

# Erfahrungen mit digitalen Terrainmodellen

Autor(en): **Kaufmann, J. / Maurer, E.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **83 (1985)**

Heft 7

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-232600>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

punkten aufgenommen. Dazu benötigte man, obwohl das Instrumentarium und die Methode für die Diplomanden neu war, etwa sieben Stunden.

## 5. Auswertung

Die Auswertung am Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETHZ erfolgte mit dem bereits erwähnten Programm DGTZ auf der zur Professur Photogrammetrie gehörenden Hardware.

Die im GRE3 gespeicherten Felddaten wurden vorerst über eine RS232-Schnittstelle auf den PDP11/70-Rechner übertragen. Da die Daten – wie früher beschrieben – schon im gewünschten Format vorlagen, mussten keine Umrechnungen mehr gemacht werden. Nun sind Massstab und Äquidistanz zu wählen. Natürlich hat man sich darüber schon bei den Feldarbeiten Gedanken gemacht, hängt doch die Punktdichte der Aufnahme damit zusammen. Im Rahmen des aufgenommenen Informationsgehaltes ist man jedoch frei, diese beiden Parameter zu variieren, je nach dem Zweck, den der fertige Plan erfüllen soll.

Das Programm DGTZ interpoliert nun die für die Zeichnung notwendigen Höhenkurvenpunkte unter Berücksichtigung der Bruchkanten über eine Dreiecksvermaschung. Dann werden die Höhenkurven durch Splinefunktionen ermittelt. Die Zeichnung erfolgte auf dem Wild Aviotab TA2 (Abb. 7), welcher on line vom Computer PDP11/70 gesteuert wird.

Zur besseren Beurteilung können in einem ersten Entwurf die Punkte und die Bruchkanten mitgezeichnet werden (Abb. 5).

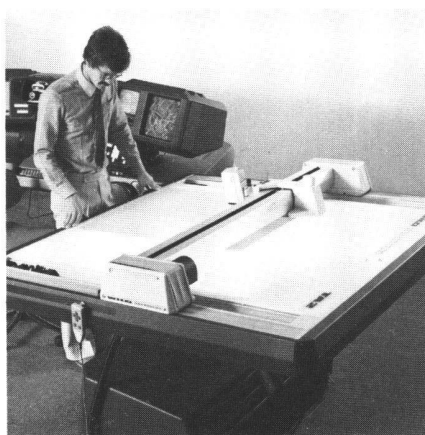


Abb. 7 Aviotab TA2 von Wild Heerbrugg AG

Bei der Zeichnung der Mauer zeigte es sich, dass im Feld unterlassen wurde, die Mauerkrone aufzunehmen, da damals unklar war, wie das Programm auf eine solche Punktdisposition mit vertikalen Kanten reagieren würde.

## 6. Feldkontrolle und definitiver Plan

Eine Feldkontrolle mit den erwähnten Nacharbeiten für die Erfassung der Mauerkrone wurde im Herbst 1984 durch Herrn W. Schneibel vom IGP durchgeführt. Der dabei verfügbare Messtisch wurde nur als Zeichentisch benötigt; ein Einsatz der Kippregel erübrigte sich. Die ergänzenden Messungen an der Mauerkrone erfolgten mit Doppelmeter und Messband. Zusätzlich wurden noch einige Retouches bei Kuppen, Mulden und bei einer Ablagestelle durchgeführt. Diese Arbeiten wurden in einem halben Tag erledigt.

Nachdem die fehlenden Daten über die Mauerkrone in den Computer eingegeben waren, konnte der fertige Höhenkurvenplan ohne Schwierigkeiten automatisch auf dem Zeichentisch erstellt werden. Beschriftung und Signatur wurden von Hand angebracht. Das Resultat dieser Arbeit ist aus der Abb. 6 ersichtlich.

## 7. Abschliessende Bemerkungen

Die fertige Aufnahme (Abb. 6) entspricht unseren Vorstellungen und der Zielsetzung, die wir uns gestellt haben.

Die Durchführung zeigte, dass die Handhabung von Instrument und Programm keine Schwierigkeiten machte. Über die notwendige Punktdichte und die Anlage von Bruchkanten wären systematische Untersuchungen angezeigt, die allerdings nicht ohne gute Kenntnis der Funktion des eingesetzten Geländemodellprogrammes und nicht ohne klare Vorstellungen über die angestrebte Genauigkeit angestellt werden dürften.

Das Verfahren – routinemässig betrieben – scheint praxisreif, insbesondere für kleinere Geländeaufnahmen (für Architekten!), wo sich der Einsatz der Photogrammetrie nicht lohnt. Die Auswertung mit dem automatischen Zeichentisch könnte dabei – wenigstens vorläufig – durch regionale Dienstleistungsstellen organisiert werden.

Adresse der Verfasser:

Prof. R. Conzett  
Institut für Geodäsie und Photogrammetrie  
ETH-Hönggerberg, CH-8093 Zürich

Dipl. Ing. R. Scherrer  
c/o Wild Heerbrugg AG  
CH-9435 Heerbrugg

# Erfahrungen mit digitalen Terrainmodellen

J. Kaufmann, E. Maurer

Der Begriff «Digitales Terrainmodell» wird immer häufiger verwendet, wobei dessen Definition nicht immer ganz klar ist. Im vorliegenden Artikel wird versucht, eine Definition zu geben, und über praktische Erfahrungen bei Aufbau, Auswertung und Nachführung von digitalen Terrainmodellen berichtet. Überdies werden Überlegungen zu Aufwand und Nutzen in der Zukunft gemacht.

*Jusqu'à maintenant, la plupart des études sur le modèle digital de terrain se sont limitées à des considérations scientifiques. Dans le cadre de la mise à jour du plan d'ensemble, l'essai décrit ci-après a permis d'étudier les possibilités et les limites de cette technique lors d'une application pratique. Le procédé utilisé et les résultats obtenus montrent que cette technique peut être appliquée d'une manière valable et efficace.*

## 1. Zur Definition

In der Zeitschrift Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik 2/82 berichtet P. Yoeli ausführlich über verschiedene Typen von digitalen Terrainmodellen und sagt aus, dass eine Menge von diskreten Höhenpunkten, die das geodätische Kontinuum vertreten, als digitales Terrainmodell bezeichnet wird.

Diese Definition hat aber nur einen Aspekt zum Inhalt, nämlich die Messungen oder Stützwerte. Zum Modell ge-

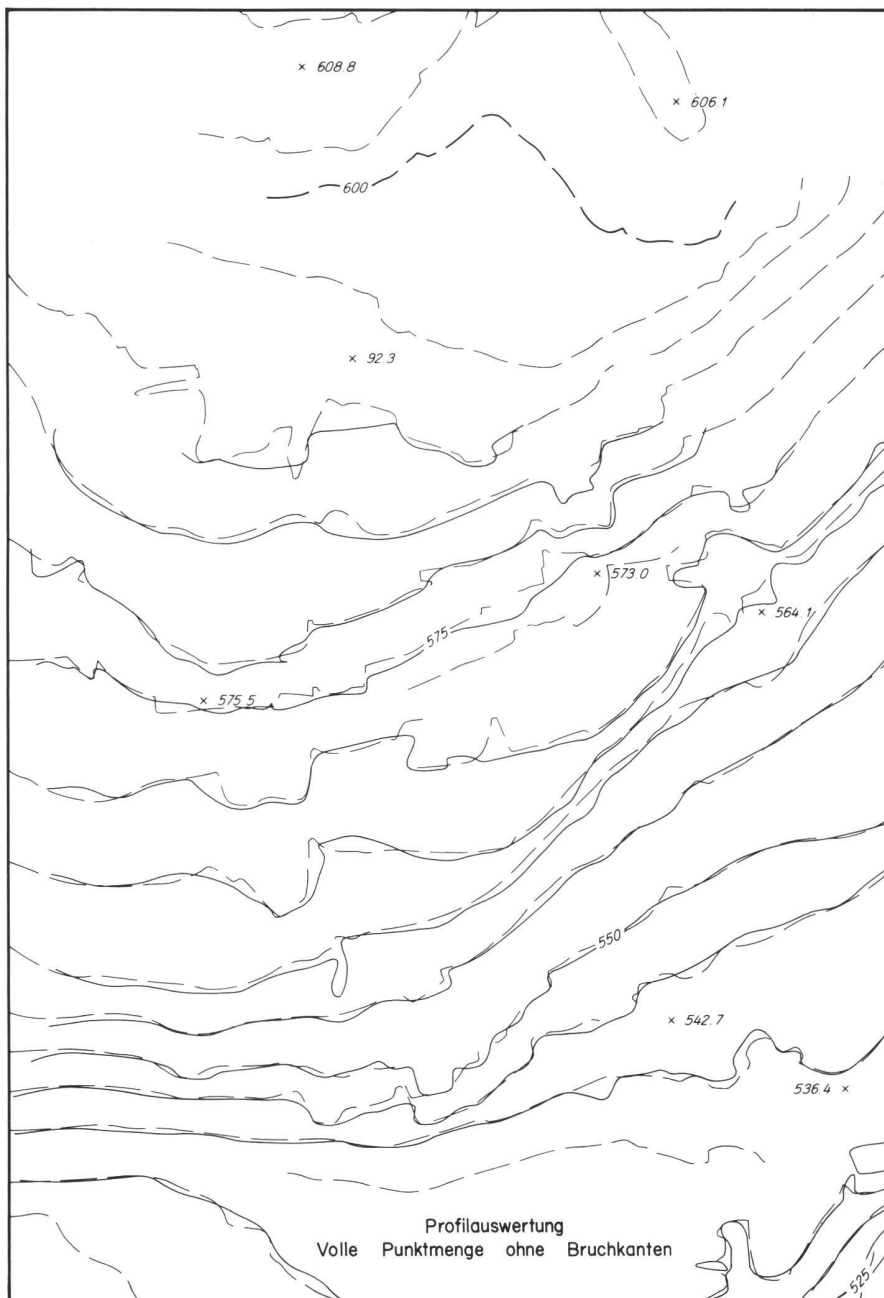


Abb. 1

hört aber unseres Erachtens die Methode für die Bestimmung von nicht gemessenen Werten, also die Interpolationsmethode, mit zum digitalen Terrainmodell. Denn je nach der auf die Stützwerte angewandten Methode der Interpolation von Zwischenpunkten variiert die resultierende Darstellung des Geländes, sei es in Höhenkurven, Profilen oder weiteren Möglichkeiten. P.Yoeli stellt dann auch richtig fest, dass das Mass der Approximation an die wirkliche Erdoberfläche durch die Vermessung einerseits und die Methodologie und Logik der Computersoftware andererseits beeinflusst wird. Das Modell wird also durch den Punkthaufen und die angewandte Methode bestimmt.

Allerdings kommt dem das Gelände repräsentierenden Punkthaufen die grössere Bedeutung zu. Sind die Geländepunkte richtig ausgewählt und durch Geländebruchkanten ergänzt, ist die Basis für eine gute Approximation gegeben. Die Auswahl der Punkte muss sich demnach am Gelände orientieren und darf theoretisch nicht durch die Auswertemethode beeinflusst werden. Diese Überlegung führt automatisch zu irregulärer Punktverteilung, da Geländestructuren nicht regulär sind. Alle Strukturen, wie z.B. reguläre Gitter, Profile, Höhenkurven, liefern eine verfälschte Basis zum DTM. Sie sind deshalb nicht als Typen von DTM zu bezeichnen, sondern eher als Abarten.

Diese Feststellung schliesst in sich, dass heute folgerichtig nur eine Interpolationsmethode nach der Dreiecksvermaschung in jedem Fall zu befriedigenden Abbildungen der Erdoberfläche führt. Diese Tatsache ist längst aus der Topographie bekannt und wird trotz Computer und «DTM» nicht widerlegt.

## 2. Durchgeführte Versuche

Die vorstehenden Überlegungen haben zu einem Versuch geführt, bei dem die beiden Prinzipien – Repräsentation des Geländes durch Punkte und Bruchkanten, die gemäss Geländestructur ausgewählt sind, und Anwendungen der Methode der Dreiecksvermaschung – konsequent in die Praxis umgesetzt wurden.

Dies ist an sich nichts Neues. Neuland wurde insofern betreten, als die Photogrammetrie als Messmethode angewandt wurde. Entgegen der weitverbreiteten Meinung, dass Photogrammetrie nur zur Digitalisierung von Profilen, Gittern oder Höhenkurven geeignet sei, wurden eine irreguläre Punktordnung und Bruchkanten gewählt.

Die mit dieser Methode entstandenen Messwerte ergeben nach der Transformation in Landeskoordinaten die Basis für die Interpolation. Die Interpolation wurde mit einem, in der Schweiz entwickelten Dreiecksvermaschungsprogramm durchgeführt.

## 3. Versuchsanordnung

### 3.1 Hardware

Als Auswertegerät stand ein Autograph A7 mit Registriereinrichtung EK5 zur Verfügung. Mit dieser Einrichtung wurden 5-Kanal-Lochstreifen mit als Einzelpunkt oder Bruchkantenpunkt codierten X-, Y- und Z-Koordinaten im Modell erstellt.

Die erfassten Daten wurden auf einem Computersystem VAX 780 weiterverarbeitet. Für die vorläufige Beurteilung der Resultate wurde ein Terminal DEC VT 100 mit Graphik-Modul eingesetzt.

Ein Plotter zeichnet die Höhenkurvenpläne aus, die als Grundlage für die kartographische Bearbeitung des Übersichtsplanes Verwendung fanden.

### 3.2 Software

Für die Umwandlung der Lochstreifen mit Berücksichtigung von allfälligen Stanzfehlern und die Vorbehandlung der Daten musste ein eigenes Programm erstellt werden. Die Transformation der einzelnen Modelle im Landeskoordinatensystem und die Bereitstellung der Punkte für das Interpolationsystem wurden ebenfalls umprogrammiert.

Für die Bereinigung der Messdaten stand der gut ausgebaute und komfortable VAX-Editor zur Verfügung.

### 3.3 Erfassungsvarianten

Die Versuche umfassten drei mögliche Varianten von Datenerfassung mit dem Autographen:

- die Erfassung von Daten auf regelmässigen Profilen
- die Erfassung mit regelmässigen Profilen ergänzt durch wichtige Geländepunkte zwischen den Profilen
- die vollständig auf das Gelände abgestimmte Erfassung von Bruchkanten und dominanten Geländepunkten (analog Messtisch).

Der Profilabstand bei den Profilmessungen wurde auf 25 m im Kartenmassstab festgelegt. Über das Testgebiet lag eine direkte analoge Kurvenauswertung vor.

### 3.4 Auswertungsvarianten

Zunächst wurden die Profilmessungen mit zusätzlichen Punkten zwischen den Profilen ausgewertet und mit der analogen Kurvenauswertung verglichen. Dabei zeigten sich wesentliche Abweichungen, vor allem bei bewegtem Gelände. Daher wurde auf die Auswertung der reinen Profilmessungen verzichtet.

Die Auswertung der nach dem Prinzip der irregulären Punktanordnung mit Bruchkanten ergab ein besseres Resultat bezogen auf die analoge Auswertung, insbesondere bei Bezug der Bruchkanten in die Interpolation.

## 4. Erfahrungen

### 4.1 Resultate

Wie bereits festgestellt, liefert die Erfassungsmethode mit irregulärer Punktanordnung mit Bruchkanten die besten Resultate. Die interpolierten Höhenkurven wurden anhand des bestehenden Übersichtsplanes und einer direkten Auswertung der Höhenkurven überprüft. Die Abbildungen 1 und 3 zeigen Ausschnitte der mit verschiedenen Erfassungsvarianten erzeugten Höhenkurvenpläne, wobei die gestrichelten Kurven jeweils die analog ausgewerteten Referenzkurven zeigen. Da das ausgewertete Gelände seit der Erstellung des Übersichtsplanes stabil geblieben ist, konnte die direkte Auswertung der Höhenkurven mit den ursprünglich mit Messtisch erfassten Kurven verglichen werden. Die beiden Kurvenpläne waren praktisch identisch.

Es zeigt sich also, dass für ein bewegtes Gelände mit Kunstbauten, wie es in der Schweiz die Regel ist, die Berücksichtigung von Bruchkanten unerlässlich ist.

Obwohl als Basis Luftbilder im Massstab 1:10 000 für die Auswertung von 5-m-Kurven zur Verfügung standen, wurden auch 1-m-Kurven interpoliert.

Da die Punkte und Bruchkanten des DTM aufgrund des Geländes aufge-

nommen waren, also unabhängig von der gewünschten Äquidistanz, ergaben sich auch bei dieser Auswertung befriedigende Resultate, wie die Abbildungen 4 und 5 zeigen. Sehr schön kommt zum Ausdruck, wie Information, die auf dem Kurvenplan mit 5-m-Äquidistanz nicht relevant ist, auf dem Plan mit 1-m-Äquidistanz erscheint.

Diese Tatsache ist vor allem für die Möglichkeit der automatischen Berechnung von Profildaten aus dem DTM von Bedeutung. Weder die Interpolation aus dem Übersichtsplan noch die Berechnung von Profilen aus digitalisierten Höhenkurven kann die Information zwischen den Kurven richtig liefern.

## 4.2 Datenerfassung

### 4.2.1 Verfahren

Die verschiedenen Vorgehensweisen bei der Datenerfassung boten verschiedenartige Problemstellungen.

Am einfachsten war die Profilmethode zu bewältigen, da sie den Operateuren sehr klare Randbedingungen auferlegte. Das Gelände konnte systematisch abgetastet werden. Die Operateure konnten sich voll auf den Abgriff der richtigen Höhe konzentrieren.

Die Ergänzungen der Profile mit signifikanten Geländepunkten bot schon etwas mehr Schwierigkeiten. Die Operateure hatten zwar nach wie vor die «Leitlinie» des Profils. Sie mussten aber

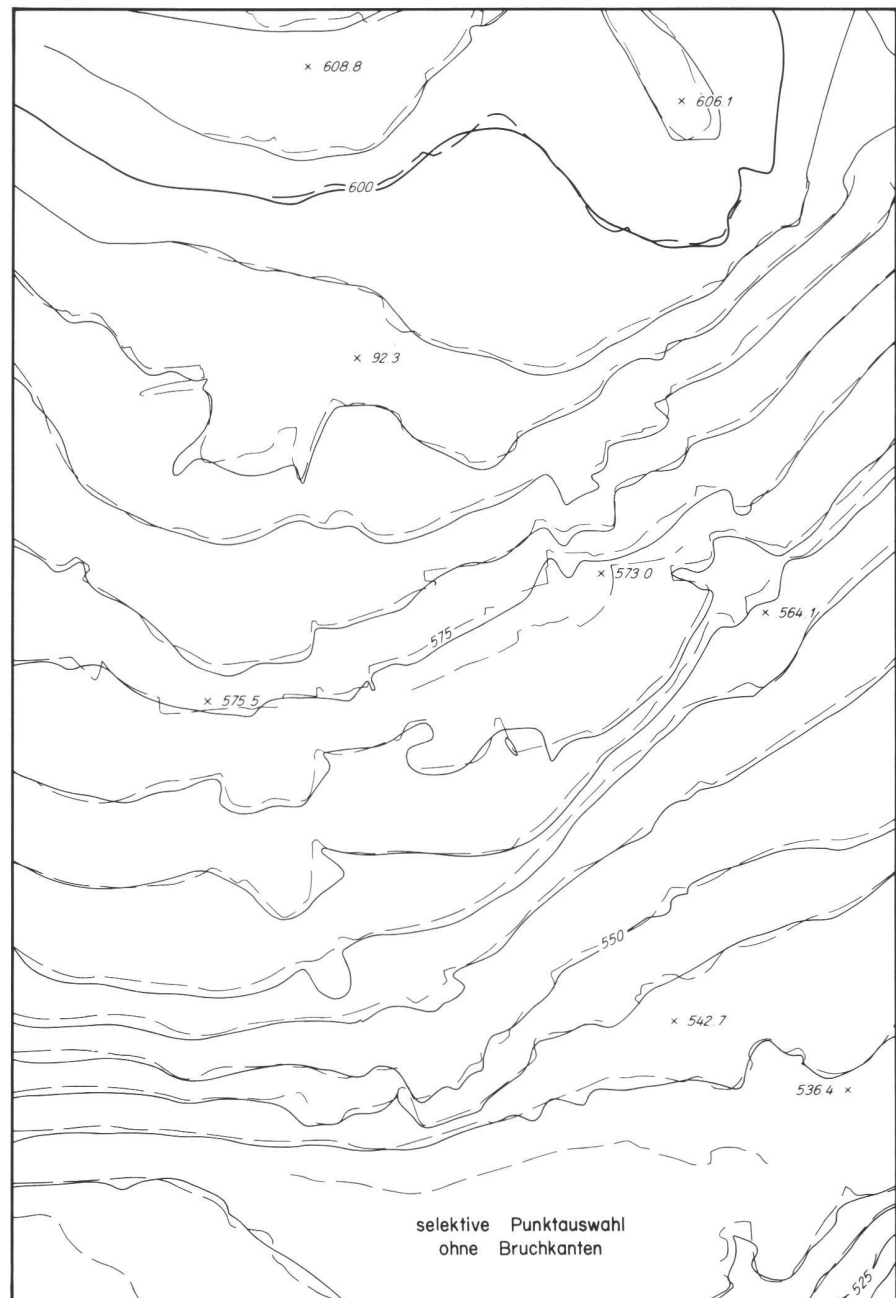


Abb. 2

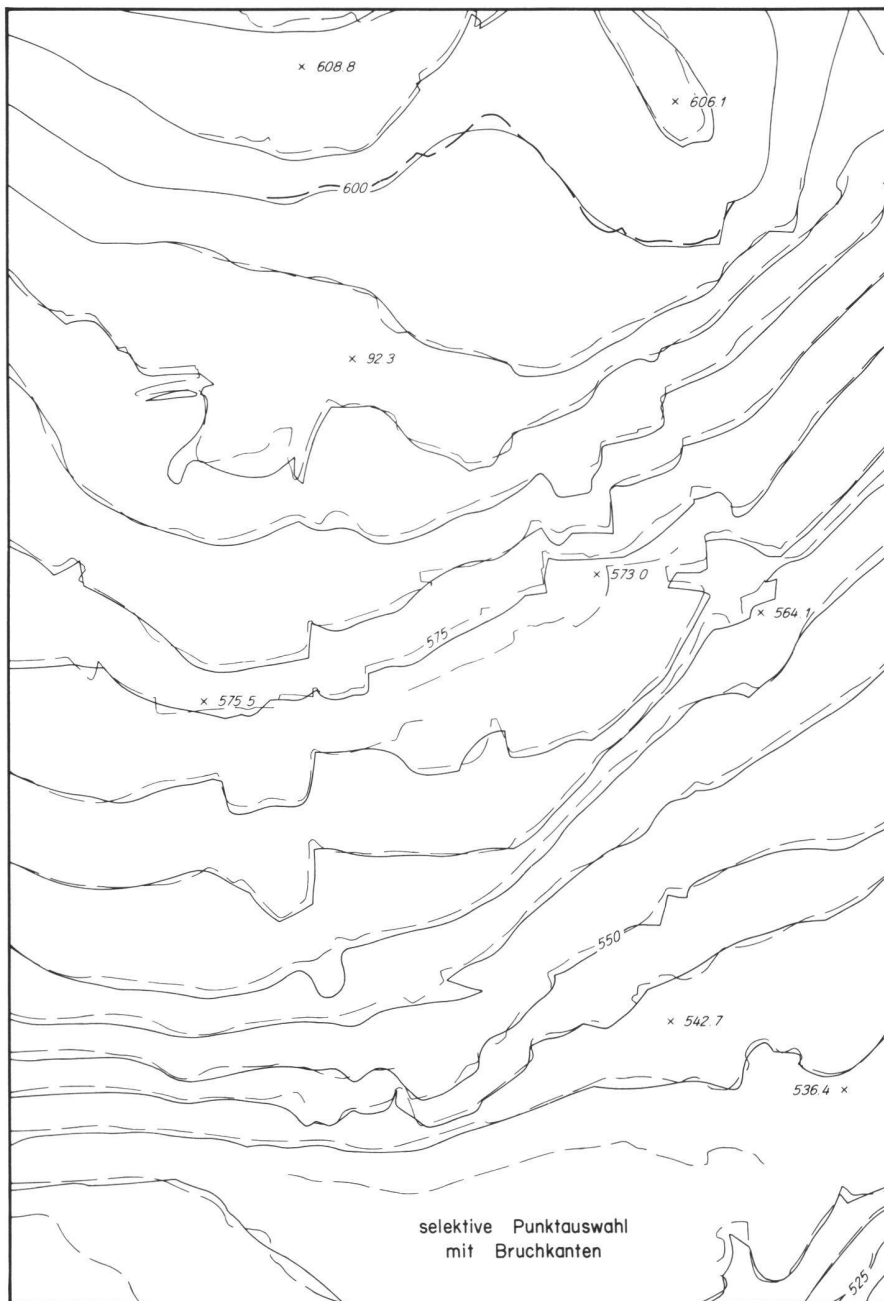


Abb. 3

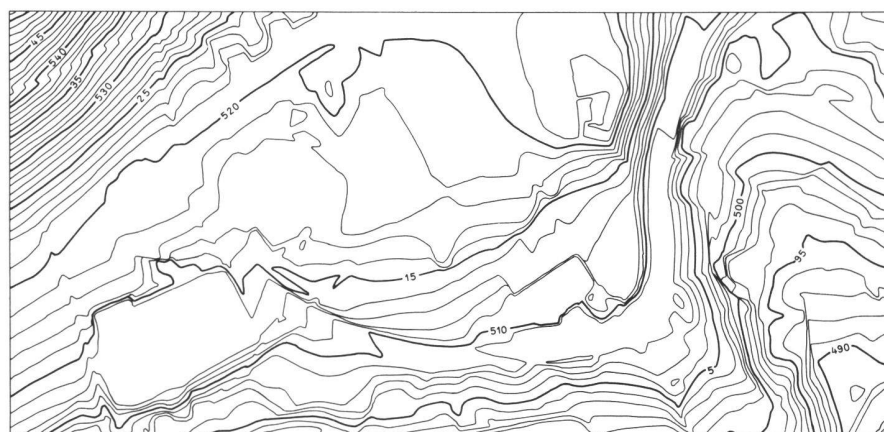


Abb. 4

zusätzlich das Gelände links und rechts der Profile im Auge behalten und interpretieren. Gegenüber dem reinen Abtasten längs Profilen ergab sich eine gewisse Unsicherheit und vor allem eine zeitliche Verzögerung.

Die irreguläre Punktverteilung stellte sehr hohe Anforderungen an die Operateure. Sie zwang zu völligem Umdenken. Im Vordergrund stand plötzlich die Interpretation des Geländes. Trotzdem mussten die Punkte mit hoher Präzision erfasst werden. Es zeigte sich, dass die Umstellung bewältigt werden kann, die Anstrengungen dafür sind aber recht gross.

#### 4.2.2 Erfasste Datenmengen

Grundsätzlich wird die zu erfassende Datenmenge durch die Struktur des Geländes bestimmt. Die Versuche zeigen aber, dass der Einfluss der Methode gravierender ist als derjenige des Geländes. Die in Abb. 6 dargestellte Tabelle zeigt signifikante Unterschiede auf.

Gleiche Erkenntnisse wurden auch bei den in dieser Zeitschrift publizierten Versuchen der ETH Zürich (VPK 12/82) gewonnen.

Die Methode der irregulären Punktverteilung generiert weit weniger Punkte als Verfahren mit künstlich überlagerten Strukturen. Die Datenmenge ist weniger für die Datenerfassung als für die nachfolgende Verarbeitung und die Nachführung von Bedeutung.

Der Rechenzeitverbrauch steigt in der Regel nicht linear mit zunehmender Datenmenge, sondern exponentiell.

Bei der Nachführung generiert die Handhabung grösserer Datenmengen auf jeden Fall grösseren Aufwand.

#### 4.2.3 Erfassungszeit

Der Zeitaufwand für die Datenerfassung ist bei den verschiedenen Methoden praktisch gleich gross (Abb. 6), obwohl bei der irregulären Punkteverteilung signifikant weniger Daten erfasst werden. Die Erfassungszeit pro Punkt wird grösser, da jeder Punkt einzeln ausgewählt werden muss und eine dauernde Interpretation des Geländes vorgenommen wird. Bei der Erfassung von Profilen ist eine Interpolation nur längs des Profils notwendig, was den Zeitbedarf pro Punkt senkt.

Die Erfassungszeit wird durch das zur Verfügung stehende System der Datenerfassung beeinflusst. Die vorhandenen Einrichtungen mit dem EK5 bedingte Wartezeiten bei der Punktausgabe. Aufgrund der Erfahrung wurde die bestehende Einrichtung durch eine modernere ersetzt, die eine Einsparung bei der Erfassungszeit von 25–30% bringen dürfte. Entsprechende Versuche sind im Gange.



Abb. 5

Versuch	Pte/ha	Zeitaufwand min/ha
- Herrliberg Profil	43	12.5
- Herrliberg irregulär	17	12.5
- Meilen irregulär	36	13.8
- Thalwil irregulär	58	17.6
- Dübendorf irregulär	40	14.2

Abb. 6

#### 4.2.4 Datenverarbeitung

Die Daten wurden nach der in Abb. 7 dargestellten Sequenz bearbeitet.

Die Erfahrungen und Konsequenzen werden im folgenden pro Arbeitsschritt aufgezeigt.

Bei der Übertragung der Lochstreifen ergaben sich keine besonderen Probleme. Grundsätzlich muss aber festgestellt werden, dass für grössere Datenmengen der Lochstreifen kein geeigneter Träger ist. Die Übertragung dauert sehr lange und muss überwacht werden. Durch neue Einrichtungen kann aber dieses Problem gelöst werden.

Die Dekodierung der Lochstreifen verursachte keine Probleme. Auch sie fällt mit neuen Einrichtungen dahin.

Während der Datenerfassung wurde ein Fehlerprotokoll geführt. Anhand dieses Protokolls wurden die Daten mit dem Editor bereinigt. Der VAX-Editor bietet viele und elegante Möglichkeiten der Datenbehandlung an, hat aber auch einige Tücken. Mit guter Ausbildung und Erfahrung kann aber die Arbeit gut ausgeführt werden. Anzustreben ist in diesem Bereich, dass Erfassungsfehler sofort bei der Erfassung durch den Operateur korrigiert werden können. Dies war bei der Arbeit mit Lochstreifen nicht möglich. Bei neuen Einrichtungen verfügt der Operateur über einen Editor am Arbeitsplatz, so dass in Zukunft für die Weiterbearbeitung bereits bereinigte Daten vorliegen.

Die Transformation der Punkte war problemlos, sofern die Passpunkte in

Ordnung waren. Hier zeigt sich ein Nachführungsmangel bei den Übersichtsplänen, indem verlegte Punkte im Übersichtsplan nicht geändert wurden. Die Organisation der Nachführung wurde so korrigiert, dass dieser Mangel in Zukunft nicht mehr auftreten sollte. Auch die Transformation soll in Zukunft direkt durch neue Erfassungseinrichtungen übernommen werden. Auftretende Probleme mit den Passpunkten können dann erkannt und bereinigt werden.

Die eigentliche Bearbeitung mit den DTM-Programmen verursacht mit Ausnahme von Ausbildungsproblemen keine namhaften Schwierigkeiten. Hier zeigt sich der Einfluss der Datenmenge auf die Bearbeitungszeit besonders deutlich. Das Problem kann durch Aufteilung der Grunddatenmenge vor der Interpolation gemindert werden, so dass über ein ganzes Gebiet verschiedene Ausschnitte von Kurvenplänen erstellt werden können.

Bei diesem Vorgehen muss sichergestellt werden, dass die Übergänge von einem Plan zum anderen kontinuierlich sind. Durch den Beizug von überlappenden Ausschnitten ist dies aber auf einfache Weise möglich. Grundsätzlich muss aber versucht werden, eine möglichst kleine Datenmenge zu erfassen, was bei der Methode der irregulären Punktverteilung eindeutig besser möglich ist.

Grundsätzlich kann festgestellt werden, dass der Einsatz eines leistungsfähigen EDV-Systems für die Bearbeitung von

DTM richtig ist. Die Vorgänge sind rechenintensiv und können trotzdem in vernünftiger Frist erledigt werden. Ein leistungsfähiges System zwingt auch nicht zu zusätzlichen künstlichen Unterteilungen der Arbeit, die die Erledigung der Aufgabe erschweren können. Dagegen bringt eine möglichst weitgehende Verlagerung der Vorarbeiten, wie Bereinigung, Transformation usw., an den Erfassungsplatz wesentliche Vorteile, da bei Problemen sofort reagiert und korrigiert werden kann.

#### 4.2.5 Kosten

Die Anzahl der Versuche war zu wenig gross, um bereits schlüssige Aussagen über die Kosten der DTM-Bearbeitung zu machen. Klar ist, dass der Aufwand grösser ist als bei der konventionellen Auswertung von Höhenkurven. Einerseits wird ein Umweg gemacht, um die Kurven zu erhalten, andererseits wird Information mitgenommen, die bei der direkten Kurvenauswertung nicht von Bedeutung ist. Es handelt sich dabei um die Bruchkanten, die sehr oft zwischen zwei Kurven liegen, und die das Gelände charakterisierenden Punkte, die ebenfalls nicht an Kurven gebunden sind.

Das resultierende Produkt ist aber, wie später gezeigt wird, vielseitiger verwendbar und darf nicht einfach mit der konventionellen Kurvenauswertung verglichen werden. Die höheren Kosten bei der Erfassung dürften sich schlussendlich durch die verschiedenen Anwendungsmöglichkeiten rechtfertigen lassen.

#### 5. Offene Fragen

Der durchgeführte Versuch hat verschiedene Fragestellungen aufgeworfen, die Gegenstand weiterer Abklärungen sind.

Offen ist beispielsweise die Frage, wie weit das auf der Basis von Luftphotos für den Übersichtsplan erstellte DTM für andere Zwecke eingesetzt werden kann. Folgende konkrete Fragen müssen noch abgeklärt werden:

- Genügt die erreichbare Genauigkeit für die Erstellung von Profilen zuhanden der Detailprojektierung im Bauwesen?
- Sind die Resultate geeignet für Massenberechnungen bei Auffüllungen und Abtrag?
- Können aus dem vorhandenen Material die vom Zürcher Planungs- und Baugesetz geforderten 1-m-Kurven in genügend guter Qualität und zu einem vertretbaren Preis gewonnen werden?

Ein weiterer Fragenkomplex ist die Nachführung von DTM:

- Welche Organisationsform soll angewandt werden?

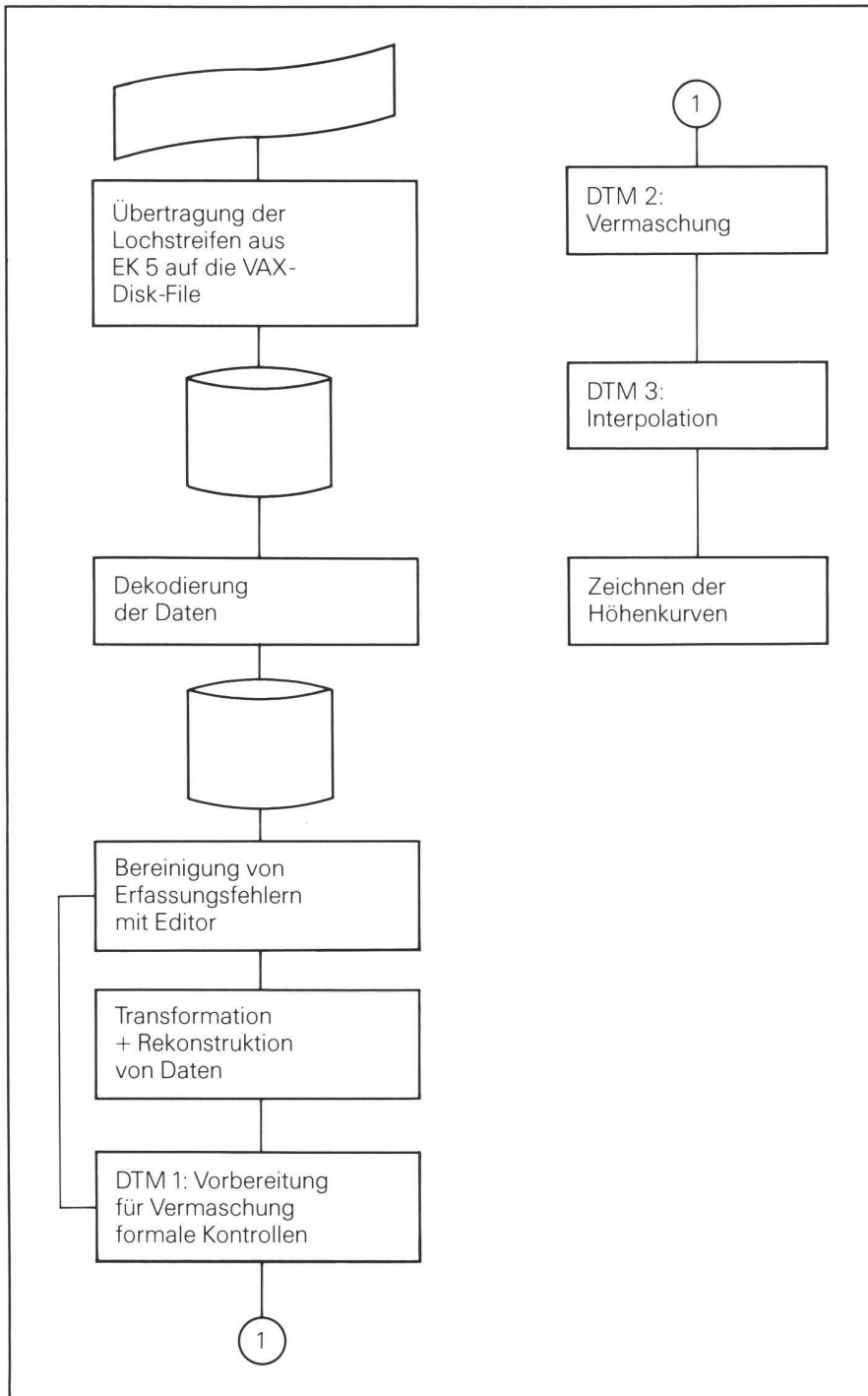


Abb. 7

- Welche Meldewege müssen neu geregelt werden?
- Wie wird der technische Ablauf am besten gestaltet?
- Wer verwaltet die DTM?

Schliesslich stellt sich das Problem der Information von möglichen Interessierten am DTM. Hier zeigt es sich, dass mit dem DTM eine Verbesserung der Dienstleistung möglich ist, dass aber die Möglichkeiten den potentiellen Benutzern bekannt gemacht werden müssen.

## 6. Nutzen von DTM in der Zukunft

Die amtliche Vermessung bietet heute die Information über die Topographie mit dem Übersichtsplan einem weiteren Benutzerkreis an. Diese Form hat sich bewährt, vor allem im Bereiche der generellen Projektierung. Sie hat aber auch wesentliche Nachteile.

Die Information ist mit einer, dem Gelände künstlich überlagerten Struktur dargestellt, den Höhenkurven. Die Information auf den Höhenkurven ist wohl zuverlässig, im Zwischengelände ist sie

aber praktisch nicht vorhanden. Die einzige Aussage, die gemacht werden kann, betrifft die Tendenz des Geländeverlaufs. Damit können beispielsweise aus dem Übersichtsplan interpolierte Profile im Zwischenbereich völlig falsch sein. Für Detailprojektierungen sind deshalb in jedem Fall spezielle Aufnahmen der Topographie notwendig. Beim sinnvollen DTM ist die Information kontinuierlich über das ganze Gelände vorhanden. Die Höhenkurven sind eine von verschiedenen Möglichkeiten der Auswertung.

Während auf dem Übersichtsplan Äquidistanz und Massstab fest vorgegeben sind, können aus dem DTM verschiedene Äquidistanzen in beliebigen Massstäben ausgewertet werden.

Aus dem DTM können ferner verschiedene Auswertungen direkt mit Programmen vorgenommen werden, wie:

- Quer- und Längsprofile inkl. automatischer Zeichnung
- Massenberechnungen aus Terrainindifferenzen, wenn ein zweiter Terrainverlauf ebenfalls in Form eines DTM vorliegt. Diese Anwendung spielt bei Abtragungen und Auffüllungen eine Rolle. Beispiele: Kiesgrube, Depo-nien, Stauvolumen.
- Ermittlung der erforderlichen Geländeparame-ter zur Erstellung von Orthophotos.
- Ermittlung von Auswirkungen des Geländes auf die Wellenausbreitung, z. B. bei Lärmimmissionen längs Strassen.
- Automatische Ermittlung von Hangneigungen und Exposition nach wählbaren Parametern.

Voraussetzung für alle diese Applikationen ist eine genügende Genauigkeit der DTM-Daten und ein maximaler Nachführungsstand. Beim vorhandenen Übersichtsplan ist das Problem der Nachführung noch nicht optimal gelöst. Der Aufwand für die Nachführung ist sehr gross, da sehr viel kartographische Arbeit geleistet werden muss. Beim DTM ist, eine entsprechende Organisation vorausgesetzt, die Möglichkeit gegeben, die Daten mit geringem Aufwand nachzuführen. Neu vermessene Geländeteile werden ins DTM integriert und die entsprechenden, ungültig gewordenen Daten entnommen. Dadurch steht für Auswertungen die aktuelle Basis zur Verfügung. Die Nachführung der Topographie des Übersichtsplanes ist dann ebenfalls eine spezielle Auswertung aus dem DTM, die weiterhin bei Bedarf erstellt wird.

Mit dem DTM kann der volkswirtschaftliche Nutzen der Topographieaufnahmen erheblich gesteigert werden.

Im Hinblick auf Landinformationssysteme hat das DTM den Vorteil, dass es

als «Deckebene Topographie» direkt integriert und mit der übrigen Information kombiniert werden kann.

## 7. Zusammenfassung

Mit dem beschriebenen Versuch wurde gezeigt:

- dass es heute sinnvolle Methoden gibt, digitale Geländemodelle aufzubauen
- dass diese Form der Abbildung der Topographie in digitaler Form eine Fülle neuer Möglichkeiten eröffnet

- dass allerdings ein Umdenken bei den Erstellern und potentiellen Benützern für die Ausschöpfung der Möglichkeiten notwendig ist
- und schliesslich, dass die konsequente Anwendung der DTM vorwiegend ein organisatorisches Problem geworden ist, nachdem wesentliche technische Fragen gelöst sind.

Trotz der noch offenen Fragen lohnt es sich, diese Technik weiterzuverfolgen im Sinne einer Möglichkeit, die Dienstleistung der Vermessung zu verbessern,

wie dies der Zielsetzung von RAV entspricht.

In der Zwischenzeit wurden durch den Einsatz von neuesten Auswertegeräten sehr gute Resultate erzielt, die den eingeschlagenen Weg bestätigen.

Adresse der Verfasser:

J. Kaufmann, Dipl. Ing. ETH  
E. Maurer  
Keller Vermessungen AG  
Rychenbergstrasse 240  
CH-8404 Winterthur

# Die Bestimmung der Absolutschwere des Punktes Kaulia (Nepal) aus lokalen Gravimetermessungen

W. Embacher

In der Arbeit [3] «Über den Einfluss der Schwere auf die Höhe» hat der Verfasser gezeigt, dass es möglich ist, aus den Grössen  $\frac{\Delta g}{\Delta h}$ , der Dichte  $\sigma$  und der Differenz  $(g - \gamma_0)$  die Höhe des Messpunktes über einer vorgegebenen Bezugsfläche zu berechnen.

Wird noch der mittlere Freiluftgradient gemessen, so liefert dieser brauchbare Verbesserungen der Resultate.

Dies wird in den Abschnitten 1–5 gezeigt:

1. Einleitung
2. Wissenschaftliche Grundlagen des «Dynamischen Nivellements» und Erweiterung dieser Grundlagen mit Hilfe des gemessenen mittleren Freiluftgradienten
3. Ein praktisches Beispiel zu Punkt 2.
4. Die Bestimmung der Schweredifferenz  $(g - \gamma_0)$  und damit der Absolutschwere des Punktes Kaulia.
5. Schlussfolgerung.

Ist die Höhe des Messpunktes bekannt, so kann aus den oben angeführten Grössen die Absolutschwere dieses Punktes bestimmt werden.

*Dans le texte [3] intitulé «L'influence de la pesanteur sur l'altitude», l'auteur montre qu'à partir des grandeurs  $\frac{\Delta g}{\Delta h}$ , de la densité  $\sigma$  et de la différence  $(g - \gamma_0)$ , il est possible de calculer l'altitude d'un repère par rapport à une surface de référence donnée.*

*En addition aux travaux précédents, on peut encore mesurer le gradient à l'air libre, qui permet d'obtenir une amélioration sensible des résultats.*

*On le montre dans les paragraphes 1 à 5:*

1. Introduction
2. Les bases scientifiques du «nivellement dynamique» et leur extension par la notion de gradient à l'air libre
3. Un exemple pratique
4. La détermination de la différence de gravité  $(g - \gamma_0)$  et celle de la gravité absolue au point «Kaulia»
5. Conclusions.

*Si l'altitude du repère est connue, on peut alors en déterminer la gravité grâce aux grandeurs décrites plus haut.*

## 1. Einleitung [1]

In der Zeit vom 19.10.1980 bis zum 2.12.1980 beteiligte sich das Institut für Geodäsie der Universität Innsbruck an dem Forschungsprojekt des Österreichischen Alpenvereins zur Herstellung des Kartenblattes «Langtang Himal» im Massstab 1:50 000. Es konnten daran,

dank der Unterstützung des Fonds für Wissenschaftliche Forschung, die Herren Dipl.-Ing. Dr. techn. Jürgen Ernst und Dipl.-Ing. Gert Augustin teilnehmen. Dem Forschungsschwerpunkt des Institutes für Geodäsie entsprechend, wurden auch gravimetrische Messungen zur Bestimmung der Horizontal- und

Vertikalgradienten in das Arbeitsprogramm aufgenommen, zunächst mit dem Ziel, absolute Lotabweichungen zu bestimmen.

Die An- und Abschlussmessungen erfolgten in den zu Arbeitsbeginn angelegten, zentral gelegenen Eich- bzw. Kontrollpunkten «Narayani». Das verwendete Gravimeter von La Coste-Romberg ermöglichte eine Ablesegenauigkeit von einigen Tausendstel Milligal.

Der Punkt «Kaulia», ein Excenter des nordwestlichsten Basispunktes mit einer Höhe von 2123,28 m, auf dem von verschiedenen Richtungen Schweredifferenzen mit repräsentativen Werten erhalten wurden, schien dem Verfasser für die Auswertung, gestützt auf die Theorien des «Dynamischen Nivellements», besonders geeignet.

## 2. Wissenschaftliche Grundlagen des «Dynamischen Nivellements» und Erweiterung dieser Grundlagen mit Hilfe des gemessenen mittleren Freiluftgradienten

Nach der Arbeit [3] des Verfassers ist das Produkt aus dem Bezugsgradienten  $\frac{\Delta g}{\Delta h}$  bzw. dessen Ergänzung auf den doppelten normalen Freiluftgradienten  $2 \frac{\partial \gamma}{\partial h}$  und  $h$ , den Höhenunterschied zwischen der Bezugsfläche und dem Messpunkt, gleich der Schwere  $g$  im Messpunkt, vermindert um die Schwere  $\gamma_0$  im Lotfusspunkt auf der Bezugsfläche.

Nach [3], Gleichung 4,04 erhält man den Bezugsgradienten  $\frac{\Delta g}{\Delta h}$  mit

$$\frac{\partial g}{\partial h} = -\frac{\Delta g}{\Delta h} + 4 \pi k^2 \sigma \cos^2 \delta \quad (1)$$