

Zum restauratorischen Umgang mit Kunstgegenständen und Denkmälern aus Eisen

Juli 2005

Einleitung

Die Werkstoffkunde des Eisens ist wegen der langen historischen Entwicklung, der zahlreichen technischen Varianten und der weiten Verbreitung recht kompliziert. Die Vielfalt der Materialien, der Herstellungsmethoden und Objekte führt in Verbindung mit den jeweiligen Umwelt- und Nutzungsbedingungen zu einer breiten Palette möglicher Korrosionserscheinungen und Schäden. Es kann deshalb sein, dass ein und dieselbe Freilegungs-/Restaurierungs-/Konservierungs-Methode in einem Fall zu befriedigenden Ergebnissen führt, in einem anderen Fall hingegen völlig versagt. Von den Objekten, und damit von einer konkreten Situation losgelöste Betrachtungen – wie auch dieses Merkblatt – bergen die Gefahr einer theoretisierenden und praxisfernen Diskussion. In der Praxis wird man deshalb analoge Situationen zum Vergleich heranziehen, anhand derer man sich überzeugen kann, ob durch eine bestimmte Arbeitsmethode ein unter restauratorischen Gesichtspunkten zufriedenstellendes Äußeres und eine ausreichende Langzeitstabilität erreicht wurden. Der Erfolg einer Maßnahme hängt entscheidend und in erster Linie von der Qualität der handwerklichen Ausführung ab.

In dem vorliegenden Merkblatt werden die wichtigsten Konzepte und Methoden zum Umgang mit rostigen Oberflächen erörtert. Methoden der Stabilisierung und Verbindungstechniken bleiben ausgeklammert.

Die Eigenschaften des Grundmaterials

Eisen kommt in der Natur kaum in gediegener, d.h. metallisch reiner Form vor (einzige Ausnahme: Meteoriten), sondern in chemischer Verbindung mit Sauerstoff oder Schwefel in Form sogenannter Eisenerze. Aus diesen Erzen kann Eisen nur durch den Prozess der Verhüttung gewonnen werden. Bis etwa zur Mitte des 18. Jahrhunderts geschah dies in sogenannten Rennöfen. Das Eisen war aufgrund des niedrigen Kohlenstoffgehalts gut schmiedbar, weist oft aber Schlackeeinschlüsse auf, die zum Aufblättern des Materials führen können. Erst ab etwa 1750 wurden gezielt Eisenlegierungen bzw. Stahlsorten mit unterschiedlichem Kohlenstoffgehalt hergestellt.

Eisen mit einem Kohlenstoffgehalt über 2,1 % ist nicht schmiedbar und wird als **Gusseisen** bezeichnet. Je höher der Kohlenstoffgehalt ist, desto spröder ist das Material. Bei einem Kohlenstoffgehalt von weniger als 2,1% liegt **schmiedbarer Stahl** vor, je niedriger der Kohlenstoffgehalt desto besser sind die Schmiedeeigenschaften. **Technisches Eisen (Stahl)** kann neben Kohlenstoff in erster Linie Silicium, Mangan, Schwefel und Phosphor enthalten. Stählen werden, oft in erheblicher Menge, außerdem noch Chrom, Nickel, Cobalt, Wolfram und weitere Elemente zulegiert. Die Materialeigenschaften, wie z. B. Zugfestigkeit, Verschleißfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit und auch Schweißbarkeit des Grundmaterials Eisen lassen sich vielfältig und in erheblichem Maß variieren, durch unterschiedliche Herstellung, durch

Legieren und bestimmte Wärmebehandlung. Die Legierungsbestandteile Chrom und Nickel erhöhen beispielsweise die Korrosionsbeständigkeit eines Stahls.

Will man von einem bestimmten Gegenstand wissen, welcher Werkstoff genau vorliegt, so helfen in der Regel nur eine chemische Analyse und/oder ein metallographischer Schliff weiter. In der Praxis kann häufig die für die Analyse erforderliche Materialprobe nicht entnommen werden oder eine chemische Analyse scheidet aus Zeit- und Kostengründen aus. Es bleibt dann nichts anderes übrig, als weitere Entscheidungen auf eine primär visuelle Beurteilung des Grundmaterials und der Korrosionssituation (bei letzterer vor allem in Hinblick auf Farbe, Konsistenz und Tiefe des Rostes) zu stützen.

Korrosion

Eisen gilt als das korrosionsfreudigste und damit empfindlichste Gebrauchsmetall. Die entstehenden Korrosionsprodukte werden allgemein als Rost bezeichnet. Rost ist ein Gemisch verschiedener Eisenhydroxide. Frischer Rost zeigt die typischerweise gelbbraune Farbe und enthält meist verstärkt $\text{FeO}(\text{OH})$. Magnetit Fe_3O_4 wird als mechanisch und chemisch stabileres Folgeprodukt einer langsamen Oxidation mit geringer Sauerstoffzufuhr angesehen.

Die Korrosion „frisst“ sich punktuell (Korrosionsnarben) oder flächig in das Material. Durch das im Vergleich zum Eisen vergrößerte Volumen wächst der entstehende Rost regelrecht auf die Oberfläche auf oder bläht das Eisen in einzelne Lagen bis zur Unkenntlichkeit des Gegenstandes. Fassungen und Überzüge werden durch fortschreitende Korrosion abgesprengt und überlagert.

Denkmalpflegerische und technische Anforderungen

Die konservatorische Zielsetzung in der Denkmalpflege fordert in erster Linie die weitest mögliche Erhaltung des jeweiligen Gegenstandes mit allen charakteristischen Materialeigenschaften und den, bei eingehender Untersuchung, auch materiell nachweisbaren Spuren seiner Entstehung und Geschichte. Das für Eisen als typisch empfundene Aussehen, die Herstellungscharakteristika (wie z. B. Schmiedehammerschläge), chemische Oberflächenveredelungen (Brünierung, Bläuerung etc.), Reste einer Beschichtung und nicht zuletzt Gebrauchsspuren (Abnutzungserscheinungen, typische Ablagerungen etc.) sollen erhalten bleiben.

Diesem Anspruch stehen in der Praxis oftmals die Anforderungen der Korrosionsfachleute entgegen. Zur Gewährleistung einer möglichst langen Standzeit nach einer Instandsetzung wird ein problemloser, mechanisch und chemisch stabiler Untergrund gefordert, welcher sich für Konservierungsmaßnahmen bis hin zur komplizierten maltechnischen Beschichtung eignen soll. Es ist allgemein bekannt, dass Sauerstoff, Wasser, Salze und eine aufgeraute Oberfläche die Korrosion fördern, wobei der Gegenwart von Feuchtigkeit die entscheidende Rolle zukommt. Daraus resultiert die weitverbreitete Meinung, dass die Salze und sämtliche Korrosionsprodukte restlos aus den Vertiefungen des Eisens entfernt werden müssen. Dies kann nicht ohne starke Materialverluste geschehen und wird somit in der Regel den denkmalpflegerischen Ansprüchen nicht gerecht.

Der Verhaltensspielraum bei Maßnahmen an korrodiertem Eisen reicht also von der „Generalinstandsetzung“ mit vollständiger Oberflächenzerstörung und Verlust stärker korrodierter Teile, über den moderaten Eingriff bis hin zum Totalverlust durch bloßes Abwarten und Nichtstun.

Restaurierungsmethoden

Aufgrund der großen Korrosionsbereitschaft wird Eisen traditionell durch Anstriche, metallische Überzüge (Vergoldung, Verzinnung, Verzinkung etc.) oder durch eine Kohlenstoffschicht (Schwarzbrennen) geschützt. Dieser Schutz (Konservierung) wird bei einer Restaurierung wiederhergestellt oder durch gut abzuwägende Alternativen gewährleistet.

Im Vorfeld jeder Restaurierungsmaßnahme muss der Zustand des zu behandelnden Kunstgegenstandes/Denkmals untersucht werden, um die Möglichkeiten für ein Konzept zum weiteren Vorgehen festzulegen (Materialbestimmung, Herstellungsmerkmale, Schadensphänomene, Bedeutung etc.). Die Untersuchung der aufliegenden Fassung bzw. Fassungsreste oder anderer Beschichtungen ist unerlässliche Grundlage zur Festlegung des zukünftigen Erscheinungsbildes und zur Materialwahl. Daneben ist die Zielsetzung der Maßnahme von entscheidender Bedeutung: Soll der Gegenstand weiter funktionstüchtig sein? Befindet sich das Objekt zukünftig im Innenraum oder ist es freier Bewitterung ausgesetzt? Ist eine regelmäßige Wartung möglich? Wird die Maßnahme unter besonderen denkmalpflegerischen und restauratorischen Anforderungen durchgeführt? Welche Veränderungen für das Objekt resultieren aus den durchgeführten Maßnahmen?

Prinzipiell geht es bei der Restaurierung der meisten Kunstwerke aus Eisen erst einmal um die Abnahme/Reduzierung von Rost und nachweislich zerstörten Fassungen auf ein verträgliches Maß. Dem Restaurator stehen mehrere Möglichkeiten zur Verfügung. Die schonendsten und am genauesten kontrollierbaren sind die Freilegungsmethoden mit dem **Skalpell** und mit **Handbürsten**. Bei den Bürsten muss darauf geachtet werden, dass die Vorgehensweise auf die zu bearbeitende Oberfläche abgestimmt ist. Ungeeignete Borsten und falsche Handhabung können Schleifspuren, unerwünschten Oberflächenglanz und zuviel Abtrag verursachen. Das Freilegungsziel beschränkt die Abnahme auf lose aufliegende Korrosionsprodukte und Fassungsreste. So behandelte Oberflächen werden mit dem Begriff „handentrostet“ bezeichnet.

Gerade bei sehr großen Objekten bietet sich als kosten- und zeitsparende Rostentfernungsmethode das sogenannte **Strahlverfahren** an, welches aber oft mit einem starken Eingriff in die Substanz verbunden ist. Um Schäden am Objekt zu vermeiden, müssen das Strahlmittel und der Strahldruck auf die jeweilige Oberflächenbeschaffenheit und den angestrebten Freilegungsgrad des Eisens abgestimmt werden. Es gibt durchaus sanfte Strahlmittel, die lediglich lose aufliegende Rostschollen abtragen und eine gewünschte Verdichtung der Eisenoberfläche und des Restrosts bewirken.

Elektrolytische und chemische Entrostungsmethoden greifen sehr stark in die Substanz ein. Bei Denkmälern aus Eisen sind diese Methoden abzulehnen, weil der Arbeitsprozess zu wenig kontrollierbar ist.

Das **Ablaugen oder Abbeizen** ist eine durchaus gängige Methode zur Entfernung alter Anstriche. Es ist dringend darauf zu achten, dass die in das Material Eisen eingebrachten Chemikalien vollständig neutralisiert werden. Dies kann jedoch bei stark korrodierten Oberflächen nicht gewährleistet werden.

Konservierungsmethoden

Ein deutlich praxisbezogener Ansatz zur Lösung der Probleme mit rostigen Eisenoberflächen und dem oft strittigen Punkt des Entrostungsgrades besteht im Konzept der sogenannten **restrostverträglichen Beschichtungen**.

Ein klassisches restrostverträgliches Anstrichsystem ist die Beschichtung mit **ölbundener Bleimennige**, die erfahrungsgemäß einen ausgezeichneten Korrosionsschutz bietet, und wenn der Anstrich fachgerecht ausgeführt wurde, in der Standzeit auch heute unbedingt konkurrenzfähig ist. Die Bildung der sogenannten Bleiseifen (d.h. von Bleisalzen aus dem Blei der Mennige und den Carbonsäuren aus dem Leinöl) und das Verkochen des Leinöls zum sogenannten Standöl führen zu besonders vorteilhaften Malschichteigenschaften, insbesondere zu einer erhöhten Elastizität. Die Ansprüche an den Untergrund sind gering, deshalb können substanzschonende Säuberungs- und Freilegungstechniken eingesetzt werden, denn der Bleimennigeanstrich ist restrostverträglich. Auch eine partielle Nachbesserung ist möglich. Zu beachten sind die langen Trocknungszeiten und die hohen handwerklichen Anforderungen.

Daneben werden zahlreiche **moderne** restrostverträgliche **Anstrichsysteme** angeboten. Diese gewähren auch auf nicht vollständig entrosteten, z. B. nur gebürsteten Oberflächen einen Langzeitschutz und entsprechen so den Zielen der Denkmalpflege. Bei der Auswahl eines geeigneten Beschichtungssystems sollten Musterachsen erstellt werden, um den optischen Eindruck zu überprüfen. Besonders empfehlenswert ist es, im Vorfeld den Anwendungsberater des jeweiligen Herstellers zu kontaktieren.

Die materialsichtige Konservierung gefassten und ungefassten Eisens im Freien erfordert eine regelmäßige Wartung in vergleichsweise kurzen zeitlichen Abständen. Die Konservierung durch Tränkung mit **mikrokristallinem Wachs** hat sich in vielen Fällen, vor allem bei stark korrodierten Systemen, welche sich im Innenraum befinden, bewährt. Im Freien, besonders bei tiefreichender Korrosion, gewährt das Mikrowachs häufig keinen Langzeitschutz, da die gesicherte, ständige Kontrolle und Nachbesserung des Überzugs vorausgesetzt werden müsste.

Bisher gute Erfahrungen liegen mit einem einkomponentigen **Grundierungssystem auf Polyurethanbasis** vor, welches in vielen Fällen tieferliegende Rostschichten über lange Zeit versiegelt und einen brauchbaren Untergrund für weitere durchsichtige Konservierungsmittel wie mikrokristallines Wachs ergibt. Auch hier ist eine regelmäßige Wartung empfehlenswert.

Öle und Fette, härtend oder auch dauerhaft flüssig, bilden einen zumindest temporären Rostschutz. Im Freien binden sie allerdings schnell Staub und werden mit dem Regen abgewaschen. Als Wirkungsmechanismus wird üblicherweise die Sauerstoffblockade genannt, welche darauf beruht, dass die tief eindringenden Konservierungsmittel die metallnahen Plätze belegen und auf diese Weise den Zutritt des Luftsauerstoffs und natürlich auch den Feuchtezutritt behindern. Öle, welche organisch-chemische Säuren freisetzen können, entsprechen nicht mehr dem Stand der Technik. Allerdings finden sich in der Literatur auch positive Erfahrungsberichte mit derartigen Systemen.

Rostumwandler sind chemische Substanzen, welche z. B. mit Hilfe von Netzmitteln in den Rost eindringen und sich dort zu mechanisch und chemisch stabileren Reaktionsprodukten, wie z. B. Phosphaten umsetzen können. Die auf diese Weise neu entstandenen Eisenverbindungen sollen einen brauchbaren Untergrund für eine konservierende Malschicht ergeben. Rostumwandler können, zusammen mit Grundiermitteln und Füllstoffen, auch in sogenannten Rostprimern enthalten sein. Auch das in der Restaurierung früher häufig eingesetzte Tannin zählt zu den Rostumwandlern. In der Praxis zeigt sich jedoch, dass die Rostumwandler – wie andere rein chemische Konzepte auch – nur dann funktionieren, wenn sie stöchiometrisch (im richtigen

Mengenverhältnis zum Rost) eingesetzt werden, d.h., dass überall auf der Oberfläche des zu behandelnden Gegenstandes jeweils passende Mengen an Rost und Rostumwandler zusammentreffen müssen. Andernfalls können Reste von nicht abgereagtem Rostumwandler bzw. von noch verbliebenem Rost zu Problemen führen (Korrosionsprengungen). Dies erklärt die kontroverse Beurteilung von Rostumwandlern in der Literatur: Rostumwandler können insbesondere bei tiefgehendem Rost und unzulänglicher Nachspülung versagen.

Das **Verzinken von Eisen** mag auf neuen, nicht gealterten Oberflächen sehr gut gegen Korrosion helfen. Es setzt jedoch eine metallische Oberfläche als Untergrund voraus und wird deshalb von den Denkmalpflegern als modernes, nicht zur handwerklichen Tradition passendes Verfahren in der Regel abgelehnt. Zudem muss die Änderung des Erscheinungsbildes und der Struktur einer verzinkten Oberfläche kritisch beurteilt werden. Substanzschonende Erneuerung und partielle Nachbesserung sind im Gegensatz zu Ölfarbanstrichen oder restrostverträglichen Beschichtungssystemen bei Verzinkungen nicht möglich.

Sehr zurückhaltende Behandlungen, wie beispielsweise die Festigung aufliegender Fassungen und Fassungsreste, sowie die transparente Beschichtung kann bei Eisen in freier Bewitterung nur empfohlen werden, wenn eine regelmäßige Überprüfung und Nachbesserung des Überzugs gesichert sind.

Bei Laboruntersuchungen zu Schadensfällen an beschichtetem Eisen zeigt sich regelmäßig, dass auch gut durchdachte Konzepte in der Praxis nicht immer durchgehalten werden d.h., dass die vorgesehenen Schichten nicht durchgängig oder in nicht gleichmäßiger Schichtstärke aufgebracht wurden oder dass die erhöhte Anfälligkeit der Kanten nicht berücksichtigt wurde. Die genannten Probleme unterstreichen erneut die Wichtigkeit der qualitativ hochwertigen, handwerklichen Bearbeitung. Die Schadensfälle resultieren in der Regel auf mangelnder handwerklicher Erfahrung mit den Materialien.

Vor Beginn einer Maßnahme ist es sinnvoll zu überprüfen, ob die in Frage kommenden Restauratoren und Firmen über einschlägige Erfahrung unter denkmalpflegerischen Aspekten verfügen. Handelt es sich um eine außergewöhnlich komplizierte Restaurierungsproblematik, sollte bei externen Spezialisten nachgefragt werden. Der Erfahrung nach kann es durchaus sinnvoll, ja sogar notwendig sein, den Auftrag nach Aufgabenbereich (Metall und Anstrich) zu teilen.

Quellen und ausgewählte, weiterführende Literatur

Farbige Eisengitter der Barockzeit, Beiträge zu Geschichte, Funktion, Korrosion und Konservierung. Die sehr empfehlenswerte Publikation zu dem Förderprojekt der Deutschen Stiftung Umwelt: Modellhafte Anwendung von Schutzüberzügen und Korrosionsinhibitoren zur Konservierung des umweltgeschädigten Chorgitters im Osnabrücker Dom. Hrsg. Niedersächsisches Landesamt für Denkmalpflege (Reihe: Arbeitshefte zur Denkmalpflege in Niedersachsen, Heft 27) und Deutsches Bergbaumuseum Bochum (Heft 108).

Arbeitsblätter für Restauratoren, Arbeitsgemeinschaft der Restauratoren, Gruppe 1, Eisen. Die Arbeitsblätter mögen in Teilbereichen zwar veraltet sein, enthalten jedoch neben interessanter Theorie Praxismitteilungen und Diskussionen zum Thema. Hilfreich: Die gesammelten Beiträge der Ausgaben 1968-1999, erhältlich als CD-ROM.

Restauratorenblätter, Band 11, S. 16-33. Wien 1990 (Wilhelm P. Bauer: Grundzüge der Metallkorrosion unter dem Gesichtspunkt der Metallkonservierung).

Fachkunde Metall, Europa Lehrmittel, 53. Auflage 1999, Lehrbuch für metalltechnische Berufe, grundlegende Information zur Fachtheorie.

Die Konservierung ungefassten Eisens, in Museum heute. Zeitschrift der Landesstelle für Nichtstaatliche Museen im Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege. Heft 4, 1992, S.18-22.

AdR Schriftenreihe zur Restaurierung und Grabungstechnik, Heft 1, 1994, Martin Stratmann: Wie rostet Eisen und wie kann man verrostete Eisenoberflächen vor einem weiteren Angriff schützen? S. 11-15. Elisabeth Krebs: Kann denn Rostentfernung Sünde sein? S. 19-21.

Geschichte des Eisens, Dr. Otto Johannsen, Düsseldorf 1925, Ausführliche Informationen zur Herstellungstechnik, Verarbeitung etc.

Peter Heinrich (Hrsg.): Metall-Restaurierung. München 1994, enthält mehrere Artikel zum Thema Eisen.

Das Zollern-Institut im Deutschen Bergbau-Museum Bochum (Dr. Stefan Brüggerhoff) bearbeitete im Rahmen eines von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten Vorhabens zusammen mit dem Fraunhofer Institut für Silicatforschung das Themengebiet Korrosionsschutz für umweltgeschädigte Industriedenkmäler aus Eisen und Stahl.

Die Informationsstelle Edelstahl Rostfrei, Postfach 102205, 40013 Düsseldorf, berät kostenlos und reicht Anfragen bei Bedarf auch an Spezialisten weiter. Die zahlreichen Merkblätter der Informationsstelle sind ebenfalls kostenlos erhältlich. Sie enthalten z. B. Tabellen zur Verträglichkeit von nichtrostendem Stahl mit anderen Werkstoffen, nützlich für die Abschätzung des Korrosionsrisikos bei Materialkombinationen.