



Spektral hochauflösende Fernerkundung zur Beurteilung und Überwachung der Umweltauswirkungen von Bergbautätigkeit – erste Ergebnisse des Projekts MINEO

Reinhard Belocky ¹, Klemens Grösel ²

¹ FA Geophysik, Geologische Bundesanstalt, Rasumofskygasse 23, A-1031 Wien

² FA Geophysik, Geologische Bundesanstalt, Rasumofskygasse 23, A-1031 Wien

VGI – Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation **89** (3–4), S. 149–152

2001

Bib_TE_X:

```
@ARTICLE{Belocky_VGI_200116,  
Title = {Spektral hochaufl{\o}sende Fernerkundung zur Beurteilung und {\U}  
berwachung der Umweltauswirkungen von Bergbaut{\a}tigkeit -- erste  
Ergebnisse des Projekts MINEO},  
Author = {Belocky, Reinhard and Gr{\o}sel, Klemens},  
Journal = {VGI -- {\O}sterreichische Zeitschrift f{\u}r Vermessung und  
Geoinformation},  
Pages = {149--152},  
Number = {3--4},  
Year = {2001},  
Volume = {89}  
}
```



[8] *Steinnocher K., Kressler F. und Köstl M. (2000):* Erstellung einer Siedlungsmaske aus Fernerkundungsdaten und Integration zusätzlicher Information aus Zensusdaten. In (J. Strobl, T. Blaschke, G. Griesebner Hrsg.): *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XII*, Wichmann Verlag, Heidelberg, 2000, pp. 481–488.

Anschrift der Autoren

Dr. Klaus Steinnocher, Mag. Thomas Bauer, Mag. Mario Köstl, Mag. Florian Kressler, Austrian Research Centers, Bereich Systemforschung, 2444 Seibersdorf.
E-mail: klaus.steinnocher@arcs.ac.at



Spektral hochauflösende Fernerkundung zur Beurteilung und Überwachung der Umweltauswirkungen von Bergbautätigkeit – erste Ergebnisse des Projekts MINEO

Reinhard Belocky und Klemens Grösel, Wien

Zusammenfassung

Die Auswirkung von Bergbautätigkeit auf die Umwelt ist ein Problem von europäischer Dimension. Spektral hochauflösende (hyperspektrale) Fernerkundungsdaten ermöglichen eine exaktere Identifizierung von Materialien im Vergleich zu konventionellen multispektralen Daten. Der Vergleich von 126-Kanal HyMap Hyperspektraldaten mit spektroskopischen Bodenmessungen zeigt, daß die Auswertung hyperspektraler Fernerkundungsdaten eine geeignete Methode zur genauen Charakterisierung der komplexen Landbedeckung in Bergbaugebieten darstellt.

Abstract

The impact of mining activities on the environment is a problem of European dimension. High spectral resolution (hyperspectral) remote sensing data allow an improved identification of materials compared to conventional multispectral data. The comparison of 126-band HyMap hyperspectral data with spectroscopic ground measurements shows that the interpretation of hyperspectral remote sensing data is a suitable method for characterizing the complex land cover of mining areas.

1. Einleitung

Die europäische Bergbauindustrie trägt zu etwa 7% zum EU Bruttosozialprodukt bei und beliefert einen weiten Teil der in der EU ansässigen Industrie auf lokaler, regionaler und EU-weiter Ebene mit wichtigen Rohmaterialien. Zugleich weisen sowohl aktive als auch stillgelegte Bergbaue zuweilen ein beträchtliches Umweltgefährdungspotential auf, das nicht zuletzt bei größeren Unfällen wie beispielsweise in Aznalcóllar/Doñana (Spanien) 1998 [1] oder Baia Mare (Rumänien) 2000 [2] einer breiten Öffentlichkeit bewußt wird. Aus diesem Grund sieht sich die europäische Bergbauindustrie zunehmend einem erhöhten Umweltbewußtsein und verschärften gesetzlichen Bestimmungen ausgesetzt.

Das Verständnis und die Überwachung möglicher Beeinträchtigungen der Umwelt durch Bergbauaktivitäten ist ein Bedürfnis einer breiten Nutzergemeinde, die Regierungsbehörden, lokale Behörden, Industrie, Umweltschutzorganisationen sowie den einzelnen Bürger mit einschließt. Diese Nutzer benötigen kostengünstige Instrumente zur Sammlung von Umweltdaten und deren Auswertung als gesicherte Basis für einen Dialog zur Sicherstellung einer nachhaltigen

wirtschaftlichen Entwicklung der Bergbauindustrie. Technologisch fortschrittliche Fernerkundungsmethoden in Kombination mit anderen relevanten Daten integriert in ein geographisches Informationssystem (GIS-Datenbank System) können diese Anforderungen erfüllen.

2. Projektzielsetzungen

Vor dem Hintergrund dieser Rahmenbedingungen wurde das EU-Projekt MINEO (Assessing and Monitoring the Environmental Impact of Mining Activities in Europe Using Advanced Earth Observation Techniques) initiiert. Das Projekt MINEO (<http://www.brgm.fr/MINEO>), Laufzeit 2000-2002, ist eine gemeinsame Initiative der geologischen Dienste von Frankreich, Finnland, Großbritannien, Dänemark, Deutschland, Österreich und Portugal, dem Joint Research Centre der EU in Ispra/Italien, einem deutschen (DSK) und einem finnischen (Mondo Minerals) Bergbauunternehmen sowie dem dänischen Umweltinstitut NERI. Die Zielsetzung dieses Projektes ist die Entwicklung und der Einsatz spektral hochauflösender (hyperspektraler) Fernerkundungsmethoden, welche dazu dienen können,

Beeinträchtigungen der Umwelt durch Bergbauaktivitäten unter geringerem Kostenaufwand als bisher festzustellen und zu überwachen, und somit zuverlässige und kostengünstige Daten über Umweltzustand und Umweltveränderung bereitzustellen.

Um die geplanten Untersuchungen zu realisieren, wurden sechs Bergbaugebiete, fünf innerhalb Europas: Lahnaslampi (Kemi – FI), Camborne-Falmouth (Cornwall – UK), Kirchheller Heide (Ruhrgebiet – D), Steirischer Erzberg (Steiermark – A), Saõ Domingos (Alentejo – PT) und eines in Grönland: Mestersvig (Ostgrönland – DK), ausgewählt, die in ihrer Gesamtheit die Diversität der klimatischen, geomorphologischen und sozioökonomischen Verhältnisse in Europa widerspiegeln.

3. Hyperspektrale Fernerkundung

Multispektrale Fernerkundungssensoren wie Landsat TM oder SPOT XS nehmen Daten in wenigen, relativ breiten Spektralkanälen auf. Im Gegensatz dazu arbeiten hyperspektrale Sensoren nach dem Prinzip eines bildgebenden Spektrometers und registrieren die Strahlungsintensitäten in dutzenden oder hunderten eng benachbarten schmalen spektralen Kanälen vom sichtbaren Licht bis in den mittleren Infrarotbereich (Abb. 1). Auf diese Weise erhält man in jedem Bildpunkt ein kontinuierliches Spektrum, das aufgrund der jeweiligen spezifischen spektralen Merkmale zur Identifizierung von Materialien herangezogen werden kann [3].

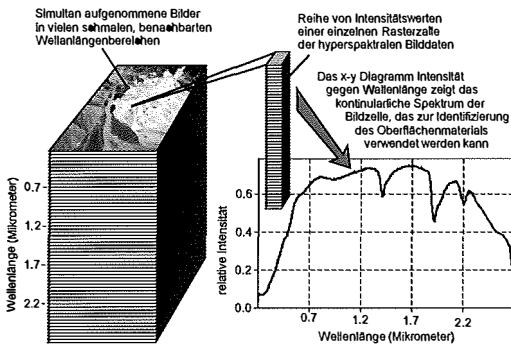


Abb. 1: Prinzip der hyperspektralen Fernerkundung [4].

4. Das MINEO-Flugprogramm

Über allen Testgebieten wurden im Sommer 2000 Bilddaten mit dem flugzeuggestützten HyMap(tm) Hyperspektral-Scanner (Tab. 1) [5] aufgenommen. Der Scanner, der von der australisch-südafrikanischen Firma HyVista betrieben

wird, kann in ein normales zweimotoriges Flugzeug mit Fotoport eingebaut werden. Zum Ausgleich der Flugzeugbewegungen ist der Scanner auf einer kreiselstabilisierten Plattform gelagert; außerdem werden für jede Scan-Zeile die Fluglagedaten registriert sowie die Position mittels dGPS gemessen. Für die MINEO Flugkampagne wurde eine DO-228 der DLR (Deutsche Gesellschaft für Luft- u. Raumfahrt) eingesetzt, wobei zeitgleich mit den Hyperspektraldaten auch analoge Stereo-Luftbilder aufgenommen wurden.

Wellenlängenbereich	450 – 2480 nm
Spektrale Kanäle	126
Kanalbreite	15 – 20 nm
Scan-Winkel	61,3° (512 Pixel)
Bodenauflösung	3 – 10 m
Flughöhe	2000 – 5000 m

Tab. 1: Technische Daten des HyMap(tm) Systems.

5. Das alpine Testgebiet Steirischer Erzberg

Der Siderit-Bergbau Steirischer Erzberg ist der größte Eisenerz-Tagbau Mitteleuropas mit einer Produktion von ca. 1,8 mio. t/Jahr. Die von Bergbautätigkeit beeinflusste Fläche beträgt etwa 6,5 km² in einer Höhenlage zwischen 700 und 1400 m. Im Zuge mehrere Projekte wurden am Steirischen Erzberg umfangreiche und detaillierte Untersuchungen zur Renaturierung von Bergbaugebieten unter Einbeziehung relevanter Parameter wie Lithologie, Mineralogie und Korngrößenverteilung des Untergrundes, Hangneigung und Exposition, Wassergehalt und Vegetationszustand, durchgeführt [6]. Die spezifischen Ziele des Projekts MINEO am Steirischen Erzberg sind zu testen, welche dieser Parameter aus den hyperspektralen Fernerkundungsdaten abgeleitet werden können. Konkret geht es um folgende Themengebiete:

- Beurteilung der Untergrundsituation im Hinblick auf eine Renaturierung des Bergbaugebietes
- Überwachung des Renaturierungserfolgs
- Definition der spezifischen Anforderungen an die Verarbeitung der hyperspektralen Fernerkundungsdaten aufgrund der alpinen Topographie

Über dem Steirischen Erzberg wurden 4 HyMap Flugstreifen mit je ca. 1800 Scan-Zeilen aufgenommen (Abb. 2)

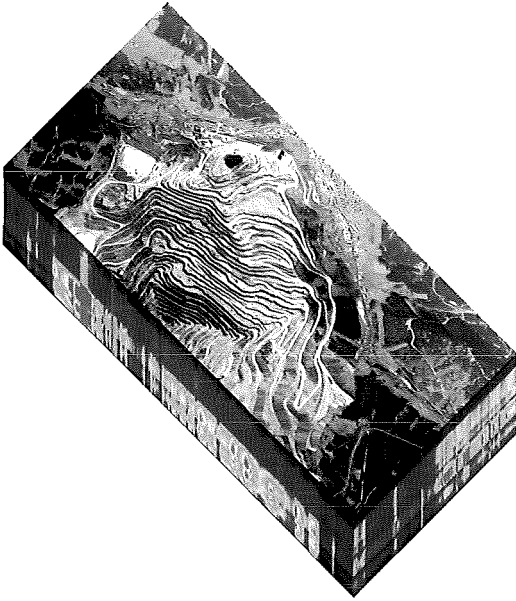


Abb. 2: „Hyperspectral Image Cube“ eines HyMap Flugstreifens über dem Steirischen Erzberg. Die Oberfläche des „Bildwürfels“ zeigt eine RGB-Darstellung der Kanäle 123 (2439nm), 80 (1635nm) und 12 (600nm); die Seitenflächen zeigen die relativen Intensitäten in den einzelnen spektralen Kanälen entlang der Schnittkanten zur Veranschaulichung der Dimensionalität der Bilddaten.

6. Datenvorverarbeitung

Um die Vergleichbarkeit der Fernerkundungsdaten untereinander sowie mit Bodenmessungen zu ermöglichen, wurde eine Atmosphärenkorrektur mittels ATREM [8] durchgeführt. Bei dieser Korrektur wird neben allgemeinen atmosphärischen Parametern vor allem der Wasserdampfgehalt in jedem einzelnen Bildpixel berücksichtigt.

Für die Geokodierung der Bilddaten wurde ein parametrisches Verfahren [9] verwendet, wobei auf der Basis der Fluglagedaten der Scan-Vektor jedes Bildpixels ermittelt und mit dem Geländehöhenmodell zum Schnitt gebracht wird. Die Bilddaten wurden dabei auf eine einheitliche Pixelgröße von 4 m umgerechnet. Das dafür erforderliche aktuelle Höhenmodell wurde aus den Stereo-Luftbildern abgeleitet.

7. Bodenmessungen

Zur Evaluierung der Differenzierungsmöglichkeiten unterschiedlicher Materialien mittels spektroskopischer Verfahren und zur Unterstützung

der Auswertung der Fernerkundungsdaten wurden spektroskopische Vergleichsmessungen relevanter Substanzen am Boden mit einem tragbaren PIMA II Infrarotspektrometer (Tab. 2) durchgeführt [7]. Das Gerät besitzt eine interne Lichtquelle, ist somit von der Sonneneinstrahlung unabhängig und ermöglicht die Messung von Spektren in Laborqualität im Gelände. Aufgrund des erfaßten Wellenlängenbereichs von 1300 – 2500 nm ist dieses Spektrometer vor allem zur Identifikation von Mineralien geeignet.

Wellenlängenbereich	1300 – 2500 nm
Spektrale Kanäle	600
Spektrale Auflösung	7 nm

Tab. 2: Technische Daten des PIMA IR-Spektrometers.

8. Ergebnisse

Mittels der spektroskopischen Messungen am Boden konnten alle relevanten lithologischen Einheiten anhand ihrer spezifischen mineralogischen Bestandteile identifiziert werden. Bei silikatischen Gesteinen ist eine Unterscheidung über die unterschiedlichen Schichtsilikate – im gegenständlichen Fall (Na)-Muskovit bzw. Phengit – über die Absorptionsmerkmale bei 2200 bzw. 2220 nm möglich (Abb. 3). Karbonatische Gesteine können über die unterschiedlichen Gehalte von Ca, Fe und Mg, sowie über die akzessorischen Schichtsilikate (Phengit) differenziert werden (Abb. 4). Bei Ankerit verursacht der Mg-Gehalt eine Verschiebung des Karbonat-Absorptionsmerkmals von 2340 auf 2320 nm. Der Fe-Gehalt in Ankerit und Siderit äußert sich in einer breiten Absorption zwischen 750 und 1550 nm. Akzessorische Schichtsilikate sind an einer schwachen Absorption an der relevanten Wellenlängenposition (2220 nm) erkennbar.

Die aus den Bodenmessungen erhaltenen Spektren sind mit den aus den Fernerkundungsdaten abgeleiteten Spektren gut vergleichbar. Die für die Mineralidentifizierung relevanten spektralen Merkmale können trotz der naturgemäß schlechteren spektralen Auflösung in den Fernerkundungs-Spektren eindeutig identifiziert werden.

9. Ausblick

Die vorliegenden Ergebnisse bilden die Grundlage für die weitere thematische Auswertung der hyperspektralen Fernerkundungsdaten. Konkret soll die flächige Verteilung der unterschiedlichen

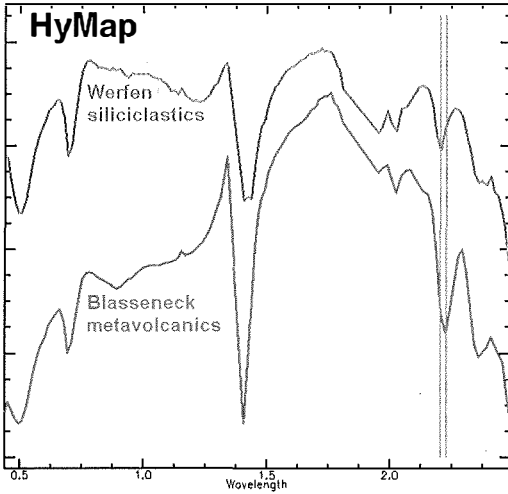


Abb. 3: Vergleich von HyMap und PIMA Spektren siliziklastischer und metavulkanischer Gesteine.

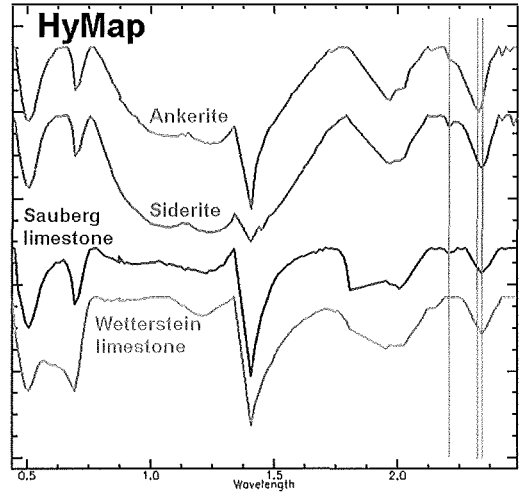
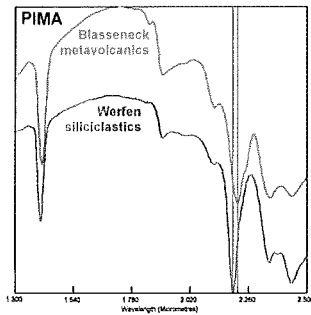
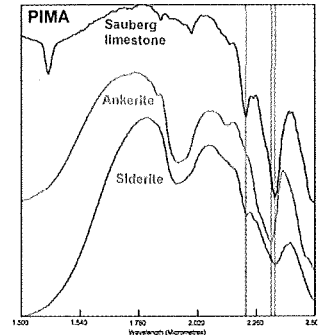


Abb. 4: Vergleich von HyMap und PIMA Spektren karbonatischer Gesteine.



Gesteine im Untersuchungsgebiet ermittelt werden. Weiters ist vorgesehen, die Hyperspektral-daten im Hinblick auf eine Charakterisierung des Vegetationszustandes auszuwerten.

Literatur

- [1] Las Aguas y Los Suelos tras el Accidente de Aznalcollar. – Boletín geológico y minero, IGME, 2001
- [2] Europäische Kommission, GD Umwelt, (2000): Report of the International Task Force for Assessing the Baia Mare Accident.
- [3] Clark R.N. (1999): Spectroscopy of Rocks and Minerals, and Principles of Spectroscopy. – In: Rencz, A.N. (ed.): Remote Sensing for the Earth Sciences, 3–58.
- [4] Smith R.B. (2001): Introduction to Hyperspectral Imaging. – Microwimages, Inc.
- [5] Cocks T., Jenssen R., Stewart A., Wilson I., & Shields T. (1998): The HyMap(tm) Airborne Hyperspectral Sensor: The System, Calibration and Performance. – In: Schaepman, M. et. al. (ed.): 1st EARSeL Workshop on Imaging Spectroscopy, 37–42.
- [6] Sanak-Oberndorfer A., Pirkl H., Schaffer R., & Maierhofer J. (1999): Standortgerechte und ökonomische Rekultivierung – ein innovativer Forschungsansatz. – Berg- und Hüttenmännische Monatshefte 144, 126–132.
- [7] Pontual S., & Cocks T.C. (1994): The PIMA II: A new technique for field-based alteration mapping. – AUSIMM 94 Conference.
- [8] Gao B.-C., Heidebrecht K.B., & Goetz A.F.H. (1999): Atmosphere Removal Program (ATREM), Version 3.1, User's Guide. – University of Colorado, Boulder.
- [9] Schläpfer D., Schaepman M., & Itten K.J. (1998): PARGE: Parametric Geocoding Based on GPS-Calibrated Auxiliary Data. – In: Descour, M.R. & Shen, S.S. (ed.): Imaging Spectrometry IV, SPIE, Vol. 3438, 334–344.

Anschrift der Autoren

Dr. Reinhard Belocky, Mag. Klemens Grösel: FA Geophysik, Geologische Bundesanstalt, Rasumofskygasse 23, A-1031 Wien.
E-mail: rbelocky@cc.geolba.ac.at, kgroesel@cc.geolba.ac.at