

Zeitschrift: Archäologie Graubünden. Sonderheft
Herausgeber: Archäologischer Dienst Graubünden
Band: 12 (2024)

Artikel: Die Mottata bei Ramosch : Aspekte einer prähistorischen Siedungslandschaft im Unterengadin
Autor: Della Casa, Philippe / Isenring, Lotti / Kurmann, Simon / Reitmaier, Thomas / Seifert, Mathias
Kapitel: 4: Röntgenfluoreszenzanalysen an Laugen-Melaun A Gefässscherben
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1062077>

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: 15.01.2026

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

4 Röntgenfluoreszenzanalysen an Laugen-Melaun A Gefässscherben

4.1 Einleitung

Im Rahmen seiner Diplomarbeit untersuchte Christian Marro 1978 unter anderem zwölf keramische Scherben der Stufe Laugen-Melaun A von der Mottata.¹ Bei den Dünnschliffanalysen stellte sich heraus, dass unter den zwölf Scherben höchstens zwei zu lokal gefertigten Gefässen gehören.² Eine dieser beiden Scherben (Kat. Nr. 100) wurde mit Quarzit, Gneis und Amphiboliten (grüne und braunrot gefärbte Hornblende, Titanit und Epidot) gemagert, Gesteine, welche in der lokalen Umgebung vorkommen. Zwar ist nicht restlos auszuschliessen, dass die Keramik an einem anderen Ort mit ähnlicher Geologie hergestellt wurde, jedoch spricht der Gehalt an Staurolith-Andalusit-Gneisen, welche typisch für das anstehende Silvrettakristallin sind, stark für eine lokale Herstellung (Abb. 1, Typ e2). Die zweite Gefässscherbe (Kat. Nr. 71), welche lokal hergestellt worden sein könnte, enthält Kalzit- und Marmormagerung. Zwar kommen diese Gesteine auch im Engadin vor – Engadiner Dolomit – aber ebenso im nahegelegenen italienischen Etschtal. Die Bearbeiter:innen gehen eher von einer nicht lokalen Herstellung aus (Typ d).³ Die restlichen zehn Proben⁴ enthalten alle Magerungskomponenten vulkanischen Ursprungs in Form von Quarzpyrophor sowie teilweise Basalt und sind daher als nicht lokal anzusprechen (Typen a und c). Sie wurden vermutlich aus Ton aus dem Bereich der Bozner Quarzporphyrplatte hergestellt. Diese Scherben sowie weitere 34 bisher noch nicht untersuchte Gefässe der Siedlungsphase der Stufe Laugen-Melaun A wurden mittels der portablen Röntgenfluoreszenzanalyse untersucht. Ziel war es anhand dieser Analyse herauszufinden, ob sich dieser hohe Anteil an nicht auf der Mottata oder deren näherer Umgebung hergestellten Gefässen auch bei einer grösseren Anzahl bestätigt. Um das lokale chemische Signal besser zu erfassen, wurden nebst den beiden möglichen lokalen Scherben der Stufe Laugen-Melaun A weitere acht Scherben dieser Stufe hinzugenommen, welche mittels Dünnschliffanalyse bereits als lokal bestimmt wurden.⁵ Drei davon entsprechen dem Typ e2 der Scherbe Kat. Nr. 100 der Stufe Laugen-Melaun A **Anhänge A und B**.⁶ Eine weitere Scherbe unterscheidet sich von diesem Typ dadurch, dass sie zusätzlich noch Serpentinith enthält (Kat. Nr. 195), sie ist aber wahrscheinlich ebenfalls lokal (Typ e1). Die restlichen drei Scherben⁷ sind silikatisch und enthalten Gesteins- und Mineralfragmente mit und ohne Serpentinith und wurden von Christian Marro und Marino Maggetti ebenfalls als wahrscheinlich lokal eingestuft (Typen f1 und f2). Die Ton-, Magerungs- und Typenzuweisung erfolgt nach der Systematik von Marino Maggetti und Christian Marro.⁸ Die Auswahl der zu untersuchenden Gefässe erfolgte durch Lotti Isenring.

CORINA GOTTARDI
LOTTI ISENRING

4.2 Methodisches Vorgehen

Mit einem energiedispersiven, portablen Röntgenfluoreszenzgerät (pXRF) sind die oben genannten, mittels Dünnschliffs analysierten Scherben sowie zusätzlich 34 weitere, bisher archäometrisch noch nicht untersuchte Gefässfragmente beprobt worden **Abb. 2**. Unter letzteren befinden sich nebst Feinkeramik auch sechs grobkeramische Gefässe der Stufe Laugen-Melaun A. Scherben von grobkeramischen

Typ	Beschreibung	Herkunft
a	Typ Bozen: nur vulkanische Elemente	nicht lokal
b	Typ Quarzporphyr (Qp): mehr Qp als vulkanische Quarze, kein Basalt	nicht lokal
c	Mischtyp: vulkanische und andere Gesteins- od. Mineralfragmente	nicht lokal
d	Marmortyp: nur Marmor und Kalzit	neutral
e1	Silikatisch-karbonatischer Typ: metamorphe und sedimentäre Gesteins- und Mineralfragmente, mit Serpentin	lokal-regional
e2	Silikatisch-karbonatischer Typ: metamorphe und sedimentäre Gesteins- und Mineralfragmente, ohne Serpentin	lokal-regional
f1	Silikatischer Typ: Gesteins- und Mineralfragmente, mit Serpentin	lokal-regional
f2	Silikatischer Typ: Gesteins- und Mineralfragmente, ohne Serpentin	lokal-regional
g1	Serpentin-Typ: überwiegend Serpentinfragmente	lokal-regional
g2	Peridotit-Typ: überwiegend Peridotitfragmente	lokal-regional
h	Schamottetyp: mit Schamotttefragmenten	nicht lokal

Erläuterungen

1. Grobkörnige Karbonate wurden als Marmore erfasst
2. Feinkörnige Karbonate sind entweder Kalke und Dolomite (Sedimente), oder nach dem Brand rekristallisierte Marmore. Eine exakte Zuordnung ist unter dem Mikroskop nicht einfach.
3. Unter «Serpentin» wurden Serpentine und die mit diesen vorkommenden Ophikarbonate subsummiert
4. Granite und grobkörnige granitisch-granodioritische Orthogneise sind im Schliff schlecht bis gar nicht zu differenzieren

Abb. 1: Die in den Dünnschliffproben von Gefässkeramik der Stufen Laugen-Melaun A–C bestimmten Magerungstypen im Unterengadin.

Gefässen wurden hinzugenommen, aufgrund der Hypothese, dass bei dieser Keramik die Wahrscheinlichkeit höher ist, dass sie lokal hergestellt wurde. Es war das Ziel, mit den grobkeramischen Scherben eine Referenzserie der örtlich charakteristischen, chemischen Signale zu erfassen, die sich von jenen nicht lokal fabrizierter Keramik unterscheiden.

Da des Weiteren bereits bekannt war, dass es bei der nicht lokal gefertigten Keramik verschiedene Magerungstypen gibt, sollte ebenfalls untersucht werden, ob diese mittels pXRF bestimmt und unterschieden werden können.

4.2.1 Gerätespezifikationen

Für die Messungen kam das portable Röntgenfluoreszenzgerät des Instituts der Archäologischen Wissenschaften der Universität Bern zum Einsatz. Es handelt sich um den Gerätetyp *Thermo Fisher Scientific Niton XL3t 950 GOLDD+*. Das Gerät enthält eine 2 Watt Röntgenröhre mit einer Silberanode (50 kV, 200 µA), der Durchmesser des Messfensters beträgt 8 mm. Die Firma Fisher Scientific Niton Europe GmbH in München führte die Kalibration durch. Die Werkskalibration der Modi «Mining» und «Soil» wurde des Weiteren von der Firma Analyticon Instruments GmbH in Rosbach vor der Höhe (D) anhand zertifizierter Referenzstandards auf «Mining-Archäometrie» nachjustiert. Die Keramik wird im Modus «Mining» resp. «Mining Cu/Zn» beprobt, in dem die Elemente Ce, La, Ba, Sb, Sn, Cd, Pd, Ag, Mo, Nb, Zr, Y, Sr, U, Rb, Th, As, Se, Bi, Au, Pb, Hg, W, Zn, Cu, Ni, Co, Fe, Mn, Cr, V, Ti, Ca, K, Al, P, Si, Cl, S und Mg erfasst werden. Nebst den genannten Gerätekalibrationen wurde eine empirische Feinkalibration entwickelt, um den Einfluss der unebenen, frischen Bruchflächen zu reduzieren. Dazu wurde anhand von Probenmaterial mit bekannter Elementkonzentration



Abb. 2: Corina Gottardi bei den Messungen an den Scherben von der Mottata mit dem portablen XRF-Gerät.

je Element eine Umrechnungsformel berechnet.⁹ Diese Feinkalibration wurde das letzte Mal 2023 und 2024 durch Markus Helfert an der Goethe Universität Frankfurt (D), basierend auf WDXRF-Daten von Scherben der römischen Fundstelle Gross-Gerau (D) erstellt.¹⁰ Die acht mittels Dünnschliffs untersuchten Scherben aus der jüngeren Siedlungsphase der Mottata (Laugen-Melaun B) wurden nachträglich beprobt. Dies führte dazu, dass diese mit der Kalibration von 2024 analysiert und die erste Serie Scherben mit der Kalibration von 2023 untersucht wurden.

4.2.2 Vorgehen bei den Messungen

Weil es in der Bodenlagerung zur Kontamination der Keramik kommt, wird bei jeder Probe mittels einer Zange eine frische Bruchstelle erzeugt.¹¹ Da das Gerät mit seinem Messfenster von 8 mm nur einen sehr kleinen Bereich der Scherbe erfasst, ist jede Probe an drei verschiedenen Stellen beprobt worden, um so eine künstliche Homogenisierung zu erreichen.¹² Die Messungen dauerten jeweils zwei Minuten. Bei grösseren Serien wird die ideale Anzahl Messstellen und die Messdauer im besten Fall mit einer kleinen Testserie ermittelt. Da es sich hier aber nur um eine kleine Probenmenge handelte, wurden andernorts ermittelte Erfahrungswerte verwendet, die mit dem gleichen Gerät an Probenserien neolithischer Keramik erhoben worden waren.¹³ Die frischen Brüche wurden des Weiteren makroskopisch begutachtet und die wichtigsten Merkmale des Tons und der Magerung notiert.

4.2.3 Überprüfung der Daten und verwendete Elemente

Die Auswertung der Daten folgt der Auswertungsstrategie, welche bereits im Projekt «Mobility, Entanglements and Transformations in Neolithic Societies on the Swiss Plateau (3900–3500 BCE)» – kurz MET-Projekt – verwendet worden war¹⁴: Für jede Probe wird für jedes Element in Excel der Variationskoeffizient über drei Messungen berechnet, um mögliche Ausreisser und Fehlmessungen zu erfassen. Aufgrund empirischer Beobachtungen mit dem verwendeten Gerät wurden für das MET-Projekt Messungen mit Variationskoeffizienten unter 10% bei Hauptelementen und unter 15% bei Spurenelementen als gut definiert. Bei höheren Variationskoeffizienten wurden die Messungen genauer überprüft und allenfalls ausgeschlossen.¹⁵ Dieses Vorgehen wurde für die Auswertung der Keramik der Mottata übernommen.

Die Grenze von 10% resp. 15% bei den Variationskoeffizienten wurde auch dazu verwendet, um zu prüfen, welche Elemente aufgrund ungenügender Genauigkeit von den weiteren Analysen ausgeschlossen werden müssen. Es zeigte sich, dass die Elemente/Oxide Cu, Cr, V, Ba, MnO, MgO, CaO und P_2O_5 , auch nach dem Ausschluss fehlerhafter Messungen, bei elf oder mehr Keramikproben einen Variationskoeffizienten über 10% resp. 15% erreichen. Da dies rund ein Viertel oder sogar mehr der gesamten beprobten Keramikscherben betraf, wurden diese Elemente/Oxide, abgesehen von CaO, von den weiteren Analysen ausgeschlossen. CaO zeigte bei 12 Proben einen erhöhten Variationskoeffizienten, da es aber für die Bestimmung der Keramik ein wichtiges Element/Oxid darstellt, wurde diese nicht ausgeschlossen. Des Weiteren blieben Elemente/Oxide ausgeschlossen, die in mehr als der Hälfte der Messungen unter der Nachweisgrenze des Gerätes lagen und solche, welche vom verwendeten Gerät nicht präzise erfasst worden waren. Hierbei wurde auf Testmessserien von Keramik der eisenzeitlichen Siedlung von Basel, Gasfabrik zurückgegriffen.¹⁶ Elemente/Oxide, welche bei der Basler Keramik bei einer dreifachen Messung an derselben Stelle einen höheren relativen Standardfehler als 5% anzeigten, blieben ausgeschlossen. Dies betraf Th, MgO, As, Pb, Cu und S.¹⁷ Eine weitere Ausnahme wurde für die Elemente Cr, V und Ba gemacht, da diese nach Betrachtung der Ergebnisse möglicherweise wichtige Elemente für bestimmte Keramikgruppen sein können. Somit wurden für die multivariate statistische Auswertung die Elemente und Oxide Nb, Zr, Y, Sr, V, Rb, Zn, Cr, Ba, SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO und K_2O verwendet. Die weitere Auswertung erfolgte in Excel sowie im Statistikprogramm «R».¹⁸ Dabei wurde die Keramik in verschiedene chemische Gruppen eingeteilt, damit sie mit den Dünnschliffanalysen von Christian Marro in Bezug gesetzt werden können.¹⁹ Mit diesen Verfahren sollte sich klären, ob und bei welchen Elementen sich die lokal von der nicht lokal hergestellten Keramik unterscheidet.

4.3 Resultate

Die aufgeführten Resultate sind in zwei Gruppen aufgeteilt: Die silikatische Gruppe mit Keramikscherben, welchen einen CaO-Anteil unter 12% besitzen und die karbonatische Gruppe mit Gefässfragmenten, bei welchen der CaO-Anteil bei 12% oder höher liegt **Abb. 3; Anhänge A – D**. Diese Grenze ist gewählt, da bei keiner der mittels Dünnschliffs bestimmten lokal gefertigten Gefässen ein CaO-Anteil von über 12% vorhanden ist. Ebenfalls entsteht in diesem Bereich ein natürlicher Sprung im Gehalt von CaO, bei dem ein Teil der Gefässe einen CaO-Anteil unter 12% und ein Teil der Gefässe einen CaO-Gehalt von über 17% besitzt. Nur ein einzelnes Gefäss liegt in dieser Lücke mit einem CaO-Gehalt von 14%.

4.3.1 Silikatische Keramik

Alle als vermutlich lokal hergestellt bestimmten Scherben haben einen CaO-Anteil von 12% oder weniger, mit Ausnahme des Gefässes Kat. Nr. 71. Bei diesem kommen aber die als Magerung bestimmten Gesteine sowohl im Engadin wie auch im Etschtal (I) vor.²⁰ Unter den silikatischen Gefässen sind jedoch auch vier, die als nicht lokal hergestellt bestimmt wurden. Dies sind die Gefässe mit den Kat. Nr. 93, 74, 129 und 72 **Abb. 4; Abb. 5**. Am besten grenzen sich die beiden nicht lokal fabrizierten Gefässe 129 und 72 (Typ a) vom Rest der Keramik ab. Sie zeichnen sich durch ihre niedrigen Ba-, V-, Cr-, Zr-, TiO_2 -, Al_2O_3 -, Fe_2O_3 - und K_2O -Werte aus sowie hohe Y- und Th-Gehalte. Jedoch besitzt das vermutlich lokal gefertigte Gefäss Kat. Nr. 195 vom Typ e1 bei vielen Bestandteilen sehr ähnliche Werte. Diese Scherbe unterscheidet sich nur durch etwas höherer Nb- und Pb-Werte sowie einen deutlich höheren

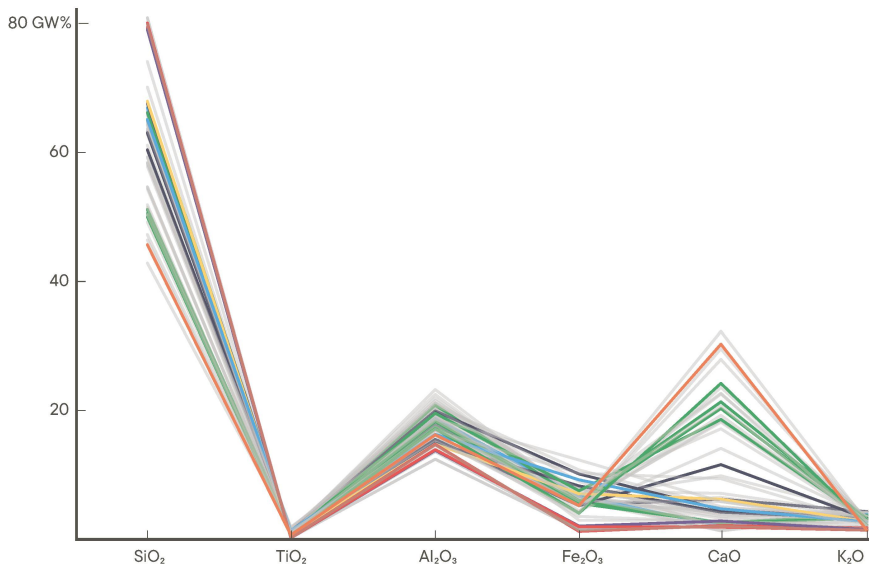


Abb. 3: Ramosch, Mottata. Darstellung der Hauptelemente über alle untersuchten Gefässe in Gewichtsprozent (GW).

- Typ a (Kat. Nr. 72 und 129)
- Typ e2 (Kat. Nr. 100, 150, 158 und 164)
- Typ f1 (Kat. Nr. 176)
- Typ f2 (Kat. Nr. 144 und 171)
- Typ c (Kat. Nr. 73, 74, 92, 93, 95, 98, 99 und 102)
- Typ e1 (Kat. Nr. 195)
- Typ d (Kat. Nr. 71)
- nicht mittels Dünnschliffs untersucht (Kat. Nr. 49, 58, 60–69, 76, 83, 85, 87, 89–91, 109, 114, 115 und 117–128).

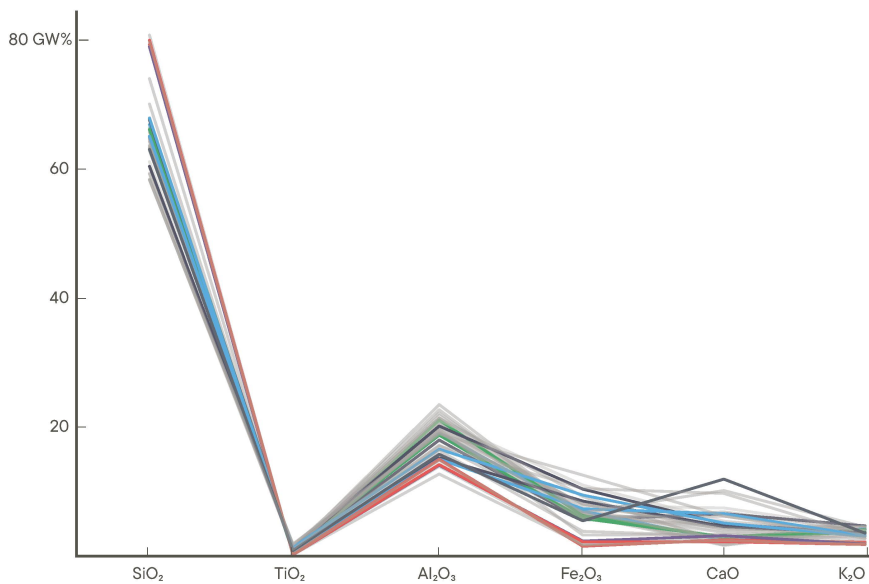


Abb. 4: Ramosch, Mottata. Die Hauptelemente der Keramik mit einem CaO-Gehalt unter 12%.

- Typ a (Kat. Nr. 72 und 129)
- Typ e2 (Kat. Nr. 100, 150, 158 und 164)
- yp f1 (Kat. Nr. 176)
- Typ f2 (Kat. Nr. 144 und 171)
- Typ c (Kat. Nr. 74 und 93)
- Typ e1 (Kat. Nr. 195)
- nicht mittels Dünnschliffs untersucht (Kat. Nr. 49, 60, 61, 64–66, 68, 69, 83, 87, 89–91, 109, 114, 115, 117, 118, 120–125, 127).

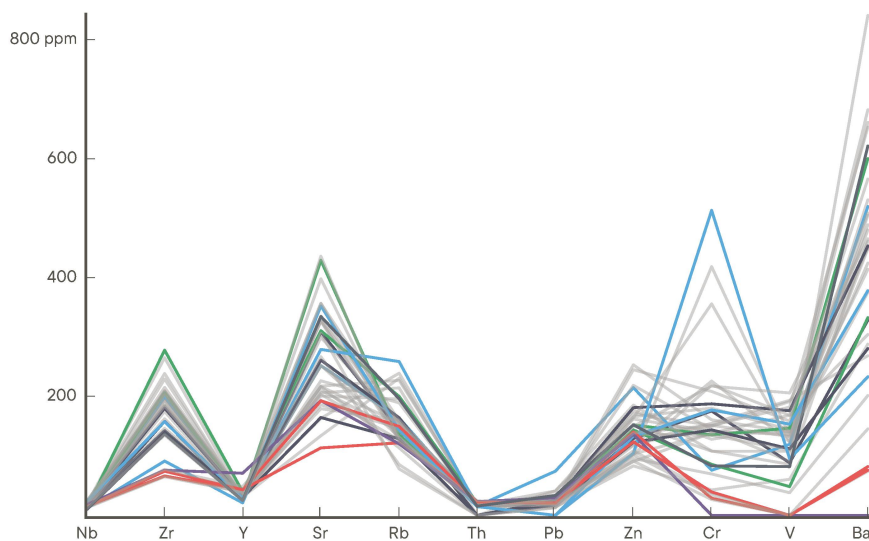


Abb. 5: Ramosch, Mottata. Die Spurenelemente der Keramik mit einem CaO-Gehalt unter 12%.

- Typ a (Kat. Nr. 72 und 129)
- Typ e2 (Kat. Nr. 100, 150, 158 und 164);
- Typ f1 (Kat. Nr. 176)
- Typ f2 (Kat. Nr. 144 und 171)
- Typ c (Kat. Nr. 74 und 93)
- Typ e1 (Kat. Nr. 195)
- nicht mittels Dünnschliffs untersucht (Kat. Nr. 49, 60, 61, 64–66, 68, 69, 83, 87, 89–91, 109, 114, 115, 117, 118, 120–125, 127).

Abb. 6: Ramosch, Mottata. HDBSCAN-Analyse zu ausgewählten Scherben (Kat. Nr.)

- Typ e2
- Typ f2
- Typ c
- nicht mittels Dünnschliffs untersucht

Die Scherben des Typs a und e1 wurden ausgeschlossen, da sie aufgrund ihrer stark unterschiedlichen chemischen Zusammensetzung gegenüber den anderen Scherben, die Darstellung verzerrt hätten.

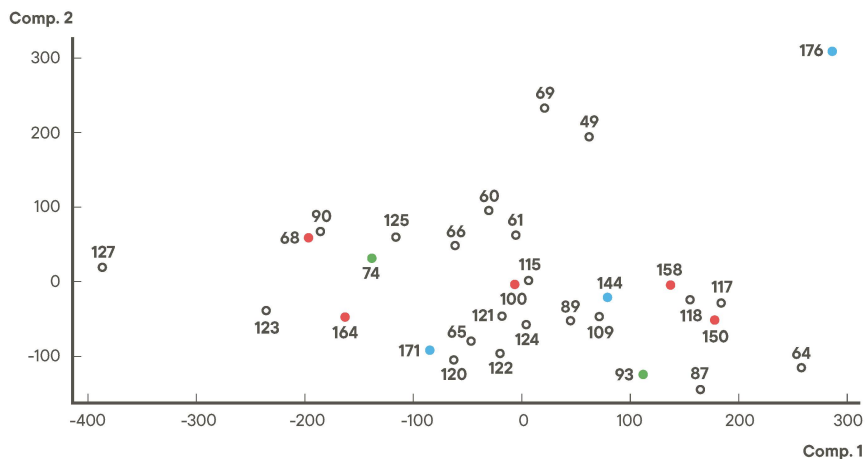


Abb. 7: Ramosch, Mottata. Die Hauptelemente der Keramik mit einem CaO-Gehalt über 12%.

- Typ c (Kat. Nr. 73, 92, 95, 98, 99, 102)
- Typ d (Kat. Nr. 71)
- nicht mittels Dünnschliffs untersucht (Kat. Nr. 58, 62, 63, 67, 76, 85, 119, 126, 128)

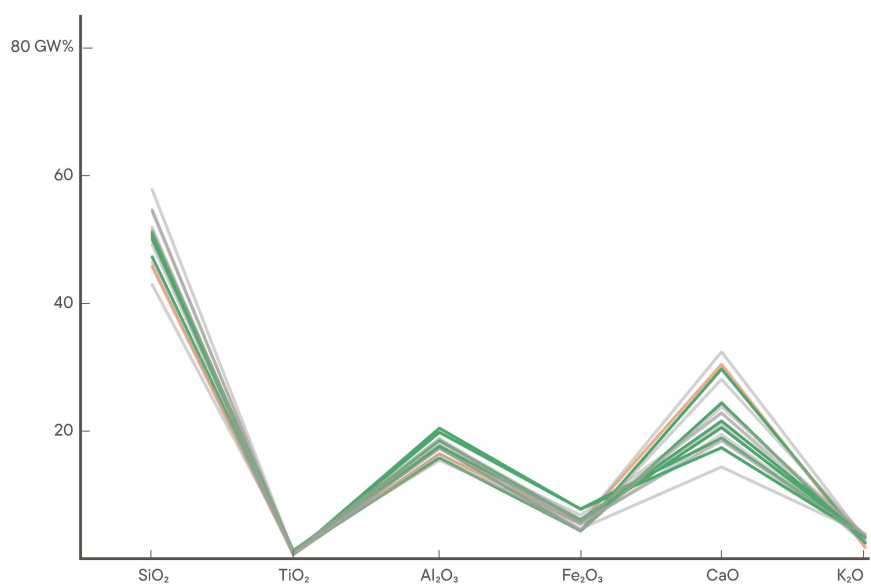
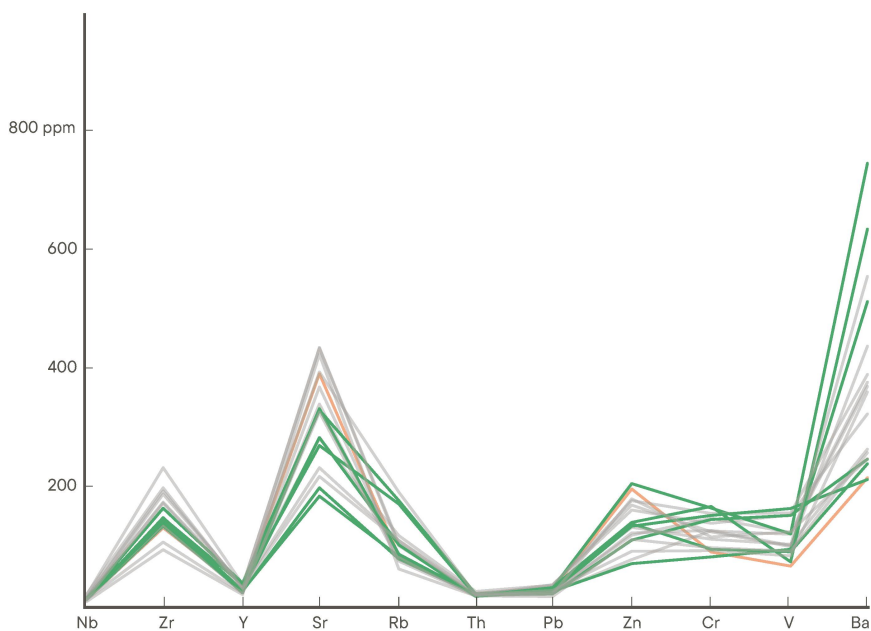


Abb. 8: Ramosch, Mottata. Die Spurenelemente der Keramik mit einem CaO-Gehalt über 12%.

- Typ c (Kat. Nr. 73, 92, 95, 98, 99, 102)
- Typ d (Kat. Nr. 71)
- nicht mittels Dünnschliffs untersucht (Kat. Nr. 58, 62, 63, 67, 76, 85, 119, 126, 128)



Y-Gehalt. Ba und Cr liegen unter dem Detektionslimit des Gerätes, jedoch sind auch die Werte der beiden nicht lokal hergestellten Scherben sehr tief und möglicherweise nur knapp über diesem Limit.

Das einzige Element, welches eine Trennung sowohl vom nicht lokalen Typ a wie auch vom Typ c erlaubt, ist das Element Zr. Hier liegt der Wert über denen der Scherben von Typ a und unter den Werten von Typ c. Der Unterschied in den Werten von Zr ist jedoch gering. Der niedrigste Werte einer Scherbe des Typ c liegt bei 206 ppm, der höchste Wert für eine Scherbe des Typs f bei 199 ppm und bei einer Scherbe von Typ e2 bei 181 ppm. Des Weiteren kommt hinzu, dass bei den Scherben des Typs c, welche einen CaO-Anteil von über 12% aufweisen durchaus Werte im Bereich der Keramik des Typs e2 vorkommen. Eine Trennung der lokal von der nicht lokal hergestellten Keramik wird dadurch erschwert, dass erstere sehr heterogen in ihrer chemischen Zusammensetzung ist. Dies zeigt sich auch bei der Anwendung einer HDBSCAN-Analyse (Hierarchical Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise), bei der alle Elemente in die Gruppierung der Gefässscherben miteinbezogen werden. In **Abb. 6** sieht man deutlich, dass die lokal gefertigten Scherben weit streuen.

4.3.2 Karbonatische Keramik

Bei der karbonatischen Keramik ist nur ein mittels Dünnschliffs untersuchtes Gefäss vorhanden (Kat. Nr. 71), für das die lokale Herstellung nicht auszuschliessen ist. Dieses besitzt den tiefsten V- und K₂O-Wert, während die anderen Werte im Bereich der restlichen Keramik liegen. Des Weiteren besitzt diese Scherbe die höchsten Sr-Werte der mittels Dünnschliffs untersuchten karbonatischen Keramik **Abb. 5; Abb. 6**. Nimmt man aber die Scherben des Typ c mit hinzu, welche der silikatischen Gruppe zugeordnet sind, so gibt es dort je ein Gefäss, welches einen tieferen V-Wert bzw. einen höheren Sr-Wert besitzt. Dadurch bleibt nur noch K₂O als auffälliges Element für das möglicherweise lokal hergestellte Gefäss des Typs d. Alle anderen mittels Dünnschliffs untersuchten Gefässe gehören dem Mischtyp c an. Wiederum ist eine sehr heterogene Verteilung der Elementkonzentrationen innerhalb dieses Typs festzustellen **Abb. 7; Abb. 8**.

4.4 Diskussion

4.4.1 Silikatische Keramik

Von der Keramik, welche sich am besten trennen lässt, sind die beiden Gefässe vom Typ a zu nennen, auch wenn die einzelne Scherbe vom Typ e1 diesen sehr ähnlich ist. Aufgrund der auffälligen Werte, gehören wohl auch die nicht mittels Dünnschliffs untersuchten Scherben Kat. Nr. 114, 83 und 91 zu diesem Typ. Obwohl nicht gänzlich auszuschliessen ist, dass sich darunter auch Scherben vom Typ e1 befinden. Da für den Typ e1 nur eine Scherbe vorhanden ist, ist dessen Bandbreite der Elementkonzentrationen nicht bekannt.

Die restliche Keramik lässt sich nicht in lokal oder nicht lokal hergestellt aufteilen. Das Einzige, was zu der lokal gefertigten Keramik gesagt werden kann, ist, dass bei dieser der CaO-Gehalt immer unter 12% liegt.

Diese Heterogenität, welche sich in der chemischen Zusammensetzung des Typs c zeigt, kann daher kommen, dass es ein Mischtyp ist, welcher dadurch definiert

ist, dass er neben karbonatischen auch vulkanische Elemente enthält. Nebst karbonatischen Bestandteilen kann basaltische Magerung vorhanden sein, diese ist aber immer in geringerer Menge vertreten als quarzporphyrische Magerung.²¹ In welchen Verhältnissen aber diese Magerungstypen vorkommen, ist nicht festgelegt. Auch der Typ e2 enthält karbonatische Magerung, jedoch ist auch hier die Menge an diesen Bestandteilen sehr unterschiedlich, was wiederum Einfluss auf die restlichen Elemente hat. Da sowohl Typ c wie auch Typ e2 heterogen sind, was zumindest die Anteile der verschiedenen Magerungsanteile angeht, ist eine Trennung dieser beiden Typen erschwert. Letztlich kann gesagt werden, dass die Grobkeramik, mit zwei Ausnahmen, alle einen CaO-Anteil von unter 12% besitzt, dies muss jedoch nicht ein Hinweis auf Lokalität sein, die beigefügte Magerung könnte beispielsweise auch mit der Verwendung der Keramik (Kochgeschirr, Vorratsgefäß, Flüssigkeitsbehälter) zusammenhängen.

4.4.2 Karbonatische Keramik

Da innerhalb der karbonatischen Gruppe (Typ d) nur eine Scherbe von vermutlich lokaler Herstellung vorhanden ist, die nicht klar vom Typ c getrennt werden kann, lassen sich zu dieser Gruppe nur wenige Aussagen machen. Hinzu kommt, dass Marino Maggetti diese Scherbe eher als nicht lokal gefertigt einschätzt.²² Kein Gefäß, das sicher aus lokaler Produktion stammt, hat einen CaO-Gehalt von über 12%. Trotzdem kann nicht ausgeschlossen werden, dass dieser in Einzelfällen darüber liegt, da der CaO-Gehalt im Typ e stark schwankt.

4.5 Fazit

Für die mittels pXRF untersuchte Serie von Gefässscherben der Stufe Laugen-Melaun A der Mottata gelingt die Trennung von lokal und nicht lokal gefertigter Keramik nicht. Dies ist in erster Linie mit der Heterogenität des Tongemischs und der oft sehr ähnlichen Anteile an chemischen Elementen und Verbindungen im Vergleich zur nicht lokal hergestellten Keramik zu erklären. Es ist nicht auszuschließen, dass die Abgrenzung mittels der laborbasierten Röntgenfluoreszenz-Analyse möglich ist, da mit dieser Methode noch mehr Elemente erfasst werden können. Bestätigen lässt sich dies aber nur durch die Überprüfung mit einer Testserie. Nach jetzigem Kenntnisstand bleibt festzuhalten, dass die sichere Bestimmung von lokal und nicht lokal gefertigter Keramik nur mittels Dünnschliffanalyse gelingt.

Kat. Nr.	Inv. Nr.	Zeitstufe	DS Typ	DS Nr.	Feinheit	Nb	Zr	Y	Sr	Rb	Th	Pb	Zn	Cr	V	Ba
49	1973_2416	MBZ			F	11.51	135.35	24.53	307.30	78.08	LOD	12.41	164.50	356.54	124.24	425.47
60	1973_1440	LM A			F	17.82	185.18	29.45	399.17	130.62	16.47	LOD	102.36	220.21	169.00	510.02
61	1973_1441	LM A			F	22.74	208.18	35.42	267.37	85.62	LOD	13.28	150.16	218.08	206.34	466.50
64	1973_1442	LM A			F	16.01	146.67	36.69	357.44	159.96	22.11	26.34	95.82	69.72	38.24	202.15
65	1974_436	LM A			G	14.93	215.81	30.74	134.09	231.25	17.12	27.91	162.23	142.08	136.13	490.06
66	1974_429	LM A			G	16.62	229.72	30.42	217.06	113.94	LOD	17.36	117.86	226.58	123.76	532.11
68	1973_1451	LM A			F	12.75	180.69	29.85	328.27	130.78	17.40	41.07	166.45	180.59	144.00	662.75
69	1973_1458	LM A			F	12.91	163.00	28.38	252.87	132.17	15.52	17.78	103.19	419.68	134.31	481.22
72	1973_2266	LM A	a	Me 53	F	14.16	74.57	43.42	193.17	150.20	22.06	21.24	124.05	39.45	LOD	82.15
74	1973_2723	LM A	c	Me 52	F	14.03	206.44	28.54	430.03	135.77	16.89	29.83	152.46	135.36	146.93	601.65
83	1974_784	LM A	a (?)*		G	13.45	66.70	39.26	179.83	160.78	21.84	18.28	108.41	38.07	LOD	74.39
87	1973_2455	LM A			F	13.09	202.81	21.66	300.16	157.97	18.81	13.71	83.27	43.00	60.80	288.87
89	1973_1146	LM A			G	18.15	184.20	28.51	226.84	189.93	16.17	13.93	90.71	138.96	141.31	414.90
90	1973_1152	LM A			F	18.62	183.94	25.16	437.19	124.32	17.87	25.14	138.96	151.76	182.33	654.87
91	1973_919	LM A	a (?)*		F	13.67	77.59	48.31	204.12	126.80	24.55	19.17	102.38	34.38	LOD	145.93
93	1971_353	LM A	c	Me 48	F	11.40	278.39	39.94	311.48	200.31	20.51	26.73	144.05	86.17	48.60	333.44
100	1973_1038	LM A	e2	Me 56	G	16.40	180.82	30.34	164.94	129.26	LOD	25.04	181.51	188.00	176.66	454.58
109	1973_901	LM A			F	12.60	194.35	28.02	210.79	142.55	14.53	25.49	171.52	151.74	132.79	376.19
114	1973_2708	LM A	a (?)*		F	12.59	64.85	38.86	217.15	155.93	22.99	19.07	91.69	26.66	LOD	LOD
115	1973_1338	LM A			F	17.49	265.63	31.46	357.60	127.45	18.23	29.25	119.26	149.95	191.83	451.33
117	1973_1912	LM A			F	18.03	239.21	29.18	336.13	154.63	17.83	34.88	122.90	155.20	193.85	269.05
118	1973_510	LM A			F	14.49	175.42	25.88	327.16	126.40	17.68	30.30	103.50	138.60	168.95	305.06
120	1973_1207	LM A			G	15.51	209.21	31.69	163.57	239.53	18.65	33.30	153.74	108.25	108.29	506.15
121	1973_2347	LM A			G	16.71	210.10	30.41	201.21	196.29	15.11	24.21	253.78	161.16	140.43	451.87
122	1973_1090	LM A			G	11.50	192.68	27.33	206.64	215.14	LOD	40.96	185.71	108.47	85.77	462.54
123	1973_1084	LM A			M	13.22	207.80	31.08	217.77	227.57	19.38	24.92	176.95	128.06	149.50	683.54
124	1973_1080	LM A			G	11.39	186.03	30.71	186.15	147.02	18.31	21.62	136.96	134.89	110.23	449.54
125	1973_981	LM A			G	23.23	205.75	33.51	328.80	154.26	15.99	16.27	245.51	208.84	158.81	567.34
127	1973_1204	LM A			M	12.17	183.72	29.85	252.20	161.62	18.50	26.82	219.00	144.83	91.21	842.64
129	1973_918	LM A	a	Me 46	F	15.02	66.41	43.29	113.60	122.21	23.53	19.63	140.71	28.82	LOD	75.95
144	1971_356	LM B	f2	Me 191	F	22.59	157.96	28.34	279.65	259.41	14.75	LOD	133.28	177.58	153.88	378.92
150	1973_775	LM B	e2	Me 187	F	16.55	142.86	28.58	261.88	164.49	LOD	17.33	123.32	144.04	111.82	281.30
158	1973_1696	LM B	e2	Me 195	F	11.24	158.40	25.26	309.34	143.57	16.07	19.67	129.45	176.27	88.70	329.42
164	1973_1611	LM B	e2	Me 186	F	9.30	137.29	24.88	335.16	196.38	15.45	33.45	152.51	83.43	82.11	623.00
171	1973_2057	LM B	f2	Me 197	F	12.02	199.32	30.82	252.36	164.25	15.68	74.26	215.20	76.18	119.65	520.90
176	1973_2019	LM B	f1	Me 190	F	11.30	91.63	21.24	353.23	143.93	14.54	LOD	104.83	514.48	95.44	233.75
195	1973_1613	LM B	e1	Me 194	F	17.46	75.98	71.10	193.45	120.74	22.99	29.01	136.74	LOD	LOD	LOD

Anhang A: Ramosch, Mottata. Verwendete Daten der silikatischen Keramik (CaO-Gehalt unter 12%). Die Elemente sind in ppm angegeben. *pXRF

F = Feinkeramik, G = Grobkeramik, M = Mittelfein

DS = Dünnschliff

LOD = Limit of detection, das jeweilige Element ist in so geringen Mengen vorhanden, dass es nicht vom verwendeten Gerät erfasst werden kann.

Kat.Nr.	Inv. Nr.	Zeitstufe	DS Typ	DS Nr.	Feinheit	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	K ₂ O
49	1973_2416	MBZ			F	59.25	0.92	16.95	10.35	9.60	2.92
60	1973_1440	LM A			F	64.35	1.01	19.27	7.94	4.24	3.19
61	1973_1441	LM A			F	58.32	1.73	18.82	12.42	6.10	2.61
64	1973_1442	LM A			F	74.06	0.46	16.27	3.70	2.96	2.56
65	1974_436	LM A			G	63.29	0.81	23.39	6.45	1.58	4.49
66	1974_429	LM A			G	59.34	1.12	20.42	7.67	7.34	4.12
68	1973_1451	LM A			F	64.20	1.10	19.84	7.00	3.75	4.10
69	1973_1458	LM A			F	64.87	0.67	22.09	6.60	2.51	3.27
72	1973_2266	LM A	a	Me 53	F	80.04	0.06	14.09	2.06	2.11	1.66
74	1973_2723	LM A	c	Me 52	F	67.84	1.05	18.67	5.67	2.83	3.94
83	1974_784	LM A	a (?)*		G	79.99	0.04	13.79	1.70	2.34	2.13
87	1973_2455	LM A			F	70.11	0.44	19.52	3.09	3.19	3.64
89	1973_1146	LM A			G	62.98	0.91	21.30	6.19	4.31	4.31
90	1973_1152	LM A			F	58.31	1.62	19.07	6.60	10.03	4.37
91	1973_919	LM A	a (?)*		F	79.78	0.06	14.75	1.52	2.25	1.65
93	1971_353	LM A	c	Me 48	F	66.17	0.42	20.99	6.14	2.75	3.53
100	1973_1038	LM A	e2	Me 56	G	60.42	1.08	20.07	10.24	4.83	3.36
109	1973_901	LM A			F	63.58	0.95	21.33	9.11	1.94	3.09
114	1973_2708	LM A	a (?)*		F	80.83	0.06	12.59	1.66	2.99	1.87
115	1973_1338	LM A			F	62.83	1.24	21.69	7.10	2.76	4.38
117	1973_1912	LM A			F	64.68	1.09	22.61	6.11	1.53	3.99
118	1973_510	LM A			F	63.69	1.05	20.75	6.76	3.50	4.25
120	1973_1207	LM A			G	66.46	0.77	17.86	5.88	4.65	4.39
121	1973_2347	LM A			G	63.36	0.94	19.81	7.91	4.01	3.97
122	1973_1090	LM A			G	65.97	0.75	17.10	5.65	6.72	3.82
123	1973_1084	LM A			M	65.71	0.82	20.55	6.18	2.20	4.55
124	1973_1080	LM A			G	64.68	0.65	19.22	6.04	6.03	3.38
125	1973_981	LM A			G	58.46	1.06	20.95	10.89	5.29	3.35
127	1973_1204	LM A			M	61.13	1.49	21.17	7.34	5.13	3.74
129	1973_918	LM A	a	Me 46	F	79.37	0.04	14.87	1.37	2.35	2.00
144	1971_356	LM B	f2	Me 191	F	65.11	1.19	16.47	9.33	4.95	2.94
150	1973_775	LM B	e2	Me 187	F	67.64	0.97	15.11	8.40	4.43	3.45
158	1973_1696	LM B	e2	Me 195	F	65.03	0.69	17.87	5.44	6.43	4.53
164	1973_1611	LM B	e2	Me 186	F	63.06	0.70	15.68	5.33	11.79	3.43
171	1973_2057	LM B	f2	Me 197	F	66.91	0.92	18.90	6.84	2.33	4.10
176	1973_2019	LM B	f1	Me 190	F	67.93	0.54	14.92	7.20	6.44	2.97
195	1973_1613	LM B	e1	Me 194	F	79.03	0.05	14.00	2.18	3.04	1.71

Anhang B: Ramosch, Mottata. Verwendete Daten der silikatischen Keramik (CaO-Gehalt unter 12%). Die Oxide sind in Gewichtsprozenten angegeben. *pXRF

F = Feinkeramik, G = Grobkeramik, M = Mittelfein

DS = Dünnschliff

LOD = Limit of detection, das jeweilige Element ist in so geringen Mengen vorhanden, dass es nicht vom verwendeten Gerät erfasst werden kann.

Kat. Nr.	Inv. Nr.	Zeitstufe	DS Typ	DS Nr.	Feinheit	Nb	Zr	Y	Sr	Rb	Th	Pb	Zn	Cr	V	Ba
58	1973_1445	LM A			G	17.80	197.41	28.48	392.81	190.20	17.57	20.42	121.81	125.91	100.40	553.71
62	1973_1444	LM A			F	8.07	131.36	23.10	338.53	77.17	18.09	21.41	76.56	124.98	119.36	368.36
63	1973_1443	LM A			F	12.15	135.28	20.77	367.35	81.14	14.72	22.76	117.84	146.03	122.47	375.36
67	1973_1453	LM A			F	10.06	171.88	28.73	216.78	108.36	17.98	24.59	90.81	91.91	83.20	358.97
71	1974_712	LM A	d	Me 51	F	9.85	130.25	26.81	389.66	83.64	19.37	26.13	195.57	89.64	65.75	214.53
73	1973_2362	LM A	c	Me 54	F	10.92	139.51	24.94	282.25	101.53	14.78	23.84	133.08	151.00	162.77	211.51
76	1973_2300	LM A			F	11.27	186.84	32.90	433.99	103.42	17.20	32.21	176.10	154.44	155.12	388.36
85	1973_1497	LM A			F	9.36	106.19	20.47	324.96	74.07	15.86	18.61	179.16	114.80	123.53	246.61
92	1973_1330	LM A	c	Me 49	F	9.32	146.63	34.76	268.91	170.35	15.79	29.42	139.39	166.17	72.74	633.18
95	1973_1522	LM A	c	Me 49	F	10.79	143.37	20.30	330.76	85.89	17.28	19.06	109.39	144.10	150.99	245.70
98	1973_1206	LM A	c	Me 57	F	9.54	133.74	23.61	197.42	77.93	18.58	22.73	136.92	94.07	89.73	238.01
99	1973_1087	LM A	c	Me 55	F	8.88	147.15	24.67	183.50	81.84	17.94	23.30	70.03	81.11	94.19	511.15
102	1973_1521	LM A	c	Me 50	F	11.27	163.28	36.93	328.56	176.01	18.59	28.21	204.55	163.48	120.16	743.54
119	1973_1938	LM A			F	5.77	93.17	17.65	421.85	60.75	15.35	14.56	110.65	96.61	90.89	256.74
126	1973_1658	LM A			F	12.02	192.04	30.12	231.49	109.05	20.40	29.30	130.95	111.05	102.27	262.65
128	1973_1081	LM A			M	16.11	231.41	35.14	280.48	117.16	23.11	33.77	168.31	123.49	98.54	436.05

Anhang C: Ramosch, Mottata. Verwendete Daten der karbonatischen Keramik
(CaO-Gehalt über 12%). Die Elemente sind in ppm angegeben.

F = Feinkeramik, G = Grobkeramik, M = Mittelfein
DS = Dünnschliff

Kat. Nr.	Inv. Nr.	Zeitstufe	DS Typ	DS Nr.	Feinheit	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	K ₂ O
58	1973_1445	LM A			G	57.87	0.86	18.75	4.53	14.29	3.70
62	1973_1444	LM A			F	50.39	0.66	17.25	6.68	22.82	2.20
63	1973_1443	LM A			F	42.91	1.17	15.32	5.35	32.38	2.88
67	1973_1453	LM A			F	51.91	0.48	16.28	4.15	23.72	3.45
71	1974_712	LM A	d	Me 51	F	45.75	0.50	16.36	5.38	30.41	1.60
73	1973_2362	LM A	c	Me 54	F	50.57	1.08	17.58	5.93	21.48	3.35
76	1973_2300	LM A			F	54.68	0.87	17.34	5.53	18.36	3.22
85	1973_1497	LM A			F	49.23	0.64	18.00	5.77	22.72	3.64
92	1973_1330	LM A	c	Me 49	F	50.90	0.56	20.37	7.63	17.30	3.23
95	1973_1522	LM A	c	Me 49	F	51.20	0.96	18.43	5.71	20.47	3.22
98	1973_1206	LM A	c	Me 57	F	47.30	0.75	15.68	4.24	29.69	2.34
99	1973_1087	LM A	c	Me 55	F	51.20	0.54	17.33	4.18	24.34	2.40
102	1973_1521	LM A	c	Me 50	F	50.05	0.65	19.70	7.67	18.78	3.14
119	1973_1938	LM A			F	46.46	0.57	17.27	4.36	28.06	3.28
126	1973_1658	LM A			F	54.70	0.61	17.58	5.39	18.59	3.14
128	1973_1081	LM A			M	51.50	0.66	18.63	6.06	20.84	2.29

Anhang D: Ramosch, Mottata. Verwendete Daten der silikatischen Keramik
(CaO-Gehalt unter 12%). Die Oxide sind in Gewichtsprozenten angegeben.

F = Feinkeramik, G = Grobkeramik, M = Mittelfein
DS = Dünnschliff
LOD = Limit of detection, das jeweilige Element ist in so geringen Mengen
vorhanden, dass es nicht vom verwendeten Gerät erfasst werden kann.

Anmerkungen

- 1 MARRO 1978.
- 2 MARRO 1978, 33–40, 90–92.
- 3 MAGGETTI ET AL. 1983, 201.
- 4 Kat. Nr. 72, 73, 74, 92, 93, 94, 95, 98, 99, 102, 129.
- 5 MAGGETTI ET AL. 1983, 199–201, 209.
- 6 Kat. Nr. 150, 158, 164.
- 7 Kat. Nr. 144, 171, 176.
- 8 MAGGETTI et al. 1983, 199–201. – MARRO 1978, 33–40. – schriftliche Mitteilung Marino Maggetti, 2024.
- 9 STAPFER ET AL. 2019, 221.
- 10 HELFERT 2010. – HELFERT/BÖHME 2010.
- 11 HELFERT 2013, 26–28.
- 12 FORSTER ET AL. 2011, 364–365. – HELFERT 2013, 35–39.
- 13 STAPFER ET AL. 2019, 231–232.
- 14 STAPFER ET AL. 2019, 231–232.
- 15 Regine Stapfer mündlich.
- 16 GOTTARDI 2022.
- 17 GOTTARDI 2022, 289–291.
- 18 R CORE TEAM 2022.
- 19 MARRO 1978. – MAGGETTI ET AL. 1983.
- 20 MAGGETTI ET AL. 1983, 201.
- 21 MAGGETTI ET AL. 1983, 20.
- 22 MAGGETTI ET AL. 1983, 201.

Literatur

- FORSTER NICOLA/GRAVE PETER/VICKERY NANCY/KEALHOFER LISA: Non-destructive analysis using PXRF: methodology and application to archaeological ceramics. X-Ray Spectrometry 40, 2011, 389–398. DOI: <https://doi.org/10.1002/xrs.1360>.
- GOTTARDI CORINA: Methodisches Vorgehen bei der geochemischen Analyse der Keramik von Basel-Gasfabrik. In: JOHANNES WIMMER: Wenn Fibeln sprechen könnten. Taphonomische und chronologische Untersuchungen anhand stratifizierter Fundinventare aus der jüngerlatènezeitlichen Siedlung Basel-Gasfabrik. Materialhefte zur Archäologie Basel 25, Band A, 2022, 285–301.
- HELFERT MARKUS: Groß-Gerau II. Die römischen Töpfereien von Groß-Gerau, «Auf Esch». Archäologische und archäometrische Untersuchungen zur Keramikproduktion im Kastellvicus 11. Frankfurter archäologische Schriften 11, 2010.
- HELFERT MARKUS: Die portable energiedispersive Röntgenfluoreszenzanalyse (P-ED-RFA) – Studie zu methodischen und analytischen Grundlagen ihrer Anwendung in der archäologischen Keramikforschung. In: B. RAMMINGER/O. STILBORG (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Analysen vor- und frühgeschichtlicher Keramik III: Methoden, Anwendungsbereiche, Auswertungsmöglichkeiten. Bonn 2013, 14–47.
- HELFERT MARKUS/BÖHME DIETER: Herkunftsbestimmung von römischer Keramik mittels portabler Energiedispersiver Röntgenfluoreszenzanalyse (P-ED-RFA) – erste Ergebnisse einer Anwendungsbezogenen Teststudie. In: B. RAMMINGER/O. STILBORG (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Analysen vor- und frühgeschichtlicher Keramik I: Methoden, Anwendungsbereiche, Auswertungsmöglichkeiten. Erster und zweiter internationaler Workshop für junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in Hamburg 9. Februar 2008 und 7. Februar 2009. Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie 176. Bonn 2010, 11–30.
- MAGGETTI MARINO/WAEBER MARIE-MADLEINE/STAUFFER-ISENRING LOTTI/MARRO CHRISTIAN: Herkunft und Technik bronze- und eisenzeitlicher Laugen-Melaun Keramik aus dem Alpenraum. In: STAUFFER-ISENRING LOTTI: Die Siedlungsreste von Scuol-Munt Baselgia (Unterengading GR). Ein Beitrag zur inneralpinen Bronze- und Eisenzeit. Antiqua 9. Basel 1983, 192–210.
- MARRO CHRISTIAN: Recherches Mineralogiques sur la Céramique Melaun Ancienne. Diplomarbeit Universität de Fribourg. Freiburg 1978.
- R CORE TEAM: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Wien 2022. <https://www.R-project.org>.
- STAPFER REGINE/HEITZ CAROLINE/HINZ MARTIN/HAFNER ALBERT: Interdisciplinary examinations carried out on heterogeneous coarse ceramics from Neolithic lakeside settlements in the Northern Alpine Foreland (3900–3500 BCE): Analysis strategy and preliminary results from a test series using pXRF. Journal of Archaeological Science: Reports 25, 2019, 217–238.

Abbildungsnachweis

Abb. 1: Lotti Isenring, Illnau ZH
Abb. 2 – Abb. 8: Corina Gottardi, Universität Bern, Institut für Archäologische Wissenschaften, Bern, Bearbeitung Archäologischer Dienst Graubünden
Anhänge A – D: Corina Gottardi, Universität Bern, Institut für Archäologische Wissenschaften, Bern, Bearbeitung Archäologischer Dienst Graubünden

Antoinette Rast-Eicher
ArcheoTex
Hengert 5a
3995 Ernen
archeotex@bluewin.ch

Erwin Hildbrand
Schweizerisches Nationalmuseum
Sammlungszentrum
Lindenmoosstrasse 1
8910 Affoltern a. Albis
erwin.hildbrand@nationalmuseum.ch

Mathias Seifert
Archäologischer Dienst Graubünden
Gürtelstrasse 89
7000 Chur
mathias.seifert@adg.gr.ch