



## Vermessung von Massenrohstoff-Abbauen mittels hochauflösender Fernerkundungsdaten

Sebastian Pfeleiderer <sup>1</sup>, Gerhard Letouzé-Zezula <sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Geologische Bundesanstalt, Rasumofskygasse 23, A-1031 Wien*

<sup>2</sup> *Geologische Bundesanstalt, Rasumofskygasse 23, A-1031 Wien*

VGI – Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation **89** (2), S. 110–116

2001

BibT<sub>E</sub>X:

```
@ARTICLE{Pfeleiderer_VGI_200110,  
  Title = {Vermessung von Massenrohstoff-Abbauen mittels hochaufl{"o}sender  
    Fernerkundungsdaten},  
  Author = {Pfeleiderer, Sebastian and Letouz{'e}-Zezula, Gerhard},  
  Journal = {VGI -- {"0}sterreichische Zeitschrift f{"u}r Vermessung und  
    Geoinformation},  
  Pages = {110--116},  
  Number = {2},  
  Year = {2001},  
  Volume = {89}  
}
```



- **Wintersportgelände:** Lage und Verlauf von Schipisten nach unterschiedlichen Quellen, differenziert nach der Umgebung; auf Gletschern/in der Hochregion/der Almzone/im Wald- u. Grünlandbereich.

## 6. LINEARE STRUKTUREN

- **Straßenzüge:** „Hauptverbindungen“ und „Nebenverbindungen“ in Anlehnung am Straßenaufdruck der ÖK 50. Amtliche Einteilung (z.B.: Bundes- u. Landesstraßen) nicht zielführend. Autobahnen und Schnellstraßen als Polygone dargestellt, bei „Verkehrsflächen“. Tunnelstrecken gesondert erfaßt und ausgewiesen.
- **Eisenbahnlinien:** Strecken-Differenzierung nach Beförderungskategorien aufgrund rezenter Informationen der ÖBB. Tunnelstrecken gesondert ausgewiesen.
- **Fließgewässer:** Drei Kategorien nach der durchschnittlichen Durchflussmenge, benannt als: Hauptfluss und wasserreicher Nebenfluss/Oberlauf, Neben- u. Zufluss von Hauptflüssen/Bach. Breite Fließgewässer als Polygone ausgewiesen; Traun und Enns z.B. auf dem Blatt „Linz“ (Kartenbeilage).

### Literatur

- [1] *Seger, M.* (1999): Landinformationssystem Österreich – ein neuer Datensatz für regionale Raumordnungsfragen. In: CORP 99 Computergestützte Raumplanung. Symposiumsbericht TU Wien, S. 423–426.
- [2] *Seger, M.* (2000): Rauminformationssystem Österreich - digitaler thematischer Datensatz des Staatsgebietes fertiggestellt. In: Strobl/Blaschke/Griesebner (Hrsg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XII. Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg. Wichmann Verlag, Heidelberg. S. 465–468.
- [3] *Bobek, H. u. G. Mras* (1979): Ökologische Gesamtwertung. Atlas der Republik Österreich, 6. Lief. Verlag Freytag-Berndt, Wien.
- [4] *Bobek, H. u. E. Lichtenberger* (1960): Wien. Verbauungstypen 1:50.000. Atlas der Republik Österreich VI/10. Freytag-Berndt u. Artaria, Wien.
- [5] *Forman R. u. M. Godron* (1986): Landscape Ecology. J. Wiley & Sons Verl. New York, 619 S.
- [6] *Lenz R., Riedel B. u. U. Voerkelius* (1990): Landschaftsanalyse mittels Ökosystemtypen und -potentialen und ihre Bedeutung für die Planung. In: Landschaft + Stadt, 22, 3, S. 84–87.
- [7] *Zonneveld I.S.* (1979): Land Evaluation and Land(scape) Science. Enschede, Holland, International Training Center (ITC).
- [8] *Seger, M. u. P. Mandl* (1994): Satellitenbildinterpretation und ökologische Landschaftsforschung. Ein konzeptiver Ansatz und die Fallstudie Peloponnes. In: Erdkunde 48/2, S. 34–47.
- [9] *Seger, M.* (1987): Die Landschaftselemente der Nationalparkregion Hohe Tauern. Eine landschaftsökologische Raumgliederung nach Farbinfrarot-Orthofotokarten im M 1:10.000. Erläuterungen zum Kartenwerk „Landschaftselemente“. In: ÖBIG (Hrsg.): Nationalpark Hohe Tauern-Infrarot-Orthofotokarte und Bildanalyse für die Landschaftsplanung, 18 S., Verlag Frick-Man, Wien.
- [10] *Messerli, P.* (1986): Modelle und Methoden zur Analyse der Mensch-Umwelt-Beziehungen im alpinen Lebens- und Erholungsraum: Erkenntnisse und Folgerungen aus dem Schweiz. MAB-Programm 1979-1985 (= Nat. Forschungsprogramm d. Schweiz. Nationalfonds, Nr. 25).
- [11] *Schaller J.* (1985): Anwendung Geographischer Informationssysteme an Beispielen landschaftsökologischer Forschung und Lehre. In: Verhandlungen d. Ges.f. Ökologie (Bremen 1983), S. 443–464.

### Anschrift des Autors:

Univ.Prof. Dr. Martin Seger: Institut für Geographie und Regionalforschung, Universität Klagenfurt, Universitätsstraße 65-67, A-9020 Klagenfurt. email: martin.seger@uni-klu.ac.at



## Vermessung von Massenrohstoff-Abbauen mittels hochauflösender Fernerkundungsdaten

*Sebastian Pfeleiderer und Gerhard Letouzé-Zezula, Wien*

### Zusammenfassung

Die Vermessung von Abbaustätten mit Hilfe von hochauflösenden Fernerkundungsdaten wird am Beispiel einer Kiesgrube im Wiener Becken demonstriert. Über drei Jahre hinweg werden die Abbaufortschritte in Fläche und Volumen bestimmt. Geocodierte Luftbilder und IKONOS-Satellitendaten dienen als Grundlage zur Planimetrierung im geographischen Informationssystem (GIS). Zusammen mit Abbautiefen, die einerseits aus Vermessungsplänen entnommen, andererseits aus Schattenlängen berechnet sind, werden Abbauvolumen ermittelt. Der Vergleich mit Firmenangaben zeigt gute Übereinstimmung zwischen tatsächlichen und mittels Fernerkundung abgeleiteten Daten. Die Abweichungen betragen =1% für längere Zeitintervalle und 6% für kurze Zeitabschnitte.

### Abstract

Air photos and satellite data with high ground resolution have been used to determine area and volume of a gravel pit over the last three years. The images are imported into a geographic information system (GIS) to measure the surface area. Information about depth comes from geodetic surveys as well as from calculations using the length of shadows of the pit walls. Comparison with data provided by the gravel pit owner shows good agreement between real and modelled volumes. Deviations amount to =1% for long time periods and 6% for short intervals.

## 1. Einleitung

Bei der Mineralrohstoff-Vorsorge spielt die Erhebung aktueller Abbaumengen eine wichtige Rolle für die Einschätzung der Produktion, des Bedarfes und der Reserven auf regionaler Ebene. Die große Anzahl der Abbaustätten oberflächennaher Mineralrohstoffe in Österreich erfordert einen Zeitraum von mehreren Jahren für einen konsequenten Erfassungsdurchgang dieser Daten. Die Aktualisierung der Informationen durch periodische Betriebsbefragungen verursacht unverhältnismäßig hohe Kosten. Im Rahmen eines Pilotprojektes [1] wurde von der Geologischen Bundesanstalt überprüft, inwieweit mittels der Auswertung von Satellitendaten der im Gelände zu leistende Teil der Erhebungsarbeiten bzw. der Betriebsbefragungen minimierbar ist. Ziel der hier vorgestellten Teilstudie dieses Projekts war, die Genauigkeit der Vermessung von Abbaustätten mit Hilfe von Fernerkundungsdaten zu bestimmen.

Schon 1981 benutzten Schmidt & Witt [2] Landsat-MSS-Aufnahmen zur Lokalisierung und Kartierung von Kiesgruben. Durch verschiedene Arten der Klassifizierung unterschieden sie Kiesgruben, Gras-, Wald-, Siedlungs- und Wasserflächen mit einer Erfolgsrate von 80%. Turnipseed & Miller [3] vom Mississippi Mineral Resources Institute benutzten Landsat-MSS-Daten zur Erkennung der zeitlichen Entwicklung von aktiven Kiesabbauen sowie zur Abschätzung der Flächenausdehnung von Kiesgruben. Das National Remote Sensing Centre in England unternahm eine Studie zur Identifizierung und Charakterisierung von bestehenden Kiesabbauen [4]. Dabei wurden kombinierte SPOT- und Landsat-TM-Bilder zum Erkennen von Lage, Abbaustatus und Flächenausdehnung verwendet.

Seit der Verfügbarkeit von geometrisch hochauflösenden Satellitendaten (z.B. IKONOS-Daten mit 1 m Pixelgröße) besteht jedoch die Möglichkeit, weit höhere Genauigkeiten bei der Planimetrierung und Volumetrierung von Abbaugruben

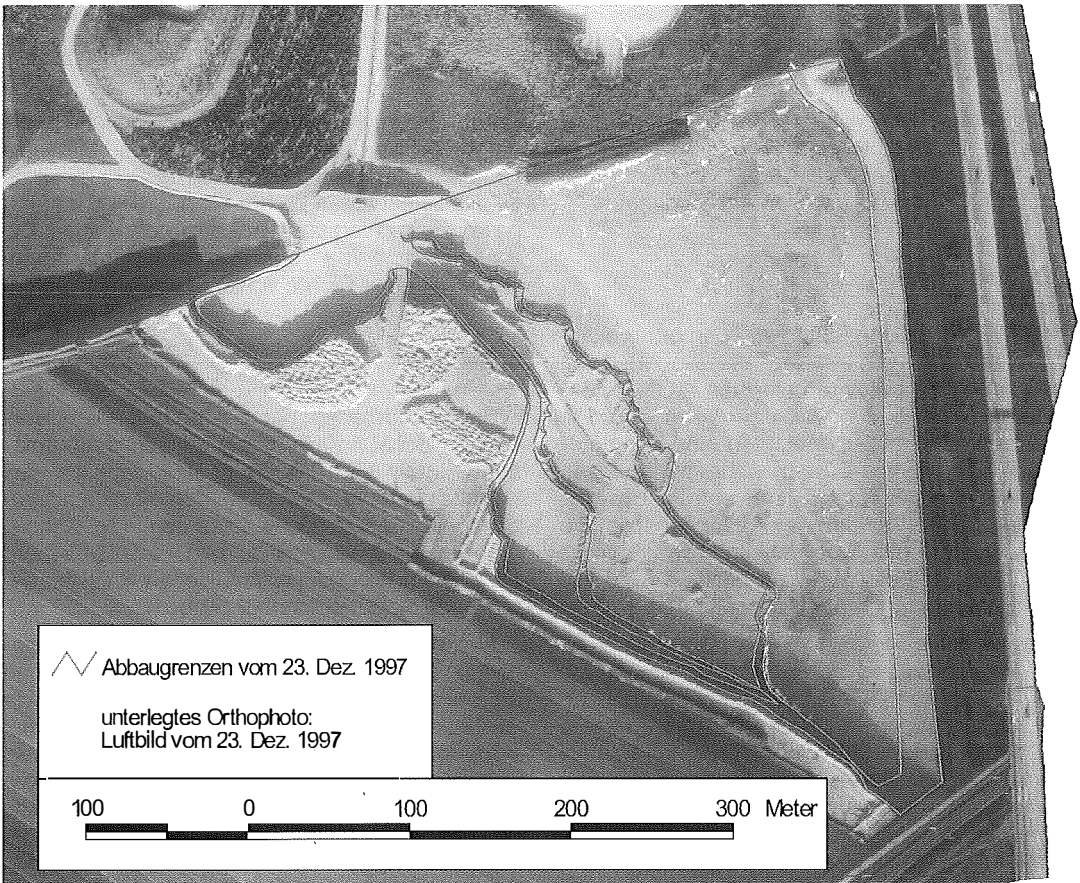


Abb. 1: Abbaugrenzen der Kiesgrube vom 23. Dez. 1997 – nachgezeichnet im GIS mit unterlegtem Luftbild-Orthophoto.

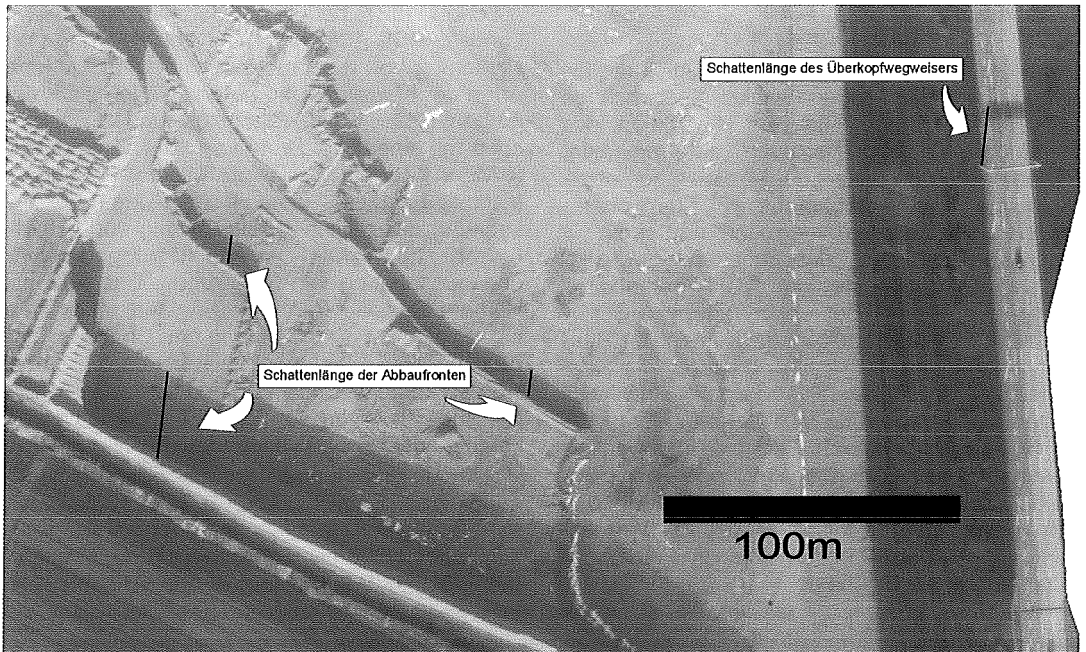


Abb. 2: Ermittlung der Schattenlängen zur Berechnung von Abbautiefen – Kalibrierung anhand eines vertikalen Objektes bekannter Höhe.

zu erreichen. Der vorliegende Artikel demonstriert für das Beispiel einer Kiesgrube im Wiener Becken die Anwendbarkeit der Satellitenfernerkundung zur Feststellung von Abbaumengen.

## 2. Datengrundlage

Als Fernerkundungsdaten standen orthorektifizierte Luftbilder vom 23. Dez. 1997 und 10. Aug. 2000 sowie ein panchromatisches IKONOS-Satellitenbild vom 5. Jan. 2001 zur Verfügung. Die gescannten Luftbilder erreichten eine geometrische Auflösung von 20 cm, während die Pixelgröße der Satellitendaten 1 m betrug. Um den Einfluss der Orthorektifizierung abschätzen zu können, wurde das Satellitenbild sowohl vor als auch nach der Entzerrung zur Flächen- und Volumenbestimmung herangezogen.

Zur Verifizierung lagen Vermessungspläne eines Ingenieurbüros in jährlichen Abständen (1997 – 2000) und Firmenangaben über monatliche Abbaumengen in Tonnen für den Zeitraum Jan. 1997 – Dez. 2000 vor. Um die aus Fernerkundungsdaten abgeleiteten Volumina mit den Gewichtsangaben vergleichen zu können, erfolgte eine Dichtebestimmung, bei welcher Material aus der Abbauwand in ein genau definiertes Volumen ( $7,11 \text{ m}^3$ ) abgefüllt und gewogen wurde. Dabei ergab sich eine Dichte von 1,94

$\text{to/m}^3$ . Naturgemäß ging bei der Entnahme die ursprüngliche Lagerungsdichte des Materials verloren. Um diesen Effekt auszugleichen, wurde zu der berechneten Dichte ein aus der Erfahrung gewonnener Wert von 10% dazugeschlagen. Die Konvertierung von Volumen zu Gewicht erfolgte daher mit einer Dichte von  $2,1 \text{ to/m}^3$ .

## 3. Methodik

Die geocodierten Fernerkundungsdaten wurden zunächst in ein geographisches Informationssystem (GIS) importiert. Dort erfolgte das Nachzeichnen der Grenzen der einzelnen Grubensohlen und Böschungskanten. Die Abbaugrenzen waren sowohl in den Farb-Luftbildern als auch in den panchromatischen Satellitendaten visuell leicht erkennbar (Abb. 1).

Anschließend wurden sämtliche Böschungsober- und -unterkanten im GIS mit Geländehöhen attribuiert und für jeden der drei Datensätze wurde ein Höhenmodell der Grube berechnet (Abb. 2). Die Abbautiefen stammten dabei einerseits aus in den Vermessungsplänen angegebenen, absoluten Seehöhen, andererseits wurde der Fall simuliert, dass keine externen Informationen vorliegen und die Grubentiefen aus den Schattenlängen der Abbaufrenten ermittelt werden müssen. Dies setzt einen geeigneten Son-

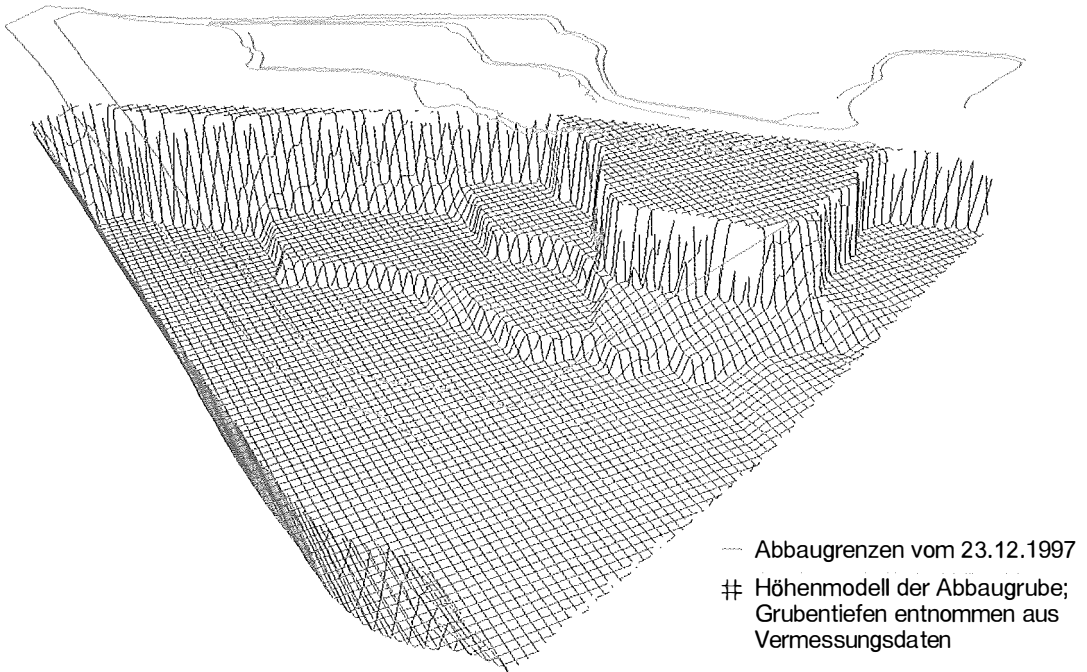


Abb. 3: Höhenmodell der Kiesgrube vom 23. Dez. 1997, berechnet im GIS.

nenstand zum Zeitpunkt der Bildaufnahme voraus. Außerdem muss die Annahme getroffen werden, dass die Abbautiefen im gesamten Bereich einer Sohle konstant sind. Sobald diese zwei Bedingungen erfüllt sind, kann über einfache trigonometrische Beziehungen zwischen Schattenlänge und Einfallswinkel der Sonne die Abbautiefe berechnet werden.

Für das Luftbild vom 23. Dez. 1997 und das Satellitenbild vom 5. Jan. 2001 wurden die Abbautiefen anhand der Schattenlängen ermittelt. Als zusätzliche Kalibrierung diente die eigens vermessene Höhe eines Überkopfwegweisers, der auf der neben der Abbaustätte verlaufenden Autobahn seine Schatten wirft (Abb. 3). Abbildungen 1, 2 und 3 illustrieren die Arbeitsschritte für den Datensatz vom 23. Dez. 1997.

#### 4. Ergebnisse

Tabelle 1 listet die ermittelten Abbaumengen und -fortschritte auf. Diese Ergebnisse entsprechen den Modellierungen mittels vermessener Seehöhen. Die Gegenüberstellung von vermessenen und aus den Schattenlängen berechneten Abbautiefen illustriert Tabelle 2. Die größte Abweichung (9%) ergibt sich bei der Bestimmung der Abbautiefe der höchsten Abbausohle aus dem Satellitenbild. Bei längeren Schatten und

höherer Bildauflösung reduzieren sich die Fehler auf <1%.

Nimmt man die aus den Schattenlängen berechneten Abbautiefen zur Berechnung der Höhenmodelle, so ergeben sich Volumenabweichungen von 0,1% für den 23. Dez. 1997 und 4,5% für den 15. Jan. 2001. Der geringe Fehler für den ersten der beiden Zeitpunkte ist dadurch bedingt, dass die Abbautiefen der verschiedenen Abbausohlen teils über-, teils unterschätzt wurden.

Die Bestimmung des Grubenvolumens mit Hilfe des Satellitenbildes wurde sowohl mit den nur einfach geometrisch korrigierten Rohdaten als auch mit orthorektifizierten Daten durchgeführt. Aufgrund des ebenen Geländes im weiteren Bereich der Abbaustätte fällt der Unterschied erwartungsgemäß sehr gering aus. Die Differenz im Volumen beträgt 4.351 m<sup>3</sup> (oder 0,2%).

#### 5. Verifizierung

Abbildung 4 zeigt die Abbaufortschritte laut Firmenangaben, die zur Verifizierung der Modellierungsergebnisse herangezogen wurden. Der lineare Anstieg der kumulativen Summe der Abbaumengen wird lediglich von kurzzeitigen Winterpausen unterbrochen. Abbildung 5 veran-

	Abbaufäche (m²)	Abbauvolumen gesamt (m³)		Abbauvolumen- Differenz (m³)
23.12.97	101.895	1.233.684		
			zwischen 23.12.97 und 10.8.00	660.255
10.8.00	156.215	1.893.939		
			zwischen 10.8.00 und 15.1.01	131.988
15.1.01	180.273	2.025.927		
			zwischen 23.12.97 und 15.1.01	792.243

Tabelle 1: Ergebnisse der Planimetrierung und Volumetrierung mittels Fernerkundungsdaten.

	Vermessene Grubentiefe [m unter GOK]	Grubentiefe [m unter GOK] berechnet aus Schattenlängen	
		Luftbild vom 23.12.1997	Satellitenbild vom 15.1.2001
höchste Abbausohle	8,6	9,1	9,4
mittlere Abbausohle	11,7	11,6	12,2
tiefste Abbausohle	14,2	14,1	14,2

Tabelle 2: Gegenüberstellung von tatsächlichen und mittels Schattenlängen berechneten Grubentiefen.

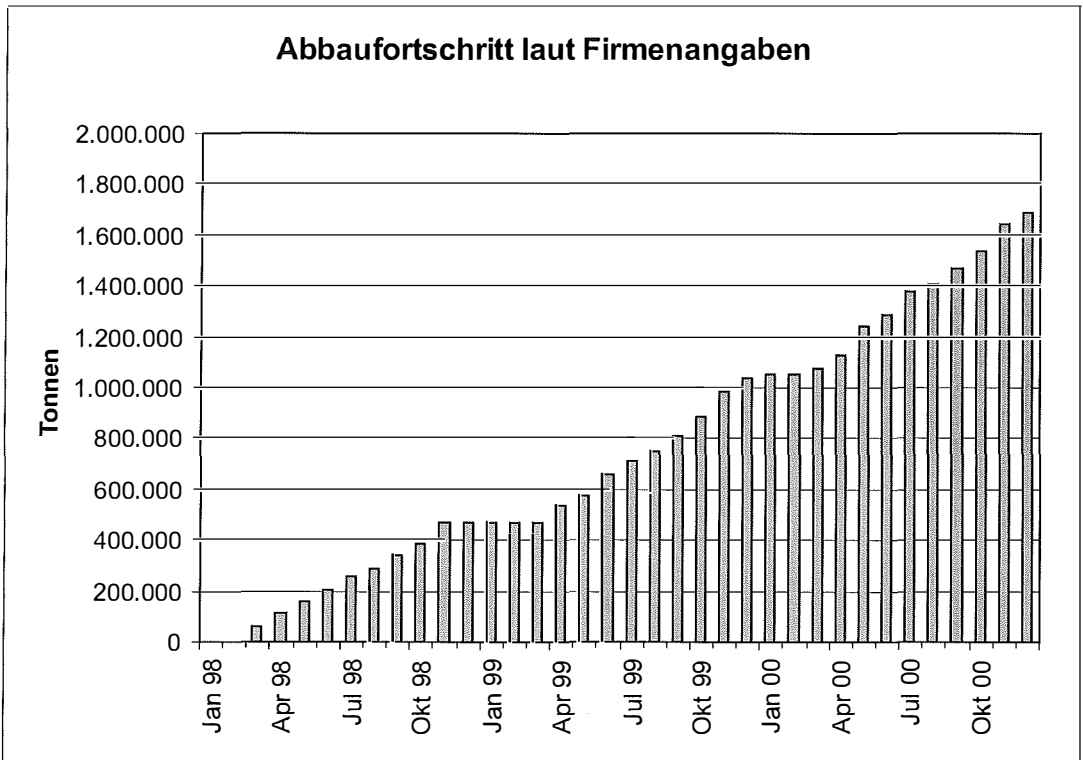


Abb. 4: Kumulative Summe der Abbaumengen laut Firmenangaben in Tonnen.

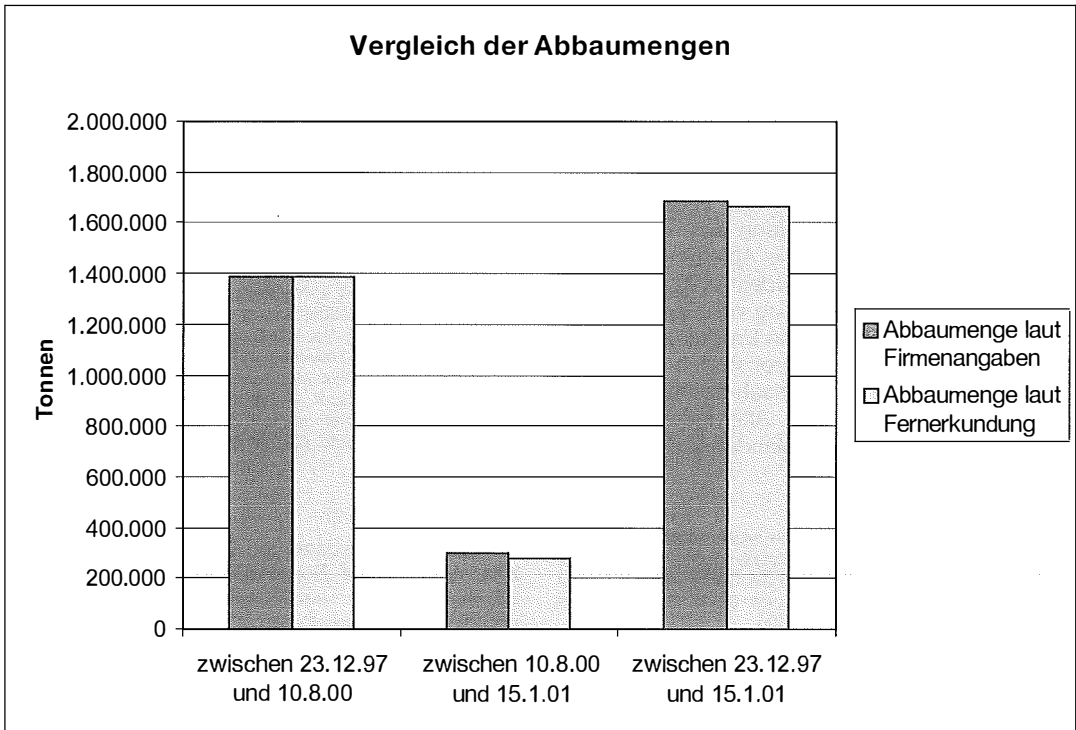


Abb. 5: Vergleich der Firmenangaben mit Ergebnissen der Fernerkundung.

schaulich, dass zwischen den modellierten und den Firmendaten weitgehende Übereinstimmung besteht. Die Unterschiede betragen rund 3.000 Tonnen (oder 0,2%) zwischen 23. Dez. 1997 und 10. Aug. 2000 sowie rund 19.000 Tonnen (oder 6,4%) zwischen 10. Aug. 2000 und 15. Jan. 2001. Für die gesamte Zeitspanne (zwischen 23.12.97 und 15.1.01) ergeben sich 22.000 Tonnen (oder 1,3%) Abweichung.

## 6. Diskussion

Bei der Modellierung der Abbaumengen mit Hilfe der Luft- und Satellitenbilder bestehen zwei mögliche Fehlerquellen, nämlich bei der flächenhaften Abgrenzung der Grube und der Böschungskanten und bei der Oberflächenmodellierung der Sohlen der verschiedenen Abbauetagen mit Hilfe der Seehöhe bzw. anders ermittelte Abbautiefen.

Nimmt man beim Abgrenzen der Grube auf dem Satellitenbild eine Ungenauigkeit von 1 m an, beträgt der Fehler der Abbaufäche im vorgestellten Beispiel maximal 1%. Bei den höher auflösenden Luftbildern liegt die Ungenauigkeit sogar noch darunter.

Eine um 1 m fehlerhaft angenommene Seehöhe der Abbausohle bewirkt einen Fehler des absoluten Grubenvolumens um maximal 7%. Allerdings betragen die Unterschiede zwischen der modellierten Ebene der Grubensohle und dem tatsächlichen Relief im vorgestellten Beispiel nur 10–60 cm. Während der Fehler bei der Abgrenzung der Abbaufäche bei jedem Luftbild neu entstehen kann, bleibt er bei der Oberflächenmodellierung der Grubensohle – ausgenommen im Bereich der Flächenerweiterungen – konstant. Die Differenz der Grubenvolumina zwischen zwei Zeitpunkten ist daher mit einem weit geringeren Fehler behaftet. Wendet man die um 1 m fehlerhaft angenommene Seehöhe der Abbausohle ausschließlich auf die Flächenerweiterung zwischen den drei Zeitpunkten an, so liegt der Fehler für das abgebaute Volumen bei maximal 3%.

Planimetrierung und Volumetrierung zusammenfassend, wird der Fehler der aus der Fernerkundung abgeleiteten Abbaumengen mit maximal 5% eingeschätzt. Dieser Fehler bietet eine ausreichende Erklärung für die in Abbildung 5 angeführten Diskrepanzen zu den tatsächlichen Abbaumengen. Dies demonstriert die Anwendbarkeit der Satellitenfernerkundung zur Feststellung von Abbaumengen.

## 7. Schlussfolgerungen

Mit Hilfe geometrisch hochauflösender Satellitendaten lassen sich hinreichend genaue Abbauvolumen von Massenrohstoffen ermitteln. Die Auswertung (visuelle Abgrenzung, Planimetrierung, Volumetrierung) mit geographischen Informationssystemen erfordert kein Vorwissen auf dem Gebiet der Fernerkundung. Auch bei unbekanntem Grubentiefe ist die Ableitung von Abbaumengen aus Satellitenbildern prinzipiell möglich. Bezüglich des Monitoring von Gewinnungsstätten zur Einschätzung von Produktion, Bedarf und Reserven von Massenrohstoffen auf regionaler Ebene bieten geometrisch hochauflösende Satellitendaten daher eine Alternative zu zeit- und kostenaufwendigen Geländebegehungen.

### Dank

Wir danken B. Wanivenhaus für die wissenschaftliche Unterstützung der Studie und die Bereitstellung des Materials zur Verifizierung. H. Raggam übernahm die Orthorektifizierung der IKONOS-Daten, H. Polly, K. Pazourek & Th. Burtscher entzerrten das Luftbild vom 10. Aug. 2000.



## Vergleich der Auswertemethoden von Naturbestandsaufnahmen

*Johannes Fabiankowitsch und Andreas Jandl, Wien*

### Zusammenfassung

In ein und demselben Testgebiet wird eine topografische Aufnahme mittels konventioneller und codierter Messmethode angewendet. In einem direkten Vergleich können damit Vor- und Nachteile besser quantifiziert werden. Ziel ist es, einen weitgehend kontrollierten und automatischen Datenfluss zu nutzen und besonderes Augenmerk auf Wirtschaftlichkeit und Produktivität zu legen.

### Summary

The today's possibilities of modern surveying instruments and techniques made possible a new way to carry out standard surveying tasks. With this new way the ultimate aim to establish a controlled and automatic digital data flow from the field to the office (from the original observations to the ready drawing) can be realized. Still there is little experience and a comparison of the up to now used method based on manually drawn field sketches with the new one that makes use of specific measuring codes can hardly be found in literature. For a selected test field the differences of both methods are investigated especially focussing on economical aspects and the productivity of the outdoor work. There is shown that the new technique is very practicable and has some advantages compared to the conventional method.

### 1. Einleitung und Zielsetzung

In der praktischen Vermessung stellt sich häufig die Aufgabenstellung von Naturbestandsaufnahmen. Durch einen stetigen technologischen Wandel haben sich sowohl die Vermessungsinstrumente als auch die Vermessungsmethoden

### Literatur

- [1] Pfeleiderer, S., 2001: Pilotstudie zur Einschätzung der Verlässlichkeit von Satellitendaten bei der Auswertung dynamischer Kenndaten von oberflächennahen Mineralrohstoff-Abbauen. – Unveröffentlichter Projektbericht, Auftragsforschung des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft und Kultur, Bibliothek der Geologischen Bundesanstalt – Wissenschaftliches Archiv, 20 Seiten, 6 Abbildungen, 7 Tabellen, 2 Anhänge.
- [2] Schmidt, T.J., & Witt, R.G., 1981: Mapping Sand And Gravel Pits In The Patuxent River Watershed. – Proceedings of the 2nd Eastern Regional Remote Sensing Applications Conference in Danvers, MA (March 9–11, 1981), p. 191–200.
- [3] Turnipseed, D.P. & Miller, W.F., 1982: Discrimination Of Active Gravel Operations Using Landsat Mss Data. – Final Technical Report No. 82–1, The Mississippi Mineral Resources Institute, University of Mississippi, p. 72.
- [4] Harding, A.E., 1988: Monitoring Surface Mineral Workings Using Tm And Spot. – Proceedings of the International Geoscience And Remote Sensing Symposium – Igarss '88 in Edinburgh, Scotland (September 13–16, 1988), p. 1671–1673.

### Anschrift der Autoren

Dr. Sebastian Pfeleiderer und Dr. Gerhard Letouzé-Zezula, Geologische Bundesanstalt, Rasumofskygasse 23, A-1031 Wien; email: spfleiderer@cc.geolba.ac.at und gletouze@cc.geolba.ac.at