

Paper-ID: VGI_199310



Eine Methode zur Visualisierung von Formen auf beliebigen Oberflächen mittels photogrammetrischer Bündel

Klaus Hanke ¹

¹ *Universität Innsbruck, Institut für Geodäsie, Technikerstraße 13, A-6020 Innsbruck*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie **81** (4), S. 159–164

1993

BibT_EX:

```
@ARTICLE{Hanke_VGI_199310,  
  Title = {Eine Methode zur Visualisierung von Formen auf beliebigen Oberfl{\a}  
    chen mittels photogrammetrischer B{\u}ndel},  
  Author = {Hanke, Klaus},  
  Journal = {{\0}sterreichische Zeitschrift f{\u}r Vermessungswesen und  
    Photogrammetrie},  
  Pages = {159--164},  
  Number = {4},  
  Year = {1993},  
  Volume = {81}  
}
```





Eine Methode zur Visualisierung von Formen auf beliebigen Oberflächen mittels photogrammetrischer Bündel

von Klaus Hanke, Innsbruck

Zusammenfassung

Es wird eine allgemeine Lösung des Problems der Bestimmung von Absteckdaten von allgemeinen Formen auf beliebigen Oberflächen mit vorgegebener Betrachtungsrichtung mittels photogrammetrischer Bündel gegeben. Anhand des Beispiels einer Visualisierung des Copyrightzeichens auf einem Berghang wird die Durchführbarkeit des Ansatzes demonstriert.

Abstract

A solution of visualizing any sign on a surface using photogrammetric bundles intersecting the terrain is described. As an example the setting out of a copyright-sign on a steep slope in the mountains near Innsbruck is shown.

1. Problemstellung

Die Visualisierung von Symbolen und Formen auf Oberflächen, insbesondere auch auf Geländeteilen für Zwecke der Werbung bis zum "Setzen von Zeichen" von politischen und religiösen Gruppen hat eine lange Tradition bei allen Kulturvölkern. Um ein sicheres Erkennen zu gewährleisten, ist es notwendig, das Symbol aus einer bestimmten räumlichen Richtung oder von einem Punkt aus in unverzerrter Weise sichtbar zu machen.

Die Berechnung der räumlichen Koordinaten sowie die Absteckung einer solchen Form auf einer Oberfläche ist als Vermessungsaufgabe anzusprechen. Bei einfach beschreibbaren Flächen wie Ebenen, Zylinder- und Kugelkalotten etc. sowie für einfache geometrische Formen von Symbolen kann in vielen Fällen mit den Mitteln der darstellenden Geometrie das Auslangen gefunden werden. Im Grund-, Auf- und Seitenriß werden entsprechende Punkte konstruiert und damit deren räumliche Lage ermittelt. Bei beliebig geformten Flächen und unbeschränkter Form des Symbols wird damit im allgemeinen keine befriedigende Lösung zu finden sein.

2. Lösungsstrategie

Der Vorgang bei einer photogrammetrischen Einzelbildaufnahme läßt sich bekanntlich beschreiben als

reales Objekt (eventuell: + reales Gelände) → reales Photo →
Schnittberechnungen → Rekonstruktion des Objektes

Die inverse Photogrammetrie wiederum geht von einem fiktiven Objekt aus:

fiktives Objekt (eventuell: + reales Photo) → Umbildung des Objektes →
fiktives Photo eines Objektes

Die Lösung der oben angeführten Problemstellung wird durch eine weitere Variation dieser Abläufe möglich. Der künftige Betrachter erwartet ein Bild des Symbols zu sehen,

das unverzerrt die Sollform wiedergibt. Die in der Fläche abzusteckende Figur definiert also mit dem vorgegebenen Betrachtungspunkt ein Strahlenbündel, das - auf eine zur Blickrichtung senkrechte Ebene projiziert - die Sollform erzeugt.

Den Ansatz für die Lösung bietet die gedankliche Umkehrung dieser Betrachtungssituation. Der künftige Betrachter definiert in seinem Standpunkt X_0 durch ein fiktives Meßbild in Positivstellung und den Betrachtungsabstand c ein Strahlenbündel, das mit dem Gelände zum Schnitt gebracht wird. Die Durchstoßpunkte dieser Strahlen durch die Geländefläche liefern dann die räumlichen Koordinaten X der abzusteckenden Punkte.

Dieser Ablauf wird beschrieben durch

fiktives Photo (+ reales Gelände) → Schnittberechnungen →
fiktives Objekt → Absteckung → reales Objekt

Einerseits ist dieser Vorgang ebenfalls eine Umkehrung der photogrammetrischen Aufnahmesituation, andererseits unterscheidet er sich aber von der inversen Photogrammetrie dadurch, daß dort gerade die Ansicht des Objektes als Ergebnis gesucht ist, während hier die Ansicht vorgegeben und die geometrische Form des Objektes gesucht ist.

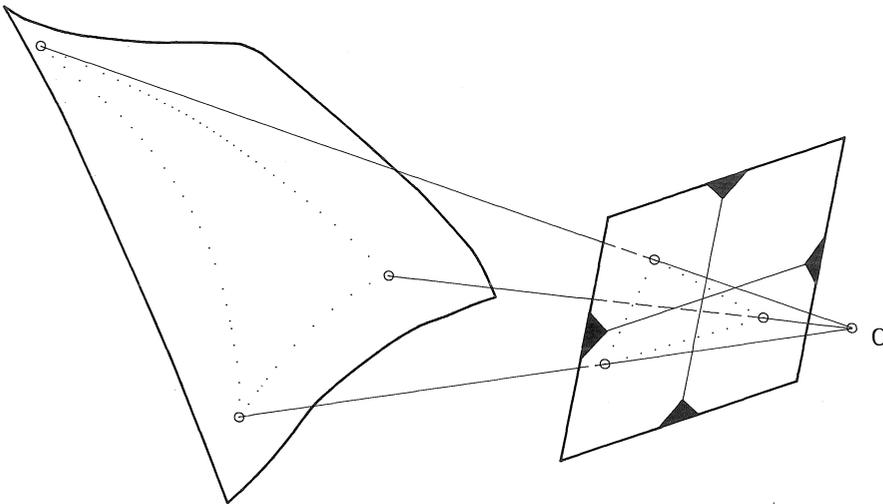


Abb. 1: Das photogrammetrische Bündel projiziert eine Form auf eine Fläche

Die Beschreibung der Projektionsfläche kann als digitales Flächenmodell entweder durch Vermaschung diskreter Punkte, ein Raster mit einer adäquaten Interpolationsvorschrift oder durch eine geschlossene mathematische Darstellung vorliegen. Die Wahl wird in erster Linie durch den Charakter der Fläche, ihre Regularität und natürlich durch das vorliegende Datenmaterial bestimmt sein.

Die Änderung der Größe der Projektion ist durch Veränderung des Betrachtungsabstandes (der "Bildweite") möglich. Die Lage des Abbildes auf der Fläche kann durch geeignete Wahl der räumlichen Projektionsrichtung, also der Variation der Rotationsmatrix R in der photogrammetrischen Grundgleichung (1), verändert werden.

$$\mathbf{X} = \mathbf{X}_0 + \lambda \mathbf{R} \mathbf{x} \quad (1)$$

Bringt man nun die abbildenden Strahlen durch die diskreten Punkte des fiktiven Photos mit der interpolierten oder approximierten Gelände­fläche zum Schnitt, erhält man die Lage der gesuchten Punkte auf dieser Oberfläche. Je nach Aufgabenstellung können aus den so gewonnenen Koordinaten der Durchstoßpunkte in einem beliebigen Objekt­koordinatensystem räumliche Absteckeelemente abgeleitet werden.

3. Beispiel

Im Zuge des "Innsbrucker Kultursommers 1992" sollte an der Nordkette, einem Gebirgszug nördlich von Innsbruck, ein "Copyright-Zeichen" installiert werden, das die Schützenswertigkeit und Einmaligkeit der Gebirgslandschaft besonders hervorheben sollte.

Dieses Zeichen, bestehend aus einem C mit umschließendem Kreis, mußte in einem vorbezeichneten Gebiet derart abgesteckt werden, daß es vom Stadtzentrum aus "möglichst groß" und unverzerrt, also kreisförmig, gesehen werden konnte. Die Form sollte anschließend durch Auslegen von weißen Platten und durch Anbringen von Leuchten bei Tag und Nacht den Sommer über sichtbar sein und so ein temporäres Wahrzeichen der Stadt Innsbruck darstellen.

Die vorgesehene Gelände­fläche umfaßte ein Gebiet von ca. 40 m x 100 m und lag auf einer Höhe zwischen 1830 m und 1900 m in der Nähe der Seilbahntrasse unterhalb der sogenannten "Seegrube". Die durchschnittliche Geländeneigung des Hanges betrug ca. 70 Prozent.

3.1 Vorbereitungen

Als erster Schritt wurden die Geländeoberfläche und alle für die Sichtbarkeit sowie die für eine Installation des Symbols relevanten Details erfaßt. Das beinhaltete also auch den oberhalb der Baumgrenze teilweise vorhandenen Bewuchs durch Legföhren sowie größere Steinblöcke. Trotz der Steilheit und Unwegsamkeit des Geländes erfolgte die Erfassung durch tachymetrische Vermessung vor Ort, da diese Methode die erforderliche Vollständigkeit und Genauigkeit garantieren konnte. Die Verwendung des Digitalen Höhenmodells von Österreich mit seiner Rasterweite von 30 m war aus den angeführten Gründen nicht möglich.

3.2 Fiktives Meßbild

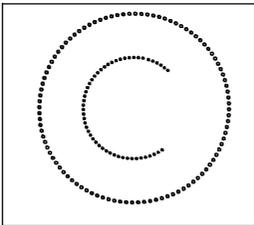


Abb. 2:
Das fiktive "Meßbild"
des Copyright-Zeichens

Die Gesamtfigur sollte von der Stadt aus zwar als durchgehende Linie sichtbar sein, mußte aber sowohl für die Berechnungen als auch für die beleuchtungstechnische Realisierung in diskrete Punkte aufgelöst werden. Der Abstand der Punkte wurde von den Beleuchtungstechnikern empirisch an einer Versuchsanordnung mit ca. 0,5 m ermittelt. Als "Meßbild" wurde eine fiktive Aufnahme im Format 6 cm x 6 cm mit einer Bildweite von 400 mm gewählt. Bei einer Entfernung des Betrachtungspunktes von der abzusteckenden Figur von ca. 4 km und einem Durchmesser der Projektionsfläche in der Natur von etwa 40 m ergab sich somit ein Bildmaßstab von ca. 1:10 000 sowie ein Punktabstand im

Bild von 0,05 mm. Da nur die räumliche Lage jedes vierten Punktes benötigt wurde, konnte die Anzahl der abzusteckenden Punkte mit ca. 65 für den Umkreis und ca. 30 Punkten für das mit etwa halbem Radius und einem Öffnungswinkel von 300 gon eingeschriebene C festgesetzt werden. Da die Festlegung der Punkte in der Betrachtungsebene (und nicht im Gelände) als gleichabständig erfolgte, konnte eine quasi ununterbrochen sichtbare Linie für den Betrachter erreicht werden.

3.3 Geländemodellierung

Da das Gelände einen gleichförmigen Verlauf hat, der durch keine Bruchkanten gestört wird, wurde zur Approximation ein Flächenpolynom $z=f(x,y)$ verwendet. Der erste Versuch einer Modellierung der Geländeoberfläche wurde aufgrund der Schichtenplandarstellung des projizierten Geländes mit einer allgemeinen Ebene im Raum (2) durchgeführt.

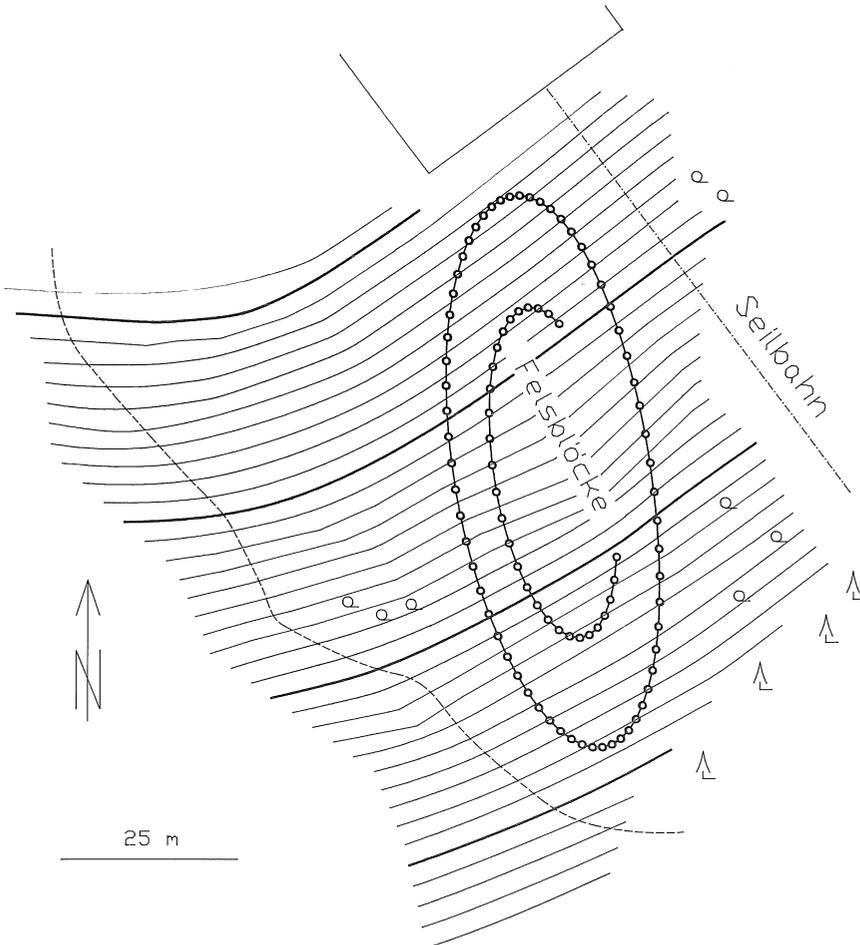


Abb. 3: Die Durchstoßpunkte des Strahlenbündels mit dem Gelände

$$z = c_0 + c_{10} \cdot x + c_{01} \cdot y \quad (2)$$

Die mittlere Abweichung der Geländepunkte von dieser Ebene betrug etwa 0,6 m mit einem Maximalbetrag von über einem Meter. Diese Abweichungen aber hätten vor allem zu einer systematischen Deformation des Symbols geführt, die von ihrer Größenordnung her für den Betrachter störend gewesen wären. Daher wurde in einem zweiten Ansatz ein Flächenpolynom 2. Ordnung (3) verwendet und damit die Geländeoberfläche im Zielgebiet approximiert.

$$z = c_0 + c_{10} \cdot x + c_{01} \cdot y + c_{20} \cdot x^2 + c_{11} \cdot xy + c_{02} \cdot y^2 \quad (3)$$

Die mittlere Abweichung der Geländepunkte von dieser Fläche verringerte sich dadurch auf 0,25 m, die maximale Abweichung von diesem Modell betrug nur mehr 0,37 m. Da dieser Wert einer Ablage der Punkte im Meßbild von unter 0,03 mm entspricht, war die verwendete Approximation für diesen Zweck als ausreichend anzusehen und es bestand keine Notwendigkeit auf eine andere Flächenbeschreibung überzugehen. Die Gelände­fläche konnte somit als geschlossene Funktion nach (3) dargestellt werden, was die nachfolgende analytische Berechnung der Durchstoßpunkte ohne weitere Interpolation ermöglichte.

3.4 Einpassen der Projektion und Berechnung der Durchstoßpunkte

Nun wurde mittels der aus der Österreichischen Karte 1:50 000 (ÖK 50) entnommenen Näherungswerte für den Betrachtungsstandpunkt im Stadtgebiet sowie für die räumliche Projektionsrichtung ("die äußere Orientierung") eine erste Lösung für die gesuchten Punkte gerechnet. Die Schnittberechnungen erfolgten, wie auch die Gelände­flächenmodellierung, mit dem, für diese Aufgabenstellung aufgrund seiner Flexibilität und Mächtigkeit hervorragend geeigneten, photogrammetrischen Bündelausgleichungsprogramm ORIENT

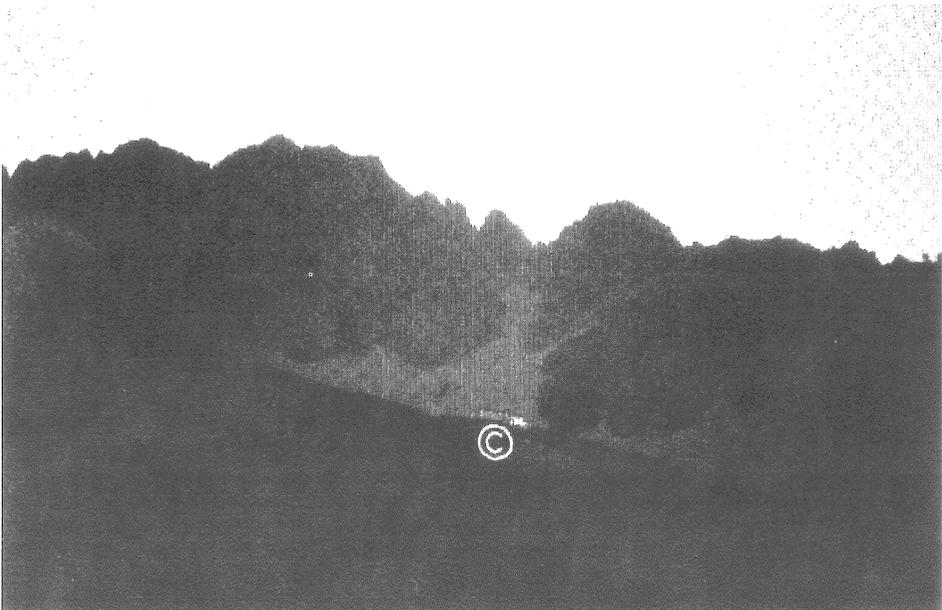


Abb. 4: Das Ergebnis aus der Sicht des Betrachters

[1]. Nach einer graphischen Kontrolle der Lage der Schnittpunkte im Detailplan des Geländes konnte mit der Feinjustierung der Orientierung begonnen werden. Dabei wurde durch Veränderung der "Bildweite" die Größe der Projektion variiert und durch differenzielle Korrekturen der Projektionsrichtung der zur Verfügung stehende Bereich im Absteckungsgebiet optimal genützt (siehe Abbildung 3). Hier zeigte sich auch der Vorteil der detailreichen Geländeaufnahme, da es so möglich war, Felsblöcke und einzelne Legföhren, welche das Anbringen der Platten und Beleuchtungseinrichtungen unmöglich gemacht oder zumindest wesentlich erschwert hätten, bei der Schnittberechnung zu berücksichtigen und vom Projektionsbereich auszuklammern.

3.5 Ergebnis

Das Symbol wurde in der Folge polar abgesteckt, was in diesem extremen Gelände sehr zeit- und personalintensiv war. Zur Kontrolle wurde das Ergebnis vom vorgegebenen Betrachtungspunkt in der Dämmerung bei sehr schwierigen Lichtverhältnissen mittels Teleobjektivs fotografiert. Ein "Meßbild" - ausnahmsweise nach der Berechnung (Abbildung 4).

Literatur

- [1] Kager H., Waldhäusl P.: Das interaktive Programmsystem ORIENT im Einsatz. Presented Paper, 14. ISP-Kongreß, Hamburg 1980.
- [2] Kraus K.: Photogrammetrie. Band 1 und 2, Dümmler-Verlag.
- [3] Waldhäusl P., Hochstätger F.: Monoplotting. Mitteilungen des Instituts für Geodäsie der Universität Innsbruck, Heft 14, 1993.

Anschrift des Autors:

Hanke Klaus, Dipl.-Ing., Dr., Ass.Prof., Universität Innsbruck, Institut für Geodäsie, Technikerstraße 13, A-6020 Innsbruck.