

WORKSHOP 1

**Archäologie
und
Computer
1996**

Horizontalstratigrafische Auswertungen mittels Analyse der Nächsten Nachbarn

Peter Stadler

ABSTRACT

Horizontal Stratigraphy by Application of Analysis of Next Neighbours

In this article a „new“ method, which I call Analysis of the (N) Next Neighbours - some kind of spatial analysis - is presented with the data from different sites. These data comprise archaeological finds, and Situation of finds as well as anthropological data and various other data. The methodology Starts with distribution maps of different types or features. Two varieties of this method were developed and are available in our program package SERION for the PC (DOS-Version). Analysis of the Next Neighbours concerning one type: Distribution maps of one type are evaluated with statistical tests to find out whether the distributions show significant

deviations from randomness. If the distributions are non-random, they can be used to form a matrix for relations between finds. Analysis of the Next Neighbours concerning two types: Here the distributions of two types are compared with each other. Distributions showing significant similarity are used to form a matrix for relations between finds. With this step it is also possible to find graves where men and women belong to each other, even though they usually have few objects in common. In both cases seriation is made with these matrices. Afterwards the eigenvectors of these are clustered in groups, which are then plotted on the map of the cemetery. These groups may be interpreted as a chronological sequence, even though some of them may also be contemporaneous.

Einleitung

In den letzten Jahrzehnten haben sich in der Ur- und Frühgeschichte Unmengen von Daten angesammelt, die teilweise publiziert wurden, die jedoch in den seltensten Fällen quantitativ ausgewertet worden sind. Die hier beschriebene Analyse der Nächsten Nachbarn versucht dem Archäologen und dem interdisziplinär in Zusammenarbeit mit dem Archäologen tätigen Naturwissenschaftler ein Mittel in die Hand zugeben, der Datenflut Herr zu werden, in dem man sich die „naturgesetzlichen“ Phänomene der Horizontalstratigraphie zu Nutze macht. So ist es möglich, viele hunderte Kartierungen automatisch zu erstellen und zu einer Synthese - also einer gemeinsamen Interpretation - zu bringen.

Material

Folgende Fundmaterialien konnten in den letzten Jahren mit dieser Methode untersucht werden:

Ältestlinearbandkeramische Siedlung von Brunn am Gebirge, Flur Wolfsholz	Ausgräber P. Stadler ¹	in Vorbereitung
Frühbronzezeitlichen Gräberfeld von Franzhausen I	Ausgräber J.W. Neugebauer ²	Großteils abgeschlossen
Bayuwarisches Gräberfeld von Altenerding	Publikation W. Sage und H. Helmuth ³	Großteils abgeschlossen

¹ P. STADLER 1996, gem. mit Eva LENNEIS und Helmut WINDL, Neue ¹⁴C-Daten zum Frühneolithikum in Österreich. Pre-histoire Européenne 8, 97-116.

² J.-W. NEUGEBAUER, Das frühbronzezeitliche Gräberfeld von Franzhausen I. Im Druck.

Frühawarenzeitliches Gräberfeld von Kölked-Feketekapu A in Ungarn	Ausgräber u. Bearbeiter Attila Kiss ⁴	publiziert
Awarenzeitliches Gräberfeld von Mödling - Goldene Stiege	Ausgräber K. Matzner ⁵ , Publikation F. Daim ⁶ , A. Distelberger, P. Stadler	in Vorbereitung
Awarenzeitliches Gräberfeld von Alattyán	Publikation I. Kovrig ⁷	Typologie und Auswertung abgeschlossen
Typen und Werkstätten spätawarischer Güsse im Karpatenbecken	Materialaufnahme Peter Stadler	in Vorbereitung
Frühgeschichtliches Gräberfeld von Nevolino im Ural	Ausgräber u.a. R. Goldina ⁸	Arbeiten größtenteils abgeschlossen

Anhand der folgenden Tabelle der Datenaufstellung bezüglich des frühbronzezeitlichen Gräberfeldes von Franzhausen I soll gezeigt werden, welche unterschiedlichen Daten gemeinsam ausgewertet werden können und somit zu einer noch besseren interdisziplinären Zusammenarbeit führen können.

Fachgebiet	Auswertung	Datenart	Bearbeiter	Jahr	Variablen	Komplexe	Typen	Inzidenzen
Archäologie	X	Beigaben	Chr. Neugebauer-Maresch	1987		476	165	2278
	X	Lage der Beigaben	Chr. Neugebauer-Maresch	1987	55x9	476	291	2560
	X	Beraubung	Chr. Neugebauer-Maresch	1987		724	163	5083
	X	Befunde, Merkmale	Chr. Neugebauer-Maresch	1987	6	722	73	3279
	X	Befunde, Maße	Chr. Neugebauer-Maresch	1987	13	724	346	9556
	X	Bronzespuren am Skelett	S. Sprenger	1997	37	420	327	8528
Anthropologie	X	Morphologie	K. Wiltshke-Schrotta	1988	35	159	131	3117
	X	Epigenetik	K. Wiltshke-Schrotta	1988	193	439	672	58901
	X	Metrik	M. Berner	1988	281	351	3357	27905
		Demographie	M. Berner					
		Zahnmaße <20J.	M. Teschler-Nicola					
		Osteoporose	M. Kneissel					

³ W. SAGE 1984, Das Reihengräberfeld von Altenerding in Oberbayern. Germanische Denkmäler der Völkerwanderungszeit Serie A, XIV.

⁴ A. Kiss 1996, Das awarenzeitlich gepidische Gräberfeld von Kölked Feketekapu. Studien zur Archäologie der Awaren 5.

⁵ K. MATZNER 1977, Zur frühen Siedlungsgeschichte Mödlings. Der Awarenfriedhof in Mödling. (Mödling 199) 18-30.

⁶ F. DAIM 1976, Die Awaren in Niederösterreich. Masch. Diss Universität Wien.

⁷ I. KOVRIG 1963, Das awarenzeitliche Gräberfeld von Alattyán. Archaeologica Hungarica 40, 267p.

⁸ R. GOLDINA, Das lomovotovo-zeitliche Gräberfeld von Nevolino. In Vorb.

		Kinderpathologie	M. Schultz					
		Pathologie	M. Teschler-Nicola, M. Kneissel, K. Wiltshke-Schrotta					
Zoologie	X	Fleischbeigaben	E. Pucher	1987		186	9	230
Metal-lurgie	X	Metallanalysen, ein-und multidim. Clusteranalysen	E. Pernicka, Gruppierungen E. Pernicka und J. Obereder	9	10	86	586	4001

Methodik

Alle hier angewandten Verfahren sind im von mir entwickelten Programmpaket „SERION“ enthalten. Die PC-Version von SERION ging aus einer Großrechnerversion hervor, und wurde insgesamt fast neu programmiert. SERION wurde schon mehrfach an anderer Stelle vorgestellt⁹.

Seriation

Als Seriationsverfahren wurde das Reciprocal Averaging nach Peter Ihm eingesetzt¹⁰.

Dieses gängige Verfahren ersetzt den Algorithmus von Goldmann und Kammerer¹¹. Abgesehen davon, daß es mathematisch besser fundiert ist, kommt es - bei verschiedenen Ausgangsordnungen - immer zum selben Resultat. Dieser Algorithmus wurde nicht nur in SERION, sondern auch im Bonner Paket¹² implementiert.

Kartierungen

Um die Kartierungen der Typen im Zusammenhang mit dem Gesamtplan darstellen zu können, wurde folgende Vorgangsweise gewählt: Zunächst wurde der Gräberfeldplan komplett in AutoCad 12¹³ digitalisiert. Es wurden die Grabungsgrenzen, ein Nordpfeil, eine Maßleiste sowie die Gräber in unterschiedlichen „Layern“ abgelegt. Nach der Eingabe eines jeden Grabumrisses als Polygon wurde die Grabnummer als Text an einer günstigen Position möglichst neben dem Grabumriß plaziert.

Aus AutoCad wurde sodann ein DXF-File¹⁴ exportiert, das mit Hilfe eines speziell dafür entwickelten Konverters in ein PostScript-File¹⁵ übersetzt wurde. Für das Polygon eines jeden Grabes wurde dessen Mittelpunkt ermittelt, der im folgenden zum Setzen der Kartierungssymbole verwendet wird. Die Gräber sind als schattierte Flächen, die Grabungsgrenzen als strichlierte Linien dargestellt.

⁹ Zuletzt: P. STADLER 1992, SERION - Programmpaket zur chronologischen und chorologischen Auswertung archäologischer Daten. In: H. GOEBL/ M. SCHADER (Hrsg.), Datenanalyse, Klassifikation und Informationsverarbeitung, Methoden und Anwendungen in verschiedenen Fachgebieten, Physica-Verlag (Heidelberg 1992), 69-86. Derzeit arbeite ich an einer benutzerfreundlichen Version für Windows 95/NT.

¹⁰ P. IHM 1983, Korrespondenzanalyse und Seriation. Archäologische Informationen 6/1, 8-21.

¹¹ E. KAMMERER 1979, Chronologie von prähistorischen Fundgesamtheiten. In: Klaus Goldmann, Die Seriation chronologischer Leitfunde der Bronzezeit Europas. BBV 1.

¹² The Bonn Seriation and Archaeological Statistics Package, The Unkelbach Valley Software Works, Manual, ohne Autor und Jahr.

¹³ AutoCad ist ein eingetragenes Markenzeichen der Fa. AutoDesk.

¹⁴ Data eXchange Format.

¹⁵ PostScript ist eine Drucker-Steuer-Sprache der Fa. Adobe.

Aus seiner Datenbank liefert SERION nun ebenfalls ein PostScript-File, in dem die für jede einzelne Kartierung wichtigen Grabnummern, Symbole und Beschriftungen enthalten sind. Im folgenden werden die PostScript-Files des Gesamtplanes und der einzelnen Kartierungen „übereinandergelegt“ und miteinander auf dem Laserdrucker ausgegeben. Die Gräber werden auf dem Gesamtplan als grau schattierte Flächen dargestellt und die Symbole und Grabnummern schwarz oder farbig gedruckt. Dadurch soll die Übersichtlichkeit erhöht werden. Außerdem können derartig erhaltene Files in der Druckerei direkt auf den Belichtern ausgegeben werden.

Analyse der „N Nächsten Nachbarn“ mit einem Typ

Es handelt sich um ein in seiner Gesamtheit neu entwickeltes Verfahren, das schon mehrfach an anderer Stelle beschrieben worden ist¹⁶.

Zunächst werden Verbreitungskarten erstellt und durch statistische Tests auf signifikant nichtzufällige Verteilungsmuster untersucht. Dazu werden wahlweise die hypergeometrische oder die binomiale Verteilung herangezogen¹⁷. Damit wird ein Erwartungswert errechnet, der angibt, welche Häufigkeit eines Merkmals (oder Typs) innerhalb der „N Nächsten Nachbarn“ eines Fundkomplexes zufällig zu erwarten wäre. Dies wird für alle Vertreter eines Typs wiederholt.

Unter Vorgabe eines Konfidenzintervalles kann dann bestimmt werden, ob die tatsächlich ermittelten Nachbarn mit dem gleichen Merkmal zufällig sein könnten oder nicht, in Abhängigkeit vom Signifikanzniveau, das zur Ermittlung des Konfidenzintervalls notwendig war. Finden sich in dieser Umgebung eines Komplexes mit einem bestimmten Typ tatsächlich Vertreter desselben Typs und ist die Verteilung signifikant nichtzufällig, so werden dieser Komplex und die zugehörigen Nachbarn in eine Liste von Beziehungen zwischen den Komplexen aufgenommen, ähnlich wie unterschiedliche Gegenstandstypen in einem geschlossenen Fund bei der herkömmlichen Seriation. Diese Matrix aus Beziehungen und Komplexen wird sodann einer Seriation - dem Reciprocal Averaging¹⁸ - unterzogen. Der erhaltene Eigenvektor der Funde wird mit einer eindimensionalen Clusteranalyse in „natürliche“ Gruppen zerlegt¹⁹. Diese werden sodann auf dem Gesamtplan dargestellt.

Analyse der „N Nächsten Nachbarn“ mit zwei Typen

In einem weiteren Verfahren können die Verbreitungen unterschiedlicher Typen miteinander verglichen werden. Es können nun signifikant ähnliche Verteilungen erkannt werden. Dazu müssen die Vertreter des zweiten Typs signifikant häufiger als erwartet in der Umgebung der „N Nächsten Nachbarn“ des ersten Typs auftreten. Insgesamt müssen

¹⁶ P. STADLER 1990, Kombinierte Auswertung archäologischer und anthropologischer Daten eines Gräberfeldes. Archäologische Informationen 12/2, 249-250. DERS. 1996, Quantitative Auswertung des awarenzeitlichen Gräberfeldes von Kölked Feketekapu A mittels Seriation und Analyse der „N Nächsten Nachbarn“. In: A. KISS, Das awarenzeitlich gepirdische Gräberfeld von Kölked Feketekapu. Studien zur Archäologie der Awaren 5, 363-396, Verbreitungskarten 49-81 und Kombinationskarten 1-5. DERS. 1996, Auswertung der Perlen aus dem Reihengräberfeld von Altenerding in Bayern. In: Hrsg. U. VON FREEDEN/A. WIECZOREK, Archäologie, Techniken, Analysen. Akten des Internationalen Perlensymposiums in Mannheim vom 11. bis 14. November 1994, Kolloquien zur Vor- und Frühgeschichte Band 1, 161-168. DERS. 1996, Gegenwärtiger Stand der Auswertung der archäologischen und anthropologischen Daten aus dem frühbronzezeitlichen Gräberfeld Franzhausen I mit Hilfe der „Analyse der Nächsten Nachbarn“. Im Druck.

¹⁷ Es können theoretisch auch andere Verteilungen verwendet werden, z.B. die Poissonsche Verteilung. Diese sind derzeit noch nicht implementiert. Was die beiden bereits anwendbaren Verteilungen anlangt, sind die Unterschiede in den Resultaten minimal.

¹⁸ Siehe oben.

¹⁹ Siehe unten.

$T*(T-1)/2$ Vergleiche durchgeführt werden, d.h. z.B. für die 165 archäologischen Typen der archäologischen Typologie von Franzhausen I, 13530!!! Vergleiche²⁰.

Daraus werden wieder Beziehungen zwischen benachbarten Fundkomplexen ermittelt. Der Vorteil dieses Verfahrens liegt darin, daß - wenn eine unterschiedliche Ausstattung von gleichzeitigen Gräbern gegeben ist, wie das bei Männer- und Fraueninventaren im Allgemeinen der Fall ist - dennoch ihre Zusammengehörigkeit erkannt wird, wenn sie tatsächlich nebeneinander im Gräberfeld liegen.

Öfter kommen auch Doppel- oder Mehrfachbelegungen von Gräberfeldteilen vor. Um hier zu verhindern, daß derartige Areale - obwohl aus verschiedenen Zeiten stammend - zu gemeinsamen Gruppen zusammengefaßt werden und diese Mehrfachbelegungen automatisch zu trennen, ist es möglich, folgende Auswahlbedingung für das Aufstellen von Beziehungen anzuwenden: Nämlich, daß nur diese Beziehungen von Fundkomplexen für eine weitere Auswertung herangezogen werden dürfen, für die die Beziehung ergebenden Typen mindestens einmal (oder öfter) im selben Fundkomplex gemeinsam auftreten.

Um das Verfahren zu beschleunigen, kann man den ersten Typ einer Vorselektion unterwerfen. D.h. es werden überhaupt nur solche Typen mit anderen verglichen, die für sich selbst in ihrer Verbreitung ebenfalls bereits signifikant sind.

Toposeriation

Um die bei Seriationen erhaltenen Abfolgen auf dem Gräberfeldplan darstellen zu können, werden die Eigenvektoren aus dem Reciprocal Averaging einer eindimensionalen Clusteranalyse unterworfen. Die Anzahl der Cluster kann entweder über das maximale Fehlermaß bei der Verschmelzung gesteuert oder z.B. mit 50 vorgegeben werden. Diese Cluster werden dann auf dem Gräberfeldplan kartiert.

Bei vorheriger Analyse der „N Nächsten Nachbarn“ - in beiden Varianten - werden die Cluster in ihrer Reihenfolge kartiert, wodurch zusammenhängende Gräbergruppen erhalten werden, die im günstigsten Fall eine Zusammenfassung aller Einzelkartierungen darstellen, sofern diese nicht widersprüchlich sind. Die erhaltene Reihenfolge kann der Gräberfeldbelegung entsprechen oder zumindest bei der Interpretation der Belegung hilfreich sein. Wie sich hier im Fall von Franzhausen I zeigt, war das derartige Ergebnis der kombinationsstatistischen Seriation ziemlich enttäuschend und Anlaß für die Entwicklung der Nachbaranalysen.

Ergebnisse

Da es an dieser Stelle nicht möglich ist, Farbabbildungen zu präsentieren, können keine Gesamtauswertungen sondern nur signifikante Einzelkartierungen abgebildet werden.

Signifikante Kartierungen aus der Analyse der „N Nächsten Nachbarn“ bezüglich eines Typs

Archäologie, Typologie

Beinnadel, im frühbronzezeitlichen Gräberfeld von Franzhausen I (Abb. 1): Diese Nadel tritt hauptsächlich im nordwestlichen Randbereich, aber auch in der Mitte auf. Signifikant bei 82.5 %.

²⁰ Auf einem PC mit Intel 80586 Prozessor mit 100 MHz benötigt SERION für diesen Datensatz ca. 150 sec.

Doppelkonisches Spinnwirtel, aus dem (früh-)awarenzeitlichen Gräberfeld von Kólked-Feketekapu in Ungarn (Abb. 2): Dieser Gegenstand tritt im Randbereich des älteren Gräberfeldes auf, 3x in benachbarten Gräbern, bei einem Konfidenzniveau von 100% nicht zufällig.

Kurzer Gürtelbeschlag, aus dem bajuwarischen Gräberfeld von Altenerding (Abb. 3): Hier erfolgte auch eine Zählung und Bewertung der Häufigkeit dieses Beschlages in den Gräbern, was durch die unterschiedliche Symbolgröße angezeigt wird. Es lassen sich drei Belegungsgruppen erkennen, in denen Gürtel mit diesen Beschlägen verwendet wurden.

Archäologie, Befunde

Verteilung der Pfostenkonstruktionen in Gräbern des awarenzeitlichen Gräberfeldes von Kólked-Feketekapu (Abb. 4): Diese Grabeinbauten treten vor allem im 2. Gräberfeld auf, (linke Grabungsfläche) nicht mehr jedoch in der spätawaren Überlagerung mit anderer Graborientierung im Südwesten.

Anthropologie, Epigenetik

Epigenetisches Merkmal *Canalis condylaris intermedius*, rechts + im frühbronzezeitlichen Gräberfeld Franzhausen I (Abb. 5): Dieses Merkmal ist am west-nord-westlichen Randbereich des Gräberfeldes, aber auch noch weiter südlich zu 100 % signifikant konzentriert.

Signifikante Kartierungen aus der Analyse der „N Nächsten Nachbarn“ bezüglich zweier Typen

Archäologie

Gemeinsame Kartierung der Schalen vom Typus Gollnsdorf und kleiner Beinschmuckringe im frühbronzezeitlichen Gräberfeld von Franzhausen I. Diese beiden Verteilungen sind gleich bei 100 % Wahrscheinlichkeit (Abb. 6).

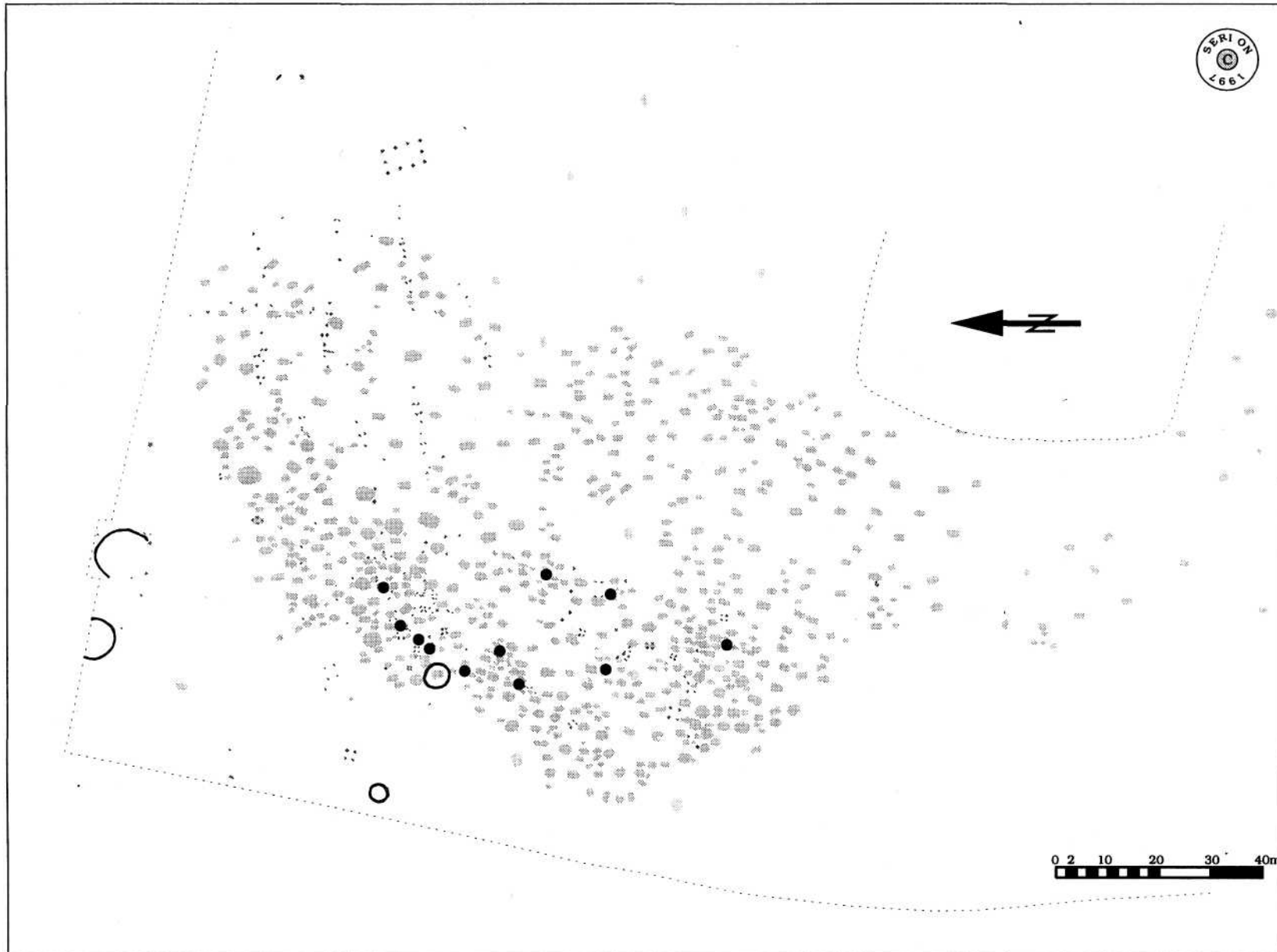
Eine Darstellung der Gesamtergebnisse, also die gemeinsame Auswertung aller Einzelkartierungen, wurde bereits für Kólked-Feketekapu vorgelegt, für die anderen Fundstellen wird diese einer weiteren Publikation vorbehalten.

Ich hoffe, daß es mir im Rahmen dieses kurzen „Papers“ aufzuzeigen gelungen ist, welche Möglichkeiten in dieser Methode der Analyse der „Nächsten Nachbarn“ stecken.

Abb.1

aktuelle Parameter:NextNeiN=15 KonfNivN=3 Normkoo=0 Frequ=On

Franzhausen I, Beigaben, bearb.Ch.Neugebauer-Maresch 26.07.1987



N= 11 (11), wirklicher M.w.= 0.36, erwarteter M.w.= 0.22, Differenz= 0.14, Konfidenzniveau= 82.5%

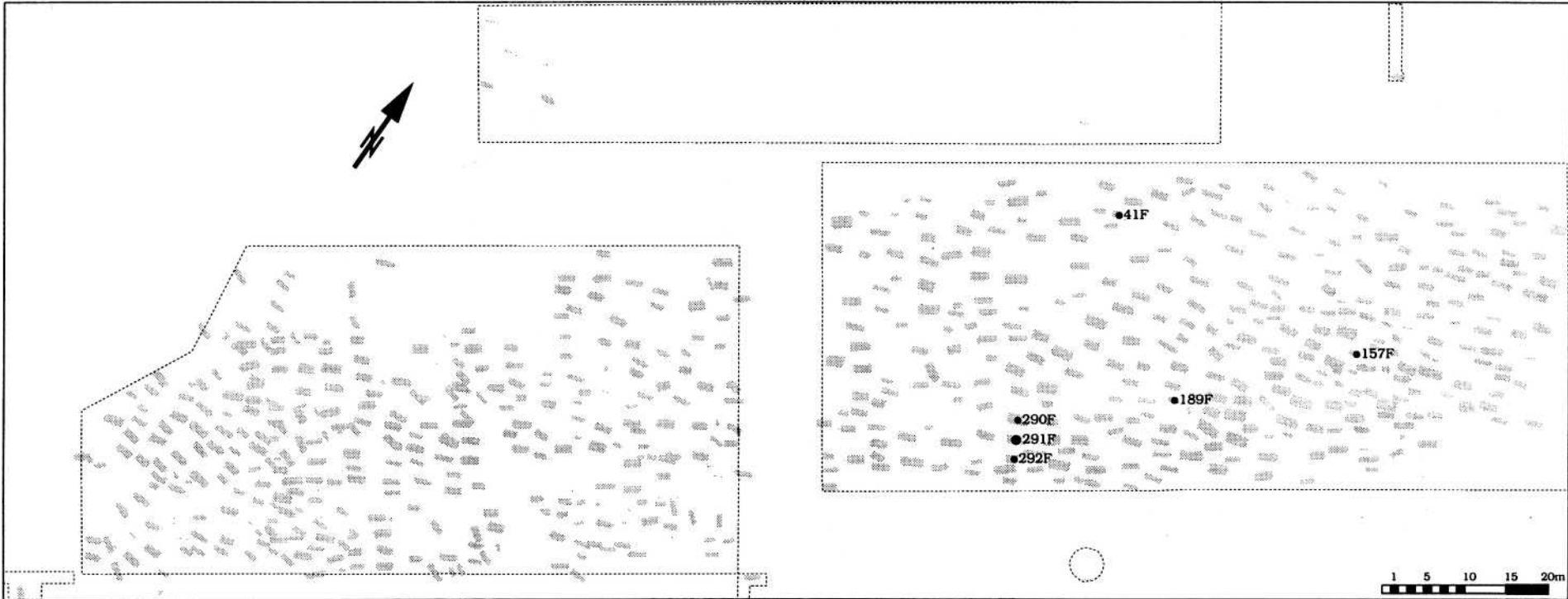
Beinnadel
Typ 21000



Abb.2

aktuelle Parameter:NextNeiN=15 KonfNivN=3 Normkooor=0 Frequ=On

Kölked Feketekapu A, Typologie Peter Stadler, 21.03.1996



N= 6 (7), wirklicher M.w.= 1.71, erwarteter M.w.= 0.15, Differenz= 1.56, Konfidenzniveau=100.0%

#Spinnwirtel,doppelkonisch,Loch eingezogen#

Typ 91914

● =1x, ● =2x



Abb.3

aktuelle Parameter:NextNetN=50 KonfNivN=2 Normkoo=0 Frequ=On

Altenerding 05.11.1996:



N= 27 (63), wirklicher M.w.= 6.70, erwarteter M.w.= 2.20, Differenz= 4.50, Konfidenzniveau=100.0%

*Beschl.kurz.geschwungener Rand.gezackte Unterseite

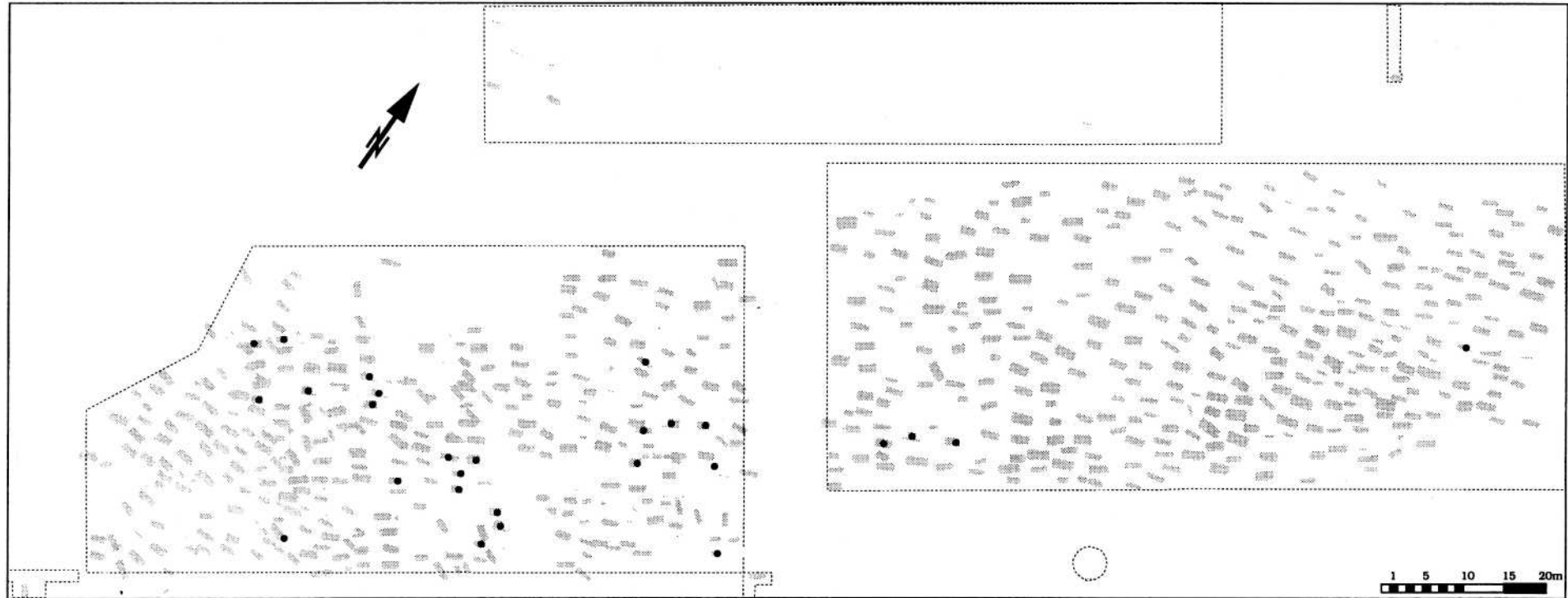
Typ Besch105

● <=2x, ● <=4x, ● <=6x, ● <=8x

Abb.4

aktuelle Parameter:NextNeiN=15 KonfNiv=3 Normkoo=0 Frequ=On

Kölked Feketekapu A, Typologie Peter Stadler, 21.03.1996



N= 27 (27), wirklicher M.w.= 1.74, erwarteter M.w.= 0.58, Differenz= 1.16, Konfidenzniveau=100.0%

#Gräber mit Pfostenkonstruktionen#

Typ B0010

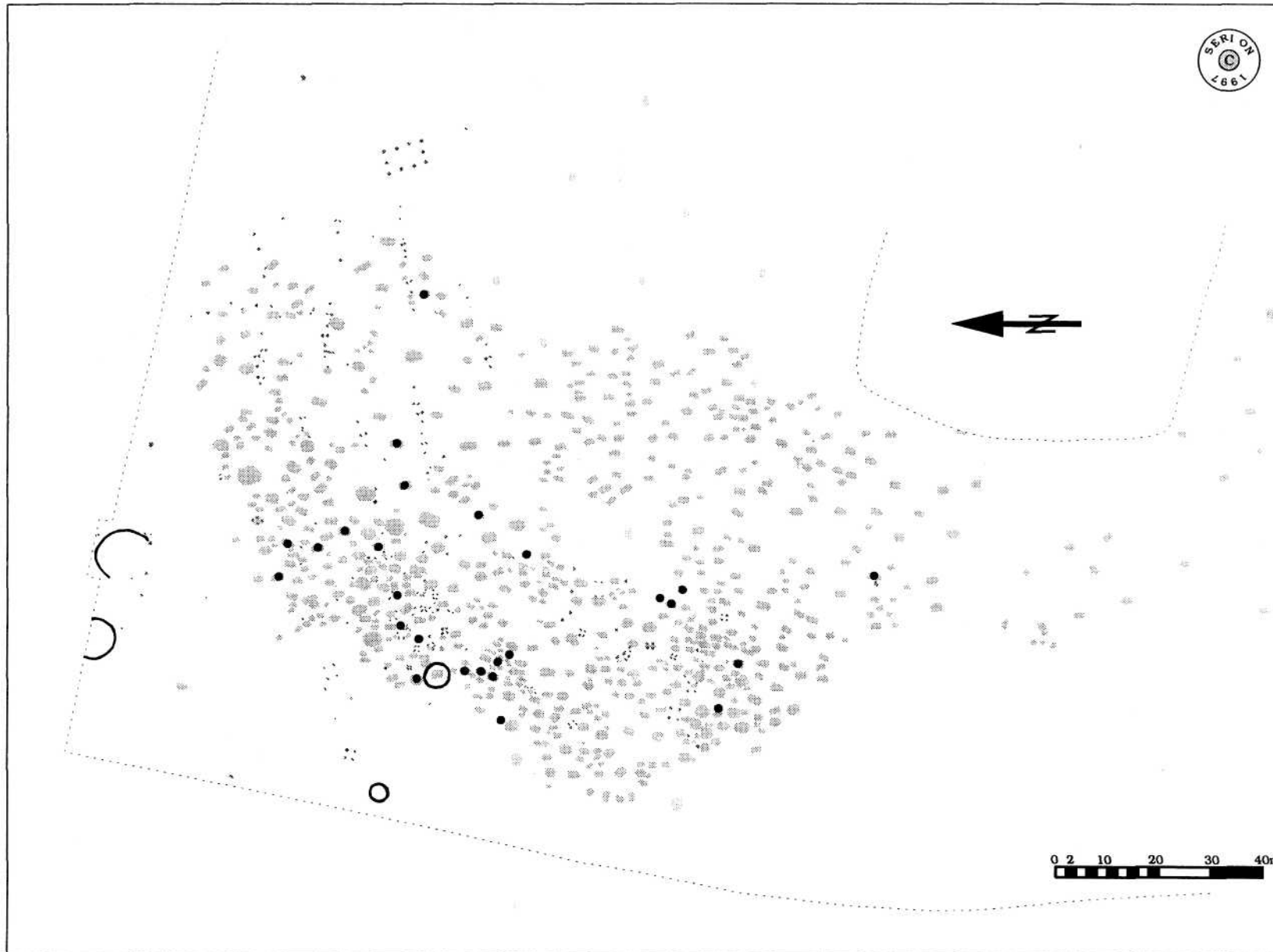
•



Abb.5

aktuelle Parameter:NextNelN=15 KonfNivN=3 Normkoo=0 Freq=Off

Franzhausen I, Epigenetik, bearb.K.Wiltschke-Schrotta 1988

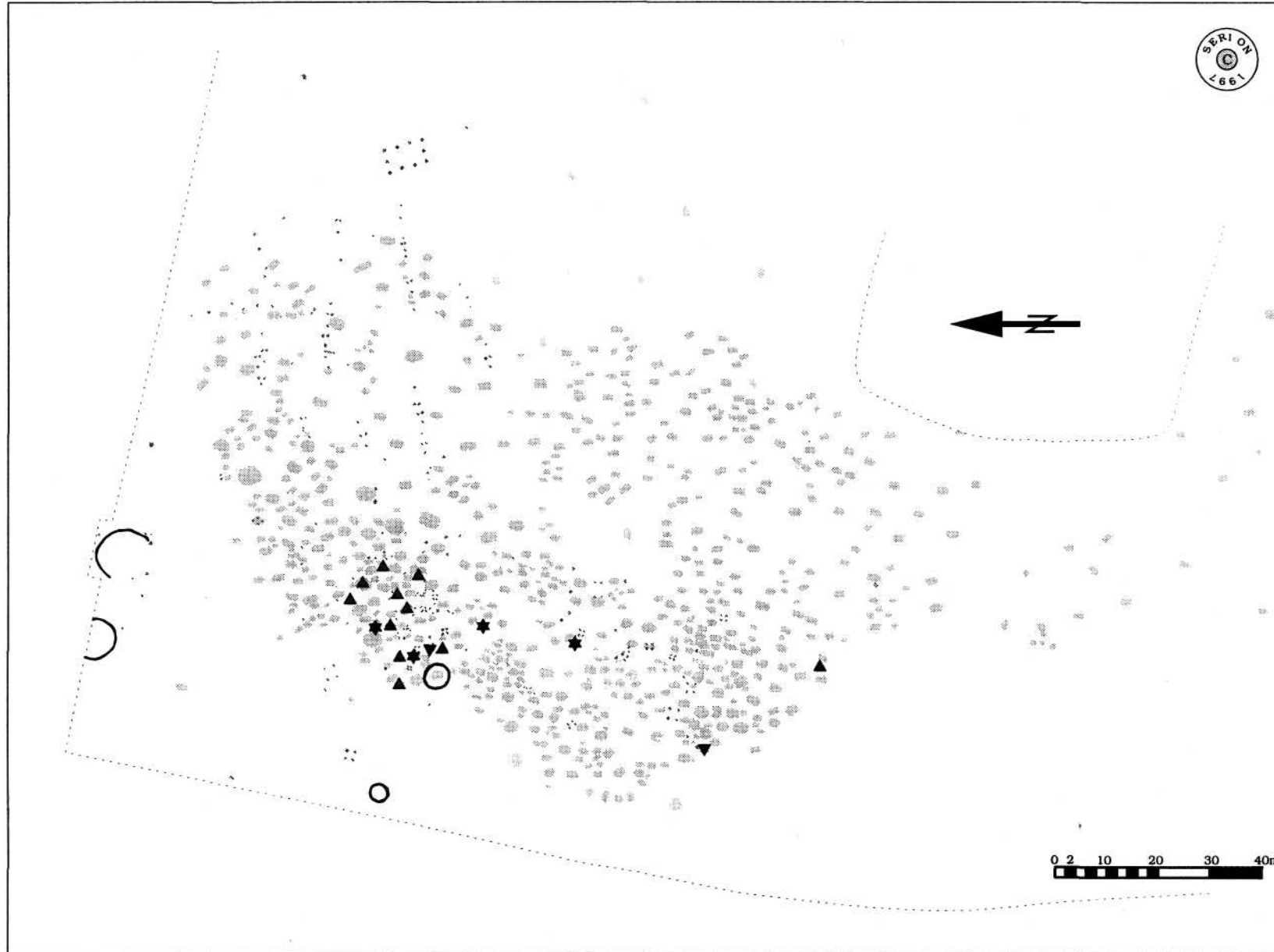


N= 26, wirklicher M.w.= 1.27, erwarteter M.w.= 0.53, Differenz= 0.74, Konfidenzniveau=100.0%
Canalis condylaris intermedius, rechts +
Typ 037rep

Abb.6

aktuelle Parameter:NextNeiN=50 KonfNivN=0 NextNeiC=15 KonfNivC=5 Normkoo=0 RectComp=On CombinFI=3 Frequ=Off

Franzhausen I, Beigaben, bearb.Ch.Neugebauer-Maresch 26.07.1987; Typenkombination



▲ Typ 83500, Schale Typus Gollnsdorf

▼ Typ 75200, Beinschmuck, kleine Ringe

N= 15, wirklicher M.w.= 0.80, erwarteter M.w.= 0.12, Differenz= 0.68, Konfidenzniveau=100.0%

N= 6, wirklicher M.w.= 1.67, erwarteter M.w.= 0.30, Differenz= 1.36, Konfidenzniveau=100.0%