

## Iron and Steel in Art: Corrosion, Colorants, Conservation

Valentin Boissonnas

‘Iron and Steel in Art’ ist nach ‘Copper in Art’ die zweite Publikation unter der Leitung von David A. Scott, welche sich in enzyklopädischer Art und Weise mit der Technologie, dem Zerfall und der Konservierung eines Metalls beschäftigt. Eisen ist das am häufigsten vorkommende Schwermetall der Erde, hat die komplexesten Korrosionsprozesse aller Metalle und ist dementsprechend das am meisten studierte Metall in der Konservierungsgeschichte. Um all die in diversen Sprachen verfassten Publikationen zu erfassen und kondensiert wiederzugeben, hat sich David Scott für dieses Projekt mit Professor Gerhard Eggert zusammengetan.

Das Buch ist in vier Teile gegliedert. Eine Einführung über physikalische und technologische Aspekte von Eisen und Stahl, eine Diskussion der einzelnen Korrosionsfamilien, eine Übersicht über die Korrosionsprozesse in verschiedenen Milieus sowie eine Zusammenfassung aller Konservierungsmaßnahmen, die bis heute zur Stabilisierung von Eisenlegierungen angewendet worden sind. Der Text besticht durch seine präzise, detaillierte Beschreibung und wird durch unzählige Anekdoten, Fallstudien und mit dem gelegentlichen Augenzwinkern ergänzt. Das Bildmaterial ist reich an Metallschliffen und mikroskopischen Pigmentobservationen, illustriert jedoch nur bedingt Korrosionsprodukte und Konservierungsmaßnahmen. Im Folgenden werden die vier Hauptthemen des Buches separat besprochen.

### Einführung

Der erste Abschnitt befasst sich mit den physikalischen Eigenschaften, dem Vorkommen, der Extraktion sowie der Verarbeitung von Eisen. Die Gefügestrukturen von Schmiedeeisen, Stahl und Gusseisen werden mit Hilfe von Phasendiagrammen gut illustriert und erläutert. Um die Veränderungen durch Wärmebehandlungen zu veranschaulichen, werden zusätzlich Zeit-Wärmediagramme benutzt. Die Fülle an Informationen, wo und zu welcher Zeit welche Techniken angewendet wurden, wird durch historische Rezepte und Quellen bereichert.

### Korrosionsfamilien

Oxide, Karbonate, Chloride, Sulfate, Phosphate, Silikate, Carboxylate und Cyanide bestimmen die folgenden Kapitel. Aussehen, Vorkommen, Struktur sowie physikalische und chemische Eigenschaften werden sorgfältig beschrieben. Auch die Identifizierung der jeweiligen Korrosionsprodukte

durch Mikroskopie, Röntgendiffraktion, Raman-Spektroskopie oder Fourier-Transfer-Infrarot-Spektroskopie wird detailliert besprochen. Eine Einführung zu Pourbaix-Diagrammen erleichtert dabei den Zugang zu komplexen Korrosionsvorgängen und der möglichen Passivierung von Eisen im Boden oder unter Wasser.

Für jedes Korrosionsprodukt gibt es eine Fülle an Informationen zu seiner Entstehung in der Natur, aber auch zum Gebrauch durch den Menschen (Körpermalereien, Höhlenmalerei, Grabbeigaben, Gerbmittel, Skulpturen, Gewichte, Amulette). Vom Gebrauch dieser Oxidationsprodukte wird aus allen Weltkulturen und Zeithorizonten bis hinein in die Neuzeit berichtet. Dabei kann es vorkommen, dass dem Leser in einem Atemzug das Turiner Grabschiff, die Bewohner der südafrikanischen Blomboshöhlen sowie die Chumash-Indianer Kaliforniens begegnen.

Potenziell instabile Korrosionsverbindungen wie Pyrit werden durchleuchtet und Konservierungsansätze besprochen. So erfährt man unter anderem, dass Kanonenkugeln aus Schiffswracks bei nicht-kontrollierter Trocknung plötzlich Funken sprühen und Löcher in den Arbeitsplatz des Konservators brennen können. Wie schnell sich bestimmte Korrosionsprodukte bilden, veranschaulicht das Beispiel von Vivianit, welches sich nach der Ausgrabung sowohl auf Mammuts aus dem Permafrost, in Ötzis Lungen als auch in den Massengräbern von Srebrenica gebildet hatte. Eisentannate wiederum illustrieren, wie Korrosionsprodukte, in Form von Tinte oder als Korrosionsumwandler, uns helfen, einen Teil der Menschheitsgeschichte zu bewahren.

### Eisenkorrosion

Korrosion entwickelt sich je nach Umgebung auf verschiedene Art und Weise. Dementsprechend ist dieser Abschnitt in folgende drei Teile gegliedert: Korrosion im Boden, atmosphärische Korrosion, Korrosion unter Wasser.

Im Kapitel Bodenkorrosion liegt der Schwerpunkt auf der Besprechung der Korrosion durch Chlorid einschließlich der Grenzwerte für die relative Luftfeuchte, wenn sich das gefürchtete Akaganeit gebildet hat. Ebenso ist von sauerstoffarmen Böden die Rede, in denen unter anderem die Bakterie *Gallionella Ferrugina* wesentlich an der Entstehung semistabiler Eisensulfide beteiligt ist.

Atmosphärische Korrosion hängt im Wesentlichen von der Eisenlegierung, der relativen Luftfeuchte und der Luftverschmutzung ab. All diese

Faktoren werden gut beschrieben, konkrete Beispiele wie die Eisensäule von Delhi oder die tausendjährigen Tierfiguren aus Changzhou veranschaulichen, in wie weit Theorie mit Wirklichkeit übereinstimmt. Polarisationsdiagramme nach Evans werden herbeigezogen, um anodische und kathodische Einflüsse vor Augen zu führen. Luftverschmutzung identifizieren die Autoren sowohl als hygroskopische Staubpartikel, Schwefeldioxid, in Meeresnähe aber auch als Chloridionen. In wie weit die Legierungszusätze die Korrosion verlangsamen oder passivieren können, wird anhand der neuzeitlichen Stahllegierungen illustriert. Hilfreich ist auch der Ausflug in die Korrosionsvorgänge von Eisenarmierungen in Beton oder Stein.

Ein vergleichsweise kurzer Abstecher in die Korrosionsvorgänge unter Wasser, die Einflüsse von Biofilmen und Krustenbildung durch Meerestiere rundet das Kapitel der Eisenkorrosion ab.

In der Literatur hat sich bis heute leider noch keine universelle Beschreibung der Korrosionsschichten etabliert. So werden auch in dieser Publikation je nach Autor diverse Terminologien verwendet, was die bereits komplexen Beschreibungen dem Neophyten nicht leichter verständlich macht. Dementsprechend werden Begriffe wie ‚original surface‘, ‚dense transformed product layers‘, ‚epitactic & topotactic transformations‘ wiedergegeben, aber nicht weiter erläutert. Hier wäre es hilfreich gewesen, wenn die systematische und präzise Terminologie nach Bertholon eingeführt worden wäre, um dem Leser den Umgang mit diesen Begriffen ersichtlicher zu machen.

### Konservierung von Eisen

Zur Darstellung der Konservierung archäologischer Bodenfunde schlagen die Autoren einen Bogen über 120 Jahre Konservierungsgeschichte. Alle Methoden im Kampf gegen Eisenkorrosion werden dabei gründlich mit Vor- und Nachteilen vorgestellt: Spülen in Wasserbädern, Imprägnierungsmethoden, Hitzebehandlungen, mechanische und chemische Freilegung, elektrolytische Reduktionsmethoden, Wasserstoffreduktion, Wasserstoffplasmareduktion und Reduktion in alkalischen Bädern. Alkalische Sulfidbäder werden dabei als die zurzeit erfolgreichste Stabilisierungsmethode beschrieben. Ein Kapitel über die Langzeitaufbewahrung von Eisenfunden schließt dieses umfassende Kapitel ab.

Freibewittertes Eisen korrodiert sehr schnell und muss dementsprechend regelmäßig geschützt

und gewartet werden. In diesem Kapitel wird die ganze Bandbreite von traditionellen bis synthetischen Schutzüberzügen vorgestellt (Wachse, Öle, Acrylate, Polyurethane, Epoxide, Polyester, Ormocer etc.). Vor- und Nachteile werden aufgezeigt und anhand von Fallstudien belegt. Mit 60 Tonnen Farbe pro Anstrich illustriert der Eiffelturm auf eindrückliche Art und Weise die Problematik von Schutzüberzügen an Großbauten. Auch kombinierte Verfahren kommen zur Sprache, wie beispielsweise an der SS Great Britain in Bristol, deren unterer chloridkontaminierter Schiffsbauch isoliert bei einer relativen Luftfeuchte von 20 % besucht werden kann, deren oberer Teil aber nach rigorosem Auftrag von Schutzüberzügen einem nicht kontrollierten Klima ausgesetzt ist. Metallbeschichtungen wie z. B. mit Blei, Zink oder Aluminium finden sich hier ebenso wie das Anlegen einer externen Spannung an architektonischen Eisenelementen. In der Diskussion um die Anwendung möglicher Korrosionsinhibitoren werden die toxische Natur vieler dieser Verbindungen hervorgehoben und Alternativen zu einem gesünderen Umgang mit Konservierungsmitteln angedacht. Die Entfernung von Eisenkorrosion auf kontaminierten Objekten aus Stein, Holz oder Textil wird ebenfalls erwähnt.

Schiffswracks bergen meist beträchtliche Mengen an Eisen in einem sehr korrosiven Milieu. Die Konservierung dieser oft voluminösen und schweren Objekte hat in den letzten 30 Jahren große Fortschritte gemacht. Zeitgenössische Stabilisierungsverfahren beruhen auf elektrolytischen Reduktionsmethoden mit Referenzelektroden, die eine genaue Kontrolle des Korrosionspotentials (Ecorr) erlauben. An einigen Beispielen wird hier die Benutzung von Opferanoden illustriert, welche die Objekte in situ stabilisieren und einen Großteil der vorhandenen Chloridionen noch vor der Bergung entfernen können. Die Problematik von Polyethylenglykol in Kontakt mit Eisen wird ebenso ausführlich beschrieben, unter anderem anhand des Beispiels der Vasa, bei der die unglückliche Kombination von Schwefel, Cellulose, PEG und Eisen einen 5000 kg schweren Schwefelsäurecocktail zur Folge hat.

Das Schlusskapitel ‚Conservation and decision making‘ analysiert Kosten und Erfolg von Konservierungsmaßnahmen an archäologischem Eisen. Erfreulich dabei ist die Erkenntnis, dass die Behandlung von Eisenfunden ihre Überlebenschance stark vergrößert. Bedauerlicherweise stehen Eisenobjekte aber immer noch vielfach infolge ihres

wenig ,kostbaren‘ Äußeren zuunterst auf den Prioritätenlisten und werden nicht immer konserviert. Auch wenn wir heute viel über die Korrosionsvorgänge und die Stabilisierungsmethoden wissen, so fällt doch auf, dass Behandlungen immer noch ,nationalen‘ Charakter haben. So verfolgt England vorwiegend die Trockenlagerung, die Schweiz und Frankreich die Entsalzung mit alkalischem Sulfit. Erschreckend ist die kürzlich erhobene Umfrage in Deutschland, welche aufzeigt, dass lediglich 40 % aller Eisenkonservatoren Entsalzungsmethoden anwenden, davon nur die Hälfte mit alkalischem Sulfit.

Diese Schlussfolgerung zeigt, wie sehr ein Standardwerk wie das von Scott & Eggert bis heute in der Konservierungsliteratur gefehlt hat. Der Inhalt dieses Werkes ist Pflichtlektüre für jeden Metallkonservator und sollte auf der Wunschliste aller Studenten der Metallkonservierung stehen. Die Fülle an Information über Pigmente macht es aber auch für den Konservator-Restaurator von Wand- und Höhlenmalereien, den Archäometallurgen, den Geologen oder den Kunsthistoriker zu einem Referenzwerk.

Iron and Steel in Art:  
Corrosion, Colorants, Conservation  
Hrsg. v. David. A. Scott und Gerhard Eggert  
Archetype Publications  
London 2009  
ISBN 978-1-904982-05-0  
£ 55,00