

- [2] ASSMUS, E.: Die Behandlung geomorphologischer Strukturen im Stuttgarter Höhenlinienprogramm. Schriftenreihe des Institutes für Photogrammetrie der Uni Stuttgart, Heft 1, 131-146, 1975.
- [3] BRANDSTÄTTER, L.: Exakte Schichtlinien und topographische Geländedarstellung. Sonderheft 18 d. Z. f. V., Wien 1957.
- [4] HAITZMANN, H., KRAUS, K., LOITSCH, J.: Eine Geländehöhendatenbank für die digital gesteuerte photoproduktion. Österr. Zeitschr. f. Verm. u. Photogr. 68, 157-169, 1980. Englisch: Presented paper mission IV, 14. ISP-Congress, Hamburg 1980.
- [5] KAGER, H.: Das interaktive Programmsystem ORIENT im Einsatz. Presented paper, Kommission ISP-Kongreß, Hamburg 1980.
- [6] KÖHLER, J., KRAUS, K., SCHULZE, K.: Anwendungen eines digitalen Geländemodelles bei der Planung und dem Bau von Straßen. Invited paper, Kommission 6, 16. FIG-Kongreß, Montreux 1981.
- [7] KRAUS, K.: Weitere Entwicklungen und Anwendungen der digitalen Höhenlinienkartierung und digitalen Geländemodelles. Schriftenreihe des Institutes für Photogrammetrie der Uni Stuttgart, Heft 1, 157, 1975.
- [8] MOLNAR, L.: An extended blunder elimination procedure. Presented paper, Commission III, 14. ISP-Congress, Hamburg 1980.
- [9] RÜDENAUER, H.: Experimentelle Genauigkeitsanalyse digitaler Höhenmodelle. Presented paper, Kommission IV, 14. ISP-Congreß, Hamburg 1980.
- [10] STANGER, W.: Erfahrungen mit dem Stuttgarter Höhenlinienprogramm. Schriftenreihe des Institutes für Photogrammetrie der Uni Stuttgart, Heft 1, 113-130, 1975.
- [11] WILD, E.: Interpolation with weight-functions — a general interpolation method. Presented paper, Commission III, 14. ISP-Congress, Hamburg 1980.

Anschriften der Verfasser:

Prof. Dr.-Ing. K. KRAUS, Dipl.-Ing. E. ASSMUS, Dr. techn. L. MOLNAR, Institut für Photogrammetrie, Hausstr. 27-29, A-1040 Wien

A. KÖSTLI, Dr.-Ing. E. WILD, Institut für Photogrammetrie, Keplerstr. 11, 7000 Stuttgart 1

DK 681.31:52

Automatische Böschungsflächen-Schraffur

Von P. POINTNER und F. LEBERL, Graz

Zusammenfassung

Die automatische Schraffur von Böschungsflächen in einer Lagedarstellung erscheint zunächst als triviale Aufgabe. Die vorliegende Arbeit illustriert jedoch, daß eine befriedigende Lösung mit einem gewissen algorithmischen Aufwand erreicht werden kann, wenn Höhendaten zur schungsober- und Unterkante nicht vorgegeben sind. Die Lösung wird beschrieben und mit Beispielen illustriert.

Abstract

Automated hashing of slope areas in planimetric plans and maps may seem like a trivial problem. However, this paper illustrates the intricacies of a satisfactory solution requiring an expectedly complex algorithm. This is caused by the problem that no height information exists for the slope areas upper and lower boundary line. The paper describes the solution and illustrates the results.

1. Aufgabenstellung

Analoge Plan- und Kartenvorlagen werden zunehmend in digitale Form übergeführt. Dies dient zunächst der Aufnahme in ein Informationssystem und ermöglicht es schließlich

Nutzer, in flexibler Form graphische Darstellungen in verschiedenen Maßstäben und von örtlich und logisch zusammengehörenden Teilen des Datenbestandes zu erstellen. Die Vorteile dieses Vorgehens werden in einer Vielfalt von Veröffentlichungen ausführlich behandelt. Um ein Beispiel zu nennen, sei auf die Erstellung photogrammetrischer Kartenmanuskripte mit digitalen Verfahren verwiesen, wo eine Verkürzung der zeichnerischen Nachbehandlung auf die Hälfte der in herkömmlichen Analogmethoden verwendeten Zeit erreicht wird (v. d. KRAAN u. a., 1980). Diese Überlegungen sind jedoch nicht Gegenstand der vorliegenden Arbeit; sie begründen nur die Entwicklung automatischer graphischer Verfahren, wie jenes, welches hier diskutiert wird.

Ein beträchtlicher Teil der bestehenden Kartenunterlagen betrifft die Lagedarstellung von Objekten auf der Erdoberfläche ohne Bezug zur topographischen Höhe, wie dies im Kataster typisch ist. Ein beschränkter Hinweis auf die Topographie des Geländes kann sich aber in Form von Böschungssymbolen in einer derartigen Lagedarstellung finden. Als Beispiel sei auf Abbildung 1 verwiesen, welche einen für die Planung einer Leitung typischen Lageplan wiedergibt.

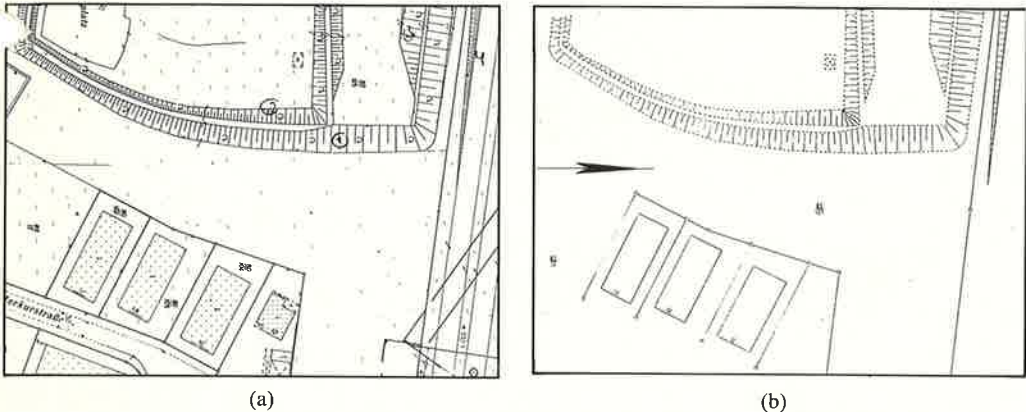


Abb. 1 (a) Ausschnitt aus einem typischen herkömmlichen analogen Lageplan mit händischen Annotationen zur Planung;

(b) digitalisierter Inhalt, wiedergegeben mit dem Böschungsschraffenprogramm

Es besteht das Problem, in einer z. B. photogrammetrischen Lagekartierung oder aus einem bestehenden Lageplan die auftretenden Böschungsfächen auf einfache Weise zu digitalisieren und in ästhetisch ansprechender Weise zu einem späteren Zeitpunkt graphisch wiederzugeben. Hierbei stellt sich das Teilproblem, die digitalisierte Böschungsfäche zu schraffieren.

Dies erscheint zunächst als triviales Problem, nimmt man an, daß die Böschungsfäche durch Begrenzungspunkte mit ihren drei-dimensionalen X, Y, Z -Koordinaten beschrieben ist. Damit wäre in sehr einfacher Weise die Falllinie in jedem Punkt der Fläche definierbar, und die Ermittlung von Böschungsschraffen in Richtung der Falllinien wäre ein denkbar einfaches Problem.

Bei der Anwendung auf Böschungsfächen, welche nur durch Begrenzungspunkte mit XY -Lagekoordinaten definiert sind, bestehen keine Falllinien und daher keine definierten Böschungsschraffen. Somit ergibt sich hier das Problem, für die Böschung ein Symbol zu erzeugen, welches dem Betrachter die Geländeneigung verdeutlicht, ohne daß tatsächlich Höheninformation zur Verfügung steht. Die Lösung dieser Aufgabe ist nicht trivial. Übliche Schraffuralgorithmen, wie etwa von Brassel und Fegeas (1979), sind nicht zielführend, da sie parallele Schraffurlinien erzeugen. Diese dienen nicht der Veranschaulichung einer Böschung.

Wir beschreiben daher in diesem Beitrag einen Algorithmus, welcher es erlaubt, eine durch ihre Randlinie vorgegebene Böschungsfäche automatisch mit gleichmäßig angeordneten, nicht jedoch parallelen Schraffen zu füllen, so daß sich eine ansprechende graphische Darstellung ergibt.

2. Daten und Randbedingungen

2.1 Vorgabe

Eine Böschungsfläche wird durch zwei Polygonzüge, nämlich eine Oberkante OK und eine Unterkante UK, beschrieben, wobei sich einander Ober- und Unterkante beliebig oft schneiden. Die eingeschlossene Fläche BFL ist zu schraffieren, so daß folgende Bedingungen sind:

- Schraffurlinien (Böschungslinien BL) sind gerade;
- Sie stehen auf die Oberkante möglichst senkrecht und verlaufen von der Oberkante zur Unterkante;
- Sie haben entlang der Oberkante gleiche Abstände AB, wobei jede zweite BL nicht voll zuziehen ist;
- Sie schneiden einander nirgends innerhalb der Böschungsfläche BFL.

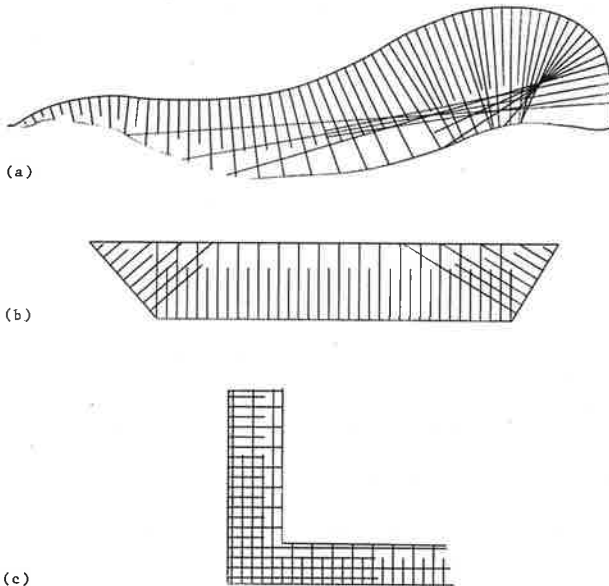


Abb. 2 Drei Beispiele von Böschungsflächen mit Schraffuren senkrecht zur Oberkante: Dies verletzt die Forderung (d) nach nichtschneidenden Schraffurlinien.

Abb. 2 illustriert in drei Beispielen, wie die Erfüllung der Bedingungen (a) und (b) mit der Erfüllung dieser Bedingung (d) im Widerspruch stehen kann. Es gilt, diese Widersprüche durch einen geeigneten Schraffuralgorithmus zu bereinigen.

2.2 Definitionen

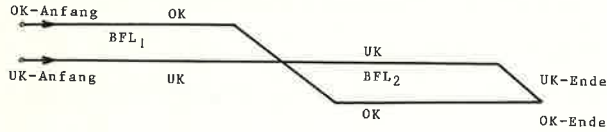
Die Polygonzüge der OK und UK bestehen aus NO und NU Polygonpunkten:

$$\begin{aligned} PO(i), i = 1, \dots, NO \\ PU(j), j = 1, \dots, NU \\ NO, NU > 1 \end{aligned}$$

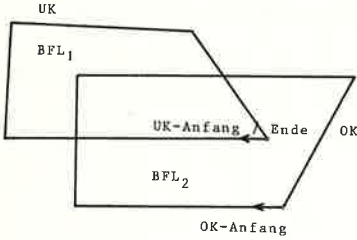
Wir unterscheiden die Fälle einer

- einfachen Struktur, welche eine oder mehrere BFL definiert (Abb. 3a);
- Ringstruktur ohne echte Ringfläche, jedoch mit zumindest zwei BFL (Abb. 3b).
- Ringstruktur mit Ringfläche (als einzige BFL, Abb. 3c).

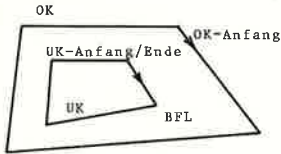
Wir bezeichnen einen Böschungsflächenschnitt als konkav bezüglich seiner OK-Abschnitte, wenn alle beliebigen Verbindungsstrecken der OK-Punkte: $\{[PO(i), PO(j)], PO(j)], i \neq j\}$ außerhalb der BFL liegen.



(a)



(b)



(c)

Abb. 3. Verschiedene Böschungsflächenstrukturen:

- (a) einfache Struktur;
- (b) Ringstruktur ohne Ringfläche;
- (c) Ringstruktur mit Ringfläche

Wir werden im folgenden auch Böschungsflächen als konkav bezeichnen, wenn nur kleine Abweichungen von der strengen Definition auftreten, also OK-Punkte nur um kleine Abstände $ABST$ außerhalb der Verbindungslinien benachbarter Punkte liegen.

Ein UK-Abschnitt wird bezüglich eines OK-Punktes PS als örtlich parallel bezeichnet, wenn das IN -Produkt der beiden Einheitsvektoren \overline{NRV} und \overline{RV} eine Schranke PAR unterschreitet, wobei \overline{NRV} im Punkt PS senkrecht auf die OK und \overline{RV} in PS senkrecht auf die UK steht.

Die Normale in einem Punkt PS der Oberkante OK wird wie folgt definiert:

- (i) ist Punkt PS auf einem geraden Polygonelement der OK und besteht örtliche Parallelität von OK und UK , so steht die Normale senkrecht auf die OK -Gerade und ist zur Unterkante gerichtet;
- (ii) ist Punkt PS ein Polygonpunkt der OK , so hat die Normale die Richtung der Winkelsymmetrale, die aus den benachbarten Polygoneiten gebildet wird;
- (iii) in allen anderen Fällen ist die Normale in PS das gewichtete Mittel all jener Normalen, welche innerhalb einer Umgebung von PS liegen und nach Vorschrift (i) sowie (ii) gebildet werden.

3. Beschreibung der Lösung

Das Verfahren zerfällt in drei Teile, welche im folgenden konzeptuell beschrieben werden.

3.1 Vorbereitung

Die Ober- und Unterkanten werden auf Schnittpunkte geprüft und die einzelnen Böschungsflächen BFL getrennt definiert. Es wird weiters für jede BFL bestimmt, ob es sich um eine (echte)

Ringfläche handelt. Anfangs- und Endpunkte der OK und UK werden so gewählt, daß sie gleichgerichtet ergeben (vgl. Abb. 3a bis c).

Es werden schließlich die Anfangspunkte $PS(i)$, $i = 1, \dots, NS$ von Böschungslinien entlang der OK ermittelt. Die Endpunkte ($PE(i)$, $i = 1, NS$) auf der Unterkante sind zu finden.

3.2 Ermittlung von Böschungslinien in einem ersten Durchgang

Zunächst werden nun alle Schraffurlinien bestimmt, die festgelegte Qualitätskriterien erfüllen, nämlich alle jene wo:

- konkave BFL bestehen;
- die örtliche Parallelität gegeben ist;
- die ermittelte aktuelle BL die unmittelbaren Vorgänger-BL (oder bei der echten Ringfläche die erste/letzte BL) nicht schneidet;
- die Länge der ermittelten aktuellen BL von der Länge der benachbarten, vorher bestimmten mehr als einen vorgegebenen Faktor LGAN abweicht (vgl. Abb. 4).

In anderen Fällen sind die BL eines OK-Punktes $PS(i)$ nicht festgelegt.

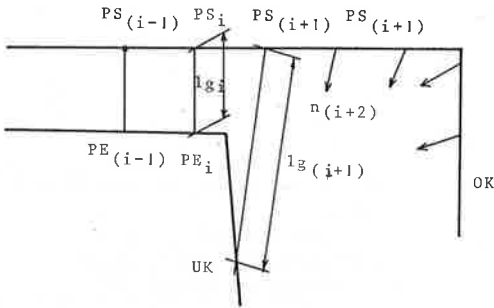


Abb. 4 Bedingung zwischen benachbarten Böschungslinien auf Längenunterschiede $< LGAN$

3.3 Bestimmung von Böschungslinien mit Korrekturverfahren

In den freigelassenen, noch nicht mit Schraffurlinien versehenen Teilen der BFL werden Sonderformen der BL-Festlegung verwendet. Die Anzahl der in einem Fall fehlenden BL steigt von zwei im Rahmen von Schritt 3.2 gültig festgelegten BK zu Punkten $PS(i)$ und $PS(i+L)$ ausgegangen. Bisher wurde mit zwei Sonderformen das Auslangen gefunden:

- Bestimmung von Zwischen-BL durch Definition eines Zentrums-Punktes Z und Ziehen von Böschungslinien von Punkten PS auf Z (Abb. 5). Dies wird angewandt, wenn sich die Abstände $Z-PS(i)$ und $Z-PS(i+L)$ um weniger als $LAND$ voneinander unterscheiden.
- Unterteilung der UK in gleich lange Teilstücke entsprechend Abb. 6.

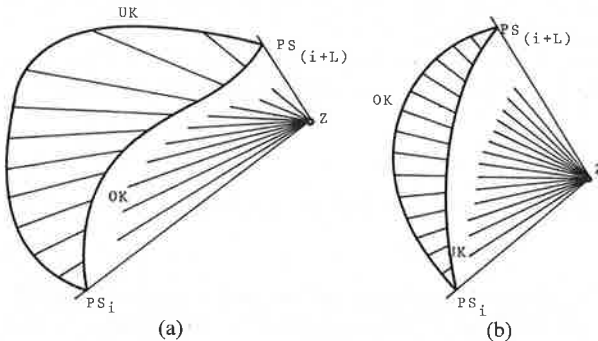


Abb. 5 Zentrumskorrektur ohne befriedigendes Ergebnis; (a) gültigen Randlinien $PS(i)$ und $PS(i+L)$ um mehr als $LAND$ verschieden sind; (b) gültige Zentrumskorrektur

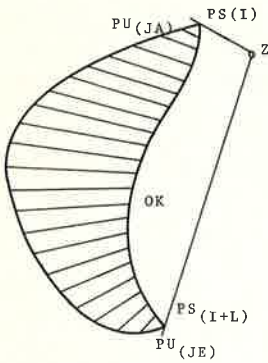


Abb. 6 Unterteilung der Unterkante in gleich lange Stücke zur gültigen Böschungslinienfestlegung bei ungültiger Lage des Zentrumspunktes Z

3.4 Vom Bearbeiter festzulegende Parameter

Es können in den verschiedenen Teilen des Verfahrens Parameter festgelegt werden, die das Ergebnis beeinflussen. Diese betreffen die Definition eines konkaven BFL-Segments (Parameter ABST), die örtliche Parallelität (Parameter PAR), die zulässigen Längenunterschiede LGAN benachbarter Böschungslinien (Abb. 4) und die Unterschiede LAND von einem Zentrumspunkt Z zu den besetzten Punkten $PS(i)$, $PS(i+L)$ in Abb. 5. Die Wahl dieser Parameter ist an die Erfahrung des Bearbeiters mit verschiedenartigen Böschungsflächen gebunden und wird durch das erwünschte Ergebnis bestimmt.

4. Ergebnisse

Das hier beschriebene Problem ist die computergerechte Lösung einer graphischen Stilfrage. Dies sei in Abb. 7 näher illustriert. Abb. 7a zeigt eine echte Ringfläche, die zunächst nicht den ästhetischen Ansprüchen des Bearbeiters genügt. Es wird wohl die Bedingung (d) aus Abschnitt 2 erfüllt, es kommt also zu keinen schneidenden Böschungsschraffen, aber das Ergebnis entspricht nicht den Erwartungen des Betrachters. Die Ursache ist die Wahl des Parameters PAR für die örtliche Parallelität: da er zu groß vorgegeben wurde, wird hier die Parallelität in zu vielen Punkten als gegeben ermittelt. Auch der Parameter LAND ist zu groß: die Zentrumskorrektur wird durchgeführt, obwohl die Längen zu den gültigen OK-Punkten $PS(i)$ und $PS(i+L)$ sehr unterschiedlich sind.

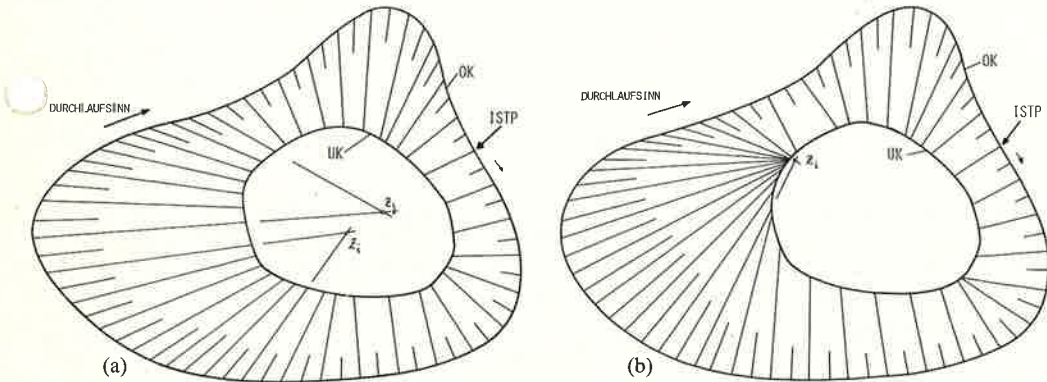


Abb. 7 Ergebnis der logisch richtigen Schraffen einer echten Ringfläche; (a) das Ergebnis ist nicht befriedigend, da zu oft örtliche Parallelität angenommen wird; (b) Verbessertes Ergebnis mit strengere Parallelitätskriterium

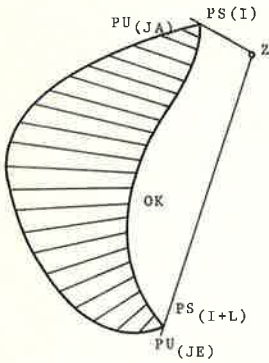


Abb. 6 Unterteilung der Unterkante in gleich lange Stücke zur gültigen Böschungslinienfestlegung bei ungültiger Lage des Zentrums punktes Z

3.4 Vom Bearbeiter festzulegende Parameter

Es können in den verschiedenen Teilen des Verfahrens Parameter festgelegt werden, die das Ergebnis beeinflussen. Diese betreffen die Definition eines konkaven BFL-Segments (Parameter ABST), die örtliche Parallelität (Parameter PAR), die zulässigen Längenunterschiede LGAN benachbarter Böschungslinien (Abb. 4) und die Unterschiede LAND von einem Zentrumspunkt Z zu den besetzten Punkten $PS(i)$, $PS(i+L)$ in Abb. 5. Die Wahl dieser Parameter ist an die Erfahrung des Bearbeiters mit verschiedenartigen Böschungsflächen gebunden und wird durch das erwünschte Ergebnis bestimmt.

4. Ergebnisse

Das hier beschriebene Problem ist die computergerechte Lösung einer graphischen Stilfrage. Dies sei in Abb. 7 näher illustriert. Abb. 7a zeigt eine echte Ringfläche, die zunächst nicht den ästhetischen Ansprüchen des Bearbeiters genügt. Es wird wohl die Bedingung (d) aus Abschnitt 2 erfüllt, es kommt also zu keinen schneidenden Böschungsschraffen, aber das Ergebnis entspricht nicht den Erwartungen des Betrachters. Die Ursache ist die Wahl des Parameters PAR für die örtliche Parallelität: da er zu groß vorgegeben wurde, wird hier die Parallelität in zu vielen Punkten als gegeben ermittelt. Auch der Parameter LAND ist zu groß: die Zentrumskorrektur wird durchgeführt, obwohl die Längen zu den gültigen OK-Punkten $PS(i)$ und $PS(i+L)$ sehr unterschiedlich sind.

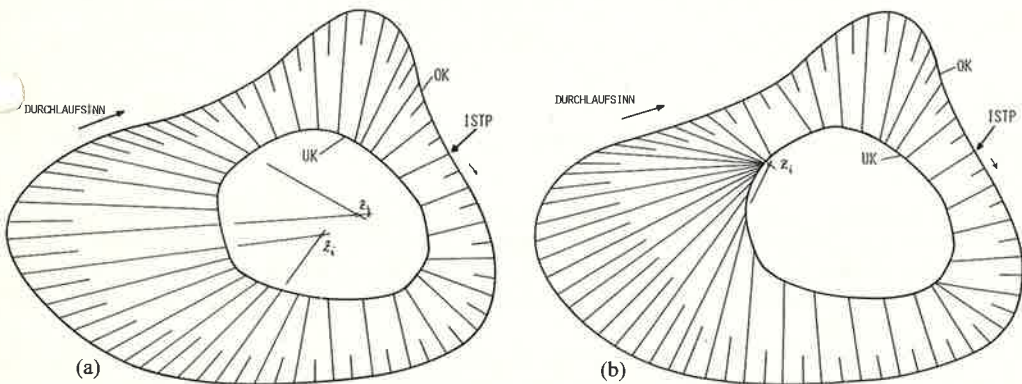


Abb. 7 Ergebnis der logisch richtigen Schraffen einer echten Ringfläche; (a) das Ergebnis ist nicht befriedigend, da zu oft örtliche Parallelität angenommen wird; (b) Verbessertes Ergebnis mit strengere Parallelitätskriterium

5. Schluß

Die automatischen Verfahren der graphischen Datenverarbeitung beinhalten eine Vielzahl von Problemen, welche bei erster Prüfung als trivial erscheinen, aber doch einen gewissen Aufwand zu ihrer Lösung verlangen. In der digitalen planimetrischen Kartierung am photogrammetrischen Auswertegerät, bei der Erstellung von Lageplänen aus anderen Messungen und aus analogen Vorlagen, sowie in gewissen Anwendungen der Digitalkartographie kann es notwendig sein, Böschungsfächen ohne Verwendung von Höheninformation in ansprechender Weise zu schraffieren. Die Schraffurlinien sollen einander nicht schneiden und auf die Böschungsoberkante möglichst senkrecht stehen. Für die Erfüllung dieser widersprechenden Forderungen wurde hier ein Verfahren beschrieben, welches sich bisher in der Praxis in einer Vielzahl von verschiedenartigen Böschungsfächen bewährt hat. Der Bearbeiter hat die Möglichkeit, das Ergebnis durch geeignete Parameterwahl weitgehend zu beeinflussen.

Das Verfahren ist derzeit an Rechnern des Typs PDP 11 und VAX implementiert. Der Bearbeiter erfaßt die Daten in einem gesonderten Schritt, die Schraffur ist als Routine in einem Plot-Paket vorgesehen. Die Bearbeitung am interaktiven graphischen Bildschirm ist möglich, so daß Parameteränderungen als Funktion des erhaltenen Ergebnisses vorgenommen werden können. Die benötigte Rechnerzeit fällt in beiden bisher benutzten Rechnertypen nicht ins Gewicht, da ein Ergebnis unmittelbar nach dem Durchführungsbefehl erhalten wird.

Dank

Die hier diskutierte Problemstellung entstand in praktischen Arbeiten der Firma Pipeline Engineering (PLE) in Essen. Herrn Dipl.-Ing. ANDERSEN und Herrn JÄGER von PLE seien für ihre Hinweise gedankt.

Die dargestellte Lösung wurde im Auftrag der Firma Messerschmitt-Bölkow-Blohm entwickelt, wobei die Herren Dr. FRITZER, ALT, und Dr. OESTERHELT befruchtende Gesprächspartner waren. Unserem Kollegen Dr. W. KROPATSCH (TU/FZ Graz) gebührt Dank für sein freizügiges Mitdenken und Anregen.

Referenzen

- BRASSEL, K. E. und R. FEGEAS (1979): An Algorithm for Shading of Regions on Vector Display Devices. Computer Graphics, Vol. 13, Nr. 2, S. 126-133.
 KRAAN, J. G. VAN DER, H. RIETVELD, M. TIENSTRA, W. J. H. IJZEREFF (1980): Digital Large Scale Resitution and Map Compilation Rijkswaterstaat Communications Nr. 30.

Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr. F. LEBERL, Dipl.-Ing. P. POINTNER, Institut für digitale Bildverarbeitung und Graphik, Forschungszentrum und Technische Universität Graz, Wastiangasse 6, A-8010 Graz

DK 528.225:629.19:621.396.962.33

Vorhaben und Ergebnisse des SFB 78 auf dem Gebiet der Dopplerpositionsbestimmung

Von W. SCHLÜTER, H. SEEGER und P. WILSON*

Abstract

This report describes the main activities in Doppler Positioning of the Sonderforschungsbereich 78 - Satellitengeodäsie (SFB 78). Several campaigns are described and the accuracy of the single point and of the multipoint positioning technique is estimated using both types of ephemeris, the broadcast and the precise ones.

* (Mitteilung aus dem Institut für Angewandte Geodäsie (Abtlg. II DGFI), Frankfurt a. Main).