

Zeitschrift: Archäologie Bern : Jahrbuch des Archäologischen Dienstes des Kantons Bern = Archéologie bernoise : annuaire du Service archéologique du canton de Berne

Herausgeber: Archäologischer Dienst des Kantons Bern

Band: - (2016)

Artikel: Roggwil, Ahornweg 1 : die keltische Münzwerkstatt im Oppidum Fryburg

Autor: Bucher, Julia

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-726669>

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: 06.02.2026

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

Roggwil, Ahornweg 1

Die keltische Münzwerkstatt im Oppidum Fryburg

JULIA BUCHER

1

Einleitung

Im Jahr 2008 dokumentierte der Archäologische Dienst des Kantons Bern am Ahornweg 1 in der Flur Fryburg in Roggwil eine Grube, welche mehrere Lagen Siedlungs- und Brand- schutt enthielt.¹ Obwohl ein Teil des Befundes bereits durch die fortgeschrittenen Bauarbeiten zerstört worden war, konnte aus der verbliebenen Grubenfüllung eine grössere Menge spätlatènezeitlicher Funde geborgen werden. Neben dem umfangreichen Ensemble von Geschirrkeramik und fast einem Dutzend Mühlsteinfragmenten² fielen vor allem die mit über 7000 Exemplaren aussergewöhnlich grosse Menge an keramischen Tüpfelplattenbruchstücken sowie weitere Objekte der Metallverarbeitung auf. Sie liessen bereits während der Ausgrabung vermuten, dass hier die Reste einer Münzwerkstatt vorliegen.

Tüpfelplatten werden generell als Formen für die Herstellung von Rohlingen geprägter Münzen angesprochen und sind mit ihrer waben- oder waffelartigen Struktur ein sehr charakteristisches, jedoch eher seltenes Fundgut in spätlatènezeitlichen Siedlungen.

In der Flur Fryburg sprechen zahlreiche Geländemarkale, über mehrere Jahre bei Feldbegehungen geborgene Funde sowie Befunde aus Baubegleitungen und einer kürzlich durchgeführten Sondiergrabung für die Existenz eines *oppidums*, einer befestigten Siedlung aus der späten Eisenzeit. Die Münzwerkstatt befand sich vermutlich in der Nähe der Grube am südöstlichen Rand des Siedlungsareals. Die Geschirrkeramik sowie einige Eisenfibeln datieren die Verfüllung dieses Befundes in die Mitte des 1. Jahrhunderts v. Chr., in eine fortgeschrittene Stufe LT D2. Die zahlreichen keltischen Münzen aus der Flur Fryburg geben weitere Hinweise auf eine im 1. Jahrhundert v. Chr. bestehende Siedlung mit Münzstätte.³

Im Rahmen der Auswertung der Grabung von 2008 ergab sich die Möglichkeit, alle Funde aus dem Bereich des Metallhandwerks als Lizentiatsarbeit vorzulegen.⁴ In diesem Aufsatz werden die wichtigsten Resultate dieser Arbeit zusammengefasst.

2

Fragestellung und methodisches Vorgehen

Die Funde von Roggwil boten in ihrem Umfang eine einmalige Gelegenheit, einerseits technologische Fragen zum Herstellungsprozess der Münzrohlinge sowie zu Ofenaufbau und Werkstatteinrichtung zu untersuchen. Andererseits erlaubten sie, Informationen zu Produktionsumfang, -dauer und Organisation einer solchen Werkstatt zu gewinnen und einen Zusammenhang mit anderen Handwerksbereichen herzustellen, indirekt also auch wirtschaftliche und gesellschaftliche Aspekte zu beleuchten.

Neben den Tüpfelplatten (Abb. 1, 6 und 13) wurden weitere Reste technischer Keramik (mehrheitlich Düsen- und Ofenbruchstücke), Schlacken und die Metallreste (vor allem Buntmetallschmelzreste) aus der Grube in die Auswertung einbezogen. Die Basis bildete die detaillierte Beobachtung und Dokumentation der Funde mit verschiedenen Methoden. Zunächst wurden fast sämtliche keramischen Fundstücke geröntgt, um vorhandene Metallreste sichtbar zu machen. Anschliessend wurden die Funde gereinigt. Rund 300 Objekte mit besonders vielen Metallresten erfuhren eine sorgfältige Freilegung und Beprobung unter dem

1 Ramstein 2010.

2 Vorgelegt in den Aufsätzen von Peter Jud und Dirk Schimpfennig in diesem Jahrbuch.

3 Mündliche Mitteilung Christian Weiss, Inventar der Fundmünzen der Schweiz (IFS).

4 Bucher 2014.



Abb. 1: Roggwil, Ahornweg 1. Tüpfelplattenfragmente, Auswahl. Fotos, Querschnitte und schematische Zeichnungen des Spurenbildes. M. 1:2.

Mikroskop. Von einer kleineren Auswahl konnten schliesslich Struktur und Zusammensetzung von Keramik und Metallresten mineralogisch und elementanalytisch untersucht werden. Alle weiteren Objekte wurden von Auge untersucht, charakterisiert und soweit möglich qualitativ und quantitativ erfasst, um einen Überblick über das Fundensemble zu erhalten. Ziel war es, sowohl vorhandene Mengen- und Größenverhältnisse als auch alle Arten von Herstellungs- und Gebrauchsspuren an den Objekten zu dokumentieren und hinsichtlich der oben erwähnten Fragestellungen zu interpretieren.⁵

3

Das erste Geld nördlich der Alpen – Die keltische Münzherstellung

3.1

Kurzer Überblick über das Münzwesen

Die Verwendung und vermutlich auch die gleichzeitige Herstellung von Münzen begannen im Bereich der Schweiz und in Mitteleuropa im 3. Jahrhundert v. Chr. Wahrscheinlich brachten keltische Söldner Münzen aus Griechenland in ihre Heimat mit, die schliesslich als Vorbild für die lokalen keltischen Prägungen dienten. Ab der zweiten Hälfte des 2. Jahrhunderts v. Chr. wurden die griechischen von römischen Münzen als Vorlage für die Münzbilder abgelöst. Die Münzbilder vieler Quinare, der häufigsten keltischen Silbermünzen, leiten sich von Silberdenaren der römischen Republik ab, jedoch mit einem keltischen Pferd anstelle der reitenden Dioskuren oder der Quadriga auf der Rückseite (Abb. 2a-c). Keltische Neuschöpfungen sind dagegen zumeist die mit dem Münzbild gegossenen Potinmünzen (Potin: zinnreiche Kupferlegierung).⁶ Die keltischen Münzen übernahmen neben den Bildmotiven auch den

Gewichtsstandard der mediterranen Vorbilder, weshalb auch deren Nominalbegriffe gebräuchlich sind. Bei den Goldmünzen werden der griechische Stater und Teilstücke davon ($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{24}$) verwendet, bei Silbermünzen die griechische Drachme und der Obol sowie der römische Quinar. Die tatsächlich ausgemünzten Gewichte veränderten sich aber im Laufe der Zeit. Im Gebiet der Schweiz geprägte Quinare wogen im 2. und 1. Jahrhundert v. Chr. noch etwa 1,3 bis 1,7 g, Obole etwa 0,5 g, Potinmünzen 3 bis 5 g.⁷ Kaufkraft und Wertverhältnisse zwischen den einzelnen Nominalen lassen sich bis heute nicht eindeutig herleiten. Es wird jedoch angenommen, dass ab der zweiten Hälfte des 2. Jahrhunderts v. Chr. Obole die Teilstücke zu Quinaren darstellten (Viertelquinare)⁸ und im Laufe des 1. Jahrhunderts v. Chr. möglicherweise von Potinmünzen als «Kleingeld» abgelöst wurden.⁹

In der Schweiz wurden – abgesehen vom aussergewöhnlichen Fund der beiden Münzklumpen von Zürich, Alte Börse, mit rund 17 000 zusammengeschmolzenen Potinmünzen –¹⁰ bisher etwa 5000 keltische Münzen mit bekanntem Fundort geborgen.¹¹

Die frühen keltischen Münzen erfüllten nach Michael Nick wohl vor allem soziale und gesellschaftliche Funktionen innerhalb der Oberschicht. Denkbar sind «diplomatische» Geschenke, Gaben an die Gefolgschaft, Heiratsmitgiften, Sold- und Tributzahlungen oder religiöse

5 Neben Literatur zur keltischen Münzherstellung und Numismatik (vgl. Kap. 3) und zu Vergleichsfunden waren praktische Erfahrungen der Autorin aus Feldexperimenten zur eisenzeitlichen Münzherstellung von wesentlicher Bedeutung.

6 Brem/Hedinger 1999.

7 Burkhardt 2008, 98–125.

8 Brem/Hedinger 1999, 223; Kellner 1990, 16.

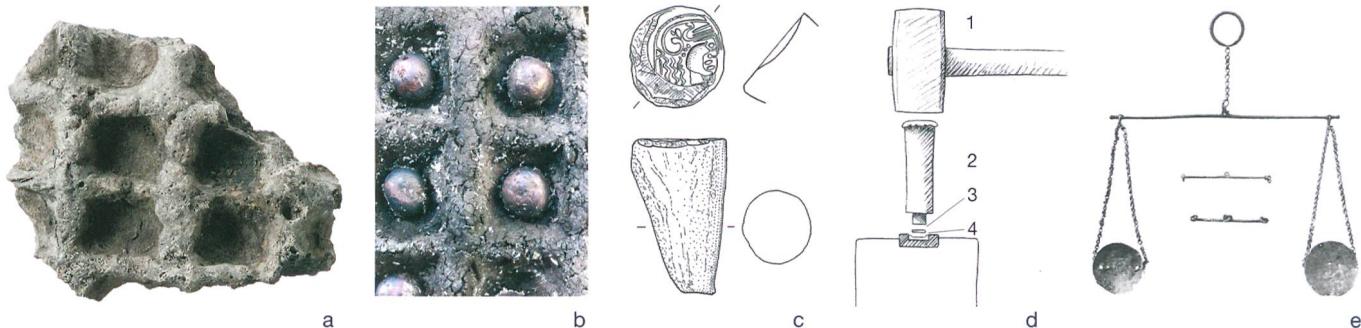
9 Nick 2006a, 65, 82; Nick 2011, 187.

10 Nick 2009.

11 Brem/Hedinger 1999, 222 sowie schriftliche Mitteilung von Michael Nick, IFS.

Abb. 2: Roggwil, Fryburg. Keltische Münzen und Münzrohlinge.
a Silberquinar, Büschel;
b Silberquinar, Ninno;
c Silberquinar, Büschel, subaerat (mit stark kupferhaltigem Kern und dünner, heute beschädigter Silberhülle);
d silberner Obol oder Viertelquinar;
e Potinmünze vom Zürcher Typ;
f silberner Münzschrötlung in Quinargewicht;
g vermutlich silberner Münzrohling in Quinargewicht. M. 1:1.





Opfer.¹² Dazu gehören auch die Niederlegung von grösseren Münzhorten oder einzelnen Münzen an besonderen Orten oder in Heiligtümern¹³ oder die Mitgabe von Münzen bei der Bestattung als sogenannter «Charonpfennig». Letzteres ist zum Beispiel im Gräberfeld von Bern, Reichenbachstrasse,¹⁴ im *oppidum* auf der Engehalbinsel nachgewiesen. Manche grösseren Horte werden als «Münzschatze» oder «Vermögen» interpretiert, die in unruhigen Zeiten zum Schutz im Boden verwahrt und nicht mehr gehoben wurden.¹⁵ Die wirtschaftliche Funktion, also die Verwendung von Münzgeld als Zahlungsmittel im Rahmen von Handel, etablierte sich aber spätestens im Verlaufe der Spätlatènezeit mit der Zunahme des Münzumlaufs und der Prägetätigkeit. Im Laufe des 1. Jahrhunderts v. Chr. scheint der Münzgebrauch in der Nordostschweiz aufzuhören. In der Mittel- und Westschweiz beziehungsweise in Ostgallien bestehen Münzumlauf und Prägetätigkeit unter wachsendem römischem Einfluss weiter.¹⁶ Die Münzproduktion in Roggwil fällt sowohl räumlich als auch zeitlich in diese letzte Phase der keltischen Prägetätigkeit im Gebiet der Schweiz.

Über die Auftraggeber der Münzprägung in keltischer Zeit können bisher nur vage Aussagen getroffen werden. Generell wird die Münzherrschaft der gallischen Führungsschicht zugeschrieben, da vermutlich nur diese über die Rohstoffe, insbesondere Edelmetalle, verfügte. Einige Personennamen auf Silbermünzen aus dem gallischen Raum können als *nobiles*, das heisst Mitglieder der keltischen Oberschicht, identifiziert werden.¹⁷ Dazu gehört möglicherweise der griechische Schriftzug KALETEDOU auf den auch in der Schweiz recht häufigen Kaletedou-Quinaren.¹⁸ Bei solchen Namen wird angenommen, dass es sich zumindest ursprünglich jeweils um jene Person handelt, die die Prägung veranlasst hat.

Mögliche Prägeorte einzelner Münztypen können mittels Verbreitungskarten eingegrenzt werden.¹⁹ Die Münzstätten befanden sich vermutlich in Grosssiedlungen an wichtigen Verkehrswegen. Dort treten gehäuft Münzfunde auf, zudem gelten sie als wirtschaftliche Zentren und auch als die Sitze der noblen «Münzherren».²⁰ Doch erst Funde eindeutiger Bestandteile des Produktionsprozesses wie Tüpfelplatten, ungeprägte Münzschrötlinge des richtigen Gewichtes, entsprechende Münzstempel oder deren Patrize – im Idealfall mehrere in Vergesellschaftung – sind starke Indizien für eine Herstellung von Münzen am Ort (Abb. 4). Produktionseinrichtungen und spezifische Reste der Bunt- und Edelmetallverarbeitung können schliesslich die Interpretation als Münzprägestätte stützen.

3.2

Archäologische Funde zur keltischen Münzherstellung

Tüpfelplatten finden sich in ähnlicher Form fast im gesamten keltischen Kulturräum und sind bisher aus etwa 70 Fundstellen bekannt.²¹ Von den meisten Orten sind nur einzelne oder wenige Dutzend Tüpfelplattenfragmente überliefert. Die bisher grösste publizierte Menge

Abb. 3: a Tüpfelplatten-fragment aus dem *oppidum* von Rheinau ZH. Etwa M. 1:1; b kugelig zusammengeschmolzene Rohlinge in einer Tüpfelplatte aus einem Feldexperiment. Etwa M. 1:1; c zeichnerische Darstellung des keltischen Münzstempels vom Mont Vully FR. Der Vorderseitenstempel (Originallänge 24,3 mm) zeigt das Münzbild eines Kaletedou-Quinars; d schematische Darstellung der Münzherstellung mittels Hammerprägung. 1 Schlaghammer; 2 Rückseitenstempel/ Oberstempel; 3 Schrötling; 4 Vorderseitenstempel/ Unterstempel; e vollständige keltische Feinwaage sowie zwei weitere Waagebalken aus dem *oppidum* vom Hradiště bei Stradonice (CZ), Bronze. Länge der Waagebalken: 150 mm, 60 mm, 51 mm.

12 Nick 2006a, 255.

13 Z. B. Brem/Hedinger 1999, 226–227; Frey-Kupper 1999, 54–55.

14 Frey-Kupper/Nick 2014.

15 Z. B. Kellner 1990.

16 Nick 2006a, 255–256.

17 Nick 2006a, 233–237, auch Anm. 858, 859.

18 Marti/Nick/Peter 2013, 33.

19 Zur Analyse von Verbreitungskarten: Nick 2006a, 113–116.

20 Nick 2006a, 256–257.

21 Auflistung bei Bucher 2014, 30, Abb. 21, sowie Nagy et al. in Vorbereitung (dort mit vollständiger Literatur).

Archäologische Indizien für lokale Münzherstellung

<ul style="list-style-type: none"> – Münzstempel (Ober-, Unterstempel, Matrizen, Patrizen, Bleiabschläge, Stempelgussform, Stempelhalterungen, eindeutig der Stempelherstellung zuzuordnende (Bild-)Punzen) – Tüpfelplatten (vorzugsweise mit Gebrauchsspuren/Metallresten) – ungeprägte, evtl. geplättete Rohlinge (Schrötlinge) von passendem Material und Gewicht – fertige Münzen des gleichen Typs, vorzugsweise stempelgleich und/oder gleicher Legierung wie die Produktionsreste oder wie die Metallreste an der technischen Keramik – Verbreitungsschwerpunkt eines Münztyps und Nachweise auch im regionalen Umfeld 	Starke Indizien
<ul style="list-style-type: none"> – Guss- oder Schmelzreste von passendem Material – zerteilte Münzen oder halb zusammengeschmolzene Münzen passender Legierung – weitere Produktionsreste der entsprechenden Legierungen wie Granulat, evtl. Blechreste, evtl. Stangen mit Kerben (Ausgangsmaterial für Rohlinge) 	Gute, stützende Hinweise
<ul style="list-style-type: none"> – Feinwaage und/oder Gewichte – Rohmetall, Barren oder Metallschrott entsprechender beteiligter Metalle 	Stützende Hinweise
<p>Werkstatteinrichtungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> – kleine Ofen-/Werkgruben und Werkplätze mit Spuren von Hochtemperaturprozessen (gebrannter/vergaster Lehm), evtl. mit Metallresten – Holzkohle/Asche im Zusammenhang mit entsprechenden Funden oder Befunden, nach Möglichkeit nachgewiesenermassen von einem Hochtemperaturprozess – Ofenteile und Teile eines Gebläsesystems, mit Spuren von Hochtemperaturprozessen (Verglasung), evtl. mit Metallresten 	Nachweise der Bunt- und/oder Edelmetallverarbeitung
<p>Werkzeuge:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Schwerer Schmiedehammer (Prägung), Amboss, Zange (feine Schmiede-, Tiegelzange) – Schmelziegel, evtl. mit Metallresten; Herdschaufel – Feile, Pinzette, Meissel, Punzen, Gravurinstrumente, Feinschmiedehammer 	Stützende Hinweise

Abb. 4: Zusammenstellung von möglichen archäologischen Funden und Befunden und deren Aussagekraft in Bezug zur lokalen Münzherstellung.

stammt aus der Siedlung von Sleaford (GB) mit 4379 Fragmenten. Aus einigen weiteren britischen Fundstellen liegen Ensembles mit mehreren Hundert Fragmenten vor. Aus dem *oppidum* auf dem Titelberg (LU) stammen bisher um die 1000 Fragmente, aus jenem in Manching (DE) etwa 160 und aus jenem in Závist (CZ) mindestens 89.²² In der Schweiz lieferten mit Roggwil bisher mindestens sieben Siedlungen Belege für die Münzherstellung (Abb. 5), darunter sicher vier Tüpfelplatten (Abb. 3a) und drei je einen Münzprägestempel (Abb. 3c). In Avenches VD, Sur Fourches, gelangten neben zwei Tüpfelplattenfragmenten auch ein ungeprägter Münzschrötling und einige geprägte Silberquinare in dieselbe Grube.²³ Eine solch direkte Verbindung von eindeutigen Produktionshinweisen ist jedoch selten. Münzrohlinge, Münzen und Stempel waren wertvoll und wurden in der Regel mitgenommen oder umgearbeitet. Verlorene oder deponierte Exemplare, die bis heute überdauert haben, wurden meist bei Feldbegehungen mit dem Metalldetektor gefunden. Die Tüpfelplatten stammen oft aus Abfallgruben oder Schüttungsschichten und sind dabei mit Resten der Metallverarbeitung und

weiteren Siedlungsfunden vergesellschaftet. In einigen Fällen wurden Tüpfelplattenfragmente bei Grabungen im Bereich von Metallwerkstätten entdeckt.²⁴ Eine eindeutig der Münzherstellung zuweisbare Werkstatteinrichtung mit einem Schmelzofen zur Verwendung von Tüpfelplatten wurde bisher noch nirgends dokumentiert.

3.3

Kenntnisse zum Herstellungsablauf

Durch archäologische Funde, Übertragungen aus der antiken Münztechnik und wenige praktische Versuche ist bereits einiges zum Herstellungsablauf bekannt. Im Detail sind die Kenntnisse über die einzelnen Produktionsschritte vom Metall bis hin zur fertigen Münze aber noch immer lückenhaft.

²² Sleaford und weitere englische Fundstellen: Elsdon 1997, 51–55, 64; Titelberg: Gerber/Burkhardt/Helmi 2001, 116; Manching: Kellner 1990, 131–147, Taf. 31–40; Závist: Lehrberger et al. 1997, Katalog, 346–348, 535–537 (Nr. C 901–991).

²³ Bündgen et al. 2008, 51–54.

²⁴ Manching: Gebhard 1995; Titelberg: Rowlett/Sander-Jorgensen Rowlett/Thomas 1996; Závist: Jansová 1974; Rheinau ZH: Nagy et al. in Vorbereitung.

Schweizer Fundstellen mit Funden der Münzherstellung

	Stempel	Tüpfelplatten- fragmente	Rohlinge/ Schrötlinge	Mögliche Münztypen (Fundmünzen)	Keltische Fundmünzen (Anzahl)	Schmelzreste/ Barren/ Recycling (halbierte Münzen)	Feinwaage
Basel BS, Gasfabrik	1	–	x	x	604	–	–
Mont Vully FR	1	–	–	x	73	–	–
Avenches VD	1	1	/1	(x)	14	–	–
Rheinau ZH	–	16	–	x	250	1+ / x / x	2
Altenburg (DE)	–	4+	1 (5) / 1 (2)	x	608	10 / (1) / (14)	2
Zürich ZH, Üetliberg	–	(1)	–	x	56	x //	–
Zürich ZH, Stadt	–	2	–	x	25	(x) //	–
Roggwil BE, Fryburg	–	7157	3 (4) / 2 (3)	x	230	x //	–

Abb. 5: Zusammenstellung der Funde aus Schweizer Fundstellen der Spätlatènezeit, die Hinweise auf lokale Münzherstellung in der Form von Tüpfelplatten, Münzstempeln oder Münzschrötlingen erbrachten. Es fehlen Siedlungen, bei denen bisher nur das Münzspektrum oder Verbreitungsschwerpunkte eine Münzprägung nahelegen. Zahlen: Anzahl Fundstücke/Fragmente; x: Nachweis vorhanden. Quellen: Basel: Nick 2013b, 15; Blöck et al. 2012, 395, sowie persönliche Mitteilung Michael Nick. Mont Vully: Kaenel/Auberson 1996; Nick 2013a. Avenches: Bündgen et al. 2008; Nick 2013a. Doppeloppidum Altenburg-Rheinau: Nick 2012, 548, 552–556; Nick 2012; Nick 2011 sowie persönliche Mitteilung Patrick Nagy. Zürich-Üetliberg: Furger-Gunti 1991; Nick 2009; Nick 2012, 549. Zürich-Stadt (ohne Münzklumpen von Zürich-Börse): Balmer 2010; Bertolaccini 2009. Roggwil: persönliche Mitteilung Christian Weiss. Stand Oktober 2015.

Das Münzbild kann sowohl mit Stempeln auf eine Rohform, einen sogenannten Münzschrötling, aufgeprägt als auch direkt mit der Münze gegossen werden. Besonders bei Edelmetallmünzen waren der Materialwert und damit Reinheit und Gewicht von wesentlicher Bedeutung. Dies wurde durch das sorgfältige Abwiegen einzelner Münzportionen mit genauen Waagen und das «Gütesiegel» der Prägung gewährleistet.²⁵ Funde bronzer Feinwaagen sind aus zahlreichen keltischen Siedlungen bekannt (Abb. 3e).²⁶

Rohlinge für geprägte Münzen wurden in den keltischen Werkstätten, anders als im griechischen und römischen Raum, in Tüpfelplatten hergestellt. Längere Zeit ging die Forschung davon aus, das Metall sei flüssig in die Vertiefungen gegossen worden, welche so auch die Form und Grösse der Rohlinge bestimmten, und die Platten hätten zur Entnahme der Metallrohlinge zerbrochen werden müssen.²⁷ Jedoch blieb ein gewisser Zweifel bestehen, da man sich nicht vorstellen konnte, wie Münzgewichte mit so geringen Abweichungen durch Guss zu erreichen waren. Bereits Castelin erkannte die Verglasung auf der Oberseite der Platten, die zwar durch starke Hitzeinwirkung, aber nicht einzig durch den Guss entstanden sein konnte. Er schlug vor, dass die Rohlinge durch Zusammenschmelzen zuvor abgewogenen Materials hergestellt wurden, indem man sie einzeln mithilfe

eines glühenden Holzkohlestückes und eines Blasrohres (eine bekannte Goldschmiedetechnik) in den Vertiefungen erhitzte.²⁸ Tylecote beschrieb etwas später die rationellere Methode des Erhitzens einer ganzen Platte unter einer Schicht glühender Holzkohle, welche er in praktischen Versuchen getestet hatte.²⁹ Die jüngere Forschung geht mit wenigen Ausnahmen davon aus, dass Metallgranulat oder Metallstaub in den einzelnen Vertiefungen geschmolzen und nicht hineingegossen wurde.³⁰ Beim Schmelzen bilden sich in den Vertiefungen durch die Oberflächenspannung des flüssigen Metalls abgeflachte Kugelchen mit glatter Oberfläche, welche in abgekühltem Zustand leicht entnommen werden können, ohne die Platten zu zerbrechen (Abb. 3b).³¹

25 Moesta/Franke 1995, 98.

26 Z. B. Závist: Castelin 1965, 84–87, Abb. 8.

27 Castelin 1965, 71–73; Elsdon 1997, 53.

28 Castelin 1965, 73–76.

29 Tylecote 1962, 103.

30 Z. B. Tournaire et al. 1982; Gebhard et al. 1995; Lehrberger et al. 1997; Elsdon 1997; Gerber/Burkhardt/Helmig 2001. Die Verwendung zum Schmelzen anderer kleinteiliger Objekte wie Schmuckbestandteile ist prinzipiell nicht ausgeschlossen. Kleine Objekte wie Niete, Beschläge, Ringe etc. wurden aber vermutlich nicht in so enormen Mengen benötigt, mussten nicht zwingend dasselbe Gewicht aufweisen und wurden eher durch das Abtrennen von Stäben oder Stangen und anschliessendes Schmieden hergestellt.

31 Tylecote 1962, 103; Lehrberger et al. 1997, 88; Bucher et al. 2011a, 125.

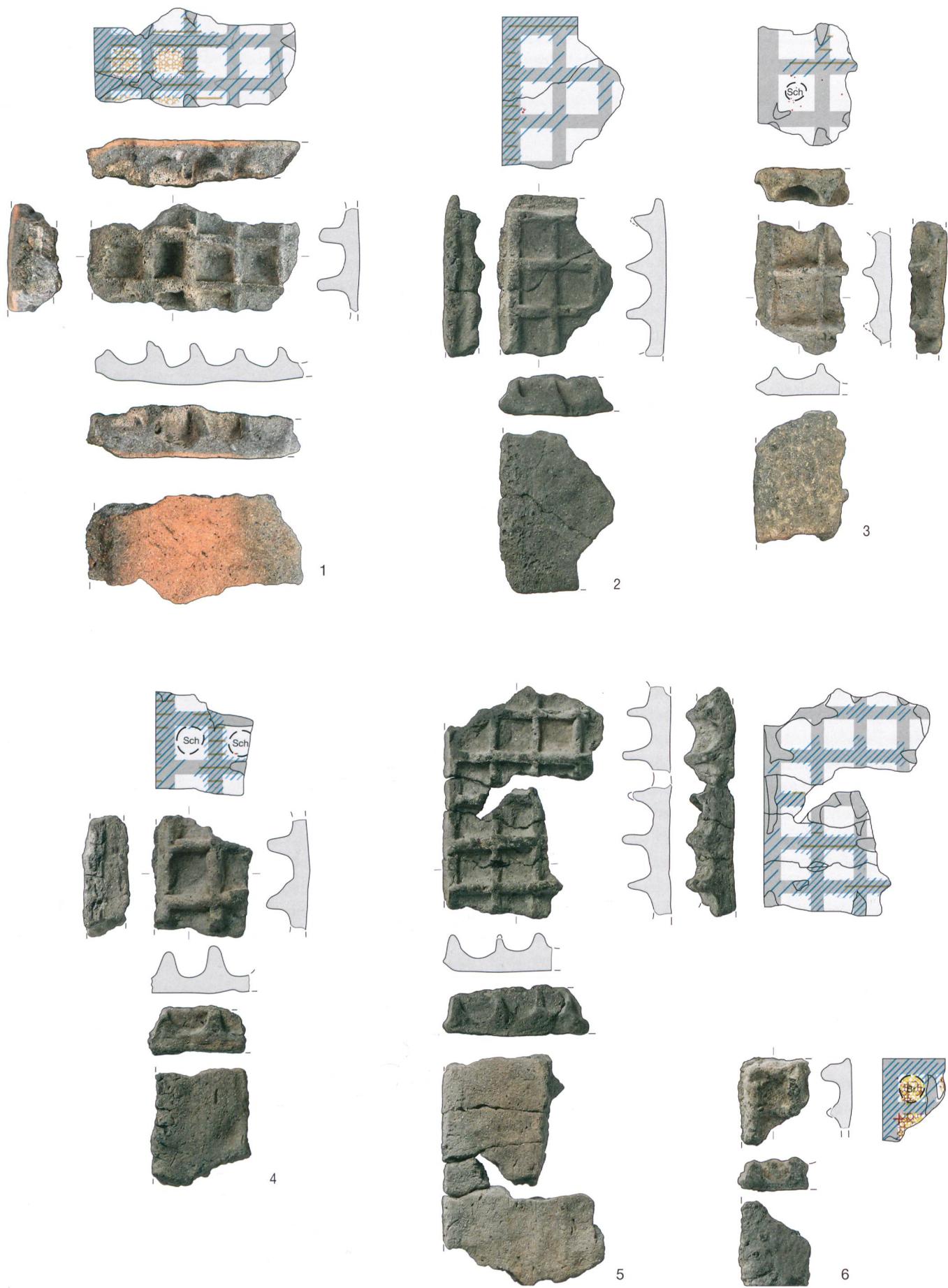


Abb. 6: Roggwil, Ahornweg 1. Tüpfelplattenfragmente, Auswahl. Fotos, Querschnitte und schematische Zeichnungen des Spurenbildes. M. 1:2.

Die kugeligen Rohlinge mussten in einem weiteren Schritt flachgehämmert werden, da die starke Verformung zur flachen Münze nicht allein mit dem Prägeschlag erreicht werden kann.³² Hierzu dienten Hammer und Amboss, möglicherweise auch Stempel mit glatter Schlagfläche. Die nun flacheren sogenannten Münzschrötlinge wurden vermutlich nochmals auf Rotglut erhitzt, um sie durch die Rekristallisation weicher und leichter prägbar zu machen. Die Prägung erfolgte mit einem einzigen Schlag, wobei der Schrötling auf dem fest installierten Unterstempel platziert und dann der frei geführte Oberseitenstempel daraufgesetzt wurde. Mit dem Schlag eines schweren Hammers auf das hintere Ende des Oberseitenstempels wurde das Münzbild übertragen (Abb. 3d).³³ Die Stempel selbst bestanden aus gehärtetem Eisen oder einer in Eisen gefassten, harten Bronzelegierung und wurden mittels feiner Punzen oder einer vorgefertigten Patrize («Positivform») mit dem Münzbild versehen.³⁴

4

Handwerker im Oppidum – Die Münzwerkstatt von Roggwil

Die rund $7,5 \times 6$ m grosse und bis 2,4 m tiefe Grube am Ahornweg 1 in Roggwil diente möglicherweise ursprünglich als Kellerraum. Nach der Auflösung wurde sie mit Abfall und Aushubmaterial verfüllt, welches von einem Siedlungsareal in der Nähe von Wohnbereichen und Metallwerkstätten stammen muss und in mehreren Fuhren in die Grube umgelagert wurde. Obwohl in Roggwil bisher keine Gebäude- oder Werkstattstrukturen ausgegraben worden sind, kann anhand der zahlreichen Tüpfelplattenfragmente auf eine im *oppidum* in Betrieb stehende Münzwerkstatt geschlossen werden. Alle Verfüllschichten enthielten Tüpfelplatten, Düsenfragmente, Buntmetallreste und Holzkohle in unterschiedlichen Anteilen.³⁵

4.1.

Schmelzformen aus Ton – Die Funktion der Tüpfelplatten

Es wurden insgesamt 7157 Fragmente von Tüpfelplatten geborgen. Ein Fragment umfasst im Durchschnitt etwa eineinhalb bis zwei Vertiefungen, wobei das grösste Fragment 30 Vertiefungen (Abb. 1,1), die kleinsten nur etwa eine halbe Vertiefung aufweisen. Die Erhaltung der Stücke erweckt den Eindruck, dass die Fragmente bereits zerbrochen in die Grube kamen und davor der Witterung und eventuell mechanischer Belastung durch Verlagerung oder Begehung ausgesetzt waren.

4.1.1

Herstellungsspuren

An allen Tüpfelplattenfragmenten kann sowohl mineralische als auch organische Magerung beobachtet werden. Bereits von Auge und unter dem optischen Mikroskop erkennt man im Bruch kleine helle Steinchen sowie zahlreiche feine, horizontal liegende Hohlräume einer ursprünglich organischen, faserig erscheinenden Magerung (Abb. 7a). Die Hohlräume sind sowohl auf den Röntgenradiografien als auch in den Röntgentomografien (Abb. 9d) deutlich sichtbar.

Die Untersuchungen an den Dünn- und Dickschliffen bestätigen diese Beobachtungen.³⁶ Die neun untersuchten Fragmente aus unterschiedlichen Schichten der Grube bestehen

Abb. 7: Roggwil, Ahornweg 1.
 a Tüpfelplattenfragment mit im Bruch deutlichen, horizontal liegenden Hohlräumen organischer Magerung;
 b Tüpfelplattenfragment mit Abdrücken feiner, paralleler Linien auf der Unterseite, die an die Maserung eines Holzbrettes erinnern;
 c fein gerippter Eindruck in der verglasten Oberfläche des Randsteges – vermutlich von einem Holzkohlestück;
 d rekonstruierter Herstellungsablauf: Eindrücken der Vertiefungen mit einem einzelnen Holzstempel.



32 Z. B. Lehrberger et al. 1997, 98.

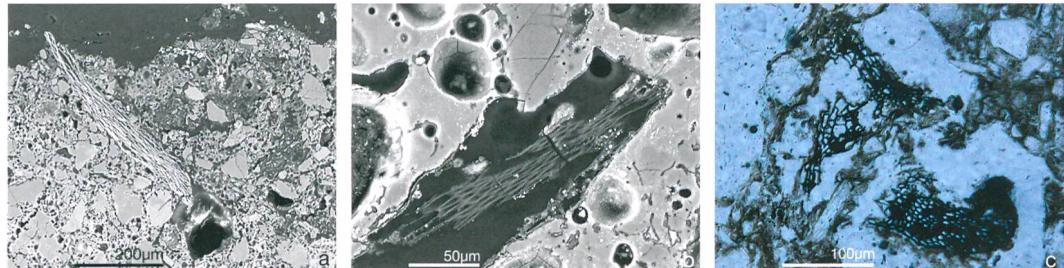
33 Moesta/Franke 1995, 80, 83.

34 Ziegau 2014, 19–26.

35 Befunddiskussion im Aufsatz von Peter Jud in diesem Jahrbuch, 119–121.

36 Die Ergebnisse dieser Untersuchungen am Departement für Geowissenschaften der Universität Fribourg sind in einem internen Bericht von Dr. Roy Tritschack detailliert festgehalten: Tritschack 2014.

Abb. 8: Roggwil, Ahornweg 1.
 a durch die Temperatureinwirkung von über 650–850 °C deutlich exfoliertes, aufgeblähtes Hellglimmermineral im oberen verglasten Bereich einer Tüpfelplatte. Sekundärelektronenbild am Dickschliff, Massstabsbalken 0,2 mm;
 b verkohlter Rest organischer Magerungsmaterial mit gut erhaltener Zellstruktur, umgeben von der verglasten Tonmasse. Sekundärelektronenbild am Dickschliff, Massstabsbalken 0,05 mm;
 c verkohlte, fetzenartige Gewebereste mit runden Zellstrukturen. Polarisationsmikroskopische Hellfeldaufnahme am Dünnschliff, Massstabsbalken 0,1 mm.



jeweils zu rund 40 bis 50 % aus mineralischen Magerungskörnern. Ein kleiner Teil entfällt auf eine feine, natürlich vorhandene, gerundete Quarzmagerung mit einer Korngrösse unter 0,02 mm Durchmesser. Der grösste Teil besteht aus Quarz und Feldspäten mit wenig Hellglimmer zwischen 0,02 und 0,5 mm Durchmesser (Grobsilt-Mittelsand), deren kantige bis scharfkantige Form für eine aktive Zugabe zerkleinerten und gesiebten Steingruses spricht. Ausgangsmaterial war ein metamorph überprägtes Gestein wie beispielsweise Gneis, welches im Mittelland im Moränenmaterial ansteht. In einigen der Hohlräume konnten in den Schliffen sowohl mit dem Polarisationsmikroskop als auch mit dem Rasterelektronenmikroskop verkohlte Reste der organischen Magerung mit erkennbarer Zellstruktur dokumentiert werden (Abb. 8b–c). Bei der verwendeten Tonmasse handelt es sich bei allen Proben um den gleichen, siliciumreichen, aluminiumarmen und deshalb nicht sehr hitzebeständigen Ton (60–70 % Si, 25 % Al, etwa 5 % Fe, etwa 0,2–0,5 % Ca), wie er im Schweizer Mittelland häufig ist.³⁷ Der insgesamt niedrige Calciumgehalt weist eher auf eine oberflächen- oder flussnahe Gewinnung hin, vermutlich in Siedlungsnähe.

Bei metallurgischen Prozessen verwendete Keramik ist in der Regel höheren Temperaturen ausgesetzt als Geschirrkeramik während des Brandes oder Kochgeschirr im Gebrauch und muss auch unter diesen Bedingungen formstabil bleiben. Daneben sind je nach Einsatzgebiet weitere Eigenschaften erwünscht. Die

Tüpfelplatten von Roggwil wurden für einen speziellen Schmelzprozess angefertigt und erfüllten ihren Zweck offenbar optimal, da kaum ein Stück aufgrund der Hitze wesentlich seine Form veränderte. Die starke, quarz- und feldspatreiche Magerung erhöhte die Temperatur- und Formbeständigkeit des Tons.³⁸ Die faserartigen organischen Zuschläge beugten zudem SpannungsrisSEN vor, erhöhten beim Verbrennen die reduzierende Atmosphäre und die Hohlräume verstärkten die thermische Isolation, sodass die von oben auf das Metall geführte Hitze weniger nach unten durch die Platte verloren ging.³⁹ Auf diese Weise gemaßigte Tüpfelplatten können bereits getrocknet, das heißt ungebrannt, zum Schmelzen von Metallrohlingen verwendet werden.⁴⁰

Die Vertiefungen der Tüpfelplatten sind an ein und demselben Fragment immer gleichförmig und sehr regelmässig in Reihen angeordnet. Die von oben gesehen quadratische bis rechteckige Form und die oft steilen Wände wurden jeweils mit einem einzelnen Stempel aus festem Material, vermutlich Holz, eingedrückt. Dass nicht alle Vertiefungen einer Tüpfelplatte gleichzeitig, quasi durch eine Negativplatte, eingestempelt wurden, wie dies an

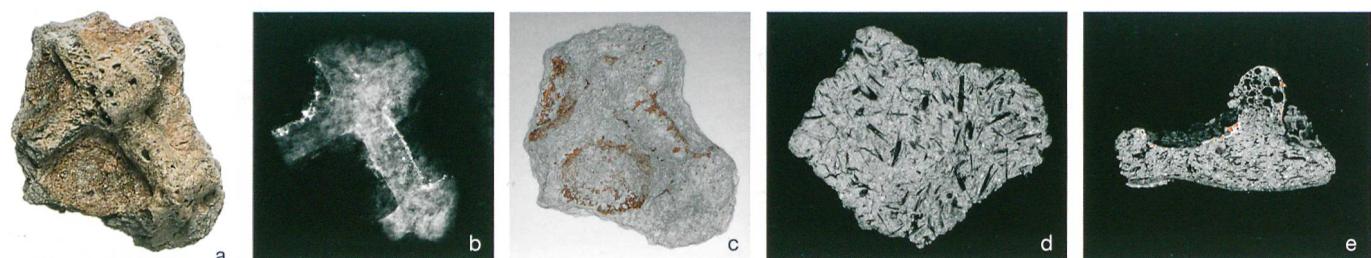
37 Bestimmung und Charakterisierung der Tonmasse mittels Röntgenfluoreszenz (RFA/XRF) an pulverisierten Proben und Polarisationsmikroskopie an Dünnschliffen.

38 Velde/Druc 1999, 103, 116–117.

39 Velde/Druc 1999, 118, 126–127, 158–159, 161. Vgl. auch Rehren 1997, 36.

40 Bucher et al. 2011a.

Abb. 9: Roggwil, Ahornweg 1.
 a Fotografie eines Tüpfelplattenfragmente, entspricht Abb. 13, 6. M. 1:1; b Röntgenbild desselben Fragmentes mit deutlich sichtbaren Reguli und metallreich verschlackten Bereichen entlang der Wände der Vertiefungen; c–e 3D-Modell und virtuelle Schnittbilder (horizontal und vertikal) der Röntgentomografie. Orange eingefärbt sind die dichtesten/metallreichen Areale.



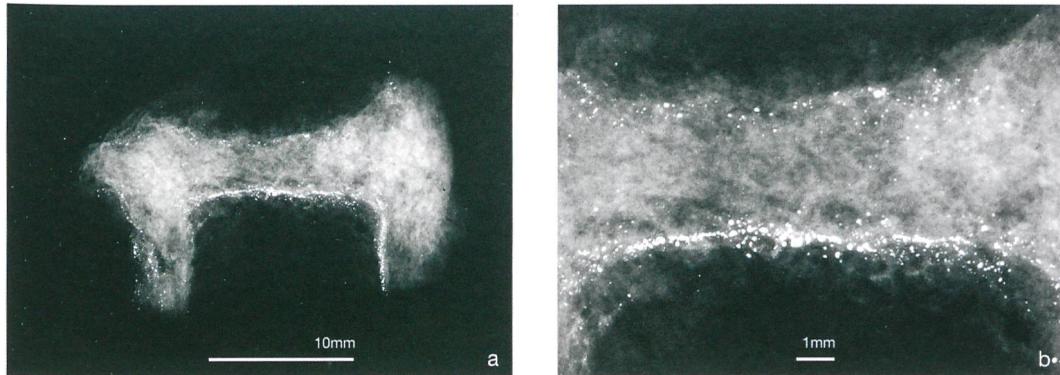


Abb. 10: Roggwil, Ahornweg 1.
a hochauflösende Fotografie eines originalen, durchleuchteten Röntgenfilms. Das Tüpfelplattenfragment zeigt aussergewöhnlich viele und grosse Metallreguli entlang der Wände;
b vergrösserter Ausschnitt.

anderer Stelle schon vermutet wurde,⁴¹ belegen die Stege: Sie sind manchmal leicht in die angrenzende Vertiefung hineingewölbt, wohin sie beim Eindrücken der jeweils nächsten Vertiefung auswichen (z. B. Abb. 1,1). So wird auch die Stempelungsrichtung ersichtlich. Als Arbeitsunterlage dienten sowohl harte, ebene Flächen als auch weiche Unterlagen. Feine Abdrukke an der Unterseite von einigen Tüpfelplatten erinnern an Holzbretter (Abb. 7b). Eine generell sorgfältige und regelmässige Herstellung der Tüpfelplatten sowie die fertigungstechnische Form der Plattenränder weisen auf eine serielle Produktion hin. Weitere Herstellungsmerkmale lassen individuelle Züge erkennen und machen die Beteiligung mehrerer Personen wahrscheinlich. Es scheinen ausserdem innerhalb jedes der sechs Einfüllhorizonte der Grube etwa fünf bis 15 verschiedene Stempel und in jedem Horizont wieder neue Stempel verwendet worden zu sein, was auf mehr als ein Produktionsereignis hinweist.

4.1.2

Gebrauchsspuren

Die Gebrauchsspuren an den Tüpfelplattenfragmenten zeigen, dass alle Stücke zum Schmelzen verwendet worden sind. Die hauptsächlich graue bis dunkelgraue Farbe im Bruch bedeutet, dass der Schmelzprozess mehrheitlich unter reduzierenden Bedingungen stattfand.⁴² Etwa ein Drittel der Platten zeigt an der Unterseite und in den untersten 1–3 mm eine beige bis rötliche Färbung. Die Unterseite war also in diesen Fällen oxidierenden Bedingungen ausgesetzt, was möglicherweise auf die noch warme Entnahme aus dem Ofen nach dem Schmelzen zurückzuführen ist. Bei mehr als der Hälfte der Fragmente ist bereits von Auge eine deutliche Hitzeinwir-

kung in Form einer verglasten und blasig aufgeschäumten Oberfläche erkennbar. Die oberen Teile der Stege sowie die Randaussenseite sind meistens am stärksten verglast (z. B. Abb. 19e; 6,4). Bei etwa einem Drittel weist auch die Unterseite randliche Verglasung auf, jedoch eher selten so stark wie in Abb. 13,1. Auf mikroskopischer Ebene zeigt sich auch in vielen nicht blasigen Bereichen eine Verglasung der keramischen Matrix. Anhand spezifischer Minerale, welche sich bei bestimmten, bekannten Temperaturen bilden oder eine Umwandlung durchmachen (Abb. 8a), kann für deutlich verglaste Bereiche der Tüpfelplatten eine erreichte Temperatur von mehrheitlich über 1000 °C angenommen werden. Die mehr oder weniger unverglasten Unterseiten waren oft nur einer Temperatur unter 650 bis 850 °C ausgesetzt.⁴³ Ein solcher Temperaturunterschied von der Ober- zur Unterseite von bis zu 400 °C ist unter anderem ein Hinweis auf eine nur kurze Hitzeinwirkung, da sonst der untere Teil der Platte durch die Wärmeleitung der Keramik wesentlich heißer geworden wäre. Solch unterschiedlich starke Verglasung wurde auch an Tüpfelplatten von anderen Fundorten beobachtet, aber erst in einem Fall materialanalytisch bestätigt.⁴⁴

Rasterelektronenmikroskopisch zeigt sich ausserdem in stärker verglasten Bereichen eine dünne äussere Glasschicht von meist nur 0,1–0,2 mm Dicke, die vor allem an Boden und Wänden der Vertiefungen erhalten ist (Abb. 12a).

41 Tournaire et al. 1982, 429.

42 Velde/Druc 1999, 122–126, 127.

43 Mineralogische Bestimmung durch Röntgendiffraktometrie (RPD) an pulverisierten Proben von Oberseiten, Mitte und Unterseiten der Tüpfelplatten: Tritschack 2014, 35–40.

44 Bes. Lehrberger et al. 1997, 111–113.

Sie könnte sich durch den Kontakt mit der Holz(kohle)asche oder mit der Metallschmelze gebildet haben.⁴⁵ Die feinen Metalltröpfchen befinden sich immer in dieser Zone. Konkrete Hinweise auf aufliegende Holzkohle sind Abdrücke von Holzmaserung in einigen verglasten Bereichen (Abb. 7c) sowie teilweise eingeschmolzene, feine Holzkohlereste.

In Vertiefungen mit besonders starker Verglasung haben sich metallische Reste in Form von Tröpfchen, sogenannten Reguli, oder metallreicher Verschlackung erhalten. Sie zeichnen sich auf den Röntgenaufnahmen als besonders helle Bereiche ab (Abb. 9b; 10) und sind an rund 12 % aller Fragmente deutlich vorhanden. Weitere 11 % enthalten vermutlich gering metallreiche Reste. Die meisten tröpfchenartigen Metallreste sind sehr klein, < 0,01–1 mm, wobei die kleineren deutlich überwiegen. Sie finden sich mehrheitlich einzeln oder in kleinen Mengen entlang der Wände. Nur an einigen Dutzend Plattenfragmenten sind Ansammlungen von 70 bis 200 Tröpfchen in einer Vertiefung erhalten, oft in Verbindung mit metallreicher Verschlackung im unteren Wandbereich oder am Boden der Vertiefungen (Abb. 13, 6; 9). Grössere Schmelzreste bis zu 4 mm Durchmesser (Abb. 11c) sind wesentlich seltener und oft verschlackt oder in die Keramik hineingeflossen. Die dreidimensionale Verteilung der Metallreste lässt sich sehr gut in digitalen Modellen darstellen, die anhand von Röntgentomografien an sieben Fragmenten erstellt wurden (Abb. 9c–e).⁴⁶ Die virtuellen Schnittbilder eignen sich ausserdem hervorragend als Hilfe für die Platzierung von physischen Dünn- und Dickschliffen an Objekten.

An sorgfältig gereinigten Tüpfelplattenfragmenten können einige Metallreste *in situ* beobachtet werden. Fast immer sind sie halb oder ganz in die verglaste Oberfläche eingesunken und zeigen sich matt anthrazitfarben, seltener auch silbern glänzend (Abb. 11a–b). Viele sind deutlich korrodiert, ausgebrochen oder gar nur

noch durch Negativabdrücke in der Wandung zu erahnen. Stark metallreich verschlackte Areale sind oft rötlich, gelblich, grünlich oder anthrazitfarben verfärbt (Abb. 11d). Nur unter dem Rasterelektronenmikroskop erkennt man auch die Reguli in der Grössenordnung von < 0,001–0,005 mm, die in die äussere Glasschicht eingesunken sind (Abb. 11b–d).

Um Informationen über die Zusammensetzung der Metallreste zu gewinnen, wurden Elementmessungen an ausgewählten Dickschliffen von Tüpfelplatten, an *in situ* an der Oberfläche sichtbaren Reguli sowie an Anschliffen von eingebettetem, aus den Vertiefungen ausgewaschenem Sediment mit Reguli durchgeführt.⁴⁷ Die bisherigen Resultate weisen auf das Schmelzen von Silber-Kupfer-Legierungen in den Vertiefungen (Kap. 4.3.2; Abb. 18). Trotz der zahlreichen Messungen ist es schwierig, genauer auf die ursprüngliche Legierung der Metallschmelze zu schliessen. Neben dem Abbau durch die Bodenlagerung bereiten auch die meist geringe Grösse der Einschlüsse und eine selektive Elementanreicherung während des Schmelzprozesses Probleme bei der Interpretation und dem Vergleich mit anderen Messresultaten.

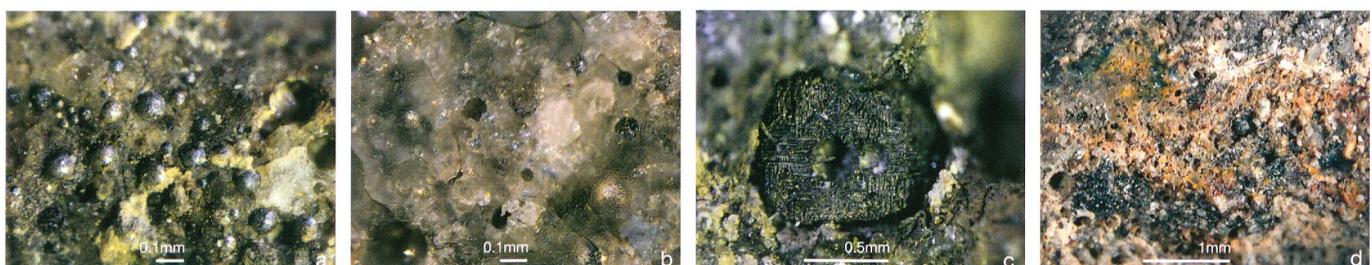
Das Spurenbild an den Tüpfelplatten zeigt deutlich, dass darin kleine Portionen von Metall aufgeschmolzen (und nicht etwa hineinge-

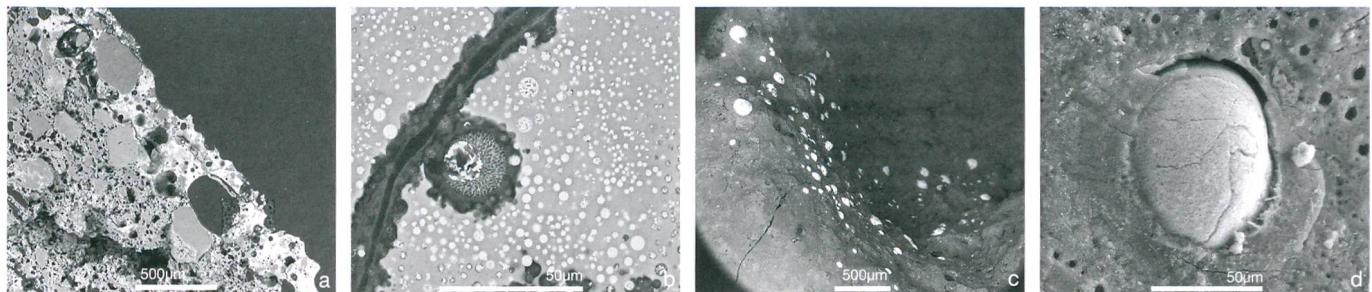
45 Indikatoren dafür sind auch die regelmässig erhöhten Anteile von Calcium und Phosphor (wahrscheinlich aus der Holzasche) und Blei (wahrscheinlich aus der Metallschmelze) in der Glasschicht. Oxide dieser Elemente wirken als Flussmittel, welche den Schmelzpunkt der Keramik oberflächlich herabsetzen können. Velde/Druc 1999, 103–106, fig. 5.10, 5.11; Rehren 1997, 6–7.

46 Durch die Firma UNITS AG, Industrielle Messtechnik, Au SG.

47 Mittels der am Rasterelektronenmikroskop angeschlossenen energiedispersiven Röntgenspektroskopie (EDX-REM). Dickschliffe (9 Proben): Tritschack 2014, 11–23, 40–44 (Uni Fribourg); Reguli *in situ* (5 Proben) und Reguli in eingebettetem Sediment (2 Proben): Messungen der Autorin mit Unterstützung von Karsten Kunze am EMEZ (ETH Zürich).

Abb. 11: Roggwil, Ahornweg 1.
a eher grosse, anthrazitfarbene bis silberne Metalltröpfchen in der Vertiefung einer Tüpfelplatte. Lichtmikroskopaufnahme, Massstabsbalken 0,1 mm;
b klar verglaste, leicht gesprungene Oberfläche im oberen Bereich der Wandung mit direkt darunterliegenden, silbern glänzenden Metalltröpfchen. Links unten ist ein Negativabdruck zu sehen. Lichtmikroskopaufnahme, Massstabsbalken 0,1 mm;
c grösserer, auf dem Randsteg eingesunkener, anthrazitfarbener Metallrest mit selektiv korrodiertener Oberfläche (dendritische Struktur). Lichtmikroskopaufnahme, Massstabsbalken 0,5 mm;
d mehrfarbige schlackige Verglasung im mittleren Wandbereich einer Vertiefung. Lichtmikroskopaufnahme, Massstabsbalken 1 mm.





gossen) wurden. Metallreste blieben unbeachtigt nur in einzelnen stärker verglasten, das heisst überhitzten Vertiefungen zurück. Die insgesamt geringe Zahl und Grösse von Metallresten und der Umstand, dass kein einziger ganzer Schmelzrohrling *in situ* erhalten ist, weisen auf einen gut kontrollierten Schmelzprozess hin. Die mehrmalige Verwendung der Tüpfelplatten wäre möglich, ist aber bisher nicht durch eindeutige Spuren nachzuweisen.

4.2.

Schmelzofen und Werkstatteinrichtung

Die Gebrauchsspuren an den Tüpfelplatten geben nicht nur zahlreiche Hinweise auf den Schmelzprozess, sondern können auch indirekt für eine Rekonstruktion des Schmelzofens herangezogen werden.

4.2.1

Luftführung und Ofenkonstruktion

Als Brennmaterial diente mit grosser Wahrscheinlichkeit Holzkohle, die während des Schmelzprozesses auf den Tüpfelplatten lag. Auf diese Weise gelangt die Hitze der glühenden Kohle direkt auf das Metall in den Vertiefungen. Zudem wurde auf und in der Platte eine mehrheitlich reduzierende Atmosphäre erzeugt, die das Metall «sauberer» schmelzen liess. Mit Holzkohle lässt sich auf kleinem Raum grössere Hitze erzeugen als mit Holz. Ihre Verwendung kann für metallhandwerkliche Prozesse in der späten Eisenzeit generell angenommen werden.⁴⁸

Um eine Metalllegierung aus den Hauptkomponenten Silber und Kupfer zu schmelzen, muss je nach Elementverhältnis eine Temperatur von mindestens 800 bis 1000 °C erreicht werden. Die mineralogischen Untersuchungen bestätigen, dass die latènezeitlichen Tüpfelplatten

diesen Temperaturen ausgesetzt waren. Solche Temperaturen sind besonders in einem kleineren Ofen nur mit zusätzlicher Luftzufuhr zu erreichen. Eine solche ist durch Funde von Gebläsedüsen für die meisten Schmelzofensysteme belegt und kann auch für Roggwil angenommen werden. In einem mit Holzkohle befeuerten Ofen liegt der Bereich mit der grössten Hitze und somit jener Bereich, wo die Keramik am stärksten verglast, in der Nähe der Düsenöffnungen. Die Verteilung der verglasten Bereiche erlaubt also Rückschlüsse auf die Verteilung der Holzkohle und die Stellung der Düsen zur Tüpfelplatte (Abb. 14). Demnach lagen die Düsen beim Roggwiler Schmelzofensystem seitlich etwa auf Höhe der Tüpfelplatte. Aufgrund der grossen Zahl verglaster Ränder handelte es sich wahrscheinlich um zwei oder mehr Düsen. Diese standen sich gegenüber oder in einem stumpfen Winkel zueinander. Für die Erreichung der Schmelztemperatur sind nicht zwingend mehrere Düsen notwendig. Sie unterstützen aber eine gleichmässige Hitzeverteilung im Ofen und erhöhen somit die Chance, dass in allen Vertiefungen einer Platte die nötige Temperatur erreicht wird. Das Spurenbild besonders an den Unterseiten der Platten ist nicht einheitlich, es könnten also verschiedene Öfen verwendet oder die Öfen verschieden bedient worden sein. Wegen der leichteren Temperaturkontrolle und des geringeren Materialverbrauchs, aber auch wegen der regelmässig verglasten Plattenränder ist eher ein kleiner Ofen (oder mehrere kleine Öfen) zu vermuten, der vielleicht nur ein bis zwei Tüpfelplatten gleichzeitig aufnehmen konnte.

Abb. 12: Roggwil, Ahornweg 1.

a verglaste Matrix mit Margerungskörnern und äusseren, dünne Glaslage an der Oberseite einer Tüpfelplatte. Sekundärelektronenbild am Dickschliff, Massstabsbalken 0,5 mm; b starke Metalltropfenanreicherung innerhalb der verglasten Oberfläche einer Tüpfelplatte.

RückstreuElektronenbild am Dickschliff, Massstabsbalken 0,1 mm;

c mit Metalltröpfchen übersäte Oberfläche. Blick von oben in die Vertiefung von Tüpfelplattenfragment Abb. 13,3. Rückstreu-Elektronenbild, Massstabsbalken 0,5 mm;

d Nahaufnahme eines grösseren, gut erhaltenen Metalltropfens, der halb in die verglaste Wandung eingesunken ist. Sekundärelektronenbild, Massstabsbalken 50 µm.

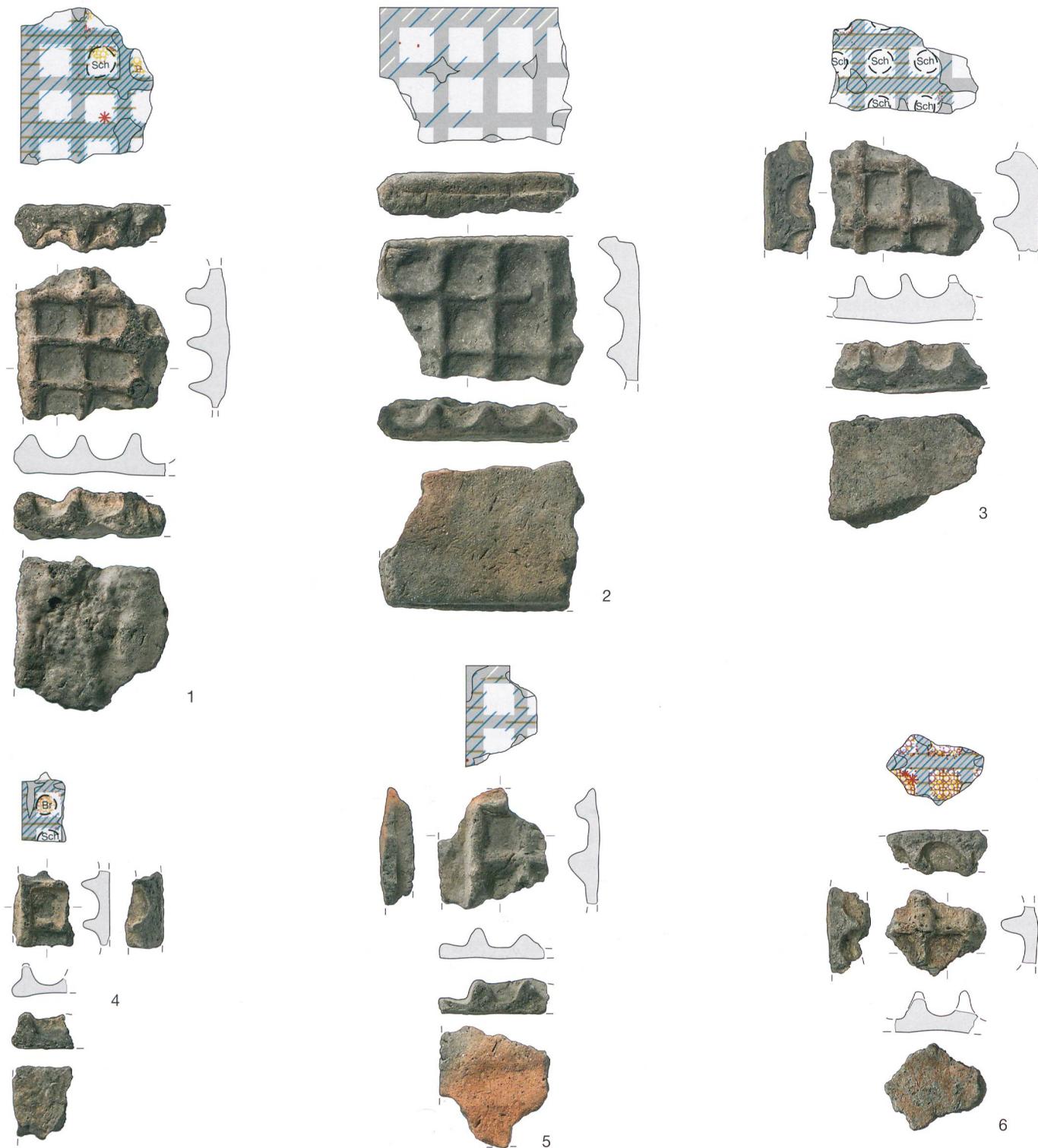


Abb. 13: Roggwil, Ahornweg 1. Tüpfelplattenfragmente, Auswahl. Fotos, Querschnitte und schematische Zeichnungen des Spurenbildes. M. 1:2.

Die meisten bekannten Schmelzöfen sind leicht in eine Grube eingetieft oder durch Wände aus Stein oder Lehm begrenzt, um die Hitze besser zu halten.⁴⁹ Als solche Wandsteine von Feuerstellen könnten einige der grossen Mühlsteinbruchstücke mit Hitzespuren in Zweitverwendung gedient haben.⁵⁰ An Düsen kennt man

49 Z. B. Tylecote 1982; Mauvilly et al. 2001 (Sévaz, Tudinges FR); Duval et al. 1991 (Bibracte/Mont Beuvray [FR]).
50 Siehe Aufsatz von Dirk Schimmelpfennig in diesem Jahrbuch.

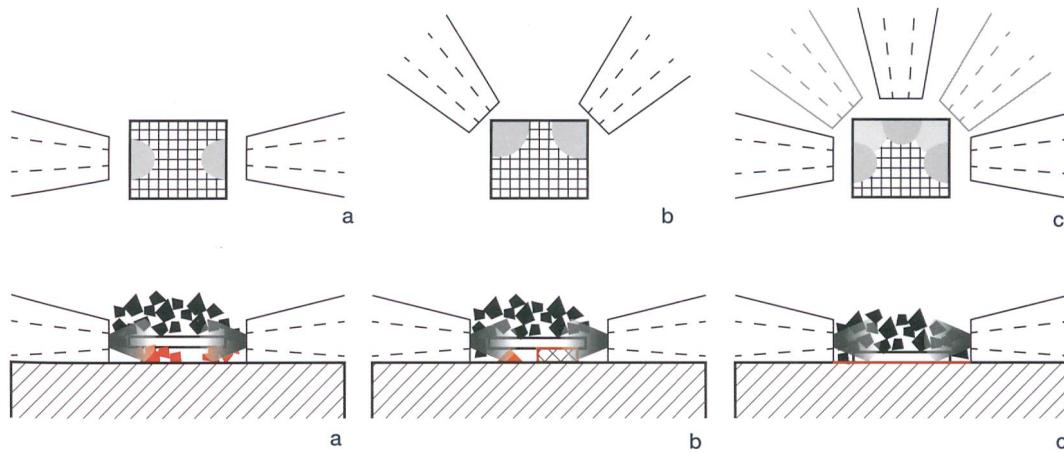


Abb. 14: Schematische Darstellung der möglichen Lage der Tüpfelplatte und der Gebläsedüsen.
Oben: Aufsicht. a mit zwei gegenüberliegenden Düsen; b mit zwei im stumpfen Winkel angeordneten Düsen; c mit drei oder mehr Düsen, von denen einige schräg oben auf die Platte gerichtet sein könnten.
Unten: seitlicher Querschnitt. a mit Holzkohle unter der Platte; b mit Stützen oder einem «Podest» unter der Platte; c direktes Aufliegen der Platte auf dem Ofenboden.

aus der Eisenzeit vor allem blockförmige sogenannte Düsenziegel, bei welchen die Düse gleichzeitig einen Teil der Ofenwand bildet. Sie werden in der Regel als Bestandteil von Schmiedeessen mit dem Eisenmetallhandwerk in Verbindung gebracht.⁵¹ Jedoch ist auch der Einsatz im Bunt- und Edelmetallhandwerk belegt.⁵² Röhrenförmige Düsen sind seltener und waren unterschiedlich einsetzbar.⁵³ Darüber hinaus könnten die benötigten Luftführungskanäle direkt in die Ofenkonstruktion aus Lehm eingebaut worden sein.⁵⁴ Die Blasebälge schliesslich bestanden vermutlich aus Leder und hinterliessen keine archäologischen Spuren. Eine Idee von der Machart geben aber beispielsweise griechische Vasenbilder.⁵⁵

Ein rekonstruierter Schmelzofen, der dem hier vorgeschlagenen formalen Aufbau gut entspricht, wurde im Rahmen eines Forschungsprojektes in Feldexperimenten verwendet (Abb. 15).⁵⁶ Im Vorfeld fanden zahlreiche Versuche mit unterschiedlichen, zum Teil auch überwölbten Systemen und Nachbauten von Originalbefunden statt. Die überzeugendste Rekonstruktion hat einen simplen, offenen Aufbau mit zwei gegenüberliegenden Düsenziegeln, ist gut kontrollierbar und erlaubte erfolgreiche Schmelzversuche von jeweils 10 bis 15 Minuten Dauer.

4.2.2

Düsen- und Ofenfragmente – Reste der Münzherstellung?

In Roggwil wurden zusammen mit den Tüpfelplatten 250 Fragmente weiterer technischer Keramik geborgen, wovon mehr als die Hälfte aufgrund der Form und der Verglasungsspuren als Teile eines Gebläsesystems anzusprechen sind. Sie wurden vermutlich wiederholt in Hochtemperaturprozessen eingesetzt und sind deshalb teilweise stark verschmolzen. Es handelt sich einerseits um röhrenförmige Düsen (Abb. 16,1), wobei ein Teil der Fragmente auf schmale, am Ende geknickt verlaufende Luftkanäle hindeutet (Abb. 16,5). Für letztere finden sich bisher keine eisenzeitlichen Vergleiche. Einige Fragmente könnten auch Reste von kleinen Schmelziegeln sein (Abb. 16,2), das Spurenbild ist hier jedoch nicht eindeutig. Die Stücke

51 Schreyer/Hedinger 2003.

52 Gebhard 1995, 270, fig. 11.

53 In Verbindung mit Eisenhandwerk: Gebhard 1995, 270, fig. 11; in Závist wurden wie in Roggwil röhrenförmige Düsen zusammen mit Tüpfelplatten gefunden: Jansová 1973, 10.

54 Mauvilly et al. 2001.

55 Tylecote 1987, 115.

56 Bucher et al. 2011a; Schäppi et al. in Vorbereitung. Ähnlich auch Lehrberger et al. 1997, 114–115.



Abb. 15: Rekonstruierter Schmelzofen mit zwei sich gegenüberliegenden Düsenziegeln, welche über Holzrohre und Lederblasebälge belüftet werden. Der Ofen befindet sich in einer leichten Senke, die mit Lehm ausgestrichen ist, die Wände bestehen aus mobilen Steinen. Die Tüpfelplatte befindet sich unter der glühenden Holzkohle und füllt den Ofenraum von etwa 15 × 20 cm beinahe aus. a: Übersicht; b: Nahaufnahme in Betrieb; c: zusammengeschmolzene, noch flüssige Metallrohlinge.

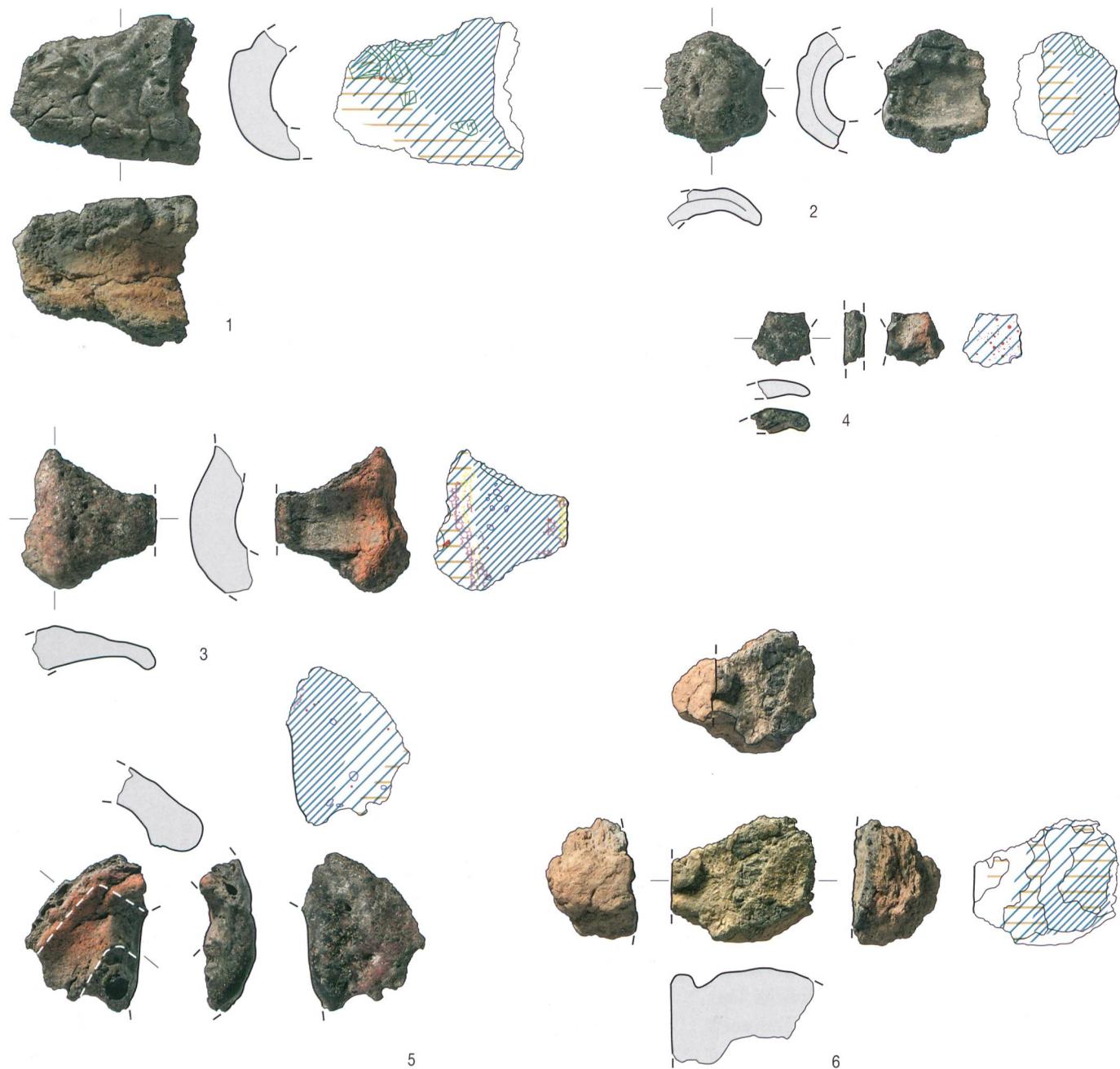


Abb. 16: Roggwil, Ahornweg 1. Düsenfragmente, Auswahl. Fotos, Querschnitte und schematische Zeichnungen des Spurenbildes. M. 1:2.

sind meist im Bereich der Öffnung beziehungsweise des Randes am stärksten verglast, was eher für Düsen als für eisenzeitliche, von unten oder der Seite beheizte Schmelziegel typisch ist.⁵⁷ Ein weiterer Teil der Fragmente ist vermutlich als Ofenwand oder Ofenboden anzusprechen, darunter auch wenige mögliche Düsenziegelfragmente (Abb. 16,6). An mehr als der Hälfte der Reste, auch an Düsen, konnten mithilfe der Röntgenradiografien in die verglaste Oberfläche eingeschlossene Metalltröpfchen sichtbar gemacht werden, die den Einsatz bei Metallschmelzprozessen bestätigen.

Die Fragmentierung der technischen Keramik ist zu gross, um die ursprüngliche Form der Gebläsevorrichtung oder des Ofens eindeutig zu rekonstruieren. Dass die rekonstruierbaren Düsenmündungen zum Teil recht klein sind, könnte ein Hinweis auf einen kleinen Ofen oder ein System mit mehreren Düsen sein. Da sie alle recht einheitlich wirken und zusammen mit den Tüpfelplattenresten gefunden wurden, ist es gut denkbar, dass sie zum bei der Münz-

⁵⁷ Z. B. Mauvilly et al. 2001.

herstellung verwendeten Schmelzöfen gehörten. Die Analyse eines grösseren Metallschmelztropfens von einem möglichen Ofenbodenfragment ergab eine Silberlegierung mit einem geringen Kupferanteil, was stark auf eine Verbindung mit dem Schmelzen von Münzmetall hinweist.

4.2.3

Zeugen des Buntmetallhandwerks

In der Grube fanden sich darüber hinaus hauptsächlich Metallreste (18 Stück) und Metallschlacken (60 Stück), die optisch einen starken Kupferanteil nahelegen. Darunter sind Gussreste in der Form von Eingusskanälen (Abb. 17,3) oder erstarrtem Tiegelinhalt (Abb. 17,1). Die metallreichen, oft flachen und auf der Oberseite rotbraun verfärbten Schlacken (Abb. 17,2) sind möglicherweise am Boden eines Buntmetall-schmelzofens entstanden.

Die Elementanalyse an der eingebetteten und angeschliffenen Probe eines grün oxidierten Schmelzrestes, vermutlich aus einem Tiegel, ergab eine eindeutige Blei-Zinn-Arsen-Bronze. Die Probe einer Metallschlacke weist ebenfalls auf Zinnbronze hin. In Roggwil ist also zusätzlich die Verarbeitung von Buntmetall repräsentiert. Damit können einige eiserne Werkzeuge für die Metallverarbeitung verbunden werden, besonders ein kleiner Flachmeissel und eine kleine achteckige Punze.⁵⁸ Solche Feinschmiedewerkzeuge könnten ausserdem zur Herstellung von Münzstempeln verwendet worden sein.⁵⁹

Alles deutet darauf hin, dass Buntmetallhandwerk und Münzproduktion in unmittelbarer Nähe zueinander oder sogar in der gleichen Werkstatt ausgeführt wurden.

4.3

Von silbernen Quinaren und Obolen – Hinweise auf die Produkte der Werkstatt

4.3.1

Die Grösse der Rohlinge

An den Tüpfelplatten von Roggwil wurden durchwegs am oberen Rand rechteckige Vertiefungen mit Durchmessern von 7 bis 19 mm (meist 12–17 mm) und Tiefen von 3,5 bis 13 mm (meist 4,5–10 mm) beobachtet, was einem Nähe-

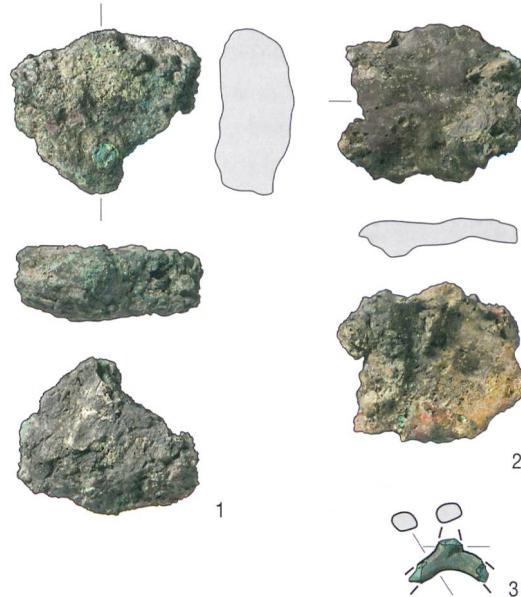


Abb. 17: Roggwil, Ahornweg 1. Metallschlacke (2) und Metallgussreste (1 und 3), Auswahl. Fotos und Querschnitte. M. 1:2.

rungsvolumen im Bereich von 0,15 bis 0,75 cm³ entspricht. Die Gebrauchsspuren vermitteln den Eindruck, dass manchmal weniger als die Hälfte der Vertiefungen gefüllt war. Erstmals konnten direkte Hinweise auf die Schrötlingsgrösse in Form von dunklen Verfärbungen («Schatten») und aufgeschmolzenen und verschlackten Zonen («Brauen») am Boden der Vertiefungen beobachtet werden, die die Auflagefläche oder die wandliche Kontaktgrenze des Metallrohlings anzeigen (z. B. Abb. 1,3; 13,3; 19b). Experimente bestätigen die Entstehung solcher Spuren und deren Korrelation mit der Grösse der Metallrohlinge.⁶⁰

Die Durchmesser dieser Spuren, gemessen an 199 Vertiefungen, schwanken bei den als mittelgross und gross bezeichneten Vertiefungen (Dm 11,5–19 mm) mit einem ähnlichen Mittelwert um 9,5 mm Durchmesser. Diese Masse werden durch drei Fragmente bestätigt, an denen die Aufschäumung der Keramik so stark war, dass jeweils eine Vertiefung sich bis auf die Grösse des Metallrohlings geschlossen hat und nun dessen Negativ abbildet (Abb. 1,4; 6,6). In den als klein bezeichneten Vertiefungen, welche selbst nur einen Durchmesser zwischen 7 und 11,5 mm haben, ergibt sich ein mittlerer Durchmesser der Spuren von 7,5 mm (Mittelwert aus

⁵⁸ Siehe Aufsatz von Peter Jud in diesem Jahrbuch.

⁵⁹ Ziegau 2014, 10–12, Abb. 5.

⁶⁰ Persönliche Erfahrung der Autorin sowie Schäppi et al. in Vorbereitung.

Objekt	Indivi- duen-Nr.	Elemente (Vol. %)								Dm der ge- messenen Metallreste	Ort der Messung
		Au	Ag	Cu	Pb	Sn	Ni	Bi	Weitere		
Fülpelplatte	025.043	S	30–95	5–70	(x)	–	–	–	Metallreguli in Pb-P-Al-reicher Glasschicht, einteilbar in 3 Gruppen: a – Cu(70)-Ag(30), b – Cu(30)-Ag(70), c – Cu(5)Ag(95). Spuren von Schwefel	1–20 µm	Dickschliff; Metallreguli in verglaster Oberfläche
Fülpelplatte	020.041	–	>10–<90 (30–40)	>10–<90 (60–70)	(x)	–	S	–	Metallreguli in Ca-Pb-Al-reicher Glasschicht; Metalle kommen vor als Cu(>90)-Ag(<10) und Ag(>90)-Cu(<10)	1–20 µm	Dickschliff; Metallreguli in verglaster Oberfläche
Fülpelplatte	019.018	–	(15–95)	(5–80)	(x)	–	–	–	Ag-Cu-Metallreguli in Pb-reicher, intakter Glasschicht	<1µm–20µm	Dickschliff; Metallreguli in verglaster Oberfläche
Fülpelplatte	700.043 Abb. 6,1	–	(15–70)	(10–70)	(x)	–	S	–	Ag-Cu-Metallreguli in Pb-Ca-P-Al-reicher Glasschicht	1–20 µm	Dickschliff; Metallreguli in verglaster Oberfläche
Fülpelplatte	030.032	–	(45–99)	(1–55)	(x)	–	–	S	Ag-Cu-Metallreguli in Pb-Ca-reicher, meist intakter Glasschicht; Spuren von Schwefel	1–20 µm	Dickschliff; Metallreguli in verglaster Oberfläche
Fülpelplatte	700.031	–	(5–98)	(2–65)	(x)	S	–	–	Ag-Cu-Reguli in Pb-Ca-reicher, meist intakter Glasschicht; daneben nadelige Cu-Fe-Verbindungen	1–20 µm	Dickschliff; Metallreguli in verglaster Oberfläche
Fülpelplatte	700.009 Abb. 6,3	–	–	–	x	x	–	–	Metall nur in Sedimentrelikten als Pb-Sn-Verbindungen, zusammen mit Apatit; Glasschicht Ca-reich.	–	Dickschliff; verglaste Oberfläche
Fülpelplatte	700.047	–	–	–	–	–	–	–	kein Metall (im Schliff)	–	Dickschliff; verglaste Oberfläche
Fülpelplatte	700.030	–	–	–	–	–	–	–	kein Metall	–	Dickschliff; verglaste Oberfläche
Fülpelplatte	700.041 Abb. 13,3	S	xxx	x	–	–	–	–	geringe Anteile Schwefel	40–70 µm	Metallreguli in situ, auf/in verglaster Oberfläche
Fülpelplatte	043.052	S	xxx	x	–	–	–	–	geringe Anteile Schwefel	40–70 µm	Metallreguli in situ, auf/in verglaster Oberfläche
Fülpelplatte	045.028	–	xx	xx	x	xx	x	–	Pb und P eher aus verglaster Keramik	7–100 µm	Metallreguli in situ, auf/in verglaster Oberfläche
Fülpelplatte	064.098	–	xxx	x	–	–	–	–	–	1 × 5 mm	Metallrest in situ, auf/in verglaster Oberfläche
Fülpelplatte	071.017	–	xx	xx	x	xx	x	–	Pb und P eher aus verglaster Keramik	20–250 µm	Metallreguli in situ, auf/in verglaster Oberfläche
Fülpelplatte	043.052	S	90–95	5–10	–	–	–	–	–	40–70 µm	Anschliff von eingebettetem Sediment mit Metallresten
Fülpelplatte	700.030	–	–	x	–	xxx	–	–	Alles nadelige Zinnoxid-Kristalle, 1 mit Cu-Einschlüssen; wohl aus Sediment	30–100 µm	Anschliff von eingebettetem Sediment mit Metallresten
Technische Ke- ramik, Ofenbo- denfragment?	106.019	–	xxx (50–95)	x (0–10)	–	–	–	–	Intakte Phase mit Ag(90–95%)Cu(5–10%), korrodierte? Phase mit etwa Ag(40%) Cl(40%) und Si, Al, Mg	1.8 mm	Anschliff von eingebettetem grösserem Metallrest
Metallschlacke	700.034	–	–	x(–xx)	–	xxx	–	–	Si, Al, P wohl aus Sediment/Korrosion	3 mm	Anschliff von eingebettetem Metallschlackenfragment
Metallrest, nöglicher Tiegelinhalt	500.005	–	–	xxx	x	x	–	–	Blei-Zinn-Arsen-Bronze, randlich mit Zinnoxid-Kristallen und oxid. Sedimentbestandteilen (Si, Al)	5–10 mm	Anschliff von eingebettetem grossem Metallschmelzrest

Abb. 18: Zusammenstellung der Metallanalysen an Objekten aus Roggwil. Mengenangaben der Elemente: Zahl: gemessene Volumenprozente (Variationsbreite); x-xxx: semi-quantitative Mengenangaben der gemessenen Elemente; (x) gemessen, aber nicht sicher, ob das gemessene Element aus dem Metallrest oder der verglasten Tonmatrix stammt; S: Element nur in Spuren (unter 0,005 %) vorhanden. Methode bei allen Messungen: EDX-REM: Energiedispersivspektroskopie am Rasterelektronenmikroskop.

10 Vertiefungen). Unter der Annahme eines etwas abgeflachten und nach dem Abkühlen leicht zusammengezogenen Metallrohlings⁶¹ entspräche dies etwa einem mittleren Volumen von 0,17 cm³ oder 1,8 g Silber für die mittleren und grossen Vertiefungen respektive einem Volumen von etwa 0,08 cm³ oder 0,8 g Silber für die kleinen Vertiefungen. Bei reinem Kupfer entspräche das mittlere Volumen etwa 1,5 g respektive 0,7 g. Eine Silber-Kupfer-Legierung läge irgendwo dazwischen.

4.3.2

Münznominales und -metalle

Im Zeitraum, in dem die Werkstatt von Roggwil vermutlich bestand, also Mitte des 1. Jahrhunderts v. Chr., waren in der Nord- und Westschweiz überwiegend Silberquinare im Umlauf.⁶² Für die häufigsten Typengruppen, die schweizerischen Büschelquinare und Ninno-Quinare, kann wohl eine Herstellung in diesem Gebiet angenommen werden. Ab dem 1. Jahrhundert v. Chr. treten Silberquinare auch vermehrt als *subaerata*, das heisst mit einem Kupferkern «gefütterte» Stücke, auf. Kleinere Silbernominales wie Viertelquinare sind in der Schweiz nur vereinzelt bekannt. Anders als für Obolos des 2. Jahrhunderts v. Chr.⁶³ gibt es für die Viertelquinare des 1. Jahrhunderts v. Chr. durch die Münzfunde bisher noch keine Hinweise auf lokale Herstellung.⁶⁴ Daneben sind Potinmünzen im Umlauf, welche jedoch nicht in Tüpfelplatten hergestellt wurden. Hinweise auf deren Produktion in Roggwil in Form von Gussresten fehlen bisher.⁶⁵

Gut erhaltene helvetische Büschelquinare haben meist ein Durchschnittsgewicht von etwa 1,6 g, die Ninno-Quinare bewegen sich in einem sehr ähnlichen Bereich.⁶⁶ Einige späte Quinare weisen etwas geringere Gewichte auf, ebenso einige subaeratae Stücke.⁶⁷ Dazu passen auch die Durchschnittsgewichte der in Roggwil gefundenen Münzen dieser Typengruppen.⁶⁸ Die Kupferkerne (*Animae*) von subaeraten Münzen waren vielleicht ursprünglich nur knapp 1 bis 1,2 g schwer, je nach Dicke der Silberschicht. Die hypothetisch berechneten Metallgewichte für die mittleren und grossen Vertiefungen der Tüpfelplatten von Roggwil entsprechen somit recht gut den zu erwartenden Münzgewichten von massiven Silberquinaren.

Anhaltspunkte für die verwendeten Münzlegierungen bieten in erster Linie die Münzfunde selbst. Bisher gibt es jedoch nicht sehr viele Metallanalysen geprägter keltischer Münzen, insbesondere nicht solcher Gruppen, für welche eine Herstellung in der Schweiz infrage kommt. Die meisten publizierten Analysen massiver Silberquinare weisen auf eine Silberlegierung mit 1 bis 10 % Kupferanteil.⁶⁹ Es handelt sich allerdings zu einem grossen Teil um Oberflächenanalysen, die mit Vorsicht zu interpretieren sind. Einen höheren Kupferanteil in der Legierung ergab beispielsweise die Analyse eines flachen Schrötlings für einen Silberquinar aus Avenches mittels Neutronenaktivierung (NAA), welcher anhand der Befunddatierung etwa in die gleiche Zeit wie die Werkstatt in Roggwil fällt.⁷⁰ Daneben gibt es einige Analysen an Schlitzen von subaeraten Münzen,⁷¹ deren Kerne meist hauptsächlich aus Kupfer bestehen und sehr wahrscheinlich ebenfalls in Tüpfelplatten hergestellt wurden.

Die ersten Metallanalysen, die an den Tüpfelplatten von Roggwil durchgeführt werden konnten, weisen auf das Schmelzen von eher kupferreichen Silberlegierungen in den Vertiefungen⁷² (Abb. 18) und damit auf die Herstellung von Silbernominalen. Die stark schwankenden Gehalte von Kupfer und Silber in den Schmelztröpfchen, auch innerhalb derselben Vertiefung, lassen sich hauptsächlich mit den Gleichgewichtseigenschaften der Legierung und der geringen Grösse der Tropfen erklären.

61 Auf Basis von Feldexperimenten.

62 Z. B. Nick 2013a, 171–173; Nick 2015.

63 Zum Beispiel Obolos des Typs Basel-Gasfabrik oder Bern-Engehalbinsel.

64 Z. B. Nick 2006a, 55–58, 63–67; Nick 2012, 531, sowie persönliche Mitteilung Christian Weiss, IFS.

65 Persönliche Mitteilung Christian Weiss, IFS.

66 Z. B. Nick 2012, 519–524, 616–622; Frey-Kupper 1999, 58–59.

67 Z. B. Nick 2012, 619–621; Bündgen et al. 2008, 150.

68 Persönliche Mitteilung Christian Weiss, IFS.

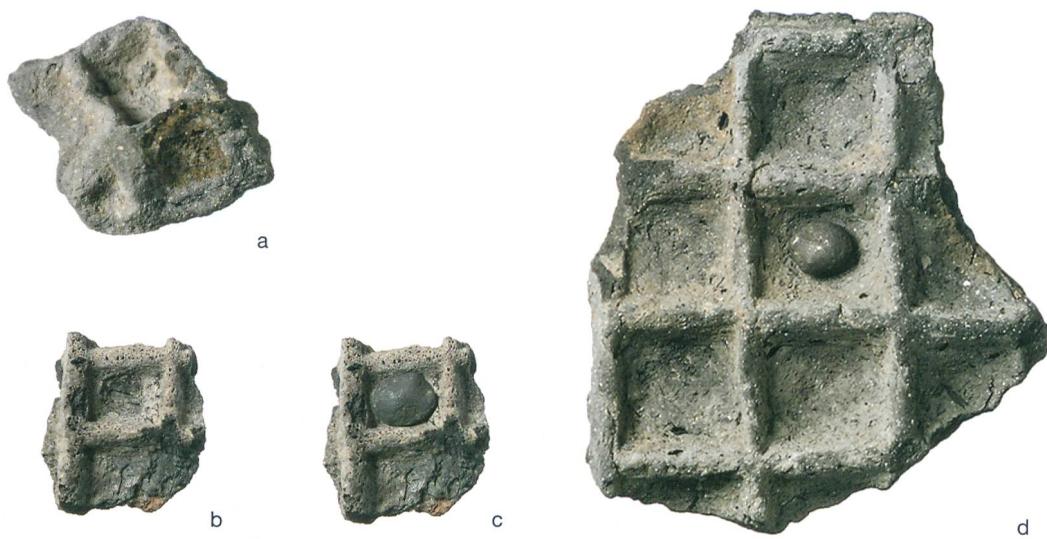
69 Basel: Burkhardt et al. 1994, 133–135, Nr. 178, 209–212, 216, 218; Altenburg: Burkhardt 2012; keltische und römische Silbermünzen unterschiedlicher Herkunft: Nick 2009, 186, Abb. 208; Manching (Analysen an Schlitzen): Kellner 1990, 260, Kat.-Nr. 607 und 664.

70 69,5 % Silber; 28,5 % Kupfer und Spuren von Zinn, Blei und Gold. Bündgen et al. 2008, 101, sowie Ann. 245. Bei diesem Verfahren wird die gesamte Masse des Objektes erfasst und gemessen.

71 Kellner 1990, 260–265; Schäppi et al. in Vorbereitung.

72 Tritschack 2014, 40–43, Bucher 2014, 91–112.

Abb. 19: Roggwil, Ahornweg 1.
a Tüpfelplattenfragment mit mittelgrosser, stark verglaster und metallreich verschlackter Vertiefung (im Vordergrund, angebrochen), welche sich bis auf die Grösse des Rohlings geschlossen hat und nun dessen Negativ (Dm 9 mm) abbildet. Entspricht Fragment Abb. 1,4. M. 1:1;
b und c Tüpfelplattenfragment aus Roggwil mit kleinen Vertiefungen und rundem «Schatten» auf dem Boden, mit und ohne einem darin platzierten, silbernen Metallrohling von 1,23 g Gewicht. Entspricht Fragment Abb. 1,5. M. 1:1;
d Tüpfelplattenfragment aus Roggwil mit grossen Vertiefungen und demselben Metallrohling. M. 1:1.



Insgesamt handelte es sich vermutlich bei den meisten Proben ursprünglich um eine Silberlegierung mit etwa 20 bis 40 % Kupferanteil, vereinzelt auch weniger. Als Neben- und Spurenelemente kommen vor allem Zinn, Blei und Nickel vor. Nickel stammt ursprünglich wohl aus dem Kupfererz, Blei möglicherweise aus dem Silbererz. Blei könnte aber ebenso, wie das Zinn, durch die Beimischung von Zinn- oder Bleibronze in die Legierung gelangt sein. Eindeutige Belege für die Herstellung von Kupferkernen für subaerale Münzen fehlen bisher. Die Messresultate stammen nur von elf verschiedenen Fragmenten (0,15 % der Gesamtmenge) und können daher nicht als repräsentativ gelten. Allerdings wurden bisher an keinem Tüpfelplattenfragment grünlich oxidierte Reste festgestellt, die eindeutig auf eine Kupferlegierung hinweisen würden, wie es beispielsweise an den Metallschlacken und Gussresten aus Roggwil oder an Resten in den Tüpfelplatten von Rhenau ZH der Fall ist.⁷³

Weitere Hinweise auf die Herstellung von Silberquinaren in Roggwil geben aus den Detektorbegehungen des Siedlungsareals stammende Objekte: bisher drei geplättete, aber ungeprägte Münzschrötlinge, vermutlich für Silberquinare, vier kugelige, mögliche Münzrohlinge von silberner und einer von kupferner Farbe, alle etwa in möglichem Quinargewicht, sowie einige grössere Silberschmelzreste. Dazu kommen bisher rund 230 keltische Münzen, darunter zu einem grossen Teil Silberquinare, sowohl massive wie subaerale.

4.3.3

Kleine Formen für kleine Münzen

Bemerkenswert sind die Tüpfelplatten aus Roggwil mit kleinen Vertiefungen, die selbst für leichte Quinarrohlinge eigentlich zu klein sind. Ein aus den Feldbegehungsfunden von Roggwil stammender, möglicher leichter Münzrohling von 1,23 g Gewicht wurde versuchsweise in unterschiedlich grossen Vertiefungen gelegt (Abb. 19). Er findet in einer kleinen Vertiefung zwar knapp Platz, hätte aber kaum darin hergestellt werden können, zumal das Metallgranulat mehr Platz benötigt als der fertige Rohling. Auch zeigt die dunkle Verfärbung in der Vertiefung an, dass es sich um ein kleineres Schmelzprodukt gehandelt haben muss. In mittelgrossen und grossen Vertiefungen hat der gleiche Rohling dagegen sehr gut Platz. Diese Beobachtungen und das berechnete mögliche Rohlingsgewicht von klar unter einem Gramm legen nahe, dass in den kleinen Vertiefungen Rohlinge für kleinere Münznomina geschmolzen wurden. Infrage kommen Obole oder Viertelquinare mit einem durchschnittlichen Gewicht von 0,4 bis 0,5 g. Dies ist das erste konkrete Indiz für die Herstellung von keltischen Viertelquinaren in der Schweiz. In Roggwil wurden bei den Detektorbegehungen bisher nur drei Viertelquinare geborgen.⁷⁴ Die Tüpfelplattenfragmente

⁷³ Beobachtung der Autorin an Originalfragmenten von Rhenau ZH.

⁷⁴ Persönliche Mitteilung Christian Weiss, IFS.

mit kleinen Vertiefungen aus Roggwil machen aber auch nur einen kleinen Teil von rund 5 % des Bestandes aus, was das Mengenverhältnis der Fundmünzen von Quinaren zu Viertelquinaren widerspiegelt. Nicht ganz auszuschliessen ist aufgrund der Grösse der Vertiefungen das Schmelzen von leichten Kupferkernen von subaeraten Münzen. Vom Spurenbild her sind sie jedoch sehr gut mit den anderen Tüpfelplattenfragmenten vergleichbar, was eher für Silberlegierungen spricht.

Alles deutet also darauf hin, dass in der Werkstatt von Roggwil hauptsächlich massive Silberquinare sowie in geringerem Umfang kleinere, massive Obole oder Viertelquinare hergestellt worden sind. Möglich wäre daneben die Produktion subaerater Stücke. Bisher kann nicht beantwortet werden, um welche Münztypen es sich handelte. Wahrscheinlich sind jedoch unter anderem Büschel- und Ninno-Quinare, da sie einen grossen Teil des Münzspektrums von Roggwil ausmachen.⁷⁵ Nur der Fund eines Münzstempels oder allenfalls einer grösseren Menge stempelgleicher Münzen würde eine präzisere Aussage ermöglichen. Aufgrund der Münztypen, deren Zeitstellung und der geografischen Nähe wäre es beispielsweise möglich, dass ein Teil der Büschel- und Ninno-Quinare aus dem Depot von Balsthal SO⁷⁶ in Roggwil hergestellt wurde.

4.4

10 000 oder 120 000? – Hypothesen zum Produktionsumfang

4.4.1

Die Grösse der Tüpfelplatten

Die Anzahl der Vertiefungen der Tüpfelplatten von Roggwil kann bisher nicht mit Sicherheit rekonstruiert werden, da keine Platte vollständig erhalten ist. Das grösste Fragment von mindestens $5 \times 6 = 30$ Vertiefungen (Abb. 1,1) gibt eine Mindestgrösse vor. Für die Rekonstruktion der zweifellos rechteckigen Platten wurden von rund 20 % aller Tüpfelplattenfragmente (zwei Verfüllhorizonte der Grube) die Anzahl der noch vorhandenen Ecken, die Länge der Ränder sowie die tatsächliche Anzahl der Vertiefungen erfasst.⁷⁷ Es zeigte sich, dass das Verhältnis der Anzahl Ecken beziehungsweise der Randlänge

zur Anzahl Vertiefungen einer ursprünglichen Grösse von durchschnittlich 120 bis 140 Vertiefungen pro Platte entspricht.

Auch von anderen Fundstellen ist nur in sehr seltenen Fällen die ursprüngliche Grösse der Platten bekannt. Eine rechteckige Platte aus Saintes (FR)⁷⁸ wies ursprünglich 60 Vertiefungen in zehn Reihen auf, eine eher ovale Platte aus Závist (CZ)⁷⁹ kann mit etwa 60 bis 75 Vertiefungen rekonstruiert werden und eine fünfeckige Platte aus Verulamium/St. Albans (GB)⁸⁰ wies 50 ($7 \times 7 + 1$) Eintiefungen auf. Im Vergleich dazu erscheint die durchschnittliche Plattengrösse von Roggwil recht gross. Betrachtet man das Verhältnis Ecken/Randlänge zu Vertiefungen getrennt nach der Grösse der Vertiefungen (klein, mittel, gross), so zeigt sich eine deutliche Abstufung: Platten mit grossen Vertiefungen hatten im Schnitt etwa 70 Vertiefungen, Platten mit mittleren Vertiefungen etwa 140 und Platten mit kleinen Vertiefungen etwa 210. Auch wenn das Verhältnis durch die fragmentarische Überlieferung nicht mehr ganz dasselbe sein sollte, so deutet sich doch an, dass in der Roggwiler Münzwerkstatt unterschiedliche Grössen von Platten hergestellt wurden. Platten mit grösseren und weiteren Vertiefungen wiesen generell weniger Vertiefungen auf als solche mit kleinen, engen Vertiefungen. Dies kann einerseits einfache Gründe der Stabilität und Handhabung haben, andererseits könnte auch die vorgegebene Grösse des Ofens ein limitierender Faktor gewesen sein. Nicht auszuschliessen ist außerdem, dass vorhandene Metallmengen oder übliche Rechnungsgrössen ausschlaggebend für die gewählte Anzahl der Vertiefungen waren. Entsprechend der verschiedenen, errechneten Mittelwerte wurden Platten aus Ton rekonstruiert (Abb. 20). Sie sind ausreichend stabil und

⁷⁵ Persönliche Mitteilung Christian Weiss, IFS. Weitere Hinweise auf mögliche lokal hergestellte Typen könnte die zurzeit laufende Auswertung der Münzfunde von Roggwil ergeben.

⁷⁶ Frey-Kupper 1999.

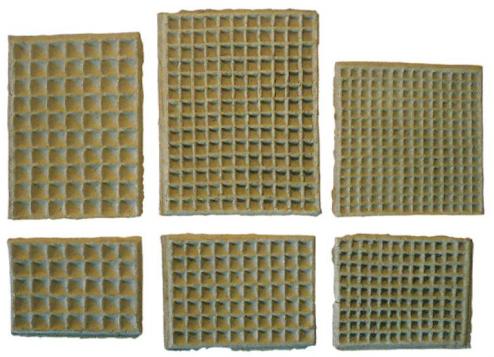
⁷⁷ Dabei wurde als Masseinheit jeweils eine Vertiefung gewählt. Als Beispiel: Das Fragment von Abb. 6,2 ergab folgende Werte: Ecken 1, Randlänge 4,5, Anzahl Vertiefungen (4 ganze, 1 zu drei Vierteln und zwei zu einem Viertel erhaltenen =) 5,25.

⁷⁸ Tournaire et al. 1982, Plate 31b.

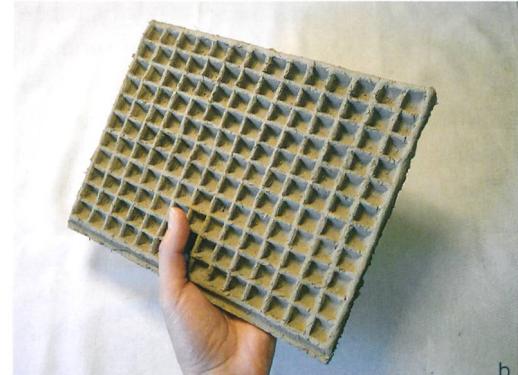
⁷⁹ Lehrberger et al. 1997, Bd. II, Katalog, 535, Taf. 71, Nr. 901; Jansová 1974.

⁸⁰ Elsdon 1997, 53.w

Abb. 20: a Aufgrund der Berechnungen rekonstruierte Tüpfelplatten. Links: Platten mit grossen Vertiefungen (Dm 17–18 mm), oben mit $7 \times 10 = 70$, unten mit $5 \times 7 = 35$ Vertiefungen. Mitte: Platten mit mittel-grossen Vertiefungen (Dm 12,5–13,5 mm), oben mit $10 \times 14 = 140$, unten mit $7 \times 10 = 70$ Vertiefungen. Rechts: Platten mit kleinen Vertiefungen (Dm 8,5–9,5 mm), oben mit $14 \times 15 = 210$, unten mit $9 \times 12 = 108$ Vertiefungen; b Platte mit 140 mittel-grossen Vertiefungen, welche dem Mittelwert von Roggwil entspricht. Masse 17 × 24 cm.



a



b

weisen eine ähnliche Fläche auf, die gut in einen kleinen Schmelzofen passt, wie er für Roggwil vorgeschlagen wird.

4.4.2

Die Menge der Münzrohlinge

Anhand der erfassten Daten⁸¹ wurde die mögliche Anzahl ursprünglich vorhandener Platten und Vertiefungen berechnet. Demnach könnten in den durch alle geborgenen Fragmente repräsentierten Platten zwischen 10 000 und 40 000 Rohlinge hergestellt worden sein. Wenn man die vermutlich durch die Bauarbeiten verloren gegangenen Fragmente aus den nicht ergrabenen zwei Dritteln der Grube einrechnet, steigt die Zahl auf ein Minimum von 20 000 bis 120 000 Münzrohlingen. Falls die Platten mehr als einmal benutzt wurden, kann sich diese Schätzung vervielfachen. Diese Zahl erscheint angesichts der bisher bekannten rund 5000 Fundmünzen aus der Schweiz sehr hoch. Jedoch bilden die bis heute erhaltenen und aufgefundenen keltischen Münzen nur einen kleinen Teil des ursprünglichen Münzumlaufes ab. Die Funde von Deponierungen wie Münzhorten, die vereinzelt eine enorme Zahl von Münzen enthalten, lassen erahnen, dass zumindest zeitweise oder für bestimmte Zwecke grosse Mengen an Münzen hergestellt und verwendet worden sein müssen. Bei den Funden von Roggwil scheint es sich jedenfalls um die Reste einer Massenproduktion zu handeln.

4.4.3

Überlegungen zur Produktion

Zur antiken Münzproduktion wurden schon verschiedene Berechnungen angestellt, jedoch gibt es viele unbekannte Faktoren. Grundlagen

wie Münzhorte, Anzahl Stempel eines Münztyps oder schriftlich erwähnte militärische Soldzahlungen sind für die keltische Münzherstellung noch begrenzter vorhanden als beispielsweise für die römische. Generell kann man davon ausgehen, dass die Münzemission vom Auftragsvolumen und damit von der wirtschaftlichen und politischen Situation abhing und von Jahr zu Jahr schwanken konnte. Eine Münzstätte prägte nicht auf Vorrat, sondern nach Bedarf. Die Effizienz der Produktion schliesslich hängt von vielen Faktoren wie der Organisation, der Anzahl der Personen, deren Erfahrung oder der Verfügbarkeit von Ressourcen ab.⁸² Für den keltischen Bereich wird eher nicht mit fest eingerichteten Münzwerkstätten gerechnet, sondern damit, dass Metallhandwerker neben anderen Erzeugnissen bei entsprechender Nachfrage auch Münzen herstellten.⁸³ Da das Schneiden oder Punzieren der Prägestempel Spezialkenntnisse und künstlerisches Geschick erforderte,⁸⁴ besteht außerdem die Vorstellung von wandernden Münzmeistern, die ihre Stempel oder Patrizen sowie Schmiedewerkzeug und Punzen mit sich führten und an verschiedenen Orten nach Bedarf und Auftrag arbeiteten.⁸⁵ Eine Beteiligung lokaler Metallhandwerker ist aber in jedem Fall anzunehmen. Auch wenn der Beweis hier nicht geführt werden kann, so ist es doch

⁸¹ Berücksichtigt wurde auch, dass nicht alle Fragmente aneinander passen können (Aufteilung in Kombinationsgruppen nach Form und Grösse der Vertiefungen). Ausführlich zu allen Berechnungen: Bucher 2014, 63–77.

⁸² Umfassend zur Kalkulation antiker Münzproduktion: Buttrey 1993; Buttrey 1994.

⁸³ Nick 2006b, 365.

⁸⁴ Ziegau 2014, 19.

⁸⁵ Z. B. Nick 2006b, 365. Bemerkenswert ist auch das Prägewerkzeug-Ensemble von Niederaltheim (DE) mit Mehrfachunterstempeln verschiedenster Nominale. Ziegau 2014, 14–19.

wahrscheinlich, dass die Prägung am selben Ort wie die Herstellung der Münzrohlinge stattfand.

Anhaltspunkte zum zeitlichen Aufwand der Münzproduktion und der möglichen Anzahl beteiligter Personen bieten Vergleichswerte aus Experimenten zum Prägevorgang keltischer Münzen⁸⁶ und zur Herstellung der Tüpfelplatten und dem Schmelzen der Rohlinge.⁸⁷ Für eine angenommene Produktion von 10 000 Silberquinaren in Tüpfelplatten mit je 140 Vertiefungen – bei einer parallelen Ausführung der Rohlingsherstellung und des Flachschlagens/Prägens – bräuchten beispielsweise zwei Teams von je vier Personen mindestens 45 bis 50 Stunden oder viereinhalb bis fünf Tage bei zehn Arbeitsstunden pro Tag. Analog dazu bräuchten vier Teams von je vier Personen mindestens 23 Tage oder 12 Teams mindestens 8 Tage für die Herstellung von 100 000 Münzen. Die in diesem Fall benötigte Menge von 150 kg Metall wäre im Vorfeld zu beschaffen gewesen. Inwieweit Rohmetall für die Herstellung der keltischen Münzen verwendet wurde und wo dieses herkam, ist bisher noch weitgehend unklar. Es muss auch an ein Recycling in grösserem Stil ge-

dacht werden, das möglicherweise die gezielte Beschaffung fremder Münzen und vielleicht anderer Metallobjekte für das Einschmelzen einschloss.⁸⁸ Bereitzustellen waren außerdem rund 2000 kg Holzkohle sowie Ton- und Magerungsmaterial für die Tüpfelplatten. Rein von der Durchführbarkeit her könnten wohl alle Tüpfelplattenfragmente von einem einzigen Produktionsereignis stammen. Die Frage stellt sich dann aber, wofür so viele Münzen auf einmal emittiert werden sollten und wer sich dies leisten konnte.

Wahrscheinlicher sind mehrere Emissionen. Dafür sprechen auch die Unterschiede der Gebrauchs- und Herstellungsspuren an den Tüpfelplatten und der technischen Keramik von Roggwil. Sie legen nahe, dass es sich um Reste mehrerer Produktionsereignisse,

⁸⁶ De Jersey 2009.

⁸⁷ Bucher et al. 2011a; Bucher 2014, 173, Anm. 496.

⁸⁸ De Jersey 2009, 267. Für das Einschmelzen von römischen sowie fremden oder schweren keltischen Münzen gibt es einige archäologische Hinweise: Nick 2012, 500, 538, 553–554, Tab. 19; Kellner 1990, 23–24.

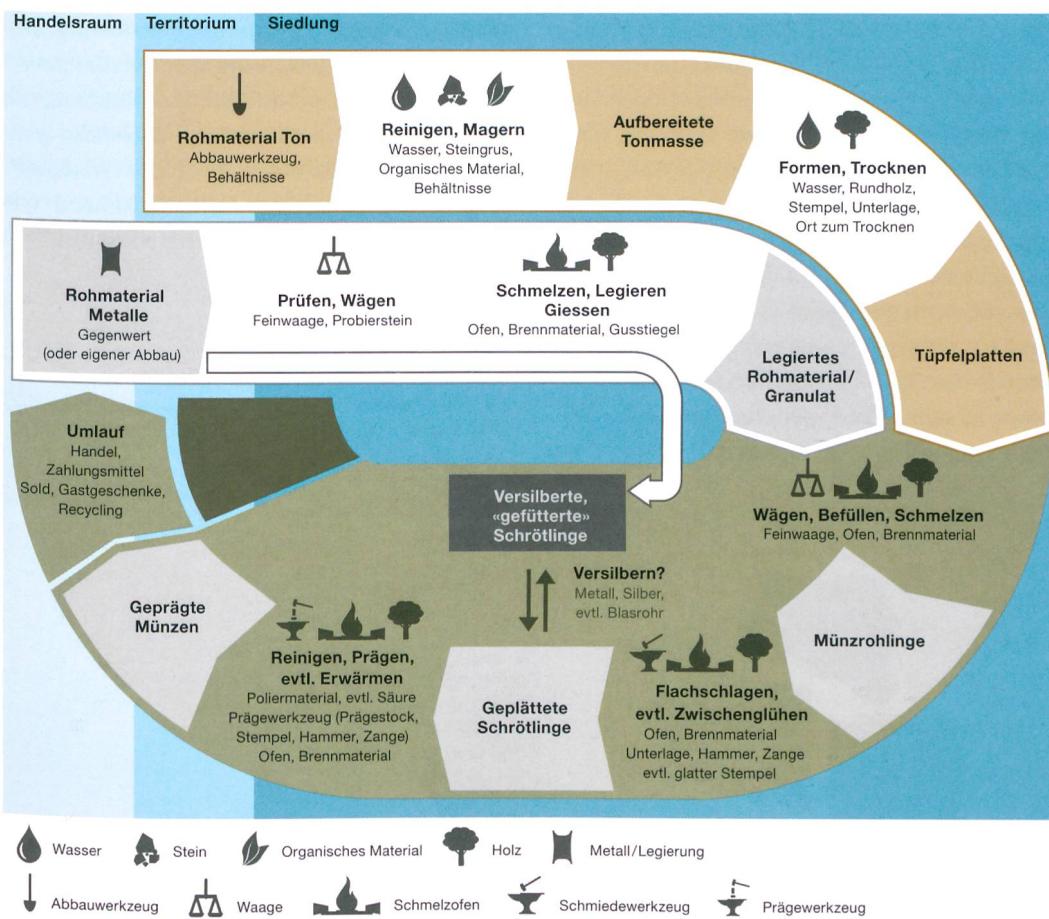


Abb. 21: Chaîne opératoire zur Herstellung spätlatènezeitlicher Silbermünzen.

möglicherweise sogar mehrerer Werkstätten handelt. Anhand der vorliegenden Daten kann aber nicht entschieden werden, wie lange die Münzwerkstatt von Roggwil effektiv in Betrieb war.

Die hier vorgestellten Untersuchungen können in einer schematischen Darstellung der chaîne opératoire, der Prozesskette der keltischen Münzherstellung, zusammengefasst werden. Diese bezieht sowohl die verschiedenen Schritte der Herstellung mit Material und Zwischenprodukten als auch die räumliche Einbettung in Siedlung und Territorium ein (Abb. 21).

5

Einordnung der Werkstatt von Roggwil und Ausblick

Die Münzwerkstatt von Roggwil und die zu gehörigen Funde lassen sich gut mit bisher bekannten Fundstellen dieser Art vergleichen, sowohl hinsichtlich der Fundlage oder der Vergesellschaftung von Tüpfelplatten mit Resten des Buntmetallhandwerks als auch hinsichtlich der Herstellungs- und Gebrauchsspuren. Bemerkenswert sind die Platten mit kleinen Vertiefungen von 8 bis 11 mm Durchmesser, für welche sich bisher nur wenige Vergleiche finden,⁸⁹ sowie die beispielsweise im Gegensatz zu den Funden von Manching (DE) (Abb. 22a) oder Rheinau ZH (Abb. 3a) im Schnitt geringe Menge von Metallresten. Trotz formaler Unterschiede zwischen einzelnen Fundstellen und einigen Details des Spurenbildes scheint der Herstellungsprozess von Münzrohlingen in Tüpfelplatten und das dazu verwendete technologische Wissen innerhalb der Oppidazivilisation sehr ähnlich gewesen zu sein. Dies spricht für eine Weitergabe des Wissens über weite Strecken. Die Stücke von

Roggwil zeigen eine fortgeschrittene Routine in der Durchführung dieses Prozesses.

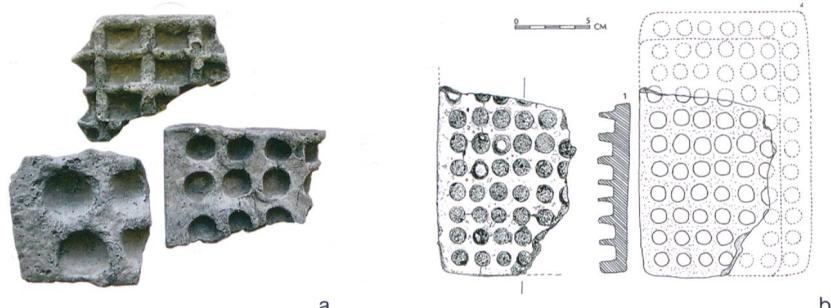
Aussergewöhnlich ist in Roggwil die Menge der Tüpfelplattenfragmente, bei der es sich um das grösste bisher gefundene Ensemble handelt. Es unterstreicht die Bedeutung der spätlatènezeitlichen Siedlung in der Flur Fryburg, ist aber auch einem glücklichen Zufall der Fundüberlieferung zu verdanken. Eine ähnlich umfangreiche Produktion von Münzen ist wohl auch für andere grössere Siedlungen des 1. Jahrhunderts v. Chr. anzunehmen, bisher jedoch noch nicht durch entsprechende Fundmengen nachweisbar. Von den meisten spätlatènezeitlichen Siedlungen sind bisher nur kleine Teile der Siedlungsfläche untersucht worden, sodass hier durchaus noch weitere solche Befunde zu erwarten sind.

Das Material von Roggwil birgt ein grosses Potenzial für weitere Untersuchungen. Bisher wurde nur ein kleiner Teil der dafür geeigneten Tüpfelplatten und weiterer technischer Keramik mit Metallresten analysiert. Grössere Analyseserien könnten zudem ausgewählte Münzen, Halbfabrikate und Schmelzreste aus Roggwil sowie gezielt experimentell hergestellte Vergleichsproben mit bekannter Entstehung umfassen. Interessant wäre darüber hinaus ein vertiefter Vergleich des Produktionsprozesses mit anderen Fundstellen, um möglicherweise technologische, regionale oder lokale Werkstatttraditionen zu erfassen, wie sie anhand von Münzstempeln aufgezeigt werden können.⁹⁰

⁸⁹ Old Sleaford (GB) (Elsdon 1997), evtl. Zavist (CZ) (Lehrberger et al. 1997).

⁹⁰ Ziegau 2014, 19.

Abb. 22: a: Manching (DE), drei Tüpfelplattenfragmente unterschiedlicher Grösse und Form; b grösstes erhaltenes Fragment einer rechteckigen Platte aus Sleaford (GB) mit 6 x 8 Vertiefungen, Fundzeichnung und mögliche Rekonstruktion.



Zusammenfassung

Im Jahr 2008 wurden in der Flur Fryburg in Roggwil in einer spätlatènezeitlichen Siedlungsgrube eine aussergewöhnlich grosse Menge von über 7000 Tüpfelplattenfragmenten und weiterer Objekte der Metallverarbeitung geborgen. Tüpfelplatten sind keramische Schmelzformen zur seriellen Herstellung von Münzrohlingen und ein charakteristisches, aber seltenes Fundgut in späteisenzeitlichen Siedlungen in ganz Europa. Die Werkstattfunde, darunter auch Fragmente von Gebläsedüsen, Buntmetallgussreste und -schlacken, wurden mit verschiedenen Methoden untersucht. Die detaillierte Beobachtung der erhaltenen Herstellungs- und Gebrauchsspuren ermöglichte Interpretationen hinsichtlich des Schmelzprozesses, der Ofenkonstruktion sowie der Produkte und des Produktionsumfangs der Werkstatt von Roggwil.

Die Münzrohlinge wurden in Platten unterschiedlicher Grösse in einem kleinen Schmelzofen unter glühender Holzkohle geschmolzen. Hergestellt wurden daraus geprägte Silberquinare von etwa 1,6 g Gewicht sowie sehr wahrscheinlich auch kleinere Viertelquinare oder Obole. Alles deutet auf eine Werkstatt, welche mehrmals Münzen emittierte und mindestens einige Zehntausend, vermutlich aber über Hunderttausend Münzrohlinge beziehungsweise Münzen herstellte. In unmittelbarer Nähe oder sogar in der gleichen Werkstatt wurde ausserdem Bronzehandwerk betrieben.

Résumé

En 2008, plus de 7000 fragments de moules à alvéoles et d'autres objets liés au travail du métal ont été découverts à Roggwil dans une fosse domestique laténienne localisée au lieu-dit Fryburg. Les moules, réalisés en terre cuite, étaient destinés à la fabrication en série de flancs monétaires bruts; ils constituent une trouvaille caractéristique, mais rare, des habitats de la fin de l'Âge du Fer en Europe. Les déchets d'atelier, parmi lesquels figurent aussi des fragments de tuyères, des coulures et scories de métal cuivreux, ont été soumis à diverses analyses. L'observation attentive des traces de fabrication et d'utilisation conservées a livré des interprétations quant au processus de fonte, à la construction du four ainsi qu'aux produits et au volume de production de l'atelier de Roggwil.

Les flancs bruts ont été fondus dans des plaques de taille variable déposées dans un petit four, sur des charbons de bois incandescents. Ils ont servi à la frappe de quinaires d'argent d'un poids de 1,6 g environ, ainsi que très probablement de petits quarts de quinaires ou d'oboles. Tout évoque un atelier qui émit des monnaies à plusieurs reprises et duquel sortit au minimum quelques milliers, mais probablement plus de cent milles flancs, respectivement monnaies. Dans les environs immédiats, voire dans le même atelier, l'artisanat du bronze fut aussi pratiqué.

Literatur

Balmer 2010

Margrit Balmer, Die spätlatènezeitlichen Befunde und Funde der Grabung Rennweg 35 in Zürich. Mit Beiträgen von Michael Nick und Katja Hunger. In: Christa Ebnöther und Regula Schatzmann (Hrsg.), *Oleum non perdidit. Festschrift für Stefanie Martin-Kilcher zu ihrem 65. Geburtstag*. Antiqua 47. Basel 2010, 95–104.

Bertolaccini 2009

Luisa Bertolaccini, Die Fundmünzen. In: Margrit Balmer, Zürich in der Spätlatène- und der frühen Kaiserzeit. Vom keltischen Oppidum zum römischen Vicus Turicum. Monographien der Kantonsarchäologie Zürich 39. Zürich/Egg, 194–203.

Blöck et al. 2012

Lars Blöck et al., Die spätlatènezeitliche Siedlungslandschaft am südlichen Oberrhein. In: Martin Schönfelder und Susanne Sievers (Hrsg.), *L'âge du fer entre la Champagne et la vallée du Rhin. 34^e colloque international de l'Association française pour l'étude de l'âge du fer du 13 au 16 mai 2010 à Aschaffenburg*. Mainz 2012, 381–418.

Brem/Hedinger 1999

Hansjörg Brem und Bettina Hedinger, Geld und Münzwesen der Latènezeit. In: Felix Müller, Gilbert Kaenel und Geneviève Lüscher (Hrsg.), *Die Schweiz vom Paläolithikum bis zum frühen Mittelalter*. Bd. IV: Eisenzeit. Basel 1999, 220–227.

Bucher et al. 2011

Julia Bucher, Patrick Nagy, Stefanie Osimitz und Kathrin Schäppi, Auf den Spuren der keltischen Münzmeister. Untersuchungen zur Herstellung spätlatènezeitlicher subaerater Münzen – Ein interdisziplinäres Forschungsprojekt. Experimentelle Archäologie in Europa. Bilanz 2011. Oldenburg 2011, 120–129.

Bucher 2014

Julia Bucher, Keltischen Münzmeistern auf der Spur – Die Reste einer spätlatènezeitlichen Münzwerkstatt aus dem Oppidum von Roggwil BE. Lizentiatsarbeit Universität Zürich 2014.

Bündgen et al. 2008

Sidonie Bündgen et al., Structures et mobilier de La Tène finale à Avenches-Sur Fourches. Bulletin de l'Association Pro Aventico 50, 2008, 39–175.

Burkhardt 2008

Andreas Burkhardt, Keltische Münzen der Schweiz. *Helvetia Archaeologica* 39. Basel 2008.

Burkhardt et al. 1994

Andreas Burkhardt, Willem B. Stern und Guido Helmig, Keltische Münzen aus Basel. Numismatische und metallanalytische Untersuchungen. *Antiqua* 25. Basel 1994.

Burkhardt 2012

Andreas Burkhardt, Die Analysen der keltischen Münzen und Metalle der spätlatènezeitlichen Grosssiedlung in der Rheinschleife bei Altenburg («Schwaben»). Fundberichte aus Baden-Württemberg 32/1. Stuttgart 2012, 673–716.

Buttrey 1993

T. V. Buttrey, Calculating ancient coin production. Facts and fantasies. *The Numismatic Chronicle* 153, 335–352.

Buttrey 1994

T. V. Buttrey, Calculating ancient coin production II. Why it cannot be done. *The Numismatic Chronicle* 154, 341–352.

Castelin 1965

Karel Castelin, Die Goldprägung der Kelten in den böhmischen Ländern. Graz 1965.

De Jersey 2009

Philip De Jersey, Some experiments in Iron Age coin production and some implications for the production of Gallo-Belgic E. In: Johan Van Heesch and Inge Heeren (Hrsg.), *Coinage in the Iron Age. Essays in honour of Simone Scheers*. London 2009, 257–269.

Duval et al. 1991

A. Duval et al., Les fouilles 1988–1989 dans le secteur «extra-muros». L'atelier de bronzier (Les fouilles du Mont-Beuvray: 1988–1989). *Revue archéologique de l'Est et du Centre-Est* 42, 1991, 274–284.

Elsdon 1997

Sheila M. Elsdon, Old Sleaford revealed. A Lincolnshire settlement in Iron Age, Roman, Saxon and Medieval times. *Excavations 1882–1995*. Oxford Monograph 78. Oxford 1997.

Frey-Kupper 1999

Suzanne Frey-Kupper, Keltische Münzfunde aus Balsthal (Kanton Solothurn). Ein Depot mit Quinaren und einem silbernen Hirschgeweih und «Potin»-Münzen von der Holzfluh. *Schweizer Münzblätter*, 1999, Heft 195, 45–61.

Frey-Kupper/Nick 2014

Suzanne Frey-Kupper und Michael Nick, Münzen. Der keltische Obolotyp «Bern-Enge» und die Beigabepraxis im Gräberfeld von Bern, Reichenbachstrasse. In: Peter Jud und Susi Ulrich-Bochsler, Bern, Reichenbachstrasse. Neue Gräber aus dem latènezeitlichen Oppidum auf der Engehalbinsel. Hrsg. v. Archäologischen Dienst des Kantons Bern. Bern 2014.

Furger-Gunti 1991

Andreas Furger-Gunti, Münzen. In: Irmgard Bauer et al., Üetliberg, Uto-Kulm: Ausgrabungen 1980–1989. Berichte der Zürcher Denkmalpflege. Archäologische Monographien 9. Zürich/Egg 1991, 181–184.

Gebhard 1995

Rupert Gebhard, Industry in celtic oppida – aspects of high temperature processes. In: Giulio Morteani und Jeremy P. Northover (Hrsg.), *Prehistoric gold in Europe. Mines, metallurgy and manufacture*. NATO ASI Series 280. Dordrecht 1995, 261–272.

Gebhard et al. 1995

Rupert Gebhard et al., Coin moulds and other ceramic material. A key to Celtic precious metal working. In: Giulio Morteani und Jeremy P. Northover (Hrsg.), *Prehistoric gold in Europe. Mines, metallurgy and manufacture*. NATO ASI Series 280. Dordrecht 1995, 273–302.

Gerber/Burkhardt/Helmig 2001

Yvonne Gerber, Andreas Burkhardt und Guido Helmig, Tüpfelplatten vom Titelberg. Naturwissenschaftliche, archäologische und numismatische Untersuchungen an ausgewählten Funden keltischer Tüpfelplatten, Münzen und Metallrohlingen vom Titelberg, Gemeinde Differdange, Grossherzogtum Luxemburg. Jahresbericht der Archäologischen Bodenforschung Basel-Stadt 200. Basel 2001, 113–145.

Jansová 1974

Libuše Jansová, Zur Münzprägung auf dem Oppidum von Závist. *Památky Archeologické* 65, 1974, 1–33.

Kaenel/Auberson 1996

Gilbert Kaenel und Anne-Francine Auberson, Un coin monétaire celtique au Mont Vully (canton de Fribourg). *Archäologie Schweiz* 9, 1996, 106–111.

Kellner 1990

Hans-Jörg Kellner, Die Münzfunde von Manching und die keltischen Fundmünzen aus Südbayern. *Die Ausgrabungen in Manching* 12. Stuttgart 1990.

Lehrberger et al. 1997

Gerhard Lehrberger et al. (Hrsg.), *Das prähistorische Gold in Bayern, Böhmen und Mähren. Herkunft – Technologie – Funde*. Prag 1997.

Marti/Nick/Peter 2013

Reto Marti, Michael Nick und Markus Peter, Füllinsdorf, Buechlihau: ein spätkeltischer Münzhort und weitere Funde. *Archäologie Baselland*. Jahresbericht 2012: Dokumentationen und Funde. Liestal 2013, 30–37.

Mauvilly et al. 2001

Michel Mauvilly et al., La métallurgie du bronze au milieu de l'âge du Fer. L'atelier métallurgique de Sévaz et l'étude par expérimentation de son fonctionnement éclairent d'un jour nouveau le travail du bronze au 5^e s. av. J.-C. *Archäologie Schweiz* 24/3, 2001, 22–29.

Moesta/Franke 1995

Hasso Moesta und Peter Robert Franke, Antike Metallurgie und Münzprägung. Ein Beitrag zur Technikgeschichte. Berlin 1995.

Nagy et al. in Vorbereitung

Patrick Nagy et al., Monographie über das keltische Rheinau. Monographien der Kantonsarchäologie Zürich. Zürich/Egg.

Nick 2006a

Michael Nick, Gabe, Opfer, Zahlungsmittel – Strukturen keltischen Münzgebrauchs im westlichen Mitteleuropa. 2 Bde. Freiburger Beiträge zur Archäologie und Geschichte des ersten Jahrtausends 12. Rahden/Westfalen 2006.

Nick 2006b

Michael Nick, «Keltisches Münzwesen». Reallexikon der Germanischen Altertumskunde 31. Berlin 2006, 364–372.

Nick 2009

Michael Nick, Die «Potinklumpen» von Zürich – ein Fund verschmolzener keltischer Münzen in der Bahnhofstrasse 1/3 aus dem Jahre 1890. In: Margrit Balmér, Zürich in der Spätlatène- und frühen Kaiserzeit. Vom keltischen Oppidum zum römischen Vicus Turicum. Monographien der Kantonsarchäologie Zürich 39. Zürich/Egg, 175–194.

Nick 2011

Michael Nick, New coin finds from the two late Iron Age settlements of Altenburg (Germany) and Rheinau (Switzerland). A military coin series on the German-Swiss border? In: Nicholas Holmes (Hrsg.), Proceedings of the 14th International Numismatic Congress, Glasgow 2009, vol. 2. Glasgow 2011, 1207–1216.

Nick 2012

Michael Nick, Die keltischen und römischen Fundmünzen aus der spätlatènezeitlichen Grossiedlung in der Rheinschleife bei Altenburg («Schwaben»). Fundberichte aus Baden-Württemberg 32/1. Stuttgart 2012, 497–672 und 841–858.

Nick 2013a

Michael Nick, Die spätlatènezeitlichen Münzen und Fundstellen in der Region Avenches VD. In: Simon Frey (Hrsg.), La numismatique pour passion.

Études d'histoire monétaire offertes à Suzanne Frey-Kupper par quelques-uns de ses amis à l'occasion de son anniversaire 2013. Untersuchungen zu Numismatik und Geldgeschichte 9. Lausanne 2013, 171–186.

Nick 2013b

Michael Nick, Bericht zur keltischen Numismatik. In: Guido Lassau, Tätigkeitsbericht. Jahresbericht der Archäologischen Bodenforschung des Kantons Basel-Stadt 2012. Basel 2013, 7–25.

Nick 2015

Michael Nick, Die keltischen Münzen der Schweiz: Katalog und Auswertung. Inventar der Fundmünzen der Schweiz 12. Bern 2015.

Ramstein 2010

Marianne Ramstein, Roggwil, Fryburg. Ein vergessenes Oppidum? Archäologie Bern 2010. Jahrbuch des Archäologischen Dienstes des Kantons Bern 2010. Bern 2010, 118–121.

Rehren 1997

Thilo Rehren, Tiegelmetallurgie. Tiegelprozesse und ihre Stellung in der Archäometallurgie. Habilitationsschrift TU Bergakademie Freiberg. Bochum 1997.

Rowlett/Sander-Jorgensen Rowlett/Thomas 1996

Ralph M. Rowlett, Elsebet Sander-Jorgensen Rowlett und Homer L. Thomas, The Titelberg and the artifacts from the Missouri excavations. In: Elizabeth G. Hamilton, Technology and social change in Belgic Gaul. Copper working at the Titelberg, Luxembourg, 125 B.C.–A.D. 300. Philadelphia 1996, 33–40.

Schäppi et al. in Vorbereitung

Kathrin Schäppi, Julia Bucher, Patrick Nagy, Stefanie Steiner-Osimitz und Christoph Jäggy, Ergebnisse des interdisziplinären Forschungsprojektes zur keltischen Münzherstellung in Rheinau (Analysen, Experimente und Auswertung).

Schreyer/Hedinger 2003

Stefan Schreyer und Bettina Hedinger, Siedlungsgruben und Schmiedeplätze im Oppidum von Rheinau-Altenburg. Rettungsgrabungen 1991 und 1994. In: Suzanne Plouin und Peter Jud (Hrsg.), Habituats, mobiliers et groupes régionaux à l'âge du fer. Actes du XX^e colloque de l'A.F.E.A.F., Colmar-Mittelwihr, 16–19 mai 1996. Revue archéologique de l'Est, 20^{ème} supplément, 179–188.

Tournaire et al. 1982

J. Tournaire et al., Iron Age coin moulds from France. Proceedings of the Prehistoric Society 48, 1982, 417–435.

Trittschack 2014

Roy Trittschack, Archäometrische Untersuchungen an ausgewählten latènezeitlichen (keltischen) Tüpfelplattenfragmenten aus Roggwil / Kanton Bern. Interner Bericht des Departements für Geowissenschaften der Universität Fribourg 2014.

Tylecote 1962

Ronald F. Tylecote, The method of use of early iron-age coin moulds. The numismatic chronicle 7, 1962, 101–109.

Tylecote 1987

Ronald F. Tylecote, The early history of metallurgy in Europe. London 1987.

Velde/Druc 1999

Bruce Velde und Isabelle C. Druc, Archaeological ceramic material. Origin and utilization. Berlin 1999.

Ziegaus 2014

Bernward Ziegaus, Die Werkzeuge der keltischen Münzmeister – Funde und Forschungen. In: Michael Alram, Hubert Emmerig und Reinhardt Harreither (Hrsg.), Akten des 5. Österreichischen Numismatikertages Enns, 21.–22. Juni 2012. Enns/Linz 2014, 3–32.