



Alex R. Furger

# Antike Schmelztiegel

Archäologie und Archäometrie der Funde  
aus Augusta Raurica

(mit Beiträgen von Markus Helfert)

# Inhalt

<b>Zur neuen Reihe «Beiträge zur Technikgeschichte»</b>	<b>9</b>
<b>Dank</b>	<b>9</b>
<b>Einleitung</b>	<b>11</b>
<b>Forschungsgeschichte zum Metallhandwerk in Augusta Raurica</b>	<b>13</b>
Die Erforschung der Technikgeschichte	13
Das 20. Jahrhundert	13
Die Übersicht von 1995	15
Der Übergang vom 20. zum 21. Jahrhundert	15
<b>Materialbasis und Methodik</b>	<b>17</b>
Die Fundbestände von Augusta Raurica zu metallhandwerklichen Tätigkeiten	17
Beprobung und Materialanalyse	17
Portable energiedispersive Röntgenfluoreszenzanalyse (von MARKUS HELFERT)	18
Grundlagen für den Einsatz	19
Durchführung der Messungen	20
Qualität der verwendeten Messmodi	20
<b>Die Schmelztiegel</b>	<b>21</b>
Charakterisierung des Tiegeltons	21
Farbe	21
Die Magerung und ihre Körnung	22
Erscheinungsbilder der Innen- und Aussenflächen	26
Kriterien der Materialaufnahme	27
Ergebnisse für Augusta Raurica	27
Erhaltung/Fragmentierung	29
Kriterien der Materialaufnahme	29
Ergebnisse für Augusta Raurica	29
Spuren an den Tiegeln	33
Kriterien der Materialaufnahme	33
Ergebnisse für Augusta Raurica: Reguli und ihre Abdrücke	33
Herstellung der getöpferten Tiegel	35
Anforderungen, Brenntemperatur und Eigenschaften der Tiegelkeramik	35
Die Werkspuren an den getöpferten Tiegeln	36
Werkstattspezifische(?) Details	37
Scheibengedrehte und handgemachte Tiegel	39
Die verschlackende äussere «Lutum-Schicht»	40
Die Besonderheiten des Lutums	40
Vielfältige Anwendungen	41
Fragen zur Herstellung	42
Fragen zur Chronologie	42
Exkurs: Lutum – antike und spätmittelalterliche Rezepte für Tiegelüberzüge	43
Bisherige archäometrische Untersuchungen des Lutums	48
Rekonstruktion der Herstellung des Lutums	49
Antike Reparaturen am Lutum	49
Das Lutum und die Feuerführung im Schmelzherd	50
Die Abdrücke von Holzkohle, Zangen und anderen Werkzeugen im Lutum	50
Überzüge im Tiegellinnern	52
Optische Charakterisierung der inneren Tiegelüberzüge	53
Glasuren und Engoben im Tiegellinnern	53
Hitzebeständigkeit	53

Exkurs: neuzeitliche Empfehlungen zur Tiegelherstellung, insbes. in J. G. Krünitz' «Oeconomischer Encyclopädie» (1773–1858)	54
Tiegelton	55
Formung der Tiegel	56
Brand	57
Handhabung und Feuerung	57
Die Tiegelformen in Augusta Raurica	58
Grössenspektrum	58
Rand- und Bodenformen	60
Kleine, eiförmige Tiegel (Normaltyp Augusta Raurica, klein)	61
Mittelgrosse, meist beutelförmige Tiegel (Normaltyp Augusta Raurica, mittelgross)	63
Grosse beutelförmige Tiegel (Normaltyp Augusta Raurica, gross)	65
Volumenermittlung ganz erhaltener Tiegel vom Normaltyp	66
Tiegel vom Normaltyp mit aussen leicht verdicktem Rand	70
Tiegel mit Griffflaschen	70
Flachbodige Tiegel	73
Flachbodige Tiegel in Becherform mit Randprofil	75
Napf- und schälchenförmige Tiegel	77
Gebrauchskeramik, verwendet als Tiegel?	80
Tiegeldeckel	80
Verbreitung der Tiegel im Stadtgebiet von Augusta Raurica	86
Verbreitung nach Grösse	86
Verbreitung nach Tongruppe	86
Verbreitung nach Spezialform	89
Verbreitung nach Metallgehalt	89
Chronologie der Tiegel in Augusta Raurica	89
Beutelförmige Schmelztiegel des «Normaltyps»	89
Sonderform mit aussen leicht verdicktem Rand	90
Tiegel mit umgelegtem Rand	90
Flachbodige Tiegel	90
Schälchenförmige Tiegel	92
Chronologie der Tiegeldeckel	92
Fazit Chronologie	93
Auswärts vertretene Tiegel und Sonderformen	93
Dickwandige Miniaturtiegel	94
Rundbodige bis kugelförmige Tiegel	94
Trichterförmige Tiegel	96
Steilwandige Tiegel verschiedener Grössen	97
Tiegel mit dreieckiger Mündung	99
Tiegel mit Ausguss am Rand	101
Tiegel mit Loch in der Seitenwand	103
Tiegel mit trichterförmig verengter, auflutierter(?) Mündung	107
Naturwissenschaftliche Untersuchungen an Schmelztiegeln	110
Analysen an Augster und auswärtigem Tiegelmateriale vor Projektbeginn	110
Fazit und offen gebliebene Fragen	110
Computertomographische Untersuchungen zum Tiegelaufbau	111
Geochemische Charakterisierung der Tiegelkeramik aus Augusta Raurica (von MARKUS HELFERT)	114
Für feuerfeste Keramik geeignete Tone	124
Katalog der untersuchten Vergleichstone	127
Herkunft der Augster Tiegeltone (mit MARKUS HELFERT)	149
Mikroskopische Charakterisierung der Tiegelkeramik aus Augusta Raurica	156
Untersuchungen an den äusseren Überzügen (Lutum)	157
Untersuchungen an den inneren Überzügen (Engoben und Glasuren)	157
Herkunft der Tiegel aus Augusta Raurica	161
Tiegelfunde aus auswärtigen Töpfereien	161
Die helltonigen Massenprodukte der Tongruppe 1	161
Die dunklen, quarzgemagerten Tiegel der Tongruppen 2–5	166

Nachweise von Guss speisen in Tiegeln und Deckeln	166
Analytische Methodik	166
Eindringen von Metallen in die Tiegelkeramik	166
Schlacke- und Metallspritzer	167
Analyse von Bohrspänen aus im Tiegel anhaftenden Metalltröpfchen	167
Analyse von Bohrspänen aus Metall-Reguli	168
Chemische Metallnachweise in eiförmigen Tiegeln der Augster «Normalform»	169
Fazit zu den Nachweisen von Guss speisen in Tiegeln des «Normaltyps»	177
Metallnachweise und Funktion der Tiegeldeckel	177
Metallnachweise und Funktion der schälchenförmigen Tiegel	179
Auswärtige Untersuchungen an Guss speiseresten	181
Unterschiedliche Schwefelkonzentrationen	182
Spuren der Messing-Zementation mit Zinkerz	183
Erhöhte Zinkkonzentrationen in Schmelztiegeln	183
Belege für Messingschmelze oder Messing-Zementation?	183
Charakterisierung der Zementationstiegel	184
Schabspuren in einem Zementationstiegel	187
Lassen sich die Zinkerze Galmei und Zinkblende archäometrisch an Tiegelresten unterscheiden?	187
Experimentelle Tiegelarchäologie	188
Personal und Ausrüstung	188
Experiment 1: Tiegeltone aufbereiten	189
Experiment 2: Tiegel töpfern und brennen	194
Experiment 3: Rekonstruktion des römischen Lutums	196
Experiment 4: Tiegel lutieren, vorbrennen und brennen	206
Experiment 5: Originaltiegel nachbrennen	208
Experiment 6: Zinkdampfdurchlässigkeit der Tiegeldeckel	210
Experiment 7: Zinkkontamination bei der Messing-Zementation	214
Experiment 8: Zinkkontamination beim Schmelzen und Giessen von Messing	224
Experiment 9: Zinkabbrand in Messingschmelze	225
Experiment 10: Zinnabbrand in Bronzeschmelze	230
Experiment 11: Zubereitung eines glasurartigen Blei-Schwefel-Gemisches	231
Experiment 12: Knochen als hochgradiges, anhaltendes Brennmaterial?	233
Fazit der Experimente	237
Antike Quellen über Tiegel	239
Begriffe	239
Tonmaterial	239
Herstellung	240
Exkurs: Das Depot ungebrauchter Tiegel von Insula 19	240
<b>Zusammenfassung</b>	<b>243</b>
Untersuchungsgebiet	243
Untersuchtes Material	243
Archäologische und chronologische Charakterisierung der Tiegel	243
Nicht nachgewiesene Tiegelformen	244
Arbeitsablauf bei der Tiegelherstellung	244
Innovation Lutum: Befund und Rekonstruktion	245
Metallspuren und metallurgische Prozesse	245
Lokale Tiegelproduktion und Tiegelhandel	246
<b>Summary</b>	<b>248</b>
Research area	248
The material examined	248
Archaeological and chronological identification of the crucibles	248
Unrepresented crucible shapes	249
Making crucibles: workflow	249
Lutum as an innovation: context and reconstruction	250
Traces of metal and metallurgical processes	250
Local crucible production and trade	251

<b>Katalog der Schmelztiegel</b>	<b>253</b>
Tafel 1 («Normaltyp» klein)	254
Tafel 2 («Normaltyp» klein)	255
Tafel 3 («Normaltyp» klein)	257
Tafel 4 («Normaltyp» klein, Tiegeldepot Insula 19)	262
Tafel 5 («Normaltyp» klein, Tiegeldepot Insula 19)	264
Tafel 6 («Normaltyp» klein, Tiegeldepot Insula 19)	265
Tafel 7 («Normaltyp» mittelgross)	267
Tafel 8 («Normaltyp» mittelgross)	268
Tafel 9 («Normaltyp» mittelgross)	269
Tafel 10 («Normaltyp» mittelgross)	271
Tafel 11 («Normaltyp» mittelgross)	273
Tafel 12 («Normaltyp» mittelgross)	274
Tafel 13 («Normaltyp» gross)	285
Tafel 14 («Normaltyp» gross)	285
Tafel 15 («Normaltyp» gross)	287
Tafel 16 («Normaltyp» gross)	287
Tafel 17 («Normaltyp» gross)	289
Tafel 18 («Normaltyp» gross)	290
Tafel 19 («Normaltyp» gross)	292
Tafel 20 («Normaltyp» gross)	293
Tafel 21 («Normaltyp» gross)	294
Tafel 22 («Normaltyp» gross)	295
Tafel 23 («Normaltyp» gross)	296
Tafel 24 («Normaltyp» übergross)	310
Ohne Tafel-Abbildungen (Tiegelfragmente vom «Normaltyp», Grösse nicht bestimmbar)	311
Tafel 25 («Normaltyp» mit aussen leicht verdicktem Rand)	312
Tafel 25 (Tiegel mit Griffflaschen)	313
Tafel 25 (Tiegel mit umgelegtem Rand)	313
Tafel 26 (flachbodige Tiegel)	313
Tafel 27 (Schälchentiegel)	314
Tafel 27 (Tiegel aus Gebrauchskeramik)	315
Tafel 28 (neuzeitliche Tiegel)	315
Tafel 29 (Tiegeldeckel)	315
Tafel 30 (Amphorenscherben-Tiegeldeckel)	316
Tafel 30 (Tiegel varia)	316
Tafel 30 (isolierte Reguli aus Tiegeln)	317
<b>Abkürzungen</b>	<b>317</b>
<b>Glossar</b>	<b>318</b>
<b>Literatur</b>	<b>319</b>
<b>Tafel- und Abbildungsnachweis</b>	<b>331</b>
<b>Anhang</b>	<b>333</b>
Übersichts- und Analysetabellen	333
Tabelle 1	335
Tabelle 2	336
Tabelle 3	339
Tabelle 4	340
Tabelle 5	344
Tabelle 6	352
Tabelle 7	354
Konkordanzen	356
Tafeln	357
<b>«Beiträge zur Technikgeschichte»</b>	<b>388</b>