

Zur statistischen Auswertung frühmittelalterlicher Keramik im Nordseeküstenbereich

(II. Teil)

Von
Heiko Steuer

Mit 1 Abbildung und 4 Tabellen

Im vorletzten Band dieser Zeitschrift (Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte 40, 1971, 1–27) habe ich ein Verfahren erläutert, mit dem ich versucht habe, die frühmittelalterliche Keramik zum Zwecke der chronologischen Einordnung statistisch auszuwerten.

In der Folgezeit habe ich mich bemüht, die damals gewonnenen Ergebnisse mit Hilfe mathematischer Statistik zu überprüfen, das heißt den Wahrscheinlichkeitsgrad der Aussagen und damit ihren Wert meßbar in Zahlen zu fassen.

So wie der Eitopf des 8. Jahrhunderts vom Kugeltopf des 9. Jahrhunderts abgelöst wird, und eine lange Zeitspanne beide Formen nebeneinander kennt, so kommen auch sämtliche Variationen der beiden Grundtypen überall in Norddeutschland vor. Nur sind wie im zeitlichen Ablauf auch in der regionalen Verbreitung die Verhältniszahlen (das heißt jeweils die Menge am Gesamtbestand der Keramik) zueinander variabel und verschieben sich zeitlich und räumlich.

Derartige Verschiebungen sind aber nur in einem umfangreichen Fundmaterial zu erfassen. Große Stückzahlen sind Voraussetzung für sinnvolle statistische Fragestellungen und zugleich auch nur sinnvoll mit Hilfe von Statistik zu bewältigen.

Zwei Bereiche der Statistik, nämlich die *beschreibende* und die *beurteilende* Statistik, geben den Weg für die Auswertung an. Während im 1. Teil des Aufsatzes die Anwendung der beschreibenden Statistik geschildert wird, beschäftigt sich dieser 2. Teil mit der beurteilenden Statistik.

1. Die beschreibende Statistik

Die Anwendung der beschreibenden Statistik setzt sich aus folgenden Schritten zusammen (vgl. Teil I):

1. Die Ausarbeitung eines Schlüsselsystems, das die gesamte Variationsbreite der Keramik abdeckt. Der Zahlenschlüssel ermöglicht die Einordnung großer

Mengen von Keramik, wobei die Materialaufnahme nur noch darin besteht, daß man die Keramikfunde jeweils einer Kennzahl zuordnet und dann diese Zuordnungen zählt.

2. In Form von Listen oder Tabellen wird somit die Keramik eines Siedlungskomplexes etc. nach Formen und Mengen erfaßt. Die Gegenüberstellung von Listen verschiedener Siedlungskomplexe, Siedlungsschichten oder Fundorte veranschaulicht dann regionale oder chronologische Unterschiede. Am Anfang stehen Tabellen mit absoluten Stückzahlen. Da jedoch die absoluten Fundzahlen in den verschiedenen Siedlungseinheiten nicht gleich sind, ist es notwendig, um sie direkt vergleichbar zu machen, diese Zahlenwerte in Prozentangaben umzurechnen.
3. Der weiteren graphischen Veranschaulichung dient die Umsetzung der Zahlenwerte in Diagramme (Kreisdiagramme, Histogramme, Kurven etc.), wie es z. B. bei der Pollenanalyse geschieht.

Die beschreibende Statistik liefert also Ergebnisse in Form von Zahlenlisten, Prozenttabellen oder graphischen Darstellungen. Diese werden dann archäologisch ausgewertet und interpretiert, und zwar indem man die größeren Unterschiede aus den gewonnenen Listen und graphischen Darstellungen herausliest und die kleineren vernachlässigt. Der Archäologe entscheidet subjektiv, welche Zahlenwerte und welche Unterschiede verwertbar sind und welche nicht. Ein Kriterium, wo dabei die Grenze zwischen „auswertbar“ oder „nicht auswertbar“, zwischen signifikantem Unterschied oder zufälliger Abweichung liegt, gibt es nicht und wird zumeist auch nicht vor der Interpretation definiert.

2. Die beurteilende Statistik

Um solche Definitionen geben zu können, muß der Unterschied zwischen den Zahlenwerten mathematisch errechnet werden. Es genügt nicht einfach die Differenz zur Bestimmung dieses Unterschiedes, denn das „Gewicht“ des Unterschiedes ist weiterhin abhängig von der Größe der Vergleichswerte, der Anzahl aller Vergleichspaare sowie von weiteren Größen.

Die Erläuterung der Anwendung von mathematisch-statistischen Verfahren erfolgt wiederum am Beispiel der Wurt Elisenhof bei Eiderstedt in Schleswig-Holstein¹. Als Grundlage dienen die im I. Teil gebrachten Tabellen, die zum Teil nur einen Ausschnitt aus dem insgesamt verwerteten Material geben: Die Keramik der Wurt Elisenhof wurde mit Hilfe eines Schlüsselsystems, das die Randformen untergliedert und mit vierstelligen Ziffern kennzeichnet, aufgenommen und die Verteilung der verschiedenen Randformen auf die acht Wurtenschichten ausgezählt. Abb. 5 im Teil I (hier Tab. 1) verzeichnet die absolute Anzahl der verschiedenen Randformen in den Schichten, Abb. 6 (hier Tab. 2) die prozentuale Häufigkeit der verschiedenen Randformen in den

¹ Die endgültige Publikation der Keramik von Elisenhof sowie die Vorlage aller Tabellen und Korrelationsmatrizen erfolgt im Rahmen der Veröffentlichung der Ausgrabungsergebnisse in der Wurt Elisenhof.

Schichten der Wurt. Die Verteilung der Einzeleigenschaften in absoluten Zahlen, von denen je vier eine Randscherbe charakterisieren – dargestellt durch vierstellige Kennziffern –, auf die verschiedenen Wurtenschichten gibt Abb. 8 (hier Tab. 4) wieder.

Die Betrachtung der Tabellen 1 und 2 zeigt zum Beispiel, daß die Randform 1213 den älteren Zeitabschnitt charakterisiert, die Randform 1412 den jüngeren. Der zahlenmäßig häufigste Rand 1313 scheint in den unteren Wurtenschichten häufiger zu sein. Für die Randform 1333 ist die Entscheidung schon nicht mehr möglich. Wo ist die Grenze für die Auswertung zu ziehen?

2.1. Der Chi-Quadrat-Test ²

Der Chi-Quadrat-Test vergleicht jede Zahlenspalte der gezeigten Tabellen mit den absoluten Häufigkeiten von Randscherben in den verschiedenen Wurtenschichten (Zeilensumme); denn erst das Verhältnis zwischen der Anzahl einer Randform in einer Schicht zur Summe aller Randscherben in dieser Schicht läßt erkennen, ob die bestimmte Randform besonders häufig vorkommt oder kaum gefunden worden ist. Dieser Vergleich ist notwendig, da die Summe von Schicht zu Schicht sehr verschieden ist, zum Beispiel liegen in Schicht 1 124 Scherben, in Schicht 5 aber 307 Scherben (Tab. 1). Beim Test wird daher vorerst für den beobachteten, empirisch gezählten Wert ein erwarteter Wert aus der Summe aller Scherben pro Schicht (Zeilensumme) und der Summe aller Scherben einer Randform in der Wurt (Spaltensumme) errechnet, der sich ergeben würde, wenn das Vorkommen der Randform unabhängig von der Schicht wäre.

Der Chi-Quadrat-Test prüft anschließend, ob und wie sehr sich die erwarteten Werte von den beobachteten unterscheiden. Die allgemeine Formulierung des geschilderten Verfahrens lautet folgendermaßen:

Der Chi-Quadrat-Test

Typ	1	2	3	.	.	.	i	
Schicht 1	x_{11}	x_{12}	x_{13}	.	.	.	x_{1i}	Summe der Zeile $j = n_j$.
Schicht 2	x_{21}	x_{22}	x_{23}	.	.	.	x_{2i}	
Schicht 3	x_{31}	.	.	.	.	.	.
Schicht .	.	.	.	.	.	.	.
Schicht .	.	.	.	.	.	.	.
Schicht .	.	.	.	.	.	.	.
Schicht j	x_{j1}	.	.	.	.	.	x_{ji}
	Summe der Spalte $i = n_{.i}$							$n_{..} = n$

² Für die Hilfe bei der Auswahl der statistischen Verfahren und der Auswertung durch EDV danke ich Herrn Prof. Dr. J. Mau vom Seminar für Klassische Philologie der Universität Göttingen sowie Herrn Dr. D. Najock.

$$\text{Chi}^2 = \sum \frac{(\text{beobachteter Wert} - \text{erwarteter Wert})^2}{\text{erwarteter Wert}}$$

$$\text{Chi}^2 = \sum_{k=1}^j \frac{(x_{ki} - n_i p_j)^2}{n_i p_j} ; p_j = \frac{n_{j.}}{n}$$

Es bedeuten:

- i Bezeichnung der Spalte in den Tabellen,
- j Bezeichnung der Zeile in den Tabellen,
- n_i Scherbensumme der i-ten Spalte,
- $n_{j.}$ Scherbensumme der j-ten Zeile,
- n Scherbensumme für die gesamte Fundstelle,
- p_j Anteil einer Schicht j am Gesamtbestand der Keramik in Bruchteilen von 1. Die Summe der Schichtenanteile beträgt 1. p_j ist der Faktor, mit dem die Gesamtsumme aller Scherben einer Randform multipliziert werden muß, um den erwarteten Wert einer Randform für die j-te Schicht zu errechnen.

Für die Tabellen 1 und 4 sind die notwendigen Rechenoperationen mit einer Rechenmaschine durchgeführt worden. Die folgenden Listen geben die Ergebnisse – im Ausschnitt³ – wieder (Tab. 3 u. 4). Sie enthalten jeweils die beobachtete Anzahl, die erwartete Anzahl, den sogenannten Chi-Quadrat-Wert und die daraus folgende Signifikanz des Unterschiedes der beiden verglichenen Zahlenreihen. Diese wird abgelesen in einer Tabelle, die fast jedes Statistik-Lehrbuch enthält, und ist angegeben in Prozentwerten, wobei die Höhe der Prozentzahl den Grad der Wahrscheinlichkeit angibt dafür, daß die beiden Zahlenreihen zufällig abweichen. In den Listen sind die Ränder bzw. die Formelemente (Einzeleigenschaften) besonders wichtig, für die eine Wahrscheinlichkeit von mehr als 95 % oder 99 % besteht, daß die Abweichung vom erwarteten Wert nicht zufällig ist, daß also eine Abweichung von der schichtenunabhängigen Verteilung bei dem betreffenden Rand oder dem Formelement vorliegt. Diese Abweichung ist dann chronologisch interpretierbar.

Die oben herausgestellten Ränder 1213 und 1412 sind mit über 99,9 % Wahrscheinlichkeit chronologisch verwertbar, die Randform 1313 ist chronologisch aber nicht auswertbar, besser dagegen die Randform 1333, für die bei der Betrachtung der ersten Tabellen kein derartiger Schluß möglich war.

2.2. Der Spearman'sche Rangkorrelationskoeffizient

Die Zahlen in den Spalten derjenigen Ränder und Formelemente (Einzeleigenschaften), die eine Abweichung von der gleichmäßigen Verteilung

³ Es wird hier der gleiche Ausschnitt aus der Gesamttabelle der unterschiedlichen Randformen von Elisenhof verwendet, der auch im Teil I veröffentlicht worden ist.

aufweisen, lassen die chronologische Stellung deutlich erkennen. Kommen die größeren Stückzahlen in den oberen Schichten vor, so kennzeichnen die Scherben den jüngeren Horizont der Keramikentwicklung, liegen sie überwiegend in den unteren Schichten, so charakterisieren sie die ältere Phase.

Ein weiteres statistisches Verfahren gestattet es, diese chronologische Entwicklung für die einzelnen Ränder oder Formelemente zu messen.

Ich führe hier das zweite statistische Verfahren nur für die zeitliche Verteilung der verschiedenen Formelemente vor, aus denen sich die Ränder zusammensetzen (Tab. 4). Aufgabe des Testes ist festzustellen, welche der verschiedenen Formelemente eine gleichgerichtete und welche eine entgegengesetzte Entwicklung durchmachen und wie ähnlich die Entwicklung zwischen jeweils zwei Formen ist.

Man kann die Ähnlichkeit jeder Zahlenspalte mit jeder anderen mit Hilfe des sogenannten Spearman'schen Rangkorrelationskoeffizienten vergleichen. Dieser Koeffizient gibt an, welche Ähnlichkeit (Korrelation) zwischen zwei Zahlenspalten besteht ⁴.

Der Korrelationskoeffizient kann alle Werte zwischen -1 und $+1$ annehmen. Dabei bedeutet $+1$, daß eine völlige Übereinstimmung besteht, -1 , daß sich beide Zahlenspalten entgegengesetzt verhalten, während schließlich ein Wert von 0 keinerlei Aussagen über die Ähnlichkeit zuläßt.

Im Teil I ist dieses Verfahren schon angesprochen worden. Doch sei hier noch einmal die Berechnung des Rangkorrelationskoeffizienten kurz erläutert. Die allgemeine Formulierung lautet:

$$\text{Rho} = 1 - \frac{6 \sum D^2}{N(N^2 - 1)}$$

Es bedeuten:

- Rho Spearman'scher Koeffizient,
- D Differenz der Rangplätze der zu vergleichenden Paare,
- N Anzahl der zu vergleichenden Paare.

Ein Vergleichspaar bilden in unserem Fall entweder jeweils die beiden Zahlenwerte in einer bestimmten Schicht der zwei Formelemente (Einzelseigenschaften), deren zeitliche Entwicklung untersucht wird. Bei diesem Spaltenvergleich ergeben sich jeweils $N = 8$ Vergleichspaare für die 8 Wurtenschichten. Oder ein Vergleichspaar wird gebildet jeweils von den beiden Zahlenwerten eines Formelements in zwei verschiedenen Schichten, deren Ähnlichkeit geprüft wird. Bei diesem Zeilenvergleich ergeben sich in unserem Fall $N = 20$ Vergleichspaare, da 18 Formelemente, die Schichtnummerierung und die Scherbensumme pro Schicht verzeichnet sind.

⁴ Vgl. Teil I, Nachrichten aus Niedersachsens Urgeschichte 40, 1971, 24–27.

Der Rangplatz in einer Spalte oder Zeile ergibt sich einfach aus der Größe der Zahl. Die Stelle mit der größten Zahl bekommt den Rangplatz 1, die mit der kleinsten den Rangplatz 8 bzw. 20.

Zur Prüfung der Aussagekraft der Rho-Werte, das heißt der Signifikanz, dient eine weitere Formel:

$$T = \frac{\text{Rho}}{\sqrt{1 - \text{Rho}^2}} \cdot \sqrt{N - 2}$$

Rho und N sind erklärt worden. Aus den errechneten T-Werten – die Berechnung übernimmt ebenfalls der Computer – kann aus einer entsprechenden Tabelle, die in den meisten Statistik-Lehrbüchern enthalten ist, die Signifikanz abgelesen werden, die der Spearman'sche Rangkorrelationskoeffizient ausdrückt.

Nachfolgend werden die beiden möglichen Auswertungswege, der Spalten- und der Zeilenvergleich, getrennt besprochen. Da im übrigen der Zeilenvergleich im 1. Teil des Aufsatzes schon behandelt worden ist, braucht hier nur kurz darauf eingegangen zu werden.

2.2.1. Der Spaltenvergleich

Beim Spaltenvergleich gibt also die Höhe des Korrelationskoeffizienten an, wie ähnlich die Einwicklung eines einzelnen Formelelements (etwa Steilheit – 2 – des Randes) der Entwicklung einer anderen Eigenschaft (etwa der Länge – – – 2 des Randes) ist. Mit Hilfe einer elektronischen Rechenmaschine wurden die Rangkorrelationskoeffizienten berechnet und ihre Signifikanz geprüft. Für die Korrelationskoeffizienten zwischen 1,00 und 0,84 besteht eine Wahrscheinlichkeit von $p < 1\%$, daß die Ähnlichkeit zweier Formelement-Zahlenreihen zufällig ist, für Werte zwischen 0,79 und 0,84 von $p < 2\%$ und für Werte zwischen 0,71 und 0,79 von $p < 5\%$.

Kleinere Korrelationskoeffizienten bleiben vorerst unberücksichtigt, da ihr Wahrscheinlichkeitsgrad nicht ausreicht.

Um eine bessere Auswertung zu ermöglichen, wurde mit der Rechenmaschine die erste Korrelationstabelle so umgeordnet, daß die höchsten Korrelationen möglichst dicht an der Diagonalen und außerdem nahe benachbart stehen (Abb. 1). Die Scherbenzahl und die Schichtenbezeichnung 1–8 wurden mit in die Korrelationsberechnung einbezogen, das heißt jede Zahlenspalte für die Formelemente wurde auch mit diesen beiden auf ihre Ähnlichkeit hin verglichen.

Eine hohe Korrelation mit der Scherbenzahl der Wurtenschichten bedeutet, daß für diese Formelemente keine besondere Verteilung vorliegt, das heißt, daß sie überall gleichmäßig vorkommen. Eine hohe posi-

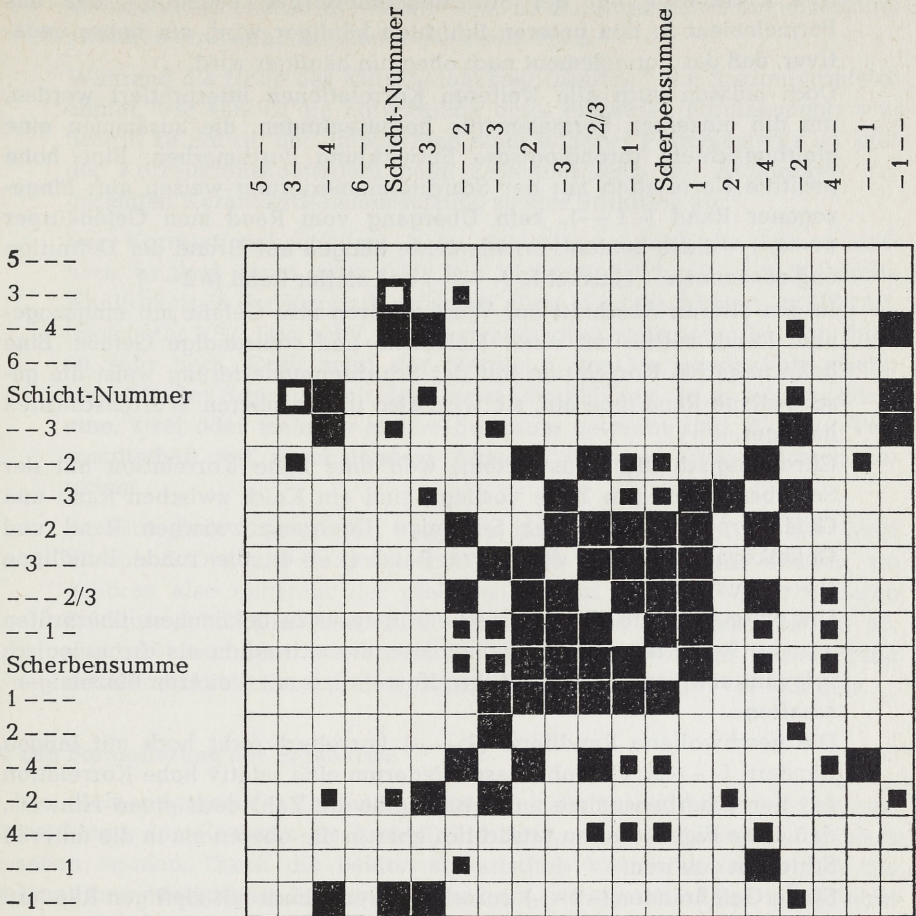


Abb. 1

Symmetrisch geordnete Korrelationstabelle der einzelnen Randformen-Eigenschaften

Erläuterung der Signaturen:

Schwarz ausgefüllte Tabellenfelder geben Korrelationen zwischen $+1,00$ und $+0,79$ wieder, Felder mit einem eingeschriebenen kleineren schwarzen Quadrat Korrelationen zwischen $+0,78$ und $+0,71$, Felder mit einem schwarzen Rahmen Korrelationen $-1,00$ und $-0,71$

tive Korrelation mit der Schichtnummerierung bedeutet⁵, daß das Formelement in den unteren Schichten häufiger wird, ein hoher negativer, daß das Formelement nach oben hin häufiger wird.

Doch müssen auch alle weiteren Korrelationen interpretiert werden, um die einzelnen Formelemente herauszufinden, die zusammen eine gleichgerichtete chronologische Entwicklung durchmachen. Eine hohe positive Korrelation mit der Schichtnummerierung weisen auf: Eingezogener Rand (-1-), kein Übergang vom Rand zum Gefäßkörper (-4-) – diese beiden Formelemente hängen auf Grund der Definition eng zusammen -, Halskehle (-3-) und steiler Rand (-2-).

In den älteren Abschnitt der Wurt gehören also Gefäße mit eingezogenem Rand, solche mit einer Halskehle und steilrandige Gefäße. Eine hohe negative Korrelation mit der Schichtnummerierung weist die geschwollene Randlippe auf, sie wird also in den oberen Wurtenschichten häufiger.

Chronologisch nicht auswertbar, weil eine hohe Korrelation mit der Scherbensumme pro Zeile vorliegt, sind ein Knick zwischen Rand und Gefäßkörper (-2-), der S-förmige Übergang zwischen Rand und Gefäßkörper (-1-), der kurze Rand (-4), die runde Randlippe (1--) usw.

Um einige weitere chronologische Hinweise zu bekommen, überprüfen wir der Reihe nach die Formelemente, die sich schon als chronologisch relevant erwiesen haben, auf ihre Korrelation mit weiteren Einzeleigenschaften:

Die geschwollene Randlippe (3--) korreliert recht hoch mit langen Rändern (---2). Obwohl diese wiederum eine relativ hohe Korrelation mit der Scherbensumme aufweisen, gibt die Zahl doch einen Hinweis, daß diese Eigenschaften tatsächlich eher in die oberen als in die unteren Schichten gehören.

Steile Gefäßränder (-2-) korrelieren recht hoch mit zipfligen Rändern (2---). Diese gehören also eher in die unteren Schichten als in die oberen.

Lange Ränder (---2) korrelieren höher mit Rändern, die mehr als 45 Grad nach außen geneigt sind (-4-), als mit der Scherbenanzahl. Auch das genügt als Hinweis, daß weit nach außen geneigte Ränder in den jüngeren Abschnitten der Wurt zunehmen.

2.2.2. Der Zeilenvergleich

Der Spearman'sche Rangkorrelationskoeffizient eignet sich ebenfalls dazu, die Ähnlichkeit der verschiedenen Wurtenschichten untereinander

⁵ Bei der Berechnung des Rangkorrelationskoeffizienten ist eine umgekehrt laufende Numerierung der Schichtenabfolge verwendet worden. Während die hier wiedergegebenen Tabellen eine Numerierung von unten nach oben vorsehen, ist bei der Berechnung versehentlich umgekehrt verfahren worden. Das ist bei den folgenden Formulierungen zu berücksichtigen, bewirkt aber keine inhaltliche Änderung.

zu errechnen, ebenso die Ähnlichkeit in der Keramikzusammensetzung zwischen Grubenhäusern oder gar Siedlungen.

Während die Höhe des Korrelationskoeffizienten beim Spaltenvergleich angibt, wie ähnlich die Entwicklung eines einzelnen Formelements von Schicht zu Schicht der Entwicklung eines anderen Formelements ist, gibt der Korrelationskoeffizient beim Zeilenvergleich die Ähnlichkeit der gesamten Keramikzusammensetzung zweier Schichten an.

Der Korrelationskoeffizient beim Schichtenvergleich ist immer sehr hoch, er liegt kaum unter 0,80. Die Wahrscheinlichkeit, daß die große Ähnlichkeit in der Keramik zwischen allen Wurtenschichten zufällig ist, liegt unter 2%. Das heißt, die Verwandtschaft zwischen allen Schichten ist sehr hoch. Doch zeigt der Vergleich der Verwandtschaft zweier benachbarter Schichten mit der Verwandtschaft von Schichten, die durch eine, zwei oder mehrere andere Schichten getrennt sind, daß die Verwandtschaft mit zunehmendem Abstand zwischen den Schichten abnimmt.

Archäologisch interpretiert besagen diese Ergebnisse für die Wurt Elisenhof: Die acht Schichten mit Keramik sind sich sehr ähnlich, sie gehören also ungefähr der gleichen Zeit an. Keramik einer anderen Zeitstufe fehlt. Die Ähnlichkeit nimmt mit dem Schichtenabstand ab, das heißt es findet von Schicht zu Schicht eine geringe Veränderung der Keramikzusammensetzung statt, die aber ohne Bruch vor sich geht.

3. Die Formulierung der Ergebnisse

Die allein aufgrund der Zahlenwerte in den Tabellen zu Anfang abgelesene Entwicklung der Keramik ist zum Teil richtig, aber teilweise auch falsch gesehen worden. Durch die beiden statistischen Verfahren ließen sich die anfänglichen vorläufigen Ergebnisse absichern, richtigstellen und im Gewicht messen, das heißt es ist möglich, den Grad der Wahrscheinlichkeit für die Richtigkeit jeder einzelnen Interpretation genau definiert anzugeben.

Welche Ergebnisse zur Chronologie zeichnen sich ab? Es ist notwendig, sich den Charakter der gewonnenen Aussagen zu verdeutlichen. Sie verkörpern keine Datierungen, die ausschließlich einen Zeitpunkt oder Zeitraum betreffen, sondern es liegen Wahrscheinlichkeitsaussagen vor, die eine Menge an Funden betreffen und ausdrücken, wie groß die Wahrscheinlichkeit ist, daß dieses Fundmaterial in einen abgegrenzten Zeitraum zu datieren ist. Ein Einzelstück, sei es ein Gefäß oder eine Randscherbe, kann auf diesem Wege nicht datiert werden.

Hiervon ausgehend gibt es folgende Datierungsformulierungen:

1. Für eine Scherbe oder ein Gefäß mit steilem Rand (-2--) würde die Aussage zuerst lauten: Sie können während eines längeren Zeitraumes vorkommen, zum Beispiel 200 Jahre lang, von 700 bis 900 n. Chr.

2. Im Vergleich mit einem absolutchronologisch schon eingeordneten Prozent-spektrum – basierend auf einer größeren Menge von Keramik – würde die Aussage lauten: Der steile Rand (–2–) kommt in den vier unteren Schichten (im 8. Jahrhundert) der Wurt Elisenhof 120 mal, in den vier oberen (im 9. Jahrhundert) 20 mal vor; eine einzelne Scherbe gehört also mit sechsmal größerer Wahrscheinlichkeit ins 8. Jahrhundert, das heißt mit 86 % Wahrscheinlichkeit ins 8. und nur mit 14 % Wahrscheinlichkeit ins 9. Jahrhundert.
3. Liegt nicht nur eine Scherbe vor, sondern ein ganzer Fundkomplex, der mit einem datierten Keramikspektrum verglichen wird, so steigert sich die Genauigkeit der zeitlichen Einordnung mit zunehmender Fundmenge. Eine neu erarbeitete Prozentreihe der unterschiedlichen Zusammensetzung wird mit der datierten, vorher aufgestellten verglichen. Der Chi-Quadrat-Test gibt die Höhe der Wahrscheinlichkeit an, daß die zu datierende Keramikmenge tatsächlich so alt ist wie die zum Vergleich herangezogene.
4. Die verschiedenen Randformen dieser ersten – zum Beispiel schichtenmäßig zu unterteilenden – Keramikmenge waren gezählt worden; Unterschiede zwischen den Zahlen konnten den Tabellen entnommen werden. Der Wert dieser Unterschiede – abhängig von der absolut vorliegenden Keramikmenge und einer theoretisch gleichmäßigen Verteilung aller Formen, die dann chronologisch indifferent wären – ist durch die statistischen Verfahren zu gewinnen. Mit 99,9 % Wahrscheinlichkeit ist der steile Rand (–2–) chronologisch auswertbar, sagt der Chi-Quadrat-Test. Der Spearman'sche Rangkorrelationskoeffizient gibt dann weiterhin an, daß mit 99 % Wahrscheinlichkeit diese Gefäßbrändeigenschaft am häufigsten am Anfang des hier als Beispiel gewählten Zeitraums vorkommt und ihre Häufigkeit mit fortschreitender Zeit abnimmt.

Bei derartig hohen Wahrscheinlichkeitsgraden ist das Zahlenergebnis verwertbar. Aber nicht immer sind die Unterschiede in den Zahlenverhältnissen, also in den Häufigkeiten des Vorkommens, so eindeutig. Definiert man zu Anfang einer Untersuchung, daß Werte bis zu 95 % Wahrscheinlichkeit weiter verwendet und zur archäologischen Interpretation herangezogen werden sollen, dann steht nach einer statistischen Auswertung fest, welche Fundarten zur Gewinnung zum Beispiel einer Chronologie verwertbar sind und welche ausscheiden müssen.

Tabelle 1

Die absolute Anzahl einzelner Randformen in den Schichten der Wurt Elisenhof

Schicht	Randformen							Gesamtsumme der Randscherben
	1213	1313	1333	4412	1312	1412	3412	
8	3	21	10	6	14	24	5	124
7	1	36	10	14	19	35	2	156
6	7	67	9	21	46	31	3	245
5	6	74	14	17	41	40	7	255
4	27	83	30	5	40	41	1	307
3	34	71	24	8	25	20	1	241
2	28	66	15	3	16	10	1	191
1	14	44	19	5	10	5	1	125
Summe	120	462	131	79	211	206	21	1644

Tabelle 2

**Die prozentuale Häufigkeit der einzelnen Randformen in den Schichten
der Wurt Elisenhof**

Schicht	Randformen							Gesamtsumme der Randscherben	
	1213	1313	1333	4412	1312	1412	3412		
8	2,4	16,9	8,0	4,8	11,3	19,3	4,0	124	100 %
7	0,6	23,0	6,4	9,0	12,0	23,0	1,3	156	100 %
6	2,8	27,5	3,7	8,6	18,8	12,6	1,2	245	100 %
5	2,4	29,0	5,5	6,7	16,1	15,7	2,8	255	100 %
4	8,8	27,0	9,8	1,6	13,0	13,4	0,3	307	100 %
3	14,1	29,5	10,0	3,3	10,4	8,3	0,4	241	100 %
2	14,6	34,5	7,9	1,6	8,4	5,2	0,5	191	100 %
1	11,2	35,2	15,2	4,0	8,0	4,0	0,8	125	100 %

Tabelle 3

Die Anwendung des Chi-Quadrat-Testes auf die Werte der Tabelle 1

Schicht	Randformen: Beobachtete (B) und erwartete (E) Anzahl													
	1213		1313		1333		4412		1312		1412		3412	
	B	E	B	E	B	E	B	E	B	E	B	E	B	E
8	3.0	9.1	21.0	34.9	10.0	9.9	6.0	6.0	14.0	15.9	24.0	15.6	5.0	1.6
7	1.0	11.4	36.0	43.8	10.0	12.4	14.0	7.5	19.0	20.0	36.0	19.5	2.0	2.0
6	7.0	17.9	67.0	68.8	9.0	19.5	21.0	11.8	46.0	31.4	31.0	30.7	3.0	3.1
5	6.0	18.6	74.0	71.7	14.0	20.3	17.0	12.2	41.0	32.7	40.0	32.0	7.0	3.3
4	27.0	22.4	83.0	86.2	30.0	24.4	5.0	14.8	40.0	39.4	41.0	38.5	1.0	3.9
3	34.0	17.6	71.0	67.7	24.0	19.2	8.0	11.6	25.0	30.9	20.0	30.2	1.0	3.1
2	28.0	13.9	66.0	53.7	15.0	15.2	3.0	9.2	16.0	24.5	10.0	23.9	1.0	2.5
1	14.0	9.1	44.0	35.0	19.0	9.9	5.0	6.0	10.0	16.1	5.0	15.7	1.0	1.6
Chi ² - Wert	61.7		12.6		19.1		26.7		15.6		37.8		16.2	
Signi- fikanz	< 0.1 %		> 5 %		< 1 %		< 0.1 %		> 2.5 %		< 0.1 %		< 2.5 %	

Tabelle 4

Die Anwendung des Chi-Quadrat-Testes auf die Verteilung der einzelnen
Randformen-Eigenschaften (vgl. Teil I, Abb. 8)

Schicht	1 ---		2 ---		3 ---		4 ---		5 ---		6 ---	
	B	E	B	E	B	E	B	E	B	E	B	E
8 (1)	85.0	101.0	6.0	4.1	5.0	2.0	19.0	14.9	4.0	0.9	5.0	0.8
7 (2)	120.0	127.2	4.0	5.2	3.0	2.6	24.0	18.8	4.0	1.1	1.0	1.0
6 (3)	196.0	199.8	6.0	8.2	4.0	4.0	37.0	29.5	1.0	1.8	1.0	1.6
5 (4)	208.0	208.0	6.0	8.5	10.0	4.2	30.0	30.7	1.0	1.9	1.0	1.7
4 (5)	266.0	250.4	11.0	10.3	2.0	5.0	25.0	37.0	1.0	2.2	2.0	2.1
3 (6)	204.0	196.6	10.0	8.1	1.0	4.0	24.0	29.0	1.0	1.8	1.0	1.6
2 (7)	156.0	155.8	8.0	6.4	1.0	3.1	26.0	23.0	0.0	1.4	0.0	1.3
1 (8)	106.0	102.0	4.0	4.2	1.0	2.1	13.0	15.1	0.0	0.9	1.0	0.8
Chi ² -Wert	4.474		3.382		18.495		9.890		21.840		24.463	
Signifikanz	> 50 %		> 50 %		< 1 %		> 10 %		< 0.5 %		< 0.1 %	
Schicht	- 1 --		- 2 --		- 3 --		- 4 --					
	B	E	B	E	B	E	B	E				
8 (1)	2.0	2.0	3.0	10.6	66.0	72.5	53.0	38.8				
7 (2)	0.0	2.6	1.0	13.4	81.0	91.2	74.0	48.9				
6 (3)	2.0	4.0	8.0	21.0	142.0	143.2	93.0	76.7				
5 (4)	2.0	4.2	8.0	21.9	144.0	149.1	101.0	79.9				
4 (5)	6.0	5.0	34.0	26.3	180.0	179.5	87.0	96.2				
3 (6)	4.0	4.0	41.0	20.7	137.0	140.9	59.0	75.5				
2 (7)	5.0	3.1	28.0	16.4	128.0	111.6	30.0	59.8				
1 (8)	6.0	2.1	18.0	10.7	83.0	73.1	18.0	39.2				
Chi ² -Wert	13.602		69.204		5.754		57.893					
Signifikanz	> 5 %		< 0.1 %		> 50 %		< 0.1 %					
Schicht	-- 1 -		-- 2 -		-- 3 -		-- 4 -					
	B	E	B	E	B	E	B	E				
8 (1)	107.0	105.0	5.0	7.1	10.0	9.9	2.0	2.0				
7 (2)	136.0	132.1	10.0	8.9	10.0	12.4	0.0	2.6				
6 (3)	221.0	207.4	13.0	14.0	9.0	19.5	2.0	4.0				
5 (4)	218.0	215.9	21.0	14.6	14.0	20.3	2.0	4.2				
4 (5)	248.0	259.9	23.0	17.6	30.0	24.5	6.0	5.0				
3 (6)	200.0	204.1	13.0	13.8	24.0	19.2	4.0	4.0				
2 (7)	166.0	161.7	5.0	10.9	15.0	15.2	5.0	3.1				
1 (8)	96.0	105.8	4.0	7.1	19.0	10.0	6.0	2.1				
Chi ² -Wert	2.717		9.976		18.772		13.602					
Signifikanz	> 50 %		> 10 %		< 1 %		> 5 %					
Schicht	--- 2		--- 2/3		--- 3		--- 1					
	B	E	B	E	B	E	B	E				
8 (1)	53.0	36.4	1.0	4.9	59.0	73.5	11.0	9.2				
7 (2)	61.0	45.8	7.0	6.2	73.0	92.4	15.0	11.6				
6 (3)	88.0	72.0	12.0	9.7	122.0	145.2	23.0	18.2				
5 (4)	94.0	74.9	13.0	10.1	124.0	151.1	24.0	18.9				
4 (5)	88.0	90.2	16.0	12.1	189.0	181.9	14.0	22.8				
3 (6)	48.0	70.8	10.0	9.5	168.0	142.8	15.0	17.9				
2 (7)	34.0	56.1	5.0	7.6	144.0	113.2	8.0	14.2				
1 (8)	17.0	36.7	1.0	4.9	95.0	74.1	12.0	9.3				
Chi ² -Wert	47.689		9.875		34.536		11.343					
Signifikanz	< 0.1 %		> 10 %		< 0.1 %		> 10 %					