

|                     |   |
|---------------------|---|
| <b>Zeitschrift:</b> | Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement =<br>Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire =<br>Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio |
| <b>Herausgeber:</b> | geosuisse : Schweizerischer Verband für Geomatik und<br>Landmanagement  |
| <b>Band:</b>        | 120 (2022)  |
| <b>Heft:</b>        | 9-10  |
| <b>Artikel:</b>     | Flugzeuggestützte Imaging Spectroscopy Kampagne 2021 mit AVIRIS-NG  |
| <b>Autor:</b>       | Meiller, Carmen / Kühnle, Helena / Werfeli, Mike  |
| <b>DOI:</b>         | <a href="https://doi.org/10.5169/seals-1033351">https://doi.org/10.5169/seals-1033351</a>   |

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 13.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Flugzeuggestützte Imaging Spectroscopy Kampagne 2021 mit AVIRIS-NG

Die Universität Zürich (UZH) führte im Sommer 2021 für die Europäische Weltraumorganisation (ESA) und in Zusammenarbeit mit dem Jet Propulsion Laboratory (JPL/NASA) eine europaweite wissenschaftliche Flugkampagne mit einem abbildenden Spektroradiometer durch, mit dem Ziel, zukünftige Satellitenmissionen zu unterstützen. Abbildende Spektroradiometer können Bilder in einem erweiterten Bereich des elektromagnetischen Spektrums aufnehmen und liefern somit mehr Informationen über Landoberflächen als herkömmliche multispektrale Sensoren. Diese Daten werden für die Kalibrierung und Validierung der Satellitenmissionen verwendet, können aber auch für verschiedene andere Anwendungen genutzt werden, z.B. zur Gewinnung von Erkenntnissen über Vegetationsmerkmale, Ernährungssicherheit, Veränderungen in der Kryosphäre oder Kohlendioxid- oder Methanflüsse.

*En été 2021 l'Université de Zurich (UZH) a exécuté pour l'Agence spatiale européenne (ASE) en collaboration avec le Jet Propulsion Laboratory (JPL/NASA) une campagne de vol scientifique dans l'Europe entière avec un spectroradiomètre à imagerie dans le but d'assister de futures missions satellites. Les spectroradiomètres à imagerie peuvent enregistrer des images dans une zone élargie du spectre électromagnétique et fournissent ainsi plus d'informations sur la surface du terrain que les capteurs conventionnels multispectraux. Ces données sont utilisées pour le calibrage et la validation des missions satellites mais elles peuvent aussi être utilisées pour diverses autres applications telles que l'acquisition de connaissances sur des caractéristiques de végétaux, la sécurité alimentaire, les changements dans la cryosphère ou les flux de dioxyde de carbone ou de méthane.*

Nell'estate 2021 l'Università di Zurigo (UZH) ha effettuato, per conto dell'Agenzia spaziale europea (ESA) e in collaborazione con il Jet Propulsion Laboratory (JPL/NASA), una campagna scientifica di volo su scala europea con uno spettroradiometro per immagini. Questo tipo di spettroradiometro è in grado di fornire immagini in un ampio campo dello spettro elettromagnetico e quindi fornisce più informazioni sulle superfici del territorio rispetto ai tradizionali sensori multispettrali. Questi dati sono poi impiegati per la calibratura e la convalida delle missioni satellitari ma possono pure essere utilizzati per svariate applicazioni come, per es., per ottenere informazioni sulle caratteristiche della vegetazione, sulla sicurezza alimentare, sui cambiamenti della criosfera o sui flussi dell'anidride carbonica o del metano.

C. Meiller, H. Kühnle, M. Werfeli, A. Hüni

### Einleitung

Im Sommer 2021 führten die *Remote Sensing Laboratories* (RSL) der Universität Zürich (UZH) in Zusammenarbeit mit dem Jet Propulsion Laboratory (JPL) der Natio-

nal Aeronautics and Space Administration (NASA) eine europaweite wissenschaftliche Flugkampagne mit einem abbildenden Spektroradiometer durch [1]. Auftraggeberin war die Europäische Weltraumorganisation (ESA). Ziel der Kampagne ist die Unterstützung der zukünftigen ESA und NASA Satellitenmissionen *Copernicus Hyperspectral Imaging Mission for the*

*Environment (CHIME)* und *Surface, Biology and Geology (SBG)*. Ein abbildendes Spektroradiometer ist ein Instrument, das die von Oberflächen reflektierte Strahlung in bestimmten Bereichen des elektromagnetischen Spektrums misst. Für die meisten Instrumente bedeutet dies, dass der Sensor im Bereich des für den Menschen sichtbaren Lichts, d.h. blau bis rot (ca. 380–700 nm), sowie im Infrarotbereich (ca. 700–2500 nm) Daten aufnehmen kann. Das Ergebnis ist ein dreidimensionales Bild, ein sogenannter Bildwürfel (vergleiche Abb. 1 engl. *Image Cube*), welches ein kontinuierliches Spektrum über den definierten Wellenlängenbereich pro Pixel umfasst. Der Sensor misst die am Gerät ankommende elektromagnetische Strahlung in spektralen Bändern. Spektrale Bänder sind vordefinierte Bereiche im elektromagnetischen Spektrum, in denen der Sensor sensitiv ist und reflektiertes oder emittiertes Licht misst. Die Vielzahl an Bändern und das damit nahezu kontinuierliche Spektrum machen ein solches Gerät zu einem sogenannten hyperspektralen Sensor.

Folglich ist ein abbildendes Spektroradiometer ein spektral hochauflösendes, bildgebendes Instrument, welches pro Pixel mehr Informationen enthält als die herkömmlichen multispektralen Sensoren. Diese Eigenschaft macht den Sensor zu einer wertvollen wissenschaftlichen Datenquelle. Wird die Erdoberfläche mit einem bildgebenden Spektroradiometer überflogen, verrät das reflektierte und gemessene Licht eine Vielzahl an Charakteristiken der detektierten Oberflächen. So ist es möglich, u.a. Mineralsignaturen in Gesteinen zu erkennen, Methangase zu detektieren, den Gesundheitszustand von Pflanzen zu bestimmen oder auch Aussagen über die Biodiversität eines Zielgebiets zu treffen.

### Der Sensor AVIRIS-NG

Das abbildende Spektroradiometer *Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer – Next Generation (AVIRIS-NG)*, welches Eigentum der NASA ist, konnte aufgrund einer Kollaboration zwischen

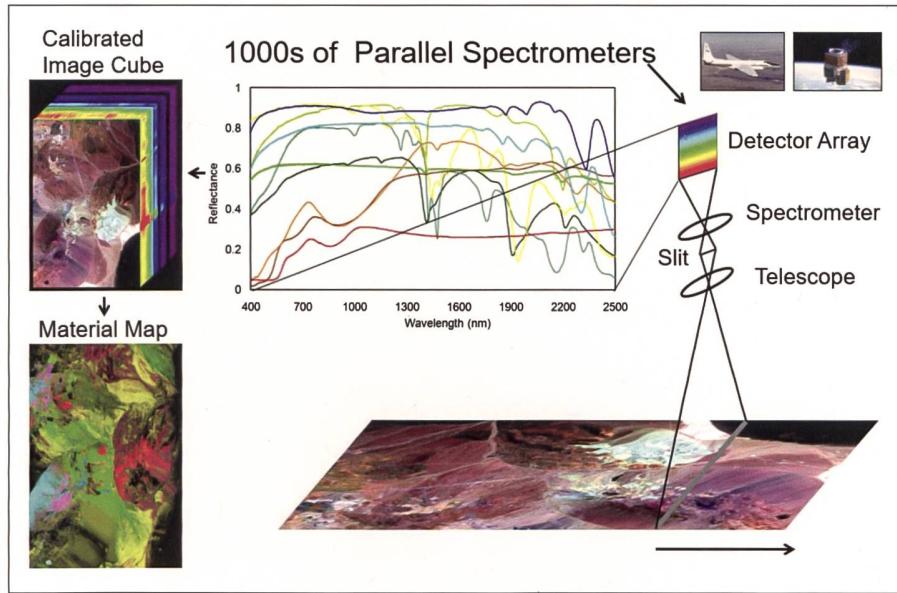


Abb. 1: Das Prinzip einer bildgebenden Spektroskopieaufnahme: Der Sensor nimmt einen Datenwürfel auf, welcher für jede Position im Bild ein Spektrum enthält. Dieses Spektrum enthält Informationen über die Eigenschaften des aufgenommenen Objektes (Spektrale Signatur) [2].

UZH und NASA-JPL für die europaweite Flugkampagne zum Einsatz kommen. AVIRIS-NG operiert in einem Wellenlängenbereich von 380–2510 nm und weist 425 Spektralbänder auf. Die räumliche Auflösung des Sensors ist abhängig von der Flughöhe und kann eine Auflösung zwischen ca. 1 m und 8 m pro Pixel erreichen. Der Schwad (engl. swath width) von AVIRIS-NG beträgt 640 Elemente, was gleichbedeutend ist mit einer Flugstreifenbreite von 640 Pixel. Das Spektroradiometer ist auf einer Beechcraft B200C Super King Air montiert und wurde für die Kampagne auf einem mehrtägigen Transferflug von Kalifornien nach Zürich überführt. Der Militärflugplatz Dübendorf (ZH) diente hierbei als Operationsbasis und Ausgangspunkt für alle Missionen und erwies sich als eine ausgezeichnete Option, auch dank der Unterstützung durch die Schweizer Luftwaffe. Nach einer Planungsphase von zwei Jahren wurde die Kampagne unter erschwerten Bedingungen durchgeführt. Die COVID-19-Pandemie, wie auch ungünstige Wetterbedingungen in ganz Europa und die Grösse der Kampagne machten die Koordination und Ausführung komplexer als vorgesehen. Über 100 verschiedene Zielgebiete

wurden geplant und überflogen, in Ländern wie Deutschland, Frankreich, Spanien, Grossbritannien, Italien, Rumänien, Schweiz und Belgien. Die gesamte Flugkampagne dauerte über zwei Monate, wobei die wichtigsten Zielgebiete hierbei



Abb. 2: AVIRIS-NG, eingebaut in der Beechcraft B200c Super King Air.

verschiedene Landoberflächen wie Küstengebiete, Torfländer, Seen oder Wälder waren.

Die erhobenen Daten sollen zur Entwicklung der zukünftigen Satellitenmissionen CHIME und SBG beitragen. Die Missionsziele der hyperspektralen Satelliten beinhalten die Beschaffung von Informationen zur Verwaltung von natürlichen Ressourcen. Dies beinhaltet im Falle von CHIME Wissen über Nahrungssicherheit, nachhaltige Landwirtschaft, Rohmaterialien oder Biodiversitätsmanagement [1]. Der Fokus von SBG liegt auf dem Gewinn von Erkenntnissen über Vegetationscharakteristiken, die globalen Kohlendioxid- und Methan-Flüsse, die Beobachtung der Kryosphäre als auch der aktiven geologischen Prozesse<sup>1</sup>. Mit den erhobenen AVIRIS-NG Daten der Flugkampagne wurden Referenzgebiete definiert, die zur Kalibrierung und Validierung der zukünftigen Satellitenmissionen genutzt werden können. Zusätzlich zu den flugzeuggestützen Daten wurden des Weiteren zeitgleich Bodenmessungen derselben Gebiete vorgenommen. Diese koordinierten Kalibrierungs- und Validierungsaktivitäten sollen weiterhin während des gesamten Operationszeitraumes der Satelliten durchgeführt werden, um qualitativ bestmögliche Datensätze zu gewährleisten.

## Planung der Befliegungsmissionen

Die Planung und Durchführung der einzelnen Missionen umfassten eine Vielzahl unterschiedlicher Aufgaben. Ein wichtiger Inhalt des täglichen Führungszyklus war die Analyse der aktuellen Wettermodelle, um die Missionsplanung des momentanen Tages und der folgenden Tage zu ermöglichen. Die konsolidierten Wettervorhersagen, die daraus resultierenden Missionspläne und detaillierten Flugpläne wurden täglich per Twitter Kanal an alle Beteiligten verteilt. Einige nahezu statische Tiefdruckgebiete über Europa im Sommer 2021 erschwerten diese Aufgabe erheblich, weshalb die gesamte Flugkampagne verlängert werden musste. Da



Abb. 3: RGB Quicklook Mosaik der Fluglinien über der venezianischen Lagune. In diesem Gebiet waren hyperspektrale Messungen des Wassers von Interesse.

AVIRIS-NG ein passives Instrument ist, also nur mit reflektiertem Sonnenlicht arbeitet, mussten die Bedingungen für die Datenerfassung möglichst wolken- und dunstfrei sein.

Einmal in der Luft, operierte eine Kombination aus Mitarbeitenden des RSLs und der NASA den Sensor. Unter anderem musste sichergestellt werden, dass die Position des Sensors korrekt über ein INS/GPS System erfasst wurde wie auch dass die In-Flight Kalibrierung des Instrumentes und die Datenakquisition erfolgreich verliefen. Eine weitere Aufgabe war es, die geplanten Flugstreifen mit den Piloten abzustimmen und sie zum richtigen Zeitpunkt für die Datenerhebung aufzuschalten. Die ersten Rohdatenprodukte (engl. *Quicklook*) waren bereits nach der Landung des Flugzeuges verfügbar und konnten von da an weiterverarbeitet werden. Die Aufbereitung der Rohdaten zu den schliesslich gewünschten Reflektanzdaten erfolgte durch das NASA-JPL. Diese wurden im Anschluss an die jeweiligen Verantwortlichen bei der ESA übergeben.

## Ausblick

Für zukünftige hyperspektrale Flugkampagnen befindet sich das Projekt *Airborne Research Facility for the Earth System* (ARES) im Aufbau (<https://ares-observatory.ch>). ARES ist eine Forschungsplattform unter der Leitung der UZH in Kooperation mit der *École polytechnique fédérale de Lausanne* (EPFL), der *Eidgenössischen Technischen Hochschule* (ETH) Zürich, der *Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt* (EMPA), der *Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz* (Eawag), der *Universität Fribourg*, der *Universität Lausanne* sowie der *International Centre for Earth Simulation* (ICES) Foundation.

Das erste Instrument von ARES wird ebenfalls ein abbildendes Spektroradiometer sein, welches zu Gunsten von schweizerischen und internationalen Erdwissenschaftsforschungsprojekten eingesetzt werden wird.

Das ARES Imaging Spectrometer (ARES-IS) basiert auf dem *Compact Wide Swath Imaging Spectrometer II* (CWIS-II) Sensor, entwickelt von NASA-JPL. CWIS-II ist die nächste Generation der AVIRIS Sensor Familie und wurde im Frühjahr 2022 fertiggestellt. Als derzeit einziges flugzeuggestütztes System seiner Art wird ARES-IS noch stabilere und präzisere Daten produzieren als sein Vorgänger AVIRIS-NG. Das Design des Spektroradiometers basiert auf Weltraumtechnologie und erreicht seine Leistung durch den Betrieb der internen Elektrooptik in einem Vakuum sowie durch Kühlung des Detektors auf rund -130 Grad Celsius.

Das Instrument besitzt einen Schwad von 1240 Pixel und verdoppelt somit die räumliche Leistung von AVIRIS-NG. Die spektrale Konfiguration beinhaltet 328 spektrale Bänder, verteilt über einen ähnlichen Wellenlängenbereich wie AVIRIS-NG (ca. 380–2500 nm). Der Sensor wird am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) kalibriert werden und in Zukunft zusammen mit einem *Light Detection and Ranging* (LIDAR) Sensor und einer räumlich hochauflösten RGB-Ka-

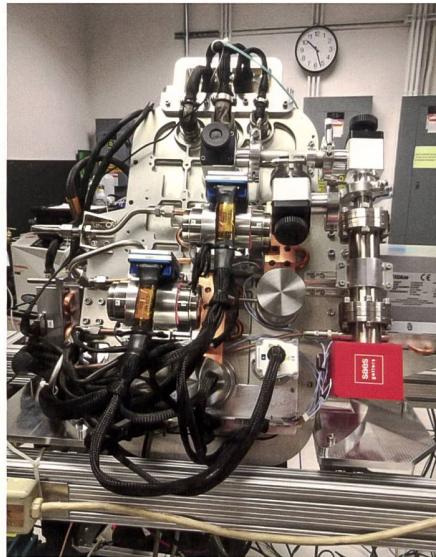


Abb. 4: Der CWIS-II Sensor während der technischen Abnahme am JPL in Pasadena, Kalifornien.

mera auf einer Cessna 208 Caravan integriert werden. Die gesamte ARES Infrastruktur wird in Zukunft in der Lage sein, eine umfassende und qualitativ hochwertige Datengrundlage für diverse wissenschaftliche Applikationen rund um das Erdsystem zur Verfügung zu stellen.

### Anmerkungen:

<sup>1</sup> <https://sbg.jpl.nasa.gov>

### Referenzen:

- [1] M. Rast, J. Nieke, J. Adams, C. Isola and F. Gascon, «COPERNICUS HYPERSPECTRAL IMAGING MISSION FOR THE ENVIRONMENT (CHIME),» in IGARSS 2021-2021 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Brussels, 2021.
- [2] P. Mourolis and R. O. Green, «Review of high fidelity imaging spectrometer design for remote sensing,» Optical Engineering, p. 20, 2018.

Carmen Meiller  
Helena Kühnle  
Mike Werfeli  
Andreas Hüni  
Remote Sensing Laboratories  
Geografisches Institut  
Universität Zürich  
Winterthurerstrasse 190  
CH-8057 Zürich