

ÖSTERREICHISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN  
PHILOSOPHISCH-HISTORISCHE KLASSE  
DENKSCHRIFTEN 170. BAND

---

STUDIEN ZUR UR- UND FRÜHGESCHICHTE DES DONAU- UND OSTALPENRAUMES  
HERAUSGEGEBEN VON RICHARD PITTONI UND HERMANN VETTERS  
NR. 2

STUDIEN ZUR ARCHÄOLOGIE DER AWAREN I

FALKO DAIM – ANDREAS LIPPERT

**DAS AWARISCHE GRÄBERFELD  
VON SOMMEREIN AM LEITHAGEBIRGE, NÖ**

MIT BEITRÄGEN VON  
HANS-JÜRGEN HUNDT, MARIA HOPF,  
HERBERT KRITSCHER, GUSTAV MELZER,  
PETER STADLER UND JOHANN SZILVÁSSY

SONDERDRUCK



VERLAG DER ÖSTERREICHISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN  
WIEN 1984

1. Das grundlegende Werkzeug zur Erarbeitung einer Relativchronologie war immer schon neben der typologischen Reihe die Typenkombination des geschlossenen Fundes. Die beiden auf unterschiedlichen Prinzipien beruhenden Methoden wurden miteinander oft mehr oder weniger bewußt verquickt, die im Einzelfall erhaltenen Chronologien waren bezüglich ihrer Herleitung unübersichtlich und nur unter großem Zeitaufwand — wenn überhaupt — reproduzierbar. Eine der Hauptursachen für diese Schwierigkeiten war die Zunahme des archäologischen Materials im Lauf der Zeit, so daß es von einer Person allein nicht mehr überblickt werden kann, was aber für die Erstellung einer exakten Relativchronologie erforderlich wäre.

2. Den ersten Versuch, Licht in das Dunkel erdrückenden Materials zu bringen, wagte FLINDERS-PETRIE<sup>1</sup>. 1895 grub er 3000 Gräber nahe dem alten Nubt aus. Im folgenden erarbeitete er aus 900 durch Typenreichtum ausgezeichneten Gräbern eine Inzidenzmatrix. Das ist ein rechteckiges Zahlenschema, bei dem auf einer Langseite die Grabernummern (in Hinkunft wird statt dessen auch der Terminus Fund verwendet) und auf einer Schmalseite die Typennummern aufgetragen werden. Im Inneren dieser Matrix steht an den Stellen, wo ein Typ in einem Fund vorkommt (inzidiert), eine 1, an allen anderen Stellen eine 0. Man kann auch andere Darstellungen wählen, z. B. die 0 unterdrücken und statt der 1 z. B. ■ oder # setzen, ohne daß sich dadurch der Charakter der Matrix verändert.

Der Vorteil der Präsentation des Gesamtmaterials in einer einzigen Matrix ist ihre explizite Übersichtlichkeit gegenüber dem dieselbe Information enthaltenden System von Objekttafeln. Diese Matrix — in noch ungeordnetem Zustand — wird auch P-Matrix genannt<sup>2</sup> (nach PETRIE). Nach Erstellung dieser Matrix versuchte PETRIE nun, die Reihen (den Gräbern entsprechend) so lange umzuordnen, bis gleichzeitig in allen Spalten (den Typen entsprechend) die 1er aufeinanderfolgend oder (mit unserer Einschränkung) zumindest an einer Stelle konzentriert erscheinen. KENDALL<sup>3</sup> nannte diesen Vorgang „to petrify“, bzw. das dieser Zusammenballung zugrundeliegende Gesetz PETRIE'sches Konzentrationsprinzip. Die so erhaltene geordnete Matrix nannte er Q-Matrix (weil Q der nächste Buchstabe nach P im Alphabet ist). PETRIE konnte aus seiner Q-Matrix 50 in seiner Ordnung aufeinanderfolgende Gruppen (mit jeweils 18 Gräbern) der Negadekultur aussortieren, die er chronologisch interpretierte.

Diese geordnete Q-Matrix sagt natürlich nichts über Anfang und Ende der Reihe

---

<sup>1</sup> W. M. FLINDERS-PETRIE, *Sequences in prehistoric remains*. Journal of the Anthropological Institut 29, 1899, 295-301.

<sup>2</sup> DAVID K. KENDALL, *Seriation from abundance matrices*, in: *Mathematics in the Archaeological and Historical Sciences*. F. R. HODSON; D. G. KENDALL. P. TAUTU. eds. 1971. 220.

<sup>3</sup> KENDALL. wie Anm. 2. 217.

aus, die Information dafür muß mittels anderer Methodik erarbeitet werden, z. B.: Horizontal- und Vertikalstratigraphie, typologisches Rudiment oder absolute Datierung.

Sehr bald erkannte man, daß durch einen weiteren Ordnungsschritt, diesmal die Typen betreffend, eine Matrix erhalten wird, entlang deren Hauptdiagonale die ler konzentriert sind. Da erst sehr viele Uniordnungen zum gewünschten Resultat führen, versuchte man das Problem mechanisch zu lösen<sup>4</sup>. Aber auch dieses Verfahren ist sehr zeitaufwendig und jeweils vom Geschick und Augenmaß des Archäologen abhängig. Bei der Suche nach objektiveren und schnelleren Hilfsmitteln stieß man natürlich auf den Computer.

3. Wie wollte man aber nun dem Computer mitteilen, daß er Spalten und Reihen einer Matrix so zu sortieren hätte, daß die Besetzungs-ler entlang der Diagonale konzentriert würden? Ziemlich gleichzeitig und unabhängig kamen zwei Forscher zum selben Ergebnis, und zwar KLAUS GOLDMANN<sup>5</sup>, EDWARD WILKINSON<sup>6</sup> — und etwas später noch RENE LEGOUX<sup>7</sup>. EDWARD WILKINSON verwendete diesen Ordnungsalgorithmus (= mathematische Vorschrift, die der Computer verstehen kann) in seinem Unterprogramm AXIS und formulierte ihn in Worten etwa so:

AXIS-Algorithmus

- a) Berechnung der Mittelwerte (Schwerpunkte) der Einser in den Spalten der Inzidenzmatrix.
- b) Ordnung der Spalten, so daß ihre Mittelwerte monoton aufsteigend sind.
- c) Berechnung der Mittelwerte der Einser in den Reihen der Inzidenzmatrix.
- d) Ordnung der Reihen, so daß ihre Mittelwerte monoton aufsteigend sind.
- e) Wiederholung von a—d so lange, bis die Mittelwerte entweder nach a oder c schon geordnet vorliegen, weshalb entweder Schritt b oder d nicht mehr erforderlich ist.

Die Schritte a—d simulieren den Ordnungsvorgang, den der Archäologe vornimmt, wenn er die P-Matrix durch sukzessive Umstellungen von Zeilen und Spalten in die Q-Form überführt. Punkt e ergibt die Wiederholungen bzw. den Abbruch des Gesamtalgorithmus.

4. Anscheinend jedoch war EDWARD WILKINSON mit dem Ergebnis von AXIS nicht zu frieden, er betrachtete es nur als rohes Zwischenergebnis, sein Ziel war es doch, eine Q-Matrix, die wörtlich der Definition von KENDALL gehorchte, zu erhalten, also die Besetzungs-ler sollen konsekutiv in Zeilen und Spalten auftreten. Deshalb schrieb er sein Unterprogramm HAMIL<sup>8</sup>, das den „kürzesten Hamilton circuit“ einer Matrix berechnete und so eine Ordnung lieferte, die seinen und KENDALLS Vorstellungen einer Q-Matrix besser entsprach.

Warum aber dieses Programm in eine Sackgasse führte und kaum angewandt wurde, wollen wir im folgenden erörtern, wenn wir uns mit der Definition einer optimalen Ordnung beschäftigen.

Sowohl EDWARD WILKINSON als auch ERICH KAMMERER, der Programmierer KLAUS GOLDMANNs, erkannten, daß aus ihnen unbekanntem Gründen mit AXIS allein nicht das

<sup>4</sup> Mechanische Vorfahren siehe J. E. DORAN und F. R. HODSON, *Mathematics and Computers in Archaeology*, 1975, 279. Siehe auch PATRICK PERIN, *La Datation des Tombes Mérovingiennes*. Hautes études médiévales et modernes 39, 1980, Pl. 22—23.

<sup>5</sup> KLAUS GOLDMANN, *Zwei Methoden chronologischer Gruppierungen*. Acta Praehistorica et Archaeologica 3, 1972, 24.

<sup>6</sup> EDWARD M. WILKINSON, *Techniques of Data Analyses-Seriation Theory*. Archaeo Physika 5, 1974, 23.

<sup>7</sup> RENE LEGOUX, *La Recours à l'informatique: La Chronologie relative par permutation matricielle automatisées*, in: PATRICK PERIN, wie Anm. 4, 139.

<sup>8</sup> WILKINSON, wie Anm. 6, 48 ff.

beste Resultat erzielt werden kann. Beide schrieben deshalb zusätzliche Unterprogramme, und zwar POLISH und STRAT, die, wie der eine Name schon sagt, das Resultat aufpolieren sollten.

I. GRAHAM, P. GALLOWAY und I. SCOLLAR<sup>9</sup> konnten bei ihrer Modellstudie sämtlicher mathematischer Methoden zur Erarbeitung einer Chronologie nicht nur zeigen, daß die Seriation mit AXIS bessere (oder wenigstens gleich gute) Resultate liefert als die anderen Verfahren, sondern auch den wichtigen Zusammenhang zwischen Ausgangsordnung der Matrix — die ja eine zufällige ist — und dem Resultat erkennen. D. h. im allgemeinen Fall bleibt AXIS „stecken“, bevor das beste Ergebnis erreicht wurde, weil bereits das Abbruchkriterium in e erfüllt ist, also die Mittelwerte bereits monoton aufsteigend geordnet sind. Deshalb schlagen sie vor, AXIS jeweils von einer anderen Zufallsausgangsordnung ausgehend, mindestens 10mal anzuwenden und das beste Ergebnis auszuwählen.

Diesen Zusammenhang erkannte auch RENE LEGOUX<sup>10</sup>, dessen Ergebnis wir hier abbilden (Abb. 16). Aus Ordnung 1, die dieselbe Information enthält wie Ordnung 2, entsteht unter Anwendung des AXIS-Algorithmus die „schlechte“ Ordnung 3, aus 2 entsteht das Bestresultat 4.

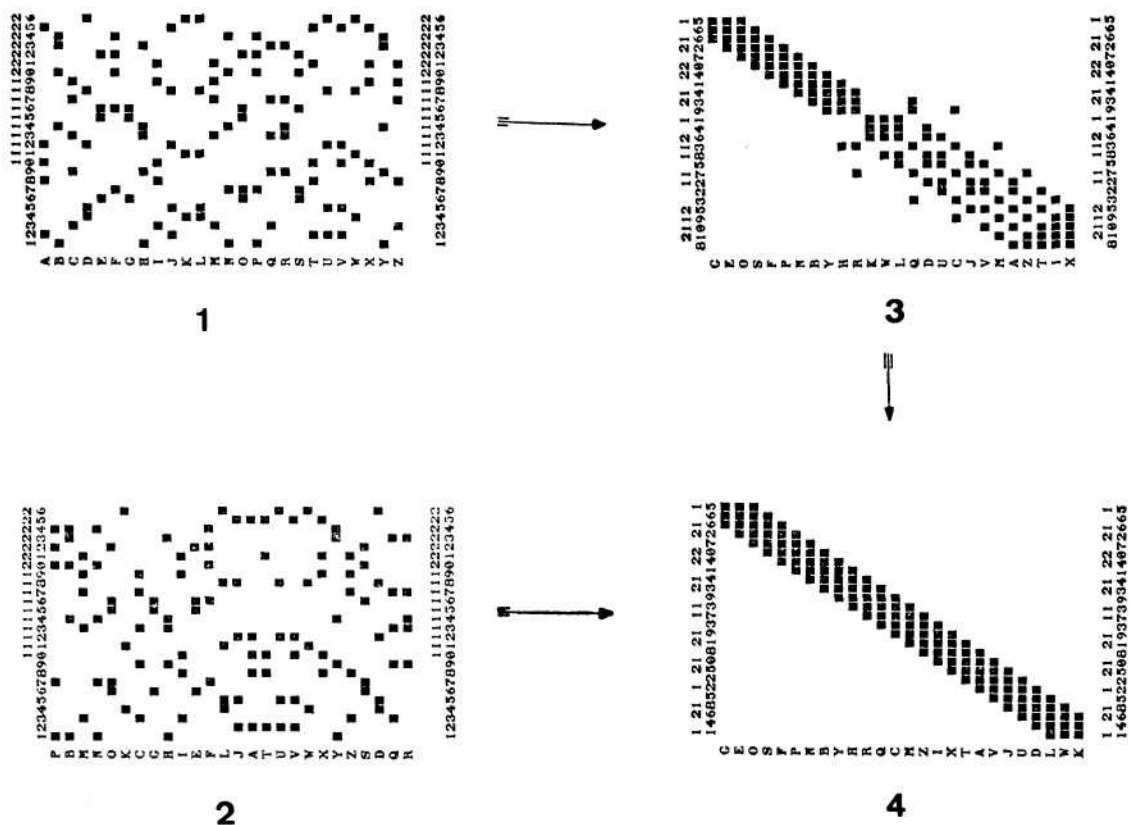


Abb. 16

<sup>9</sup> I. GRAHAM, P. GALLOWAY, I. SCOLLAR, *Model Studies in Computer seriation*. Journal of arch. Science 3, 1976, 11 und 13.

<sup>10</sup> LEGOUX, wie Anm. 7, fig. 35.

5. KLAUS GOLDMANN war im deutschen Sprachraum bisher der einzige, der eine computerunterstützte Seriation anhand von archäologischem Material durchführte. Er versuchte, eine Chronologie für die Leitfunde der Bronzezeit Europas aufzustellen, aber er vermied es, in einer Diskussion auf allfällige Diskrepanzen oder Übereinstimmungen mit der traditionellen Lehrmeinung näher einzugehen<sup>11</sup>.

Die Kritik an GOLDMANN'S Gedanken beschäftigte sich vor allem mit seinen Eingangsvoraussetzungen, bevor er noch sein Ergebnis für die Chronologie der Leitfunde der Bronzezeit vorlegte. Es ist natürlich klar, daß wenn diese Voraussetzungen falsch sind, GOLDMANN'S Versuche, eine Chronologie zu erhalten, wie ein Kartenhaus in sich zusammenbrechen müssen. Die Kritiker jedoch sollten bedenken, daß eben dieselben Voraussetzungen zur Erstellung der traditionellen Chronologie bewußt oder unbewußt angewandt wurden, daß GOLDMANN jedoch die Voraussetzungen mathematisch formulierte und konsequent durchzog.

In ihrer vom Konzept her, nicht so der Interpretation der Ergebnisse, ausgezeichneten Arbeit versuchten K. H. EGGERT et al.<sup>12</sup> durch Anwendung von Daten aus der Gegenwart bzw. nahen Vergangenheit (z. B.: Bestsellerlisten der Zeitschrift „Der Spiegel“: Bestseller = Typ, Spiegelnr. = Fund), deren chronologische Abfolge gesichert ist, durch entsprechende Zufallsauslese zu Daten zu gelangen, die archäologischen entsprechen. Sie erhielten bei der Anwendung von GOLDMANN'S Eliminationsschema (auf welches ich noch weiter unten eingehen werde) Leitfunde, die durch anschließende „optisch-manuelle“ Ordnung Resultate lieferten, die die Autoren in ihrer „Neubewertung der Kombinationsstatistik“ zu einer nur bedingt positiven Gesamteinschätzung gelangen ließen. Im großen und ganzen zeigten sie sich aber enttäuscht, ohne durch einen positiven Kritikbeitrag eine Verbesserung zu GOLDMANN'S Gedankengängen liefern zu können.

Rein vom Standpunkt der Statistik lassen sich jedoch noch ziemliche Verbesserungen erhoffen. Analysieren wir zunächst GOLDMANN'S oben bereits erwähnte Auswahl der Leitfunde. Diese Selektion mußte er aus finanziellen Gründen, hauptsächlich der Computerrechenzeit wegen, vornehmen.

GOLDMANN'S Auswahlprinzip der Leitfunde (algorithmisiert im Sortierprogramm von CHRISTINE KLATT<sup>13</sup>):

- a) Streichung aller Typen, die nur einmal vorkommen.
- b) Streichung aller Funde, die nur einen Typ besitzen.
- c) Streichung aller Funde mit derselben Typenkombination und Ersatz durch einen Vertreter.
- d) Streichung aller Funde, die in einem anderen enthalten sind, und Ersatz durch die sen.
- e) Beginn von vorne oder Abbruch.

Schritte a und b sind notwendig, da für die Seriation erforderlich ist, daß in jedem Fund zumindest 2 Typen enthalten sind und jeder Typ in zumindest 2 Funden vorkommt. Schritt c und d liefern die Leitfunde. In Schritt e wird entschieden, ob a—d wiederholt werden müssen oder bereits die P-Matrix der Leitfunde erreicht wurde.

Die Kettenreaktion<sup>14</sup> des auf Punkt d folgenden und wieder a und b erfordernden Eliminationsverfahrens führt jedoch zu einer beträchtlichen Verminderung des Daten-

<sup>11</sup> KLAUS GOLDMANN *Die Seriation chronologischer Leitfunde der Bronzezeit Europas*, 1980.

<sup>12</sup> M. K. H. EGGERT, S. KURZ, H.-P. WOTZKA, *Historische Realität und archäologische Datierung: Zur Aussagekraft der Kombinationsstatistik*. *Prähistorische Zeitschrift* 55/1, 1979, 110—145.

<sup>13</sup> CHRISTINE KLATT, in: K. GOLDMANN, wie Anra. 11, 173—177.

<sup>14</sup> EGGERT et al., wie Anm. 12, Anm. 21.

materials. Damit kann nun nicht nur ein Informationsverlust, sondern sogar eine Fehlinformation eingehandelt werden. Denn die Gleichbewertung von Funden, die sehr häufig, und solchen, die nur selten (vielleicht nur einmal) vorkommen, widerspricht jeder Statistik. Das bedeutet nämlich, daß in jeder Ordnung der statistische Ausreißer genauso berücksichtigt wird, wie der Durchschnittsfund eines Horizontes. Aus diesem Grund ist die „historische“ Aussagekraft der GOLDMANNschen Seriation stark von der Zahl der statistischen Ausreißer abhängig, je häufiger sie vorkommen, desto diffuser wird GOLDMANNNS Ergebnis zu interpretieren sein. Wenn also schon unbedingt eine Reduktion der Information notwendig ist, dann sollten auch die Ausreißer eliminiert werden.

6. Ferner muß die Frage gestellt werden, ob KLAUS GOLDMANN wirklich die Bestordnung bezüglich seines „Gütekriteriums“ erreichte. Allein bei dem optisch-manuellen Nachvollzug von GOLDMANNNS Seriation der frühneuzeitlichen Glaspokale erreichten K. H. EGGERT et al.<sup>15</sup> eine Ordnung, die ein um 9 Punkte besseres Gütemaß besaß als das vom Computer berechnete. Dies könnte nun einfach mit der oben angeführten Abhängigkeit des Endresultates des AXIS-Algorithmus von der zufälligen Ausgangsordnung erklärt werden, die GOLDMANN nicht kannte und auch nicht berücksichtigte.

Zusätzlich ist mit einer im Feinbereich (also bei bereits ziemlich guter Ordnung) nicht mehr vorhandenen Korrelierbarkeit von AXIS-Algorithmus und Gütemaß zu rechnen, d. h. ab einem gewissen Ordnungsschritt bringt eine weitere Berechnung nur mehr eine Verschlechterung des Gütemaßes. Deshalb wollen wir GOLDMANNNS Gütekriterium einer Revision unterziehen.

GOLDMANN definierte das Gütemaß als die Summe über alle Spannweiten der Einsen in den Zeilen und den Spalten der geordneten Inzidenzmatrix, d. h. man errechnet die Differenz der Spalten (Zeilen) des 1. Einsers in jeder Zeile (Spalte) und dem letzten und summiert alle diese Differenzen.

Die Nachteile bei der Verwendung der Spannweite (reach) liegen jedoch klar auf der Hand. Dem obigen Konzentrationsprinzip entspricht der Fund 1 besser (Abb. 17), aber alle 3 haben dasselbe Gütemaß von  $11 - 1 = 10$  Punkten. Deshalb empfiehlt es sich, ein Gütemaß als den Mittelwert aller Standardabweichungen zu definieren. Diese Definition korreliert auch besser mit dem Ordnungsprinzip des AXIS-Algorithmus. Das ihr zugrundeliegende Konzentrationsprinzip muß als Axiom folgendermaßen an den Beginn einer jeden Seriation gestellt werden.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Fund 1	1	1	1	1	1					1	1
Fund 2	1			1			1	1		1	1
Fund 3	1		1	1	1					1	1

Abb. 17

Axiom: Diejenige Ordnung einer Inzidenzmatrix archäologisch-chronologisch auswertbaren Materials, bei der der Mittelwert aller Standardabweichungen der Einsen in den Zeilen und Spalten ein Minimum ist, gibt die mittlere zeitliche Abfolge von Funden

---

Ebda., Anm. 44.

und Typen an, die Richtung der Abfolge muß jedoch mit anderen Mitteln bestimmt werden.

Um außerdem noch der GoLDMANXschen Elimination, also der Konstruktion von Leitfunden, zu entgehen, bieten sich die folgenden Optimierungsschritte an, die das Programm schneller gestalten, bzw. die Rechenzeiten verkürzen, so daß mit der gesamten Information, die zur Verfügung steht, gearbeitet werden kann.

#### 7. Optimierungsschritte

- a) Mit dem Computer wird genau der Vorgang des Archäologen simuliert, der Zeilen und Spalten vertauscht; es kommt also ständig zu einer Umstellung der Inzidenzmatrix.
- b) Die Inzidenzmatrix bleibt unverändert. Es wird nur mit Typen- und Fundvektoren gearbeitet, die anzeigen, an welcher Stelle sich jeweils die Zeilen und Spalten in einer sinngemäßen, geordneten Inzidenzmatrix befinden.
- c) Die Inzidenzmatrix wird gar nicht erst erstellt. Aus Speicherplatzgründen werden nur mehr die Funde mit ihren Typenkombinationen (also alle Reihen der Inzidenzmatrix mit Ausnahme der 0) und alle Typen mit ihren „Fundkombinationen“ (also die Spalten) abgespeichert und durch entsprechende Vektoren jederzeit zugänglich gemacht.
- d) Durch den Einsatz weiterer geeigneter Vektoren kann die aktuelle Stelle eines jeden Typs oder Fundes in der imaginären Inzidenzmatrix angegeben werden, ohne daß jeweils Typen- oder Fundvektor danach durchsucht werden müssen.
- e) Verbesserung der Heuristik der besten Lösung.
- f) Optimierung beim Compileraufruf durch Erzeugung eines schnelleren Codes.
- g) Umschreiben der zeitaufwendigen Subroutines in eine Assemblersprache,
- h) Verwendung schnellerer Computer.

In der folgenden Tabelle (Abb. 18) sollen die verschiedenen Operationen des Datentransfers, der Vergleiche, Additionen und Divisionen des geschwindigkeitsbestimmenden Schrittes — also die Berechnung der Mittelwerte und des Gütemaßes — sowie die notwendigen Speicherplätze in Abhängigkeit von der Fundzahl (Gräberzahl)  $G$  bei den verschiedenen Optimierungsschritten gezeigt werden (mit der willkürlichen Annahme, daß die Typenzahl  $T$  halb so groß wie  $G$  ist; also  $T = G/2$ ).

Es handelt sich dabei um rein theoretische Überlegungen, die keineswegs quantitativ, sondern nur qualitativ auf die Rechenzeiten umgelegt werden dürfen. Denn es werden hier ganz verschiedene Operationen einander gegenübergestellt.

Optimierungsschritt	Speicherplätze	Operationen			
		Transfer	Vergleich	Addition	Division
a	$G^2/2$	prop $G^2$	0 prop	prop $G^2$	prop $3G/2$
b	$G^2/2$	prop $3G/2$	$3G^3/4$ prop	prop $G$	prop $3G/2$
c	$10G$	prop $3G/2$	$15G^2/2$ 0	prop $10G$	prop $3G/2$
d	$10G$	prop $3G$		prop $10G$	prop $3G/2$

Abb. 18

Erklärung: Der Übergang von Schritt a zu b ergibt vor allem eine Reduktion der Transferoperationen, aber einen Anstieg notwendiger Vergleichsoperationen von 0 auf  $3G^3/4$ . Der Übergang von b nach c bedeutet eine Linearisierung (d. h. nur mehr lineare Abhängigkeit von  $G$ ) der Speicherplätze, somit auch der Additionen, aber auch eine Re-

duktion der Vergleiche. Der Übergang c nach d bewirkt schließlich eine Verdopplung der Transferoperationen, sorgt aber außer durch die Reduktion der Vergleiche von  $15G^2/2$  auf 0, während die anderen Operationen unverändert bleiben, für eine erhebliche Zeitersparnis. In allen 4 Fällen bleibt die Zahl der Divisionen gleich, in linearer Abhängigkeit von G.

Anhand eines Beispiels möchte ich die Verbesserung von Optimierungsschritt a zu d dokumentieren.

$$2 \text{ Gräberfelder } 1. \quad G = 100 \quad T = 50 \quad 2. \\ G = 1000 \quad T = 500$$

Gräber- feld	Opt. Schritt	Speicher- plätze	Operationen			
			Transfer	Vergleich	Addition	Division
1	a	$5 \cdot 10^3$	$10^3$	0	$10^*$	150
	d	$10^3$	$10^2$	0	$10^3$	150
2	a	$5 \cdot 10^5$	$10^3$	0 0	$10^6$	1500
	d	$10^5$	103		$10^7$	1500

Abb. 19

D. h. also, bei Verwendung eines Programms entsprechend Optimierungsschritt a wird die Verzehnfachung von G und T 100mal soviel Speicherplatz, 100mal so viele Additionen und 100mal so viele Transfers erfordern, das bedeutet ungefähr eine 100mal so lange Rechenzeit. Bei Verwendung eines Programms entsprechend Optimierungsschritt d bedeutet eine Verzehnfachung von G und T nur 10mal so viele Speicherplätze, 10mal so viele Additionen und 10mal so viele Transfers, das entspricht ungefähr einer 10mal so langen Rechenzeit.

Insgesamt wird das hier erhaltene Ergebnis noch einmal mit G zu multiplizieren sein, wenn man bedenkt, daß die Zahl der Wiederholungen des geschwindigkeitsbestimmenden Schrittes (also AXIS-Algorithmus + Berechnung des Gütemaßes) größenordnungsmäßig G proportional ist. Ferner wird noch eine weitere Multiplikation mit mindestens G zu erwarten sein, da, wie oben gezeigt, neben sehr vielen schlechten Resultaten wenige gute — statistisch verteilt — auftreten.

Diese Vervielfachung der Rechenzeit kann dann vermindert werden, wenn es gelingt, derartig in den Algorithmus einzugreifen, daß bei jeder Ordnung (unabhängig von der Ausgangsordnung) das beste Ergebnis erreicht wird (das ist bis jetzt noch nicht gelungen) oder zumindest viele gute Ergebnisse, so daß die Wahrscheinlichkeit, darunter das beste Ergebnis zu finden, größer wird (entspricht Optimierungsschritt e). In Abb. 16 entspricht dies dem Schritt von 3 nach 4.

Letzteres ist mir durch Veränderung des Algorithmus gelungen, so daß auch dann noch weitergerechnet wird, wenn AXIS bereits seinen Stillstand erreicht hat. Die Optimierungspunkte f—h sind soft- und hardware-abhängig und bedürfen keiner weiteren Erläuterung.

Unter Berücksichtigung des Großteils der hier postulierten Optimierungen ist ein Fortran-5-Programm, SERION, geschrieben worden, das an anderer Stelle demnächst vorgelegt werden soll. Mit diesem Programm wurde die Seriation des awarischen Gräberfeldes von Sommerein auf der Anlage CYBER 77 vorgenommen, die archäologische Interpretation des Ergebnisses ist in diesem Buch an anderer Stelle von FALKO DAIM ausführlich erörtert worden<sup>11)</sup>. Prinzipiell wäre dieses kleine Seriationsproblem auch op-

<sup>11)</sup> FALKO DAIM, S. 69 ff.



tisch-manuell möglich gewesen. Es wurde jedoch hier sozusagen als pilot-project verwendet. Denn das erarbeitete Programm soll dazu verwendet werden, das für die awarenzeitliche Chronologie zu erreichen, was GOLDMANN für die Bronzezeit vorgehabt hat. Es ist an eine Erfassung sämtlicher ausreichend durch Wort und Bild publizierten awarischen Gräberfelder des 6.—9. Jh.s gedacht. Damit soll dann vor allem das noch sehr unsichere Chronologierüst der Früh- und Mittelawarenzeit entweder bestätigt oder revidiert und das relativ klare Schema für die Spätawarenzeit verfeinert werden.