



## Beobachtung von Stadtentwicklung mit Fernerkundung – Applikationen und Innovationen

Klaus Steinnocher <sup>1</sup>, Thomas Bauer <sup>2</sup>, Mario Köstl <sup>3</sup>, Florian Kressler <sup>4</sup>

<sup>1</sup> *Austrian Research Centers, Bereich Systemforschung, 2444 Seibersdorf*

<sup>2</sup> *Austrian Research Centers, Bereich Systemforschung, 2444 Seibersdorf*

<sup>3</sup> *Austrian Research Centers, Bereich Systemforschung, 2444 Seibersdorf*

<sup>4</sup> *Austrian Research Centers, Bereich Systemforschung, 2444 Seibersdorf*

VGI – Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation **89** (3–4), S. 145–149

2001

Bib<sub>T</sub>E<sub>X</sub>:

```
@ARTICLE{Steinnocher_VGI_200115,  
Title = {Beobachtung von Stadtentwicklung mit Fernerkundung -- Applikationen  
und Innovationen},  
Author = {Steinnocher, Klaus and Bauer, Thomas and K{"o}stl, Mario and  
Kressler, Florian},  
Journal = {VGI -- {"O}sterreichische Zeitschrift f{"u}r Vermessung und  
Geoinformation},  
Pages = {145--149},  
Number = {3--4},  
Year = {2001},  
Volume = {89}  
}
```





## Beobachtung von Stadtentwicklung mit Fernerkundung – Applikationen und Innovationen

*Klaus Steinnocher, Thomas Bauer, Mario Köstl und Florian Kressler, Seibersdorf*

### Zusammenfassung

Städtische Metropolen und deren Umland gehören zu den dynamischsten Regionen in Europa. Die Verwaltung dieser Räume, im Hinblick auf Suburbanisierung und den damit verbundenen Umweltbelastungen, bedarf effektiver Methoden sowohl zur Stadt- und Raumplanung als auch zur Überwachung der Umwelt. Zur Beobachtung der Siedlungsentwicklung kann die Fernerkundung einen substantiellen Beitrag leisten. Der vorliegende Artikel beschreibt zwei exemplarische Arbeiten, die den Einsatz der Fernerkundung für regionales und lokales Monitoring im urbanen und suburbanen Bereich aufzeigen.

### Abstract

Urban and suburban regions are the most dynamic areas in Europe. There is an increasing need on efficient tools for administrating and monitoring these regions. Remote sensing can contribute substantially to the process of monitoring the urban development. The presented paper describes two applications, where remote sensing is used for regional and local monitoring of urban and suburban regions.

### 1. Einleitung

Bereits 80 % der Bevölkerung der Europäischen Union lebt in Stadtregionen. Die fortschreitende Suburbanisierung dieser Räume resultiert in Umweltbelastungen, hervorgerufen durch den zunehmenden Flächendruck und die steigende Verkehrsbelastung. Um diesen Problemen zu begegnen bedarf es effektiver Methoden zur Stadt- und Raumplanung und zur Überwachung der Umwelt.

Während des letzten Jahrzehnts haben sich Geographische Informationssysteme (GIS) zu einem wichtigen Werkzeug entwickelt, um die umfangreichen raumbezogenen Informationen, die zur Verwaltung von Siedlungsräumen notwendig sind, effizient verarbeiten zu können. Ein Großteil des Informationsbestandes dieser Systeme beschränkt sich jedoch auf statistische Raumeinheiten wie Bezirke, Gemeinden oder Zählsprengel. Die geographische Ausprägung innerhalb der statistischen Einheiten wird in der Regel nicht erfaßt. Insbesondere gibt es, von wenigen Ausnahmen wie der Realnutzungskartierung der Stadt Wien abgesehen, keine raumbezogenen Informationen über die Siedlungsentwicklung in Österreich.

Auf europäischer Ebene wurde auf dieses Manko unter anderem im Rahmen des Projektes MURBANDY (Monitoring Urban Dynamics) reagiert. Dabei wurden die Ausdehnung und Nutzungen von über 25 Stadtregionen bzw. Sied-

lungsräumen verteilt über ganz Europa auf der Basis von Luft- und Satellitenbildern erfaßt, und deren Entwicklung von den 50er Jahren bis heute dokumentiert. Zu den Untersuchungsgebieten dieses europaweiten Projektes gehört auch der Großraum Wien [1].

Das Ziel von MURBANDY war die Erfassung von Siedlungsentwicklung in vergleichbarer Form auf europäischer Ebene. Die visuelle Interpretation von Luftbildern und hochauflösenden Satellitenbildern beschränkte sich dabei auf das engere Umland der Kernstädte. Eine räumliche Ausdehnung der Untersuchungsgebiete auf eine regionale Größe, die für weiterführende Analysen von Interesse wäre, konnte jedoch nicht mit einem akzeptablem Aufwand durchgeführt werden. Daraus ergab sich die Frage nach alternativen Vorgangsweisen, die das Problem der zeit- und kostenaufwendigen visuellen Auswertung lösen.

### 2. Regionale Siedlungsentwicklung

In Bezug auf die potentiellen Datenquellen hatte sich bereits in MURBANDY die Qualität hochauflösender panchromatischer Satellitenbilder bestätigt, wie sie vom System IRS-1C/D geliefert werden. Eine Szene dieses Systems deckt ca. 70x70 km mit einer räumlichen Auflösung von 5,8 m ab und erfüllt damit die Ansprüche der Regionalplanung [2]. Die Datenverfügbarkeit beschränkt sich aber nicht auf die letzten Jahre sondern reicht bis in die 60er Jahre des 20. Jahr-

hunderts zurück. Bereits damals wurden Satellitenaufnahmen durchgeführt, wenn auch zum Zwecke der Spionage. Solche Aufnahmen, wie z.B. die des Satellitensystems CORONA, wurden mittlerweile von der amerikanischen Regierung freigegeben und können über das Internet bezogen werden. Im Gegensatz zu den heutigen Bilddaten handelt es sich dabei um analoge Aufnahmen, die in Form von Filmstreifen vorliegen. Ein einzelner Streifen deckt ein Gebiet von ca. 14 x 188 km ab, und bietet eine maximale Auflösung von ca. 2m. Zur Abdeckung größerer Gebiete müssen mehrere parallel laufende Streifen gescannt, geometrisch entzerrt und zu einem Bild mosaikiert werden. Die Qualität dieser digitalen Datengrundlage reicht an die gegenwärtigen Anforderungen durchaus heran. Mit Hilfe solcher Daten ist es möglich, die Landnutzung der späten 60er Jahre zu erfassen und somit eine Referenzkartierung für eine Zeitreihe über die letzten 30 Jahre zu erstellen.

Bei regionalen Anwendungen, die wie im vorliegenden Fall auf Bilddaten mit einer Auflösung um 5 m basieren, können die einzelnen Objekte der Siedlung (Häuser, Straßen, Gärten, etc.) zumeist nicht direkt erkannt werden. Siedlungsflächen zeichnen sich dort lediglich durch eine hohe Texturierung aus. Verfahren der Mustererkennung, die auf der Analyse lokaler Texturparameter basieren, ermöglichen daher die automatische Erfassung von Siedlungsflächen in solchen Bilddaten [3]. Als Ergebnis erhält man ein binäres Bild, das die Siedlungsgebiete deutlich von den übrigen Bildstrukturen abgrenzt. Eine automatische Trennung verschiedener Nutzungseinheiten innerhalb der Siedlungsflächen ist auf Basis panchromatischer Daten nicht möglich. Daher müssen die folgenden Nutzungen mittels visueller Interpretation ausgewiesen werden: Wohn- und Wohnmischgebiete, Gewerbe- und Industrieflächen, Verkehrsflächen und städtische Grünflächen.

Für das weitere Umland von Wien, von St. Pölten bis Bratislava und vom mittleren Weinviertel bis Wiener Neustadt, wurden die Siedlungsflächen für die Jahre 1968 und 1999 ermittelt. Für den ersten Zeitpunkt standen die Aufnahmen von CORONA, für den zweiten Zeitpunkt Aufnahmen des IRS-1C zur Verfügung. Die Auswertung erfolgte nach dem oben beschriebenen Verfahren. Als Ergebnis liegen zwei Vektorlayer vor, die die Siedlungsgrenzen und die Nutzungen innerhalb der Siedlungsflächen für die beiden Zeitpunkte repräsentieren. Abb. 1 zeigt den Siedlungslayer für das Jahr 1999, verschritten mit einem Strassenlayer und ausgewählten Klassen

des Landnutzungsmodells von Österreich (Wald, Wasserflächen) [4].

### 3. Lokale Siedlungsstrukturen

Zur Erfassung von Strukturen innerhalb der Siedlungsflächen bedarf es Bilddaten, die eine deutlich bessere Auflösung als 5m aufweisen. Seit dem Start von IKONOS im September 1999 werden solche Auflösungen auch von Satelliten erreicht. Aufgrund des hohen Detailreichtums dieser Bilder ist es jedoch notwendig, neue Auswerteverfahren einzusetzen, die sich auf Form, Lage und räumlichen Kontext der einzelnen Objekte stützen. In diesem Zusammenhang sei auf die Unterscheidung zwischen der Bodenbedeckung (*land cover*) und der Landnutzung (*land use*) hingewiesen. Fernerkundungssensoren liefern lediglich Informationen über die spektralen Eigenschaften von Bodenbedeckungen, die durch Klassifikationsverfahren als Objekte ausgewiesen werden. Landnutzung hingegen kann aus einer Vielzahl von Bodenbedeckungen zusammengesetzt sein. So besteht zum Beispiel die Nutzungsart *Wohngebiet* aus einem Konglomerat von verschiedenen Objekten wie Wiese, Asphalt, Ziegeldach, etc.

Im Gegensatz zu traditionellen pixelbezogenen Verfahren basieren objektorientierte Verfahren auf der Untersuchung solcher Bildobjekte. Eine Strukturanalyse liefert dabei Informationen über die Gestalt der Objekte (Fläche, Umfang) und die Nachbarschaftsbeziehungen innerhalb bestimmter Landnutzungseinheiten. Basierend auf den Erfahrungen aus der Strukturanalyse werden die charakteristischen Eigenschaften der verschiedenen Landnutzungstypen zur Erstellung eines Regelwerkes herangezogen.

Für die präsentierte Fallstudie liegt eine IKONOS Aufnahme vor, die einen Teil des 21. Wiener Gemeindebezirkes abdeckt. Zusätzlich steht die Realnutzungskartierung der Stadt Wien, die mittels Luftbildinterpretation erstellt wurde, als Referenz zur Verfügung. IKONOS liefert neben dem panchromatischen Kanal mit einer Auflösung von 1m vier multispektrale Kanäle mit einer Auflösung von 4m. Um sowohl die hohe räumliche Auflösung als auch die multispektrale Information nützen zu können, wird der weiteren Verarbeitung eine *image fusion* vorangestellt. Dabei werden die multispektralen Kanäle mit der geringeren räumlichen Auflösung mit Hilfe des hochauflösenden panchromatischen Kanals geschärft [5]. Das Ergebnis ist ein multispektrales Bild, das die hohe räumliche Auflösung des panchromatischen Kanals aufweist (Abb. 2a).

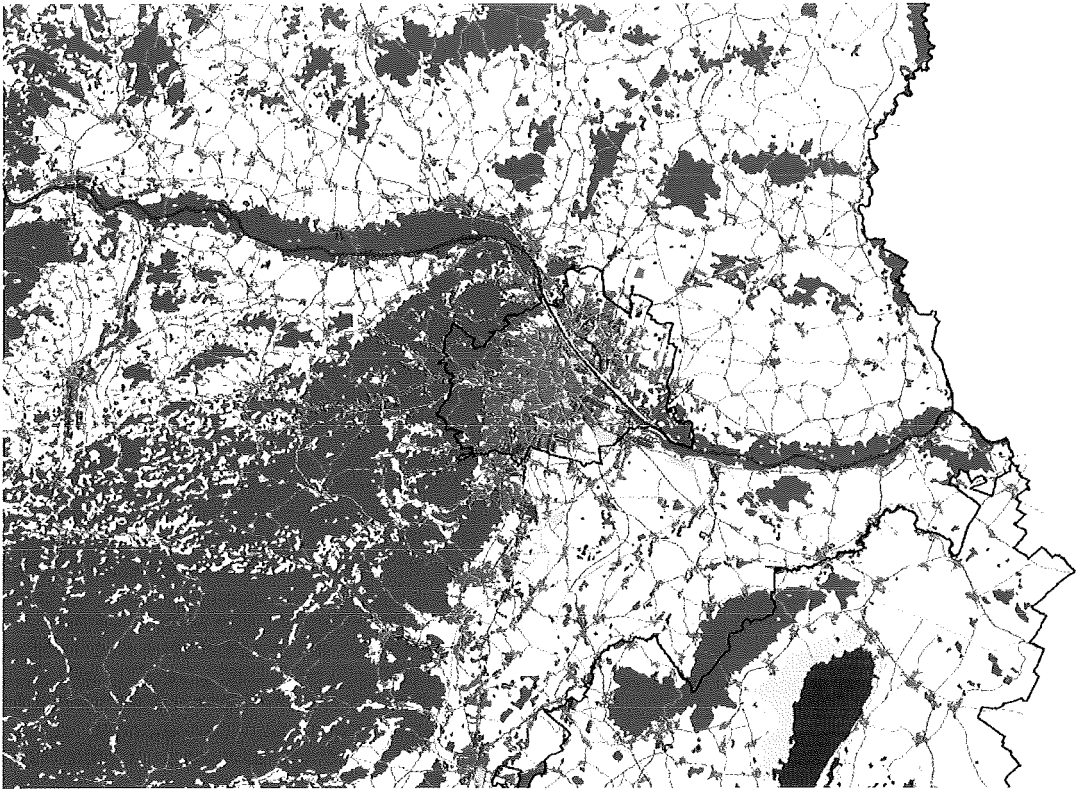
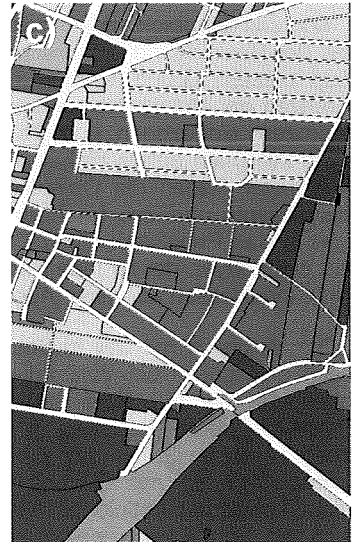


Abb. 1: Siedlungslayer GroBraum Wien



 Wasser	 Verbaut	 Wohnen	 Park
 Bäume	 Asphalt	 Wohnen mit Garten	 Acker
 Gras	 Harcourt	 Industrie/Gewerbe	 Verkehrsfläche
 Acker	 Schotter	 Bundesbahn	 Baulücken
		 Sportplatz	 Wasserfläche
		 Kleingarten	

Abb. 2: Objektorientierte Klassifikation: a) fusionierte IKONOS Szene, b) Klassifikation der Bodenbedeckung, c) Landnutzungsklassifikation

Das eigentliche Auswerteverfahren arbeitet in zwei Stufen. Im ersten Schritt erfolgt die Segmentierung des fusionierten Bildes und die Klassifikation der Bildsegmente aufgrund ihrer spektralen Charakteristik. Als Ergebnis liegt ein thematisches Bild vor, das die einzelnen Objekte der Bodenbedeckung repräsentiert (Abb. 2b). Das Strassennetz wird aus der Realnutzungskartierung übernommen, da eine Extraktion aus den Bilddaten auf Basis der spektralen Charakteristika zu unscharfen Resultaten führt. Im zweiten Verarbeitungsschritt werden die einzelnen Objekte aufgrund ihrer Gestalt und ihrer Nachbarschaftsbeziehungen zu Landnutzungseinheiten aggregiert. So führt zum Beispiel die räumliche Nachbarschaft von Haus-, Wiesen- und Asphaltobjekten zur Nutzungsklasse *Wohnen mit Garten*.

Die Erstellung des Regelwerkes, das den Übergang zwischen Objekten und Landnutzungseinheiten steuert, basiert auf einer detaillierten Analyse der Strukturen im segmentierten Bild. Als Referenz wird die Nomenklatur der Realnutzung herangezogen, die 42 Klassen ausweist [6]. Diese muss zunächst vereinfacht werden, da ein beträchtlicher Teil der zu analysierenden Nutzungsklassen einen funktionalen Charakter hat, und daher nicht aus Luft- oder Satellitenbildern abgeleitet werden kann (z.B. Schulen, Krankenhäuser, etc.).

Das Ziel der objektorientierten Klassifikation ist ein der Realnutzung entsprechender Datensatz. Aus diesem Grund werden die bestehenden Grenzen der Nutzungseinheiten in den Auswerteprozess einbezogen, und die Struktur der Objekte innerhalb dieser Einheiten klassifiziert. Als Parameter fließen die Objektklasse, die Größe der Objekte und ihre Nachbarschaftsbeziehungen in das Regelwerk ein [7]. Das Ergebnis ist ein Vektorlayer, der für jede Parzelle eine von 11 Nutzungsklassen ausweist (Abb. 2c).

Ein Vergleich mit der Realnutzungskartierung zeigt eine gute Übereinstimmung in den Bereichen, die klar trennbare Strukturen aufweisen. Probleme treten einerseits in Übergangsbereichen zwischen Strukturen auf (z.B. *Kleingarten versus Wohnen mit Garten*), andererseits bei nicht konsistent definierten Klassen. Hier zeigt sich ein Vorteil der regelbasierten Auswertung gegenüber der visuellen Interpretation. Während bei dieser der subjektive Eindruck des Interpreten einen nicht zu unterschätzenden Einfluss hat, ordnet die automatische Klassifikation idente Strukturen immer derselben Nutzungsklasse zu und ist dadurch jederzeit reproduzierbar.

#### 4. Conclusio

Zur Beobachtung und Erfassung der Siedlungsentwicklung kann die Fernerkundung einen substantiellen Beitrag leisten. Auf der regionalen Ebene bietet sie den Vorteil der einheitlichen Abdeckung großer Gebiete, die mittels standardisierter Verfahren ausgewertet werden können. Die Erfassung von Siedlungsgrenzen und deren Veränderung über die Zeit kann damit weitgehend automatisiert erfolgen. Neben einer quantitativen Ausweisung der Siedlungsfläche und ihrer Veränderung bilden die aus solchen Auswertungen resultierenden Informationslayer eine wertvolle Grundlage zur Verfeinerung der statistischen Daten aus dem Zensus [8].

Die Aufnahmen des IKONOS Satelliten, der im Herbst 1999 gestartet wurde, erlaubt nun auch detaillierte Auswertungen von Stadtgebieten. Mit einer Auflösung von 4m im multispektralen und 1m im panchromatischen Bereich können einzelne Objekte wie Gebäude oder Straßen und deren räumliche Struktur erfasst werden. Allerdings erfordert die automatische Auswertung solcher Strukturen neue Methoden. Die im vorliegenden Beitrag beschriebene objektorientierte Klassifikation erfüllt die Anforderungen zufriedenstellend, allerdings sind noch weitere Forschungsarbeiten notwendig, um die visuelle Bildinterpretation zu formalisieren und den Auswerteprozess auf diese Weise zu automatisieren.

#### Referenzen

- [1] *Steinnocher K., Ries C., Köstl M., Ehrlich D. and Lavalle C. (1999):* Monitoring Urban Dynamics by Earth Observation - the Vienna Case Study. In (J. Strobl, T. Blaschke Hrsg.): *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XI*, Wichmann Verlag, Heidelberg, 1999, pp. 502-509.
- [2] *Meinl G., Lippold R. und Walz U. (1998):* Informationsgehalt neuester hochauflösender Satellitenbilddaten (IRS-1C) und ihre Anwendung in der Raumplanung. In (J. Strobl, T. Blaschke Hrsg.): *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung*, Wichmann Verlag, Heidelberg, 1998, pp. 223-230.
- [3] *Steinnocher K. (1997):* Texturanalyse zur Detektion von Siedlungsgebieten in hochauflösenden panchromatischen Satellitenbilddaten. In: *AGIT IX*, 2.-4. Juli 1997, Salzburger Geographische Materialien, Heft 26, pp. 143-152.
- [4] *Steinnocher K. (1996):* Ein flächendeckendes Landnutzungsmodell von Österreich aus Fernerkundungsdaten. *Österr. Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation*, Vol.84, Heft 1/96, S. 44-47.
- [5] *Steinnocher K. (1999):* Adaptive fusion of multisource raster data applying filter techniques. *Int'l Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. 32, Part 7-4-3W6, pp. 108-115.
- [6] *Bauer T. und Steinnocher K. (1999):* Analyse urbaner Strukturen in hochauflösenden Fernerkundungsdaten. In (J. Strobl, T. Blaschke Hrsg.): *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XI*, Wichmann Verlag, Heidelberg, 1999, pp. 11-22.
- [7] *Bauer T. and Steinnocher K. (2001):* Per-parcel land use classification in urban areas applying a rule-based technique. *GeoBIT/GIS*, 6(2001), pp. 24-27.

[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 nachhalti-

gen 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,