

EIN DIGITALES GELANDEMODELL AUS ANALYTISCHEN DARGESTELLTEN HÖHENLINIEN

Hideo NAKAMURA*

1. Aus Höhenlinien aufgebautes digitales Geländemodell

Fast alle bis jetzt vorgeschlagenen digitalen Geländemodelle approximieren das Gelände durch Flächen, welche mit Funktionen $z=f(x, y)$ beschrieben werden können. Es gibt aber noch eine andere Art, das Gelände analytisch darzustellen, nämlich durch Approximation der Höhenlinien durch Gleichungen $f(x, y)=0$ und $z=\text{konstant}$.

Die Darstellung des Geländes durch Höhenlinien hat einen grossen, in der Natur dieser Linien liegenden Vorteil : Je komplizierter die Topographie, desto dichter liegen die Höhenlinien. Daraus ergibt sich eine von der Geländegestalt unabhängige Genauigkeit der Approximation. Werden die Grunddaten für die Konstruktion des digitalen Geländemodells, die Koordinaten von Geländepunkten, nicht photogrammetrisch gemessen, sondern aus vorhandenen topographischen Karten entnommen, so besteht ein anderer Vorteil darin, dass wegen $z=\text{konstant}$ nur die planimetrischen Koordinaten der Punkte auf den Höhenlinien zu messen sind. Dieser Prozess kann ohne weiteres mit einem Koordinatenmessgerät durchgeführt werden.

2. Die Grundlagen der analytischen Darstellung der Höhenlinien

Im allgemeinen ist die Figur einer Höhenlinie derart kompliziert, dass es nicht leicht ist, eine Gleichung $f(x, y)=0$ zu finden, mit der die Höhenlinie genau angenähert wird. Zerlegt man aber diese Linie in die beiden Komponenten der x - und y -Koordinate und repräsentiert jede durch eine Funktion eines Parameters t , erhält man einfachere Figuren. (Abbildung 1) Diese Kurven $x=f_x(t)$ und $y=f_y(t)$ können jeweils mit Fourierreihen genau approximiert werden.

Die Fourierreihe einer Funktion $f(t)$ ist

$$f(t) = \sum_{i=1}^{\infty} C_i \varphi_i(t) \dots\dots\dots (1)$$

* Dr.-Eng. Associate Professor of Tokyo Institute of Technology

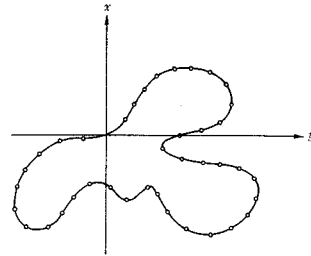


Abb. 1 (a) Eine geschlossene Höhenlinie

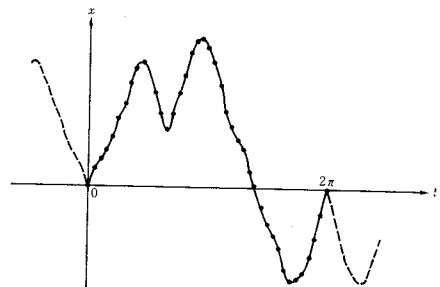


Abb. 1 (b) Parameterdarstellung der x -Koordinate der Höhenlinie

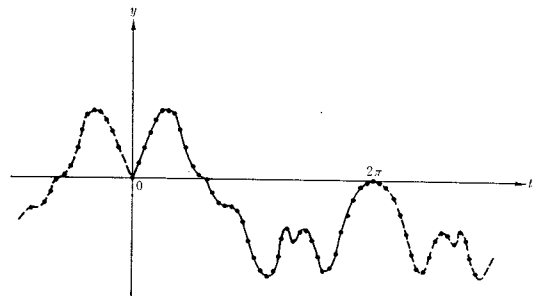


Abb. 1 (c) Parameterdarstellung der y -Koordinate der Höhenlinie

Dabei ist $\{\varphi_i(t)\}_{i \in \mathbb{N}}$ bezüglich eines gewissen Intervalls $[a, b]$ ein orthogonales Funktionensystem, d.h. es gibt $\int_a^b \varphi_i(t) \cdot \varphi_j(t) dt = \delta_{ij}$ mit dem Kroneckersymbol δ_{ij} .

Multipliziert man für $i=1, 2, \dots$ beide Seiten von (1) mit $\varphi_i(t)$ und integriert über $[a, b]$, so erhält man daher

$$C_i = \int_a^b f(t) \cdot \varphi_i(t) dt \dots\dots\dots (2)$$

Es ist praktisch nicht möglich, mit der unendlichen Reihe (1) von $f(t)$ zu arbeiten. Deshalb müssen wir $f(t)$ durch eine endliche Summe

$$g(t) = \sum_{i=1}^n r_i \varphi_i(t) \dots\dots\dots (3)$$

approximieren und suchen diejenigen Koeffizienten r_i , welche das Integral

$$J = \int_a^b [f(t) - g(t)]^2 dt$$

minimalisieren. Es ist mit (2)

$$\begin{aligned} J &= \int_a^b [f(t) - \sum_{i=1}^n r_i \varphi_i(t)]^2 dt \\ &= \int_a^b f(t)^2 dt - 2 \sum_{i=1}^n C_i r_i + \sum_{i=1}^n r_i^2 \\ &= \int_a^b f(t)^2 dt - \sum_{i=1}^n C_i^2 + \sum_{i=1}^n (C_i - r_i)^2 \dots\dots (4) \end{aligned}$$

Da $\int_a^b f(t)^2 dt - \sum_{i=1}^n C_i^2$ von den r_i unabhängig ist, wirt J für $r_i = C_i$ minimal.

Nimmt man daher in (3) für die r_i die Fourierkoeffizienten C_i der Funktion $f(t)$, so ist $g(t)$ die beste Approximierende von $f(t)$ im Sinne der mittleren Approximation.

Hat die Funktion $x=f(t)$ die Periode 2π , kann sie folgendermassen entwickelt werden :

$$x=f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{i=1}^{\infty} (a_i \cos it + b_i \sin it) \dots (5)$$

Da die Funktionen $\cos it$ und $\sin it$ für $i=1, 2, \dots$ über $[-\pi, \pi]$ ein orthogonales Funktionssystem bilden, ergibt sich für die Koeffizienten a_i und b_i nach (2) :

$$a_i = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(t) \cos it dt \quad i=0, 1, 2, \dots\dots (6)$$

$$b_i = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(t) \sin it dt \quad i=1, 2, \dots\dots (7)$$

Die Berechnung vereinfacht sich bei geraden oder ungeraden Funktionen. Falls $f(t)$ gerade ist, d.h. $f(t) = f(-t)$, so wird $b_i=0$ und

$$x=f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{i=1}^{\infty} a_i \cos it dt \dots\dots (8)$$

mit

$$a_i = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} f(t) \cos it dt \quad (i=0, 1, 2, \dots) \dots (9)$$

Falls $f(t)$ ungerade ist, d.h. $-f(t) = f(-t)$, so wird $a_i=0$ und

$$x=f(t) = \sum_{i=1}^{\infty} b_i \sin it dt \dots\dots (10)$$

mit

$$b_i = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} f(t) \sin it dt \quad (i=1, 2, \dots) \dots (11)$$

Eine Höhenlinie ist eigentlich immer geschlossen, undsie könnte daher gut durch ungerade Funktionen $x=f_x(t)$ und $y=f_y(t)$ mit einer Periode 2π approximiert werden. Aber in dem begrenzten Bereich eines digitalen Geländemodells gibt es auch nicht geschlossene Höhenlinien. Man erkennt aus Abbildung 2., dass die Koordinaten-Funktionen dieser

nicht geschlossenen Höhenlinien stetig über die ganze t -Achse fortgesetzt werden können, wenn man sie als gerade periodische Funktion annimmt. Deshalb nehmen wir zur Approximation der nicht geschlossenen Höhenlinien gerade trigonometrische Funktionen.

Bei der Konstruktion des digitalen Geländemodells sind die Funktionen $x=f_x(t)$ und $y=f_y(t)$ noch nicht bekannt, sondern die Koordinaten x und y einzelner Punkte der entsprechenden Höhenlinie. Die Koeffizienten der Funktionen (8) und (10) müssen durch numerische Integration von (9) und (11) bestimmt werden.

Nehmen wir an, dass es $p+1$ Punkte mit den Koordinaten x_i und y_i ($i=1, 2, \dots, p$) auf einer gewisser Höhenlinie gibt. Wir weisen dem Punkt $P_i(x_i, y_i)$ den Parameterwert $t_i = \pi i/p$ zu. Bei der Approximation mit einer geraden Funktion ist

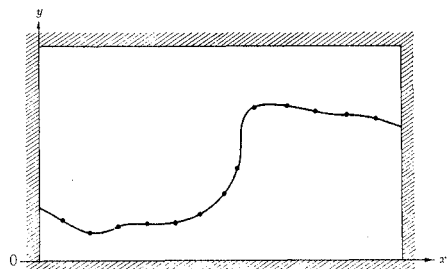


Abb. 2 (a) Eine nicht geschlossene Höhenlinie

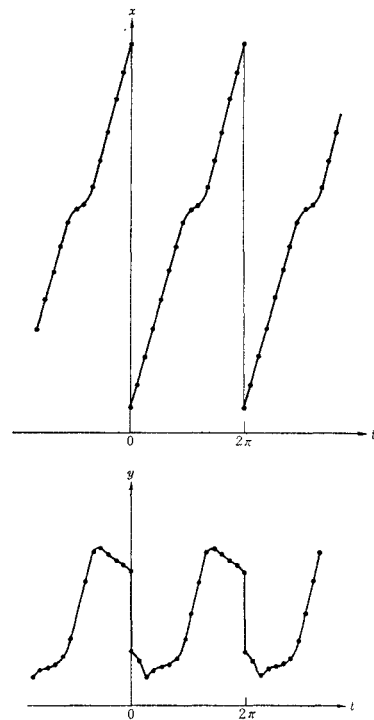


Abb. 2 (b) Parameterdarstellung der Höhenlinie als periodische Funktionen

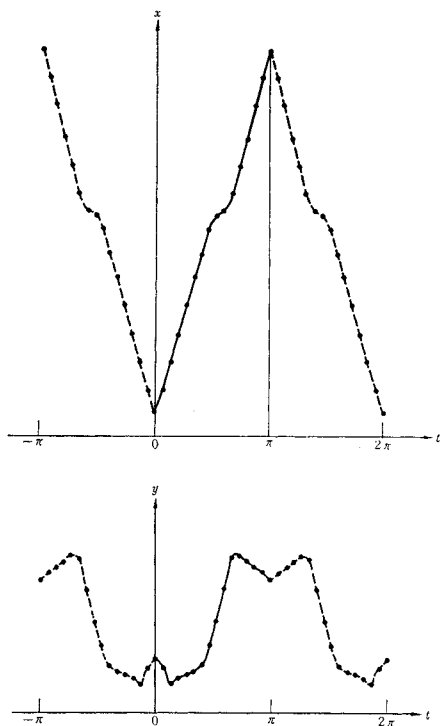


Abb. 2 (c) Parameterdarstellung der Höhenlinie als gerade periodische Funktionen

$$a_i = \frac{1}{p} \left[x_0 + (-1)^i x_p + (x_1 + (-1)^i x_{p-1}) \cos \frac{\pi}{p} i + (x_2 + (-1)^i x_{p-2}) \cos 2 \frac{\pi}{p} i + \dots + (x_{p-1} + (-1)^i x_1) \cos (p-1) \frac{\pi}{p} i \right] \dots (12)$$

Bei der Approximation mit einer ungeraden Funktion setzt man $x_0 = x_p$ und $\bar{x}_i = x_i - x_0$, und es ist

$$b_i = \frac{1}{p} \left[(\bar{x}_1 + (-1)^{i-1} \bar{x}_{p-1}) \sin \frac{\pi}{p} i + (\bar{x}_2 + (-1)^{i-1} \bar{x}_{p-2}) \sin 2 \frac{\pi}{p} i + \dots + (\bar{x}_{p-1} + (-1)^{i-1} \bar{x}_1) \sin (p-1) \frac{\pi}{p} i \right] \dots (13)$$

Nicht geschlossene Höhenlinien werden auf diese Weise an den Stellen $t = k\pi$ ($k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$) nur schlecht approximiert, weil an diesen Stellen die Koordinatenfunktionen nicht differenzierbar sind. Wir beheben diesen Mangel, indem wir zusätzlich zu den $p+1$ gemessenen Punkten einige Hilfspunkte hinzufügen, so dass insgesamt eine differenzierbare Funktion entsteht. Auf diese Weise wurde in Abbildung 3. die punktierte Linie erzeugt.

3. Das Rechenprogramm

Am Institut für Anwendungen der Geodäsie im Bauwesen, Universität Stuttgart, wurde ein Rechenprogramm für das aus Höhenlinien aufgebaute D.G. M. (digitales Geländemodell) entwickelt. Es besteht aus den Teilen :

1. Konstruktion des digitalen Geländemodells
2. Höhenberechnung von Punkten längs eines Profils
3. Kartierung (Zeichnen einer Höhenlinienkarte)

(1) Konstruktion des digitalen Geländemodells

In diesem Programmteil werden die Koordinaten der gegebenen Geländepunkte längs einer Höhenlinie samt der entsprechenden Höhe eingelesen, die Fourierkoeffizienten jeder Linie berechnet und geeignet abgespeichert. Die zunächst in einem beliebigen Koordinatensystem gegebenen Koordinaten der Geländepunkte werden mittels einer Helmerttransformation ins Landeskoordinatensystem umgeformt.

Dieser Programmteil gestattet auch die Behandlung von Grenzlinien verschiedener Bodenbedeckungen und geologischer Formationen, und zwar analog zur Berechnung der Höhenlinien. Statt der Höhe gibt man jetzt für jede Seite der Grenzlinie charakteristische Namen an. Der erste gehört zur linken Seite, der zweite zur rechten, gesehen in der Richtung, in welcher die Nummern der eingegedenen Gelände-

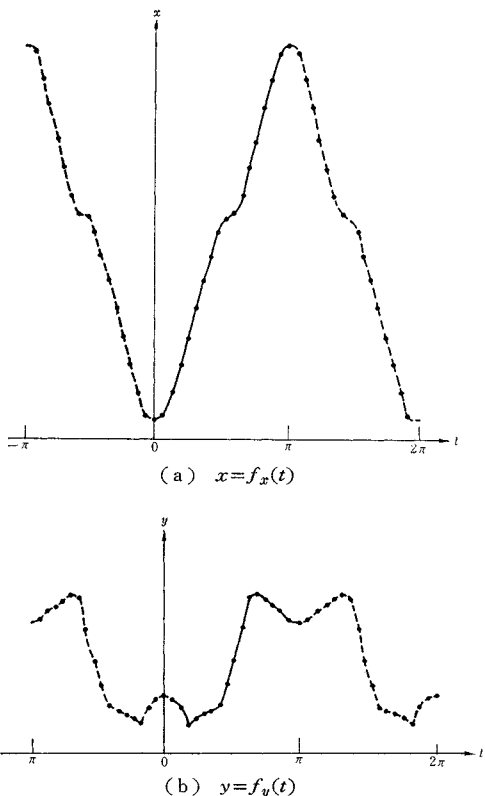


Abb. 3 Die verbesserte Koordinationfunktionen

punkte der Linie zunehmen.

Um keine Rechenzeit für eine nutzlose Suche nach einem Durchstosspunkt eines Profils bei der Interpolation zu verschwenden, müssen auch die grössten und kleinsten Werte der x - und y -Koordinaten jeder Linie gespeichert werden.

(2) Höhenberechnung von Punkten längs eines Profils

Die Schnittpunkte der Höhenlinien (Abbildung 4)

$$x=f_x(t), y=f_y(t) \dots\dots\dots(14)$$

mit der Querprofilinie

$$\alpha x + \beta y = 1 \dots\dots\dots(15)$$

werden im Grundriss gesucht.

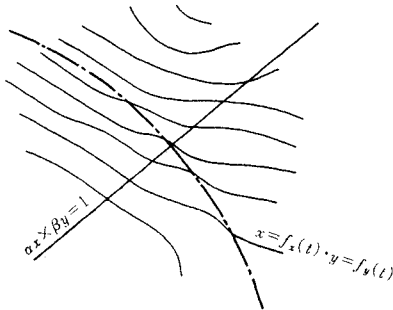


Abb. 4 Querprofilinie

Da es kein praktisches Verfahren gibt, die Lösungen direkt zu berechnen, muss man sie iterativ bestimmen. Zunächst erhält man aus (14) und (15) durch Ersetzen eine Bestimmungsgleichung für t :

$$F(t) = \alpha f_x(t) + \beta f_y(t) - 1 = 0 \dots\dots\dots(16)$$

Um einen Näherungswert für eine Wurzel dieser Gleichung zu finden, berechnen wir für alle $t_i = \frac{\pi}{p} i$ ($i=0, 1, 2, \dots, p$) die Funktionswerte $F(t_i)$. Gibt es einen Werte t_k , für welche $|F(t_k)| \leq \Delta$ mit einem vorgegebenen Positiven Δ ist, berechnet man $F(t)$ für alle $t_j = \frac{\pi}{p} (k - 1/2 + j/8)$ mit $j=0, 1, 2, \dots, 8$ und sucht jene t_j , bei denen eventuell $F(t_j) \cdot F(t_{j+1}) \leq 0$ wird. Gibt es einen solchen Wert, wird

$$t^0 = t_j + \frac{\pi F(t)}{8 p [F(t_j) - F(t_{j+1})]} \dots\dots\dots(17)$$

als Anfangsnäherung für eine Wurzel genommen, $F(t)$ an dieser Stelle linealisiert,

$$F(t) = F(t^0) + \left[\alpha \left(\frac{df}{dt} x \right)_{t^0} + \beta \left(\frac{df}{dt} y \right)_{t^0} \right] \cdot \Delta t \dots\dots\dots(18)$$

und die Wurzel iterativ berechnet.

Bei diesem Verfahren kann es vorkommen, dass wegen schlechten Schrittbedingungen Wurzeln nicht gefunden werden, doch ist die Wahrscheinlichkeit für solche Fälle so gering, dass dieser Mangel erlaubt sein wird.

Das Programm liest zuerst die Koordinaten des Achspunktes, durch welchen das Profil gehen soll, und

der Richtungswinkel des Profils ein und sucht dann diejenigen Höhenlinien, welche für die Schnittpunkt-berechnung überhaupt in Frage kommen. Diese Überprüfung wird mit Hilfe der maximalen und minimalen Werte der Koordinaten von Punkten der Höhenlinien durchgeführt.

Aus den Koordinaten der Schnittpunkte berechnet man den Abstand zur Achse und ordnet damit die Punkte zusammen mit der Höhe der entsprechenden Höhenlinie bzw. den charakteristischer Namen, falls es sich nur eine Begrenzungslinie handelt.

(3) Kartierung

Der Programmteil für die Kartierung liest die Höhe der Höhenlinie bzw. den charakteristischen Namen der Begrenzungslinie, die gezeichnet werden soll, und berechnet für alle $t_i = \frac{\pi}{mp} i$ ($i=0, 1, 2, \dots, mp$) die entsprechenden x - und y -Koordinaten. Hierbei ist m einzugebender Parameter, der den Punktabstand auf der Linie festlegt. Der Computer gibt einen Lochstreifen für die automatische Kartierung aus.

4. Beispiel eines Höhenliniengeländemodells

Ein Beispiel des vorgeführten digitalen Geländemodells wurde mit den Daten des Testfeldes von Pecny berechnet, wo die tschechischen Kollegen eine internationale Untersuchung über digitale Geländemodelle durchführen. Das Testgelände umfasst etwa 17 ha. Die planimetrischen Koordinaten werden von Punkten mit einem mittleren Abstand von 2 m entlang der Höhenlinien gemessen. Die Gesamtanzahl der Messpunkte ist etwa 1700 (durchschnittlich 100 Punkte/ha). Abbildung 5 vermittelt einen Eindruck von der Verhältnissen. Das von diesen Punkten konstruierte digitale Geländemodell ist in Abbildung 6 gezeigt. Um die Abweichungen der gerechneten von den gemessenen Höhenlinien zu zeigen, sind in Abbildung 7 beide Karten übereinander gezeichnet. Wie man sieht, ist die Approximation sehr gut. In Abbildung 8 haben wir jenes Modell, bei dem zur Konstruktion jeder zweite gegebene Punkt weggelassen worden ist. Interessanterweise werden dabei aus den kleinen Spitzen der Höhenlinien des ersten Modells hier kleine Schlingen. Die Abweichung bei den glatten Teilen ist auch bei diesem Modell nicht sehr gross. Der Abstand der gegebenen Punkte darf also ziemlich gross sein, ohne dass die Abweichungen gewisse Grenzen übersteigen.

Über die Genauigkeit der Höheninterpolation entlang von Profilen kann noch nicht viel gesagt werden, da zu wenig Vergleichsdaten vorliegen. In

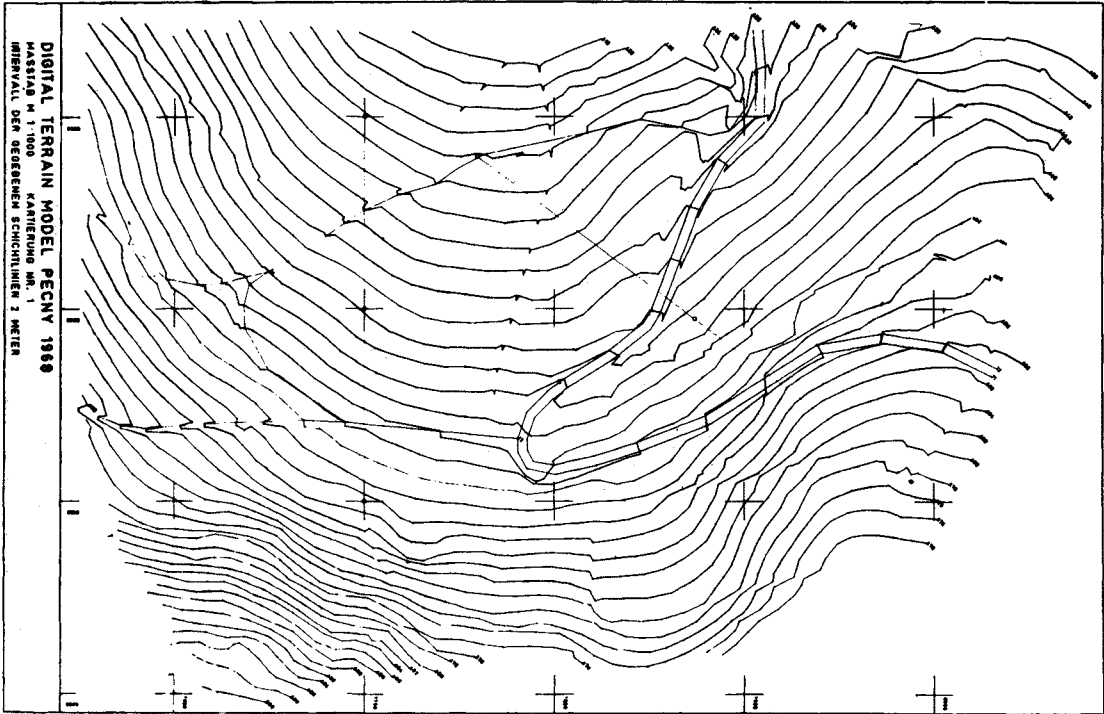


Abb. 5 Das Testgelände von Pecny mit Messpunkten

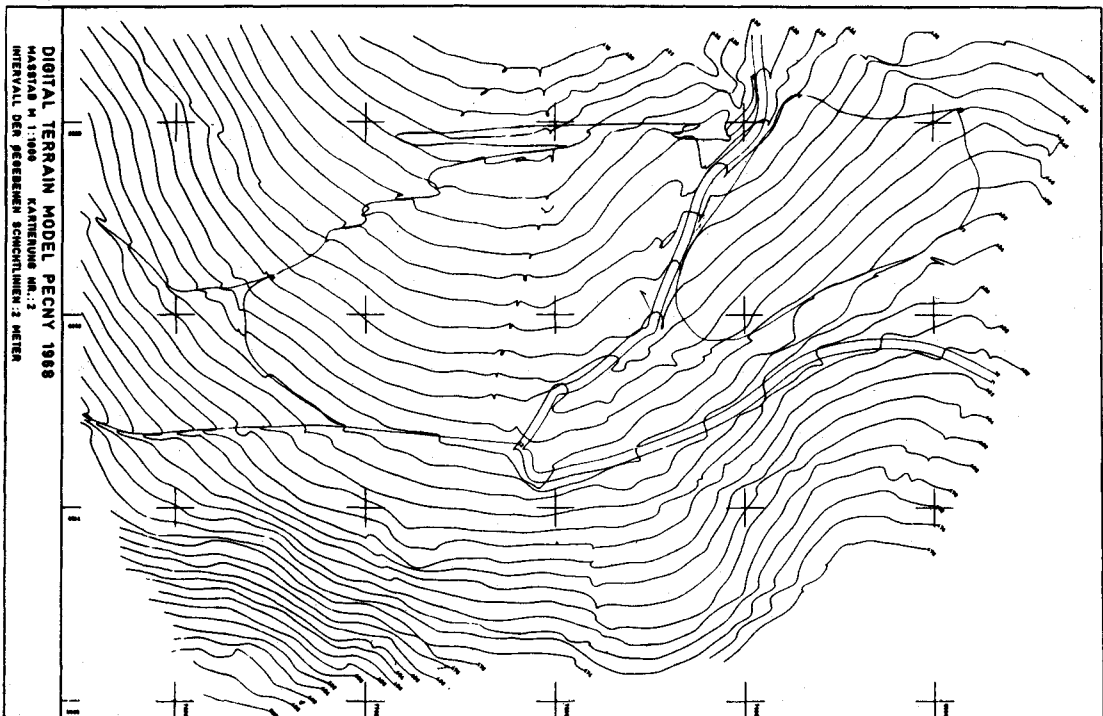


Abb. 6 Das aus 1700 Messpunkten konstruierte digitale Geländemodell

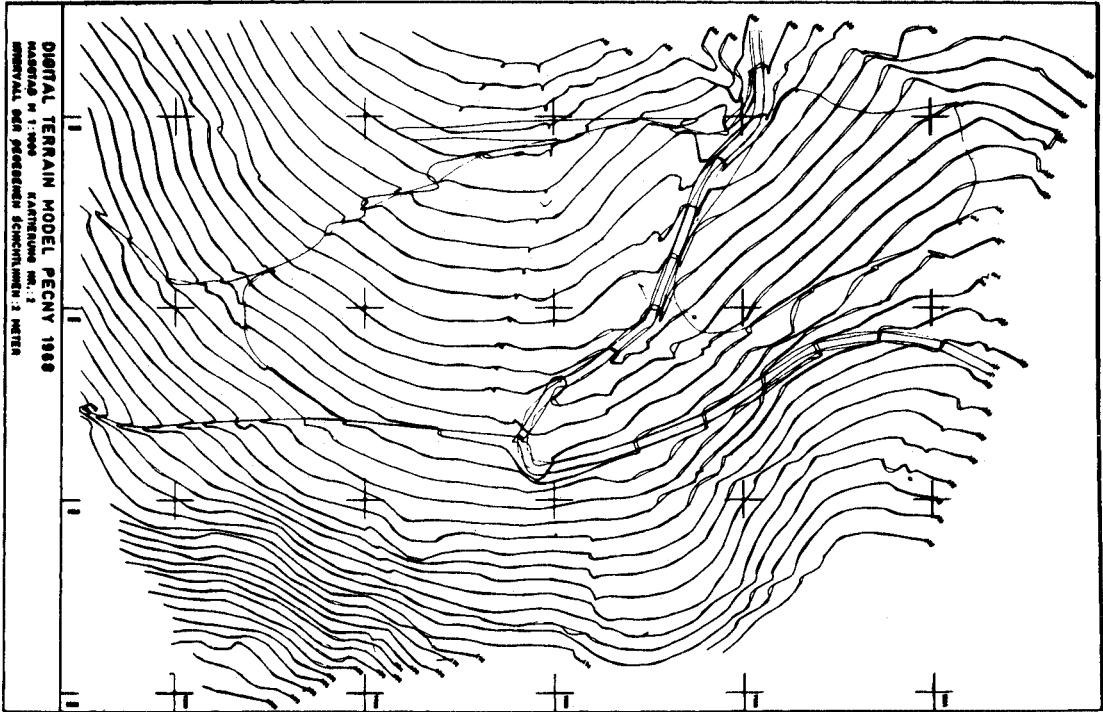


Abb. 7 Das die Abb. 5 (das originale Geländemodell) und Abb. 6 (das daraus konstruierte digitale Geländemodell) übereinandergezeichnete Bild

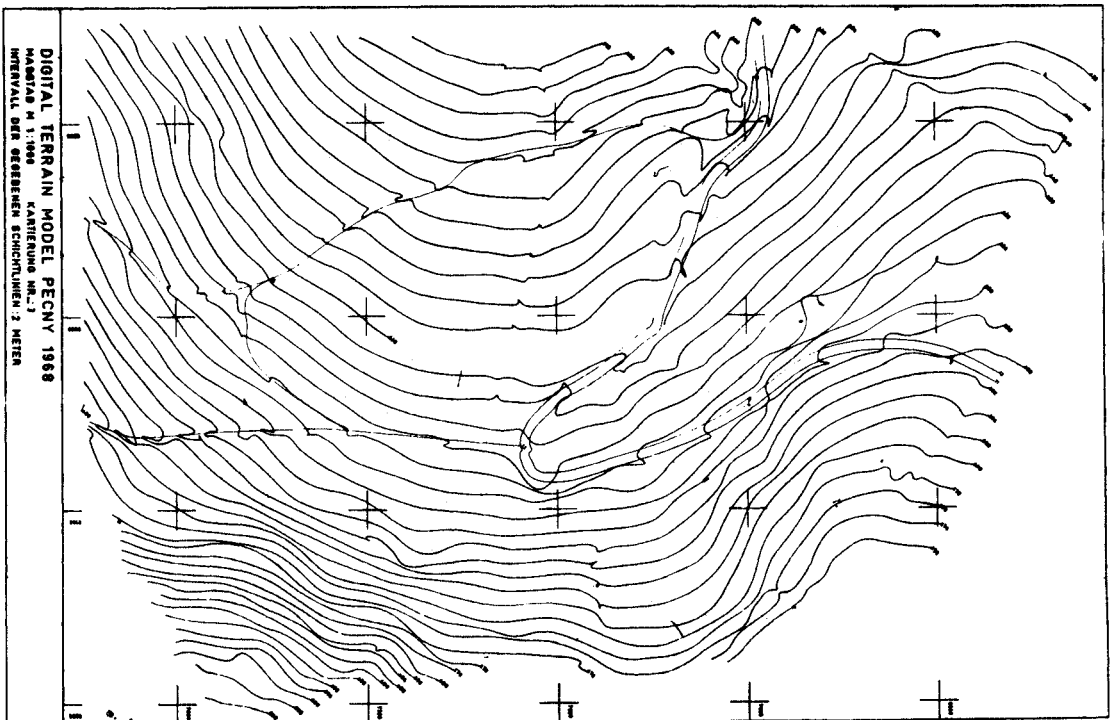


Abb. 8 Das digitale geländemodell, bei dem jeder zweite gegebene Punkt weggelassen worden ist.

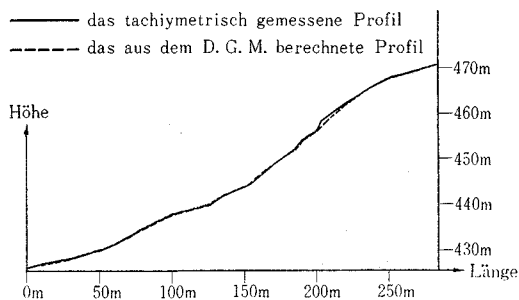


Abb. 9 Die Abweichung der interpolierten Profils von Gemessenen

Abbildung 9, wo die punktierten Linien das tachymetrisch gemessene Profil zeigt, die volle das aus dem D.G.M. berechnete Profil, kann man sehen, dass die Unterschiede in den Höhen 80 cm nicht überschreiten und längs den glatten Teilen beide Linien gut zusammenpassen.

Die Rechenzeiten für die Höheninterpolationen längs Profilen ist geringer als man zunächst vermutet. Mit der CDC 6600 (64 K Kernspeicher, 1 Mikrosekunde Zykluszeit) dauert die Interpolation von 10 Profilen mit durchschnittlich 300 Schnittpunkten nur 25 Sekunden.

5. Massenberechnung im Höhenlinien-geländemodell

Die Erdmassen berechnet man normalerweise mit Hilfe von Querprofilen. Auch bei der Massenberechnung in einem D.G.M. ist diese Methode am praktischsten. Sollte jedoch die Massenberechnung möglichst genau sein, so bietet das Höhenlinienmodell hierfür eine andere Möglichkeit an.

Der Flächeninhalt J des von einer einfach geschlossenen Kurven $x=f_x(t)$, $y=f_y(t)$ umgebenen Bereichs ist, wenn t bei einem Umlauf das Intervall $[\alpha, \beta]$ durchläuft :

$$J = \frac{1}{2} \int_{\alpha}^{\beta} [f_x(t) \cdot f_y'(t) - f_x'(t) \cdot f_y(t)] dt \dots\dots\dots(19)$$

Sind $f_x(t)$ und $f_y(t)$ Fourierreihen, ergibt sich wegen

$$\int_0^{\pi} \sin at \cdot \cos btdt = -\frac{1}{2} \left[\frac{\cos(a+b)t}{a+b} + \frac{\cos(a-b)t}{a-b} \right]_0^{\pi}$$

= 0, falls $a+b$ gerade

= $\frac{1}{a+b} + \frac{1}{a-b}$, falls $a+b$ ungerade

für den Flächeninhalt :

$$J = \frac{1}{2} \int_0^{\pi} \left[\sum_{i \neq j} \sum_j ja_i b_j \sin it \cdot \cos jt - \sum_{i \neq j} \sum_j ja_j b_i \sin it \cdot \cos jt \right] dt$$

$$= \frac{1}{2} \sum_{i+j} \sum_j j \left[\frac{1}{i+j} + \frac{1}{i-j} \right] (a_i b_j - a_j b_i) \dots\dots\dots(20)$$

ungerade

Wir beschreiben einen Erdkörper durch seine Schichtlinien und stellen diese als Fourierreihen dar. Das Volumen des Körpers V ist dann näherungsweise die Summe der Flächeninhalte J_{k+1} und J_k der von den Höhenlinien $k+1$ und k umschlossenen Bereiche, jeweils mit einer mittleren Höhe $(z_{k+1} - z_k)/2$ multipliziert :

$$V = \frac{1}{2} \sum (J_{k+1} + J_k) (z_{k+1} - z_k) \dots\dots\dots(21)$$

Dieses Verfahren wird z.B. bei der Dammplannung dazu nützlich sein, Wasservolumen des Reservoir zu berechnen.

6. Schlusswort

Eine der wichtigsten Informationen beim Strassenentwurf sind die Geländedaten. Wenn der Strassenentwurf mit Hilfe eines Computers durchgeführt wird, reicht eine graphische Darstellung in Form einer topographischen Karte nicht aus, sondern die Information muss digitalisiert und im Computer gespeichert werden.

Die Beschreibung der Geländeoberfläche ist mit Hilfe eines sehr dichten Netzes einzelner zufälligverteilte Punkte möglich. Aus praktischen Gründen werden die Punkte aber nach einer bestimmten Ordnung ausgewählt. Ein solches digitales Geländemodell soll die folgenden Bedingungen erfüllen.

- 1) Mit möglichst wenigen Punkten soll das Gelände mit erforderlicher Genauigkeit approximiert werden.
- 2) Die Geländepunkte sollen auf einfache Weise ausgewählt und gemessen werden können.
- 3) Die Höhe eines Zwischenpunktes soll ohne Schwierigkeit durch Interpolation gefunden werden.

Bis heute sind verschiedene Formen des digitalen Geländemodells vorgeschlagen worden. Aber jedes Modell kann nicht alle obenbenannte Bedingungen erfüllen und hat Vorteile und Nachteile, so dass man beim Benutzen dieser Modelle überlegen muss, welches für die zu lösende Ausgabe am besten geeignet ist.

In diesem Bericht ist ein aus Höhenlinien aufgebautes digitales Geländemodell gezeigt worden. Bei diesem Modell kann man komplizierte Geländeformen mit etwa derselben Genauigkeit wie einfache Formen approximieren. Neben Höhenlinien können mit diesem digitalen Geländemodell auch andere Geländelinien, wie z.B. Nutzungsgrenzen oder geologische Grenzen dargestellt werden. Ein Nachteil dieses Modells besteht in der langen Rechenzeit, die für die Interpolation eines Profils benötigt wird.

In Betracht dieser Charactere kann dieses Modell zu detailliertem Strassenentwurf oder Entwurf der Strassenkreuzung nützlich verwendet werden.

Der Verfasser ist der Alexander von Humboldt-Stiftung dafür sehr dankbar, dass sie ihm eine Gelegenheit gegeben hat, in Deutschland mit deutschen Fachkollegen arbeiten zu können. Er möchte Prof. Dr.-Ing. K. Linkwitz einen herzlichen Dank für seine freundliche Hilfe und wertvolle Anregun-

gen für die Arbeit des Verfassers an seinem Institut an der Universität Stuttgart aussprechen.

Auch vielen Dank möchte er Dr. rer. math. L. Profke, Dipl.-Ing. E. Benner und Dipl.-Ing. H.I. Schek für ihre Anregungen und Korrekturen sagen. Der Verfasser konnte mit ihnen sehr angenehm arbeiten.

(Received Aug. 21, 1970)

- 高い粘性によるコストダウン
- 高い膨潤
- 少ない沈澱
- 品質安定

業界に絶対信用ある…
山形産ベントナイト
 基礎工事用泥水に

クニゲル



国峯 砒 化 工 業 株 式 会 社

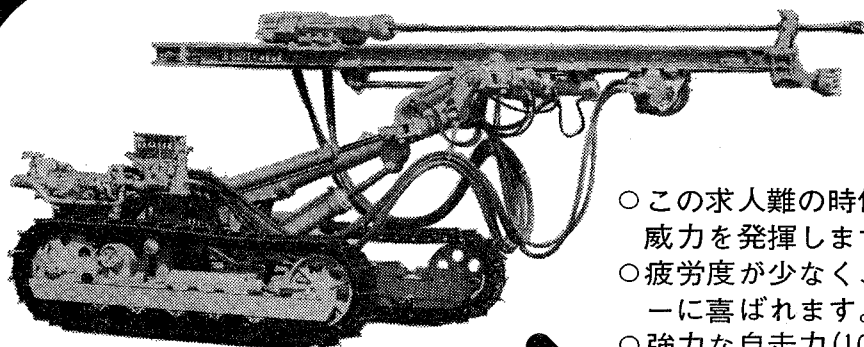
代理店

ベントナイト産業株式会社

本社 東京都中央区新川1-10 電話(552)6101代表
 工場 山形県大江町左沢 電話 大江 2255~6
 鉱山 山形県大江町月布 電話 貫見 14

東京都港区新橋2-18-2 電話 東京 (571)4851-3

お金にはかえられない利得があります



- この求人難の時代、数人分の威力を発揮します。
- 疲労度が少なく、オペレーターに喜ばれます。
- 強力な自走力(10HP×2)により、登坂力は抜群。
- 耐久性が高く、故障知らずのタフなドリフター。
- 強力な打撃力・回転力で長孔さく孔もららくらく。

トヨコサクガンキ

発売元

東洋サク岩機販売株式会社

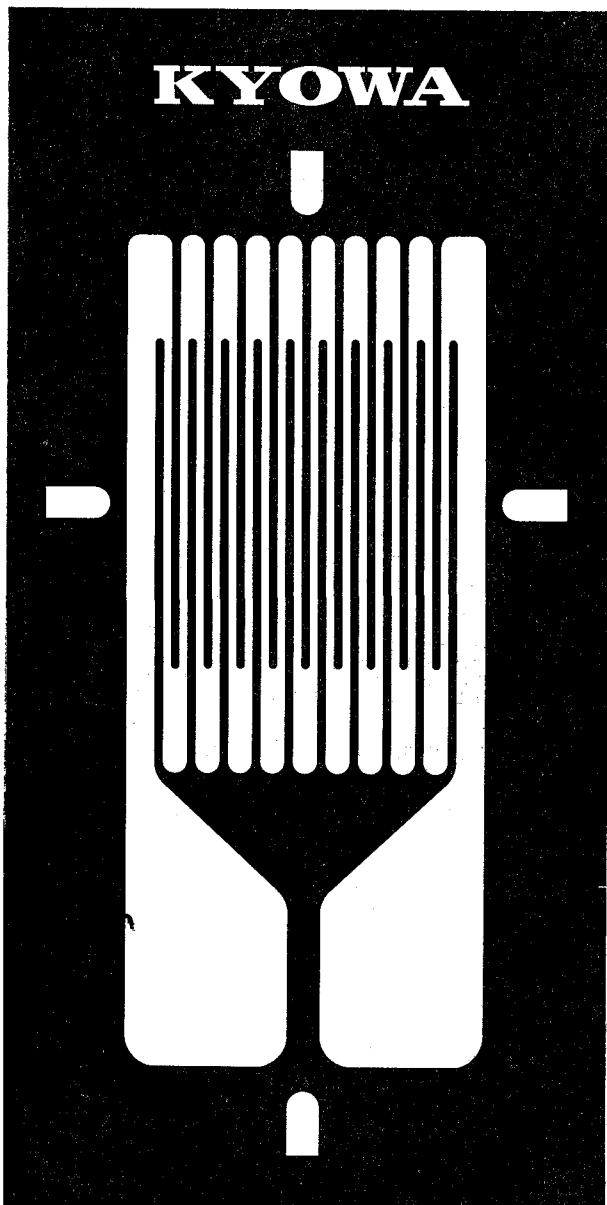
東京本店 東京都中央区日本橋江戸橋3の6
 支店・営業所 東京・大阪・名古屋・福岡・札幌・仙台・高松・広島

製造元・広島 **東洋工業株式会社**

TYCD-10
クローラードリル

サクガンキづくり36年 トーヨーサクガンキ

使いやすい性能のよい理想のゲージ 箔フェステルゲージKEFC型 あらゆる種類の接着剤が使えます



箔フェステルゲージは、ゲージづくり20年の経験、研究の成果が実った自信作です。

箔フェステルゲージはベークライトベースのすぐれたクリープ特性、耐熱性、エポキシの耐湿性、ポリエステル系の貼りやすさをもったすぐれたゲージです。

接着剤はシアノアクリレート系、二液混合型ポリエステル系、エポキシ系、フェノール系熱硬化型どれでも使えます。手なれた接着剤で貼りつけてお使い下さい。

一般ひずみ、応力測定から長期安定性の必要な変換器まで広くお使いいただけます。

特長

- あらゆる種類の接着剤が使える
- クリープが少ない
- 安価である
- ベースが小さい
- ベースが薄く使いやすい
- 200℃まで使える

- カタログお送りいたします。
誌名記入のうえ広報係まで

応力測定機器の専門メーカー

共和電業

本社・工場 東京都調布市下布田1219
電話 東京調布0424-83-5101

営業所/東京・大阪・名古屋・福岡・広島 出張所/札幌・水戸