**Zeitschrift:** Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

**Herausgeber:** Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

**Band:** 91 (1993)

**Heft:** 11: Ingenieurschule beider Basel ; 30 Jahre Abteilung Vermessungswesen ; Auf dem Weg zur Fachhochschule

**Artikel:** Photogrammetrische Erfassung des Abbaus eines Steinbruchs

**Autor:** Schuler, K.

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-234989

**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:** 17.10.2025

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

# Photogrammetrische Erfassung des Abbaus eines Steinbruchs

*K. Schuler*

Die im folgenden beschriebene Diplomarbeit aus der Fachrichtung «Photogrammetrie» wurde im Jahre 1992 als Gruppenarbeit von Frau Vera Thalmann und Herrn Markus Hort bearbeitet.

## Aufgabenstellung

Am Beispiel des Steinbruchs «Bohlberg» bei Liesberg soll untersucht werden, ob sich mit Hilfe von Luftaufnahmen mit einer handgehaltenen, metrischen Mittelformatkamera, aus einem in der Nähe stationierten einmotorigen Flugzeug, eine kostengünstige Variante anbietet, um das Abbruchvolumen für einen bestimmten Zeitraum zu bestimmen. Im einzelnen umfasste dies folgende Aufgaben:

- Erstellen des Flugplanes;
- Erstellen der Flugaufnahmen mit Hilfe eines Hochdeckers vom Typ Piper;
- Signalisierung und Bestimmung von Passpunkten;
- Photogrammatische Auswertung von Profilen und Bruchkanten zur Erstellung des digitalen Geländemodells;
- Erstellen des digitalen Geländemodells (DGM) mit Hilfe des zur Verfügung stehenden Programms «Atlas»;
- Genauigkeitsnachweis des DGM durch Vergleich der Höhen einer genügenden Anzahl von Höhen-Kontrollpunkten, die im Modell direkt gemessen werden und in der entsprechenden Lage im DGM interpoliert werden;
- Genauigkeitsnachweis der im Modell direkt gemessenen Höhen durch Vergleich der Höhen einiger der Kontrollpunkte mit den in der Natur gemessenen Höhen;
- Darstellung des DGM in einer geeigneten Parallelprojektion;
- Berechnung des Abbruchvolumens in der Zeit von 1990–1992;
- Überlegungen bezüglich der Wirtschaftlichkeit des angewandten Verfahrens.

## Lösung der einzelnen Teilaufgaben

### Erstellen des Flugplanes und Durchführung der Aufnahmen

Kamera:
Rolleiflex 6006 metric, mit 8 Rahmenmarken, f = 50 mm
Format 5 × 5 cm²

Gebietsgrösse: 150 × 200 m

max. Höhendifferenz: 100 m

min. mögliche Flughöhe:
400 m ü. Gr. (Sicherheitshöhe)

Genauigkeitswartung:
photogrammetrisch ausgewerteter Punkte:
Geländepunkte: $\sigma_H = 0.2$ m
Signalisierte Punkte: $\sigma_L = 0.05$ m
$\sigma_H = 0.10$ m

Aus den gegebenen Parametern ergab sich, dass mit Einhaltung der minimalen Flughöhe und einer minimal möglichen Fluggeschwindigkeit von 80 km/h die Genauigkeitserwartungen theoretisch erfüllt werden konnten. Als Bildmaterial wurde Kodak EL 400 Farbdiapositivfilm verwendet.

Da der Steinbruch in zwei Terrassen unterteilt ist, wurde entlang jeder Terrasse ein Flugstreifen vorgesehen. Aus der Lage der Fluglinien ergab sich eine Querüberdeckung von ca. 60%.

Der Flug dauerte ca. 15 Minuten. Für jede Fluglinie wurden 12 Aufnahmen gemacht. Bei der Aufnahme aus dem seitlich offenen Flugzeug war darauf zu achten, dass die Hände oder Arme nicht am Flugzeugrahmen abgestützt wurden.

**Abb. 1: Eingesetztes Flugzeug: Hochdecker Typ Piper.**

### Passpunktsignalisierung und Punktbestimmung

Auf den beiden Terrassen und am Gebietsrand wurden je 3 Vollpasspunkte versichert und signalisiert. Zusätzlich konnten 4 gegebene Fixpunkte, die innerhalb des Perimeters lagen, identifziert und signalisiert werden.

Die Signalisierung erfolgte mittels Schablonen und Spraydosen mit schwarzer und weisser Farbe, wobei je nach Untergrund die Punkte mit weisser Farbe schwarzer Konstrastfläche oder umgekehrt signalisiert wurden.

Aufgrund des starken Kontrastes und des Lichtabfalles gegen den Bildrand in den Diapositiven konnten Passpunkte am Bildrand und in Schattenpartien nur schwer identifziert werden.

Die Passpunkte wurden von drei ideal gelegenen Fixpunkten aus, mittels zwei- oder dreifach Vektoren bestimmt. Als Messmittel stand ein elektronischer Tachymeter TC 1600 zur Verfügung. Aus der Berechnung ergab sich eine gegenseitige Genauigkeit der Punkte in Lage und Höhe von 1–2 cm.

### Photogrammetrische Auswertung, Erstellung des DGM

Um aus Modellen mit ca. 60% Längsüberlappung auswerten zu können, mussten für die Auswertung des Gesamtgebietes zwei Stereobildpaare ausgewählt werden, die in Flugrichtung jedoch nur um ca. 15% versetzt lagen.

Bei der inneren Orientierung der Aufnahmen im analytischen Auswertegerät konnten die Rahmenmarken in den Bildecken aufgrund des unterbelichteten Bildrandes nicht gemessen werden. Dadurch konnte eine vorliegende Filmdeformation nur ungenügend erfasst werden.

Nach der relativen Orientierung der beiden Modelle zeigten sich mittlere Restfehler der Y-Parallaxe von ± 8 μm und ± 4 μm.

Mittlere Restfehler nach der absoluten Orientierung: $\sigma_L = 7$ cm, $\sigma_H = 10$ cm.

Bei den Auswertearbeiten wurde festgestellt, dass Farbdiafilme mit zunehmender Auswertezeit eine Deformation erfahren

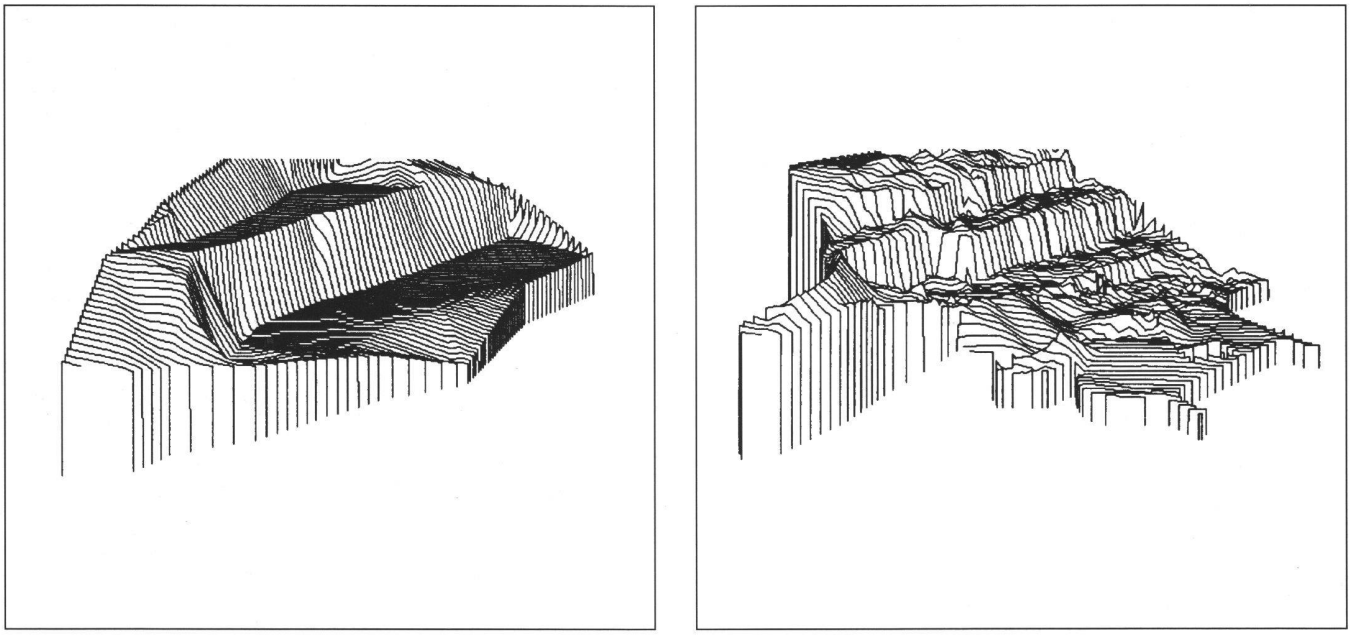

**Abb. 2: Steinbruch Bohlberg.**

(Erwärmung durch die Beleuchtung). Es wird daher emfohlen, für solche Arbeiten Schwarzweissfilme zu verwenden.
Das DGM wurde mittels Bruchkanten und Formlinien, sowie 20 Profilen mit einem Regelabstand von 10 m erfasst. Mittels eines Konvertierungsprogrammes wurden die photogrammatischen Daten in das Atlas-Programm übertragen. Ein wichtiger Schritt war die Überprüfung der Profildaten und Bruchkanten auf grobe Fehler. Dazu waren die gemessenen Kontrollpunkte eine grosse Hilfe. Fehlerhafte Punkte konnten im Altas mit dem interaktiven Netzeditor korrigiert werden. Nachdem die gemessenen Daten bezüglich grober Fehler bereinigt waren, wurde das DGM definitiv berechnet. Aus dem so erhaltenen DGM wurde eine Parallelprojektion berechnet und ausgeplottet (Abb. 2c).

### Genauigkeit des DGM

Zuerst wurde die Höheneinstellgenauigkeit der Kandidaten überprüft. Es wurden von 19 gut identifizierbaren Punkten die photogrammetrisch bestimmten Höhen, mit der in der Natur mit geodätischen Mitteln (nivelliert) bestimmten Höhen, verglichen. Daraus ergab sich eine mittlere Höheneinstellgenauigkeit der Kandidaten von 27 cm.
Dieser Wert liegt über dem Erwartungswert. Es wurde dies mit gewissen Unsicherheiten im Filmmaterial und mangelnder Erfahrung erklärt. Die Genauigkeit des DGM wurde aus 60 Kontrollpunkten nachgewiesen. Aus dem Vergleich der im DGM interpolierten Höhen und im Modell direkt gemessenen Höhen ergab sich ein mittlerer Fehler der im DGM interpolierten Höhe von 90 cm.
Dieser Genauigkeitswert wurde ebenfalls erhalten, indem die 19 nivellierten und in der Lage bekannten Punkte ebenfalls ins DGM interpoliert wurden. Aus dem Vergleich der Sollhöhen und der interpolierten Höhen ergab sich ebenfalls ein mittlerer Fehler der interpolierten Höhen von 90 cm.

### Volumenberechnung

Für die Berechnung des Abbruchvolumens 1990–1992 musste ein relativ umständliches Verfahren angewendet werden. Da sich das Geländemodell 1990 nur auf einen Teil des Geländemodells 1992 erstreckte, musste auf das Geländemodell 1987 zurückgegriffen werden.
Für die Volumenberechnung wurde aus oben genannten Gründen das DGM 1992 mit dem DGM 1987 verschnitten und danach das DGM 1990 mit dem DGM 1987. Die Differenz der beiden Volumenberechnungen ergab das Abbruchvolumen 1990–1992. Das Abbruchvolumen 1990–1992 ergab bis zum Zeitpunkt der Befliegung einen Betrag von 76 700 $m^3$.
Für die Beurteilung des Volumenbetrages wurde davon ausgegangen, dass die Fläche innerhalb der der hauptsächliche Abbruch erfolgte, ca. 80 × 30 m = 2400 $m^2$ betrug, d. h. eine Höhenunsicherheit des DGM von 1,0 m würde einer Volumenunsicherheit von 2400 $m^3$ entsprechen. 2400 $m^3$ entsprechen ca. 3% des Abbruchvolumens. Im allgemeinen soll das Abbruchvolumen mit einer Genauigkeit von 5% bestimmt werden. Der Steinbruchbetreiber registrierte aufgrund der Sprengprotokolle (Schätzungen des Sprengmeisters) ein Volumen von 68 000 $m^3$. Der Betreiber war der Meinung, dass das tatsächliche Volumen um einiges grösser sein sollte. Aufgrund dieser Überlegungen und Angaben waren die Kandidaten und der Steinbruchbetreiber mit dem Ergebnis zufrieden.

### Wirtschaftlichkeitsüberlegungen

Für die Datenerfassung wurde der Aufwand beim konventionellen Verfahren des Jahres 1990 abgeschätzt und verglichen mit dem geschätzten Aufwand der photogrammetrischen Methode bei gleicher Anzahl aufgenommener Punkte (80).
Der Vergleich ergab, dass die photogrammetrische Methode bei der geringen Zahl von 80 Punkten ca. Fr. 700.— teurer zu stehen käme als die konventionelle Methode. Mit zunehmender Zahl aufzunehmender Punkte wird jedoch diese Methode (Kleinflugzeug in der Nähe, Handkamera) schnell günstiger als die konventionelle Aufnahme. Für die angewandte Methode wurde eine weitere Optimierungsmöglichkeit vorgeschlagen: Anordnung fest installierter Punkte entlang des Gebietsperimeters. Dies ermöglicht eine schnelle Rekonstruktion und Signalisation der Punkte.

## Schlussbemerkungen

Die Diplomanden wurden in dieser Diplomarbeit mit vielen Aspekten der photogrammetrischen Datenerfassung und Weiterverarbeitung der Daten konfrontiert. Sie haben diese Aufgabe in der vierwöchigen Arbeit sehr gut gelöst.

Adresse des Verfassers:
Prof. Kurt Schuler
Ingenieurschule beider Basel
Gründenstrasse 40
CH-4132 Muttenz