

# Institut für Methodik der Fernerkundung

## Experimentelle Verfahren

# Vorbereitung, Validierung und Ergänzung der EnMAP Mission

## DLR Nutzerservice OpAIRS

### Nutzerservice OpAIRS

Der Nutzerservice Optical Airborne Remote Sensing & Calibration Homebase (OpAIRS) betreibt flugzeuggetragene Sensoren für die optische Fernerkundung. Mit dem seit 2007 nach ISO 9001 zertifizierten Service deckt das IMF in Kooperation mit dem DLR Flugbetrieb die gesamte Systemkette von der Aufnahme der Rohdaten bis zur Erzeugung höherwertiger Produkte ab (s. Abb. 4). Hauptaufgabe von OpAIRS ist die Unterstützung der Entwicklung innovativer Methoden in Vorbereitung zukünftiger Satellitenmissionen durch hochgenaue Testdaten sowie die Validierung aktueller Missionen mit Hilfe umfangreicher Flug- und Feldkampagnen.

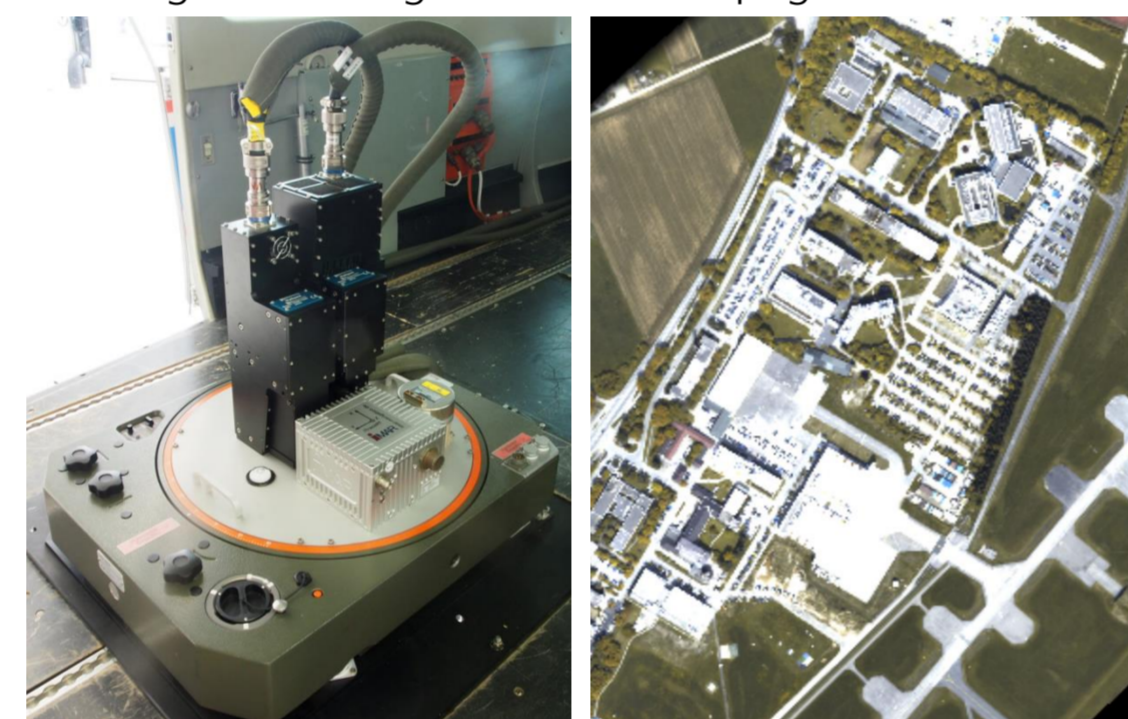


Abb. 1: HySpex Sensor (links) mit HySpex Aufnahme des Standortes Oberpfaffenhofen (rechts)

### OpAIRS Sensorsystem HySpex

OpAIRS betreibt eine Kombination aus zwei HySpex Kameras des norwegischen Herstellers Norsk Elektro Optik (NEO) [1]. Die beiden Pushbroom Sensoren (Abb. 1&2) vom Typ VNIR 1600 und SWIR 320m-e werden zur Aufnahme räumlich und spektral hochaufgelöster Referenzdaten vom Flugzeug aus eingesetzt. Aufgrund des ähnlichen Spektralbereichs und des vergleichbaren Funktionsprinzips eignen sich die Sensoren besonders zur Simulation und Validierung von EnMAP Daten. Die Kalibrierung des Systems erfolgt regelmäßig mit denselben Methoden, die für die Laborcharakterisierung von EnMAP angewendet werden.

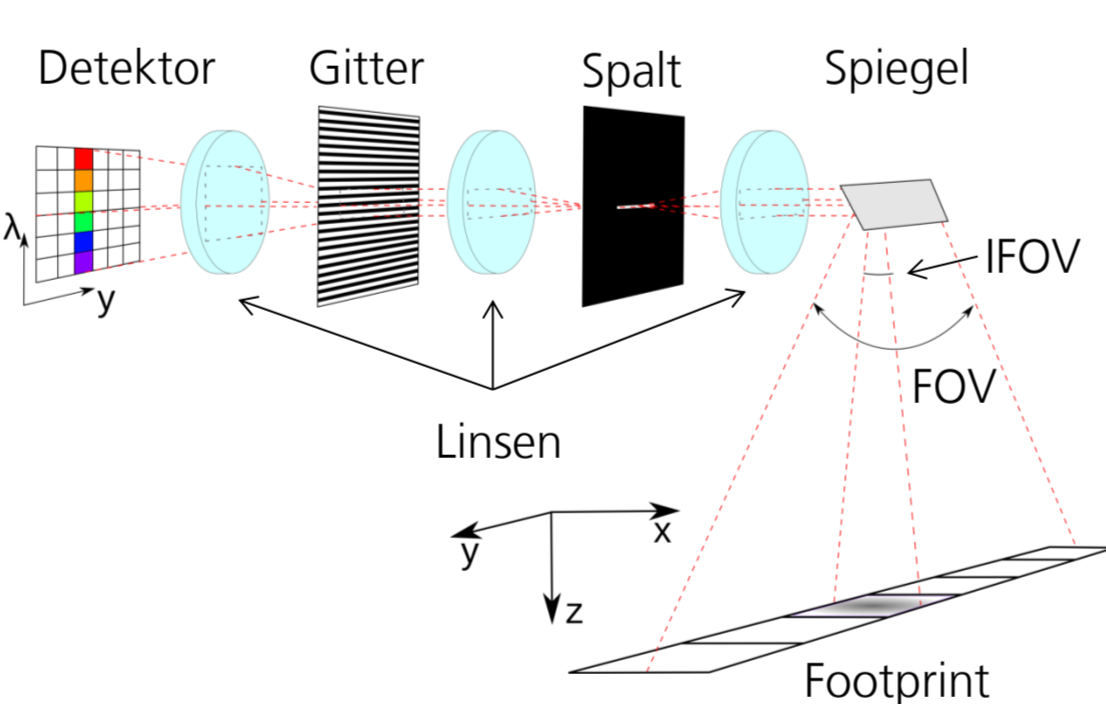


Abb. 2: Funktionsprinzip eines Pushbroom Sensors

### OpAIRS Kalibrierlabor CHB

Im Rahmen von OpAIRS betreibt das IMF ein optisches Labor für die Kalibrierung von abbildenden Spektrometern (siehe Abb. 3 & [2]). Die *Calibration Home Base* (CHB) genannte Einrichtung wurde für das flugzeuggetragene Spektrometer APEX der ESA konzipiert. Der hohe Automatisierungsgrad des Labors erlaubt die regelmäßige und umfassende Charakterisierung der spektralen, geometrischen und radiometrischen Eigenschaften der OpAIRS Sensoren. Weiterhin wird das Labor für die Entwicklung innovativer Kalibriermethoden verwendet, welche z.B. im Rahmen einer Kooperation mit OHB für die EnMAP Kalibrierung angewendet werden.

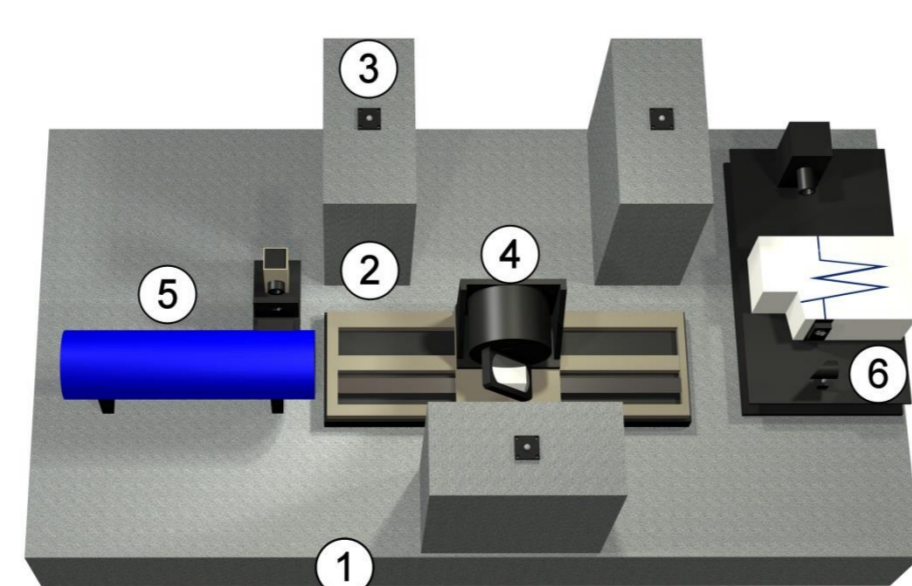


Abb. 3: Schematische Darstellung des CHB Aufbaus für geometrische und spektrale Charakterisierung mit optischer Bank (1), Translations-tisch (2) mit drehbarem Umlenkspiegel (4), Sensoraufnahme (3), Kollimator (5) und Monochromator (6)

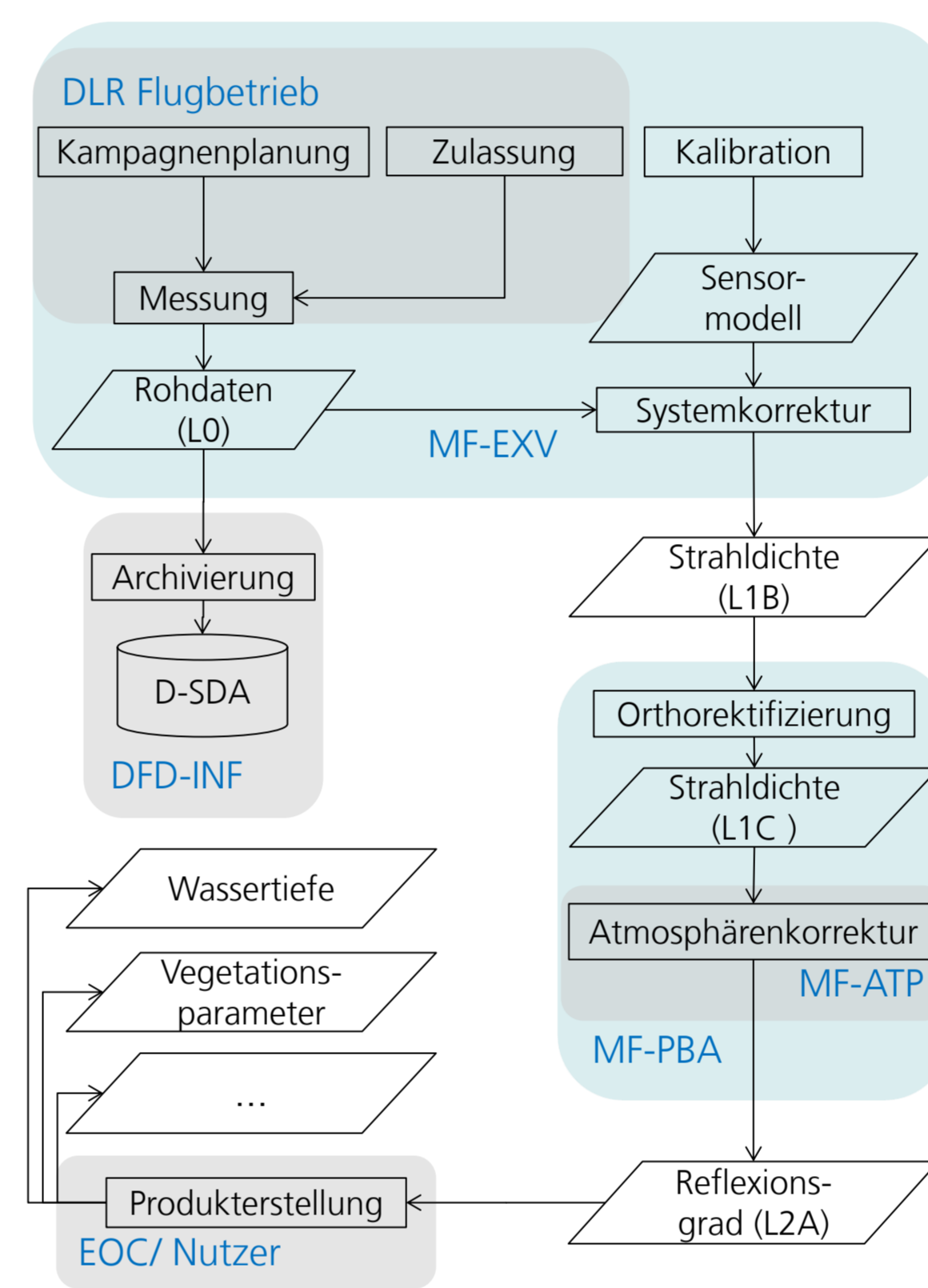


Abb. 4: Ablaufdiagramm der flugzeuggestützten Fernerkundung durch OpAIRS (blau hinterlegt) mit Unterstützung verschiedener EOC Abteilungen (grau hinterlegt)

### Herausforderungen bei der Kalibrierung

Moderne abbildende Spektrometer für die Erdbeobachtung besitzen eine Vielzahl spektraler Kanäle und räumlicher Pixel. Vor allem die Bestimmung der spektralen Eigenschaften für jeden Kanal und Pixel (spectral response function, SRF, Abb. 7) stellt daher eine Herausforderung dar, weil sie mit traditionellen Methoden trotz Automatisierung einen zu großen Zeitaufwand erfordert. Die Entwicklung innovativer Kalibriermethoden ist erforderlich, um hier Abhilfe zu schaffen.

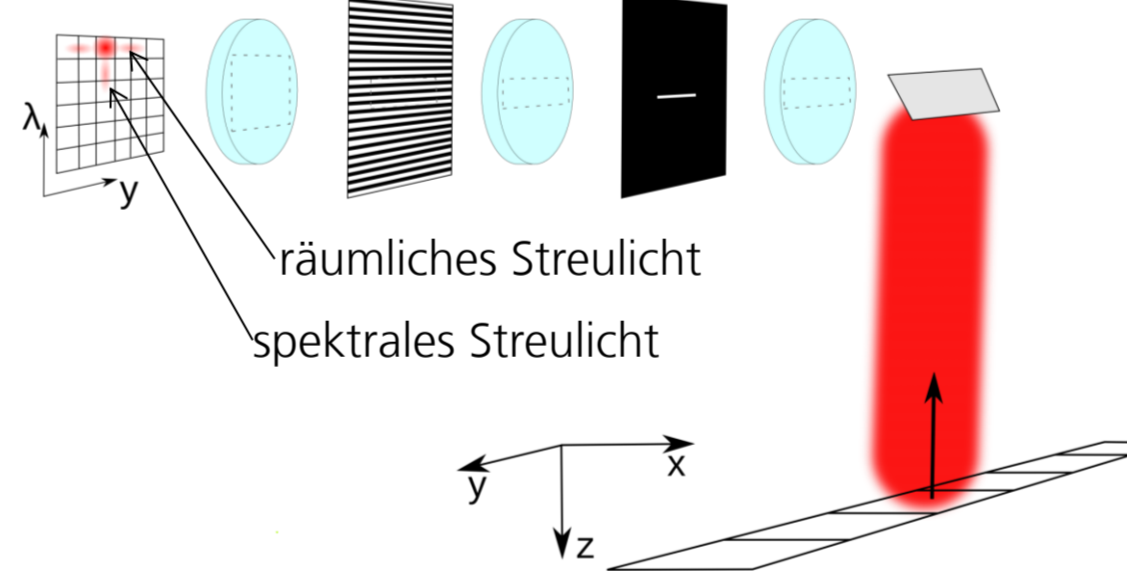


Abb. 5: Schematische Darstellung einer Streulichtmessung für den Zentralpixel des roten Kanals

### Beispiel Streulicht

Als Streulicht bezeichnet man Licht welches auf Grund von Streuung innerhalb des Sensors unter falscher Wellenlänge bzw. falschem Winkel detektiert wird (s. Abb. 5&6). Die vollständige mathematische Beschreibung des Streulichts erfolgt durch den sogenannten Streulichttensor

$C_{i\alpha j\beta}$   
Dieser gibt an, welcher Bruchteil des in Pixel  $i$  und Kanal  $\alpha$  registrierten Lichts eigentlich dem Pixel  $j$  und Kanal  $\beta$  zuzuordnen ist. Der Tensor besteht aus  $(\#Kanäle \cdot \#Pixel)^2$  Elementen. Für einen typischen Sensor wie HySpex würde der Tensor ca. 500 GB Speicherplatz belegen. Aus praktischen Gründen ist dies weder für die Bestimmung des Tensors noch für seine Anwendung zur Datenkorrektur praktikabel.

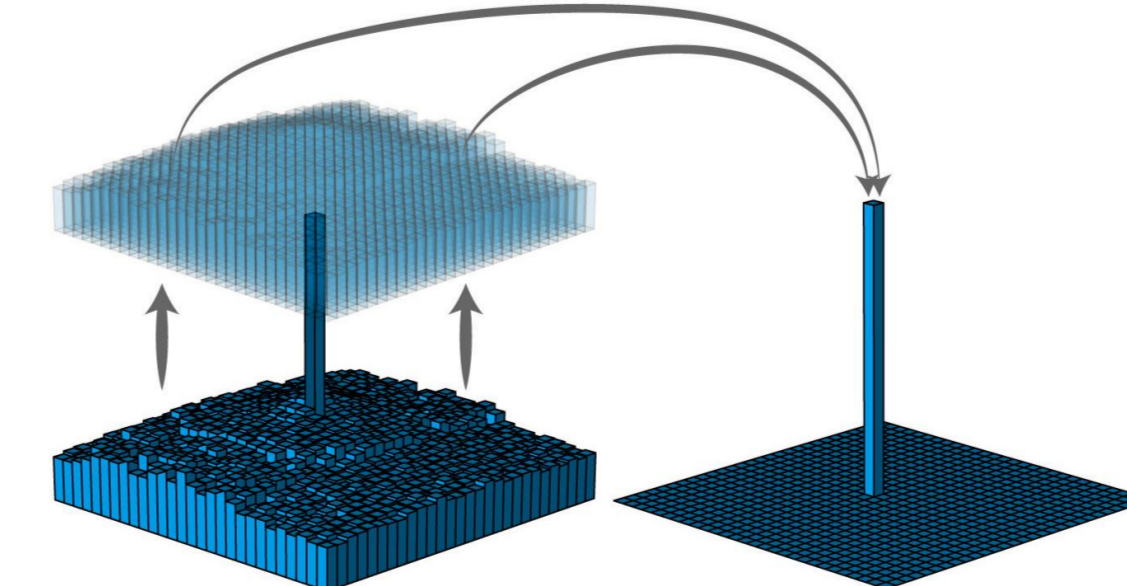


Abb. 6: Streulichtkorrektur im idealisierten Fall monochromatischer Beleuchtung eines einzigen Pixels. Falsch registrierte Beiträge anderer Detektorpixel werden dem korrekten Pixel/Kanal zugeordnet. (Bild: J. Brachmann, DLR Oberpfaffenhofen)

### Vorteile hochauflösender Sensoren

Die aktuelle Generation hyperspektraler Sensoren mit sehr hoher räumlicher Auflösung bei gleichzeitig feiner spektraler Auflösung eröffnet neue Möglichkeiten für die Fernerkundung. So kommen für die Datenauswertung zukünftig auch Verfahren wie z.B. DOAS in Betracht, die bisher vor allem bei nicht abbildenden Systemen zur Anwendung kommen. Neben der Detektion von räumlich stark variierenden Spurengasen könnte vor allem die Atmosphärenkorrektur vom Einsatz dieser Methoden profitieren. Voraussetzung dafür ist in vielen Fällen eine gute Kalibrierung. Vor allem solche Verfahren, die auf dem Vergleich simulierter und gemessener Spektren beruhen, setzen in der Regel umfangreiche Kenntnisse der radiometrischen und spektralen Sensoreigenschaften (SRF) voraus.

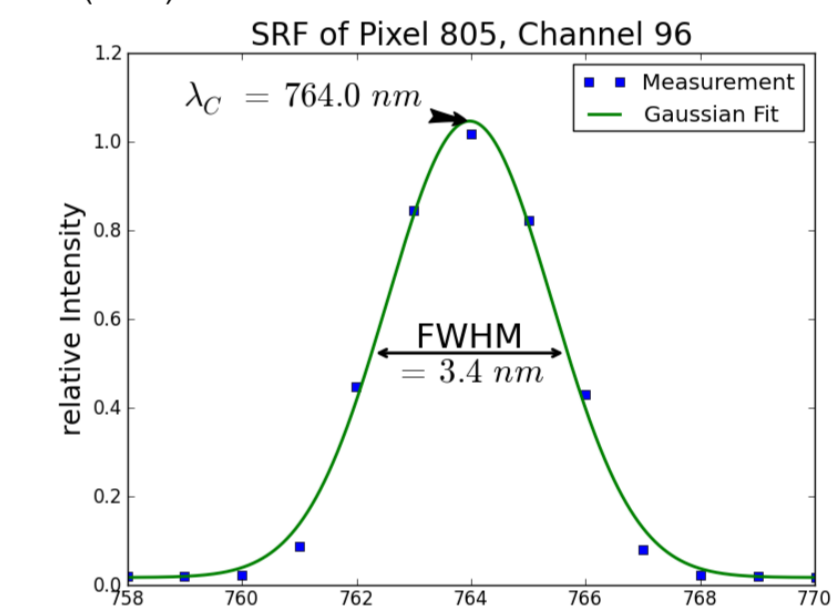


Abb. 7: Beispiel einer in der CHB bestimmten spektralen Transferfunktion (SRF) für den HySpex Sensor

### Beispiel Fernerkundung von Binnengewässern

Die Fernerkundung von Binnengewässern stellt sehr hohe Anforderungen an die eingesetzte Sensorik. Zum einen wird eine geometrische Auflösung von weniger als 15 m benötigt, um auch kleinskalige Strukturen erfassen zu können. Des Weiteren ist eine hohe radiometrische Genauigkeit erforderlich, um den relativ geringen Anteil der im Wasser oder vom darunter liegenden Boden reflektierten Einstrahlung detektieren zu können. Schließlich ist eine spektrale Auflösung von weniger als 10 nm Voraussetzung dafür, die Vielzahl relevanter Wasserinhaltsstoffe anhand ihrer teilweise spektral stark überlappenden Strukturen bestimmen zu können. Das EOC entwickelt basierend auf HySpex Messungen neue Verfahren der Datenauswertung zur Fernerkundung von Binnengewässern und beteiligt sich basierend auf dieser Erfahrung an der Konzeption zukünftiger Satellitenmissionen. So wurde z.B. ein Verfahren zur Bestimmung der Wassertiefe von Binnengewässern entwickelt, welches erfolgreich auf HySpex Messungen über dem Starnberger See angewendet werden konnte (s. Abb. 8 & [3])

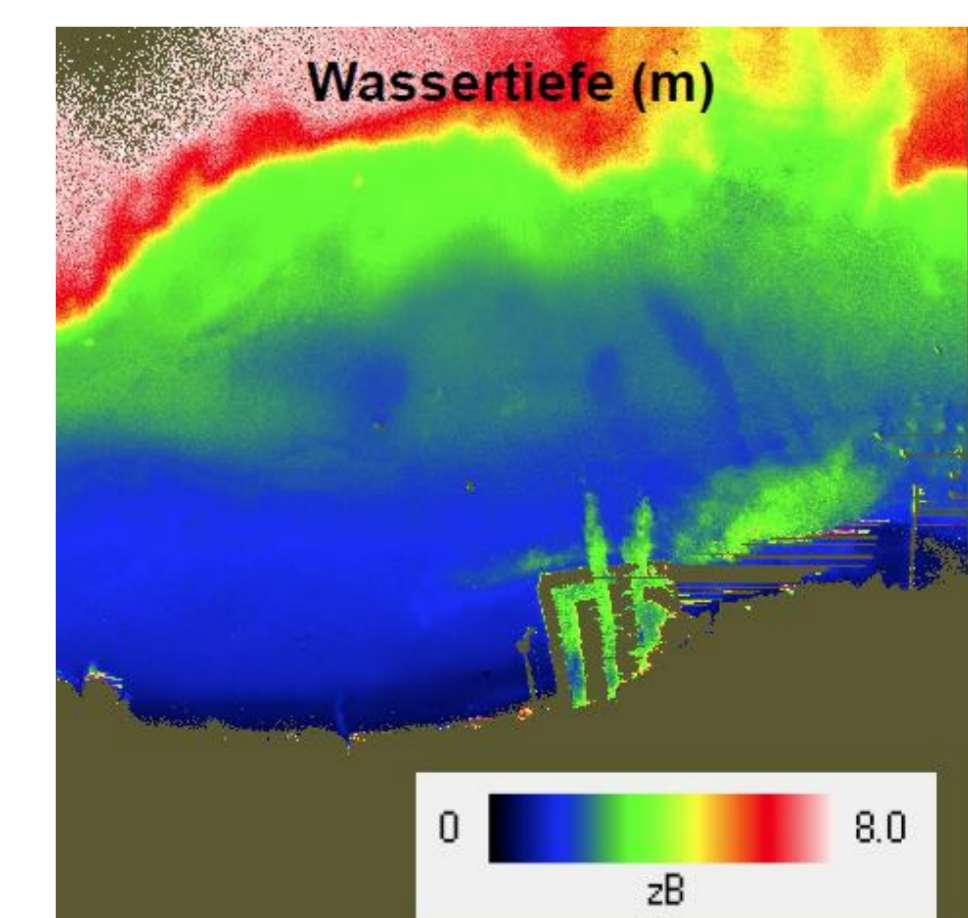


Abb. 8: Darstellung der aus HySpex Aufnahmen des Starnberger Sees bestimmten Wassertiefe (aus [3])

### Referenzen

- [1] DLR Remote Sensing Technology Institute (IMF) (2016). Airborne Imaging Spectrometer HySpex. *J. large-scale res. fac.*, 2(A93)
- [2] DLR Remote Sensing Technology Institute (IMF) (2016). The Calibration Home Base for Imaging Spectrometers. *J. large-scale res. fac.*, 2(A82)
- [3] P. Gege (2014). A case study at Starnberger See for hyperspectral bathymetry mapping using inverse modeling. *Proc. WHISPERS, Lausanne, Switzerland.*