

Katharina Schmidt-Ott

**ERHALTUNG  
VON  
KULTURGÜTERN**

**DAS PLASMA  
IN DER METALLKONSERVIERUNG  
– MÖGLICHKEITEN UND GRENZEN**

CHRONOS

# Inhalt

|                   |  |           |
|-------------------|--|-----------|
| <b>Einleitung</b> |  | <b>11</b> |
| <b>1</b>          | <b>Kontext der Arbeit</b>  | <b>13</b> |
| 1.1               | Entwicklungsgeschichte der Plasmamethode   | 13        |
| 1.2               | Konservierung-Restaurierung von Eisengegenständen  | 15        |
| 1.2.1             | Aktive Massnahmen in der Konservierung-Restaurierung von Eisen   | 15        |
| 1.2.2             | Entfernung von Salzen mit Alkali-Sulfit-Lösungen   | 16        |
| 1.3               | Reinigung von Silbergegenständen   | 17        |
| 1.4               | Konservierung-Restaurierung von korrodierten Bleiobjekten  | 19        |
| 1.5               | Präventive Konservierung von Objekten aus Metall   | 21        |
| 1.5.1             | Eisenobjekte   | 21        |
| 1.5.2             | Silberobjekte  | 22        |
| 1.5.3             | Bleiobjekte  | 23        |
| 1.6               | Untersuchte Objekte und ihre Herkunft  | 23        |
| <b>2</b>          | <b>Das Plasma in der Metallkonservierung</b>   | <b>27</b> |
| 2.1               | Plasma: Grundlagen   | 27        |
| 2.2               | Die Plasmaanlage des Schweizerischen Landesmuseums   | 28        |
| 2.3               | Wirkungsweise des schwach ionisierten Plasmas  | 30        |
| 2.4               | Temperaturobergrenzen für Eisen- und Silberobjekte   | 31        |
| <b>3</b>          | <b>Beurteilung der Plasmareduktion mit aktuellen Prüfverfahren</b>                                     | <b>33</b> |
| 3.1               | Optimierung der Plasmaparameter durch optische Emissionsspektroskopie                                  | 33        |
| 3.2               | Alte und neue Standardparameter für die Plasmaanwendungen  | 36        |
| 3.3               | Suche nach spektroskopischem Chloridnachweis   | 37        |
| 3.4               | Rasterelektronenmikroskop und Elementnachweis mit energiedispersiver Röntgenanalyse                    | 38        |
| 3.5               | Anwendung der Raman-Spektroskopie  | 39        |
| 3.5.1             | Raman-Spektroskopie zur Untersuchung von Eisenkorrosionsprodukten                                      | 39        |
| 3.5.2             | Wärmeleistung im Laserfokus bei der Raman-Spektroskopie  | 39        |
| 3.6               | Vorbereitung der Proben für die Untersuchungen   | 41        |
| 3.6.1             | Metallografische Beprobung von archäologischen Eisenobjekten   | 41        |
| 3.6.2             | Presslinge aus reinen chemischen Verbindungen  | 42        |
| 3.6.3             | Stratigrafisches Freilegen von mittelalterlichen Eisenobjekten   | 43        |
| <b>4</b>          | <b>Ergebnisse für die Eisenkonservierung und Diskussion</b>  | <b>45</b> |
| 4.1               | Freilegungserleichterung nach Plasmabehandlung   | 45        |
| 4.2               | Mechanische Festigkeit der Korrosionsprodukte, Beurteilung anhand metallografischer Schliffe           | 46        |
| 4.3               | Raman-Spektroskopie zur Identifizierung von Eisenkorrosionsprodukten vor und nach der Plasmabehandlung | 53        |
| 4.3.1             | Analyse von Korrosionsprodukten mit Pulverpresslingen  | 53        |
| 4.3.2             | Analyse von Korrosionsprodukten bei Objekten und Beurteilung der Tiefenwirkung des Plasmas             | 59        |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 4.3.3     | Analyse von Korrosionsprodukten bei metallografischen Proben                                       | 64         |
| 4.4       | Wirkung eines reinen Argonplasmas auf Eisenkorrosionsprodukte                                      | 68         |
| 4.5       | Langzeitstabilität von Objekten nach kombinierter Behandlung                                       | 73         |
| <b>5</b>  | <b>Ergebnisse für die Silberkonservierung und Diskussion</b>                                       | <b>75</b>  |
| 5.1       | Oberflächenanalysen von Silberkorrosionsschichten vor und nach der Behandlung im Wasserstoffplasma | 75         |
| 5.1.1     | Beurteilung der Plasmawirkung auf künstlich erzeugte Korrosionsschichten                           | 75         |
| 5.2       | Beurteilung der Plasmawirkung auf Objektoberflächen  | 78         |
| 5.3       | Kombination von Plasmareduktion und Politur  | 82         |
| <b>6</b>  | <b>Ergebnisse für die Bleikonservierung und Diskussion</b>   | <b>85</b>  |
| 6.1       | Oberflächenanalysen von Bleikorrosionsschichten  | 85         |
| <b>7</b>  | <b>Zusammenfassung – Résumé – Abstract</b>   | <b>93</b>  |
| <b>8</b>  | <b>Anhang</b>  | <b>97</b>  |
| 8.1       | Herstellung der Eisenoxidpulverproben  | 97         |
| 8.2       | Herstellung künstlicher Silberkorrosionsschichten  | 98         |
| 8.3       | Optische Emissionsspektroskopie  | 98         |
| 8.4       | Rasterelektronenmikroskop  | 99         |
| 8.5       | Raman- und Infrarot-Spektroskopie  | 100        |
| <b>9</b>  | <b>Anmerkungen</b>   | <b>103</b> |
| <b>10</b> | <b>Verzeichnisse</b>   | <b>105</b> |
| 10.1      | Bibliografie   | 105        |
| 10.2      | Abbildungsnachweis   | 109        |
| 10.3      | Verzeichnis der genannten Korrosionsprodukte   | 110        |
| 10.4      | Verzeichnis der Abkürzungen  | 111        |