

Eine archäologische Vermessung in Syrien

Autor(en): **Stuedler, D.**

Objektyp: **Article**

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

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

Heft 8

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-232603>

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.

Eine archäologische Vermessung in Syrien

D. Steudler

Letztes Jahr suchte das Archäologische Institut der Universität Bern einen Vermesser. In Syrien sollte ein archäologisch interessanter Hügel vor Grabungsbeginn vermessen werden. Die Hauptaufgaben waren dabei die Absteckung eines nach Norden orientierten Rasternetzes und die Erstellung eines Höhenkurvenplanes. Um unter den Bedingungen arbeiten zu können, wie sie sich an Ort und Stelle präsentierten, mussten andere Überlegungen gemacht werden, als wenn die gleiche Arbeit in der Schweiz ausgeführt worden wäre. Dieser Bericht soll die gewählten Methoden, die Schwierigkeiten und die Resultate darlegen.

L'année dernière l'institut de l'archéologie de l'université de Berne cherchait un géomètre. Il fallait mesurer en Syrie, avant le commencement de fouilles, une colline qui est intéressante pour l'archéologie. La tâche principale fut l'implantation d'un réseau orienté vers le nord et la réalisation d'un plan topographique. Pour pouvoir travailler dans des circonstances telles qu'elles se présentaient, il fallait faire d'autres études que celles élaborées pour le même travail réalisé en Suisse. Cet article présente les méthodes choisies, les difficultés rencontrées et les résultats obtenus.

1. Allgemeines

1.1. Projekt «Tall Hamidi»

Das Projekt «Tall Hamidi» ist ein Gemeinschaftsprojekt der Universität Bern (Archäologie) und der Universität Konstanz (Philologie). Die Zielsetzung des Projektes ist, alte Gebäuderesten, Keramik und schriftliche Zeugnisse zu finden, um damit den Namen und die Bedeutung des Ortes zu seiner Zeit zu erfahren. Die Archäologen sind deshalb besonders interessiert, weil auf dem Boden sehr viele Scherben aus dem 2. Jahrtausend v. Chr. liegen, was bedeutet, dass der Ort bis in diese Zeit besiedelt war und seither nicht mehr.

Da es bei archäologischen Grabungen üblich ist, streng innerhalb von 10-m-Quadraten zu graben, musste das Gebiet vor Grabungsbeginn vermessen werden. Die Aufgaben der Vermessung werden in Kapitel 1.3. genauer erläutert. Tall Hamidi ist ein ca. 40 m hoher Hügel (arab. = tall), der im Nordost-Zipfel von Syrien liegt, 600 km nordöstlich von Damaskus und 400 km östlich von Aleppo, der zweitgrössten Stadt des Landes. Der Hügel liegt etwa 2 km östlich der asphaltierten Verbindungsstrasse zwischen den Städten Hassake, 50 km entfernt, und Qamishlie, 30 km

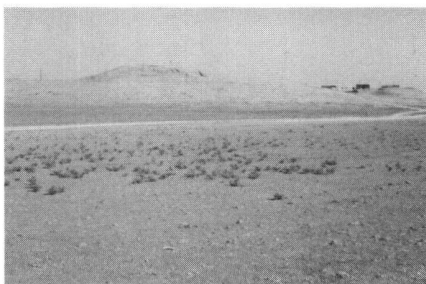


Abb. 1 Hügel aus Südost. Rechts Teile des Dorfes Hamidi.

entfernt. Hamidi ist der Name des kleinen Dörfchens, das am Abhang des Hügels liegt, aus acht Häusern besteht und von drei Familien mit insgesamt etwa 30 Mitgliedern, davon $\frac{2}{3}$ Kindern, bewohnt ist.



Abb. 2 Hügel aus Südwest. Die Gräben, Wadis genannt, entstanden durch heftige Frühlingsgewitter. Unter der rötlichen Schicht, die den Hügel durchzieht, vermuten die Archäologen Grundmauern einer verfallenen Zitadelle. Auf dem Hügel das Triangulationsgestell.

1.2. Begleitumstände

Entgegen den Befürchtungen, zu Beginn der Arbeiten in Zelten leben zu müssen, stand bereits von Anfang an ein Grabungshaus zur Verfügung. Bei den im September herrschenden Temperaturen von noch immer über 40°C war dies eine nicht zu unterschätzende Erleichterung. Die Hitze war zwischen zehn Uhr morgens und fünf Uhr abends so gross, dass die Feldarbeiten der Vermessungsequipe eingestellt wurden. Unsere Arbeitszeit im Feld war denn auch relativ kurz: von Sonnenaufgang um sechs bis ca. zehn Uhr und dann am Abend noch von halb fünf bis nach Sonnenuntergang um halb sieben. Die Grabungsequipe arbeitete durchgehend von morgens sechs bis nachmittags um zwei!

Das Essen wurde in Hassake eingekauft und von uns selber zubereitet und gekocht. Dank der Stromversorgung hatten wir auch einen Kühlschrank. Das qualitativ gute Wasser bezogen wir aus dem Dorfbrunnen, wo mit einer elektrischen Pumpe Grundwasser gefördert wird.

1.3. Aufgaben der Vermessung

Die Vermessung hat zwei Aufgaben zu erfüllen, die im Gespräch mit dem Archäologen Prof. Dr. Wäfler erarbeitet wurden:

- Absteckung eines nach Norden ausgerichteten Rasternetzes 100 x 100 m
- Höhenkurvenplan ohne Situation, Massstab 1:1000, Äquidistanz 1 m.

Die Archäologen graben streng innerhalb von 10-m-Quadraten. Deshalb war die erste Aufgabe der Vermessung die Festlegung eines lokalen Koordinatennetzes und die Absteckung der Rasterpunkte vor Beginn der Grabungen. Da innerhalb der zur Verfügung stehenden Zeit nicht alle 10-m-Rasterpunkte (bei dem ca. 30 ha grossen Gebiet 3000 Punkte) abgesteckt werden konnten, einigten wir uns darauf, dass nur die 100-m-Rasterpunkte und einige gerade benötigte 10-m-Punkte abgesteckt werden. Prof. Dr. Wäfler wird die weitere Bestimmung der 10-m-Rasterpunkte von den 100-m-Punkten aus selber übernehmen, soweit sie überhaupt je gebraucht werden.

Die Orientierung des Netzes nach Norden wurde mit einer astronomischen Azimutbestimmung gemacht. Dies wurde nötig, weil keine Landeskoordinaten oder sonst irgendwelche übergeordneten Koordinaten vorhanden waren.

Die zweite Aufgabe der Vermessung war das Erstellen eines Höhenkurvenplanes. Diese Aufgabe wurde mit einer Methode gelöst, die erst mit Hilfe eines Computers denkbar wurde. Das Gelände wird durch die koordinatenmässige Bestimmung von Detailpunkten digital



Abb. 3 Das Dorf Hamidi vom Hügel aus gesehen. Im Hintergrund die unendliche Weite der Djezira. Im Vordergrund die ersten beiden Grabungsquadrate.

erfasst. Mit einer entsprechenden Software werden dann die Höhenkurven zwischen die Detailpunkte hineininterpoliert. Für die Bestimmung der Detailpunkte muss ein lokales Koordinatensystem vorhanden sein; in diesem Fall konnten die abgesteckten 100-m-Rasterpunkte benutzt werden. Die Detailpunkte wurden polar aufgenommen.

1.4. Material

Da die Transportmöglichkeiten für das Material nach Syrien sehr eingeschränkt waren, musste ich mich auf das Allernotwendigste beschränken. Die Auswahl des Theodoliten war ziemlich entscheidend, denn er musste einerseits für die astronomische Beobachtung eine Kreis- und Fadenkreuzbeleuchtung haben und andererseits für die Absteckung und die polare Aufnahme der Detailpunkte mit einem elektronischen Distanzmesser ausgerüstet werden können. Die Wahl fiel auf einen DKM-2AE von Kern, dem ein kleiner Spiegel für die Fadenkreuzbeleuchtung eingesetzt und ein DM 501 aufgesetzt werden kann, allerdings nicht gleichzeitig. Die Beleuchtung erfolgt mit einem Lämpchen, das beim Spiegel für die Kreisbeleuchtung aufgesetzt wird. Den Strom liefert die Batterie für den Distanzmesser.

Als Ersatz für den elektronischen Distanzmesser wurde ein Messband und eine Basislatte mitgenommen, die aber

beide nie zum Einsatz kamen. Als zusätzliche Sicherung wurde in der Schweiz auch die Adresse der nächsten Servicestelle (Damaskus) in Erfahrung gebracht.

Stative wurden nur zwei mitgenommen, ein neues mit Zentrierstock und ein altes mit Schraubverschluss, das von den Archäologen für das Nivellieren mitverwendet wurde. Das gleichzeitige Zentrieren und Horizontieren mit diesem alten Stativ war sehr mühsam. Die Absteckung und die polare Aufnahme wurde mit einem Reflektorstock ohne Streben durchgeführt. Die Stabilisierung wurde mit einer Holzlatte gemacht.

Für dieses Projekt war die Ausrüstung genügend, auch die erreichten Genauigkeiten. Für ähnliche Projekte ist aber zu überlegen, ob nicht mindestens drei Stative mitgenommen werden sollen, die für eine Zwangszentrierung eingerichtet sind, so dass eine Polygonierung möglich wird.

Die Berechnungen erfolgten mit einem Taschenrechner HP-41CV, der genügend Kapazität für kleinere Programme hat und gleichzeitig sehr gut feldtauglich ist. Als Schutz gegen den feinen Staub wurde er in einem durchsichtigen Plastiksack eingepackt.

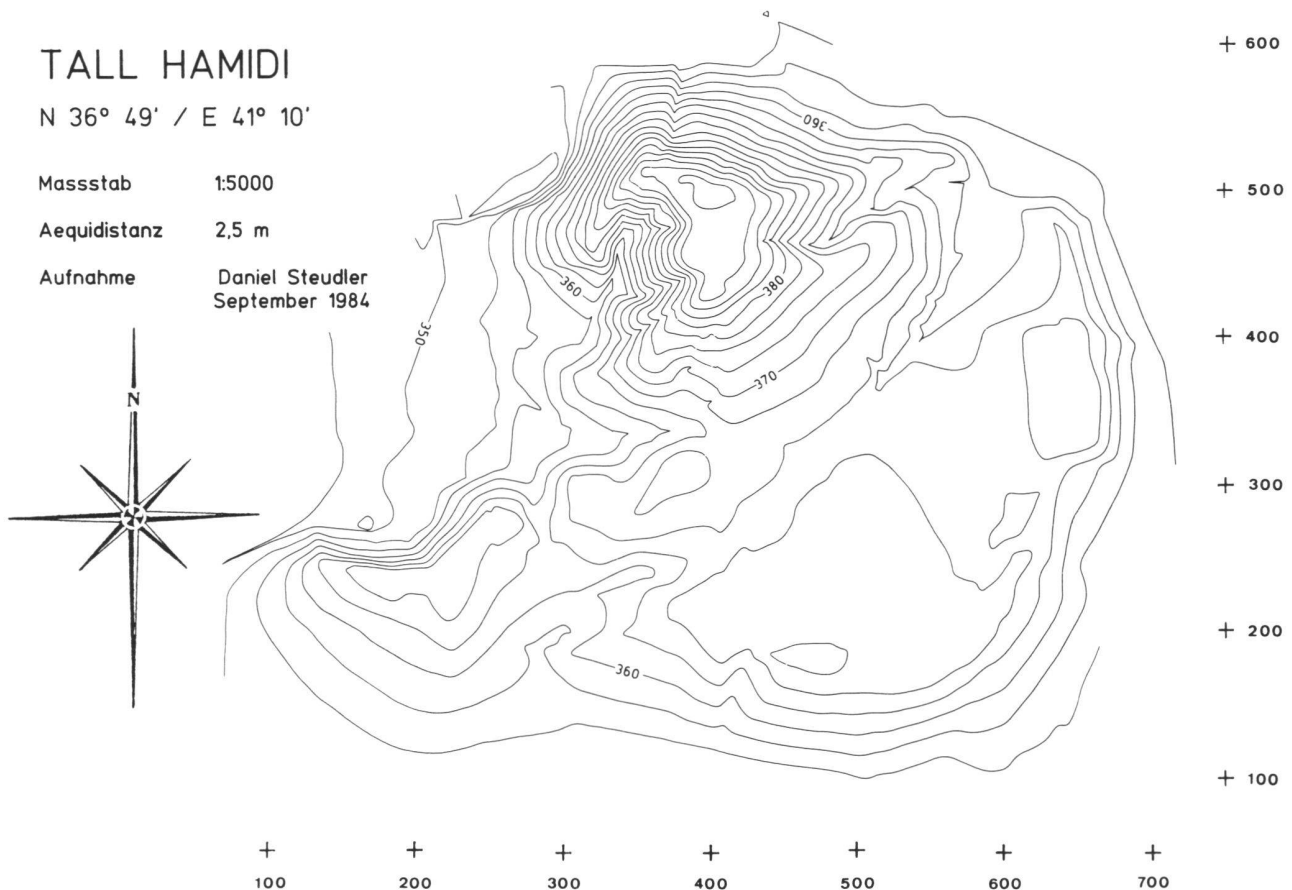
1.5. Personal

Als Grabungsleiter war Prof. Dr. Wäfler von der Uni Bern vor allem mit dem Aufbau der Infrastruktur, dem Einkauf in



Abb. 4 Erste Grabungsfunde: Scherben aus dem 2. Jahrtausend v. Chr.

Hassake und der Leitung der Grabung beschäftigt. Frau Dr. Sayyare Eichler war seine rechte Hand und während seiner Abwesenheit für die Ausgrabung verantwortlich. Prof. Dr. Haas vertrat als Philologe die Uni Konstanz. Er wurde begleitet von seiner Frau Ilse, die ebenfalls als Philologin an der Grabung interessiert war. Prof. Dr. Haas war mir freundlicherweise als Messgehilfe behilflich. Er war für mich trotz anfänglichen fachlichen Verständigungsschwierigkeiten eine grosse Erleichterung, denn die Sprachbarriere bei einem einheimischen Messgehilfen wäre wahrscheinlich zu hoch gewesen. Insgesamt waren wir also fünf Europäer. In unserem Haus wohnten auch der einheimische Vorarbeiter Slimo und zeitweise der Grabungskommissar Ibrahim. Dazu waren für die Ausgrabung weitere neun Einheimische angestellt,



die aber jeweils von ihren Dörfern aus anmarschierten.

1.6. Zeitaufwand

Die Vorbereitungszeit in der Schweiz betrug etwa eine Woche. In dieser Zeit wurden Material und Formulare vorbereitet sowie die astronomische Messung und Auswertung. Die Feldarbeit auf Tall Hamidi dauerte ca. zwei Wochen. Eingeplant waren vier bis fünf Wochen. Das Gebiet war zudem mit einer Ausdehnung von 500x600m eineinhalbmal grösser als ursprünglich angenommen. Die Auswertung wieder in der Schweiz nahm ca. eine Woche in Anspruch. Die folgende Zusammenstellung zeigt weitere Details:

Astronomische Beobachtungen (Total 9 Sternbeobachtungen: Mire I, Stern I, Stern II, Mire II)	3 Stunden
Auswertung der astronomischen Beobachtungen	1 Tag
Absteckung der 100-m-Rasterpunkte (31 Punkte inkl. Hilfspunkte)	6 Tage à 5–6 Stunden Arbeitszeit (5–8 Punkte pro Tag)
Detailpunktaufnahme für digitales Geländemodell (Total 720 Detailpunkte, Beobachter = Sekretär)	5 Tage ca. 45 Punkte/ha (35–60 je nach Gelände)
Eintippen der polaren Aufnahmemasse in Computer	2 Tage
Korrekturen, Kontrollen	1 Tag
Berechnung des Computers	1½ Min.
Ploten des Planes	10 Min.
Ausarbeiten des Planes	2 Tage

2. Astronomie

Um das lokale Koordinatennetz nach Norden ausrichten zu können, wurde eine astronomische Azimutbestimmung gemacht. Dazu wurden gleich nach meiner Ankunft zwei Fixpunkte festgelegt. Der Punkt 111, auf dem beobachtet wurde, liegt in der Nähe des Grabungshauses und wurde mit einem einbetonierten Armierungseisen versichert. Als Mire wurde der höchste Punkt des Hügels gewählt, der gleichzeitig für die Landesvermessung als Triangulationspunkt dient. Dieser Punkt ist eine Betonplatte von ca. 40x40cm ohne markiertes Zentrum. In diese Platte setzte ich einen Bolzen, um eine bessere Definition des Punktes für meine Messungen zu erreichen.

Das Azimut wurde mit einer Methode bestimmt, bei der zwei Sterne angezielt werden. Damit konnte neben dem Azimut auch die geographische Länge und Breite bestimmt werden. Um eine unabhängige Kontrolle zu haben, wurde auch die Polarmethode angewandt. Beide Methoden wurden je dreimal durchgemessen. Damit lagen für die geforderte Genauigkeit genügend Messungen vor. Die erreichten mittleren Fehler für Azimut, Länge und Breite lagen jeweils unter 10".

3. Absteckung

Die Absteckung erfolgte polar vom höchsten Punkt des Hügels aus, dem Bolzen in der Triangulationsplatte (siehe Kap. 2), der von nun an als Nullpunkt für die ganze Absteckung diente. Diesem Nullpunkt wurden später die Koordinaten 400/500 zugeordnet, damit der Koordinatennullpunkt ausserhalb des Gebietes zu liegen kommt und alle Punkte innerhalb des Gebietes positive Werte erhalten.

Da der Hügel oben ein kleines Plateau bildet, konnte der Abhang nicht direkt eingesehen werden. Deshalb mussten mehrere Hilfspunkte unten in der Ebene abgesteckt werden, von wo aus dann rückwärts wieder auf den Hügel zu die

Rasterpunkte abgesteckt werden konnten.

Die Absteckungselemente wurden im Feld selber mit dem Taschenrechner berechnet. Dabei waren vorbereitete Programme sehr hilfreich. Anschliessend an die Verpflockung wurde jeweils die Distanz noch einmal gemessen, was später als Kontrollmessung verwendet wurde. Um auch unabhängige Kontrollmessungen zu erhalten, wurden auch unter den abgesteckten Punkten Distanzen gemessen. Die Differenzen zwischen den Soll- und Istwerten waren mit einer Ausnahme alle unter 6cm, was für die von den Archäologen geforderte Genauigkeit ausreichte.

Die Versicherung der Punkte erfolgte mit zugespitzten Armierungseisen, die eingeschlagen wurden. Nachträglich wurden sie ersetzt durch 40–50cm lange Plastikrohre, die einbetoniert wurden. Die einzige Gefahr, dass Punkte verloren gehen, ist das Ackern der Felder rings um den Hügel. Deshalb wurden gefährdete Punkte mit einem kleinen Erdhügel überdeckt.

4. Digitales Geländemodell

4.1 Aufnahme der Detailpunkte

Als Grundlage für die Aufnahme der Detailpunkte muss ein Fixpunktnetz

vorhanden sein, wobei auch die Höhen der Fixpunkte bekannt sein müssen. Da wir vorgängig das Rasternetz abgesteckt hatten, konnten wir diese Rasterpunkte als Fixpunkte übernehmen. Die Punkthöhen waren bekannt, da bei den Absteckungskontrollen jeweils auch die Höhenwinkel gemessen wurden. Als Höhenbezug diente die Triangulationsplatte (siehe Kap. 2), von der wir die absolute Höhe von 391m ü.M. vom Grabungsleiter von Tall Barri, einer Nachbargrabung, erhielten. Eine genauere Höhenangabe war nicht aufzutreiben.

Die Detailpunkte wurden polar von insgesamt zwölf Stationen aus aufgenommen, wobei jeder Detailpunkt nur von einer Station aus aufgenommen wurde. Dadurch ist keine Überbestimmung vorhanden und keine Kontrolle möglich. Der Aufwand für eine Überbestimmung wäre aber zeitlich wie materiell zu gross geworden. Das Risiko einer Fehlmessung wurde deshalb bewusst in Kauf genommen. Der Verlust einzelner Detailpunkte durch Fehlmessung, falsches Ablesen oder Aufschreiben hätte sich auch kaum tragisch ausgewirkt, da darauf geachtet wurde, dass eher zuviel als zuwenig Punkte aufgenommen werden.

Die Stationen wurden so ausgewählt, dass möglichst viele Detailpunkte auf einmal aufgenommen werden konnten. Um günstige Stationsorte auswählen zu können, wurde meistens die freie Stationierung gewählt. Dies bedingt, dass zu mindestens zwei, besser drei Fixpunkten des lokalen Fixpunktnetzes Sichtverbindung besteht, so dass die Koordinaten nachträglich mit genügender Überbestimmung berechnet werden können. Hier ist eine genügende Überbestimmung sicher angebracht, da alle Detailpunkte von den Stationen abhängig sind.

Die Auswahl der Detailpunkte muss vor allem der Messgehilfe treffen. Der Beobachter hat, vor allem, wenn er wie in diesem Fall gleichzeitig Sekretär ist, keine Zeit, jeden Punkt nach seiner Eignung zu kontrollieren.

Für die Aufnahme der Detailpunkte wurde das Gebiet in Sektoren unterteilt. Die Sektorgrenzen wurden so gewählt, dass sie möglichst natürlichen Abgrenzungen wie Wegrändern, Gräben oder Rippenrücken entsprechen. Diese Unterteilung des Gebietes hatte den Zweck, dass die Detailpunkte möglichst auf das ganze Gebiet verteilt werden und keine Lücken entstehen. So konnte bei der Detailpunktaufnahme jeder Sektor für sich mit Punkten gefüllt werden.

Bei der Auswertung zeigten sich aber dann doch gewisse Löcher, die bei der Aufnahme nicht bemerkt wurden. Dies ist auf eine fehlende Nachführung einer

Skizze zurückzuführen. Darauf wurde wegen Zeitmangel verzichtet. Auf das Gesamtergebn hatten diese Löcher jedoch keinen grossen Einfluss. Die durchschnittliche Aufnahmedichte betrug ca. 25 Punkte/ha, 720 Detailpunkte auf 30 ha.

4.2 Auswertung

Die Berechnung der Koordinaten und Höhen der zwölf Stationen sowie die Orientierung des Horizontalkreises erfolgte an Ort und Stelle mit dem Taschenrechner. Durch die rasche Auswertung hatte man sofort die Gewissheit, ob die Fehler innerhalb der Messgenauigkeit lagen.

Die Berechnung der Koordinaten und Höhen der Detailpunkte sowie die Weiterverarbeitung zu einem Höhenkurvenplan wurde in der Schweiz gemacht. Dazu konnten fertige Computerprogramme benutzt werden, die auf der PDP-11/70-Anlage des Lehrbereichs Photogrammetrie des Instituts für Geodäsie und Photogrammetrie (IGP) installiert sind. Die Anlage wurde mir freundlicherweise von Prof. Dr. A. Grün zur Verfügung gestellt, und Herr B. Rüedin hat mir bei der Anwendung der Programme geholfen.

Das Kernprogramm muss die Detailpunkte in kartesischen Koordinaten X, Y, Z zur Verfügung haben. Mit einem Vorprogramm wurden die polaren Aufnahmemasse in diese Form gebracht. Die Verarbeitung der Punkte zu einem Höhenkurvenplan geht dann etwa so vor sich:

- alle Punkte werden zu einem Dreiecksnetz vermascht
- jeder Punkt erhält eine Tangentialebene, die durch eine Funktion berechnet wird, bei der alle Nachbarpunkte einbezogen werden
- in jedem Dreieck wird eine Fläche aufgespannt, die durch die drei Tangentialebenen gegeben ist
- mit diesen Flächen werden die Höhenkurven berechnet
- mit einem Aviotab-Plotter werden die Höhenkurven gezeichnet.

Im Programm kann der Massstab des Plans und die Äquidistanz durch entsprechende Parameter frei gewählt werden.

5. Schlussbemerkungen

Das Verhältnis von Aufwand zu Ertrag war mit der gewählten Methode des digitalen Geländemodells ziemlich günstig im Vergleich zu einer photogram-

metrischen oder einer Messtisch-Aufnahme. Das Vorgehen bei der Aufnahme der Detailpunkte muss sorgfältig kontrolliert werden, eventuell mit einer Skizze, um Löcher im Geländemodell zu vermeiden. Bei der Aufnahme von Tall Hamidi wurde keine Skizze nachgeführt, deshalb entstanden auch ein paar solcher Löcher. Sie wirkten sich aber nicht schwerwiegend auf das Endergebn aus.

Zum Schluss möchte ich noch einmal all jenen danken, die mir bei der Ausführung des Projektes geholfen haben. Ich danke insbesondere Herrn R. Köchle für die Mithilfe bei der Vorbereitung der astronomischen Messungen, Herrn B. Rüedin für die Auswertung der Detailpunkte zu einem Höhenkurvenplan und Prof. E. Spiess und Herrn H. Stoll für die kartographische Ausarbeitung des Planes. Spezieller Dank gebührt auch Herrn W. Wattenhofer, dem Materialverwalter des IGP, der mir die Messgeräte zur Verfügung gestellt hat, und schliesslich auch Prof. F. Chaperon, der mich für die Zeit des Projektes freigestellt hat.

Adresse des Verfassers:

Daniel Steudler
Cadastre de Genève
16-18, bd. de St-Georges, CH-1211 Genève

Die Lockerungswirkung verschiedener Tieflockerungsgeräte

Ein Bericht über einen vergleichenden Feldeinsatz*

U. Müller

In der Melioration Niederhasli waren 10 ha Deponieareal zu rekultivieren. Um ein den hohen Anforderungen gewachsenes Tieflockerungsgerät auszuwählen, wurde der vorliegende Vergleichseinsatz zwischen verschiedenen Lockerungsgeräten durchgeführt. Am Versuch beteiligten sich sowohl traktorgezogene Tiefgrubber als auch dreischarige, raupengezogene Tieflockerer. Es zeigte sich, dass zur Lockerung einer mit Bauschutt durchsetzten Auffüllung nur raupengezogene Geräte mit möglichst drei Scharen und einer Motorenleistung von über 100 kW in Frage kommen.

Au cours de l'amélioration foncière de Niederhasli (ZH) il fallait recultiver 10 ha de décharge publique. Afin de pouvoir choisir la soussoleuse apte à remplir les hautes conditions demandées, la série d'essais ci-décrite fut entreprise. Aux essais participèrent des chisels sur tracteur ainsi que des soussoleuses sur chenilles à trois socs. Les résultats montrent que le sousolage de surfaces recomblées et parsemées de déblais, seuls des engins sur chenilles à si possible trois socs et d'une puissance de plus de 100 kW entrent en ligne de compte.

* Leicht gekürzte Version des Berichtes unter gleichem Titel an das Meliorations- und Vermessungsamt des Kantons Zürich im Rahmen der Melioration Niederhasli.

1. Allgemeines

In der Melioration Niederhasli waren bei den Entwässerungsarbeiten rund 10 ha aufgefülltes Land zu rekultivieren.

Die gesamte Deponiefläche litt unter starken Stauwasservernässungen. Im sehr dicht gelagerten, zum Teil mit Bauschutt durchsetzten Boden konnten Wurzeln und Niederschläge nur bis in Pflugtiefe vordringen. Als Meliorationsmassnahme wurde eine kombinierte Drainage, d.h. eine Rohrdrainage mit nachfolgender Tieflockerung, vorgeschlagen.

Damit der Boden nach der Melioration einer landwirtschaftlichen Nutzung einigermassen genügt, sollten die dichten Bodenschichten bis in eine Tiefe von 70-80 cm aufgerissen werden. Je tiefer der Boden aufgelockert wird, desto grösser wird sein Speichervolumen, um anfallende Niederschläge aufzunehmen. Der Wurzelraum für die Pflanzen erhöht sich ebenfalls, die Versorgung mit Nährstoffen und Wasser wird ausgeglichener.