

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: 90 (1992)

Heft: 2

Artikel: Digitale Landschaftsmodellierung : Stand und Entwicklung der digitalen Landschaftsmodellierung mit dem Topographischen Auswertesystem der Universität Hannover (TASH)

Autor: Buziek, G. / Grünreich, D. / Kruse, I.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-234811>

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: 01.05.2026

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

Reliefmodellierung notwendig sind. Dabei werden unterschieden:

- Bruchkanten,
- Tal- und Rückenlinien,
- markanten Punkte,
- Aussparungsflächen und
- Umringslinien.

Bei hydrographischen Vermessungen ist die Erfassung von morphologischen Zusatzinformationen in dieser Richtung nicht möglich. Die der DGM-Berechnung zugeführte Datenmenge besteht in diesem Fall allein aus dem 3D-Punkthaufen.

Zur Berechnung des DGM kann zwischen den Methoden der Gleitenden Flächen und der modifizierten Dreiecksvermaschung gewählt werden (Buziek/Hake 1991).

2.2 Die Methode der Gleitenden Flächen

Bei der Methode der Gleitenden Flächen wird bekanntlich das DGM-Gebiet mit einem regelmässigen Gitternetz überzogen und jedem Gitterpunkt eine Höhe zugeordnet, die durch Ansatz eines Flächenpolynoms aus den jeweils benachbarten Stützpunkthöhen interpoliert wird (Koch 1973). In TASH stehen folgende Polynomansätze zur Verfügung:

1. Ellipsoidische Fläche:

$$z_i = a_1 + a_2 \cdot x_i + a_3 \cdot y_i + a_4 \cdot x_i \cdot y_i + a_5 \cdot x_i^2 + a_6 \cdot y_i^2 \quad (2.2-1)$$

2. Hyperbolische Fläche:

$$z_i = a_1 + a_2 \cdot x_i + a_3 \cdot y_i + a_4 \cdot x_i \cdot y_i \quad (2.2-2)$$

3. Schrägebene:

$$z_i = a_1 + a_2 \cdot x_i + a_3 \cdot y_i \quad (2.2-3)$$

4. Horizontalebene:

$$z_i = a_1 \quad (2.2-4)$$

Der Anwender kann einen dieser Ansätze explizit wählen oder die Auswahl dem Programm überlassen. Dieses entscheidet nach einem statistischen Verfahren über den bestmöglich approximierenden Polynomansatz.

Von besonderer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die richtige Auswahl derjenigen Stützpunkte, die das Relief im Bereich eines Gitterpunktes repräsentieren. Zu diesem Zweck ist eine lokale Dreiecksvermaschung implementiert worden, die das Gitternetz mit Hilfe der erfassten Strukturlinien (z.B. Bruchkanten) morphologisch angepasst verdichtet (Abb. 1.). Damit wird erreicht, dass nur die Stützpunkthöhen in die DGM-Interpolation einbezogen werden, die vom Gitterpunkt aus gesehen z.B. vor einer Bruchkante liegen.

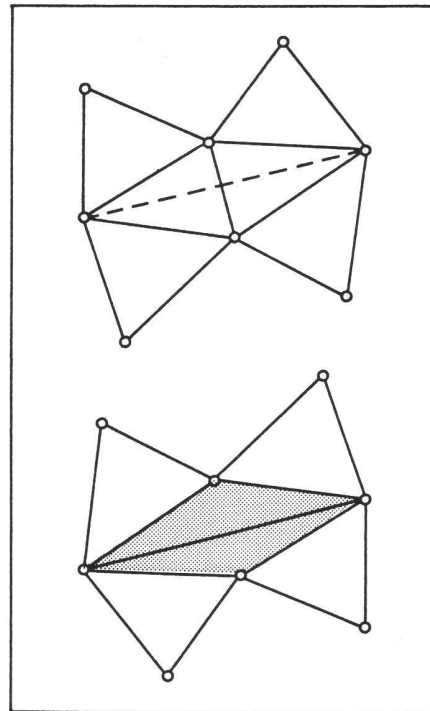


Abb. 2: Grundprinzip der Dreiecksvermaschung: a) fehlende Sollseite, b) hergestellte Sollseite.

2.3 Die Methode der modifizierten Dreiecksvermaschung

Zur Berechnung von digitalen Geländemodellen werden vielfach strenge Dreiecksvermaschungsmethoden eingesetzt. Diesen Algorithmen ist es allerdings nicht möglich, linienhafte Geländeformationen im Zuge der Vermaschung zu berücksichtigen. Es wurde daher ein Verfahren entwickelt, welches eine Dreiecksvermaschung nach Delaunay in Verbindung mit Dreiecksvermaschung vornimmt, um die zur morphologisch richtigen Wiedergabe des Geländes wichtigen Strukturinformationen im Dreiecksnetz herauszubilden.

Die in TASH implementierte Version des Delaunay-Algorithmus berechnet im Verlauf der Vermaschung auch die Nachbar-

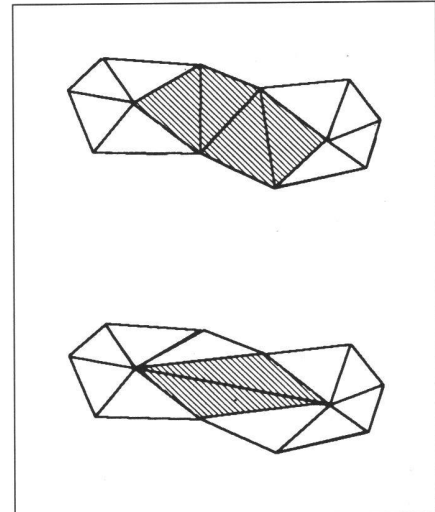


Abb. 3: Iterative Dreiecksvermaschung: a) Dreiecksvermaschung vor der Umbildung, b) Dreiecksvermaschung nach der Umbildung.

schaftsbeziehungen zwischen den Dreiecken. Die dem Netz eigene Topologie erlaubt es, gezielt Dreiecke und deren Nachbardreiecke anzusprechen, um schnell lokale Modifikationen im Dreiecksnetz vorzunehmen.

Um das Grundprinzip der Dreiecksvermaschung zu veranschaulichen, sei der in Abbildung 2 skizzierte Trivialfall dargestellt. Die gestrichelt gezeichnete Linie wurde bei der Dreiecksvermaschung aufgrund des eingehaltenen Winkelkriteriums nicht gebildet. Über einfache Suchprozesse wird das Dreieck erkannt, das einen Anfangspunkt der zu bildenden Seite enthält und dessen gegenüberliegende Dreiecksseite die Sollseite schneidet. Enthält das an dieser Seite anschliessende Dreieck bereits den Endpunkt der Sollseite und ist dieses Dreieckspaar umgebende Hülle konvex, kann in diesem Fall durch Vertauschen der Diagonalen die Sollseite sofort gebildet werden. Die sich bei der Umbildung ändernden Nachbarschaftsrelationen werden mit berücksichtigt.

In der Regel liegen aber solche Trivialfälle nur selten vor. Um komplizierte Fälle zu lösen wurde daher das Verfahren der iterativen Dreiecksvermaschung entwickelt (Buziek 1990) (Abb. 3).

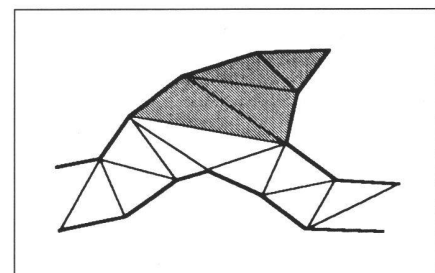


Abb. 4: Durch Plateaubildung (grau) eingeschränkter Interpolationsbereich.

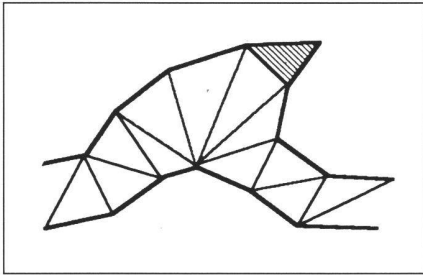


Abb. 5: Durch Dreiecksbildung erweiterter Interpolationsbereich.

Abbildung 4 veranschaulicht eine ungünstige Dreiecksbildung zwischen den Geländepunkten.

Bei DGM-Berechnungen aus digitalisierten Höhenlinien kann die Dreiecksvermaschung Dreiecke auf gleichem Höhenniveau hervorbringen. Eine solche, zu morphologisch falschen Höhenlinien führende Plateaubildung lässt sich ebenfalls durch die iterative Dreiecksbildung korrigieren. Abbildung 5 gibt die morphologisch korrekte Dreiecksbildung wieder. Lediglich der schraffierte Bereich wird nicht zur Isolineninterpolation verwendet.

Mit der Erweiterung von TASH um die Methode der modifizierten Dreiecksvermaschung (MDV) wird dem Anwender die Möglichkeit gegeben, Punktfelder mit vorwiegend linienhafter Struktur (z.B. digitalisierte Isolinen) morphologisch optimal zu verarbeiten.

Untersuchungen zum Laufzeitverhalten bei max. 120 000 Stützpunkten haben gezeigt, dass die am IfK entwickelte Version zur Dreiecksvermaschung in guter Näherung einem Algorithmus der Ordnung $O(N \cdot \log N)$ zuzuordnen ist. In der Laufzeit ist neben der eigentlichen Vermaschung auch die Aufbereitung des Datensatzes nach der «Divide and Conquer»-Methode sowie die Bestimmung der Dreiecksrelationen enthalten.

3. Möglichkeiten der DGM-Auswertung mit TASH

3.1 Ableitung von Isolinen

Eine der Hauptanwendungen des Digitalen Geländemodells ist die Ableitung von Isolinen. Diese kann entweder auf der Grundlage des Dreiecksnetzes oder gestützt auf das regelmässige Gitter erfolgen. Dazu werden zunächst die Stützpunkte des Isolinenpolygons in den Maschen (Gitter bzw. Dreieck) linear interpoliert. In beiden Fällen werden die morphologischen Strukturinformationen berücksichtigt (vgl. 2.2 und 2.3).

In einem weiteren Verarbeitungsschritt kann das aus der Interpolation resultierende Höhenlinien-Stützpunktpolygon in Abhängigkeit vom Brechungswinkel ge-

streckt werden. Je drei benachbarte Punkte bilden ein Dreieck (Abb. 6); der jeweils mittlere Punkt bildet den Scheitel. Dieser wird um den Faktor $A = s \cdot \cos\left(\frac{\gamma}{2}\right)$ in Richtung auf die Mitte der gegenüberliegenden Dreiecksseite verschoben. In Bereichen mit enger Isolinienscharung können so kritische Isolinenverläufe beeinflusst werden.

Der Exponent n bestimmt in den nachstehenden Formeln das Mass der Glättung. n kann vom Anwender im Bereich von 1 bis 10 frei gewählt werden.

$$x_i = x_i + s_{i,i} \cdot \sin t_i \quad (3.1-1)$$

$$y_i = y_i + s_{i,i} \cdot \cos t_i \quad (3.1-2)$$

$$s_{i,1} = \cos^n\left(\frac{\gamma}{2}\right) \cdot s_{iHPi} \quad (3.1-2)$$

$$x_{HPi} = \frac{x_{i-1} + x_{i+1}}{2} \quad (3.1-3)$$

$$y_{HPi} = \frac{y_{i-1} + y_{i+1}}{2} \quad (3.1-4)$$

Die Ausrundung der Isolinen erfolgt mit einem Polynom 5. Grades, dessen Krümmungscharakteristik durch den Exponenten n indirekt gesteuert wird (Kruse 1979). Abbildung 7 zeigt als Beispiel die Isolinen einer mittelalterlichen Befestigungsanlage in Niedersachsen. Grundlage für die Isoli-

nienableitung ist die zuvor erfolgte Berechnung eines regelmässigen Gitters. Zur morphologisch korrekten Wiedergabe der Höhenlinien wurden im Zuge der tachymetrischen Vermessung der Anlage die Bruchkanten und Geripplinen gezielt mit erfasst.

Die Höhenliniennzahlen wurden automatisch plaziert. Entlang einer Linie wird die Höhenangabe mit Hilfe eines Zufallsgenerators plaziert. Unter Beachtung der Gefällrichtung wird die Standlinie der Höhenbezeichnung stets hangabwärts ausgerichtet.

3.2 Berechnung von Profilen

Zur Berechnung eines Profils ist die Eingabe der Lagekoordinaten des Anfangs- und Endpunktes (A und B in Abbildung 8) notwendig. Die Stationierung im Profil muss ebenfalls vom Benutzer vorgegeben werden. Ist das mit TASH erzeugte Gitter im Profilbereich über lokale Dreiecke verdichtet worden, so werden diese Informationen auch im Profil berücksichtigt.

Das mit TASH erzeugte Ergebnis zeigt Abbildung 8.

3.3 Berechnung von digitalen Differenzenmodellen

Werden TASH Geländemodelle zugeführt, die jeweils mit gleichem Koordinatensprung und identischer Maschenweite be-

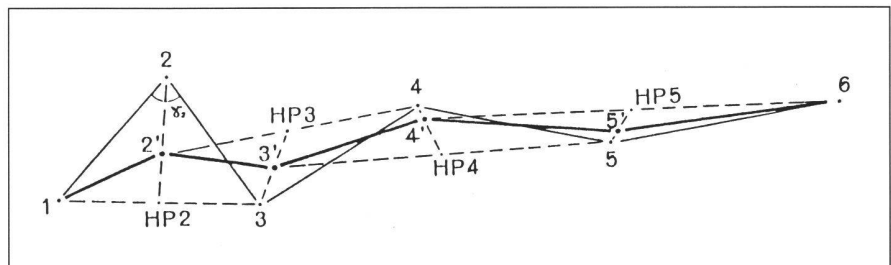


Abb. 6: Glättung eines Isolinenpolygons.

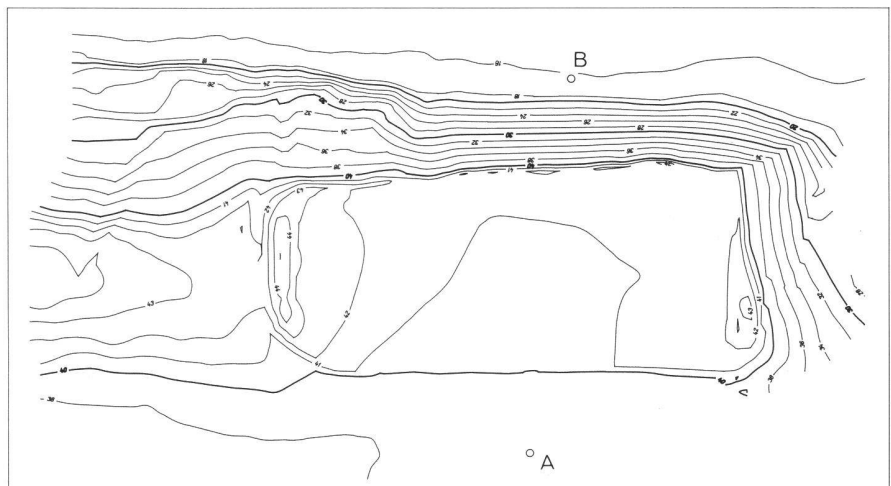


Abb. 7: Isolinen eines mittelalterlichen Kastells (A und B kennzeichnen einen Vertikalschnitt).

4. Ausblick

Die vorstehenden Ausführungen zeigen, dass TASH zu einem ausgereiften Programmsystem für die geometrisch genaue und morphologisch richtige Modellierung des Geländereiefs sowie für die Ableitung verschiedener DGM Produkte entwickelt worden ist. Der Anwendungsschwerpunkt des Programmsystems liegt im Bereich der Topographie, der Hydrographie und der Hydrologie. Darüber hinaus zeichnen sich weitere Anwendungen in der Geomorphologie, der Geoökologie, der Meteorologie und der Bathymetrie ab. Hierfür sind unter anderem folgende methodische und programmtechnische Erweiterungen geplant:

- Berechnung zusätzlicher Reliefparameter, wie z.B. horizontale und vertikale Krümmungen, Abstand von einem beliebigen Punkt zur Tallinie;
- Generalisierung von gemessenen DGM (z.B. aus Fächerecholotungen) und von gerechneten DGM (z.B. Ableitung eines Digitalen Geländemodells geringerer räumlicher Auflösung unter Berücksichtigung der Strukturinformationen);
- zusätzliche Visualisierungsfunktionen, wie z.B. Berechnung kartographischer Darstellungen von Höhen- und Tiefenschichten, Hangneigungen, Expositionen in Rasterform;
- kombinierte Bearbeitung von Situations- und Reliefdarstellungen im Wege der kombinierten Vektor- und Rasterdatenverarbeitung unter Einschluss eines hybriden kartographisch-interaktiven Arbeitsplatzes (z.B. Grünreich 1991).

Weitergehende Entwicklungen ergeben sich aus der Forderung nach einer umfassenden räumlichen (3D-) Modellierung der Landschaft, die in Zusammenhang mit dem Aufbau und der Anwendung von Geo-Informationssystemen (GIS) erhoben wird (z.B. Grünreich 1990). Dafür sind die Situationsobjekte dreidimensional zu modellieren und mit dem DGM zu verbinden. Zur

Realisierung dieser Forderung sind Untersuchungen und Entwicklungen zur Erfassung und Integration der dritten Dimension von Geoobjekten in die bestehenden zweidimensionalen DSM, zur umfassenden räumlichen Analyse und zur kartographischen Visualisierung geplant.

Literaturhinweise:

- AdV (Hrsg.) (1980): Erprobung von Höhenlinieninterpolationsprogrammen – Schlussbericht. Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder. Bonn 1980.
- Buziek, G. (1990): Neuere Untersuchungen zur Dreiecksvermaschung. Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen (NaKaVerm), Reihe I, Heft Nr. 105, 1990.
- Buziek, G., Hake, G. (1990): Feintopographische Vermessung ausgewählter Küstenbereiche zur Bestimmung morphologischer Analyseeinheiten. Schlussbericht eines vom BMFT geförderten Projektes, Wiss. Arbeiten d. FR Vermessungswesen d. Universität Hannover, Nr. 171, Hannover 1991, in Druck.
- Buziek, G., Schleider, W. (1991): Digitales Geländemodell Küste (DIGEKÜ) – Grundlagen und Aufgabe. Die Küste, 1991, in Druck.
- Claussen, H., Kruse, I. (1988): Application of the DTM-Programm TASH for Bathymetric Mapping. International Hydrographic Review, Monaco LXV (2), Juli 1988.
- Grundey, M., Hake, G. (1976): Herstellung topographischer Grundkarten im Wege der Registriertachymetrie. AVN 83, (1976) S. 59–71.
- Grundey, M., Kruse, I. (1976): Berechnung und Auswertung von digitalen Flächenmodellen. AVN 85 (1978) S. 100–108.
- Grünreich, D. (1990): ATKIS – Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem der Landesvermessung. Geo-Informationssysteme Heft 4/90, Wichmann Verlag, Karlsruhe.
- Grünreich, D. (1991): Automationsgestützte Kartenfortführung mittels Vektor- und Rasterdatenverarbeitung. In: Schilcher M. (Hrsg.): Geo-Informatik – Anwendungen, Erfahrungen, Tendenzen. Beiträge zum Intern. Anwenderforum 1991, GH Duisburg, Verlag: Siemens AG, Berlin u. München, S. 167–174.

Hake, G. (1975 und 1976): Kartographie I und II. Slg. Göschen Bd. 2165 u. 2166, W. die Gruyter-Verlag, Berlin-New York.

Höper, D. (1983): Anwendung Digitaler Geländemodelle zur Kartenherstellung für den wasserwirtschaftlich orientierten Ingenieurbau. Bildmessung und Luftbildwesen, BuL 51 1983, Heft 1, S. 47–56.

Höper, D. Kruse, I. (1979): Flurabstandskarte auf der Grundlage digitaler Flächenmodelle. Vermessungswesen und Raumordnung. VR 41 1979, S. 1–12

Koch, K. R. (1973): Digitales Geländemodell und automatische Höhenlinienzeichnung. ZfV 98 (1973), S. 346–352.

Kurse, I. (1979): Ein System zur EDV-unterstützten Herstellung topographischer Grundkarten. Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen (NaKa Verm), Reihe I, 1979, Heft 79, S. 85–107.

Kruse, I. (1987): TASH – Ein Programmsystem zur Berechnung von digitalen Geländemodellen (DGM) und zur Ableitung von Isoliniendarstellungen. IfK, Universität Hannover, 4. Kontaktstudium, 17.–19. März 1987, Beitrag Nr. 13.

Stache, B. (1974): Ein Betrag zur Automation der Herstellung grossmassstäbiger topographischer Karten durch elektronische Tachymetrie. Wiss. Arbeiten d. FR Vermessungswesen d. Universität Hannover, Nr. 58, Hannover 1974.

Adresse der Verfasser:

Dipl.-Ing. G. Buziek
Prof. Dr.-Ing. D. Grünreich
Dipl.-Ing. I. Kruse
Institut für Kartographie
Universität Hannover
Appelstrasse 9a
D-3000 Hannover 1

LIS/GIS-Marktübersicht

Neue, überarbeitete und erweiterte Auflage!

Anhand von über 60 Kriterien werden die folgenden Systeme beschrieben:

ADALIN, APIC ARC/INFO, ARGIS.4GE, C-PLAN, CART/O/INFO, GEOPOINT, GEOS4, GIMS, GRADAS-GEO, GRADIS-GIS, GRIPS, GRIVIS, MAPIX, INFOCAM, INTERGRAPH, SICAD, SPANS, SYSTEM-9

Weitere Informationen unverbindlich bei:

Martin Vogt
Fellenbergstrasse 8, 3053 Münchenbuchsee
Telefon 031 / 869 11 08

Zu verkaufen

Flachtischplotter Kern-GP1

Konfiguration:

Zeichenfläche max: 1400 x 1200 mm

Geschwindigkeit: 37 cm/sec

Beschleunigung: 0,6 g

Pen Arten: Kugelschreiber, Prontographen, Gravurnadeln

Medien: Papier, Folien, Platten

Offline an Bandstation oder via PC an Mainframe zu betreiben.

Neigung der Arbeitsfläche möglich.

Sämtliches Zubehör sowie Software vorhanden.

Verhandlungsbasis: Fr. 20000.–

Kaufangebote bitte unter Chiffre L-05-735470 an Publicitas,
Postfach 2693, CH-3001 Bern 1