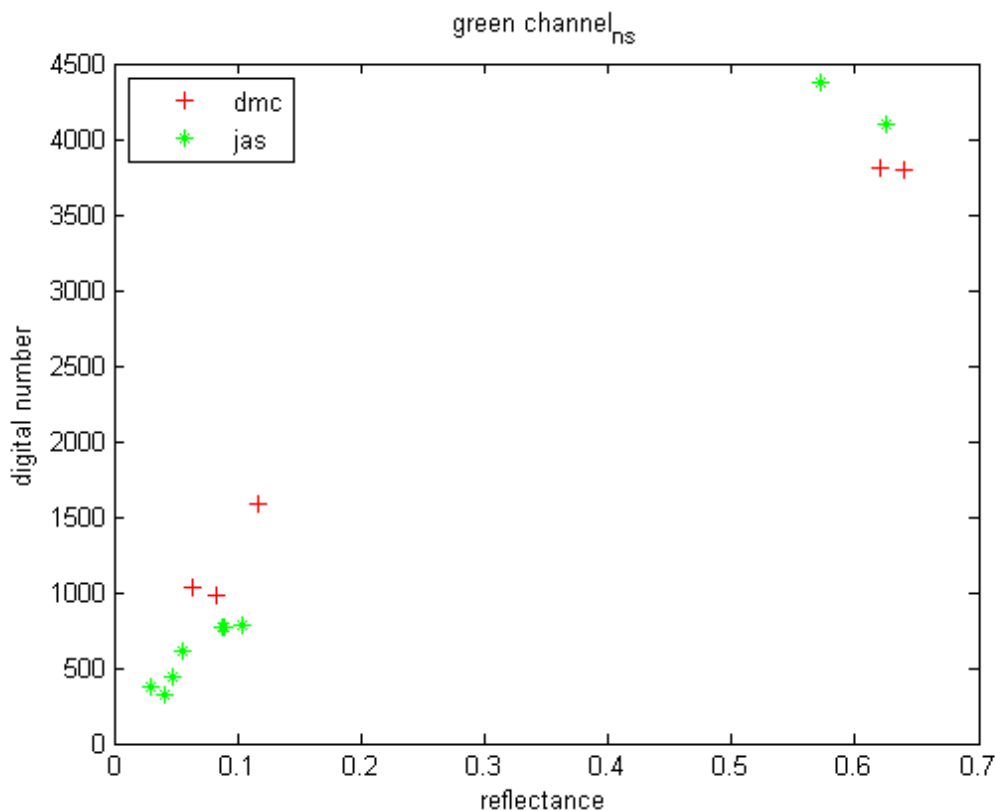


Abb. 7a: Darstellung der von DMC und JAS-150 in dem jeweils grünen Kanal gemessenen Grauwerte in Abhängigkeit von den gemessenen Bodenreflektanzen



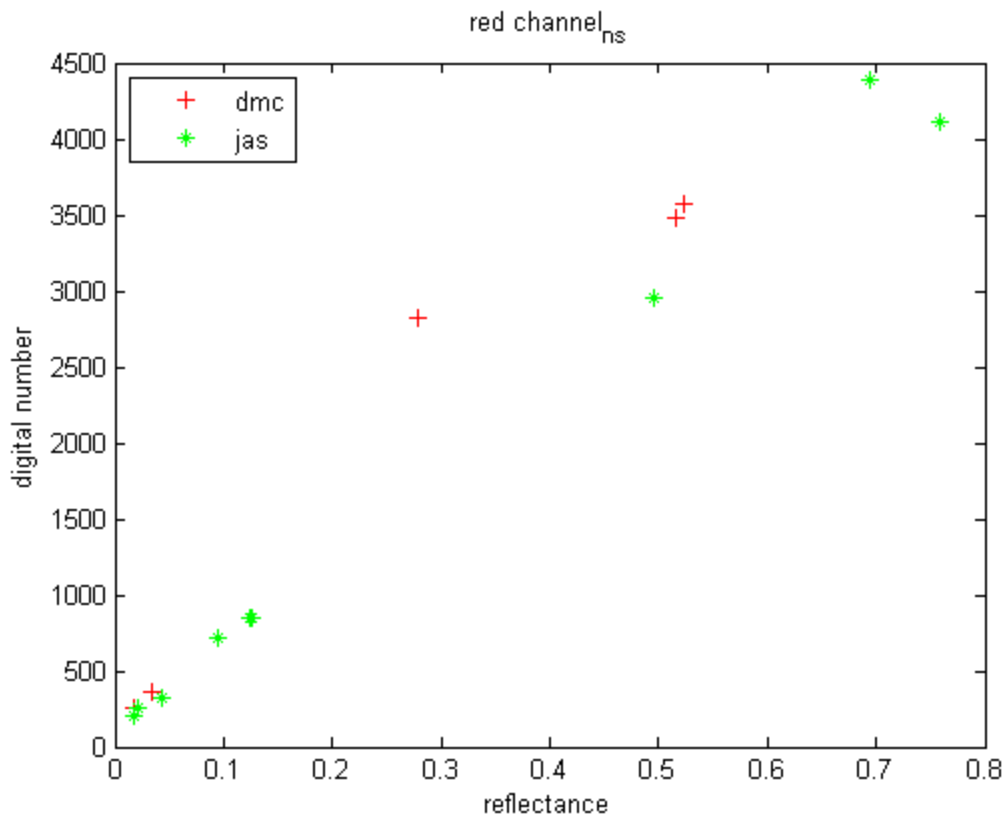


Abb. 7b: wie 7a, jedoch für die jeweils roten Kanäle

Beabsichtigt war, eine grobe in-flight-Kalibration für die einzelnen Kamerasysteme durchzuführen. Dadurch wäre auch eine Einschätzung der unterschiedlichen Systeme erleichtert worden. Es wurde versucht, für den wolkenfreien Überflug der DMC am 24.7. morgens und für den JAS-150-Überflug am 9.9. mit sehr stabilen atmosphärischen Bedingungen eine in-Flight-calibration auf der Basis der gemessenen Bodenreflektanzen durchzuführen. Leider führten die Untersuchungen zu keinem vernünftigen Ergebnis und mussten abgebrochen werden. Verwendet wurde das Programm ATCOR von RICHTER (2009), das für die Atmosphärenkorrektur von Luftbildern geschrieben wurde und durch zahlreiche erfolgreiche Anwendungen als beachtenswertes Modul bestätigt wurde. Als Hauptbegründung für das Versagen in unserem Fall muss angeführt werden, dass das Programm für natürliche Untergrundarten mit Vegetation geschrieben wurde. Während der Überflüge wurde im Wesentlichen nur das Spektralverhalten der künstlichen Bodenplanen vermessen, deren spektrale Merkmale sich teilweise deutlich von natürlichen Oberflächen unterscheiden, so dass die im Programm hergestellten Beziehungen zwischen den unterschiedlichen Spektralkanälen nicht mehr gültig sind. Sicher gewinnt auch der Nachbarschaftseffekt bei den farbigen Planen auf grünem Gras stark an Einfluss auf das Ergebnis. Schon visuell auf dem Radiometriemessfeld konnte festgestellt werden, dass die Planen eine BRDF aufweisen, die die

von natürlichen Untergründen weit überschreitet. Um letzterer Frage nachzugehen, wurden die DMC-Daten über dem Radiometriestreifen bezüglich ihrer Überfliegungsrichtung (Süd-Nord;

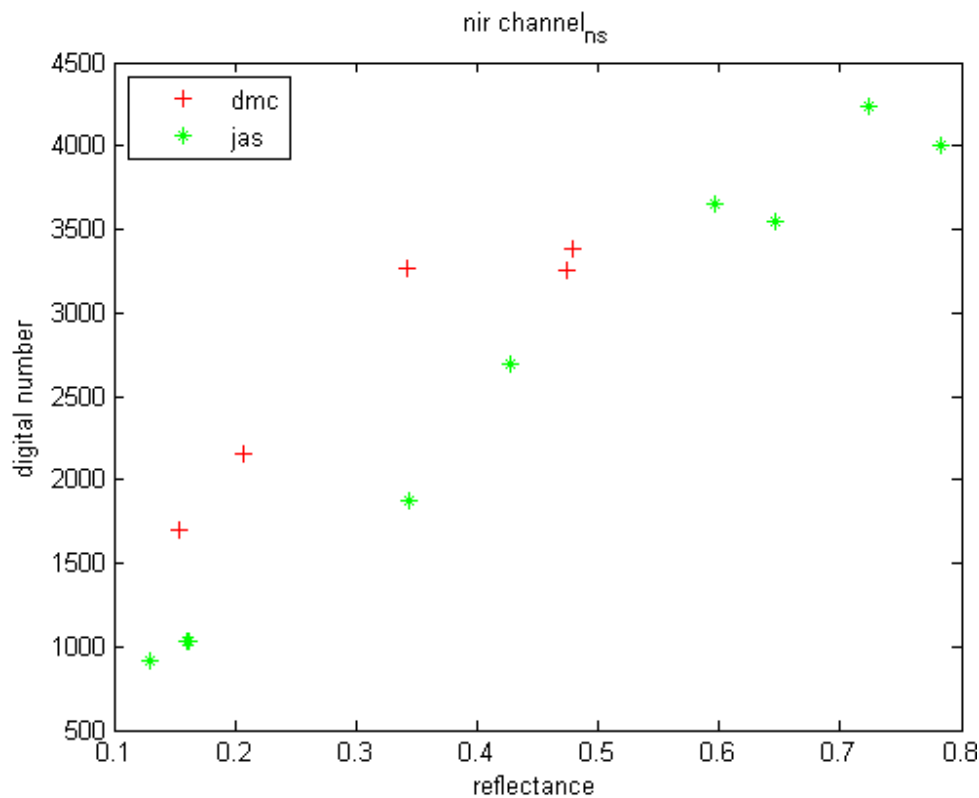


Abb. 7c: Wie Abb. 7a, jedoch für die NIR-Kanäle

Nord-Süd; Ost-West) ausgewertet (Abbildungen 8a und 8b). Im grünen Kanal unterscheiden sich die Werte zwischen N-S/S-N Richtung zu denen in E/W-Richtung nur bei hohen Reflektanzen. Im nahen Infrarotkanal, dem im Programm ATCOR eine wichtige Rolle zukommt, treten deutliche Unterschiede - wieder besonders bei großen Reflexionswerten - auf. Daher wird empfohlen bei zukünftigen ähnlichen Projekten möglichst ausgedehnte homogene Flächen mit natürlichem Bewuchs (Gras, Ackerfrüchte) als Radiometrietarget einzurichten.

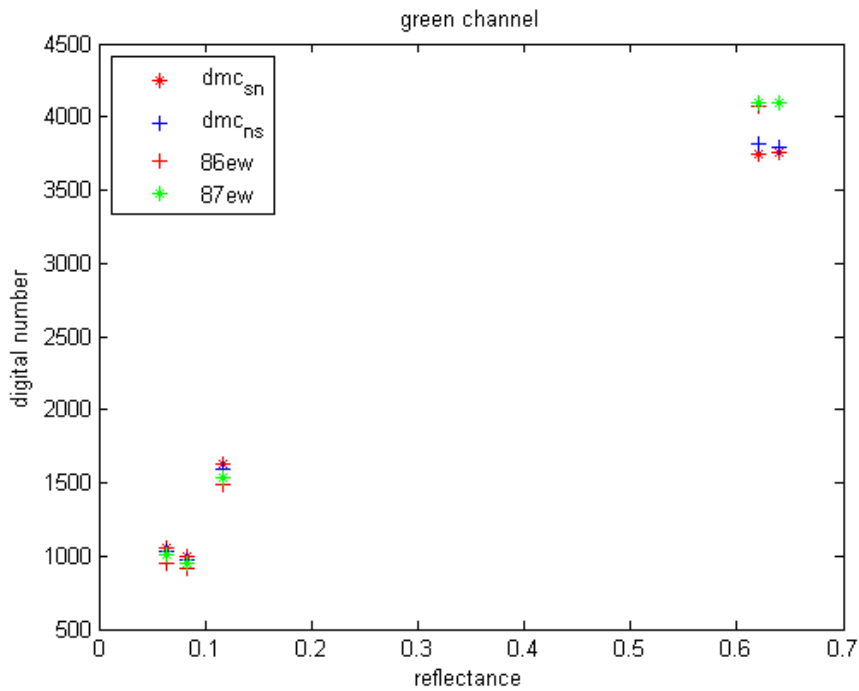


Abb. 8a: Überflug der DMC über das gleiche Bodentarget in verschiedenen Richtungen (86 und 87 be-  
deuten die Bildnummern beim e-w-Überflug der DMC)

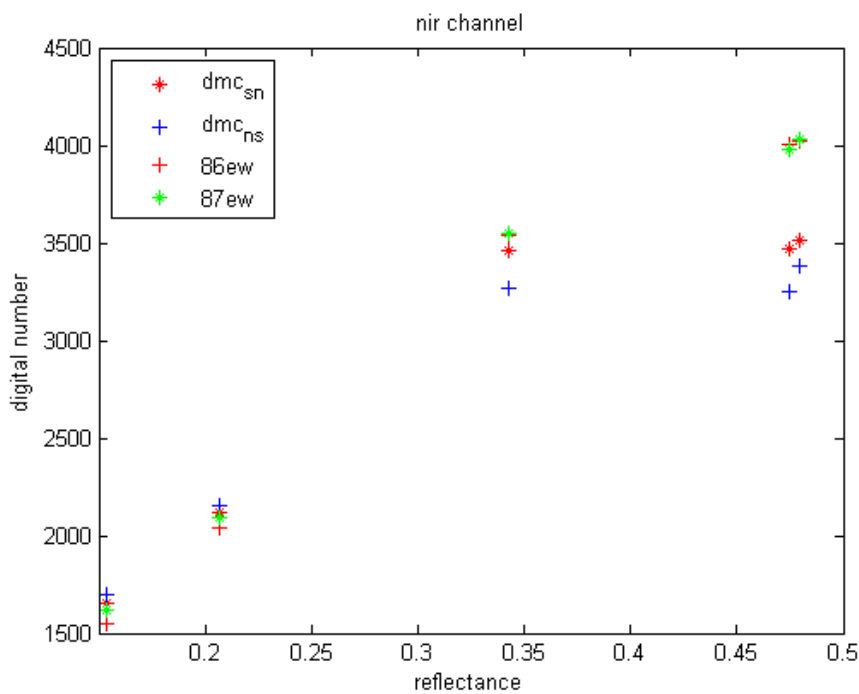


Abb. 8b: Überflug der DMC über das gleiche Bodentarget in verschiedenen Richtungen

## **4 Zusammenfassung**

Die Gruppe "Radiometrische Auswertung" hat mit der Auswertung begonnen. Allererste Ergebnisse liegen vor. Diese müssen sicher noch weiter diskutiert und vervollständigt werden.

Die radiometrischen Daten hängen außerordentlich stark von den Wetterbedingungen ab; darunter leidet die Auswertung, da zur Zeit der Überfliegungen kaum stabile Wettersituationen aufgetreten sind.

Ein Radiometrietest für digitale photogrammetrische Luftbildkameras wurde erstmalig eingerichtet; Verbesserungsvorschläge für zukünftige radiometrische Evaluierungsaufgaben werden anhand der ersten Auswertungen aufgezeigt. Dennoch bietet das vorhandene Datenmaterial die Möglichkeit zu interessanten Untersuchungen, die für den Einsatz digitaler Luftbildkameras auf dem Gebiet der Fernerkundung von Bedeutung sind.

### **Danksagung**

Herrn Dr. R. Richter, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Fernerkundungsdatenzentrum, sei für seine Hilfe, eine in-flight-Kalibration zu versuchen, sehr herzlich gedankt.

## **5 Literaturverzeichnis**

HANUSCH, TH. & BALTSAVIAS, E., 2009: Evaluation of digital photogrammetric aerial camera-systems, Radiometric Evaluation of DMC, ADS 40 and Ultracam X, DGPF Tagungsband 18

RICHTER, R., 2009: Atmospheric / Topographic Correction for Airborne Imagery (ATCOR-4 User Guide, Version 5.0, January 2009), DLR-IB 565-02/09, pp.145.