

Bestimmung und Darstellung im Raum der «Getreidegruben»

(anhand einer Grube von Vădastra)

Ein Wissenschaftler —Archäologe, Historiker oder Ethnograph—, der sich mit der Vervollkommnung des wirtschaftlichen und kulturellen Aspekts einer Epoche oder eines Zeitabschnitts beschäftigt, darf die «Getreidegruben» nicht ausser Acht lassen. Diese methodisch erforschten bescheidenen «Denkmäler» können zu sicheren Ergebnissen von ungeahntem Wert führen.

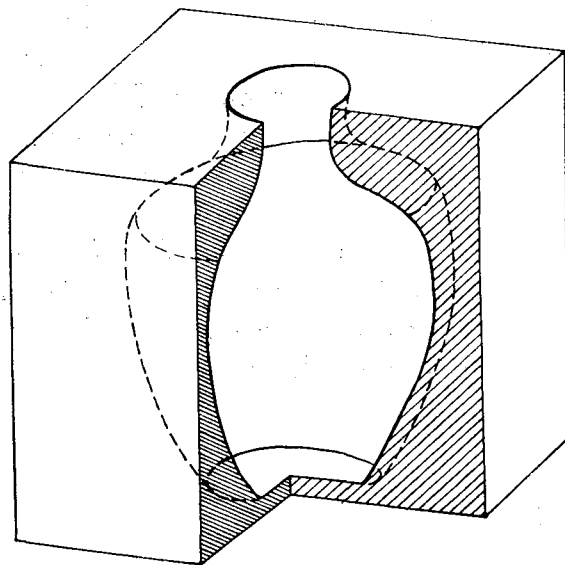


ABB. 1. Eine «Getreidegrube» in der Perspektive gesehen.

Die seit dem Neolithikum bis in die letzten Jahrzehnte benützten «Getreidegruben» (Abb. 1) wurden im Laufe der Zeit von den Forschern vernachlässigt.

Aus der Antike sind einige wertvolle Aufzeichnungen in den Werken des Varro¹, Columella², Plinius des Älteren³ erhalten. Später wurden die "Getreidegruben" der Donauebene kurz von Jean de Wavrin⁴ beschrieben, welcher die Walachei im Jahre 1445 während einer Donauexpedition der burgundischen Flotte, die den Kreuzfahrern zur Verfügung gestellt worden war, kennenlernte.

Die bei uns durchgeführten archäologischen Ausgrabungen förderten besonders in den letzten zwanzig Jahren eine grosse Anzahl von "Getreidegruben" zu Tage. Einige davon können schwerlich der Wiederherstellung des Zeitbildes der Epoche, der sie angehören, dienen, da sie entweder unmethodisch ausgegraben oder mit anderen Gruben verschiedener Verwendung verwechselt wurden.

In der vorliegenden Abhandlung werden die bei der *Bestimmung und Darstellung im Raum der "Getreidegruben"* verwendeten Methoden bekanntgegeben, zwecks Bestimmung ihrer Typologie, — die man bei einer Grube vom Ende des 14. Jahrhunderts anwandte, welche anlässlich der Ausgrabungen der Niederlassung von Vădastra⁵ entdeckt wurde. Bei den vielfältigen archäologischen Forschungen ist auch die Bestimmung der Speicherkapazität von Getreide notwendig, d. h. die Kenntnis des Volumens der Grube. Zu diesem Zweck muss man die Grube zuerst geometrisch rekonstruieren.

Zur geometrischen Rekonstruktion der "Getreidegrube" und Bestimmung ihres Volumens wurden einfache Methoden gewählt, die während der archäologischen Ausgrabungen angewandt werden können. Es wird angenommen, dass die "Getreidegrube" von horizontalen Ebenen unterteilt wird, die sich in gleichen Abständen schneiden und auf der vertikalen Achse gemessen werden, die man entsprechend wählt. Dadurch erhält man ebenso viele Kurven mit unregelmässigem Umriss. Die Schnittpunkte der Ebenen mit der vertikalen Achse bilden für jede horizontale Kurve den Polarpunkt, von dem aus, durch die Polarkoordinaten, alle Punkte der Kurve jedes horizontalen Schnittes bestimmt werden. Durch die analoge Anordnung im Raum der horizontalen Schnitte, die von den Kurven begrenzt werden, kann man anhand eines entsprechend gewählten Masstabes (1: 4 — 1: 10) die Darstellung im Raum der Grube erhalten (Abb. 2).

Da die "Getreidegruben", durch die Art der archäologischen Ausgrabungen bedingt, für spätere Untersuchungen nicht erhaltenbleiben können, müssen die Messungen gleichzeitig mit der Ausgrabung oder mit dem Ausheben der Grube vorgenommen werden und zwar so genau wie möglich. Dem Gelände entsprechend können folgende Methoden angewandt werden.

¹ Varr., *De agr.*, I, 57, 63.

² Col., *De re rust.*, I, 6.

³ Plin., *Nat. Hist.*, XVIII, 30.

⁴ Jean de Wavrin, *La campagne des croisés sur le Danube* (1445), (Auszug aus "Anciennes Chroniques d'Angleterre"), nouvelle édition par N. Iorga, Paris 1927. S. 65-66.

⁵ Corneliu N. Mateescu, *Săpături arheologice la Vădastra, Materiale si Cercetări arheologice*, VIII, 1962, S. 192; Corneliu N. Mateescu, Silviu Comănescu, *Contributo allo studio delle fosse per provviste dell'epoca di Mircea il Vecchio: Fossa scoperta a Vădastra*, "Ethnographica", 5-6 (1963-1964), S. 51 (mit Fehlern erschienen, die nicht von den Verfassern gemacht wurden und die den Sinn verändern).

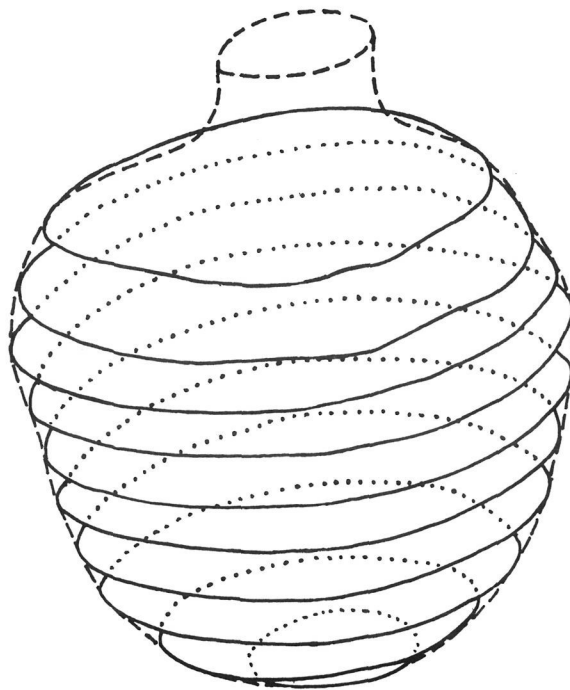


ABB. 2. Sektionierung der "Getreidegrube" durch horizontale Ebenen.

1) Wenn die Messungen zugleich mit der Ausgrabung der Grube vorgenommen werden, wählt man zwei aufeinander senkrecht stehende Richtungen, die sich in der Mitte der Grube schneiden. Auf einer Richtung bleibt ein vertikales Bodenprofil (welches durch das Ausheben der Füllung der ersten Hälfte der Grube bis zum Boden erhalten wird), auf welchem die Messungen durchgeführt werden (Abb. 3). Das Bodenprofil dient auch zur Aufzeichnung der Beobachtun-

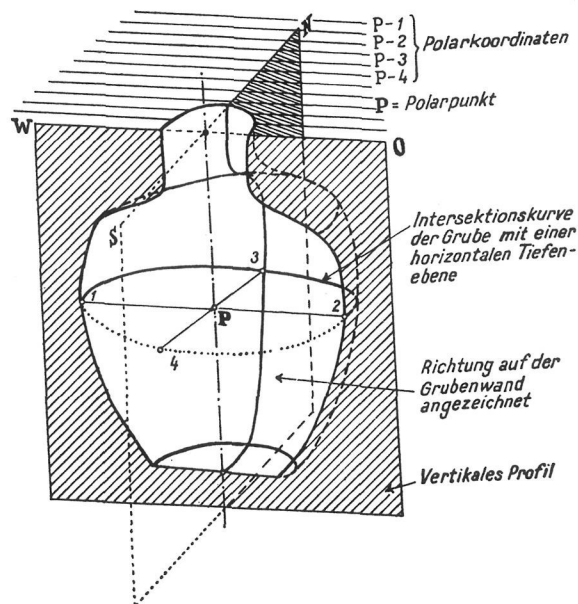


ABB. 3. Durchführung der Messungen gleichzeitig mit dem Ausheben der "Getreidegruber".

gen im Zusammenhang mit der Art des Ausfüllens der Grube. Auf der anderen Richtung wird nach dem Ausheben des dritten Viertels des Grubeninhaltes in der gleichen Weise gemessen.

Auf diesen vertikalen Profilen, vom Schnittpunkt der beiden aufeinander senkrecht stehenden Richtungen bis zu ihren Begrenzungen, werden Messungen in horizontalen Ebenen mit dem Bandmass von 5 zu 5 oder 10 zu 10 cm Tiefe bis zum Grubenboden vorgenommen. Für jede einzelne Tiefenschicht werden je vier Werte ermittelt, die tatsächlich die Koordinaten der vier Punkte darstellen und sich in derselben horizontalen Schnittfläche der Grube befinden. Die Werte werden im gewünschten Masstab 1:4 — 1:10), auf Millimeterpapier übertragen und die erhaltenen Punkte der Form der Grube entsprechend verbunden. So erhält man eine Kurve, die in Wirklichkeit den Schnitt der Grube mit einer horizontalen Ebene darstellt, die sich in entsprechender Tiefe befindet. Analog geht man dann mit allen Kurven der horizontalen Ebenen, die von 5 zu 5 oder 10 zu 10 cm Tiefe bis zum Grubenboden angeordnet sind, vor Sowohl die Ausgrabung als auch die Messungen müssen mit grösster Sorgfalt durchgeführt werden. Diese Messungen und Kurven dienen später der Bestimmung des Gesamtvolumens.

Bei der ersten geometrischen Rekonstruktion der bei Vădastra⁶ entdeckten "Getreidegrube" wurde, wie weiter oben erwähnt, vorgegangen, indem eine Zeichnung angefertigt wurde, wo die auf eine Reihe von horizontalen Ebenen in gleicher Entfernung voneinander projizierten Kurven erscheinen, die die Form der Grube in der betreffenden Ebene darstellen. Die Kurven wurden mit Hilfe der Elemente des N-S und O-W-Profiles, die während der Ausgrabung gemessen wurden, entsprechend verbunden. Der obere Teil der Grube, der im Laufe der Zeit zerstört worden war, wurde hypothetisch nur in den vertikalen Ebenen rekonstruiert.

2) Wenn die Messungen nach dem vollständigen Ausheben der Grube vorgenommen werden, geht man folgendermassen vor : von einer vertikalen Achse, die die Grube durchquert, erfolgen die Bestimmungen auf horizontalen, in der Tiefe gleich weit voneinander entfernten Ebenen (Abb. 4). Zur leichteren und schnelleren Durchführung der Messungen kann man gleich an der Ausgrabungsstelle die notwendige Vorrichtung herstellen⁷: eine Holzleiste mit einem quadratischen Querschnitt und einer Seite von 4-5 cm, die an einem Ende zugespitzt und 20-30 cm länger als die Tiefe der Grube ist. Auf dieser Leiste gleitet ein horizontaler kreisförmiger Messtisch mit einem Durchmesser von etwa 30 cm. Am oberen Ende der Leiste wird ein Orientierungsstift befestigt, und in gleichen Abständen, z. B. von 5 zu 5 oder von 10 zu 10 cm, werden Querbohrungen in der Leiste vorgesehen, mit deren Hilfe, vermittels eines Stahlnagels, der Messtisch in der gewünschten Tiefe befestigt wird. Auf dem Messtisch werden

⁶ Corneliu N. Mateescu, Sylviu Comănescu, *op. cit.*, S. 56 und Abb. 27.

⁷ *Erfindung des Verfassers*, die bei den Ausgrabungen von Vădastra, dann bei jenen von Cernica (geleitet von Prof. G. G. Cantacuzino) mit Erfolg angewandt wurde.

mit grosser Genauigkeit Radiallinien gezogen, in deren Richtungen die Messungen auf jeder Ebene durchgeführt werden und von der Leistenachse wird konzentrisch ein Kreis mit dem Radius von 5 cm gezogen, der die Radiallinien in den Punkten schneidet, von denen aus die Messungen in der horizontalen Ebene durchgeführt werden.

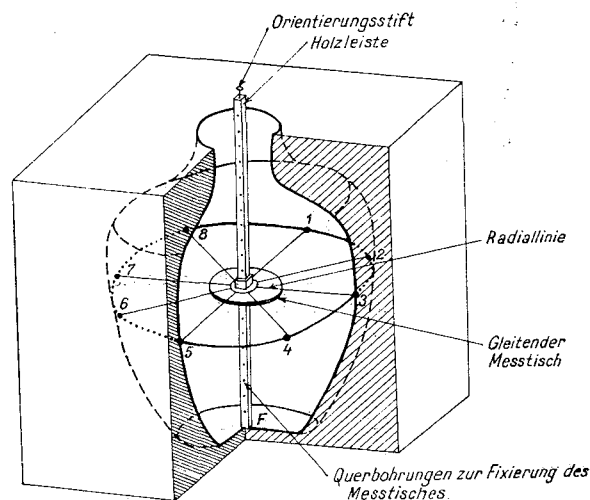


ABB. 4. Durchführung der Messungen nach dem Ausheben der "Getreidegrube".

Die Leiste mit dem Messtisch wird in den Grubenboden bis zur Marke F (Bodenmarke) eingerammt, indem man sie mit Hilfe einer Wasserwaage oder eines Senkbleis genau vertikal ausrichtet. Der Orientierungsstift am Ende der Leiste erfüllt einerseits die Aufgabe, die Grube für die Bestimmung der planimetrischen und altimetrischen Position im Rahmen der Lage der archäologischen Ausgrabungsstelle zu markieren, und andererseits die Unbeweglichkeit der Leiste mit dem Messtisch im Verlauf der Vermessungsarbeiten sicherzustellen. Die Befestigung der Leiste kann durch Anbringen von Stahldrähten oder Schnüren am Orientierungsstift und an vier an der Bodenoberfläche in Kreuzform eingetriebene Pflöcke erfolgen.

Die Messungen werden sukzessive von 5 zu 5 oder von 10 zu 10 cm Tiefe auf den Radiallinien des Messtisches durchgeführt, vom Kreis des Messtisches mit dem Radius von 5 cm bis zu dem Punkt, in dem die horizontale Radiallinie die Grubenwand schneidet. Die Genauigkeit der Rekonstruktion der Grube bedingt die Festlegung der Anzahl der Radiallinien; diese bilden die Polarkoordinaten (mindestens acht).

Die Punkte jeder Ebene werden auf Millimeterpapier im festgelegten Masstab mittels der gemessenen Polarkoordinaten übertragen (Abb. 5). Dann erhält man, durch die entsprechende Verbindung der auf diese Weise bestimmten Punkte, eine Reihe von geschlossenen Kurven, welche tatsächlich die Schnitte der horizontalen Ebenen mit der Grube darstellen. Vom mathematischen Gesichtspunkt

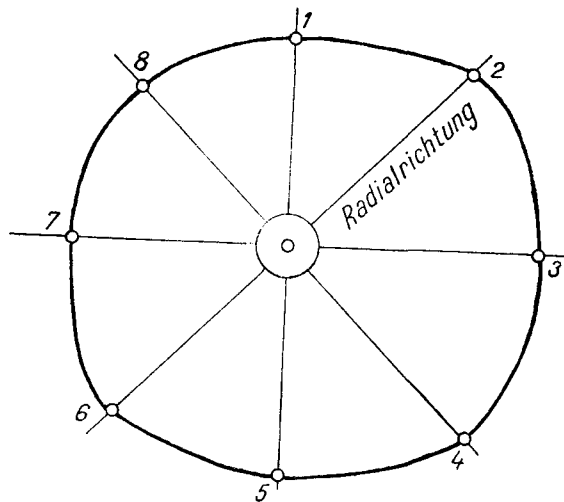


ABB. 5. Auftragen der Punkte einer Ebene durch Polarkoordinaten und Ausziehen der Elementarkurven.

ist somit die Grube genau bestimmt, während die Kurven vom topographischen Standpunkt Schichtenlinien der Tiefe darstellen (Abb. 6).

Vergleichsweise erlaubt diese Methode die Durchführung der Messungen mit grösserer Leichtigkeit und sichert gleichzeitig die geometrische Rekonstruktion der "Getreidegrube" mit grösserer Zuverlässigkeit, dank der genaueren Festlegung der Lage der Punkte der Elementarkurven. Sie kann nur nach der Beendigung aller archäologischen Beobachtungen im Zusammenhang mit dem Grubeninhalt und dem Ausheben der Füllung⁸ angewandt werden. Die geometrische Rekonstruktion der "Getreidegrube" von Vădastra anhand der zweiten Methode weist keine empfindlichen Unterschiede im Vergleich zu der Rekonstruktion anhand der ersten Methode auf, nachdem die Form der Grube relativ regelmässig ist.

Zur Bestimmung des Volumens einer "Getreidegrube" von vollkommen unregelmässigen Formen wird diese in eine Anzahl gleicher Elementarvolumen (Abb. 7) eingeteilt, die sich durch die Unterteilung des Grubenvolumens mit den horizontalen, gleich weit voneinander entfernten Ebenen (z. B. in einer Entfernung von 5 oder 10 cm) ergeben. Die Berechnung eines Elementarvolumens erfolgt mit Hilfe der Kegelstumpfformel, wenn man von der Annahme ausgeht, dass das von der Seitenfläche des Kegelstumpfes begrenzte Volumen praktisch gleich dem von der gekrümmten Seitenfläche der Grube begrenzten ist

$$V_m = \frac{S_m + S_{m+1}}{2} \times i_m \quad (1) \text{ wobei}$$

⁸ Die hier beschriebene Methode und Vorrichtung kann auch bei anderen archäologischen Objekten, die während der Ausgrabung angetroffen werden (unterirdische Gewölbe, Zisternen, Töpferofen usw.), besonders bei solchen mit komplizierten Profilen, mit Erfolg angewandt werden.

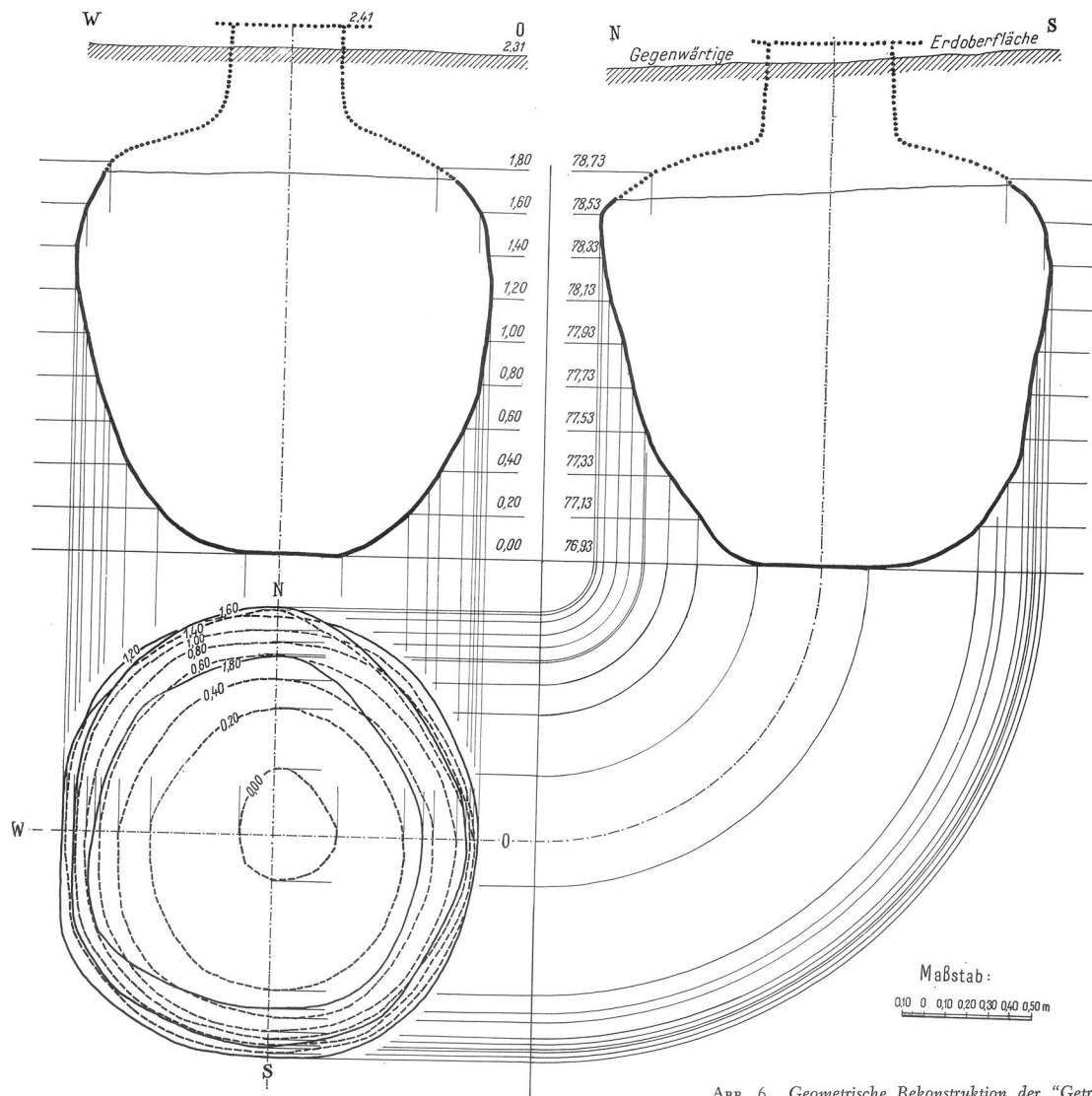


ABB. 6. Geometrische Rekonstruktion der "Getreidegrube" vom Ende des 14. Jh., die bei Västra entdeckt wurde.

S_m die Oberfläche der oberen Ebene ist, die das Volumen (V_m) begrenzt;

S_{m+1} ist die Oberfläche der unteren Ebene, die das Volumen begrenzt;

i_m ist die Höhe des Elementarvolumens.

Die Summe der Elementarvolumen ergibt das Gesamtvolumen:

$$V_{\text{Grube}} = V_1 + V_2 + \dots + V_n \quad (2)$$

Da sich die horizontalen Ebenen in gleicher Entfernung voneinander befinden, und in der Gleichung (2) V_1, V_2, \dots, V_n mit den Werten der Gleichung (1) ersetzt werden, ergibt sich folgendes Grubenvolumen:

$$V_{\text{Grube}} = \left(\frac{S_1 + S_n}{2} + S_2 + S_3 + \dots + S_m + \dots + S_{n-1} \right) \times i_m \quad (3)$$

Die Bestimmung der Grösse der Flächen S_1, S_2, \dots, S_n , die ebene Flächen sind, und von Kurven mit vollkommen unregelmässigem Umriss begrenzt werden, erfolgt leichter mit Hilfe einer der bekannten Methoden:

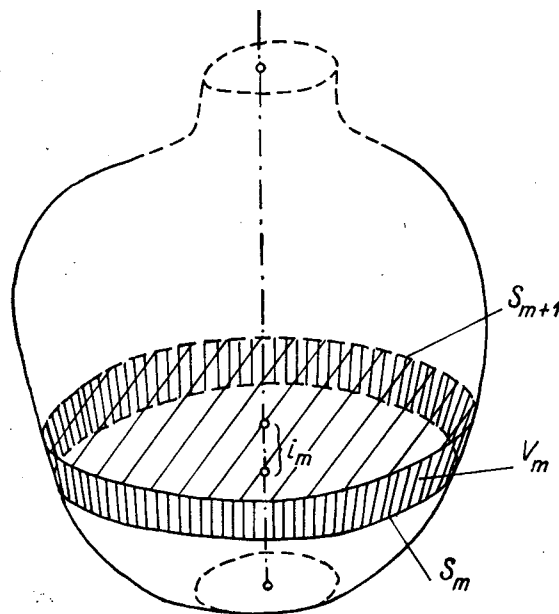


ABB. 7. Ein Elementarvolumen in der Perspektive gesehen.

— mit dem Rechenbrett (Abakus);

— mit dem Planimeter;

— durch Abwägen.

Von den drei Methoden ist die zweckmässigste, die Methode durch Abwägen, welche wir in der Folge beschreiben werden:

a) Auf einen Karton homogener Struktur wird so genau wie möglich im Masstab der Übertragung auf Millimeterpapier, der Flächenumriss der horizonta-

len Schnitte gezeichnet und denn der Kurve entlang ausgeschnitten. Analog wird für alle Schnitte vorgegangen.

b) Vom selben Kartonbogen wird eine geometrische Etalonfläche ausgeschnitten, bei der die Bestimmung des Flächeninhaltes möglichst leicht mit Hilfe einfacher geometrischer Methoden (z. B. Quadrat, Rechteck, Kreis) erfolgen kann. Dann wird mit einer analytischen Waage:

- die Etalonfläche (g_e);
- die Bodenfläche (S_n) zusammen mit der Fläche der Grubenöffnung (S_1);
- alle anderen Schnitte zusammen ($S_2, S_3, \dots S_{n-1}$) abgewogen.

Die Äquivalenz der Etalonfläche in Gewicht wird mit der Formel:

$$e = \frac{s_e}{g_e} \text{ bestimmt, wobei}$$

s_e die Etalonfläche in demselben Masstab mit der Grube und g_e das Etalongewicht ist.

Die Oberflächen der Schnitte erhält man durch Multiplikation mit der Äquivalenz e .

Nach Bestimmung aller Elemente werden sie in die Gleichung (3) eingesetzt und ergeben das gesuchte Volumen. Zu beachten ist, dass man durch gleichzeitiges Abwägen aller Schnittflächen, ausser der ersten und letzten, zugleich auch die Summe der Ausdrücke ($S_2 + S_3 + S_4 + \dots S_{n-1}$) erhält, was die Berechnung mit der Formel (3) noch mehr erleichtert.

Die Speicherkapazität einer Grube berechnet man durch die Multiplikation des auf diese Weise bestimmten Volumens mit dem volumetrischen Gewicht des gespeicherten Getreides. Als Beispiel wird für die Grube von Vădastra die Bestimmung des Volumens vergleichend mit Hilfe der beiden Methoden —mit dem Planimeter und durch Abwägen— vorgeführt.

Die Grube wurde zum ersten Mal durch vier Punkte in jedem Schnitt (die beiden senkrechten Profile N-S und O-W) geometrisch rekonstruiert. Die horizontalen Schnitte wurden in Tiefen von 10 zu 10 cm durchgeführt. Das Planimetrieren erfolgte zweimal auf den 19 horizontalen Profilen der Grube, im Masstab 1 : 10 mit einem Polarplanimeter Modell Amsler mit dem Pol ausserhalb der Grube. Infolge der Verarbeitung der 38 Messungen und der dazugehörigen Berechnungen ergab sich die Summe der Profilflächen gleich $S_{\text{Grube-Planimetrieren}} (1,0418 + 40,3505 = 41,3923 \text{ m}^2)$.

Die Methode durch Abwägen. Die 19 Schnitte der Grube wurden auf Duplex-Karton von 0,3 Millimeter Dicke im Masstab 1 : 10 gezeichnet, ausgeschnitten und abgewogen. Zwei Etalons (Rechtecke) wurden ebenfalls auf denselben Karton gezeichnet und ausgeschnitten und das Mittel des Gewichtes wurde bestimmt. In der Tabelle werden die Ergebnisse des Abwägens wiedergegeben:

FLÄCHE	GEWICHT IN G	BEMERKUNGEN
$S_1 + S_{19}$	6,1513	— Es wurde mit der analytischen Waage "Meopta" gewogen.
$S_2 + S_3 + \dots S_{18}$	117,8015	
Etalon a	11,2019	
Etalon b	11,2466	
	Mittel 11,22425	
$e = \frac{3,840 \text{ m}^2}{11,22425 \text{ g}} = 0,3421164$	$\frac{\text{m}^2}{\text{g}}$	— Die Etalons haben die Fläche von 3,840 m ² .

Die auf diese Weise bestimmte Summe der Flächen ist gleich:

$$S_{\text{Grube Abwägen}} = \left(\frac{6,1513}{2} + 117,8015 \right) \times 0,3421164 = 41,3541 \text{ m}^2$$

Das Volumen der "Getreidegrube" von Vādastra erhält man folgendermassen:

$$V_{\text{Grube Planimeter}} = (1,0418 + 40,3505) \times 0,10 = 4,139 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{Grube Abwägen}} = 41,3541 \times 0,10 = 4,135 \text{ m}^3$$

Da die Ergebnisse dieser beiden Methoden fast gleich sind, geht hervor, dass die empfehlenswertere jene durch Abwägen ist, nachdem dabei weder die Durchführung komplizierter mathematischer Berechnungen noch Spezialinstrumente notwendig sind und sie sinnreich und sehr einfach ist. Die Besonderheit der Methode durch Abwägen kann auch den Vorteil einer grösseren Genauigkeit bieten, dank der Tatsache, dass nur drei Bestimmungen durch Abwägen vorgenommen werden, unabhängig von der Anzahl der Schnitte der Grube, während bei allen anderen Methode für die Festlegung der Schnitte ebenso viele Bestimmungen notwendig sind als horizontale Schnitte in der Grube vorhanden sind. Es ist bekannt, dass die Wahrscheinlichkeit eines Irrtums umso grösser ist, je mehr Grössen bestimmt werden müssen, so wie es bei der Methode mit dem Rechenbrett oder mit dem Planimeter der Fall ist.

Die "Getreidegrube" von Vādastra konnte Korn oder Erbsen (mit dem volumetrischen Gewicht von 700-830 kg/m³) 2.896-3.434 kg und Gerste (mit dem volumetrischen Gewicht von 600-700 kg/m³) 2.482-2.896 kg speichern. Wenn man den rekonstruierten Teil hinzuzählt, konnte die Grube fast 4.000 kg Korn oder Erbsen und bis zu 3.200 kg Gerste speichern.

Die Anwendung mathematischer Methoden und Berechnungen in der Archäologie ist von effektivem Nutzen. Im Falle der "Getreidegruben" können sie, durch die Bestimmung und Darstellung im Raum der Gruben, zur genauen Festlegung ihrer Typologie und auf einer breiteren Ebene zu Schlussfolgerungen von ethnographischem und ethnologischem Charakter führen. Durch volumetrische

Bestimmungen gelangt man gleichzeitig zu Statistiken wirtschaftlicher Art, die zu einigen Schlussfolgerungen führen, die dazu bestimmt sind, in der Geschichtsschreibung eingebürgerte Irrtümer zu berichtigen⁹.

R E S U M E

Les fouilles archéologiques, effectuées en Roumanie, ont livré de nombreuses fosses "à grains", utilisées depuis l'époque néolithique jusqu'à début du siècle.

La présente étude fait connaître les méthodes utilisées pour déterminer et représenter spatialement les fosses "à grains" —avec l'application à une fosse de Vădastra— aussi bien pour en établir la typologie que pour en connaître le volume. En fonction de la situation sur les lieux, les mesures peuvent être effectuées: 1) pendant les fouilles et 2) après avoir vidé la fosse. On se sert pour cela d'un dispositif (innovation des auteurs) formé d'une règle à section carrée, divisée convenablement, que l'on fiche verticalement à l'intérieur de la fosse jusqu'à la cote du fond (0,00 m). Sur la règle glisse un quadrans circulaire où sont tracées des directions polaires le long desquelles on effectue les mesures. Un clou de fixation permet d'arrêter le quadrans à la profondeur désirée. A la partie supérieure, la règle a un autre clou de fixation qui sert aussi de repère topographique de la fosse.

Les mesures s'effectuent le long des directions radiales et les résultats sont consignés sur un papier millimétrique sur lequel on a tracé préalablement des directions polaires correspondant à celles du quadrans. Le raccordement des extrémités permet d'obtenir la courbe de profondeur, correspondant au niveau de la division respective de la règle. On procède pareillement pour les autres divisions, jusqu'à l'ouverture de la fosse, et l'on obtient de la sorte les courbes de profondeur. A l'aide de calculs mathématiques simples, portant sur deux courbes, l'on obtient les volumes partiels des sections et ensuite le volume total de la fosse.

L'on présente ensuite la méthode permettant de déterminer le volume d'une fosse "à grains" à profil irrégulier et l'on donne comme exemple, pour la fosse de Vădastra, l'évaluation du volume à l'aide de deux méthodes: 1) à l'aide du planimètre et 2) par pesage. La méthode la plus indiquée est celle par pesage, laquelle est à la fois simple et très précise.

L'application des méthodes mathématiques à l'étude des fosses "à grains" permet, grâce à la détermination et à la représentation spatiale des fosses, d'établir avec précision leur typologie et conduit dans l'ensemble à des conclusions de caractère économique, ethnographique et ethnologique.

⁹ Corneliu N. Mateescu, Sylviu Comănescu, *op. cit.*, S. 57.