

# Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung und Zielsetzung</b>	<b>1</b>
Literaturverzeichnis	6
<b>1 Verwendete Messmethoden</b>	<b>7</b>
<b>1.1 Induktiv gekoppeltes Plasma Emissions-</b>	<b>7</b>
<b>spektroskopie (ICP-OES)</b>	
1.1.1 Theorie	7
1.1.2 Aufbau eines ICP-OES	9
1.1.3 Methodenentwicklung	10
1.1.4 Kalibrierung	14
<b>1.2 Induktiv gekoppeltes Plasma Massen-</b>	<b>16</b>
<b>spektroskopie (ICP-MS)</b>	
<b>1.3 Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA)</b>	<b>21</b>
1.3.1 Prinzip der Röntgenfluoreszenzanalyse	21
1.3.2 Aufbau eines RFA Gerätes	24
Literaturverzeichnis	27
<b>2 Archäologische Einordnung, Beschreibung des</b>	<b>28</b>
<b>Probenmaterials und Probenvorbereitung</b>	
<b>2.1 Archäologischer Überblick</b>	<b>28</b>
2.1.1 Die Römer in Mainz	28
2.1.2 Römische Baumaterialien und Herstellung römischer	30
Ziegel	
2.1.3 Organisation der Ziegelproduktion und Ziegelstempel	32
<b>2.2 Beschreibung des Probenmaterials</b>	<b>35</b>
<b>2.3 Probenvorbereitung</b>	<b>41</b>
2.3.1 Experimentelle Durchführung	41
2.3.2 Einfluss der Probennahme auf die Ergebnisse	42
2.3.3 Einfluss der Reinigung mit konz. Salzsäure auf die	44
Ziegel	
Literaturverzeichnis	47
<b>3 Aufschluss der Silikatmatrix von Ziegelsteinen</b>	<b>48</b>
<b>3.1 Einführung</b>	<b>48</b>
<b>3.2 Aufschlussgeräte</b>	<b>49</b>
<b>3.3 Experimentelle Durchführung</b>	<b>51</b>

<b>3.4</b>	<b>Vergleich und Optimierung der Aufschlussmethoden</b>	<b>52</b>
3.4.1	Vergleich der Aufschlussmethoden	52
3.4.2	Verwendung verschiedener Säuremischungen	53
3.4.3	Variation der verwendeten Flusssäuremenge	55
3.4.4	Einfluss von Aufschlussdauer und –temperatur	57
3.4.5	Verdünnung der Aufschlusslösung	59
3.4.6	Konzentrationsbestimmung des Zirkoniums während einer Aufschlussequenz	60
<b>3.5</b>	<b>Bestimmung von Blindwerten</b>	<b>61</b>
<b>3.6</b>	<b>Reproduzierbarkeit der Aufschlüsse</b>	<b>62</b>
<b>3.7</b>	<b>Aufschlüsse von internationalen Standards als Referenzmaterialien</b>	<b>64</b>
	Literaturverzeichnis	69
<b>4</b>	<b>Verdünnung in einer mit mikroporösem Material gefüllten Zelle</b>	<b>70</b>
<b>4.1</b>	<b>Einführung</b>	<b>70</b>
<b>4.2</b>	<b>Verwendete Geräte</b>	<b>71</b>
<b>4.3</b>	<b>Vorarbeiten mit UV/VIS</b>	<b>74</b>
<b>4.4</b>	<b>Messung der verdünnten Probenlösung mit ICP-OES</b>	<b>77</b>
4.4.1	Verdünnung mit verschieden aufgebauten Zellen	77
4.4.2	Untersuchung der Zellen $Z_{4E}$ und $Z_K$	80
4.4.3	Kopplung von $Z_{4E}$ und $Z_K$ zur Tandemzelle	82
4.4.4	Automatisierung der Verdünnung	86
	Literaturverzeichnis	92
<b>5</b>	<b>Statistische Auswertung der Ergebnisse</b>	<b>93</b>
<b>5.1</b>	<b>Theoretische Grundlagen</b>	<b>93</b>
<b>5.2</b>	<b>Vergleichbarkeit der Analysen von RFA und ICP</b>	<b>96</b>
<b>5.3</b>	<b>Chemische Zusammensetzung der Proben</b>	<b>99</b>
<b>5.4</b>	<b>Vergleich der Gruppierung der Messungen von ICP und RFA</b>	<b>101</b>
<b>5.5</b>	<b>Zuordnung der Proben aus dem Bühnentheater in Mainz zu den Ziegeleien</b>	<b>106</b>
<b>5.6</b>	<b>Vergleich von verschiedenen Klassifizierungsmethoden unter Verwendung des Statistikprogramms SPSS</b>	<b>108</b>
5.6.1	Verwendung verschiedener Statistikverfahren	108
5.6.2	Verwendung verschiedener Standardisierungen der Messergebnisse	111

Literaturverzeichnis	114
<b>Zusammenfassung</b>	<b>115</b>
<b>Anhang 1</b>	<b>I</b>
<b>Anhang 2</b>	<b>IX</b>
2.1 Vergleichsmessung geologischer Standards	IX
2.2 Reinigung der PTFE Gefäße	XIII
2.3 Vergleich verschiedener Aufschlussmethoden	XV
<b>Anhang 3</b>	<b>XXII</b>
3.1 Konzentrationen gemessen mit WD-RFA	XXII
3.2 Originale ICP-Messergebnisse	XXVII
3.3 Korrigierte ICP-Messergebnisse	XXXVII
3.4 Hierarchische Clusteranalyse der RFA Ergebnisse	XLII
3.5 Hierarchische Clusteranalyse der korrigierten ICP Ergebnisse	XLV
3.6 Hierarchische Clusteranalyse der ICP Ergebnisse	XLVIII
3.7 gemeinsame hierarchische Clusteranalyse von korrigierten ICP- und RFA-Ergebnissen	LI
3.8 gemeinsame hierarchische Clusteranalyse von unkorrigierten ICP- und RFA-Ergebnissen	LVIII
3.9 Stabilität der statistischen Gruppierung	LXIV
<b>Abstract</b>	
<b>Verwendete Abkürzungen</b>	
<b>Lebenslauf</b>	