Zeitschrift: Schweizerische numismatische Rundschau = Revue suisse de numismatique = Rivista svizzera di numismatica

Herausgeber: Schweizerische Numismatische Gesellschaft

Band: 47 (1968)

Artikel: Datierung des römischen Theaters in Lenzburg durch die Münzfunde : Alfred Lippold (1931-1965) in dankbarer Erinnerung

Autor: Müller, Jörg W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-173882

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

JÖRG W. MÜLLER

DATIERUNG DES RÖMISCHEN THEATERS IN LENZBURG DURCH DIE MÜNZFUNDE *

Alfred Lippold (1931–1965) in dankbarer Erinnerung

Summary

This report presents a new method for determining the period of a settlement on the basis of the coins found during the excavation of the site. By means of a simple statistical model for the circulation time of coins and by eliminating the need to know the total coinage issued per year, this procedure permits absolute datings with an accuracy of the order of 10 years, provided that the number of coins is not too small.

The practical value of the method is illustrated by an application to the coins found in the recently discovered Roman theatre at Lenzburg (Switzerland). A detailed comparison of the actual distribution of minting dates with the theoretical expectation from the present model shows that the theatre was only in use from A. D. 125 ± 10 to 180 ± 20. Furthermore, the average circulation period for a coin turns out to be about 25 years. Possible refinements and extensions of this dating method are also indicated briefly.

1. *Einleitung*

Fast bei allen Ausgrabungen aus römischer Zeit werden auch Münzen gefunden, nicht selten in großer Zahl. Neben Keramikbruchstücken gehören sie wohl zu den häufigsten Kleinfunden. Ausgrabungsberichte der letzten Jahre enthalten erfreulicherweise meistens auch eine sorgfältig redigierte *Liste der Fundmünzen,* in welcher neben der Fundsituation, einer knappen Typenbeschreibung, genauen Kataloghinweisen usw. insbesondere auch die *Prägedaten der Münzen* angegeben sind. Oft genug entsprechen aber dem mit viel Fleiß zusammengetragenen Quellenmaterial nicht die daraus gezogenen Folgerungen über die vermutliche Besiedlungsperiode: entweder sind die Aussagen sehr vage gehalten, oder die dabei angewandte «Methode» muß jedem, der mit statistischen Auswertungen etwas vertraut ist, als derart unbeholfen erscheinen, daß an verläßlicher Zeitinformation kaum mehr viel übrigbleibt.

Dieser unerfreuliche Zustand ist im Grunde erstaunlich, denn neben eindeutig datierbaren (aber leider seltenen) Inschriften sollten gerade Fundmünzen heute mit Abstand die feinsten Sonden sein [1], um die zeitliche Struktur einer Ausgrabung

* Erster Preis in dem von unserer Gesellschaft ausgeschriebenen Wettbewerb (Red.).

[1] Es besteht aber die Hoffnung, daß die Dendrochronologie (Baumringdatierung) in den nächsten Jahren auch für unsere Breiten zumindest die relativen Datierungen ganz wesentlich wird verbessern können (vgl. z. B. [2]).

abzutasten, da ihre Prägedaten ja meistens auf ganz wenige Jahre genau bekannt sind.

Im Gegensatz zur heute konventionellen Datierung an Hand der Keramikfunde, deren chronologische Grundlagen kritisch zu durchleuchten bisher aber noch kaum versucht worden ist[2], haben Münzen den entscheidenden Vorteil, zeitlich *absolut* bestimmbar zu sein – zumindest deren Prägedaten. Auch darf vielleicht erwartet werden, daß der Münzumlauf weniger stark lokalen Modeströmungen unterworfen war, als dies bei Gebrauchsgegenständen wohl üblich ist.

Wenn wir versuchen wollen, Datierungen durch Münzfunde wirklich zu verbessern, müssen wir uns zuerst darüber klar werden, warum die bisherigen Bemühungen meistens zu so wenig befriedigenden Resultaten geführt haben. Geht man die Literatur etwas durch, so zeigt sich, daß dies an der schlechten Auswertung liegen muß. Diese besteht nämlich im allgemeinen einfach darin, in einer Tabelle oder graphischen Darstellung die Anzahl der unter den verschiedenen Kaisern geprägten Fundmünzen anzugeben, eventuell pro deren Regierungsjahr. Auf diese Häufigkeitskurve, die gewöhnlich verschiedene Maxima und auf beiden Seiten mehr oder weniger lange «Schwänze» aufweist, gründen sich dann die Aussagen über die vermutliche zeitliche Besiedlung[3]. Ein Beispiel dieser Art aus Augst [1] ist kürzlich auch von Schwarz ([2], p. 177) kritisiert worden. – Eigentlich sind diese Probleme ja schon seit langem bekannt. Doch scheinen uns alle Diskussionen über unklar definierte Begriffe wie etwa die sogenannten «Verzögerungsfaktoren» wenig fruchtbar zu sein, solange niemand zeigt, wie solche Größen auch praktisch und quantitativ aus dem Fundmaterial zu bestimmen sind. Nur ein Verfahren, welches die beiden *Hauptschwierigkeiten* der Fundinterpretation bei Münzen befriedigend meistert, nämlich die Berücksichtigung der Umlaufsdauer und der oft stark wechselnden Emissionshäufigkeit, kann daher Aussicht auf Erfolg haben.

Die vorliegende Arbeit versucht, die den Münzstreufunden zugrundeliegenden Zufallsprozesse klarzustellen und darauf aufbauend eine einfache mathematische *Auswertemethode* zu entwerfen. Diese soll die im Fundmaterial enthaltene Zeitinformation möglichst vollständig ausschöpfen, um so Datierungen zu ermöglichen, die – zumindest bei großen Fundzahlen – bloß noch mit einer Unsicherheit von 5, 10 oder 20 Jahren behaftet sind. Damit erhält man für die römische Zeit absolute Ausgrabungsdatierungen, welche etwa um eine Größenordnung genauer sind als die heute mit der ^{14}C-Methode gewonnen (vgl z. B. [2]).

[2] Ein nützlicher Diskussionsanfang ist uns jedenfalls bloß aus [3] bekannt. Nur nebenbei sei vermerkt, daß bei den üblichen Keramikdatierungen die durch verschieden langen Gebrauch bedingten Zeitverschiebungen stets großzügig übergangen werden. –

[3] Auf einer solideren Grundlage beruht zwar die Datierung an Hand der «Schlußmünze», d. h. des spätesten gefundenen Prägedatums. Diese Methode vermag aber bloß einen einseitigen «terminus post quem» (TPQ) für das Enddatum zu liefern und nützt offensichtlich nur einen kleinen Teil der verfügbaren Information aus. Auf die Möglichkeiten zur Abschätzung des Abstandes zwischen Enddatum und TPQ soll hier aber nicht näher eingegangen werden [4].

Das neue Verfahren wird zur Illustration auf die kürzlich publizierten *Fundmünzen von Lenzburg* ([5], [6]) angewendet und ergibt dabei eine wesentlich exaktere Datierung der Benutzungszeit des im Herbst 1964 entdeckten römischen Theaters [7], als dies mit den bisher üblichen archäologischen Verfahren möglich wäre.

Da sich die folgenden Ausführungen in erster Linie an Leser mit wenig mathematischer Vorbildung wenden, verzichten wir jeweils auf eine genaue Herleitung der angegebenen Formeln. Dabei ist allerdings kaum zu vermeiden, daß einiges an gedanklicher Präzision verlorengeht. Statt auf rechnerische Details einzugehen, die sich der daran Interessierte gewöhnlich leicht selbst ergänzen kann, soll hier jedoch eher versucht werden, die der Behandlung zugrundeliegenden Ideen möglichst klar und einfach darzustellen, da sich auf sie die ganze quantitative Auswertung stützt. Das Verständnis dieser *Grundlagen* ist nicht nur für eine richtige Beurteilung der Ergebnisse sowie für eine allfällige Verbesserung der Methode unerläßlich, sondern von ihnen wird auch jede ernsthafte Kritik auszugehen haben.

Um ein so kompliziertes Material, wie es zufällige Münzfunde darstellen, einer *quantitativen Interpretation* zugänglich zu machen, sind natürlich gewisse vereinfachende *Annahmen* notwendig. Diese sind so zu wählen, daß dabei möglichst wenig von derjenigen Information verlorengeht, an der man besonders interessiert ist. Eines der Hauptprobleme liegt daher im Auffinden eines geeigneten *Modells,* das trotz seiner Einfachheit die wesentlichen Aspekte des Gesamtphänomens richtig beschreibt. Um zu prüfen, ob die gemachten Annahmen wirklich vertretbar sind, muß dieses Schema in eine mathematische Gestalt gebracht werden, da bloß in dieser Form direkte objektive Vergleiche zwischen Modell und Realität (d. h. hier den Funden) möglich sind. Nur wenn dann innerhalb vertretbarer statistischer Grenzen Übereinstimmung gefunden wird, kann das gewählte Modell als annehmbar gelten. Dies bedeutet aber natürlich keineswegs, daß alle dabei gemachten Vereinfachungen damit auch wirklich zutreffen. Eine Änderung oder Verfeinerung des Modells kann sich später im Lichte umfangreicheren empirischen Fundmaterials immer aufdrängen.

2. *Allgemeines zur Interpretation der Häufigkeit von Fundmünzen*

Da es sich bei *Münzstreufunden* – und nur bei diesen, also nicht etwa auch bei Horten – offensichtlich um das Resultat einer Reihe von *Zufallsprozessen* handelt (regionale Umlaufshäufigkeit, Wahrscheinlichkeit für Verlust und Wiederauffinden usw.), scheint es uns naheliegend, zu versuchen, den ganzen Vorgang *statistisch* zu beschreiben. Insbesondere soll das Ziel sein, den Zusammenhang zwischen Prägeund Verlustdaten zu klären.

Ohne uns im Augenblick allzusehr darum zu kümmern, ob oder wie die folgenden Größen auch praktisch bestimmbar sind, wollen wir nun einige allgemeine Funk-

tionen einführen, um die sich abspielenden Zufallsvorgänge leichter beschreiben zu können. Es sind dies

$P(T)$ = Prägehäufigkeit (Münzausstoß) im Jahre T,
$B_x(t)$ = Besiedlungsdichte [4] (für den Ort x) im Jahre t,
$F_j(t\text{-}T)$ = Umlaufsdichte für Münze j (mit Prägedatum T) im Jahre t.

Wie man sich leicht klarmacht, gilt dann für die Anzahl N der in x gefundenen Münzen vom Prägejahr T (bis auf konstante Faktoren, die uns hier nicht interessieren) die Beziehung

$$N_x(T) \sim P(T) \cdot \int_{-\infty}^{\infty} F(t-T) \cdot B_x(t)\, dt. \tag{1}$$

Dabei haben wir zur Vereinfachung des Problems bereits angenommen, daß die jeweilige Umlaufsdichte F nur vom zeitlichen Abstand zum Prägedatum T, nicht aber auch vom Münztyp j abhängt. Damit kommt also in diesem Modell allen Münzen aus x dieselbe mittlere Zirkulationsdauer zu. Wie weit diese Annahme zutrifft, kann erst später an Hand umfangreicher numerischer Vergleiche beurteilt werden.

Das in (1) auftretende Integral heißt auch (Differenz-) Faltung der Funktionen F und B_x. Es soll mit

$$S_x(T) = \int_{-\infty}^{\infty} F(t-T) \cdot B_x(t)\, dt \equiv F(T) * B_x(T) \tag{2}$$

abgekürzt und im folgenden als «*Standardverteilung*» bezeichnet werden.

Um die Beziehung (1) praktisch verwenden zu können, müssen wir nun die dabei auftretenden Funktionen spezifizieren. Werden Münzen nicht künstlich (etwa durch Ungültigkeitserklärung oder Einschmelzen) aus der Zirkulation genommen, so ist zu erwarten, daß die durch Verlust oder andere Zufallsvorgänge eintretende Verminderung ihrer Anzahl stets proportional zur noch vorhandenen Menge sei. Diese Annahme führt aber bekanntlich zu einer Exponentialverteilung, wie sie zum Beispiel auch beim radioaktiven Zerfall auftritt. Wir versuchen daher für die zeitliche *Umlaufsdichte* den Ansatz

$$F(t\text{-}T) = \begin{cases} 0 & \text{für } t < T \\ r \cdot e^{-r(t-T)} & \text{für } t > T, \end{cases} \tag{3}$$

wobei $1/r$ der sogenannten mittleren Umlaufsdauer entspricht [5], die vorläufig noch unbekannt ist und aus den empirischen Daten bestimmt werden muß.

[4] Genauer wäre vielleicht «lokale Verlustdichte», da die Zahl der verlorenen Münzen zum Beispiel auch von der beruflichen Struktur und den Gewohnheiten der Bevölkerung abhängen wird, nicht bloß von deren Anzahl.

[5] Die «Halbwertszeit» wäre $ln\, 2 / r \cong 0{,}69 / r$.

Für die *Besiedlungsdichte* $B(t)$ ist es zwar kaum möglich, etwas allgemein Gültiges anzugeben, da die Bevölkerungsentwicklung natürlich von Ort zu Ort sehr verschieden sein kann. Um dennoch einen ersten Überblick zu gewinnen, wollen wir dafür der Einfachheit halber zunächst einmal eine Rechtecksverteilung R zwischen dem Anfangspunkt A und dem Endpunkt E der Besiedlungsperiode voraussetzen, d. h.

$$B(t) \sim R(t) = \begin{cases} 1 & \text{für } A < t < E \\ 0 & \text{sonst.} \end{cases} \tag{4}$$

Bei dieser Annahme einer zeitlich konstanten Besiedlungsdichte wird die in (2) definierte Standardverteilung $S_R(T) = F(T) * R(T)$ und läßt sich leicht explizit berechnen zu

$$S_R(T) = \begin{cases} e^{-r(A-T)} - e^{-r(E-T)} & \text{für } T \leq A \\ 1 - e^{-r(E-T)} & \text{für } A \leq T \leq E \\ 0 & \text{für } T \geqslant E \quad . \end{cases} \tag{5}$$

Für gegebene Besiedlungsgrenzen A und E enthält diese Funktion nur noch einen unbekannten Parameter, nämlich die mittlere Umlaufszeit $1/r$. Falls nun die jährliche Emissionsrate P als konstant vorausgesetzt werden könnte, würde $S(T)$ bereits die bei Funden zu erwartende Häufigkeitsverteilung der Prägedaten darstellen. Diese Annahme trifft aber keineswegs zu. Doch statt jetzt mühsam zu versuchen, die Prägehäufigkeit aus sonstigen Indizien abzuschätzen, schlagen wir ein einfaches Verfahren vor, das dies überflüssig macht. Da nämlich $P(T)$ in (1) als Faktor auftritt, kann man sich seiner leicht dadurch entledigen, daß man zum Beispiel das *Verhältnis* der Fundhäufigkeiten zweier verschiedener Orte 1 und 2 bildet, also etwa

$$V(T) \equiv \frac{N_1(T)}{N_2(T)} \sim \frac{F_1(T) * B_1(T)}{F_2(T) * B_2(T)} = \frac{S_1(T)}{S_2(T)} \quad . \tag{6}$$

Dies zeigt, daß es zur Bestimmung der Verhältnisse V genügt, die Standardverteilungen S_1 und S_2 der beiden Fundorte 1 und 2 zu berechnen, wobei für vorgegebene Grenzdaten und Umlaufsdauern nur noch eine gewisse Freiheit in der Wahl des zeitlichen Verlaufs der Besiedlungsdichten B übrigbleibt.

Zur Veranschaulichung der Zusammenhänge ist in Fig. 1 die Form der in (5) angegebenen Standardverteilung $S_R(T)$ für verschiedene mittlere Umlaufsdauern graphisch dargestellt. Dabei bedeutet

$$\varrho = r \cdot (E - A), \tag{7}$$

d. h. die Besiedlungsdauer ist als Zeiteinheit genommen worden.

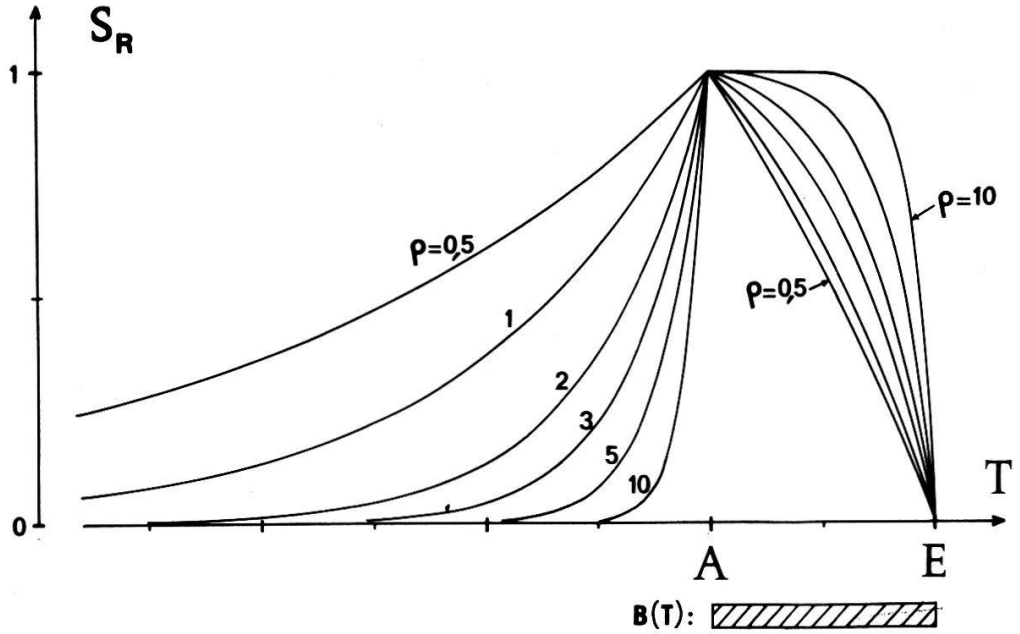

Fig. 1: Standardverteilung $S_R(T)$ für verschiedene Münzumlaufsdauern
Zur Definition von ρ siehe Formel [7]

Wählt man dagegen für die zeitliche Besiedlungsdichte etwa eine linear ansteigende (D^+) oder abfallende (D^-) Dreiecksverteilung, also

$$B(t) \sim D^+(t) = \begin{cases} \dfrac{t-A}{E-A} & \text{für} \quad A \leq t < E \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \tag{8}$$

$$\text{bzw.} \quad B(t) \sim D^-(t) = \begin{cases} \dfrac{E-t}{E-A} & \text{für} \quad A < t \leq E \\ 0 & \text{sonst,} \end{cases} \tag{9}$$

so ergeben numerische Berechnungen für die Standardverteilungen $S_D(T)$ die in Fig. 2 und 3 dargestellten zeitlichen Abhängigkeiten. Dabei zeigt sich, daß trotz großen Unterschieden der eingehenden Parameter die resultierenden Standardverteilungen eine Reihe von Gemeinsamkeiten aufweisen. So ist etwa deren Verlauf vor dem Besiedlungsanfang A bei allen drei Modellen exponentiell, und die Kurve fällt bei E immer auf null ab, wenn auch nicht in gleicher Weise. Für die Besiedlungsdichten R und D^- liegt überdies das Maximum stets bei A, während für D^+ eine Verschiebung nach späteren Daten auftritt. Zum leichteren Vergleich der Kurvenformen sind dabei alle Maxima auf 1 normiert worden.

Aus diesen verschiedenen Modellverteilungen für $S(T)$ läßt sich gemäß (6) natürlich eine ganze Reihe entsprechender Verhältnisfunktionen $V(T)$ bilden. Da es allzu viele Möglichkeiten von Parameterkombinationen gibt, welche die Form von V mehr oder weniger stark beeinflussen – außer den bereits genannten Größen gehen nämlich auch das Verhältnis der Besiedlungsdauern sowie deren zeitliche Verschiebung ein –, soll hier nicht versucht werden, daraus etwa eine «repräsentative» Auswahl

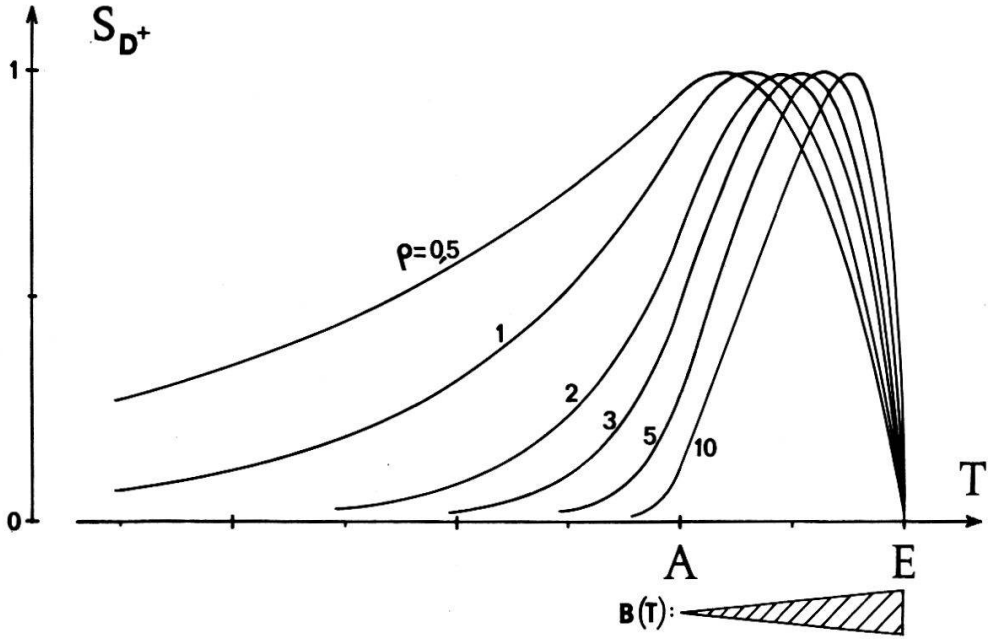

Fig. 2: Standardverteilung $S_D{}^+(T)$ für verschiedene Münzumlaufsdauern

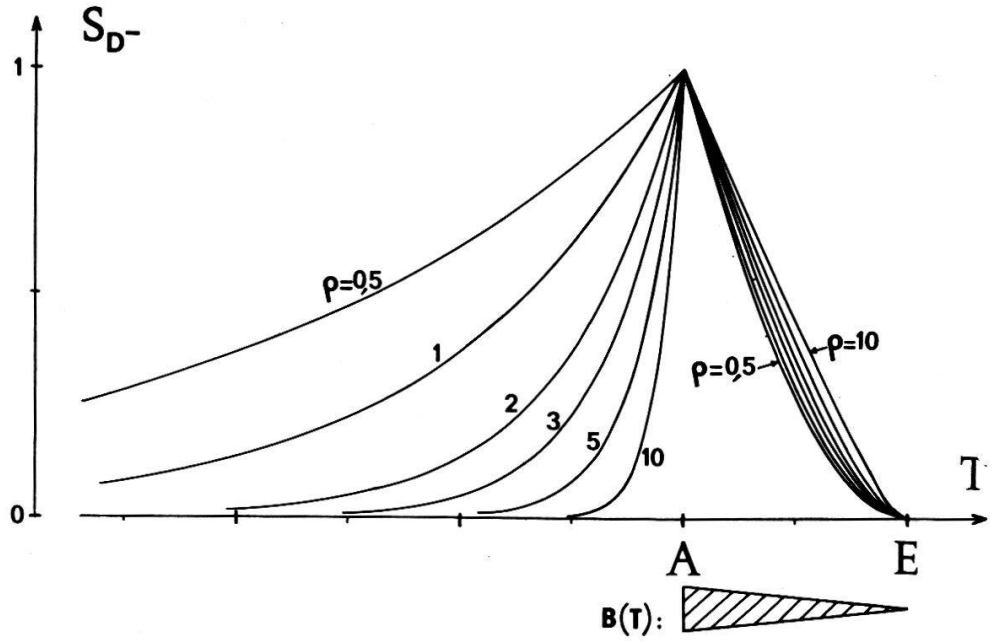

Fig. 3: Standardverteilung $S_D{}^-(T)$ für verschiedene Münzumlaufsdauern

von Kurvenformen wiederzugeben. In einem konkreten Fall nutzt man zur Einschränkung alle annähernd schon bekannten Daten aus, die dann nur noch in gewissen Bereichen variiert werden müssen. Durch Vergleich mit den aus den Funddaten bestimmten empirischen Verhältnissen V ist dann zu entscheiden, welche Werte der zu bestimmenden Parameter allenfalls einen «theoretischen» Kurvenverlauf $V(T)$ zu liefern vermögen, der mit den Münzfunden vereinbar ist. Zur Illustration der Verhältnisse diene die schematische Darstellung in Fig. 4, welche dem später ausführlich behandelten Fall Lenzburg entspricht.

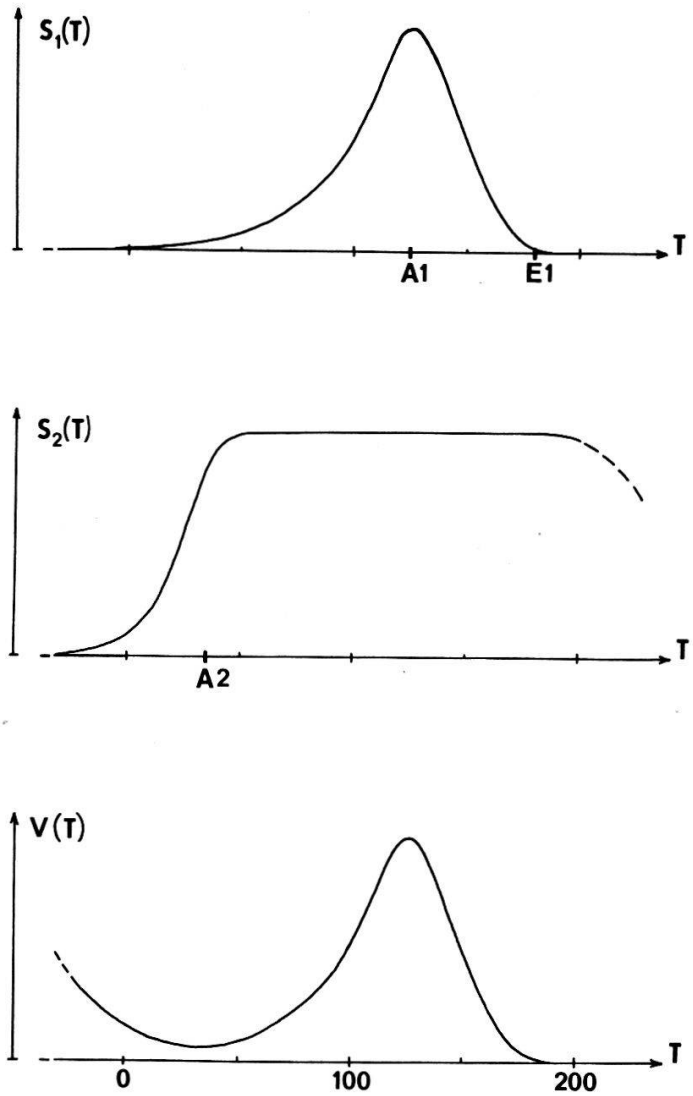

Fig. 4: Schematische Darstellung zur Berechnung des Verhältnisses $V = S_1/S_2$ aus den Standardverteilungen
Die Daten entsprechen etwa den Werten für Theater (1) und Vicus (2) von Lenzburg (vgl. später)

Über Korrekturen, welche an den theoretischen Verteilungen $V(T)$ vor einem solchen Vergleich anzubringen sind, wird noch kurz etwas zu sagen sein (Ende Abschnitt 3), nachdem die Auswertemethode für die Funddaten erläutert ist.

3. *Auswertung der Funddaten*

Zur praktischen Erprobung der oben kurz beschriebenen Datierungsmethode wählen wir als Beispiel die Münzfunde aus dem römischen Theater von Lenzburg [6], welche kürzlich veröffentlicht worden sind. Tab. 1 stellt unsere derzeitigen Kenntnisse über die *Prägedaten* der im Theaterareal gefundenen Münzen in einer für das folgende geeigneten Form nochmals zusammen. Dasselbe gilt für die zum Vergleich herangezogenen Münzfunde aus dem Vicus von Lenzburg [5] in Tab. 2.

Für Zeitangaben benutzen wir im folgenden stets die sogenannte «astronomische Zählung» der Jahre. Sie korrigiert bekanntlich die Fehlrechnung der Historiker, welche das Jahr 0 zu vergessen pflegen, das sie bereits «1 vor Christus» nennen. Diese natürliche Zählweise ist für unsere Rechnungen viel bequemer – ein Vergleich mit jeder Thermometerskala läßt den Grund dafür leicht erkennen. Allgemein gilt daher für negative Jahreszahlen die Umrechnung

$$-T \text{ (astronomisch)} = (T + 1) \text{ v. Chr.,} \tag{10}$$

während die positiven Jahreszahlen mit der christlichen Zeitrechnung übereinstimmen.

Tab. 1: Verwendete Prägedaten für die 41 bestimmbaren Fundmünzen aus dem Theater Lenzburg (nach [6])

(NB: Die absoluten Werte der Datierungsnummern sind ohne Bedeutung, da n bei den Rechnungen nur als Summationsindex verwendet wird)

Datierung Nr. n	Anzahl Münzen $Z(n)$	Prägeintervall Anfangsjahr $A(n)$	Endjahr $E(n)$	Nr. bei Doppler
101	1	−28	14	2
102	1	−9	10	1
103	1	14	37	4
104	1	22	37	3
105	1	41	54	5
106	2	64	68	6, 7
107	2	69	79	8, 9
108	2	69	96	18, 19
109	1	80	81	10
110	5	81	96	13–17
111	1	85	85	11
112	1	87	87	12
113	1	98	101	21
114	1	98	107	22
115	2	98	117	23, 24
116	1	101	102	20
117	1	117	122	28
118	4	117	138	32–35
119	1	119	121	25
120	3	125	128	26, 29, 30
121	1	132	134	31
122	1	134	138	27
123	1	138	161	39
124	2	141	161	37, 38
125	1	143	144	36
126	1	161	180	40
127	1	179	179	41
total	41			

Tab. 2: Prägedaten der zum Vergleich verwendeten 105 Fundmünzen aus dem Vicus Lenzburg (nach [5])

(NB.: Münzen, deren Prägedaten wesentlich älter oder jünger als bei den Funden aus dem Theater sind, werden hier weggelassen, da sie nichts zu unserer Datierung beizutragen vermögen)

Datierung Nr. n	Anzahl Münzen $Z(n)$	Prägeintervall Anfangsjahr $A(n)$	Endjahr $E(n)$	Nr. bei Doppler
201	2	−28	14	9, 10
202	3	−9	10	11–13
203	1	−7	−5	8
204	2	9	14	16, 17
205	2	12	14	14, 15
206	3	14	37	18, 19, 34
207	1	22	23	20
208	11	22	37	23–33
209	1	26	37	35
210	2	34	37	21, 22
211	1	37	38	37
212	3	37	41	36
213	1	41	42	43
214	2	41	44	40, 41
215	3	41	54	42, 44, 45
216	1	54	68	51
217	1	64	66	46
218	2	64	68	47, 50
219	2	66	68	48, 49
220	1	68	69	52
221	1	69	69	53
222	1	69	71	54
223	3	69	79	57–59
224	1	70	79	55
225	1	71	71	56
226	1	72	79	61
227	1	77	78	60
228	1	79	81	62
229	1	81	81	63
230	1	81	83	71
231	1	84	96	72
232	1	86	86	64
233	1	88	88	66
234	1	88	89	65
235	3	90	91	67–69
236	1	95	96	70
237	1	96	96	73
238	2	97	97	74, 75
239	1	98	99	77
240	1	98	107	83

Datierung Nr. n	Anzahl Münzen $Z(n)$	Prägeintervall Anfangsjahr $A(n)$	Endjahr $E(n)$	Nr. bei Doppler
241	1	98	117	84
242	1	99	100	78
243	1	101	102	79
244	1	103	104	76
245	2	103	111	80, 81
246	1	114	117	82
247	1	117	122	91
248	1	117	138	92
249	1	121	122	85
250	1	123	128	90
251	1	125	128	86
252	3	134	138	87–89
253	4	138	161	95–98
254	2	141	161	99, 100
255	1	145	145	101
256	1	152	153	93
257	1	153	154	94
258	1	161	162	102
259	1	161	175	106
260	2	161	180	103, 107
261	1	162	163	104
262	1	165	165	105
263	1	195	196	108
264	1	196	202	110
265	2	196	211	109, 111
266	1	205	205	112
total	105			

Daß wir als *Vergleichsfunde,* wie sie zur Bildung der Verhältnisse $V(T)$ nach (6) erforderlich sind, gerade die Münzen aus dem Vicus Lenzburg gewählt haben, ist im übrigen keineswegs zwingend. Ein Vorteil ist zwar gewiß die Nähe der beiden Fundorte (kaum 300 m Abstand), welche keine Bedenken wegen eventueller Unterschiede im Münz*zu*fluß aufkommen läßt. Dagegen wäre es wünschenswert, beim Vergleichsort mit größeren Fundzahlen und einer längeren Besiedlungsdauer rechnen zu können, als es beim Lenzburger Vicus der Fall ist, da sich dies später bei den Verhältnissen V als störend erweisen wird. So geht zum Beispiel das Anfangsdatum des Vicus als zusätzlicher Parameter in die Rechnung ein. Sein Einfluß auf den Verlauf der Verhältnisse $V(T)$ gestattet dann aber umgekehrt auch, daß es durch Vergleich mit den empirischen Funddaten überprüft bzw. genauer abgeschätzt werden kann. Mangels geeigneter anderer Vergleichsdaten blieb uns jedoch schließlich gar keine Wahl. – Bei den doch wesentlich verschiedenen Verhältnissen im nahen Legionslager Vindonissa hätte insbesondere auch eine Verwendung der dortigen reichlichen Münzfunde kaum eine Verbesserung der Resultate erwarten lassen.

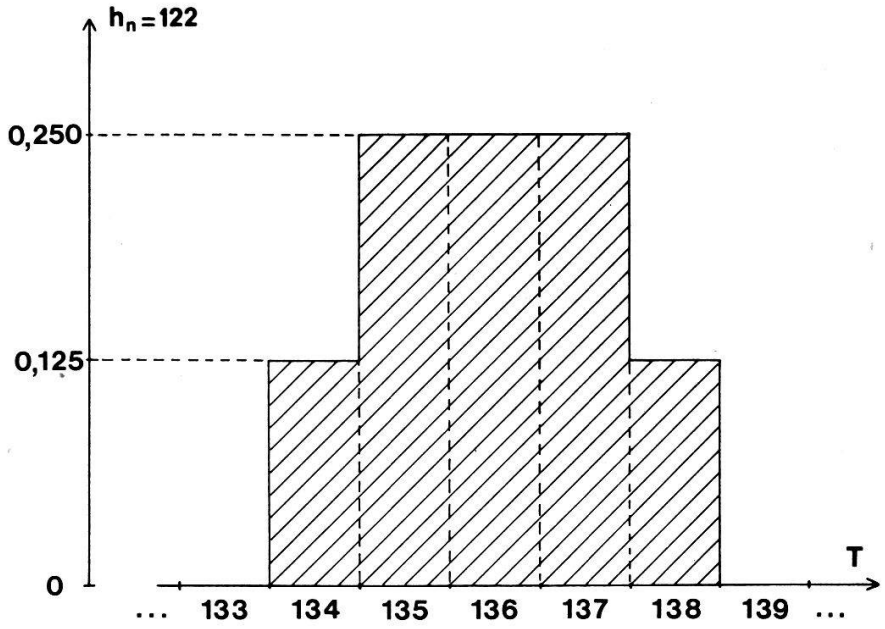

Fig. 5: Beispiel für die zeitliche Prägewahrscheinlichkeit $h_n(T)$ einer Münze (Datierung $n = 122$)

Bei der Bestimmung der *empirischen Fundhäufigkeiten* $H(T)$ für Theater und Vicus legen wir jeder einzelnen Fundmünze dasselbe «Gewicht» 1 zu. Dieses wird nun durch eine diskrete Wahrscheinlichkeitsverteilung $h_n(T)$ so auf die mögliche Prägezeit verteilt (vgl. Fig. 5), daß alle «Innenjahre» (die also zwischen $A(n)$ und $E(n)$ liegen) mit derselben Wahrscheinlichkeit als Prägejahre auftreten können, die «Randjahre» $A(n)$ und $E(n)$ selbst dagegen nur mit deren halber Wahrscheinlichkeit, da sie im Mittel bloß zur Hälfte der möglichen Prägeperiode zuzurechnen sind. Diese Unterscheidung tritt jedoch praktisch erst in Erscheinung, wenn E–A mindestens zwei Jahre beträgt, weil sonst ja nur «Randjahre» auftreten können. Ohne diese Vereinbarung würden beim Summieren direkt aufeinanderfolgender Perioden bedeutungslose künstliche Maxima auftreten, die aber bloß dadurch verursacht wären, daß man die Grenzjahre dann beiden Intervallen zurechnet. Zusammen mit der erwähnten Normierung ist damit die Verteilung $h_n(T)$ vollständig bestimmt. Diese Konstruktion der zeitlichen Prägewahrscheinlichkeit erfolgt nun (unter Berücksichtigung der Münzzahlen z) analog für alle Fundmünzen (bzw. Datierungen n).

Zur Bestimmung der totalen empirischen Fundhäufigkeit H in Funktion der Prägezeit ist nun einfach über alle Funde aus dem Theater ($n = 101, 102, \ldots$) bzw. dem Vicus ($n = 201, 202, \ldots$) zu summieren, d. h. man bildet

$$H\,1(T) = \sum_{n=101}^{127} Z(n) \cdot h_n(T)$$

$$\text{bzw.} \quad H\,2(T) = \sum_{n=201}^{266} Z(n) \cdot h_n(T) \tag{11}$$

für Theater oder Vicus. Ein Ausschnitt aus diesen beiden Häufigkeitsverteilungen (für die Jahre 100 bis 180) ist in den Fig. 6 und 7 dargestellt.

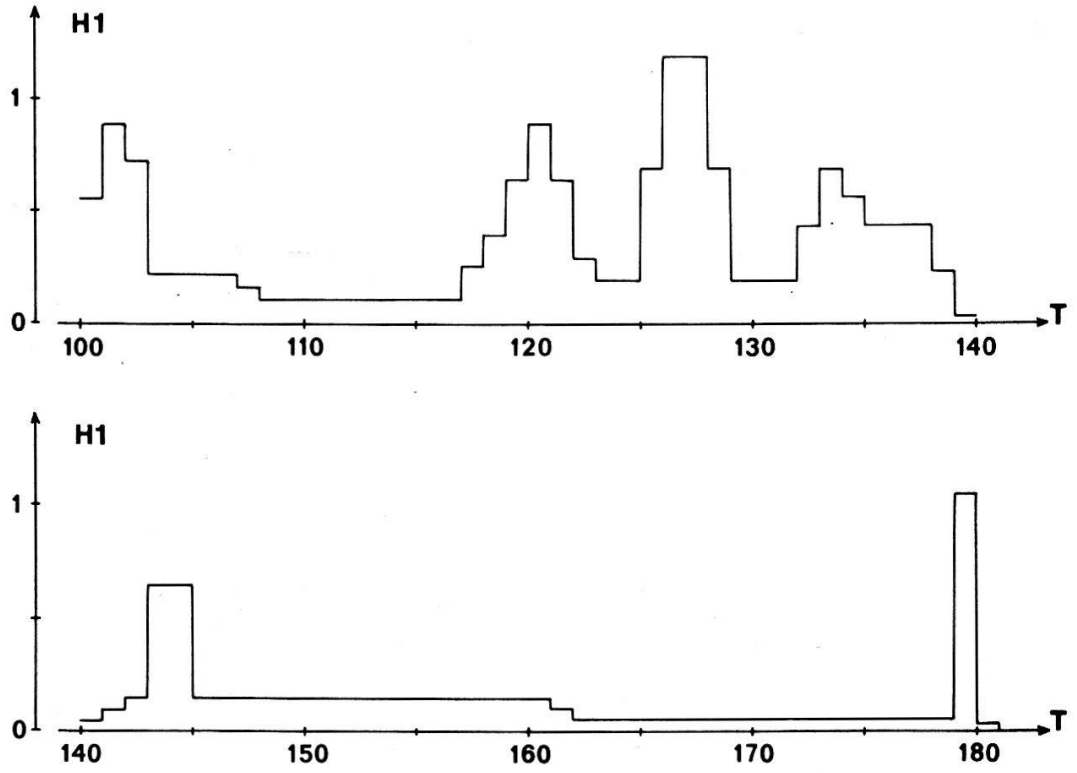

Fig. 6: Empirische Münzfundhäufigkeit $H\,1\,(T)$ für das Theater Lenzburg (Ausschnitt)

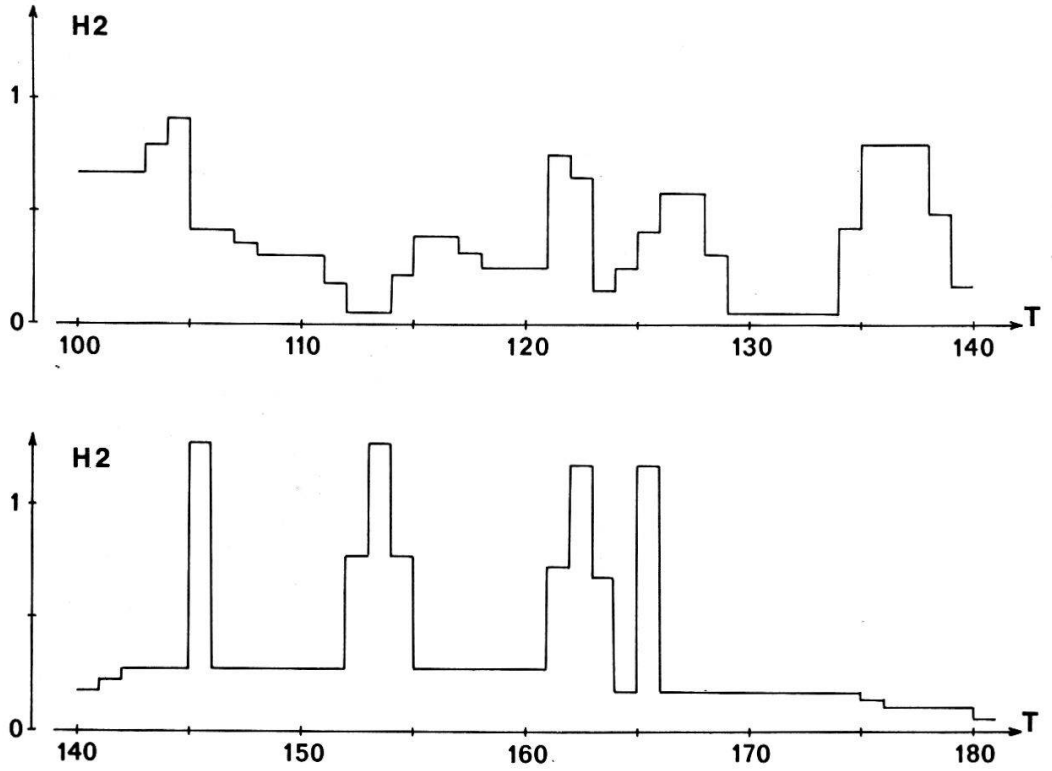

Fig. 7: Empirische Münzfundhäufigkeit $H\,2\,(T)$ für den Vicus Lenzburg (Ausschnitt)

Da aber bei den wenigsten Münzen die Prägezeit aufs Jahr genau bekannt ist, besteht zwischen den Häufigkeiten $H(T)$ aufeinanderfolgender Jahre gewöhnlich eine starke gegenseitige Abhängigkeit. Um diese zu vermindern und gleichzeitig die Zahl der entsprechenden Fundmünzen zur Verbesserung der Genauigkeit zu vergrößern, empfiehlt es sich, vor der Bildung der experimentellen Verhältnisse V die Größen H über ein gewisses *Zeitintervall* L (z. B. 10 Jahre) zu mitteln. Dies läßt sich formelmäßig etwa für die Theaterfunde wie folgt ausdrücken [6]

$$H1(T)_L = \sum_{n=101}^{127} \frac{Z(n)}{D(n)} \cdot \sum_{j=T-L/2}^{T+L/2} X_j(n). \qquad (12)$$

Dabei bedeuten

– für $E(n) > A(n)$: $D(n) = 1$ und
$X_j(n) = 1$,

– für $E(n) > A(n)$: $D(n) = E(n) - A(n)$ und

$$X_j(n) = \begin{cases} 1 & \text{für «Innenjahre»} \\ 1/2 & \text{für «Randjahre»} \\ 0 & \text{außerhalb Prägeintervall.} \end{cases}$$

Analoges wäre zur entsprechenden Verteilung $H2(T)_L$ für den Vicus zu sagen. Die Größen $Z(n)$, $A(n)$ und $E(n)$ sind durch die Funddatierungen gegeben (Tab. 1 und 2).

Die in den obigen Formeln enthaltenen Definitionen für D und X mögen zunächst recht künstlich und daher wenig zwingend scheinen; sie sind aber (bis auf äquivalente Formulierungen) eine natürliche Folge der früher vereinbarten Interpretation des Prägeintervalls. Dabei sorgt insbesondere der Faktor X für die halbe Zählung der Endpunkte A und E und die Begrenzung des Zeitintervalls, über welches die Summierung zu erstrecken ist. Der in Tab. 3 enthaltene Ausschnitt aus einer Liste der gemittelten Fundhäufigkeiten H möge die Verhältnisse für Theater und Vicus numerisch illustrieren. Die empirischen Fundverhältnisse sind jetzt leicht durch

$$V(T)_L = H1(T)_L \,/\, H2(T)_L \qquad (13)$$

zu bestimmen. Auf die Berechnung der dazugehörigen Schätzungen für die mittleren Fehler m_v wird im Abschnitt 4 eingetreten. Graphische Darstellungen der Verhältnisse $V(T)_L$ für das Lenzburger Theater mit Mittelungen über $L = 5$ und 20 Jahre finden sich in den Fig. 8 und 9. Dabei ist zu beachten, daß infolge teilweiser Überschneidung der Zeitintervalle (vgl. Tab. 3) nur Resultate mit einem Abstand von mindestens L Jahren voneinander (annähernd) unabhängig sind. Dies wird in Fig. 9

[6] Die genaue Fallunterscheidung, die im folgenden für gerade und ungerade Werte für L nötig wäre, soll hier bei der Beschreibung als unwesentliche rechentechnische Komplikation übergangen werden. Für die wirklich verwendeten Summationsbereiche vgl. zum Beispiel Tab. 3.

Tab. 3: Häufigkeit der Fundmünzen aus Theater (H 1) und Vicus (H 2) pro Prägejahr bei einer Mittelung über L Jahre. V_L gibt deren Verhältnis und m_v den dazugehörigen mittleren Fehler an (Tabellenausschnitt für die Jahre T = 80 bis 120)

T	L	Intervall	$H1_L$	$H2_L$	V_L	m_v
...						...
80	5	78– 82	2,17	4,08	0,53	0,35
	10	75– 84	3,81	6,53	0,58	0,30
	20	70– 89	9,21	14,06	0,66	0,26
85	5	83– 87	4,04	1,54	2,62	2,10
	10	80– 89	6,57	6,21	1,06	0,54
	20	75– 94	9,88	13,37	0,74	0,29
90	5	88– 92	2,04	5,42	0,38	0,21
	10	85– 94	6,07	6,83	0,89	0,46
	20	80– 99	10,05	15,50	0,65	0,25
95	5	93– 97	1,43	4,29	0,33	0,20
	10	90– 99	3,47	9,29	0,37	0,17
	20	85–104	10,09	16,40	0,62	0,23
100	5	98–102	2,97	3,74	0,80	0,56
	10	95–104	4,02	9,56	0,42	0,22
	20	90–109	6,86	14,77	0,46	0,19
105	5	103–107	1,03	2,89	0,36	0,28
	10	100–109	3,39	5,48	0,62	0,37
	20	95–114	5,35	12,16	0,44	0,22
110	5	108–112	0,53	1,14	0,46	0,43
	10	105–114	1,33	2,60	0,51	0,40
	20	100–119	5,40	7,87	0,69	0,34
115	5	113–117	0,67	1,36	0,49	0,45
	10	110–119	2,02	2,39	0,84	0,55
	20	105–124	5,02	6,22	0,81	0,42
120	5	118–122	2,85	2,14	1,33	1,08
	10	115–124	3,69	3,62	1,02	0,65
	20	110–129	8,17	6,36	1,28	0,63
...						...

durch verschiedene Bezeichnungen für die Mittelwerte graphisch anzudeuten versucht.

Bevor der eigentliche *Vergleich* zwischen empirischem Befund und theoretischer Vorhersage möglich ist, der uns dann die Benutzungsdauer des Theaters zu bestimmen gestattet, sind aber noch zwei *Korrekturen* vorzunehmen. Diese tragen der Tatsache Rechnung, daß

a) die Mittelung der Funddaten über ein Zeintintervall L und

b) unsere unsichere Kenntnis der Prägedaten

beide die empirische Kurvenform etwas verbreitern und abflachen. Diese Einflüsse

lassen sich – wie hier nicht näher begründet werden soll – dadurch berücksichtigen, daß die in (2) definierten Standardverteilungen $S_x(T)$ mit einer Rechtecksverteilung $R(T)$ der Breite L und mit einer gleichschenkligen Dreiecksverteilung $D(T)$ mit der Basisbreite B (etwa 25 Jahre) gefaltet werden, weil dies genähert den Unsicherheiten der einzelnen Prägedaten entspricht. Mit der früher definierten symbolischen Schreibweise läßt sich dies formal auch dadurch ausdrücken, daß wir jetzt in (6) die theoretischen Verhältnisse

$$V(T) \quad \text{ersetzen durch} \quad V(T)_L = \frac{S_1(T) * R(T) * D(T)}{S_2(T) * R(T) * D(T)}, \tag{14}$$

wobei[7]

$$R(T) = \begin{cases} 1/L & \text{für} \quad |T| < L/2 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

und

$$D(T) = \begin{cases} 2 \cdot |T - B/2| / B & \text{für} \quad |T| < B/2 \\ 0 & \text{sonst.} \end{cases}$$

Wegen der zweiten Faltung mit der Funktion $D(T)$, die eine Halbwertsbreite von gut 10 Jahren aufweist und durch unsere begrenzte Kenntnis der wahren Präge- bzw. Emissionsdaten bedingt ist – also zurzeit nicht verbessert werden kann –, hat es wenig Sinn, die erste Mittelung über ein wesentlich kürzeres Intervall vorzunehmen, da der Gewinn an zeitlicher «Auflösung» nur scheinbar wäre. Die Darstellung in Fig. 8 mit einer Mittelung über nur 5 Jahre ist daher mit diesem Vorbehalt aufzunehmen. Beim endgültigen Vergleich (Fig. 9) wird eine Intervallbreite von $L = 20$ Jahren vorgezogen.

4. *Statistische Fehler der empirischen Daten*

Ein entscheidender Punkt bei jedem Vergleich zwischen Theorie und Experiment ist die Frage nach der *Genauigkeit,* auf welche die entsprechenden Größen Anspruch erheben können. Während es auf Seite der Theorie vorkommen kann, daß gewisse Rechnungen (natürlich immer im Rahmen des gewählten Modells) nur genähert durchführbar sind – was hier der einfachen Formeln wegen allerdings nicht zutrifft –, sind die experimentellen Daten in jedem Falle mit *Zufallsfehlern* behaftet, da sie in gewissem Sinne ja als Stichproben aus einer großen Gesamtheit zu betrachten sind. Eine *Fehlerabschätzung,* die zumindest einen größenordnungsmäßigen Aufschluß über die erreichbare Genauigkeit geben sollte, ist daher eine unerläßliche Voraussetzung für jede statistische Interpretation empirischer Daten. Diese Tatsache pflegt leider gerade bei numismatischen Anwendungen gerne übersehen zu werden (z. B. [8]).

[7] Wie schon früher wollen wir auch hier der Einfachheit halber alle Verteilungen als kontinuierlich annehmen; bei der numerischen Rechnung muß der diskrete Charakter natürlich berücksichtigt werden.

Für die in (12) definierten mittleren Fundzahlen pro Prägejahr läßt sich abgekürzt auch schreiben

$$H(T)_L = \sum_n Z(n) \cdot K(n), \tag{15}$$

wobei

$$K(n) = \frac{1}{D(n)} \cdot \sum_j X_j(n) \leq 1$$

für jede Datierung n eine von $Z(n)$ unabhängige Konstante bezeichnet. Nimmt man für die Fundzahlen $Z(n)$ eine sogenannte Poissonverteilung an, was naheliegend und wohl auch eine gute Näherung ist, so erhält man für die Varianz von $H(T)_L$ bei unabhängigen Fundzahlen sofort die Abschätzung

$$m_H^2 = \sum_n (m_z \cdot K)^2 = \sum_n Z(n) \cdot K(n)^2, \tag{16}$$

weil dann ja für die Streuung von $Z(n)$ die Beziehung $m_z = \sqrt{Z}$ gilt. Damit ergibt sich aber nach ein paar einfachen Umformungen für den gesuchten mittleren Fehler des empirischen Verhältnisses $V(T)_L$ aus (13) der Ausdruck

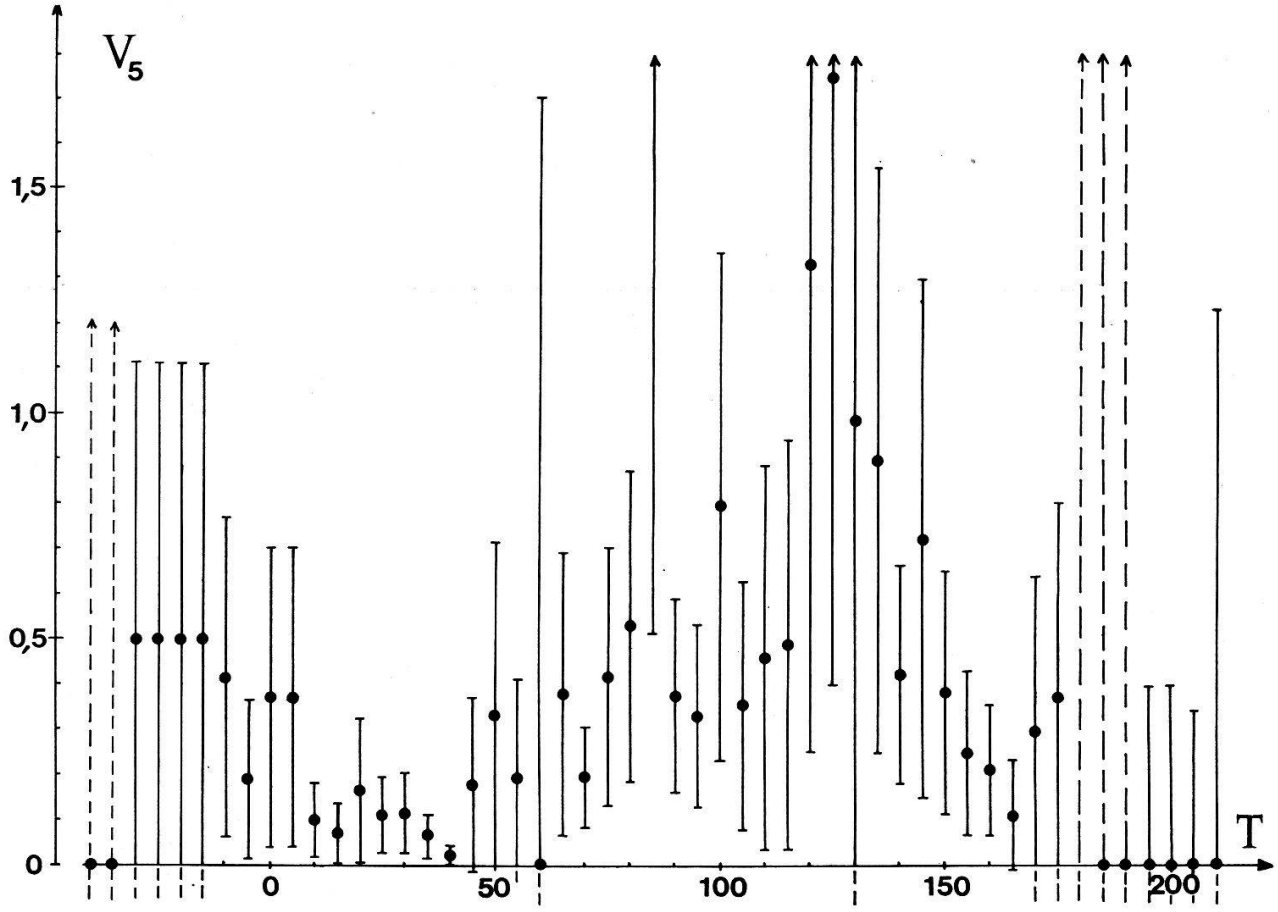

Fig. 8: Empirische Fundverhältnisse $V(T)_5$ für Lenzburg (Mittelung über $L = 5$ Jahre)

$$m_v \cong V_L \cdot \left\{ \frac{1}{(H\,1)^2} \cdot \sum_{n=101}^{127} Z(n) \cdot K(n)^2 + \frac{1}{(H\,2)^2} \cdot \sum_{n=201}^{266} Z(n) \cdot K(n)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} . \quad (17)$$

Alle in Tab. 3 und in den Fig. 8 und 9 angegebenen Fehler sind nach der Beziehung (17) berechnet worden. Eine genauere Rechnung müßte asymmetrische Grenzen liefern, da V ja nicht negativ sein kann, doch schien uns der dafür erforderliche Aufwand nicht gerechtfertigt.

Wegen der verschiedenen Mittelungsprozesse (Faltungen) über die experimentellen Daten ist bei der Interpretation der graphischen Darstellungen Vorsicht geboten. So hat zum Beispiel das «Ausglätten» der Mittelwerte in Fig. 9 durch eine stärkere Abhängigkeit (Korrelation) benachbarter Meßpunkte «erkauft» werden müssen. Analoges gilt für die Fehlergrenzen.

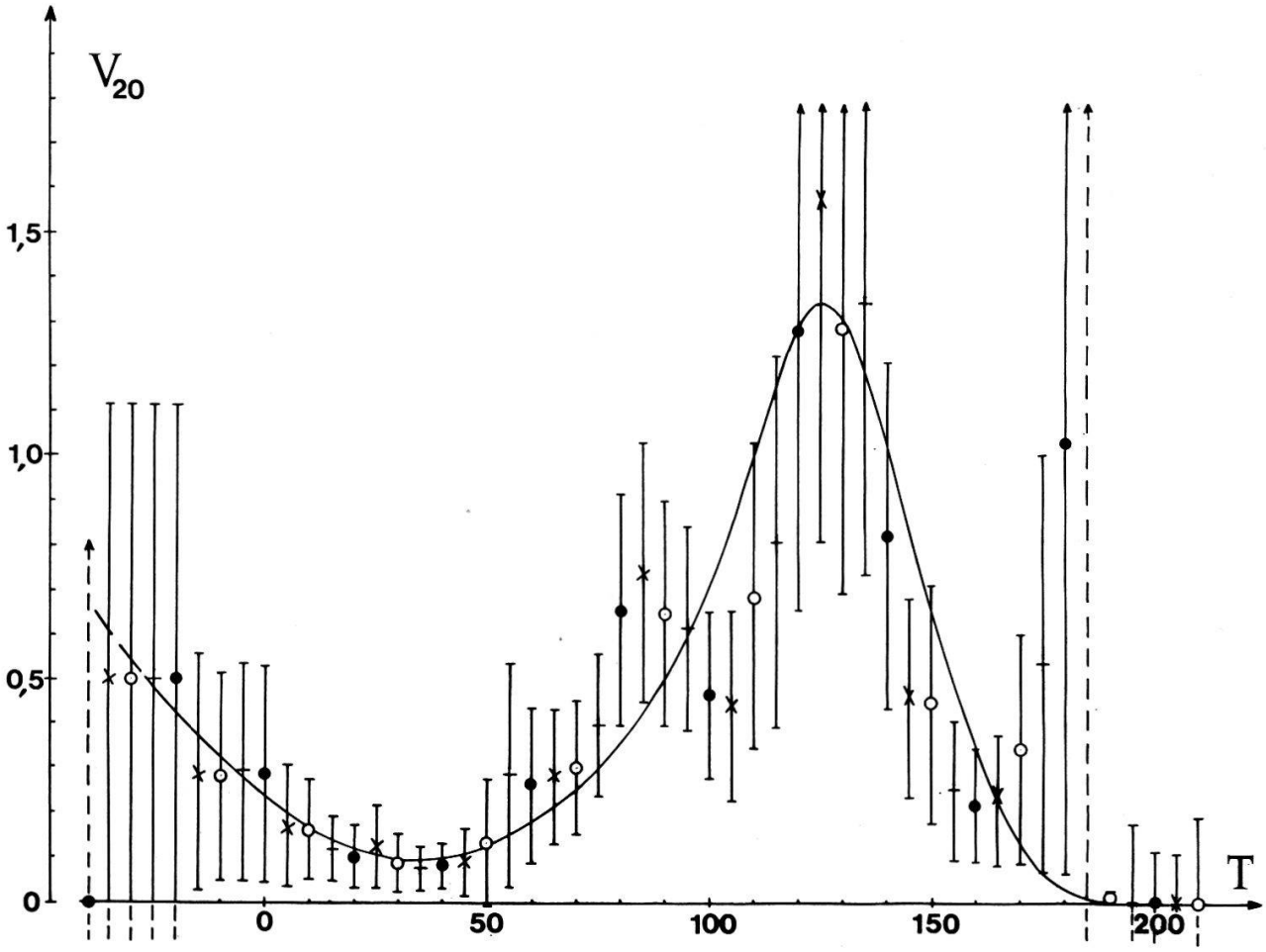

Fig. 9: Vergleich der theoretischen und empirischen Fundverhältnisse $V(T)_{20}$ zur Datierung des Lenzburger Theaters (Mittelung über 20 Jahre)
Die Berechnung der Kurve ist im Text erläutert

5. *Datierungsresultate*

Aus dem Verlauf der empirischen Verteilungskurve für V (Fig. 8 oder 9) zwischen ihrem Maximum und dem Abfall für spätere Jahre folgt durch Vergleich mit theoretischen Kurvenformen (vgl. Fig. 1 bis 3), daß der effektiven Besiedlungsdichte des Theaters am besten eine Verteilung gerecht wird, welche einen deutlichen *zeitlichen Abfall* (etwa wie unser Modelltyp D^-) zeigt. Alle andern Verteilungen, insbesondere auch eine gleichmäßige Dichte vom Typ R, ergäben für V Formen, welche im Widerspruch zum empirischen Befund stehen würden. Damit können aber die in erster Linie gesuchten *Grenzdaten,* nämlich Anfangs- und Endpunkt der Theaterbenutzung (A 1 und E 1), leicht direkt der empirischen Verhältniskurve $V(T)_L$ entnommen werden (Fig. 8 oder 9), da sie dem Zeitpunkt des Maximums bzw. dem «oberen» Abfall der Kurve auf den Wert Null entsprechen.

Wesentlich schwieriger ist es, die ungefähre *Genauigkeit* dieser Datierung festzustellen. Diese ist nämlich nicht allein durch die statistischen Fehler in den empirischen Fundverhältnissen V begrenzt, sondern hängt auch von weiteren Hilfsgrößen ab, wie etwa der angenommenen mittleren Münzumlaufsdauer und dem Besiedlungsanfang für den Vicus Lenzburg. Natürlich spielen dabei auch die gemachten Modellannahmen über den ungefähren Verlauf der «Besiedlungsdichten» für das Theater und – in geringerem Maße – für den Vicus eine Rolle. Angesichts dieser komplizierten Situation entschieden wir uns, durch Variation der verschiedenen Parameter numerisch deren Einfluß auf die theoretische Verhältniskurve zu bestimmen. Daraus läßt sich dann der mögliche Fehler bei Anfangs- und Endpunkt der Theaterbenutzung abschätzen.

Aus einer größeren Anzahl solcher «variierter» Vergleichskurven, die hier aus Platzgründen nicht reproduziert werden können, zeigt sich, daß den verwendeten Fundmünzen folgende *zeitliche Information* entnommen werden kann (jeweils wahrscheinlichster Wert und geschätzter mittlerer Fehler)

a) *Theater Lenzburg*

Benutzungsanfang:	A 1	=	=	(125 ± 10) n. Chr.,
Benutzungsende:	E 1	=	=	(180 ± 20) n. Chr.,
mittlere Münzumlaufsdauer [8]:	$1/r_1$	≅	≅	30 (± 15) Jahre.

Gegen das Ende der rund 50jährigen Benutzungsdauer scheint der Theaterbesuch stark zurückgegangen zu sein.

[8] Vgl. die Diskussion in Abschnitt 6.

b) *Vicus Lenzburg*

Als Nebenergebnis dieser Untersuchung folgt für den Vicus

Besiedlungsanfang: $A2 = (35 \pm 15)$ n. Chr.,
mittlere Münzumlaufsdauer [8]: $1/r_2 \cong 15\ (\pm 15)$ Jahre.

Das Besiedlungsende [9] des Vicus ist mit der oben skizzierten Datierungsmethode aus den verwendeten Münzen nicht bestimmbar, weil die Vergleichsfunde aus dem Theater schon ums Jahr 180 abbrechen. Auch über dessen zeitliche Besiedlungsdichte – die für die Rechnung der Einfachheit halber als konstant angenommen wurde – ließe sich erst auf Grund eines neuen, unabhängigen Vergleichs mit Münzfunden eines andern Ortes Genaueres aussagen.

Die hier eingeführte statistische Datierungsmethode von Besiedlungen eignet sich naturgemäß vor allem für Ausgrabungen aus römischer Zeit mit ihren meist gut datierbaren und oft reichlichen Münzfunden. Das durchgerechnete Anwendungsbeispiel der Fundmünzen aus dem Lenzburger Theater läßt erkennen, daß sie für praktische Problemstellungen schon bei mäßigen Fundzahlen überraschend genaue Resultate liefern kann. Wenn man bedenkt, daß die bestimmbaren 41 Münzen, deren Prägedaten sich über einen Zeitraum von rund 200 Jahren erstrecken und jeweils nur mit einer mittleren Genauigkeit von etwa ± 6 Jahren bekannt sind, bloß 27 unabhängige Datierungen liefern (vgl. Tab. 1), so zeigen die daraus abgeleiteten Besiedlungsdaten, daß die in den Funden enthaltene Zeitinformation offenbar recht gut erfaßt wird.

Der Vollständigkeit halber seien hier noch die Parameter angegeben, welche der Berechnung der in Fig. 9 eingetragenen «besten» theoretischen Vergleichskurve zugrundegelegt worden sind (für Jahr als Zeiteinheit):

Theater: $A1 = 125$, $E1 = 180$, $r_1 = 0{,}035$
Vicus: $A2 = 35$, $E2 = 255$, $r_2 = 0{,}060$,

ferner (vgl. (4) und (9)): $B_1(t) \sim R(t)$
$B_2(t) \sim D^-(t)$

6. *Diskussion*

Ein Blick auf Fig. 9 zeigt beim Vergleich der empirischen Daten mit der ausgezogenen Kurve in zwei Bereichen eine größere *Abweichung,* die eine Erklärung verlangt, nämlich die Jahre um $T = 85$ und der Zeitraum nach etwa 170. Die Tab. 1 und 2 zeigen die Gründe dafür leicht auf. Es sind nämlich zwei genau datierbare Fundmünzen ($n = 111$ und 112) mit den Prägejahren 85 und 87, die für das dort auftretende Maximum in V verantwortlich sind. Während sich dieses in Fig. 8 (oder

[9] Ein Ende um 250 oder 260, wie es aus den Schlußmünzen der verschiedenen Grabungen gefolgert worden ist (vermutlich «einige Jahre vor 260») [5], darf wohl als gesichert gelten.

Tab. 3) noch klar als Einzelabweichung zu erkennen gibt, täuscht die Mittelung über 20 Jahre in Fig. 9 einen Kurvenverlauf vor, der in Wirklichkeit nur durch die früher erwähnte Korrelation bedingt ist. Ähnlich verhält es sich beim Besiedlungsende, wo der scheinbare Wiederanstieg des Verhältnisses V sogar durch einen einzigen (zufällig genau datierten) Fund aus dem Theater – der Schlußmünze vom Jahre 179 ($n = 127$)[10] – hervorgerufen wird, was übrigens auch Fig. 5 bestätigen kann. Ein sorgfältiger Vergleich gestattet sogar gelegentlich, Unregelmäßigkeiten im Verlauf des Verhältnisses V aufzufinden, die durch zufällige Häufung exakter Prägedaten aus dem Vicus verursacht sind.

Ein interessantes Phänomen beginnt sich bei den Jahren 30 bis 40 abzuzeichnen. Anstatt auf einem konstanten Wert zu bleiben, wie man eigentlich erwarten würde, scheint das empirische Verhältnis $V(T)$ für frühere Jahre wieder zuzunehmen. Der Anstieg ist bis etwa -30 gut zu verfolgen; Münzen mit früheren Prägedaten sind im Theater nicht gefunden worden. Wie eine Analyse zeigt, läßt diese Erscheinung im Rahmen unseres Modells aber nur eine einzige Erklärung zu: daß nämlich den im Theater und im Vicus verlorengegangenen Münzen *nicht* dieselbe mittlere Umlaufsdauer zugeschrieben werden kann. Diese wohl etwas überraschende Schlußfolgerung, der wir aber kaum ausweichen können, wenn wir den empirischen Kurvenverlauf unterhalb etwa $T = 50$ als gesichert annehmen[11], scheint zu zeigen, daß die Masse der Theaterbesucher nicht mit den Bewohnern des Vicus identisch war. Aus dem empirischen Verhältnis $r_1/r_2 \cong 0{,}6$ folgt, daß die mittlere Umlaufsdauer der Münzen aus dem Theater als fast doppelt so lange angenommen werden muß wie bei den Funden aus dem Vicus. Vielleicht könnte dies auf vorwiegend ländliche Besucher aus der näheren oder weiteren Umgebung hinweisen – in Vindonissa scheinen ja zwischen etwa den Jahren 100 und 260 keine Truppen gelegen zu haben –, während die Vicusfunde dann vorwiegend den Münzumlauf bei ortsansässigen Händlern und Gewerbetreibenden widerspiegeln. Mag dies zurzeit auch der einleuchtendste Erklärungsversuch sein, so ist er doch zumindest so lange noch mit Vorsicht aufzunehmen, als unabhängige Indizien für diese Deutung fehlen.

Was immer aber auch der genaue Grund für die wohl ungleichen Umlaufszeiten sein mag, so muß das Minimum des empirischen Verhältnisses V bei $T = 30$ oder 40 jedenfalls als *Besiedlungsanfang des Vicus* interpretiert werden. Dieses Ergebnis stimmt übrigens gut mit der bisherigen archäologischen Datierung überein. Während nämlich die Keramikfunde von 1933/34 den Schluß zuließen, «daß der Platz von etwa 50 n. Chr. bis etwa 250 n. Chr. gleichmäßig besiedelt gewesen sei» [10],

[10] Gerade bei dieser Münze möchte man zum Beispiel gerne wissen, ob sie etwa mit der im Grabungsbericht erwähnten «schmalen Steinsetzung aus Geröllsteinen, die ... stellenweise über den Theatermauern liegt» [9] in Zusammenhang steht. Die Angabe «Streufund» läßt aber leider die Frage unbeantwortet.

[11] Dabei darf allerdings nicht übersehen werden, daß dieser Anstieg allein durch die ältesten zwei oder drei Fundmünzen aus dem Theater (besonders $n = 101$) verursacht wird. Ein Zweifel an der Realität der Erscheinung bleibt daher bestehen.

nahm Doppler auf Grund der etwa 120 Fundmünzen der Grabung von 1963/64 «als ziemlich wahrscheinlich» an, «daß Lenzburg in tiberischer Zeit als Straßensiedlung angelegt, dann unter Claudius und in den folgenden Jahren stärker ausgebaut wurde» [5].

Weniger gut stimmt unsere neue *Theaterdatierung* mit der bisherigen Ansicht über die Benutzungszeit überein. Der einzige ernsthafte Datierungsversuch, von dem wir Kenntnis haben, beruht aber auf denselben 41 Fundmünzen aus dem Theaterareal, die wir hier auch unserer Analyse zugrundelegen. Dazu schreibt Doppler [6] u. a.: «... die Erbauung des Theaters fällt ... in die zweite Hälfte des 1. Jahrhunderts. ... Die Münzreihe endet mit Prägungen der antoninischen Kaiser. In dieser Zeit wird wohl die Benützung des Theaters zu Ende gegangen sein, also nur wenige Jahrzehnte, bevor auch die zugehörige Siedlung verlassen wurde.» Im Ausgrabungsbericht [9] steht zu diesem Thema leicht variiert zu lesen: «Die Münzreihe ergibt, daß das Theater erst nach der Mitte des 1. Jahrhunderts n. Chr. erbaut worden sein dürfte, als ein Teil des Vicus von Lenzburg schon bestand. Im letzten Viertel des 1. und in der ersten Hälfte des 2. Jahrhunderts war offenbar die Blütezeit des Theaters, während wir für seine Benützung im 3. Jahrhundert vorläufig keine Zeugnisse haben.» Man ist daher etwas überrascht, wenn in einem andern Zusammenhang im selben Jahresbericht festgestellt wird [11]: «Die archäologische Untersuchung nimmt für den Theaterbau die Zeit 60–70 n. Chr. an.» Wir wissen nicht, ob sich diese Angabe auf neues Material stützen kann; sie steht jedenfalls in deutlichem Gegensatz zu unserer um rund 60 Jahre späteren Datierung an Hand der Münzen. Da aber in dem wohl noch provisorischen Ausgrabungsbericht [9] weder von festgestellten Umbauten noch von einer allfälligen Brandschicht die Rede ist, scheinen vorläufig von archäologischer Seite kaum Bedenken gegen eine kurze Benutzungsdauer des Theaters und dessen abfallende Besucherfrequenz zu bestehen. Im übrigen wird man detailliertere Berichte und die Analyse der Keramikfunde abwarten müssen.

7. *Ausblick*

Die hier vorgeschlagene Datierungsmethode mit Hilfe der Fundmünzen stützt sich u. a. auf eine Reihe von Annahmen, die in den Abschnitten 2 und 3 erläutert worden sind. Diese Vereinfachungen sind entweder mangels detaillierterer Kenntnisse, oder aber der rechentechnischen Bequemlichkeit halber gemacht worden. Beide Begründungen sind also nicht sehr stichhaltig, und ein Teil dieser Annahmen wird daher gewiß mit der Zeit modifiziert oder durch ein verfeinertes Modell ersetzt werden müssen. Was und wie dabei geändert werden soll, können uns aber im einzelnen wohl erst die Erfahrungen weiterer Datierungen zeigen, die sich mit Vorteil auf möglichst verschiedenartiges Fundmaterial erstrecken sollten. Von den eventuellen *Abänderungen,* an die man dabei zuerst denken wird, seien nur stichwortartig etwa erwähnt

- Abhängigkeit der mittleren Umlaufsdauer vom Prägedatum,
- getrennte Behandlung von Bronze- und Silbergeld,
- Verwendung des Abnutzungsgrades der einzelnen Münzen (z. B. Gewichtsverlust) als Hinweis auf ihre effektive Umlaufsdauer,
- Einführen einer minimalen Prägeunsicherheit (z. B. 10 Jahre), auf welche dann alle genaueren Münzdatierungen symmetrisch zu erweitern wären,
- Modifikation der einfachen Exponentialverteilung für die Umlaufsdichte (verzögerter Beginn, begrenzte Gültigkeitsdauer).

Wegen der großen Flexibilität der numerischen Rechnungen, die infolge ihres Umfanges praktisch ohnehin einem Computer anvertraut werden müssen, wären solche Abänderungen durchaus möglich – nur sollte man dafür präzise Vorschläge machen können. Es liegt auf der Hand, daß alle diese Spezialprobleme aber nicht mit 40 Fundmünzen zu lösen sind. Wir möchten daher mit Nachdruck wünschen, daß alle Ausgräber den Münzen vermehrte Aufmerksamkeit schenken, damit ihre Zahl größer und die Angaben über die genauen Fundlagen detaillierter werden. Möglichst *hohe Fundzahlen* sind bei allen statistischen Untersuchungen eine unbedingte Voraussetzung für sichere Schlußfolgerungen. Ausgrabungen wie diejenige von 1961/63 in Vidy bei Lausanne (H. Bögli), wo 10 bis 20 Mal weniger Münzen gefunden wurden, als man auf Grund früherer Erfahrungen im selben Gebiet hätte erwarten dürfen [12], sollten nicht Schule machen. Zeitnot ist ja oft nur eine schlechte Entschuldigung für mangelnde Planung oder Voraussicht einer verantwortlichen Instanz. Vergessen wir nicht, daß jede Ausgrabung eine einzigartige und – der unvermeidlichen Zerstörung wegen – nicht mehr wiederholbare Möglichkeit bietet, geschichtliche Erkenntnisse zu gewinnen.

Zum Problem der Vergleichsfundzahlen sei hier nur nebenbei bemerkt, daß dieses wohl in nahezu idealer Weise gelöst wäre, wenn uns auch für die Hauptfundgebiete der römischen Schweiz eine möglichst vollständige Zusammenstellung der Münzfunde zur Verfügung stände, wie sie nun etwa mit der kritischen Neuaufnahme der Fundmünzen der römischen Zeit in Deutschland verwirklicht wird. Vorläufig wird man sich aber mit den wenigen längeren und sorgfältig ausgearbeiteten Münzlisten von Fundorten behelfen müssen, bei denen angenommen werden darf, daß sie zum gleichen Münzumlaufsgebiet gehören. Diese Vergleichsfundstellen sollten zudem wenn möglich eine etwas längere Besiedlungsdauer aufweisen, weil sonst der Endpunkt (E 1) unbestimmbar bleibt.

Wir möchten hier nochmals nachdrücklich darauf hinweisen, wie wichtig eine saubere Trennung von Streu- und Hortfunden durch den Ausgräber ist, denn jede Vermischung würde eine statistische Zeitanalyse verunmöglichen bzw. verfälschen. Bei den Lenzburger Münzen kann aus den Fundumständen diese Gefahrenquelle mit Sicherheit ausgeschlossen werden. Auf die bei Depotfunden (Horten, Schätzen) auftretenden chronologischen Probleme, die sich von den hier behandelten wesentlich unterscheiden, kann vielleicht bei späterer Gelegenheit eingetreten werden.

Was nun speziell die Datierung im Falle von *Lenzburg* angeht, so sind weitere Verbesserungen vor allem von einer Erhöhung der Zahl der Fundmünzen zu erwarten. Da das Theater in der Kampagne 1965 erst gut zur Hälfte ausgegraben worden ist [9], darf sicher noch eine wesentliche Vermehrung des Fundbestandes erwartet werden, besonders dann, wenn alles Ausgrabungsmaterial durchgesiebt werden kann. Ebenso sollte sich die Genauigkeit der Theaterdatierung durch Vergrößerung der Zahl der Vergleichsmünzen aus dem Vicus noch etwas verbessern lassen. Hier gilt es zunächst vor allem, die Fundmünzen der *früheren Ausgrabungen* heranzuziehen. Es handelt sich dabei um 84 (davon 25 bisher unbestimmbare) Münzen von 1933/34 [13] und um 12 Exemplare von 1950 [14]. Diesem Bestand könnten wohl auch die in [15] beiläufig erwähnten 8 älteren Funde zugefügt werden, so daß schon so mit gegen hundert weiteren Fundmünzen aus dem Vicus gerechnet werden könnte. Nun sind aber diese Münzen seinerzeit in einer Weise publiziert worden, die den heutigen Ansprüchen nicht mehr genügen kann. Da sie jedoch (außer den ältesten Funden) vollzählig im Heimatmuseum von Lenzburg deponiert sind, ist eine Neubestimmung noch möglich. Wir freuen uns sehr, daß sich Herr Doppler, dem wir schon alle bisherigen Lenzburger Münzbestimmungen verdanken, auf unsere Anregung hin sofort bereit erklärt hat, auch diese zusätzliche Arbeit noch zu übernehmen. – Nach der Schar der sonntäglichen Besucher zu schließen, die wir während der letzten Grabung das Gelände eifrig nach Terra sigillata und andern Kleinfunden absuchen sahen, möchten wir fast mit Sicherheit annehmen, daß sich auch noch Münzstreufunde aus Lenzburg in privaten Sammlungen befinden. Da solche Münzen aber sehr wertvolle Zeitinformation enthalten können, die sonst verloren geht, möchten wir die Besitzer dringend bitten, ihre Exemplare (mit Fundangaben, soweit bekannt) doch für kurze Zeit ebenfalls Herrn Hugo W. Doppler (Badstraße 23, CH - 5400 Baden) zur genauen Bestimmung und Registrierung zuzustellen.

Eine erneute numismatische Datierung des Lenzburger Theaters wird erst angebracht sein, wenn diese Neubestimmungen sowie die Münzfunde aus dem vollständig ausgegrabenen Theaterareal vorliegen.

Verdankungen

Da ich mich schon seit mehreren Jahren – wenn auch mit langen Unterbrüchen – immer wieder mit Problemen der Datierung durch Münzfunde beschäftigt habe, ist es verständlich, wenn mir in dieser Zeit auch von verschiedenen Seiten Anregungen und Hinweise zugegangen sind, für die ich sehr dankbar bin. Daß sie sich bei näherer Prüfung dann zwar meistens als falsch oder undurchführbar herausgestellt haben, ist wohl nicht verwunderlich und ändert vor allem nichts an der Tatsache, daß sie sich gelegentlich als wichtige Zwischenetappen erwiesen haben, die zurückzulegen sicher nicht nutzlos war.

Bei den allerersten Versuchen, die damals noch wenig präzisen Vorstellungen auf diesem neuen Gebiete etwas zu klären, hatte seinerzeit auch mein Studienkollege A. Lippold (Zürich) tatkräftig mitgeholfen. Der plötzliche Hinschied dieses hochbegabten Physikers bei einem Verkehrsunfall beraubte mich nicht nur eines treuen Freundes, sondern auch eines idealen Diskussionspartners. Seine scharfe, doch immer sachliche Kritik habe ich seither oft vermißt. Diese Arbeit sei daher seinem Andenken gewidmet.

Während langer Zeit hat sich dann vor allem Dr. G. Th. Schwarz (Murten), der erfolgreiche Ausgräber von Aventicum, bereitwillig meiner «Datierungssorgen» angenommen. In zum Teil nächtelangen Diskussionen hat er es verstanden, mir die genaue Problemstellung aus der Sicht des Archäologen klarzumachen – und mich damit gelegentlich vor der großen Versuchung bewahrt, formalen Idealisierungen zuliebe dem Boden unangenehmer Fakten allzu leicht zu entschweben. – Daneben war es sein ausgezeichnetes Buch [2], das mich immer wieder von neuem an archäologische Fragen heranführte. – Auch ein Briefwechsel mit Prof. H. Jucker (Bern) über verwandte Probleme soll hier bestens verdankt werden.

Anläßlich eines kurzen Aufenthaltes in der Schweiz hatte ich schließlich vor zwei Monaten noch Gelegenheit zu interessanten Aussprachen über die speziell Lenzburg betreffenden Datierungsprobleme mit dem Kantonsarchäologen Dr. H. R. Wiedemer (Brugg) sowie dem Numismatiker H. W. Doppler, der dabei auch einigen Präzisierungen in den Prägedaten seiner Münzlisten zugestimmt hat, die zu ihrer rechnerischen Erfassung nötig waren. Alle diese Herren wie auch die Kantonsbibliothek in Aarau waren mir überdies behilflich bei der Beschaffung von Literatur, was für einen Außenstehenden ja immer ein Problem ist, – das besonders auch dadurch nicht erleichtert wird, daß den französischen Bibliotheken die Buchausleihe unbekannt ist. Prof. P. J. Huber (Zürich) danke ich bestens für seine kritischen Bemerkungen zu einer früheren Fassung dieser Arbeit, die hier nach Möglichkeit berücksichtigt worden sind.

Konnten die numerischen Rechnungen zuerst noch ohne maschinelle Hilfe durchgeführt werden, so zeigte sich doch bald, daß die vielen Parameterkombinationen die Verwendung eines modernen Elektronenrechners erfordern. Ich bin daher sehr dankbar, daß man mir erlaubt hat, dafür eine Maschine vom Typ IBM 1130 einzusetzen. Die beiden Rechenprogramme zur Bestimmung der empirischen und theoretischen Fundverhältnisse V sind so abgefaßt, daß sie auch leicht zur Auswertung von Funddaten anderer Orte und Zeiten verwendet werden können.

Schließlich bleibe nicht unerwähnt, daß Herr B. Grennberg (Uppsala) – als Resultat vieler Diskussionen – wesentlichen Anteil an der in Abschnitt 6 gegebenen Interpretation der ungleichen mittleren Umlaufsdauern hat, während Herr C. Veyradier (Paris) mir beim Anfertigen der Zeichnungen behilflich war.

BENUTZTE LITERATUR

[1] O. Lüdin, M. Sitterding, R. Steiger: «Ausgrabungen in Augst II – Insula XXIV 1939/59», 85 (Stiftung Pro Augusta Raurica, Basel, 1962)

[2] G. Th. Schwarz: «Archäologen an der Arbeit» (Francke Verlag, Bern, 1965)

[3] K. Kraft: «Das Enddatum des Legionslagers Haltern», Bonner Jahrbücher 155/56, (1955/1956)

[4] J. W. Müller: «Statistische Bestimmung eines Besiedlungsendpunktes aus Münzfunden» (September 1967, unveröffentlicht)

[5] H. W. Doppler: «Die Münzfunde der Grabung Lenzburg-Lindfeld 1963/64», Schweizer Münzblätter *16*, 73 (1966)

[6] H. W. Doppler: «Die Münzfunde aus dem Theaterareal», Jahresbericht 1966 der Gesellschaft Pro Vindonissa, 48 (Vindonissa-Museum, Brugg, 1967)

[7] H. R. Wiedemer: «Die Ausgrabungen in der römischen Siedlung auf dem Lindfeld bei Lenzburg», Jahresbericht 1964 der Gesellschaft Pro Vindonissa, 51 (Vindonissa-Museum, Brugg, 1965), sowie: «Bemerkungen zur Entdeckungs- und Baugeschichte», Jahresbericht 1966 der Gesellschaft Pro Vindonissa, 32 (Vindonissa-Museum, Brugg, 1967)

[8] L. Brunetti: «Aspetti Statistici della Metanumismatica» (P. & P. Santamaria, Roma, 1963)

[9] T. Tomašević: «Bericht über die Untersuchungen von 1965», Jahresbericht 1966 der Gesellschaft Pro Vindonissa, 38 (Vindonissa-Museum, Brugg, 1967)

[10] Ch. Simonett: «Die Keramik der Römersiedlung bei Lenzburg», Lenzburger Neujahrsblätter 1936, 43

[11] E. Schmid: «Eine Pferdebestattung unter dem römischen Theater von Lenzburg», Jahresbericht 1966 der Gesellschaft Pro Vindonissa, 45 (Vindonissa-Museum, Brugg, 1967)

[12] C. Martin: «Lousanna: II. Les Monnaies», Revue Historique Vaudoise *73*, 113 (1965)

[13] P. Ammann: «Die römische Siedlung im Lindfeld bei Lenzburg», Lenzburger Neujahrsblätter 1936, 27

[14] W. Drack: Die Ausgrabungen in Lenzburg-Lindfeld im Jahre 1950», Lenzburger Neujahrsblätter 1952, 42

[15] R. Laur: «Römisches aus Lenzburg», Lenzburger Neujahrsblätter 1935, 28

Paris, 30. Mai 1968

Für die großzügige Hilfe bei der Drucklegung bin ich Herrn Dr. L. Mildenberg (Zürich), dem Redaktor dieser Rundschau, sehr verbunden. Auch der Buchdruckerei Paul Haupt AG, Bern, gebührt Anerkennung für die große Geduld, die sie dem zum Teil etwas ungewohnten Satz (wie auch dem Autor) gegenüber gezeigt hat. –