

# Chemische Analyse von 40 Scherben der Grabungen beim Augster Osttor im Jahre 1966

Autor(en): **Jornet, Albert / Maggetti, Marino**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Jahresberichte aus Augst und Kaiseraugst**

Band (Jahr): **5 (1985)**

PDF erstellt am: **18.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-395432>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Chemische Analyse von 40 Scherben der Grabungen beim Augster Osttor im Jahre 1966

Albert Jornet und Marino Maggetti\*

*Zusammenfassung:* Die 40 untersuchten Scherben der Grabung Osttor bilden eine chemisch homogene Gruppe. Es konnten keine gruppenfremden Stücke nachgewiesen werden. Die Proben wurden alle aus einem ähnlichen Material hergestellt. Die Zusammenschau der bisher vorgelegten (Jornet 1982) und der hier diskutierten neuen chemischen Analysen erlaubt die Definition von drei feinkeramischen Referenzgruppen aus Augst, die mit der Diskriminanzanalyse gut zu trennen sind.

*Abstract:* Chemical analysis of 40 sherds excavated in the Osttor area reveal the homogeneity of the studied group. Foreign members to the group could not be identified. The samples were produced from a similar raw material and very probably at the same workshop. On the basis of these new data along with the previous ones (Jornet 1982), three reference groups of fine ceramic from Augst can be identified. Discriminant analysis allows for the distinction among them.

\* Mineralogisch-Petrographisches Institut der Universität, Pérolles, CH-1700 Freiburg  
(Beitrag zu: Ludwig Berger mit Arbeitsgruppe des Seminars für Ur- und Frühgeschichte der Universität Basel, Die Grabungen beim Augster Osttor im Jahre 1966, Jahresberichte aus Augst und Kaiseraugst 5, 1985).

## 1. Einleitung

Die römische Feinkeramik von Augst war schon Gegenstand naturwissenschaftlicher Forschung (Alexander 1975, Jornet 1980, 1982, Jornet und Maggetti 1983). Jornet befasste sich besonders intensiv mit der Produktion der Zentren Kurzenbettli und Venusstrasse Ost (Abb. 1). Dabei stellte sich heraus, dass die keramische Produktion dieser Töpfereien zwei chemischen Referenzgruppen zugeordnet werden kann, einer CaO-armen Hauptgruppe (Augst A, gesichert lokal, da mit Fehlbränden) und einer CaO-reichen Nebengruppe (Augst B, nicht gesichert lokal, da ohne Fehlbrände).

In vorliegender Arbeit stellen wir die Resultate der chemischen Analysen am Material eines weiteren Töpferateliers, demjenigen des Osttors vor (Abb. 1). Die archäologische Bearbeitung erfolgt durch L. Berger (1985).

In dieser Untersuchung ging es um folgende Probleme:

- 1 Bilden die analysierten 40 Proben eine homogene Gruppe oder gibt es Ausreisser?  
Diese Frage ist insofern von Wichtigkeit, als einige Stücke aus archäologischer Sicht von fraglicher bzw. nicht gesicherter lokaler Herkunft sind (Tab. 1).
- 2 Kann eine chemische Referenzgruppe «Augst-Osttor» definiert werden?
- 3 Unterscheidet sich die Osttorware chemisch von den Produktionen Kurzenbettli und Venusstrasse Ost? D. h. wurden in den verschiedenen Ateliers chemisch anders zusammengesetzte Tone verwendet?

Das Probenmaterial ist in Tab. 1 aufgelistet. Dabei kommt dem Brennstander Nr. 135 eine ganz besondere Bedeutung zu; dieser muss unserer Meinung nach aus lokalem Ton gefertigt worden sein und spielt demnach bei der nun folgenden Diskussion eine entscheidende Rolle.

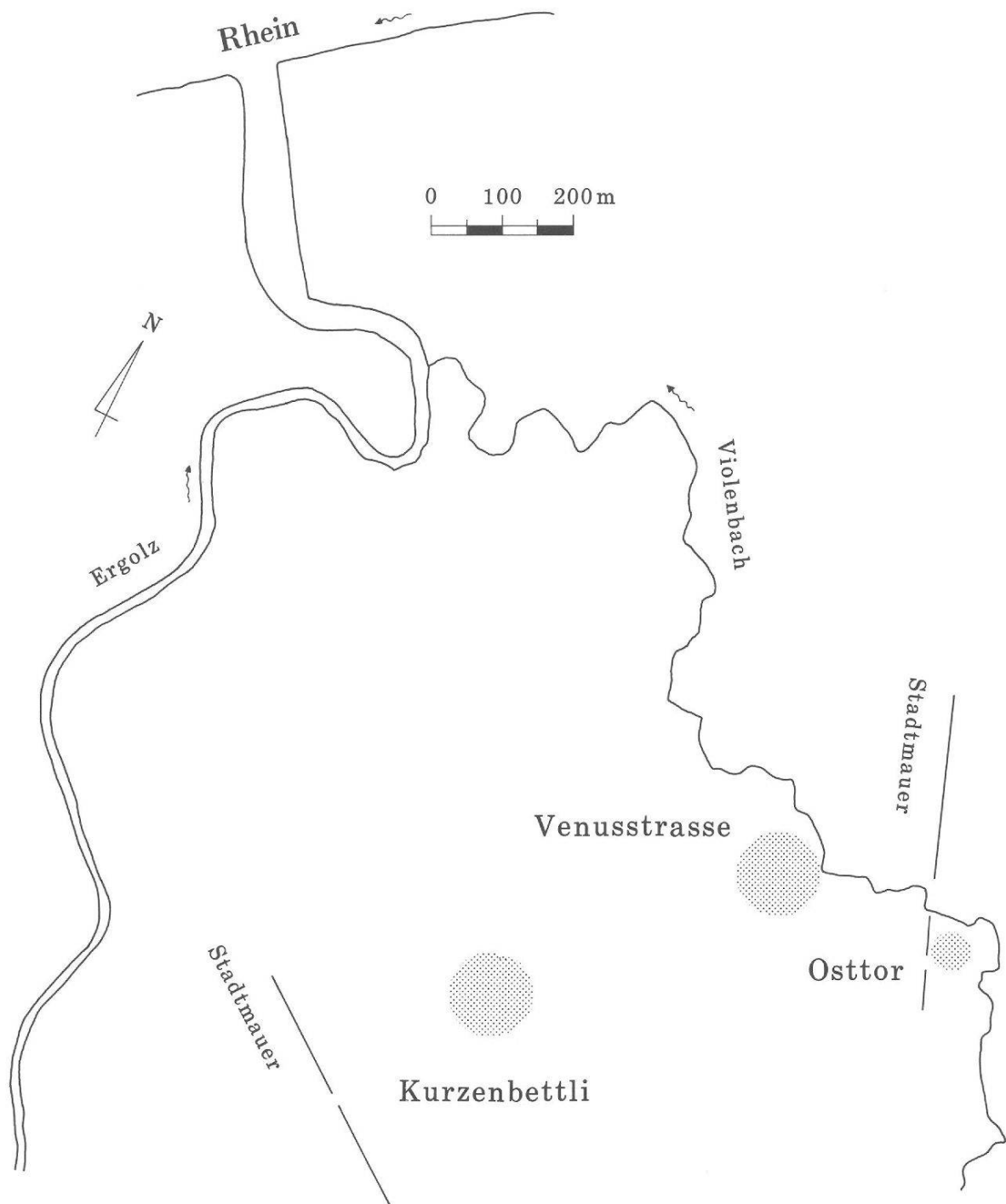


Abb. 1 Lage der besprochenen Töpferwerkstätten Kurzenbettli (1. Jh. n. Chr.), Venusstrasse (2./3. Jh. n. Chr.) und Osttor (1. Jh. n. Chr. und wenig 2./3. Jh. n. Chr.)

Die Untersuchung wurde in zwei Etappen durchgeführt. In einer ersten haben wir 15 Stück von archäologisch gesichert lokaler Provenienz analysiert (Tab. 1: Nr. 96, 97, 98, 103, 104, 109, 110, 111, 117, 118, 120, 122, 123, 128, 135). Dazu kam noch Nr. 102 als ein erstes Stück fraglicher Provenienz. In dieser ersten Etappe ging es hauptsächlich um die Frage nach der Homogenität der möglichen Referenzgruppe Augst-Osttor und die Herkunft der Probe Nr. 102. Nachdem sich dann die Homogenität erwies, wurden weitere 24 Stück untersucht, die teils gesicherter, teils fraglicher Osttor-Abkunft waren.

Um die Osttorware besser mit den von Jornet (1980, 1982) untersuchten Proben vergleichen zu können, wurden von dem damals untersuchten Material zusätzlich die Spuren von Gallium (Ga), Niob (Nb), Yttrium (Y), Thorium (Th), Blei (Pb) und Vanadium (V) bestimmt.

## 2. Methodik

|                      |  |
|----------------------|--|
| Probenvorbereitung:  | Abschleifen der kontaminierten Oberflächenschicht mit einer Diamantsäge. Mahlen in einer Scheibenschwingmühle (WC-Mahlgefäß).  |
| Pulverpille:         | 8 g Probenpulver wurden mit einer 2,5prozentigen Mowiol-Lösung vermischt und bei 6 Tonnen Druck zu einer Pille gepresst.   |
| Glaspille:           | 1,2 g geglühtes Pulver (1 Stunde bei 1000°C) wurden mit 5,7 g Li-Tetraborat und 0,3 g LiF vermischt, bei 1150°C während 10 Minuten geschmolzen und auf eine glühende Pt/Au-Form zu einer Pille gegossen. |
| Chemische Analysen:  | PW 1400 als Messgerät (Röntgenfluoreszenz). Bestimmung der Hauptelemente an der Glaspille, der Spuren an der Pulverpille.  |
| Clusteranalyse:      | BMDP 2M (Dixon 1979); Euklidische Distanz.   |
| Diskriminanzanalyse: | BMDP 7M (Dixon 1979); unter Benützung der Mahalanobis-Distanz «D» zwischen jedem Individuum und dem Gruppen-Mittel.  |

## 3. Die chemische Referenzgruppe Augst-Osttor

Die chemische Zusammensetzung der 40 Proben kann Tab. 2 entnommen werden. Aus ihr geht hervor, dass die Stücke zur CaO-armen Keramik gehören und damit für dieses Oxid mit der Augster Hauptgruppe Augst A laut Jornet (1982) übereinstimmen. Sie unterscheiden sich in ihrer Zusammensetzung nicht sehr stark untereinander. Diese Gruppen-Homogenität kann anhand von Histogrammen ausgewählter Elemente dokumentiert werden. In Abb. 2 wurden 4 Hauptelemente bzw. deren Oxide dargestellt. Die Verteilung ist normal, wie für fast alle gemessenen Elemente. Man sieht auch, dass sich die beiden Analysenserien (punktiert = archäologisch gesichert lokale Serie 1) vollständig überlappen. Einzig der Brennstander Nr. 135 fällt durch seinen leicht höheren Kaliumgehalt auf. Auf Abb. 3 figurieren vier Spuren. Auch hier zeigt sich deutlich die vollständige Überlappung beider Analysenserien und die Homogenität der untersuchten Proben. Nr. 134 hat aber einen leicht erhöhten Rb-Gehalt.

Nachdem sich die homogene Zusammensetzung der Analysenserie mittels einfacher Histogramme gezeigt hat, wurde anhand der Clusteranalyse getestet, ob sich dieser homogene Aspekt auch bei gleichzeitiger Berücksichtigung mehrerer chemischer Parameter erweisen lässt. Da von der Probe Nr. 102 wegen zu niedrigem Probengewicht nur die Hauptelemente bestimmt werden konnten, haben wir in Abb. 4 das Resultat der Clusteranalyse mit den Hauptelementen dargestellt. Das Bild bleibt sich aber ähnlich, wenn für die übrigen 39 Proben gleichzeitig alle Haupt- und Spurenelemente geclustert werden. Was lässt sich nun aus dieser Abbildung herauslesen? Auf den ersten Blick scheint das Material in viele Gruppen zu zerfallen; man kann eine Hauptgruppe erkennen (Nr. 97 bis 96) und mehrere Nebengruppen

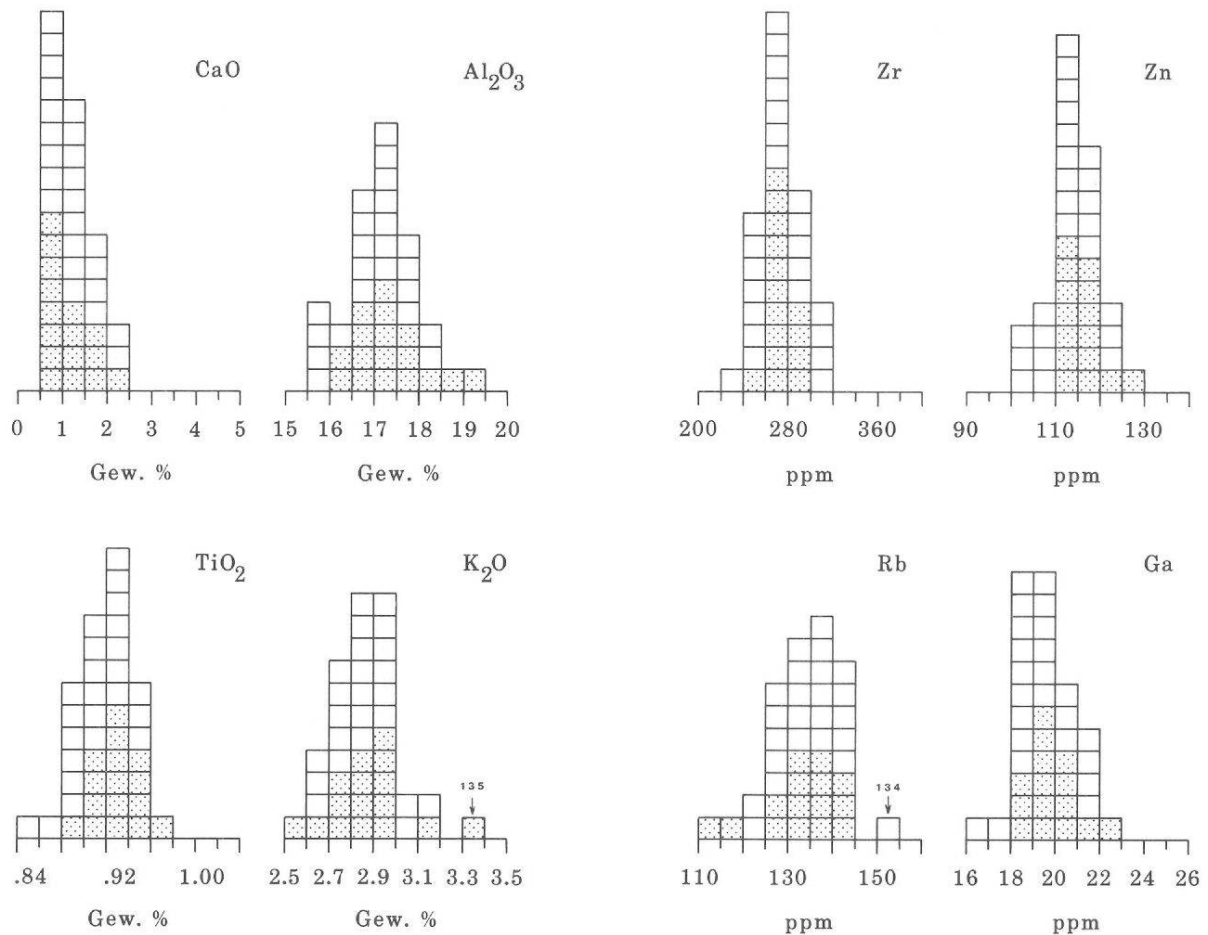


Abb. 2 Histogramme ausgewählter Oxide der Osttorware. Jedes Viereck entspricht einer Probe, d.h. einer chemischen Analyse. Punktiert = Scherben der ersten Analysenserie. -  $\text{Al}_2\text{O}_3$  = Aluminiumoxid,  $\text{CaO}$  = Kalziumoxid,  $\text{K}_2\text{O}$  = Kaliumoxid,  $\text{TiO}_2$  = Titanoxid.

Abb. 3 Histogramme ausgewählter Spurenelemente der Osttorware. - Ga = Gallium, Rb = Rubidium, Zn = Zink, Zr = Zirkon.

pen. Es stellt sich nun die Frage, wie diese Gruppierungen zu interpretieren sind. Können die Nebengruppen als Ausreisser angesehen werden und sind diese Stücke etwa nicht lokaler Produktion? Als erstes lässt sich sagen, dass die Gruppierungen keiner bestimmten archäologischen Form zuzuweisen sind. Zudem streuen die Stücke der ersten Analysenserie, also der archäologisch gesicherten lokalen Produktion, über das gesamte Dendrogramm. Man könnte nun einwenden, dass dies noch kein Hinweis auf eine gesamthaft lokale Produktion sei, da z. B. die Proben Nr. 98 und 117 irrtümlicherweise als lokal angesehen wurden. Nun liegt aber der Brennstander Nr. 135 in der Ausreisser-Gruppe! Wenn er aber aus berechtigten Gründen als lokal anzusehen ist, müssen alle Proben bis zur Amalgamationsdistanz von 2.99 auch lokal sein. Damit bleiben die Stücke Nr. 117, 132, 133, 98 und 107. Die marginale Position der Proben Nr. 98, 117, 132 und 133 ist nur auf den erhöhten Phosphorgehalt zurückzuführen. Da dies auf sekundäre Anreicherungen während der Bodenlagerung zurückzuführen ist (Lemoine und Picon 1982, Picon 1976, Rottländer 1980, Schneider und Hofmann 1976), kommt diesem Argument keine Bedeutung zu. Die restlichen Proben Nr. 107 und 99 haben gegenüber den übrigen Scherben leicht höhere Magnesium- resp. Natrium-

K: Krug                      OS: Brennständer    D: Amalg. Distanz

N: Nuppenbecher    S: Schüssel            ☉ Erste Serie

O: Inhalt Ofen2    T: Topf                □ Zweite Serie

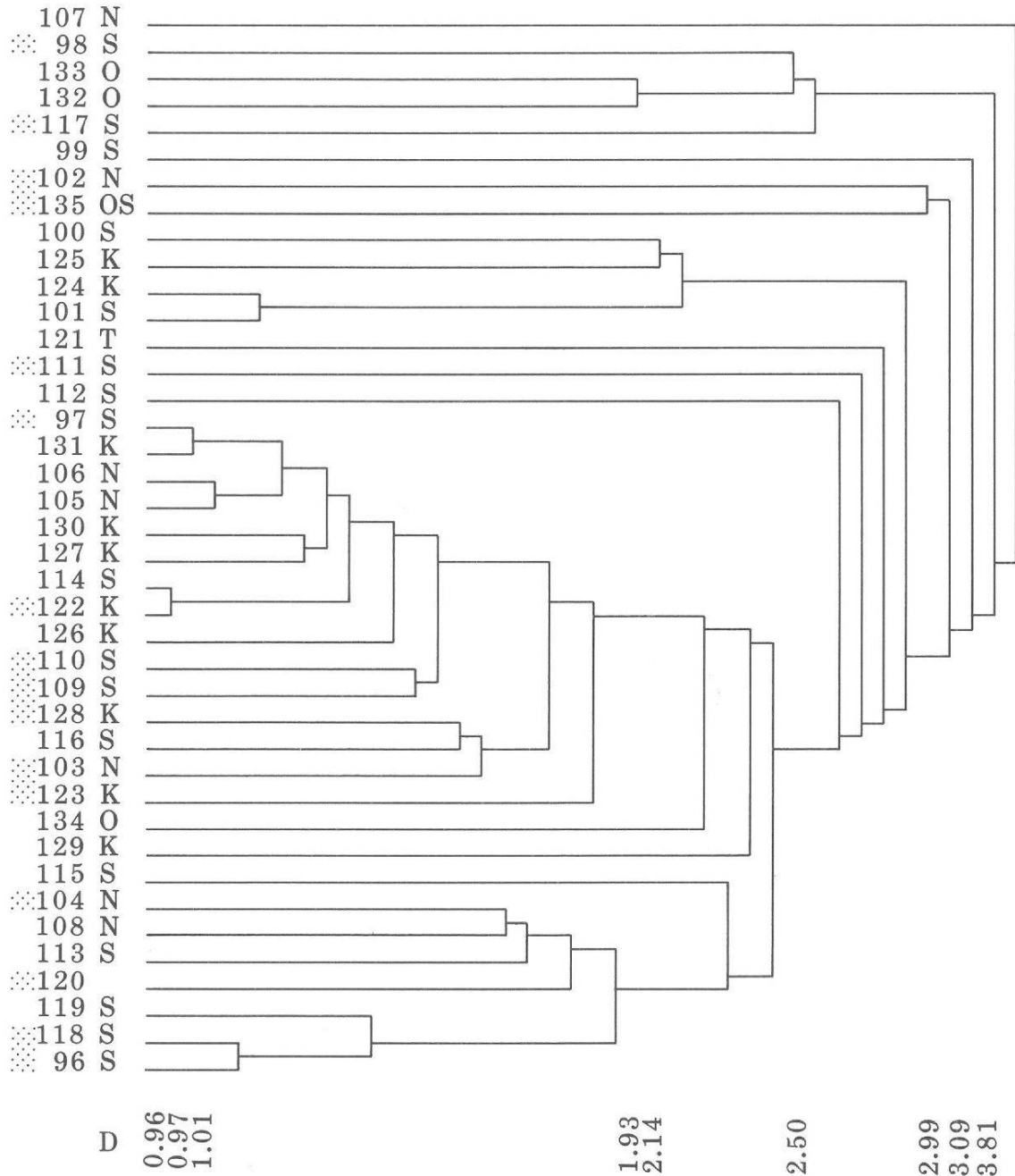


Abb. 4 Clusterdiagramm der 40 analysierten Proben vom Osttor. Berücksichtigt wurden nur die Hauptelemente.

gehalte. Da sie aber in allen anderen Elementen mit der Gesamtgruppe übereinstimmen, möchten wir sie auch als zur Gruppe gehörend ansehen – die Amalgamationsdistanz ist für die Gesamtgruppe ja sehr niedrig und weist wiederum auf eine sehr grosse Homogenität! Wenn wir nun betrachten, wohin die laut Tab. 1 als «nicht Osttorware» definierten Stücke fallen, so zeigt sich erstaunlicherweise, dass sie nicht nur in den marginalen Gruppen, sondern auch in der sog. «Hauptgruppe» anzutreffen sind.

Es sei nicht verschwiegen, dass die zwei Analysenserien sich doch in einem Spurenelement, nämlich Thorium (Th), unterscheiden. Für die erste Serie liegen die Werte zwischen 7 bis 16 ppm, für die zweite zwischen 0 und 11 ppm. Wir sind aber der Meinung, dass dieser Unterschied nicht entscheidend sein kann, wenn sich die Stücke für die übrigen 23 Elemente nicht wesentlich unterscheiden.

Die Analyse der chemischen Zusammensetzung der 40 Proben hat also gezeigt, dass die *Osttorware eine homogene Gruppe* bildet. Wir sind der Meinung, dass alle aus dem gleichen Rohstoff gefertigt sind und verwandten Produktionsstätten entstammen. Dieses Resultat ermöglicht die Definition einer chemischen Referenzgruppe «Augst-Osttor», die in Tab. 3 aufgelistet ist.

#### 4. Die römische Feinkeramik von Augst

Nachdem die beiden ersten Fragen gelöst sind, bleibt noch abzuklären, ob sich die Osttorware von der früher analysierten römischen Feinkeramik von Augst chemisch unterscheiden lässt. Wir können dabei auf die von Jornet (1980, 1982) definierten CaO-armen Referenzgruppen Kurzenbettli und Venusstrasse Ost A zurückgreifen (Tab. 3).

Da es sich um CaO-arme Keramik handelt, haben wir die Referenzgruppe als Kurzenbettli CA (= CaO-arm) und als Venusstrasse CA bezeichnet. Verglichen mit den Tabellen von Jornet (1980, 1982) ergeben sich Unterschiede in der benützten Anzahl Scherben. In vorliegender Arbeit basiert die Referenzgruppe Kurzenbettli CA nur auf 25 Proben, weil die CaO-reichen Nr. 16, 17 und 29 weggelassen wurden.

Die Referenzgruppe Venusstrasse CA umfasst hier 28 Proben. Sie ist identisch mit der Referenzgruppe Venusstrasse Ost A von Jornet (1982), hat aber eine Probe weniger als die in Jornet (1980) definierte Referenzgruppe Venusstrasse Ost A, denn Nr. 39 wurde seither als Ausreisser betrachtet. Der Vergleich der Mittelwerte zeigt, dass sie nicht sehr stark differieren (Tab. 3).

Dies kommt auch in den Korrelationsdiagrammen zum Ausdruck (Abb. 5, 6). In Abb. 5 sind zwei Hauptelemente, nämlich Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) und Siliziumoxid ( $\text{SiO}_2$ ) korreliert. Das Aluminium ist bekanntlich in einem Ton praktisch nur in den Tonmineralien gebunden, während das  $\text{SiO}_2$  sowohl in den Tonmineralien als auch im Quarz, d. h. in den nichtplastischen Bestandteilen der Magerung, fixiert ist. Beide Oxide sind hier deutlich miteinander korreliert. Die Felder der feinkeramischen Produkte von der Venusstrasse und von Kurzenbettli überlappen sich total, während sich das Material vom Osttor durch eine markante Tendenz zu höheren  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Werten auszeichnet. Es ist demnach anzunehmen, dass diese Gruppe aus einem fetteren Ton hergestellt wurde als die beiden anderen.

Bei den übrigen Hauptelementen lassen sich die drei Gruppen noch schlechter trennen; dies gilt auch für die meisten Spuren, wengleich das Kupfer/Nickel-Korrelationsdiagramm (Abb. 6) die stärkste Trennung bringt. Die drei Ausreisser der Venusstrasse unterscheiden sich nur durch hohe Kupfergehalte, ansonsten passen sie gut zur Referenzgruppe.

Der Einsatz der Diskriminanzanalyse (unter Berücksichtigung aller Elemente, weswegen Probe Nr. 102 nicht dargestellt werden konnte) führt nun zu einem unverhofften Resultat:

*die drei Referenzgruppen lassen sich mit diesem multivariaten statistischen Verfahren klar trennen (Abb. 7)!*



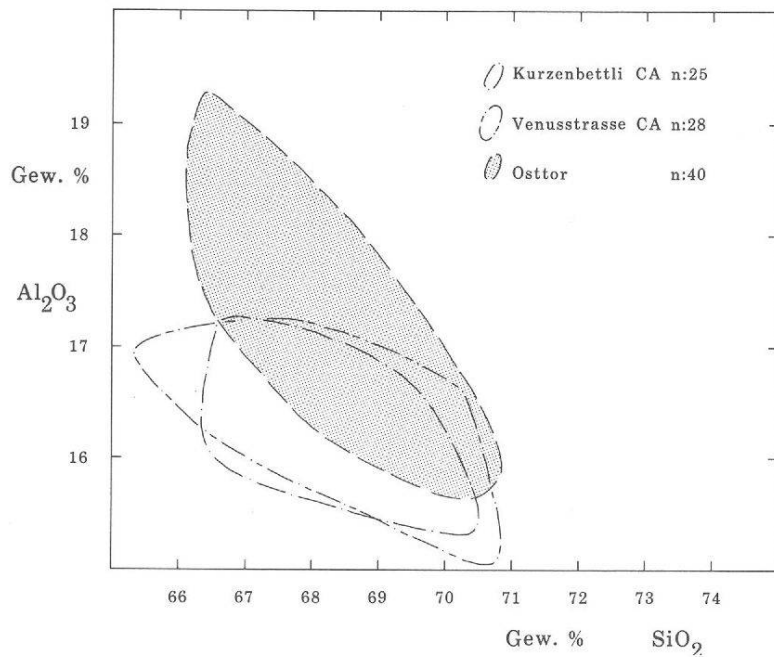


Abb. 5 Aluminiumoxid( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )-Siliziumoxid( $\text{SiO}_2$ )-Korrelationsdiagramm.

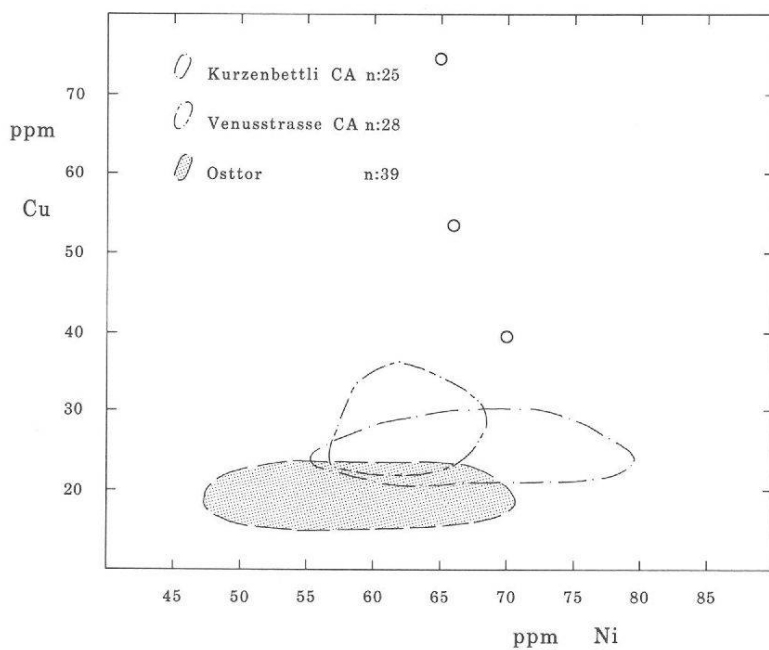


Abb. 6 Kupfer(Cu)-Nickel(Ni)-Korrelationsdiagramm.

Die leichte Überlappung der Referenzgruppe Kurzenbettli CA und Venusstrasse CA ist auf die Lage der Proben 20 und 62 zurückzuführen. Die Diskriminanzanalyse wies nun aber Nr. 20 (Kurzenbettli) mit höherer Wahrscheinlichkeit der Referenzgruppe Venusstrasse CA, und Nr. 62 (Venusstrasse) der Referenzgruppe Kurzenbettli CA zu; damit wird dokumentiert, dass beide einem Rohton entstammen, der diesen Referenzgruppen ähnlicher ist als den archäologisch zugewiesenen Referenzgruppen! In Abb. 8 haben wir beide Proben ver-



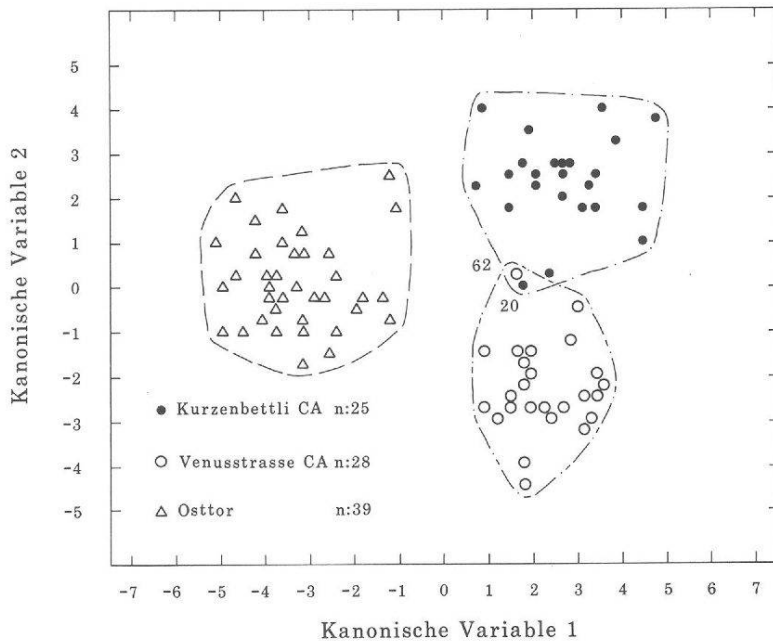


Abb. 7 Korrelationsdiagramm der Kanonischen Variablen 1 und 2 nach der Diskriminanzanalyse. – Für Analysen mit identischer Lage wurde nur 1 Symbol gezeichnet!

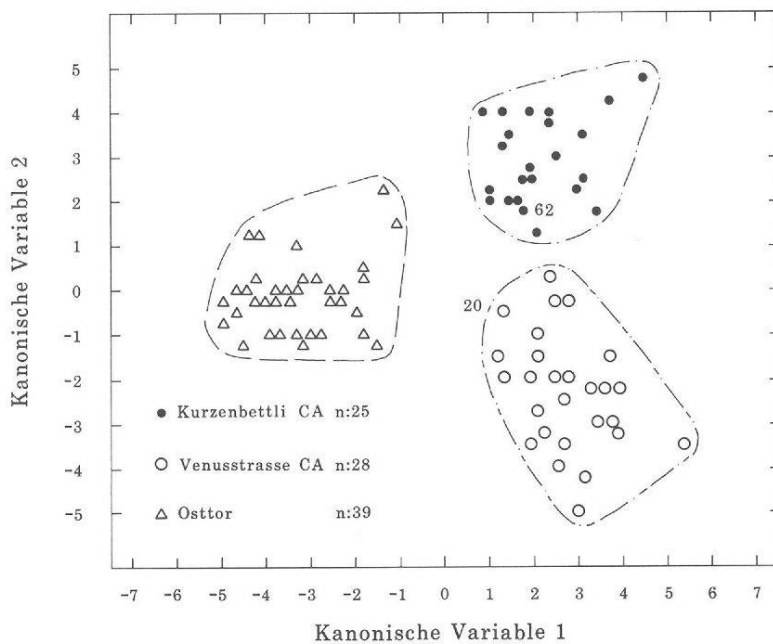


Abb. 8 Korrelationsdiagramm der Kanonischen Variablen 1 und 2 der Diskriminanzanalyse. Die Nummern 20 und 62 wurden neu zugewiesen. – Für Analysen mit identischer Lage wurde nur 1 Symbol gezeichnet!

suchsweise den «neuen» Referenzgruppen zugewiesen, wobei sich letztere noch deutlicher trennen lassen. Die Mittelwerte der Tab. 3 basieren aber auf den archäologisch gesicherten Referenzgruppen, das heisst Nr. 20 gehört zu Kurzenbettli und Nr. 62 zur Venusstrasse. Bevor wir zu diesem endgültigen Bild gelangten, haben wir mehrere Varianten geprüft. Zuerst wurden die Analysenserien 1 und 2 vom Osttor als zwei separate Gruppen behandelt; die

Scherben wurden in der Rechenoperation wahllos der einen wie der anderen zugewiesen – ein Zeichen mehr, dass mit diesem Verfahren beide Analysenarten nicht zu trennen sind. Dann haben wir geprüft, ob willkürlich herausgenommene Proben der drei Referenzgruppen, die als unbekannte Stücke eingegeben wurden, der richtigen Referenzgruppe zugewiesen würden. Dies was ausnahmslos der Fall! Als Letztes haben wir alle fraglichen Osttor-Scherben (Bezeichnungen O und N der Tab. 1) als unbekannte Proben eingegeben; auch diese wurden ohne Ausnahme in der übrigen Osttorware klassiert. Die Diskriminanzanalyse zeigt also, dass wir momentan 3 gut definierte Referenzgruppen für die Augster Feinkeramik besitzen, und dass wir sie gut trennen können.

#### *Danksagung*

Wir danken Prof. L. Berger und Dr. T. Tomasevic-Buck für ihre Bemühungen um die Finanzierung. Insbesondere ist ein namhafter Zuschuss der Ceramica-Stiftung, Basel, zu verdanken. Den vorgenannten sowie Dr. J. Ewald, Dr. A. Furger und der Arbeitsgruppe «Osttor» sei unser Dank für die fruchtbaren Diskussionen ausgesprochen. Wir danken auch Frau Marbacher für die Hilfe im Labor und Dr. Galetti für die RFA-Messungen.

#### **Literatur**

- Alexander, W. C.* (1975): A Pottery of the Middle Roman Imperial Period in Augst. (Venusstrasse-Ost 1968/69). Forschungen in Augst 2. Stiftung pro Augusta Raurica. Basel/Augst/Liestal.
- Berger, L.* mit Arbeitsgruppe (1985): Die Grabungen beim Augster Osttor im Jahre 1966. Jahresberichte aus Augst und Kaiseraugst 5, 1985, Liestal.
- Dixon, W. J.* (1979): BMDP Statistical Software. University of California Press. Los Angeles.
- Jornet, A.* (1980): Composition de la céramique romaine d'Augusta Raurica (Augst). Schweiz. Min. Petr. Mitt., 60, 271–285.
- Jornet, A.* (1982): Analyse minéralogique et chimique de la céramique suisse à enduit brillant. Thèse N. 846. Université de Fribourg.
- Jornet, A.* und *Maggetti, M.* (1983): Die Terra Sigillata von Baden: Ergebnisse einer naturwissenschaftlichen Studie. Handel und Handwerk im Römischen Baden. Museumskommission Baden, Buchdruckerei AG, Baden, 51–59.
- Lemoine, C.* und *Picon, M.* (1982): La fixation du phosphore par les céramiques lors de leur enfouissement et ses incidences analytiques. Revue d'Archéométrie 6, 101–112.
- Picon, M.* (1976): Remarques préliminaires sur deux types d'altération de la composition chimique des céramiques au cours du temps. Figlina 1, 159–166.
- Rottlaender, R. C. A.* (1980): Zum Phosphatgehalt keramischer Scherben. Naturwissenschaftliche Beiträge zur Archäologie, Archaeo-Physika 7, 87–94.
- Schneider, G.* und *Hofmann, B.* (1976): Bestimmung der Herkunft antiker Keramik (Terra Sigillata) mit Hilfe der Röntgenfluoreszenzanalyse. Berichte Deutsche Keram. Ges. 53, 12, 417–422.

Tabelle 1: Probenverzeichnis.

|   | Analyse Nr.            | Inventar Nr.     | Katalog Nr. |           |    |
|---|------------------------|------------------|-------------|-----------|----|
| Schüsseln mit eingezogenem, aussen<br>gekehlttem Horizontalrand | A 96                   | 66. 775          | 241 = 207   | O         |    |
|   | A 97                   | 66. 9614a        | 242 = 208   | O         |    |
|   | A 98                   | 66. 708a         | 243 = 209   | O         |    |
|   | A 99                   | 66. 146          | 249         | O         |    |
|   | A 100                  | 66. 578          | -           | O         |    |
|   | A 101                  | 66. 812          | 247         | O         |    |
| Nuppenbecher  | A 102                  | 66. 2540         | 120         | N         |    |
|   | A 103                  | 66. 368          | -           | O         |    |
|   | A 104                  | 66. 716          | 230         | O         |    |
|   | A 105                  | 66. 2618         | 139         | N         |    |
|   | A 106                  | 66. 371          | 227         | O         |    |
|   | A 107                  | 66. 67           | -           | O         |    |
|   | A 108                  | 66. 476          | 238         | O         |    |
| Schüsseln mit Horizontalrand<br>und Randleiste                  | A 109                  | 66. 9617b        | 250 = 203   | O         |    |
|   | A 110                  | 66. 9617d        | 251 = 204   | O         |    |
|   | A 111                  | 66. 808          | 253         | O         |    |
|   | A 112                  | 66. 2482         | 8           | N         |    |
|   | A 113                  | 66. 2303         | 256         | O         |    |
|   | A 114                  | 66. 806          | -           | N         |    |
|   | A 115                  | 66. 2859         | -           | N         |    |
| A 116   | 66. 104                | -                | N           |           |    |
| Schüsseln mit S-förmig<br>geschwungener Wand                    | A 117                  | 66. 9613         | 283 = 202   | O         |    |
|   | A 118                  | 66. 491          | 282         | O         |    |
| Schüssel Drack 20   | A 119                  | 66. 490          | 284         | O         |    |
| Tonne   | A 120                  | 66. 472          | 286         | O         |    |
| Topf mit flachgestrichenem Rand                                 | A 121                  | 66. 481          | 288         | O?        |    |
| Krüge - getreppter Kragenrand                                   | A 122                  | 66. 459          | 266         | O         |    |
|   | A 123                  | 66. 435          | 265         | O         |    |
|   | A 124                  | 66. 2952         | 43          | N         |    |
|   | A 125                  | 66. 392          | 262         | O         |    |
|   | A 126                  | 66. 76           | 268         | O         |    |
|   | A 127                  | 66. 77           | 272         | O?        |    |
|   | - gerillter Kragenrand | A 128            | 66. 827     | 278       | O  |
|   |                        | A 129            | 66. 729     | 280 = 197 | O? |
|   |                        | A 130            | 66. 781     | 279 = 213 | O? |
|   | - zweihenklig          | A 131            | 66. 9619b   | 281 = 211 | O? |
| Inhalt Ofen 2   | A 132                  | 66. 137 (Becher) | 214         | N         |    |
|   | A 133                  | 66. 139 (Lampe)  | 215         | N         |    |
|   | A 134                  | 66. 138 (Krug)   | 216         | N         |    |
| Brennständer  | A 135                  | 66. 813          | 291         | ?         |    |

Archäologische Bestimmung vorgängig der chemischen Analysen:

O = «sichere» Osttorware

O? = «nicht gesicherte, aber wahrscheinliche» Osttorware

N = «nicht» Osttorware

**Tabelle 2: Liste der chemischen Analysen.**  
*Fe<sub>tot</sub> als Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; G.V. = Glühverlust*

| Gew. %                         | A- 96  | A- 97  | A- 98  | A- 99  | A-100  | A-101 | A-102  | A-103 |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 68,21  | 69,01  | 67,48  | 68,81  | 70,72  | 70,33 | 66,48  | 68,00 |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,93   | 0,91   | 0,91   | 0,91   | 0,88   | 0,87  | 0,91   | 0,92  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 17,49  | 17,22  | 16,85  | 17,15  | 15,79  | 15,71 | 19,22  | 16,82 |
| Fe <sub>tot</sub>              | 6,94   | 6,88   | 7,23   | 6,72   | 6,59   | 6,16  | 7,47   | 7,08  |
| MnO                            | 0,03   | 0,03   | 0,04   | 0,04   | 0,04   | 0,05  | 0,04   | 0,06  |
| MgO                            | 1,55   | 1,71   | 1,60   | 1,72   | 1,42   | 1,78  | 1,96   | 1,86  |
| CaO                            | 0,98   | 0,78   | 2,12   | 0,79   | 0,95   | 1,17  | 0,81   | 1,20  |
| Na <sub>2</sub> O              | 0,61   | 0,65   | 0,65   | 0,89   | 0,66   | 0,67  | 0,64   | 0,67  |
| K <sub>2</sub> O               | 2,74   | 2,89   | 2,61   | 2,96   | 2,69   | 2,76  | 3,12   | 2,91  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,53   | 0,26   | 0,92   | 0,22   | 0,28   | 0,25  | 0,19   | 0,30  |
| Total                          | 100,00 | 100,34 | 100,40 | 100,19 | 100,02 | 99,76 | 100,84 | 99,84 |
| G.V.                           | 2,27   | 1,43   | 4,75   | 0,57   | 1,61   | 0,61  | 1,33   | 1,32  |
| H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>  | 0,70   | 0,11   | 1,52   | 0,12   | 0,53   | 0,16  | 0,21   | 0,08  |
| ppm                            |        |        |        |        |        |       |        |       |
| Nb                             | 22     | 22     | 21     | 22     | 19     | 20    | -      | 22    |
| Zr                             | 272    | 272    | 270    | 272    | 316    | 307   | -      | 285   |
| Y                              | 38     | 39     | 41     | 42     | 36     | 40    | -      | 47    |
| Sr                             | 128    | 120    | 250    | 107    | 131    | 108   | -      | 117   |
| Rb                             | 132    | 140    | 112    | 139    | 133    | 131   | -      | 135   |
| Th                             | 11     | 15     | 15     | 4      | 3      | 8     | -      | 11    |
| Pb                             | 18     | 14     | 17     | 10     | 9      | 14    | -      | 12    |
| Ga                             | 19     | 22     | 18     | 20     | 17     | 18    | -      | 20    |
| Zn                             | 113    | 114    | 112    | 108    | 105    | 103   | -      | 117   |
| Cu                             | 19     | 19     | 22     | 23     | 19     | 18    | -      | 23    |
| Ni                             | 54     | 55     | 64     | 55     | 48     | 51    | -      | 67    |
| V                              | 180    | 185    | 173    | 186    | 147    | 163   | -      | 181   |
| Cr                             | 168    | 154    | 156    | 164    | 162    | 167   | -      | 169   |
| Ba                             | 471    | 399    | 648    | 392    | 569    | 393   | -      | 421   |

| Gew. %                         | A-104  | A-105  | A-106 | A-107  | A-108  | A-109  | A-110  | A-111  |
|--------------------------------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub>               | 67,72  | 68,97  | 68,92 | 66,64  | 67,67  | 68,23  | 68,54  | 70,53  |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,95   | 0,92   | 0,91  | 0,88   | 0,93   | 0,93   | 0,92   | 0,94   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 17,80  | 17,64  | 17,24 | 17,52  | 17,75  | 17,12  | 17,18  | 16,35  |
| Fe <sub>tot</sub>              | 7,14   | 6,79   | 6,81  | 6,96   | 7,33   | 7,33   | 7,05   | 6,11   |
| MnO                            | 0,04   | 0,03   | 0,03  | 0,06   | 0,05   | 0,05   | 0,04   | 0,05   |
| MgO                            | 1,71   | 1,83   | 1,73  | 2,16   | 1,63   | 1,80   | 1,82   | 1,73   |
| CaO                            | 1,00   | 0,70   | 0,63  | 2,02   | 1,04   | 0,77   | 1,04   | 0,93   |
| Na <sub>2</sub> O              | 0,64   | 0,57   | 0,58  | 0,78   | 0,69   | 0,62   | 0,63   | 0,65   |
| K <sub>2</sub> O               | 2,80   | 2,92   | 2,88  | 3,09   | 2,76   | 2,98   | 2,95   | 2,84   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,56   | 0,20   | 0,19  | 0,26   | 0,58   | 0,23   | 0,23   | 0,32   |
| Total                          | 100,35 | 100,56 | 99,92 | 100,39 | 100,44 | 100,06 | 100,41 | 100,45 |
| G.V.                           | 1,83   | 0,48   | 0,48  | 0,59   | 1,62   | 1,17   | 1,19   | 0,52   |
| H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>  | 0,40   | 0,18   | 0,17  | 0,14   | 0,95   | 0,04   | 0,04   | 0,08   |
| ppm                            |        |        |       |        |        |        |        |        |
| Nb                             | 22     | 20     | 22    | 20     | 24     | 17     | 19     | 24     |
| Zr                             | 274    | 275    | 276   | 242    | 272    | 264    | 273    | 298    |
| Y                              | 40     | 37     | 38    | 39     | 47     | 43     | 39     | 41     |
| Sr                             | 132    | 108    | 106   | 147    | 127    | 105    | 110    | 119    |
| Rb                             | 132    | 142    | 141   | 144    | 129    | 132    | 136    | 137    |
| Th                             | 9      | 0      | 0     | 2      | 3      | 11     | 8      | 13     |
| Pb                             | 14     | 12     | 11    | 9      | 11     | 12     | 10     | 18     |
| Ga                             | 20     | 18     | 19    | 20     | 18     | 19     | 19     | 20     |
| Zn                             | 117    | 115    | 112   | 113    | 121    | 113    | 112    | 110    |
| Cu                             | 21     | 20     | 18    | 17     | 22     | 18     | 19     | 17     |
| Ni                             | 58     | 55     | 52    | 61     | 63     | 61     | 58     | 52     |
| V                              | 195    | 183    | 185   | 177    | 191    | 186    | 187    | 163    |
| Cr                             | 172    | 170    | 179   | 161    | 171    | 159    | 167    | 155    |
| Ba                             | 452    | 386    | 390   | 392    | 465    | 380    | 370    | 426    |

| Gew. %                         | A-112  | A-113  | A-114  | A-115  | A-116  | A-117  | A-118  | A-119  |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub>               | 68,46  | 67,00  | 68,94  | 66,36  | 67,69  | 68,33  | 69,06  | 67,97  |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,88   | 0,94   | 0,93   | 0,94   | 0,92   | 0,91   | 0,94   | 0,94   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 16,77  | 18,32  | 17,41  | 18,63  | 17,31  | 16,96  | 17,59  | 17,90  |
| Fe <sub>tot</sub>              | 6,71   | 7,08   | 6,87   | 7,69   | 6,84   | 6,96   | 7,05   | 6,99   |
| MnO                            | 0,08   | 0,05   | 0,03   | 0,06   | 0,05   | 0,03   | 0,03   | 0,03   |
| MgO                            | 1,79   | 1,69   | 1,66   | 1,70   | 1,80   | 1,41   | 1,49   | 1,41   |
| CaO                            | 1,57   | 1,31   | 0,63   | 1,09   | 1,69   | 1,58   | 0,87   | 1,01   |
| Na <sub>2</sub> O              | 0,71   | 0,63   | 0,69   | 0,61   | 0,66   | 0,62   | 0,60   | 0,62   |
| K <sub>2</sub> O               | 2,85   | 2,93   | 2,85   | 2,88   | 2,85   | 2,58   | 2,73   | 2,72   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,41   | 0,49   | 0,20   | 0,64   | 0,35   | 1,20   | 0,46   | 0,64   |
| Total                          | 100,23 | 100,43 | 100,20 | 100,61 | 100,17 | 100,59 | 100,81 | 100,24 |
| G.V.                           | 1,21   | 2,05   | 1,16   | 1,90   | 1,24   | 4,51   | 2,68   | 3,09   |
| H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>  | 0,34   | 0,99   | 0,27   | 0,62   | 0,24   | 1,64   | 0,56   | 1,10   |
| ppm                            |        |        |        |        |        |        |        |        |
| Nb                             | 21     | 24     | 22     | 22     | 21     | 23     | 21     | 24     |
| Zr                             | 279    | 258    | 277    | 255    | 253    | 267    | 278    | 279    |
| Y                              | 41     | 39     | 36     | 40     | 36     | 36     | 40     | 41     |
| Sr                             | 126    | 115    | 102    | 123    | 116    | 232    | 127    | 136    |
| Rb                             | 137    | 134    | 143    | 139    | 129    | 117    | 128    | 130    |
| Th                             | 4      | 8      | 7      | 6      | 3      | 15     | 11     | 0      |
| Pb                             | 14     | 19     | 17     | 16     | 8      | 18     | 17     | 13     |
| Ga                             | 19     | 20     | 21     | 21     | 21     | 18     | 19     | 19     |
| Zn                             | 113    | 120    | 115    | 118    | 106    | 110    | 115    | 117    |
| Cu                             | 18     | 20     | 21     | 17     | 18     | 21     | 16     | 19     |
| Ni                             | 61     | 61     | 49     | 59     | 58     | 56     | 54     | 54     |
| V                              | 186    | 204    | 163    | 199    | 183    | 175    | 163    | 182    |
| Cr                             | 164    | 179    | 169    | 175    | 158    | 150    | 173    | 180    |
| Ba                             | 461    | 461    | 390    | 481    | 386    | 670    | 462    | 510    |

| Gew. %                         | A-120  | A-121  | A-122  | A-123  | A-124 | A-125  | A-126  | A-127  |
|--------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub>               | 67,77  | 68,08  | 69,30  | 68,39  | 70,53 | 70,34  | 69,18  | 69,72  |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,96   | 0,85   | 0,93   | 0,89   | 0,88  | 0,89   | 0,91   | 0,90   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 17,53  | 16,35  | 17,41  | 16,49  | 15,75 | 15,98  | 16,86  | 16,87  |
| Fe <sub>tot</sub>              | 7,41   | 7,16   | 6,75   | 6,86   | 6,15  | 6,62   | 6,71   | 6,67   |
| MnO                            | 0,05   | 0,10   | 0,04   | 0,05   | 0,05  | 0,06   | 0,05   | 0,04   |
| MgO                            | 1,70   | 1,81   | 1,68   | 1,83   | 1,64  | 1,39   | 1,73   | 1,77   |
| CaO                            | 1,23   | 2,02   | 0,73   | 1,70   | 1,01  | 1,09   | 1,02   | 0,69   |
| Na <sub>2</sub> O              | 0,57   | 0,68   | 0,70   | 0,64   | 0,67  | 0,72   | 0,69   | 0,67   |
| K <sub>2</sub> O               | 2,79   | 2,86   | 2,89   | 2,91   | 2,77  | 2,67   | 2,93   | 2,89   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,64   | 0,26   | 0,24   | 0,28   | 0,23  | 0,37   | 0,21   | 0,18   |
| Total                          | 100,64 | 100,16 | 100,67 | 100,03 | 99,68 | 100,12 | 100,28 | 100,39 |
| G.V.                           | 2,29   | 1,85   | 1,28   | 1,64   | 1,12  | 2,40   | 0,48   | 1,04   |
| H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>  | 0,81   | 0,07   | 0,15   | 0,19   | 0,00  | 0,58   | 0,03   | 0,02   |
| ppm                            |        |        |        |        |       |        |        |        |
| Nb                             | 22     | 20     | 21     | 20     | 22    | 22     | 21     | 21     |
| Zr                             | 289    | 276    | 268    | 285    | 309   | 310    | 288    | 286    |
| Y                              | 50     | 43     | 36     | 42     | 41    | 42     | 39     | 41     |
| Sr                             | 126    | 116    | 117    | 126    | 107   | 129    | 110    | 105    |
| Rb                             | 125    | 129    | 142    | 132    | 137   | 129    | 138    | 138    |
| Th                             | 11     | 1      | 12     | 7      | 6     | 0      | 6      | 0      |
| Pb                             | 16     | 12     | 17     | 14     | 13    | 10     | 9      | 12     |
| Ga                             | 19     | 18     | 20     | 18     | 19    | 16     | 18     | 19     |
| Zn                             | 120    | 110    | 114    | 110    | 101   | 103    | 106    | 112    |
| Cu                             | 19     | 18     | 21     | 21     | 18    | 18     | 19     | 22     |
| Ni                             | 70     | 63     | 53     | 62     | 50    | 54     | 57     | 54     |
| V                              | 183    | 170    | 189    | 163    | 158   | 137    | 177    | 173    |
| Cr                             | 178    | 163    | 167    | 156    | 169   | 184    | 165    | 175    |
| Ba                             | 482    | 377    | 406    | 447    | 396   | 527    | 364    | 387    |



| Gew. %                         | A-128  | A-129  | A-130 | A-131  | A-132  | A-133 | A-134  | A-135  |
|--------------------------------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|
| SiO <sub>2</sub>               | 68,15  | 69,12  | 69,09 | 69,55  | 67,92  | 66,52 | 67,57  | 66,50  |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,91   | 0,90   | 0,90  | 0,92   | 0,92   | 0,89  | 0,92   | 0,94   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 16,85  | 16,83  | 16,72 | 17,24  | 17,57  | 17,39 | 18,08  | 18,08  |
| Fe <sub>tot</sub>              | 6,96   | 7,00   | 6,99  | 6,73   | 6,62   | 6,67  | 7,03   | 7,67   |
| MnO                            | 0,05   | 0,04   | 0,04  | 0,03   | 0,04   | 0,04  | 0,05   | 0,05   |
| MgO                            | 1,77   | 1,75   | 1,74  | 1,70   | 1,70   | 1,66  | 1,82   | 1,91   |
| CaO                            | 1,52   | 0,63   | 0,61  | 0,76   | 1,66   | 1,84  | 1,09   | 0,82   |
| Na <sub>2</sub> O              | 0,72   | 0,74   | 0,65  | 0,62   | 0,67   | 0,68  | 0,72   | 0,59   |
| K <sub>2</sub> O               | 2,94   | 3,13   | 2,90  | 2,93   | 2,65   | 2,74  | 3,02   | 3,36   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,30   | 0,27   | 0,23  | 0,21   | 1,00   | 1,05  | 0,22   | 0,21   |
| Total                          | 100,16 | 100,40 | 99,85 | 100,71 | 100,75 | 99,49 | 100,52 | 100,14 |
| G.V.                           | 1,67   | 1,13   | 1,17  | 0,64   | 4,78   | 4,22  | 0,65   | 0,89   |
| H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>  | 0,18   | 0,07   | 0,02  | 0,21   | 1,43   | 2,11  | 0,21   | 0,10   |
| ppm                            |        |        |       |        |        |       |        |        |
| Nb                             | 20     | 18     | 21    | 22     | 24     | 21    | 24     | 21     |
| Zr                             | 275    | 284    | 292   | 280    | 241    | 229   | 243    | 246    |
| Y                              | 41     | 45     | 45    | 37     | 37     | 35    | 42     | 47     |
| Sr                             | 119    | 104    | 105   | 111    | 166    | 196   | 131    | 116    |
| Rb                             | 136    | 131    | 134   | 141    | 122    | 122   | 151    | 144    |
| Th                             | 10     | 0      | 7     | 5      | 1      | 4     | 10     | 14     |
| Pb                             | 15     | 8      | 8     | 12     | 10     | 13    | 14     | 18     |
| Ga                             | 19     | 18     | 19    | 18     | 18     | 18    | 21     | 21     |
| Zn                             | 113    | 113    | 111   | 111    | 122    | 112   | 118    | 129    |
| Cu                             | 22     | 18     | 21    | 20     | 23     | 19    | 21     | 17     |
| Ni                             | 62     | 56     | 57    | 53     | 61     | 59    | 64     | 64     |
| V                              | 161    | 170    | 173   | 178    | 191    | 196   | 190    | 175    |
| Cr                             | 154    | 161    | 167   | 177    | 172    | 163   | 170    | 168    |
| Ba                             | 419    | 389    | 375   | 381    | 777    | 714   | 395    | 389    |

**Tabelle 3: Mittelwerte der Referenzgruppen Kurzenbettli CA, Venusstrasse CA, Osttor.**  
 $\bar{x}$  = Mittelwert,  $s$  = absolute Standardabweichung,  $s\%$  = relative Standardabweichung;  $Fe_{tot}$  als  $Fe_2O_3$

| Gew. %                         | Kurzenbettli CA<br>n = 25 |      |       | Venusstrasse CA<br>n = 28 |      |       | Osttor<br>n = 40 |      |       |
|--------------------------------|---------------------------|------|-------|---------------------------|------|-------|------------------|------|-------|
|                                | $\bar{x}$                 | s    | s%    | $\bar{x}$                 | s    | s%    | $\bar{x}$        | s    | s%    |
| SiO <sub>2</sub>               | 68,33                     | 0,90 | 1,32  | 68,66                     | 1,09 | 1,59  | 68,49            | 1,15 | 1,68  |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,93                      | 0,02 | 2,63  | 0,93                      | 0,02 | 2,52  | 0,91             | 0,02 | 2,68  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 16,46                     | 0,45 | 2,72  | 16,23                     | 0,45 | 2,80  | 17,14            | 0,69 | 4,00  |
| Fe <sub>tot</sub>              | 7,01                      | 0,27 | 3,94  | 6,72                      | 0,24 | 3,56  | 6,90             | 0,34 | 5,00  |
| MnO                            | 0,06                      | 0,01 | 16,21 | 0,07                      | 0,01 | 18,63 | 0,04             | 0,01 | 31,33 |
| MgO                            | 1,83                      | 0,14 | 7,79  | 1,99                      | 0,14 | 7,09  | 1,71             | 0,15 | 8,68  |
| CaO                            | 1,22                      | 0,41 | 33,57 | 2,06                      | 0,64 | 31,24 | 1,13             | 0,43 | 37,94 |
| Na <sub>2</sub> O              | 0,65                      | 0,09 | 13,54 | 0,57                      | 0,09 | 15,28 | 0,66             | 0,06 | 9,08  |
| K <sub>2</sub> O               | 2,84                      | 0,12 | 4,21  | 2,77                      | 0,09 | 3,32  | 2,86             | 0,15 | 5,14  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,70                      | 0,59 | 84,23 | 0,27                      | 0,07 | 25,15 | 0,40             | 0,26 | 65,28 |
| Total                          | 100,03                    |      |       | 100,27                    |      |       | 100,24           |      |       |
| ppm                            |                           |      |       |                           |      |       |                  |      |       |
| Nb                             | 21                        | 2    | 8,43  | 21                        | 2    | 8,69  | 21               | 2    | 7,72  |
| Zr                             | 273                       | 22   | 8,21  | 290                       | 17   | 5,73  | 274              | 19   | 7,09  |
| Y                              | 46                        | 4    | 8,40  | 39                        | 2    | 5,20  | 40               | 4    | 8,72  |
| Sr                             | 112                       | 10   | 9,33  | 115                       | 8    | 7,41  | 128              | 32   | 25,20 |
| Rb                             | 123                       | 10   | 8,05  | 125                       | 7    | 5,98  | 136              | 8    | 5,78  |
| Th                             | 12                        | 7    | 55,56 | 13                        | 7    | 53,61 | 7                | 5    | 71,75 |
| Pb                             | 17                        | 6    | 37,62 | 20                        | 9    | 46,17 | 13               | 3    | 24,58 |
| Ga                             | 21                        | 2    | 10,62 | 20                        | 2    | 7,97  | 19               | 1    | 8,81  |
| Zn                             | 128                       | 24   | 18,81 | 115                       | 13   | 11,27 | 113              | 6    | 4,96  |
| Cu                             | 25                        | 2    | 9,66  | 31                        | 10   | 34,23 | 19               | 2    | 9,72  |
| Ni                             | 69                        | 5    | 7,91  | 63                        | 3    | 4,68  | 57               | 5    | 8,86  |
| V                              | 167                       | 8    | 5,12  | 153                       | 9    | 5,91  | 177              | 14   | 7,90  |
| Cr                             | 160                       | 7    | 4,38  | 161                       | 12   | 7,74  | 164              | 17   | 8,32  |
| Ba                             | 479                       | 116  | 24,14 | 415                       | 56   | 13,45 | 451              | 99   | 22,01 |