

einsatz von edv in der archäologie

von peter stadler

Mit der Entwicklung immer billigerer Computer für den persönlichen Bedarf und der immer größeren Schnelligkeit der Großrechenanlagen und einer damit verbundenen Zunahme des Benutzerkreises vermochte die Informatik im Lauf der letzten zehn Jahre auch ihre wissenschaftlichen "Randgebiete" wie die Archäologie und Ur- und Frühgeschichte zu erreichen, um dort eine ständig zunehmende Anwendung zu finden. Die traditionelle Ablehnung des Computers in diesen Fächern, die sich im deutschen Sprachraum hauptsächlich aus der Unterscheidung von natur- und geisteswissenschaftlicher Methodik ergab, wird allmählich zurückgedrängt. Denn immer mehr zeigt sich, daß in vielen Geisteswissenschaften die ursprünglich intuitive Erfassung von Zusammenhängen auch durchwegs mathematisch formuliert werden kann. Somit ergibt sich durch die Verwendung des Computers in den Geisteswissenschaften eine Annäherung der in vielen Teilbereichen künstlich getrennten Natur- und Geisteswissenschaften.

Bisher "erstickte" die Archäologie vielfach in ihrem umfangreichen Datenmaterial, das weder kaum komplett ediert und publiziert, noch vom einzelnen überblickt werden kann. Abhilfe wird hier durch Datenbanken geschaffen, die den Computer als Datenspeicher verwenden. Darüberhinaus gibt es aber viele andere Anwendungsbereiche des Computers. Statistische Auswertungen waren in den naturwissenschaftlichen Hilfswissenschaften der Archäologie schon lange üblich, langsam finden sie aber auch in der Archäologie selbst Eingang.

Die primären Fragestellungen der Archäologie waren immer verbunden mit Typologie, Chronologie, Chorologie und Soziologie, an modernen Methoden stehen unter anderem Clusteranalyse und

Seriation zur Verfügung. Erst nach Klärung von Typologie, Chronologie, Chorologie und Soziologie können die eigentlichen historisch orientierten Fragestellungen in Angriff genommen werden.

Aufgrund des limitierten Platzes möchte ich hier nur einen kurzen Überblick über den Einsatz des Computers in der Archäologie geben und dann anhand von 3 Beispielen konkrete Anwendungen zeigen. Dabei werde ich mich nicht mit Statistik im allgemeinen, sondern nur ihren fachspezifischen Anwendungsmöglichkeiten beschäftigen. Zum anderen soll hier auch angedeutet werden, wie eine Zusammenarbeit von Archäologie und ihren Hilfswissenschaften fruchtbare Ergebnisse liefern kann.

1. TYPOLOGIE UND CHRONOLOGIE

Vor jeder weiteren Untersuchung ist in der Archäologie die Kenntnis der Chronologie notwendig. Alle anderen Aussagen verlieren an Bedeutung, wenn sie nicht auf einer guten chronologischen Basis stehen, d.h. wenn z.B. soziale Probleme diskutiert werden, die vielleicht durch ein zeitliches Nacheinander vorge täuscht werden und sich nicht durch die gleichzeitige Existenz sozialer Gruppen ergeben. Eine absolute Datierung kann nur durch C14#-Analyse, Dendrochronologie oder Münzdatierung erfolgen. Durch Benutzung der Kombinationsstatistik läßt sich aus dem Fundmaterial selbst mit Hilfe der Seriation eine relative Datierung erhalten.

Eines der Werkzeuge dafür ist die Typologie. Dabei werden alle funktionellen Typen - also Geräte bestimmter Verwendung - aufgrund ihrer Merkmale in möglichst viele Untertypen aufgliedert. Bei der klassischen Methode vergleicht der Archäolo-

ge nach der Erstellung einer Typologie eine Anzahl von Funden und versucht, sie in Hinblick auf ihre zeitliche Entwicklung zu ordnen. Er bestimmt Gruppen von Funden mit verwandtem Inventar und grenzt diese zeitgleichen" Funde von anderen ab. Die Objekte, die in einem Grab gefunden werden, wurden alle mit Sicherheit zu einem Zeitpunkt vergraben und auch annähernd gleichzeitig verwendet und produziert. Da sich die Gegenstände einer Funktion im Lauf der Zeit aus Gründen der Mode, aber auch eines technologischen Fortschrittes zu verschiedenen Typen entwickelten, also typologische Reihen bildeten, ist es möglich, aufgrund des Vergleichs verschiedener Grabfunde diesen Entwicklungsprozeß zu fassen. Je häufiger Kombinationen verschiedener Typen auftreten, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, daß sie annähernd zur selben Zeit hergestellt wurden. Diese Methode soll durch ein kleines Beispiel demonstriert werden:

Vier Funde (Zahlen) mögen folgende vier Typen (Buchstaben) enthalten: Liste 1:
Fund 1 mit den Typen C, D Fund 2 mit den Typen A, B Fund 3 mit den Typen B, C Fund 4 mit dem Typ D Andererseits könnte man auch sagen:

Liste 2: Typ A ist in Fund 2 enthalten Typ B ist in den Funden 2, 3 enthalten Typ C ist in den Funden 1, 3 enthalten Typ D ist in den Funden 1, 4 enthalten

Im allgemeinen - abgesehen von Sonderfällen - gibt es zwei Möglichkeiten:

(1) alle 4 Funde sind gleichzeitig.

(2) sie folgen aufeinander.

Indem wir uns nun auf den zweiten Fall beziehen, können folgende Schlußfolgerungen gezogen werden:

Die Funde 2 und 4 haben keinen Typ gemeinsam, deshalb müssen sie zeitlich weit voneinander entfernt sein. Das selbe kann auch für die Funde 1 und 2 sowie 3 und 4 gesagt werden. Die Funde 1 und 3 enthalten beide den Typ C - deshalb sind sie durch diesen Typ chronologisch miteinander verbunden - sie folgen aufeinander. Das gilt auch für Fund 2 und 3 wegen Typ B sowie für Fund 1 und 4 wegen Typ D.

Wir können die oben formulierten Abstände graphisch darstellen:

```

2.....4
2.....1
  3.....4
  3...1
2...3
      1...4

```

oder in einer Darstellung:

```
2...3...1...4
```

Die Abfolge der Funde muß also 2, 3, 1, 4 lauten oder genau umgekehrt 4, 1, 3, 2. Nur diese beiden Ordnungen können alle oben angeführten Bedingungen erfüllen.

In analoger Weise kann aus Liste 2 geschlossen werden, daß die Abfolge der Typen entweder A, B, C, D oder umgekehrt D, C, B, A ist. Aus obigen Daten ergibt sich jedoch eines nicht, nämlich, welche der beiden Reihenfolgen nun die richtige ist. Um zu entscheiden, welche einer historischen Abfolge entspricht, ist es notwendig, z.B. mit Hilfe von stratigraphischen Daten oder durch eventuell vorhandene typologische Rudimente weitere Informationen zu erhalten.

Nun möchten wir den Versuch machen, bei der Bewertung von geschlossenen Funden eine Verbindung zwischen dieser klassischen Methode und der Seriation herzustellen. Wenn wir diese Abfolge der Funde und Typen (Fig. 1) graphisch auftragen, erhalten

| | A | B | C | D |
|---|---|---|---|---|
| 2 | ● | ● | | |
| 3 | | ● | ● | |
| 1 | | | ● | ● |
| 4 | | | | ● |

FIG. 1

wir ein rechteckiges, numerisches Zahlenschema (im folgenden Matrix genannt), in dem die Funde in horizontalen Reihen und die Typen in senkrechten Spalten angeordnet sind. Die Inzidenzen, also die Positionen, an denen ein Fund und ein Typ einander überschneiden, zeigen eine Konzentration entlang der Hauptdiagonale, die in der Matrix von links oben nach rechts unten verläuft.

Es war relativ einfach, die zeitliche Abfolge dieser wenigen Funde und Typen durch Überlegung zu finden. Dennoch war ein beachtlicher Aufwand an Schreiarbeit notwendig, um diese Abfolge zu beweisen. Es ist deshalb kein Wunder, daß die Argumentation für eine Chronologie eines wesentlich größeren Materials sich

In Fig. 2 ist das Ergebnis der Seriation des urnenfelderzeitlichen Gräberfeldes von Volders in Tirol abgebildet. In den Spalten sind die archäologischen Typen und in den Zeilen die Grabfunde dargestellt.

Bei einem Gräberfeld kann man aus der Kenntnis der Grababfolge den Belegungsprozeß verfolgen und dies auch durch die Kartierung der gefundenen Typen auf dem Gräberfeldplan veranschaulichen. Auch die Grabbefunde können so kartiert und zur Chronologie in Beziehung gesetzt werden. Auf der anderen Seite kann auch durch die Kenntnis der Chronologie eine typologische Reihe ermittelt werden, die die Entwicklung der Gegenstände im Laufe der Zeit widerspiegelt.

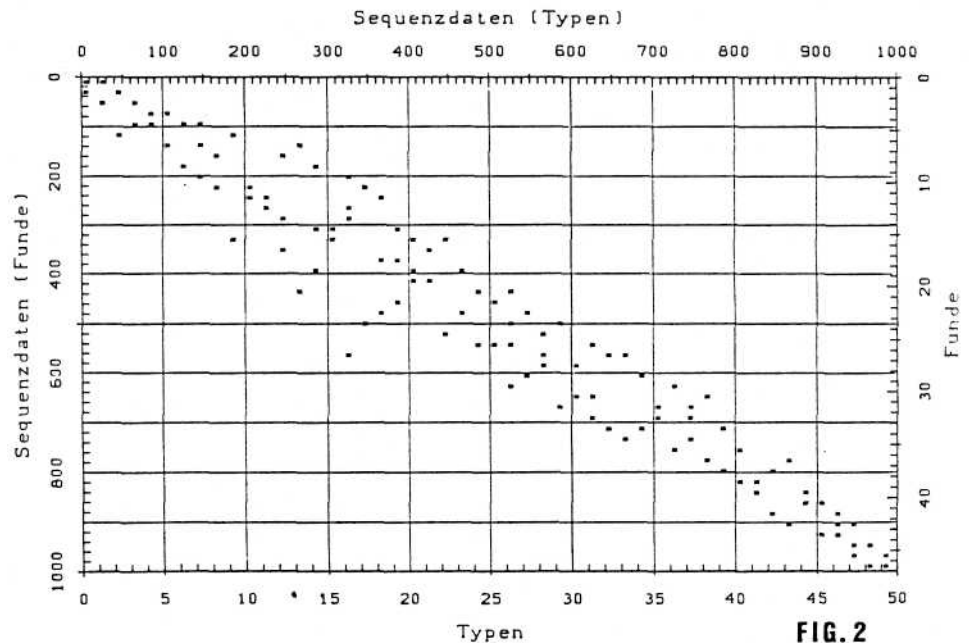


FIG. 2

oft über viele Seiten hinzieht und für den Leser kaum nachvollziehbar ist. Außerdem sind dabei Fehler kaum zu vermeiden.

Ein viel leichter überprüfbarer Zugang zur Chronologie besteht jedoch darin, die Prinzipien der Chronologie einmal durchschaubar zu formulieren und z.B. diese Matrix - wie oben beschrieben - durch einen rein mechanischen und damit von einem Computer leicht durchführbaren Prozeß zu erhalten.

Die Seriation, hier im Speziellen die Petrification, führt diese Umordnung der Matrix automatisch durch und ist ein Verfahren zur Bestimmung der chronologischen Abfolge. Mit Hilfe der Seriation gelingt es, eine von subjektiven Vorstellungen weitgehend freie zeitliche Abfolge von Typen und Funden zu ermitteln.

2. SOZIOLOGIE

Nach Kenntnis der Chronologie kann versucht werden, verschiedene Variablen auszuwählen, die eine Abhängigkeit vom sozialen Status des Toten erwarten lassen. Durch Auswertung dieser Variablen mittels Clusteranalyse ist es möglich, Gruppen zu bilden, die als soziale Gruppen interpretiert werden können.

Bei der Auswahl der Daten für die Bestimmung des Sozialstatus können auch andere als archäologische, z.B. anthropologische Daten zum Einsatz kommen. Die einfachste Kombination der Ergebnisse verschiedener Fächer ergibt sich bei der Frage des Vergleichs der verschiedenen Geschlechtsbestimmungen. Die korrekte Vorgangsweise besteht darin, zunächst geschlechtsspezifische Befunde oder Beigaben auf-

grund des anthropologischen Geschlechts zu bestimmen. Liegen diese vor, so kann auch in den Fällen, in denen keine anthropologische Bestimmung möglich war, ein "Global"-Geschlecht angegeben werden, das nun für sämtliche weitere Auswertungen herangezogen werden kann.

Ausgangspunkt für dieses Beispiel waren Daten zu den 258 Gräbern aus dem bronzezeitlichen Gräberfeld von Gemeinlebern-Ost. Folgende Parameter wurden in die Untersuchung einbezogen: Grabvolumen, Geschlecht, Alter, Ausmaß der Störung und Reichtum an noch vorhandenen Beigaben. Hier wurden also anthropologische und archäologische Daten kombiniert.

Dazu muß folgendes erklärt werden: Das Geschlecht wurde primär anthropologisch, falls dies nicht möglich war, durch die Ausrichtung des Toten in der Grabgrube (Männer mit dem Kopf nach Norden, Frauen nach Süden) bzw. falls auch diese nicht feststellbar war, durch die archäologischen Beigaben bestimmt. Das einbezogene Alter entspricht dem Mittelwert des anthropologisch bestimmten Altersintervalles. Das Ausmaß der Störung wurde durch die Verlagerung des Skelettes festgestellt. Der Reichtum wurde durch das Ausmaß der Metall-, Bernstein und Beinbeigaben ermittelt.

Die Clusteranalyse erfolgte mit Hilfe von WARD'S-Method. Als Ähnlichkeitsmaß wurde die Euklidische Distanz verwendet, die man sich als räumlichen Abstand

len (also Cluster) eine Hierarchie (Dendrogramm, "Stammbaum") errichtet.

Als "natürliche" Anzahl der Cluster wurde 12 ermittelt, d.h. daß diese Aufteilung einer optimalen Gruppenbildung entspricht. Fig. 3 zeigt das Dendrogramm mit der Auftragung des Distanzmaßes auf der logarithmischen Skala der Ordinate und der einzelnen Gräber entlang der Abszisse. Die verschiedenen Fusionen werden durch die horizontalen Äste in der baumartigen Struktur gut dokumentiert. Beim Wert von ca. 8 wurde eine Horizontale gezogen und auf ihr die 12 Cluster, die sich beim Abbrechen des Clusterprozesses auf diesem Niveau ergeben, gekennzeichnet.

Die Clusterbildung kann folgendermaßen leicht erklärt werden. Die hauptsächliche Aufspaltung erfolgt in die drei Großgruppen Kinder, Männer und Frauen.

Bei den Kindern erfolgt die weitere Aufspaltung nach Geschlecht und Alter. Die Mädchengräber aus Cluster (11) sind dabei besonders reich ausgestattet und den weniger reichen Kindern aus Cluster (12), die ungefähr gleich alt sind, gegenüberzustellen. Außerdem ergibt sich eine Absonderung der Kinder ohne Geschlechtsdiagnose aus Cluster (9) und die gemischte Gruppe von ganz kleinen Kindern in Cluster (10).

Bei den Erwachsenen lassen sich hauptsächlich soziale Unterschiede für die Clusterbil-

de Gruppen getrennt werden. Die erste beinhaltet die beiden Cluster (1) und (4), insgesamt 30 Individuen, für die ganz besonders große Grabgruben angelegt wurden. Cluster (1) wurde besonders stark gestört, enthielt deshalb also nur mehr wenige Beigaben, der zweite Cluster (4) war zwar nur unwesentlich weniger gestört und besaß dennoch reiche Beigaben.

Die zweite Gruppe wird sodann von Cluster (2) mit 53 Individuen bestimmt. Ihre Grabgruben waren viel kleiner und trotz geringerer Störung als bei Cluster (1) enthielten sie fast überhaupt keine Beigaben.

Bei den Frauen ist die Situation ähnlich. Eine erste, sozial höher stehende Gruppe bilden hier die 28 Individuen aus Cluster (7). Sie weisen nicht nur größere Grabgruben auf, sondern besaßen trotz der starken Störung noch zahlreiche Beigaben.

Eine sozial niedrigere Gruppe wird gebildet von den beiden Clustern (5) und (6), insgesamt mit 41 Individuen. Ihre Grabgruben waren etwas kleiner. Bei Cluster (5) liegt eine hohe Störung, bei Cluster (6) eine geringe Störung vor. Insgesamt waren in diesen Gräbern kaum Beigaben enthalten.

Cluster (8) weist kleinere Gruben auf und beinhaltet die trotz geringster Störung armen Gräber.

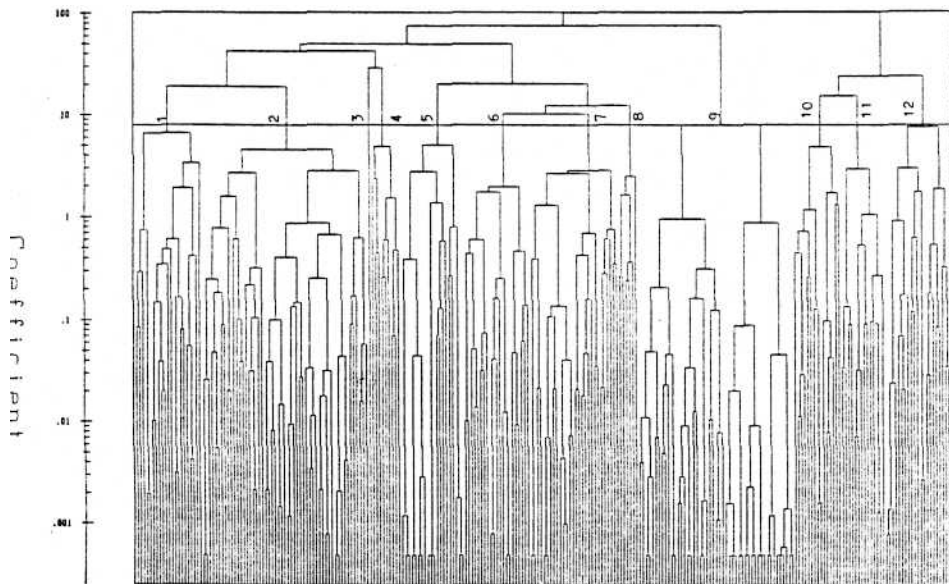
Somit ergibt sich bei den Männern ein Verhältnis von ärmeren zu reicheren von 53:28=1.9:1, bei den Frauen von 47:28=1.7:1, somit liegen also annähernd ähnliche Verhältnisse vor.

Diese Gruppen können nun im Gräberfeldplan kartiert werden, um zu untersuchen, ob eine soziologisch bedingte Gruppenbildung - Arm versus Reich - gegeben ist oder nicht.

Soziologische Ergebnisse können nun herangezogen werden, um die sozialspezifischen Phänomene wie z.B. die Ernährungsgewohnheiten zu studieren. Denn gerade bei den Männern in Gemeinlebern war ein beträchtlicher und signifikanter Unterschied in der Körperhöhe zwischen Arm und Reich beobachtbar. Darüberhinaus sind Untersuchungen über Familienzugehörigkeit, Generationsfolge etc. durch die Kombination anthropologischer und archäologischer Daten möglich.

3. CHOROLOGIE

Hier bieten Datenbanken für großräumige Untersuchungen einen verbesserten Überblick über Materialsammlungen. Auch großräumige Seriationen können durchgeführt werden - Voraussetzung ist jedoch ein klar abzugrenztes Gebiet. Durch Kartierung der Seriationssequenz sind Besiedlungsvorgänge erkennbar.



Gemeinlebern Soziologie

FIG.3

zwischen den einzelnen Fällen im 5-dimensionalen Raum (entsprechend den 5 Variablen) vorstellen kann. Bei diesem Clusterverfahren wird ausgehend von den Einzelgräbern durch Zusammenfassung der jeweils ähnlichsten zwei Fälle oder Gruppen von Fäl-

lung verantwortlich machen.

An der Spitze der sozialen Pyramide steht dabei ein Grab (Cluster 3) hauptsächlich wegen des Grabvolumens, dabei handelt es sich vermutlich um eine männliche Bestattung.

Die Männer können in zwei gro-

Bei großräumiger angelegten Untersuchungen können Einzugsgebiete von Werkstätten oder Bestattungssitten untersucht werden. Probleme wie Handel, Wanderung etc. stehen damit in ganz engem Zusammenhang.

Die Karte in Fig. 4 zeigt die

bringen lassen. Somit kann - etwas vereinfacht - also die gleichzeitige Existenz von mindestens 10 Werkstätten, die diesen Gruppen entsprechen, angenommen werden. Ob diese Besiedlungsgruppen auch durch ethnische Unterschiede zustandekamen

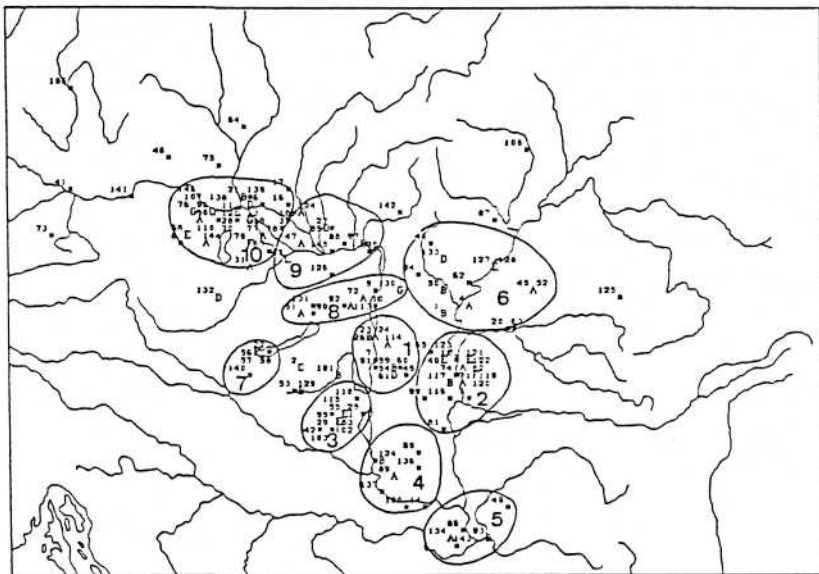


FIG. 4

Verbreitung spätawarischer Hauptriemenbeschläge mit Greifendarstellung im Karpatenbecken aus der 1. Hälfte des 8. Jhs. Es ist zu erkennen, daß 10 Häufungszentren vorliegen, die von leeren Zwischenräumen abgetrennt werden. Gleichzeitig scheint also auf den ersten Blick die Verteilung der Greifenbeschläge im gesamten awarischen Siedlungsgebiet gleichmäßig zu sein.

Differenzierende Untersuchungen zeigen jedoch feine Unterschiede in der Verbreitung der Greifenbeschläge. Als Kriterium ziehen wir dazu das Verhältnis sämtlicher relativchronologisch datierbarer Männergrabfunde aus jener Zeit zur Anzahl der Grab- und Einzelfunde mit Greifenbeschlägen heran. Liegt in den Gebieten 1-5, 7-8 und 10 dieser Quotient bei ca. 2, so kommt er für Gebiet 6, also das Theiß-Tarna-Gebiet auf ca. 4 bzw. für Gebiet 9 auf 5.

Grundgedanke bei der Interpretation von Werkstätten ist nun folgender: Weicht eine Verbreitung von einer rein zufälligen ab, d.h. läßt sich ein Häufungspunkt erkennen, so darf diese Verbreitung als Ausstoß einer Werkstätte oder auch eines Handwerkers angesehen werden, die das umliegende Gebiet mit Produkten versorgten.

Kartiert man nun die Verbreitungen der mehr als 30 unterschiedlichen Greifentypen, so zeigt sich, daß sie sich zum Teil recht gut mit obigen Verbreitungsgruppen zur Deckung

— wie wir wissen, handelte es sich bei den Awaren um einen polyethnischen Stammesverband mag vielleicht die zukünftige Forschung zeigen.

Der zukünftige Weg der quantitativen Methoden in der Archäologie, die sich des Computers bedienen, wird in der Erstellung eines kompletten Expertensystems liegen, das dem Archäologen sehr hilfreich bei der Durchführung mechanischer Arbeiten sein wird und auch objektivere Ergebnisse liefern wird. Dadurch wird ihm auch mehr Zeit bleiben, die eigentlichen, heute vielfach vernachlässigten historischen Fragestellungen in Angriff zu nehmen.

LITERATUR

Doran, James E. und Frank Roy Hodson: Mathematics and Computers in Archaeology. Edinburgh 1975. 381p.
 Gebühr, Michael: Erst die Methode, dann die Fragestellung? Veränderte Arbeitsweisen durch die elektronische Datenverarbeitung. Archäologische Informationen 5 (1983). S. 11-19.
 Gebühr, Michael und U. Kampffmeyer:

Überlegungen zum Einsatz von Kleinrechnern in der ur- und Frühgeschichtsforschung. Acta Praehistorica et Archaeologica 11/12 (1980). S. 3-20.

Goldmann, Klaus: Zwei Methoden chronologischer Gruppierung. Acta Praehistorica et Archaeologica 3 (1972). S. 1-34.

Goldmann, Klaus: Die Seriation chronologischer Leitfunde der Bronzezeit. Berliner Beiträge zur Vorgeschichte 1 (1972). 196p.

Graham, Ian, P. Galloway und Irwin Scollar: Model Studies in Computer Seriation. Journal of Archaeological Science 3 (1976). S. 1-30.

Graham, Ian: Spectral Analysis and Distance Methods in the Study of Archaeological Distributions. Journal of Archaeological Science 7 (1980). S. 105-129.

Ihm, Peter: Statistik in der Archäologie. Archaeo Physika 9 (1978). 619p.

Ihm, Peter: Seriation mittels des Goldmann-Verfahrens. Archaeo Physika 7 (1980). S. 107-120.

Ihm, Peter: Korrespondenzanalyse und Seriation. Archäologische Informationen. 6/1 (1983). S. 8-21.

Kendall, David G.: A statistical approach to Flinders Petrie's sequence dating. Bull. Int. Stat. Inst. 40 (1963). S. 657-680.

Legoux, René: Le recours à l'informatique: La chronologie relative par permutation matricielle automatique. In: Patrick Périn: La Datation des tombes Mérovingiennes. Hautes Etudes Médiévales et modernes 39 (1980). S. 138-155.

Orton, Clive: Mathematics in Archaeology. London 1980.

Richards, J.D. und N.S. Ryan: Data processing in archaeology. Cambridge Manuals in Archaeology. Cambridge 1985. 232p.

Sneath, P.H.A. und R.R. Sokal: Numerical taxonomy. The principles and practice of numerical classification. San Francisco 1973.

Stadler, Peter: Seriation awarischer Gürtelgarnituren aus Nové Zámky und Zelovce. In: Falko Daim und Herwig Friesinger (eds.): Die Bayern und ihre Nachbarn. Österr. Ak. Wiss. Veröff. Komm. f. Frühmittelalterfor. 9 (1985). S. 127-132.

Stadler, Peter: Was ist "Spatial Analysis" in der Archäologie? Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft CXV (1986). S. 163-168.

Stadler, Peter: Mathematical and Archaeological Improvements of Seriation. Paper of the World Archaeological Congress. Section Data Management and Mathematical Methods in Archaeology. Mainz 1987. in press.

Stadler, Peter: Möglichkeiten statistischer Untersuchungen im Vergleich Archäologie, Anthropologie und Zoologie bei der Analyse bronzezeitlicher Gräberfelder im Traisental. In: J.-W. Neugebauer: Mensch und Kultur der Bronzezeit. Wien 1987. S. 95-101.

Stadler, Peter: Statistische Auswertung verschiedener Befundparameter des Gräberfeldes von Gemeinlebar. 1987. Im Druck.

Wilkinson, Edward Martin: Techniques of Data Analysis - Seriation Theory. Archaeo Physika 5 (1974). S. 1-142.

Wishart, David: Clustan IC User Manual. London 1975. 125p.

Ziegert, Helmut: "Kombinations-Statistik" und "Seriation". Zu Methode und Ergebnis der Bronzezeit-chronologie K. Goldmanns. Archäologische Informationen 5 (1983). S. 21-52.