

LVR-Amt für Denkmalpflege
im Rheinland

Denkmäler aus Eisen und Stahl

Dokumentation zum
18. Kölner Gespräch
zu Architektur und
Denkmalpflege
in Duisburg, 19. Mai 2014

Denkmäler aus Eisen und Stahl

Dokumentation zum 18. Kölner Gespräch zu Architektur und Denkmalpflege
in Duisburg, 19. Mai 2014

Mitteilungen aus dem
LVR-Amt für Denkmalpflege im Rheinland
Heft 19



Eine Veröffentlichung des
Landschaftsverbandes Rheinland,
LVR-Amt für Denkmalpflege im Rheinland,
in Kooperation mit der Fachhochschule Köln/
Fakultät für Architektur, Institut für
Baugeschichte und Denkmalpflege,
herausgegeben von der Landeskonservatorin
Dr. Andrea Pufke

Inhalt

Impressum

Redaktion: Eva-Maria Beckmann

Titelbild:
Solingen, Müngstener Brücke. Foto: Silvia Margrit Wolf, LVR-ADR.

Zwischenblätter:
S. 13 – Themenblock I / S. 49 – Themenblock II
Duisburg-Meiderich, Landschaftspark Nord, Gebläsehalle.
Fotos: Jürgen Gregori, LVR-ADR.

© 2014 LVR-Amt für Denkmalpflege im Rheinland

Alle Rechte vorbehalten. Die Mitteilungen des LVR-Amtes für Denkmalpflege im Rheinland sind Teil seiner Öffentlichkeitsarbeit. Sie werden kostenlos abgegeben und sind nicht zum Verkauf bestimmt.

Layout:
Stefanie Hochum, LVR-Druckerei, Ottoplatz 2, 50679 Köln

Druck:
LVR-Druckerei, Ottoplatz 2, 50679 Köln

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier, FSC-Zertifiziert

Grußwort Ludger J. Sutthoff	7
Einführung Norbert Schöndeling	11
Themenblock I: Materialeigenschaften historischer Metalle	
Vom Gusseisen zum Flusstahl: Denkmäler aus Eisen und Stahl Walter Buschmann	15
Was ist Korrosion? Michael Rohwerder	23
Korrosionsschutz im Detail: Von der Entrostung zur Beschichtung Susanne Conrad	29
Schadensbilder an Eisenkonstruktionen – Aus Sicht des Tragwerksplaners Rainer Hempel	37

Themenblock II: Ertüchtigung in der Praxis

Denkmäler aus Eisen und Stahl – „Authentische Mängel“ und ingenüöse Strategien 51

Werner Lorenz

Möglichkeiten und Grenzen der Erhaltung von Dachkonstruktionen aus Eisen: Die Pfarrkirche St. Dionysius in Krefeld 71

Thomas Petermann

Autorenverzeichnis 78

Grußwort

Ludger J. Sutthoff, LVR-Amt für Denkmalpflege im Rheinland,
Abteilungsleiter Restaurierung

Sehr geehrter Herr Professor
Schöndeling,
sehr geehrte Damen und Herren,
liebe Kolleginnen und Kollegen,

ich darf Sie sehr herzlich im Namen
des LVR-Amtes für Denkmalpflege
im Rheinland zu unserem 18. Kölner
Gespräch zu Architektur und Denk-
malpflege in der Gebläsehalle des
Landschaftsparks Duisburg-Nord
in Duisburg-Meiderich, der frühe-
ren Meidericher Hütte der Thyssen
AG, begrüßen. Gemeinsam mit Pro-
fessor Norbert Schöndeling von der
Fakultät für Architektur der Fach-
hochschule Köln freue ich mich sehr
darüber, dass Sie in so großer Zahl
unserer Einladung zu dieser Fort-
bildungsveranstaltung gefolgt sind.

Viele von Ihnen kommen regelmä-
ßig zu unseren Veranstaltungen und
sind damit quasi unsere Stammgäs-
te. Darüber freuen wir uns als Ver-
anstalter ganz besonders. Wir sind
uns zugleich aber auch unserer
Verantwortung bewusst, Ihnen im-
mer wieder interessante, spannen-
de und aktuelle Themen im Rahmen
der „Kölner Gespräche“ anzubieten.
Dies gelingt uns vor allem auch des-
wegen, weil wir gerne Ihre Vorschlä-
ge und Anregungen aufgreifen. So
ist auch das Thema dieser Tagung
„Denkmäler aus Eisen und Stahl“

aus Ihren Reihen entsprungen. Sie
haben uns dazu angeregt, vor allem
dem Thema des Korrosionsschutzes
besondere Aufmerksamkeit zu wid-
men. Deshalb wird darin gewiss ein
Schwerpunkt der heutigen Tagung
liegen.

Schon während der inhaltlichen
Vorbereitung einer solchen Veran-
staltung steht für uns das Anliegen
im Vordergrund, den Themenkreis
nicht allzu eng und zu begrenzt
zu definieren, sondern möglichst
mehrere fachliche Bereiche zu be-
rühren. Unser Ziel bleibt es, all den
Akteuren der Denkmalpflege, den
Vertreterinnen und Vertretern der
Ämter und Behörden ebenso wie
den Architektinnen und Architek-
ten, den freien Restauratorinnen
und Restauratoren und zahlreichen
anderen an der Denkmalpflege In-
teressierten und Sachkundigen, ein
Gesprächs- und Informations- und
Diskussionsforum zu bieten.

Heute steht zwar die Industriedenk-
malpflege, schon allein aufgrund
des höchst exponierten und aus-
sagekräftigen Tagungsortes, der
ehemaligen Gebläsehalle der Mei-
dericher Hütte, im Zentrum dieser
Tagung. Doch tangiert das heutige
„Kölner Gespräch“ neben industrie-
geschichtlich bedeutsamen Denk-



mälern auch andere Denkmalgattungen, in denen insbesondere Metalle, Eisen und Stahl wichtige Funktionen als Zeugnisse erfüllen oder besondere Denkmaleigenschaften besitzen. So werden wir beispielsweise auch besondere Dachkonstruktionen in der Kirchenbaukunst und die damit verbundenen konservatorischen Probleme und Lösungswege vorgestellt bekommen.

Eisen und Stahl zählen wie viele andere Metalle zu den wichtigen Substanzen denkmalpflegerischer Materialkunde. Sie erfüllen im Denkmalbestand wichtige Bedeutungen und Funktionen, die intensive, denkmalpflegerische Spezialkenntnisse erfordern, für die es oft besonderer Ausbildung, Erfahrung und Sachkenntnis von Spezialisten bedarf. Metalle können nützliche wie schmückende, statische wie ornamentale, sichtbare wie unsichtbare Funktionen erfüllen. In vielen Fällen sind besonders Eisen und Stahl dem Verfall und dem Verschleiß preisgegeben, im Kleinen wie im Großen. Daher bedürfen sie als Träger wichtiger Aussagen von Denkmaleigenschaften der Handwerks-, Statik-, Volks-, Kunst- und Architekturgeschichte der spezialisierten, besonders sachkundigen Denkmalpflege. Da es in der praktischen Denkmalpflege, Bauwerkserhaltung und Restaurierung oft um den Verlust dieser Materialien geht, berühren die Vorträge unserer Tagung genau diese zentralen Fragen unserer praktischen Arbeit: den Denkmalwert, die Eigenschaften der Materialien, ihre historische Verarbeitungs- und Entwicklungsgeschichte, die Schäden, Gefahren und Grenzen, denen

sie oftmals ausgesetzt sind und die Möglichkeiten ihres Erhalts, ihrer Ertüchtigung, ihres Schutzes und ihrer Konservierung.

Jede Tagung, so auch diese, dessen bin ich mir sicherlich auch gemeinsam mit Professor Norbert Schön- deling bewusst, macht vertiefende Anschlussveranstaltungen und -aktivitäten notwendig. So haben wir das Ziel, bis zur nächsten Tagung am 17. November 2014 in der Wuppertaler Immanuelskirche, die sich mit der „Orgeldenkmalpflege“ befassen wird, Ihnen einen Tagungsband dieses Kölner Gesprächs vorlegen zu können. Die heutige Veranstaltung ist nicht das erste Kölner Gespräch, das sich mit diesem konservatorischen und restauratorischen Themengebiet befasst. So knüpft sie vertiefend an das 6. Kölner Gespräch an, das sich 2008 mit aktuellen Fragen der Erhaltung und Nutzung von Industriedenkmalen befasste. Auch in anderen Kölner Gesprächen standen immer wieder Denkmäler, oder Teile davon, aus Eisen und Stahl im Zentrum. Wir nehmen also heute gemeinsam mit Ihnen und den Referenten den inhaltlichen Gesprächsfaden vorangegangener Tagungen erneut auf, um uns gemeinsam weiter fortzubilden und über aktuelle Fragen, Maßnahmen, Erfahrungen Probleme zu informieren und auszutauschen.

Die Kölner Gespräche haben sich inzwischen für die Denkmalpflege im Rheinland erfreulicherweise zu einem festen Begriff und bekannten konservatorischen Label entwickelt. Sie bestehen seit 2005, was ohne Ihre Unterstützung, Ihr Interesse und Ihre treue Teilnahme nicht

Seite gegenüber:
Duisburg-Meiderich,
Landschaftspark
Nord, Gebläsehalle.
Foto: Jürgen Gregori,
LVR-ADR.

denkbar wäre. Dafür sind wir Ihnen dankbar und auch in Zukunft verpflichtet. Bitte nutzen Sie die Gelegenheit, sich den Tagungsband zum letzten Kölner Gespräch „Perspektiven der Denkmalförderung“ kostenlos mitzunehmen. Dass dies heute wieder möglich ist, verdanken wir vor allem meiner für die Redaktion verantwortlichen Kollegin im Amt, Eva-Maria Beckmann.

Gestatten Sie mir noch ein kurzes Wort zu unserem heutigen prominenten Tagungsort: Er ist nämlich für die Kölner Gespräche kein Unbekannter. Bereits im November 2009 durften wir hier in der Gebläsehalle zum ersten Mal mit dem Thema „Denkmalschutz und ökologische Sanierung“ zu Gast sein. Heute passt dieser Tagungsort vielleicht fast noch besser zu unserem materialkundlichen Thema. Für das LVR-Amt für Denkmalpflege im Rheinland ist dieses Denkmal der Industriegeschichte schon seit mehreren Jahrzehnten Gegenstand der wissenschaftlichen Erforschung, Inventarisierung und Denkmalwertermittlung, Denkmalpflege und damit auch des Suchens und Findens nach geeigneten Möglichkeiten und Wegen des Erhalts, der Nutzung und des Bewahrens. Im Interesse des Bestandserhalts für gegenwärtige und zukünftige Generationen hat dieses Areal bisher eine exemplarische Entwicklung erlebt, die sicherlich auch in den geführten

Gruppenexkursionen nachmittags thematisiert wird – hoffentlich unter stahlblauem Himmel.

Das Meidericher Hüttenwerk „Gewerkschaft Vereinigte Gladbeck“ geht auf die Gründung von August Thyssen 1901 zurück. 1902 wurde es in die „Aktiengesellschaft für Hüttenbetriebe Meiderich“ umgewandelt, nachdem August Thyssen 1871 in Mülheim an der Ruhr ein kleines Puddel- und Bandeisenzwerk begründet und 1890 bis 1892 das Stahl- und Walzwerk in Duisburg-Bruckhausen errichtet hatte. Der in den 1980er und 1990er Jahren wiederholt und vertiefend ermittelte Denkmalwert und -umfang dieser Anlage war zum Zeitpunkt der den Abriss der Anlage präventiv begegnenden differenzierten Feststellung des Denkmalwertes wahrscheinlich bundesweit, für das Ruhrgebiet fraglos, ohne Beispiel.

Heute ist der unter Denkmalschutz stehende verbliebene Teil der Anlage ein fest verankerter Begriff für die viel diskutierte Umnutzung und Umstrukturierung nicht nur einzelner Gebäudeteile, sondern einer ganzen Industrielandschaft. Das Meidericher Hüttenwerk ist ein beredetes Anschauungsobjekt für unsere Tagung, zu der ich Ihnen viele interessante Erkenntnisse, Erfahrungen, Begegnungen und vor allem informative Gespräche wünsche.

Einführung

Norbert Schöndeling, Fachhochschule Köln/Fakultät für Architektur, Institut für Baugeschichte und Denkmalpflege

Das Institut für Baugeschichte und Denkmalpflege an der Fakultät für Architektur der Fachhochschule Köln freut sich, dass an die 170 Teilnehmer zum 18. Kölner Gespräch den Weg in die Gebläsehalle des Eisenwerkes Meiderich, dem heutigen Landschaftspark Duisburg-Nord, gefunden haben und die Kölner Gespräche einen so guten Zuspruch finden.

Nachdem sich die 18. Tagung mit dem Thema „Denkmalförderung“ befassen konnte, steht bei dieser Tagung die Technik der Erhaltung von Denkmälern aus Eisen und Stahl im Mittelpunkt. Das Spektrum der im Fokus stehenden Objekte ist dabei sehr weit gefasst. Hierzu gehören Türbeschläge und Torgitter ebenso wie Dachtragwerke oder gar ganze Industrieanlagen. Deren Erhaltung stellt eine ganz eigene Herausforderung dar und es soll versucht werden, im Rahmen dieser Tagung einige Aspekte zu thematisieren.

Redet man über Denkmäler aus Eisen und Stahl, dann redet man nicht über ein Material, sondern über eine ganze Materialgruppe. So kommt man in der Denkmalpflege mit Eisen- und Stahlgütern in Berührung, die sich hinsichtlich ihrer Qualitäten und ihrem Korrosionsverhalten,

aber auch ihren Schadensbildern deutlich von heutigen Materialien unterscheiden.

Um einen ersten Überblick zu gewinnen, stellt Prof. Dr. Walter Buschmann mit seinem Vortrag „Vom Gusseisen zum Flusstahl: Denkmäler aus Eisen und Stahl“ typische historische Materialien mit ihren Einsatzgebieten vor.

Eines der zentralen Themen ist natürlich das Korrosionsverhalten der verschiedenen Materialien. Hier kann Dr. Michael Rohwerder vom Max-Planck-Institut für Eisenforschung aus Düsseldorf einen Einblick geben.

Mit den eher kleineren Objekten, die jedoch in großer Zahl im alltäglichen Geschäft der Denkmalpflege vorkommen, beschäftigt sich Susanne Conrad vom LVR-Amt für Denkmalpflege im Rheinland. „Korrosionsschutz im Detail: Von der Entrostung zur Beschichtung“, lautet ihr Vortrag.

Am Beginn jeder Objekterhaltung steht die Schadenserfassung und -analyse. Welche Schäden haben wir wo, und wie umfangreich sind sie? Prof. Dr. Rainer Hempel von der Fakultät für Architektur stellt

aus seiner beruflichen Praxis als Tragwerkplaner typische Schadensbilder vor.

Nach diesen grundsätzlichen Vorüberlegungen widmen sich die folgenden Berichte Projekten aus der Praxis.

Dr. Rudolf Käpplein behandelt insbesondere Bauteile und Konstruktionen aus Gusseisen. Dabei wird auch die Sayner Hütte bei Koblenz in eine wichtige Rolle spielen. Sie ist das erste und lange Zeit auch einzige Industrieobjekt, mit dem sich die Denkmalpflege – damals noch der Preußischen Rheinprovinz – beschäftigt hat. Das Objekt ist damit nicht nur material- und konstruktiv-sondern auch denkmalgeschichtlich höchst bedeutend.

Prof. Dr. Lorenz stellt die Instandhaltung der historischen Hochbahnbrücken in Berlin vor. Verkehrsbauten stellen eine besondere Herausforderung dar. Sie müssen nicht nur als historisches Objekt erhalten bleiben, sondern den heutigen Anforderungen des Verkehrs genügen.

Eine umfangreiche Maßnahme bildete die Sanierung der eisernen Dachkonstruktion auf der Stadtpfarrkir-

che St. Dionysius in Krefeld. Diese denkmalpflegerische Maßnahme wurde von dem Krefelder Architekten Thomas Petermann begleitet, der dieses Projekt vorstellen wird.

Der Tagungsort, das denkmalgeschützte Eisenwerk in Meiderich, wurde sehr bewusst als Tagungsort gewählt. Technische Großanlagen, wie diese für das Ruhrgebiet typischen Denkmäler, stellen eine besondere Herausforderung dar. So ist nur zu selbstverständlich, dass sich eine Tagung mit dem Titel „Denkmäler aus Eisen und Stahl“ auch dieser Objekte geradezu annehmen muss.

Eindrucksvoll kann hier erlebt werden, wie man durch eine Neunutzung versucht, dieses Industriedenkmal zu bewahren und mit neuem Leben zu füllen. Beeindruckend und zum Tagungsthema in idealer Weise passend ist der Tagungsort, die ehemalige Gebläsehalle mit ihren erhalten gebliebenen Maschinen.

Die Referate und ergänzenden Diskussionen zeigen, wie komplex die Erhaltung von Baudenkmalern aus Eisen und Stahl ist. Eine weitere Vertiefung dieses Themenkomplexes ist sicherlich angezeigt.



Themenblock I: Materialeigenschaften historischer Metalle

Vom Gusseisen zum Flussstahl: Denkmäler aus Eisen und Stahl

Walter Buschmann

Sehr verehrte Damen und Herren!

Eisen- und Stahlbauten scheinen einer bestimmten Entwicklungsperiode der Menschheitsgeschichte zugeordnet werden zu können, nämlich dem späten 18., dann dem 19. und dem 20. Jahrhundert. Wegen der zunehmenden Konkurrenz durch Betonkonstruktionen für vergleichbare konstruktive Aufgaben, kann man das 20. Jahrhundert nur bedingt dazurechnen. Aber das 19. Jahrhundert ist eindeutig eine Blütezeit der Eisen- und Stahlbauten, wobei es allerdings in der Menschheitsgeschichte schon eine ganz andere Epoche gegeben hat, die man ebenfalls als Eisenzeit bezeichnet. Insofern kann man vielleicht von einer Eisenzeit 1 und einer Eisenzeit 2 sprechen.

Ich beginne also mit dieser Eisenzeit 1, in der es seit 1450 vor Christi in der Kaukasusregion gelang, Eisen zu erschmelzen. Diese Technik kam dann über Zypern und Griechenland ins nördliche Mitteleuropa und damit auch nach Deutschland. Der in dieser Zeit verwendete Rennofen war ein Naturzugofen. In der Regel waren diese Öfen am Hang gebaut. Aufsteigende Hangwinde beschleunigten und ermöglichten den Schmelzvorgang im Ofen. Es

gab allerdings auch Ofentypen, die mit den seit der Römerzeit bekannten Blasebälgen betrieben wurden. Die Versorgung mit Wind und Luft war bei den Rennöfen so gut, dass es zu einer deutlichen Reduktion der Eisenbegleiter kam. Das Resultat des Rennofens war kein Gusseisen, sondern Stahl mit einem Kohlenstoffgehalt von 1 Prozent, zuweilen noch unter 1 Prozent, so dass man hier von einer direkten Reduktion sprechen kann. Die Produktionsergebnisse dieser Rennöfen waren natürlich bescheiden, so dass – wie auch in nachfolgenden Perioden – das erzeugte Material nur für bestimmte Zwecke verwendet wurde: für Waffen, für Werkzeuge, zuweilen auch für Schmuck, nicht jedoch für Bauten.

Wenn Eisen in vorindustrieller Zeit für Bauzwecke verwendet wurde, dann in nur untergeordneter Weise für Hilfszwecke. Ein schönes Beispiel ist die Ringanker-Konstruktion in der karolingischen Pfalzkapelle des Aachener Doms. Auch in nachfolgenden Perioden ist das Eisen nur in Hilfsfunktionen verwendet worden. Die Aachener Chorhalle aus gotischer Zeit – eigentlich eine Illusionsarchitektur mit diesen großen Glasflächen – ist konstruktivstatisch auf Ringanker angewiesen,

die als Windeisen in die Fensterflächen optisch eingebunden sind.

Die nachfolgenden Perioden in der Eisenherstellung – ich überspringe den Stückofen – sind gekennzeichnet durch den Hochofen. Diese Ofenform ist Ende des 13. Jahrhunderts im Elsass entwickelt worden. Der belgische Bereich um Lüttich war für die Entwicklung der Eisentechnologie sehr wichtig, dann aber auch die Eifel und das Sauerland. Im Hochofen fand keine direkte Reduktion statt. Aus dem Erz wurde Eisen produziert – Gusseisen, wie man sagte – mit einem vergleichsweise hohen Kohlenstoffgehalt. Dieser Kohlenstoffgehalt bewirkte, dass das Eisen so, wie es aus dem Ofen kam, nicht schmiedefähig und insofern auch nur begrenzt einsatzfähig war.

Um Gusseisen schmiedefähig zu machen, war eine zweite Einrichtung notwendig. In der sog. Frischhütte entstand in einem sehr aufwändigen Verfahren aus Gusseisen Stahl. Das Eisen wurde in Barrenform in den Ofen gelegt. In der Hitze des Herdofens wurde das Eisen flüssig, tropfte in den unteren Bereich des Ofens, wo es mittels Blasebälge mit Luft angereichert wurde. Durch die Luftzufuhr kam es zur Oxidation der Eisenbegleiter und insbesondere von Kohlenstoff, so dass Stahl bzw. Schmiedeeisen – wie man damals sagte – entstand.

Die Unterscheidung zwischen Gusseisen und Stahl ist sehr einfach: Gusseisen hat einen Kohlenstoffgehalt über 3,5 Prozent, Stahl unter 3,5 Prozent. Da diese Definition aus jüngerer Zeit stammt, ist in vielen

älteren Publikationen auch dort von Eisen die Rede, wo wir heute von Stahl sprechen würden.

Ein wesentlicher Entwicklungsschritt in der Stahl- oder in der Eisentechnologie war die Verwendung von Steinkohlenkoks. Das gelang 1709 erstmals im englischen Coalbrookdale mit einem von Abraham Darby entwickelten Hochofen. Der Ursprungskern dieses Hochofens von 1709 ist hier im englischen Shropshire nahe der Grenze zu Wales – allerdings mehrfach verändert – noch enthalten. Mit der Technologie des Steinkohlekoks-Hochofens gelang es, das Gusseisen als Massenprodukt herzustellen. Damit wurde es als Material erstmals interessant und attraktiv für das Bauwesen.

Eins der Schlüssel- und Pionierbauwerke des Eisenzeitalters ist die eiserne Brücke in Ironbridge, ein Bauwerk von 1776–1779, das aus Gusseisen erster Schmelzung entstand. Die Bogenbinder der Brücke entstanden in dem direkt vor der Hochofenbrüst entsprechend ausgebildeten Formsand. Die fertigen Bogenbinder wurden auf die Baustelle transportiert und dort aufgerichtet.

Der Steinkohlenkoks-Hochofen setzte sich nur sehr langsam durch. Selbst in England verbreitete sich diese Technik erst im Verlauf der folgenden Jahrzehnte. In Deutschland stand im schlesischen Malapane 1796 der erste Hochofen mit Steinkohlenkoks, und im Ruhrgebiet erst 1848 auf der Friedrich-Wilhelms-Hütte in Mülheim a. d. Ruhr. Das Produkt des Hochofens ist Gusseisen erster Schmelzung,

„pig iron“, wie der Engländer sagt, um deutlich zu machen, dass er das Produkt des Hochofens als minderwertig betrachtet. Insofern war die Einführung des Flammofens und des Kupolofens ein wichtiger Schritt in der Eisentechnologie. Hier wurde das Roheisen so, wie es aus dem Hochofen kam, ein zweites Mal erschmolzen. Durch Zugabe von Schrott wurde eine Verbesserung des Materials erzielt.

Kohlenstoff ist im Gusseisen als Graphit enthalten. Durch den Gehalt an Kohlenstoff und Phosphor neigt Gusseisen bei Biege- und Zugbeanspruchungen zum Kaltbruch. Es ist nicht schmied- und schweißbar. Die mangelnde Schweißfähigkeit stellt eines der Probleme bei Reparaturmaßnahmen dar. Das Material hat eine geringe Biege- und Zugfestigkeit.

Gusseisen ist ungeeignet für Niet- und Schweißverbindungen. Die Verbindungsmittel Keil-, Schwalbenschwanz- und Steckverbindungen – wie auch bei der Ironbridge zu sehen – sind dem Holzbau entlehnt. Das Material hat ein gutes Resistenzverhalten gegen Rost. Es gibt nahezu unbegrenzte Möglichkeiten zur Formgebung und Reproduzierbarkeit. Und Gusseisen hatte eine gute Belastbarkeitsfähigkeit für Druckkräfte, bot also beste Voraussetzungen für Stützkonstruktionen, zumal diese Druckkräfte mit sehr schmalen Querschnitten aufgenommen werden können. Die Gusseisenstütze erlebte eine bis ins 20. Jahrhundert hineinreichende große Erfolgsgeschichte sowohl als Einzelbauteil wie auch als Bestandteil

von Großkonstruktionen. Komplette Skelettkonstruktionen entstanden in England seit dem späten 18. Jahrhundert und wurden dann auch auf dem Kontinent verwendet.

In der Geschichte der Verwendung von Eisen und Stahl im Bauwesen gab es keine aufeinanderfolgenden Zeitabschnitte. Vielmehr überlappen sich die Entwicklungsphasen. Gusseisen ist, auch als Stahl schon kostengünstig produziert werden konnte, im Bauwesen sehr lange verwendet worden, bis weit über den Ersten Weltkrieg hinaus und erlebt in heutiger Zeit sogar eine gewisse Renaissance. Mit historischen Gusseisenkonstruktionen können wir also in der Denkmalpflege auch noch weit im 20. Jahrhundert rechnen.

Das Gusseisenzeitalter wird überlagert von einem Zeitalter, das durch Verwendung von Stahl geprägt war. Ein wesentlicher Schritt dazu war die Entwicklung des Puddelverfahrens. Entwickelt wurde das Verfahren von Henry Cort. Lord Shaftesbury meinte 1786, dass die Erfindungen von James Watt und Henry Cort den Verlust der englischen Kolonien in Amerika mehr als wettgemacht hätten. Cort wird hier auf die gleiche Heroenebene gehoben wie Watt, und Cort ist sicherlich einer der großen Pioniere des Industriezeitalters, gleichrangig mit Watt und etwa Richard Arkwright in der Textilindustrie. Die Erfindung bezog sich weniger auf die Ofenform. Der Puddelofen gleicht weitgehend dem bereits erwähnten Flammofen mit einem Flammraum, wo die Kohle entzündet wird, verbrennt und die notwendige Hitze entwickelt, und

einem separatem Herdraum. Die Gase ziehen über den Einsatz im Herdraum hinweg, bringen das Material zur Schmelze. Es kommt zur Oxidation der Eisenbegleiter und zur Reduktion des Kohlenstoffgehaltes. Innerhalb des Herdraumes wird das Material jedoch nicht vollständig flüssig. Es bildet sich vielmehr eine talgige Luppe. Diese Luppe wurde durch den Puddler mit einer Stange hin- und her bewegt, um den Oxidationsprozess voranzubringen. Der Puddler erfüllt mit viel Körperkraft und Geschick eine sehr wichtige Funktion in diesem Prozess. Die Luppe wird dann ausgeschmiedet. Dazu werden die Barren zusammengebunden und diese Barrenbündel werden dann unter dem Schmiedehammer und anschließend im Walzwerk bearbeitet. Die Bündel werden in diesem Bearbeitungs-gang zusammen "geschweißt", so dass man Puddelstahl auch häufig Schweißisen oder Schweißstahl nennt.

Puddeleisen oder Puddelstahl, wie man es aufgrund des geringen Kohlenstoffgehaltes heute nennen muss, hatte eine große Erfolgsgeschichte. Es wurde eingesetzt zum Brückenbau, wie z. B. bei der erhaltenen früheren Eisenbahnbrücke über einen Altrhein-Arm bei Griethausen, nördlich von Kleve. Es war vom Material her gekennzeichnet durch schichtförmig verteilte Schlackeeinschlüsse mit einem Materialanteil von 0,6 Prozent. Diese Einschlüsse bestimmen sehr stark auch die Materialeigenschaften und damit auch die Reparaturfähigkeit des Materials. Puddelstahl ist nicht schweißbar, jedenfalls nicht

kraftschlüssig. Die Zugfestigkeit ist deutlich höher als bei Gusseisen. Während wir beim Gusseisen bei 10 Kilogramm pro Quadratmillimeter waren, haben wir hier mit 30 bis 36 Kilogramm die doppelte Festigkeit mit einer guten Beanspruchbarkeit auf Biegung und Zug. Puddelstahl hat ein gutes Resistenzverhalten gegen Korrosion. Die Brücke bei Kleve ist seit den 1930er Jahren nicht gestrichen wurde. Das Material bildet eine festsitzende Rostschicht aus, die eine Ausbreitung der Korrosion verhindert. Puddelstahl ist also der erste schwer rostende Stahl der Entwicklungsgeschichte.

Das Puddelstahl-Zeitalter wird überlagert vom Flussstahl-Zeitalter. Puddelstahl wurde jedoch, selbst noch, als Flussstahl schon verfügbar war, sehr lange verwendet. Viele Konstrukteure legten Wert auf dieses Material, weil es einige Vorteile hatte, z. B. im Elastizitätsverhalten. Gustav Eiffel hat alle seine Bauten, sowohl die Brücken wie auch den Eiffelturm, in Puddelstahl gebaut, und auch in Deutschland finden wir zahlreiche Konstruktionen, die selbst nach Erfindung des Flussstahlverfahrens aus Puddelstahl gebaut wurden, z. B. die Bahnsteighalle des Kölner Hauptbahnhofs.

Der Flussstahl brachte dann aber produktionstechnisch und besonders vom Produktionsausstoß her wesentliche Verbesserungen. Henry Bessemer erfand 1856 das nach ihm benannte Bessemer-Verfahren. Ein birnenförmiger Konverter wird von unten mit Luft durchblasen. Das Eisenbad im Konverter gerät dadurch in einen brodelnden,

kochenden Zustand. Die Eisenbegleiter werden eliminiert oder sehr stark reduziert. Die Erfindung von Bessemer war nicht überall und jederzeit so ganz gut einsetzbar, weil im Material der Phosphor nicht entfernt werden konnte, so dass Sidney Gilchrist Thomas 1878 mit dem Thomas-Konverter eine weitere sehr wichtige Erfindung gelang. Der Konverter wurde mit feuerfesten Steinen innen ausgekleidet und diese Auskleidung sorgte dafür, dass das Phosphor aus den Erzen aufgenommen wurde. Mit dem Thomas-Verfahren konnten auch phosphorhaltige Erzvorkommen z. B. in Lothringen und Luxemburg verhüttet werden. Die Flussstahltechnik kam sehr schnell auf den Kontinent und nach Deutschland. Die ersten beiden Thomas-Werke entstanden 1879, das eine in Duisburg-Ruhrort bei den Rheinischen Stahlwerken und das andere in Dortmund-Hörde.

Fast gleichzeitig ist durch die Gebrüder Siemens ein Parallelverfahren entwickelt worden. Zur Anwendungsreife gelangte es 1864 in Frankreich durch Pierre Martin. Auch das Siemens-Martin-Verfahren ist relativ schnell nach Deutschland gekommen, wurde 1867 bei Borsig in Berlin und 1869 bei Krupp in Essen eingesetzt. Im Zentrum des Verfahrens wurde ein Ofentyp verwendet mit einem flachen Herdraum für das Einsatzmaterial Gusseisen und Schrott. Seitlich wird durch Düsen Luft und Gas eingeblasen. Gas wurde aus Kohle in sogenannten Generatoren gewonnen. Luft und Gas entzündeten sich im Herdraum und durch Hitze und Sauerstoff kam es zur Umwandlung von Eisen in Stahl.

Die Erfindung der Gebr. Siemens ist wesentlich verbunden mit den im Unterofen befindlichen Regeneratoren. Auf der einen Seite erwärmten die Abgase aus dem Ofen den einen Teil des Regenerators. Wurde der Prozess umgestellt, erwärmten die erhitzten Gittersteine die einströmende Luft und Gas, bevor beides in den Oberofen gelangte.

Das Siemens-Martin-Verfahren setzte sich endgültig erst durch, als es gelang, die aufwändige Erzeugung von Gas in Generatoren zu ersetzen, indem das in den Montanrevieren in großen Mengen produzierte und bis dahin in die Luft geblasene Koks-ofengas Verwendung fand. Im Zuge der Verbundwirtschaft zwischen Zechenkokereien und Stahlwerken war es möglich, das Siemens-Martin-Verfahren sehr effektiv und wirtschaftlich auszubilden. Das Verfahren hatte außerdem den Vorteil, dass man hier leicht die seit dem späten 19. Jahrhundert so wichtigen Legierungen herstellen konnte.

In der Flussstahl-Epoche bezeichnete man die Produktionsergebnisse als Bessemer-Stahl, Thomas- oder Siemens-Martin-Stahl, manchmal kurz auch Martin-Stahl. Dieses Material ist gekennzeichnet durch eine auch gegenüber dem Puddelstahl noch einmal erhöhte Zugfestigkeit. Das Verfahren war sehr effektiv: was man im Puddelverfahren in 24 Stunden produzierte, konnte man im Flussstahlverfahren in 20 Minuten herstellen. Damit wurde es von der Kostenseite her sehr attraktiv für Stahlkonstruktionen. Dennoch gab es aber anfangs Akzeptanzprobleme: Flussstahl hatte zu geringe

Kohlenstoffgehalte. Erst ein in England entwickeltes und dann weltweit übernommenes Rückkohlungsverfahren löste das Problem. Flusstahl war anfangs spröde und entsprach nicht den Elastizitätsanforderungen, so dass viele Konstrukteure – ich erwähnte bereits Gustav Eiffel – beim Puddelstahl blieben. Dann aber entstanden beeindruckende Bauten aus Flusstahl, etwa die Brooklyn Bridge 1881–87 in New York und dann in Deutschland 1893 bis 1897 auch die Müngstener Brücke. Man staunt heute, mit welcher Sorgfalt und Umsicht damals vorgegangen wurde. Die Ingenieure der Müngstener Brücke hatten auch die Aufgabe zur Kontrolle des Produktes, reisten also ins lothringische Hayange für die Qualitätskontrollen im Stahlwerk von De Wendel.

Der Flusstahl der späteren Jahrzehnte ist gekennzeichnet durch legierte Materialverbesserungen. Die Fa. Krupp in Essen war mit den dortigen chemischen Labors und besonders mit der 1989 eingerichteten chemisch-physikalischen Versuchsanstalt ein zentraler Ort dieser Bestrebungen. Zwei Motive waren bei den Untersuchungen bestimmend, nämlich die Verringerung der Korrosion und die Verstärkung des Materials mit verbesserten Eigenschaften für Waffen und Panzerungen von Geschützstellungen und Schiffen. Seit 1886 gibt es einen Chromstahl bei Krupp und 1912 das Patent für einen nichtrostenden Stahl. Nirosta, wie das Produkt genannt wurde, war durch hohe Bestandteile von Chrom gekennzeichnet. Auch Nickel wurde zugesetzt. Ebenfalls zu dieser Gruppe der qualitätsverbesserten, legierten

Stähle gehörte Anfang der 1920er Jahre der bei den Vereinigten Stahlwerke und der Dortmunder Union hergestellte sog. Patina-Stahl mit geringen Mengen Chrom und Kupfer. Zu dem damals größten europäischen Trust der Montanindustrie in Europa, den Vereinigten Stahlwerken, gehörte auch die Zeche Zollverein, so dass vermutlich Bauten und Anlagen von Zollverein 12 aus diesem Patina-Stahl erstellt wurden.

In den 1950er Jahren gab es dann aufbauend auf diesem Patina-Stahl den Cor ten-Stahl mit ein bis zwei Anteilen von Kupfer, Nickel, Silicium und Phosphor mit der Folge einer weiteren Verbesserung der Tragfähigkeit des Materials. Man erreichte nun 70 Kilogramm pro Quadratmillimeter, und bei den Tragkabeln großer Hängebrücken 155 bis 180 Kilo pro Quadratmillimeter. Einige Beispielbauten: Das Chrysler Building in New York ist in der sechsgeschossigen Turmspitze mit Edelstahl umhüllt. In Europa setzte sich das Material nur zögerlich durch. Das Phoenix-Rhein Stahl-Gebäude in Essen ist wesentlich in den konstruktiven Bestandteilen seiner Fassadengestaltung durch Edelstahlprofile geprägt.

Der schwer rostende Cor ten-Stahl setzte sich erst in den 1960er Jahren durch. Eero Saarinen hat damit 1961–63 das Verwaltungsgebäude der John Deere Company in Moline/Illinois, gebaut, Jacques Brownson in Verbindung mit Skidmore, Owings & Merrill das Civic Center in Chicago 1963–65.

Dieser Vortrag soll keine vollständige oder gar umfassende Darstellung zur Material- und der Objektkunde des jüngeren Eisen- und Stahlzeitalters erbringen. Das ist in der Kürze der vorgegebenen Zeit nicht möglich. Mit dieser Kurzeinführung sollen die Folgebeiträge meiner Kollegen besser verständlich sein. Wenn man die Entwicklungsgeschichte der Materialeigenschaften von Eisen und Stahl nachvollzieht, wird erkennbar: es hat eine stetige Verbesserung stattgefunden, so dass man erstaunt ist, dass es

dann doch Bauwerke aus jüngerer Zeit gibt, die wegen ihrer problematischen Materialeigenschaften immer noch höchst gefährdet sind, wie die Autobahnbrücke in Leverkusen. Bei dieser vor der Erneuerung stehenden Brücke handelt es sich nicht um ein Denkmal. Bei einem derart exponierten Objekt wäre die Denkmalpflege mit entsprechenden Erhaltungsmaßnahmen sicher u. a. zwischen den beteiligten Ministern auf Bundes- und Landesebene und der öffentlichen Meinung zerrieben worden. Vielen Dank!



Essen-Katernberg, Zeche Zollverein, Schacht 12. Foto: Vanessa Lange, LVR-ADR.

Was ist Korrosion?

Michael Rohwerder

Einführung

Allgemein bezeichnet man mit Korrosion „die Reaktion eines metallischen Werkstoffs mit seiner Umgebung, die eine messbare Veränderung des Werkstoffs bewirkt und zu einer Beeinträchtigung der Funktion eines mechanischen Bauteiles oder eines ganzen Systems führen kann. In den meisten Fällen ist diese Reaktion elektrochemischer Natur, in einigen Fällen kann sie jedoch auch chemischer oder metallphysikalischer Natur sein“.¹ In Bezug auf Eisen und Stahl denken die meisten von uns dabei sofort an Rost. Dieser steht auch im Zentrum dieses Beitrags, da die Korrosion von Stahl, der im konstruktiven Bereich eingesetzt wird, also etwa für Brücken oder Gebäude, in der Regel unter Rostbildung korrodiert. Dies liegt an den typischen Umgebungsbedingungen unserer Umwelt. Eisen und Stahl korrodieren unter den normalen Umweltbedingungen, d. h. im Wesentlichen bei mehr oder weniger neutralen pH-Werten, nicht als blankes Metall, sondern es bildet sich eine Schicht aus Korrosionsprodukten, die im weiteren Verlauf das Korrosionsverhalten ganz entscheidend bestimmt. Anders als bei der Korrosion des blanken Metalls, wo eine Korrelation von Korrosionsgeschwindigkeit und Legierungs-

zusammensetzung, Mikrostruktur und Phasenverteilung relativ direkt möglich ist, ist die Korrosion unter Rostbildung nur sehr schwer mit solchen grundlegenden Eigenschaften des Stahls korrelierbar. Dabei gibt es Ausnahmen. So sind etwa die guten Korrosionseigenschaften bei Gusseisen in der Wechselwirkung von Schmelze und Sandform bedingt, bei der sich eine sehr gut schützende sog. Gushaut bildet. Die Auswirkungen von Rostschichten auf das Korrosionsverhalten hingegen sind äußerst komplex, genau wie ihr Aufbau und ihre Mikrostruktur, die wiederum durch Historie der Korrosion und dem zugrundeliegenden Stahl bestimmt werden. Gerade bei älteren Bauwerken wird das Korrosionsverhalten von Korrosionsschichten bestimmt, die über Jahrzehnte oder gar Jahrhunderte gewachsen sind. Im Folgenden wird versucht, eine kurze Übersicht über die Natur dieser Korrosionsschichten und ihren Einfluss auf die Korrosion von historischen Bauteilen aus Stahl und Eisen zu geben.

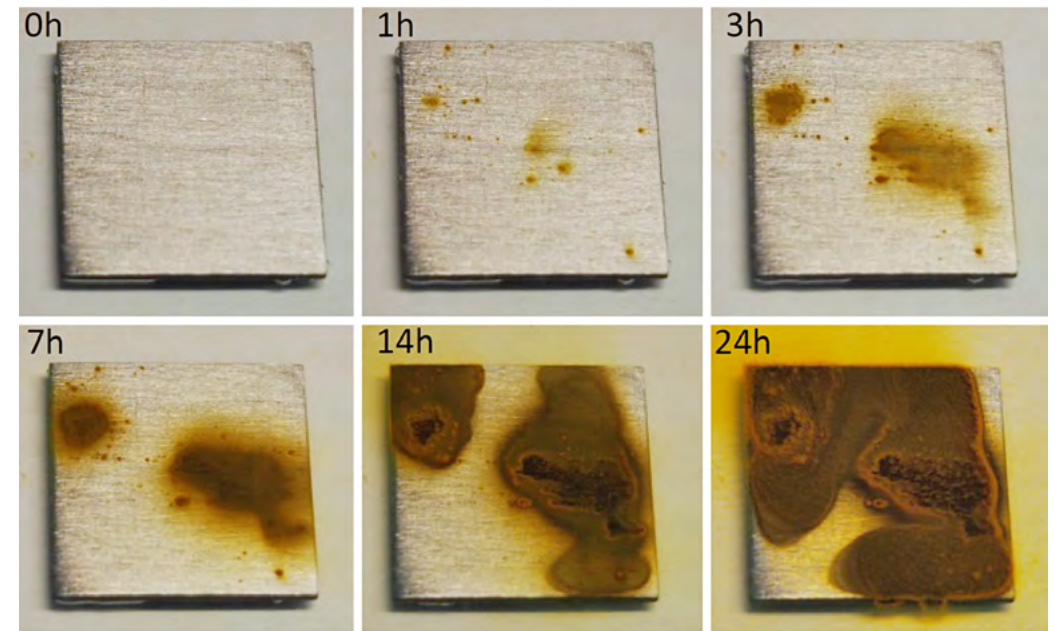
Grundlagen der Korrosion

Die Art von Korrosion, die wir hier betrachten, ist elektrochemischer Natur. Als elektrochemisch bezeichnet man Reaktionen, bei denen Elektronen von einem Reaktionspartner

auf den anderen übertragen werden und die beteiligten Teilreaktionen, d.h. die Elektronenaufnahme (kathodische Reaktion) und die Elektronenabgabe (anodische Reaktion), örtlich getrennt werden können. Mit Anode bezeichnet man den Ort, wo die anodische Reaktion abläuft, mit Kathode den Ort, wo die kathodische Reaktion stattfindet. Das klassische Beispiel ist eine Batterie. Ein Beispiel ist die Zink-Luft-Batterie, wie sie vielfach zur Versorgung von Weidezäunen oder auch in Hörgeräten eingesetzt wird. Im angeschalteten Zustand wird Zink (Anode) unter Elektronenabgabe oxidiert (zu positiv geladenem Zn^{2+} , sog. Zinkkationen) und die Elektronen fließen über den Verbraucher an die inerte Kathode, an deren Oberfläche Luftsauerstoff die Elektronen aufnimmt und dabei zu Hydroxid (zu negativ geladenem OH^- , sog. Hydroxid-Anionen) reagiert. Der Stromkreis wird über einen Ionenfluss, d.h. einen Fluss geladener Teilchen, in der Batterie geschlossen. Elektrische Leitfähigkeit der beteiligten Materialien und ionische Leitfähigkeit des wässrigen Mediums in Kontakt mit den Materialien sind wichtige Voraussetzungen für elektrochemische Reaktionen. Bei der Korrosion eines Metalls geschehen beide Teilreaktionen auf der Metalloberfläche, also anders als in einer Batterie nicht räumlich getrennt. Bei einigen Metallen bilden sich dabei sehr kompakte und gut schützende Schichten aus den Metallkationen und den Oxid- bzw. Hydroxid-Anionen. Dies ist z.B. bei Aluminium der Fall. Obwohl Aluminium eigentlich viel unedler ist als Zink oder Eisen, verhält es sich an Luft sehr stabil und korrodiert kaum.

Der Grund ist eine kompakte, gut anhaftende und elektronisch nicht leitfähige Oxidhaut, die das Metall wirksam gegen weitere Korrosion schützt. Die Oxide und Hydroxide, die sich auf Eisen und Zink bilden, sind hingegen zum einen nicht elektrisch isolierend, so dass auf ihrer Oberfläche der Elektronentransfer zum Sauerstoff ungehindert stattfinden kann². Dadurch kommt es zu weiterem Schichtwachstum und teilweise auch lokal zu verstärktem Materialabtrag. Bei Zink bildet sich an Luft durch Reaktion auch mit dem Kohlendioxid die Oxidschicht langsam um zu einer Schicht, die zu einem großen Teil auch aus Karbonat besteht. Die resultierende Schicht ist sehr kompakt und nach einiger Zeit auch sehr gut schützend. Bei Eisen bildet sich aber nur eine recht heterogene und poröse Schicht aus. Sie besteht im Wesentlichen aus Eisenoxiden und -hydroxiden. Dies hat bereits Plinius der Ältere um 50 AD formuliert: Rost = Eisen + Wasser + Luft. Damit lag er besser als viele andere Gelehrte, noch Jahrhunderte später. Als Grund übrigens, warum Eisen so schnell rostet, führte er an, dass dies eine Strafe der Götter sei, für die todbringende Rolle des Eisens im Krieg, in der Form von Schwertern oder Speeren.

Das oxidierte Eisen kann im Rost als zweifach und als dreifach positiv geladenes Kation vorliegen. Das Eisen korrodiert zunächst zum zweifach geladenen Kation, das aber an Luft weiter zum dreifach geladenem Fe^{3+} -Kation oxidiert. Dieses dreifach geladene Kation gibt dieser Korrosionsproduktschicht die charakteristisch rotbraune Farbe. Man



spricht von Rotrost oder einfach nur von Rost (s. Abb. 1).

Rost: ein „lebendiges“ System

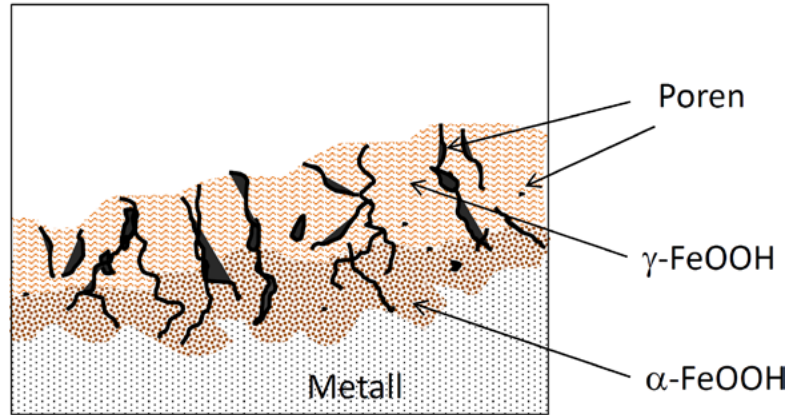
Auch diese nicht so gut vor Korrosion schützenden, porösen Rostschichten verringern die Korrosionsgeschwindigkeit von Stahl und Eisen im Vergleich zum blanken Metall durchaus. Die Frage ist nur, um wieviel? Dies ist nicht einfach zu beantworten, aber zur Beurteilung der möglichen Lebensdauer eines Bauteils natürlich sehr wichtig. Wenn der Rost nur aus dem in unserer Atmosphäre recht stabilen Eisen(III)-Hydroxid (α - $FeOOH$, dem sog. Goethit¹) bestünde, dann wäre bei ausreichender Dicke sogar eine Rotrostschicht schon gut schützend, denn dieses Oxid ist elektrisch nicht leitend und chemisch recht inert. Leider ist die Zusammensetzung der Rostschichten aber sehr komplex. Typische Hauptbestandteile

sind Magnetit (ein Eisenoxid, das zwei- und dreifach geladene Eisenkationen enthält), Lepidokrokit (sog. γ - $FeOOH$) und das bereits erwähnte Goethit (α - $FeOOH$). Der Einfachheit halber betrachten wir hier nur das Lepidokrokit und das Goethit (s. Abb. 2), die beide chemisch gleich sind, aber eine unterschiedliche Kristallstruktur, d.h. eine unterschiedliche Anordnung der Atome, besitzen.

Wenn die Rostschicht trocken ist, dann kommt es zu keiner nennenswerten Korrosion. Dies ist zum einen dadurch bedingt, dass Wasser für die elektrochemischen Reaktionen notwendig ist, zum anderen auch dadurch, dass sowohl Lepidokrokit als auch Goethit elektrisch nicht leitend sind. Wenn aber durch Regen oder Kondenswasser die Rostschicht feucht wird, dann zeigt der Rost sich von seiner aktiven Seite: er kann mit dem darunter liegendem

1. Rostbildung auf einer Probe aus Reineisen (ca 1cm²) in wässriger Lösung von 0.1 NaCl bei pH 9. Foto: Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH, Düsseldorf.

2. Vereinfachte Darstellung des Aufbaus einer typischen Rostschicht im Alter von ca. 100–200 Jahren. Die Dicke beträgt ca. 100–150 Mikrometer. Die Größe der Poren ist stark übertrieben. Foto: Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH, Düsseldorf.



Eisen reagieren. Genauer gesagt: das Lepidokrokrit kann mit dem Eisen reagieren. Das Lepidokrokrit bietet sich dem Eisen als Reaktionspartner an; Eisen(III)-Zustände im Lepidokrokrit nehmen metallischem Eisen unterhalb der Rostschicht Elektronen ab und werden dabei zu Eisen(II)-Zuständen reduziert und unter Aufnahme von Protonen (einfach positiv geladenen Ionen des Wasserstoffs) aus dem Wasser bildet sich im γ -FeOOH eine Eisen(III)hydroxidstruktur aus $(\gamma\text{-Fe(OH)}_2)_2$: $\gamma\text{-FeOOH} + e^- + \text{H}^+ \rightarrow \gamma\text{-Fe(OH)}_2$ ³

Bei Goethit ist das nicht möglich, da die Kristallstruktur des Goethits zu unterschiedlich von der des Eisen(II)-Hydroxids ist. Es bleibt stabil. Das Lepidokrokrit wird durch den langsam ansteigenden Fe^{2+} -Anteil immer leitfähiger. Dies geschieht zunächst im Wesentlichen entlang der Oberfläche der Poren (s. Abb. 3), da hier der für die Umwandlung notwendige Kontakt mit Wasser (aus dem die Protonen zur Verfügung gestellt werden) als Erstes gegeben ist. Mit zunehmender Leitfähigkeit setzt dann entlang der Poren auch Sauerstoffreduktion ein und die Korrosi-

onsrate steigt. Wird die Rostschicht wieder trocken, stoppt die Korrosion wieder und die Fe(III)-Zustände in der γ -FeOOH/ Fe(OH)_2 -Mischstruktur werden beim Trocknen wieder zu Fe(III) oxidiert. Die Rostschicht wird wieder nichtleitend. Mit jedem Trocken-Feucht-Trocken-Wechsel kommt es also zu einem Korrosionsfortschritt. Zudem ändert sich dabei die Rostschicht stetig. Nicht alles Lepidokrokrit, das teilweise in Eisen(II)-Hydroxid umgewandelt wurde, wird wieder in Lepidokrokrit zurückgebildet. Teilweise bildet sich beim Trocknen auch das stabile Goethit.

Dies konnte an mehrere Jahrhunderte alten Rostschichten bestätigt werden. Auf kleinen mit Rost bedeckten Flächen können an historischen Artefakten mit minimaler Schädigung elektrochemische Untersuchungen durchgeführt werden. Im Abgleich mit Daten aus lokalen spektroskopischen Untersuchungen zur Zusammensetzung kann dabei in der Tat gezeigt werden, dass z. B. Rostschichten auf verschiedenen alten Bauteilen aus Eisen, die über die Jahrhunderte hinweg z. B. in Katho-

dralen verbaut wurden, mit höherem Alter geringere Anteile am reaktiven Lepidokrokrit aufweisen und gleichzeitig immer besser schützend sind.⁴ Dieser Zusammenhang zwischen Aufbau der Rostschichten und ihrem Korrosionsverhalten ist schon gut verstanden.

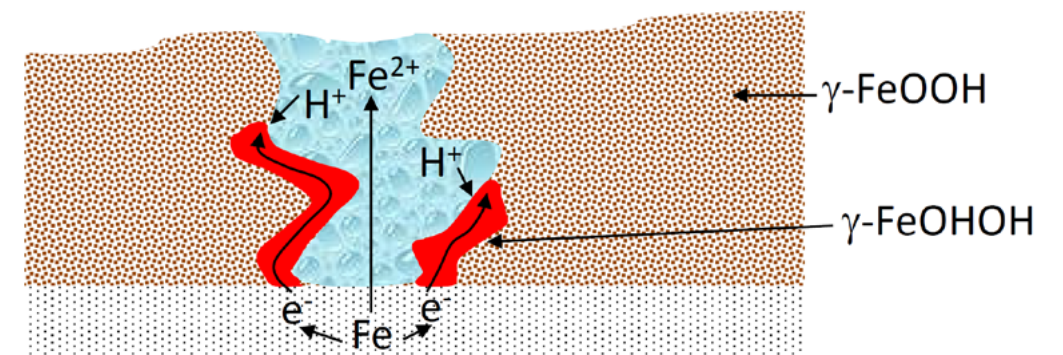
Wie bereits erwähnt, weniger gut verstanden ist, wie ein bestimmter Stahl in seiner Zusammensetzung und seiner Mikrostruktur das Entstehen dieser Rostschicht in ihrem chemischen Aufbau und ihrer Porenstruktur beeinflusst. Der Hauptgrund für unser Unwissen liegt dabei sicherlich in den langen Zeiten. Rostschichten, wie wir sie auf historischen Artefakten finden, sind über viele Jahrzehnte oder gar Jahrhunderte hinweg entstanden und sehr stark von ihrer Historie (Klima, Kontaminationen etc.) beeinflusst, die sich aber nur schwer rekonstruieren lässt.

Ein Ansatz, der hier zu einem besseren Verständnis führen könnte, ist, ganz besonders gut schützende Rostschichten zu identifizieren und nach besonderen Merkmalen des zugrundeliegenden Stahls zu suchen, die sich von Stahl unterscheiden, auf

dem sich eher schwach schützende Rostschichten bilden.

Eines der bekanntesten Beispiele ist die Eisensäule von Dehli. Seit etwa 1600 Jahren steht diese im Freien und ist der Witterung ausgesetzt. Trotzdem ist die Korrosion sehr gering, die Rostschicht also ungewöhnlich gut schützend. Lange Zeit gab es zwei vorherrschende Meinungen der Experten. Die eine Gruppe war der Meinung, dass der geringe Korrosionsfortschritt im Wesentlichen mit dem recht trockenen Klima zusammenhängt, die andere, dass die besondere Reinheit des Eisens (z. B. die weitgehende Abwesenheit von als korrosionsfördernd geltenden Ausscheidungen wie Mangansulfiden) oder aber der hohe Phosphorgehalt in dem Eisen für die guten Korrosionseigenschaften verantwortlich sind. Nun wurde die Eisensäule aber im 11. Jahrhundert aus einer anderen Region Indiens nach Dehli geschafft und über die klimatischen Bedingungen der Jahrhunderte zuvor in der Ursprungsregion ist nicht ausreichend viel bekannt; das Klima dort könnte aber feuchter gewesen sein. Wahrscheinlich haben beide Gruppen teilweise Recht und es ist eher eine Kombination

3. Schematische Darstellung der Bildung einer elektrisch leitfähigen Schicht aus γ -FeOOH (rot markiert) an einer Porenwand (Pore hat typischerweise wenige Nanometer Durchmesser), unter Aufnahme von Elektronen aus dem Metall und Protonen (H^+) aus der wässrigen Lösung. Foto: Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH, Düsseldorf.



aus den verschiedenen Faktoren. Was jedoch auffällt, ist, dass die Rostschicht, die die Eisensäule von Dehli bedeckt, zusätzlich zu dem bereits beschriebenen Aufbau noch direkt auf dem Eisen zwei kompakte Schichten aufweist: direkt auf dem Eisen sitzend eine amorphe Schicht aus Eisenhydrogenphosphat, direkt darüber eine ebenfalls amorphe Schicht aus einer weiteren Form des FeOOH, des δ -FeOOH.⁵ Mit amorph bezeichnet man das Fehlen einer geordneten Kristallstruktur. Diese Schichten weisen viel weniger Poren und Risse auf und sind sehr gut schützend. Interessant ist, dass solche amorphen δ -FeOOH-Schichten auch auf sog. wetterfesten Stählen, wie z. B. Corten zu finden sind,⁶ die sehr gut schützende Rostschichten aufweisen. Ihr Entstehen wird auf die Anwesenheit von Legierungselementen wie Kupfer und eben auch Phosphor zurückgeführt, denen katalytische Aktivität bei der

Bildung der stabilen Rostschichten zugerechnet wird.

Fazit

Offensichtlich ist die Korrosion von Eisen und Stahl eine sehr komplexe Angelegenheit, zumal die hier dargestellte Übersicht stark vereinfacht gehalten wurde. Es ist aber ein extrem spannendes Thema. Rostschichten verhalten sich keineswegs passiv, sondern spielen im Korrosionsprozess eine äußerst aktive Rolle. Feucht-Trocken-Zyklen bestimmen dabei ganz entscheidend über den Aufbau der Rostschicht. Insbesondere das Verständnis des Korrosionsverhaltens archäologischer Artefakte muss daher interdisziplinär begriffen werden, da neben den materialtechnischen Daten auch Klima und andere Umwelteinflüsse über entsprechend lange Zeiträume in die Vergangenheit recherchiert werden müssen.

Korrosionsschutz im Detail: Von der Entrostung zur Beschichtung

Susanne Conrad

Ich möchte mit einem sehr einfachen, Ihnen allen bekannten Satz beginnen: Eisen rostet. Für Denkmäler aus Eisen und Stahl bedeutet das: sie rosteten, sie rosten und sie werden rosten. Provokant formuliert: Verbaut man Eisen, verbaut man Rost.

Nach meiner Erfahrung als Metallrestauratorin möchte ich Ihnen sagen: Es gibt nicht die effektive, universell einsetzbare Entrostungsmethode und das dauerwirksame Korrosionsschutzsystem. Denkmäler aus historischem Eisen haben ihre Grundbedingungen, in die wir nur eingeschränkt von außen eingreifen können – und dürfen. Wir können aber die Umgebungs- bzw. Nutzungsbedingungen verbessern. Wir können Instandsetzungsmethoden wählen, die auf das spezielle Objekt bezogen sind. Methoden, deren Ergebnisse langlebig sind und den Denkmalwert erhalten.

Die Umwandlung von metallischem Eisen in Rost ist ein natürlicher, materialimmanenter Prozess – ein Prozess, der in Innenräumen durch Klimakontrolle fast zu stoppen, im Freien – und hier stehen unsere Denkmäler – im besten Fall über zwei Jahrzehnte einzudämmen ist. Das Auftreten bzw. das Voranschreiten von atmosphärischer Korrosion

wird durch folgende Faktoren verursacht und verstärkt:

- Atmosphärische Bedingungen – Luftfeuchte, Kondenswasserbildung Temperatur, also das Klima, aber auch Verunreinigungen der Atmosphäre wie Luftschadstoffe, Schmutzpartikel und hygroskopische Salze. Diese Koordinaten sind bedingt verbesserbar.
- Materialzusammensetzung – Legierungsbestandteile, die das Eisen klassifizieren in Schmiedeeisen oder Puddelstahl, Gusseisen, Flussstahl oder moderne Baustähle sowie Verunreinigungen durch den Herstellungsprozesses. Diese Grundbedingung ist unveränderbar.
- Konstruktion – Das Vorhandensein von vertikalen Abflussflächen, im Gegensatz dazu das Vorkommen von horizontalen Wassersammelstellen, Kontaktflächen und Spalten, die Wahl der Materialverbindungen und der Materialkombinationen (Kupfer/Eisen etc.). Diese Faktoren sind nur sehr eingeschränkt verbesserbar.

Ungeschütztes Eisen korrodiert. Rost frisst sich punktuell (Korrosionsnarben) oder flächig (Ausbildung

Anmerkungen

- 1 R. Hausbrand, M. Stratmann, M. Rohwerder, J. Electrochem. Soc. 155(7) [2008] C369–C379.
- 2 R. Hausbrand, M. Stratmann, M. Rohwerder, J. Electrochem. Soc. 155(7) [2008] C369–C379.
- 3 M. Stratmann, K. Hoffmann, Corros. Sci. 29 [1989] 1329–1352. – M. Stratmann und J. Müller, Corrosion Science. 36 [1994] 327–359.
- 4 S. Høerlé, F. Mazaudier, Ph. Dillmann, G. Santarini, Corrosion Science 46 [2004] 1431–1465.
- 5 R. Balasubramaniam, Corrosion Science 42 [2000] 2103–2129.
- 6 T. Misawa, T. Kyuno, W. Suetaka, S. Shimodaira, Corrosion Science 11 [1971] 35–48.

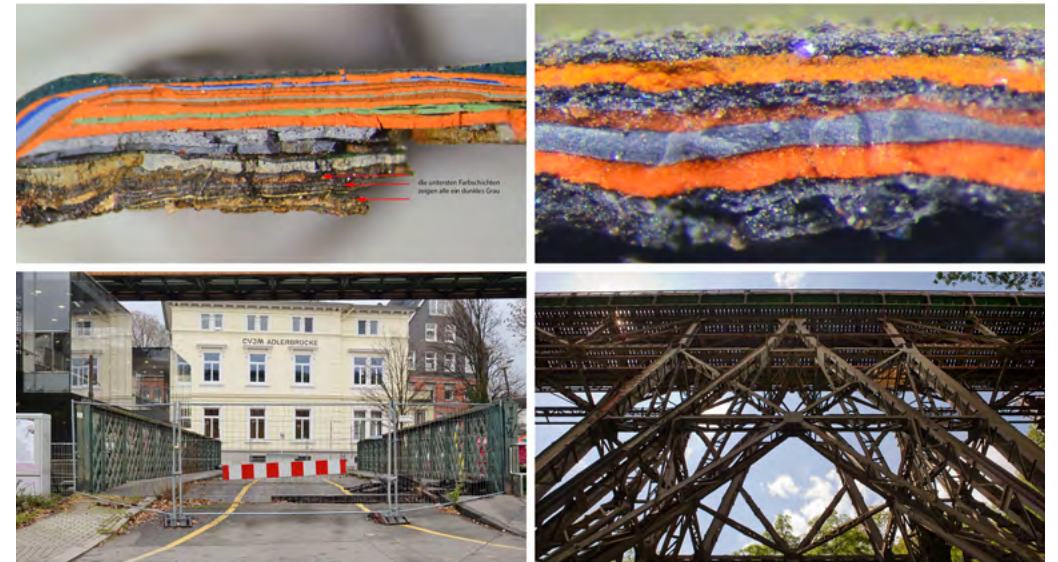
von Schichtlamellen) in das Metall. Rost hat ein sehr viel größeres Volumen als Eisen. Das poröse Material bläht sich auf und katalysiert durch noch mehr Feuchtigkeitsaufnahme seine wachsende Umwandlung und seinen Verfall (Abb. 1).

Um diese Schäden zu vermeiden, wurden und werden Eisen- bzw. Stahlkonstruktionen im Freien geschützt. Der historische, über Jahrhunderte bewährte Korrosionsschutz war und ist die Bleimennige. Dazu ist zu sagen, dass Mennige nicht verboten, ihre Anwendung bzw. die Abgabe aber gesetzlich eingeschränkt ist. Mennige, in Leinöl oder Alkydharz gebunden, ist ein sehr effektiver, vergleichsweise langlebiger Rostschutz. Wir finden Mennigegrundierungen auf so gut wie allen historischen Eisenoberflächen. Je älter das Denkmal, umso öfter wurde es instand gesetzt. Und so finden wir heute auf den Objektoberflächen viele Schichten immer wieder aufgetragener Farben und Mennige. Diese zum Teil bunte Vielfalt gibt Zeugnis

von der Instandsetzungsgeschichte der Objekte. Diese Proben sind in der Regel die einzigen Quellen zur Bestimmung der ursprünglichen Farbigkeit des Denkmals. Die Farbprobe der Adlerbrücke in Wuppertal zeigt 20 Farbschichten, die Probe der Müngstener Brücke 7 Schichten. Die verschiedene Anzahl der Schichten liegt hier allerdings nicht im Alter, sondern in der unterschiedlichen Erreichbarkeit der beiden Objekte begründet (Abb. 2).

Um heute Stahlbauten effektiv vor Korrosion zu schützen, wurden Richtlinien und internationale Normen formuliert. Ich beziehe mich auf die Richtlinie für die Erhaltung des Korrosionsschutzes von Stahlbauten vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung und die internationale Normenreihe DIN EN ISO 12944 1–8 „Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme“. Bitte, erstarren Sie jetzt nicht! Begriffe wie DIN-Norm und Richtlinie hören sich nicht spannend an. Die Richtlinien

1. Eisen rostet. Fotos: Susanne Conrad, LVR-Amt für Denkmalpflege im Rheinland (LVR-ADR).



laden nicht wirklich zum Schmöckern ein, auch wenn sie als Taschenbuch erschienen sind. Aber: sie sind wichtige Informationsquellen und richten sich an Fachplaner, Architekten und Firmen. Sie geben wichtige Informationen und Kriterien für die Bewertung von Korrosion. Sie machen Vorgaben für eine nachhaltige Entrostung und möglichst optimale Beschichtung von Stahlbauwerken.

Diese Normen sind für die Instandsetzung moderner Stahlbauten formuliert worden. Bezieht man jedoch konservatorische und denkmalpflegerische Aspekte mit in die Planung ein, geben diese Regelwerke auch wichtige Vorgaben für den Erhalt von Denkmälern. Darunter fallen sowohl die gusseiserne Vase von Schloss Falkenlust in Brühl, das barocke Balkongitter von Schloss Jägerhof in Düsseldorf, als auch die Lokomotive, konstruiert von Fa. Steinmeier in Gummersbach, die Tanksäule aus Weilerswist und

die Müngstener Brücke in Solingen (Abb. 3). Architekten und Fachberater können bei der Erstellung von Leistungsverzeichnissen auf diese Standards zurückgreifen. Ausführende Firmen haben allgemeingültige Vorgaben, die sie kennen und an denen sie sich orientieren müssen.

Zu Beginn einer Denkmalinstandsetzung stehen die Zustandsaufnahme und die Feststellung des Schadensumfangs. Das Schadensausmaß und die Korrosivität der Umgebung bestimmen in der Folge die Maßnahmen und deren Dringlichkeit. Das Ziel einer Instandsetzung kann die Ausbesserung, Teilerneuerung oder Vollerneuerung des Korrosionsschutzes sein. Grundsätzlich sollte im Bereich der Denkmalpflege der schonendste Eingriff in die Substanz mit der höchsten Effizienz für die Substanz im Fokus der Maßnahme stehen.

Bei allen Arbeiten an der Denkmaloberfläche muss das Objekt

2. Farbschichten und deren Proben als Zeugen der Instandsetzungsgeschichte. Fotos: Susanne Conrad und Silvia Margrit Wolf, LVR-ADR.



3. Denkmäler aus Eisen und Stahl sind sehr vielfältig. Fotos: Susanne Conrad und Silvia Margrit Wolf, LVR-ADR.

vorbereitet werden: Die Oberfläche muss gereinigt, entrostet, teilweise bis vollständig entschichtet werden. Die DIN 12944-4 unterscheidet zahlreiche Verfahren, ich beschränke mich auf die in der Restaurierung üblichen Methoden:

Als reine Reinigungsmethode:

- das Reinigen – mit Wasser, das Druckwasserstrahlverfahren.

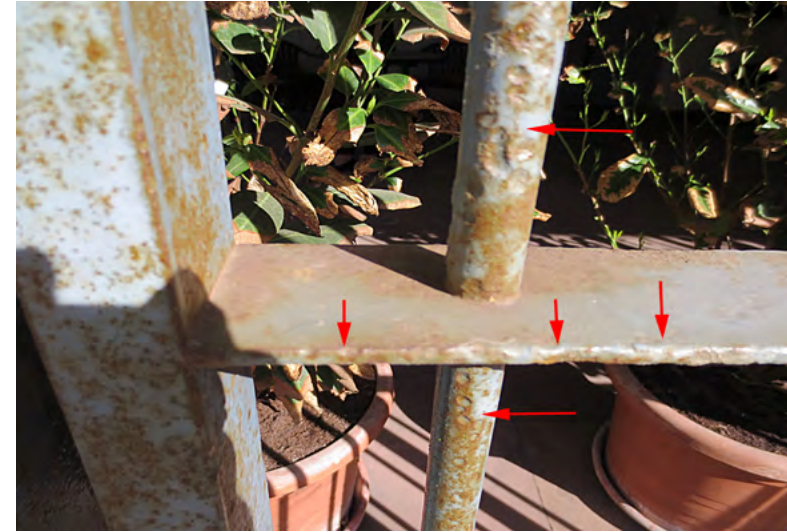
Als Entschichtungs- und Entrostungsverfahren:

- das thermische Entschichten;
- das Handentrostern mit Drahtbürsten, Schleifvlies, Schaber etc.;
- das Handentrostern mit maschinell angetriebenen Werkzeugen wie Druckluftnadler, rotierende Bürsten etc.;
- das Druckluftstrahlen mit unterschiedlichen Arbeitsdrücken

und Strahlmittel (Schlacke, Korund, Glasperlen, Rundkornstrahlmittel verschiedener Härten, Kunststoffgranulaten, Trockeneis bzw. CO₂-Pellets).

Es liegt auf der Hand: je stärker der vorliegende Korrosionsschaden ist, desto intensiver muss entrostet und unterrostete Altbeschichtung abgetragen werden. Die DIN ISO EN 12944 unterscheidet verschiedene, definierte Reinigungs- bzw. Vorbereitungsgrade (Sa 1–3, St 2–3, PSa 1–3 etc.). Das Oberflächenergebnis hängt sehr von dem Verfahren, der aufgewendeten Zeit und der Sorgfalt der Ausführung ab.

Das Strahlverfahren ist sicher das effektivste und schnellste Verfahren. Allerdings können hiermit auch starke Oberflächenschäden am historischen Eisen verursacht



4. Die Pfeile markieren die „Einschusskrater“ des Strahlmittels. Foto: Susanne Conrad, LVR-ADR.

werden. Daher empfiehlt es sich bei diesem Verfahren grundsätzlich mit Musterflächen zu arbeiten. Bei Denkmälern gilt: so schonend wie möglich, so stark wie nötig. Harte Strahlmittel wie Korund, Schlacken können bei zu hohem Arbeitsdruck Oberflächen stark aufreißen, deformieren und Konturen brechen (Abb. 4). Bei jedem Entrostungsverfahren muss besonders auf Spaltbereiche und Kontaktflächen geachtet werden. Diese Stellen sind Feuchtigkeitssammelstellen. Hier tritt immer mehr Korrosion auf als an Flächen, die gut abtrocknen können. Diese Bereiche müssen fachgerecht „ausgeräumt“ werden, im besten Fall demontiert, entrostet und remontiert werden (Abb. 5).

Auch bei der nachfolgenden Beschichtung müssen diese Flächen mit besonderem Augenmerk behandelt und abgedichtet werden. Die Wahl des Entrostungsverfahrens ist objektabhängig. Kriterien wie Standort, Gesundheitsschutz,

Arbeitsicherheit und Umweltschutz müssen in die Vorplanung einbezogen werden. Das gesetzlich geforderte Auffangen von bleihaltiger Altbeschichtung kann bei ortsbundenen Objekten sehr aufwändig und kostenintensiv sein. Ein wichtiger Aspekt, der – fallbezogen – gegen das staubintensive Strahlen und für eine Handentrostung mit sehr kontrollierbarer Staubbelastung sprechen kann.

5. Typischer Korrosionsschaden an einer Feuchtigkeitssammelstelle. Foto: Susanne Conrad, LVR-ADR.



6. Wuppertal-Elberfeld, Gerechtigkeitsbrunnen. Sanierung 2012. Fotos: Bernhard Mai, Erfurt.



Zustand nach der Reinigung



Zwischenbeschichtung



Grundierung und Überarbeitung der Fugen



Endzustand

Nach der fachgerechten Oberflächenvorbereitung erfolgt die Voll- oder Teilbeschichtung des Denkmals. Wird teilbeschichtet, ist es sehr wichtig, ein restrostverträgliches System zu wählen. Auch muss sich das neue Farbsystem mit der verbliebenen Altbeschichtung vertragen. Das Thema Beschichtungstoffe ist sehr weites und vielfältiges. Ich konzentriere mich auf Aussagen, die wichtig für die Restaurierung sind. In der Metallrestaurierung werden heute neben den traditionellen Öl- und Alkydharzen reaktionshärtende Epoxidharzsysteme sowie feuchtigkeitshärtende Polyurethane und sogenannte High-Solid-Systeme auf Lösemittelbasis verwendet.

In der Regel besteht der Schichtaufbau eines Korrosionsschutzes aus:

- der Grundbeschichtung: sie stellt den Kontakt zur Metalloberfläche her. Sie ist der eigentliche Korrosionsschutz

und dient der Haftvermittlung. Sie ist aktiv pigmentiert, d. h. sie enthält Bleimennige oder Zinkstaub bzw. Zinkphosphat;

- der Zwischenbeschichtung: sie besitzt eine Barrierewirkung und enthält entsprechend wirksame Pigmente wie Eisenoxid, Eisenglimmer und Graphit;
- der Deckbeschichtung, sie bestimmt das optische Erscheinungsbild, ist Witterungs- und Verschleißschutz.

Die Auftragstechniken sind Streichen, Rollen und Spritzen. Bei allen Produkten gilt, dass die Herstellerangaben einzuhalten sind. Schichtdicken, Schichtfolgen, Trocknungszeiten, Applikation und Verträglichkeiten müssen entsprechend der Angaben erfolgen (Abb. 6).

Grundsätzlich sollten Korrosionsschutzsysteme verwendet werden, die nach DIN 12944 geprüft wurden.

Die Hersteller müssen diesen Nachweis erbringen. In besagter Norm wird die Schutzdauer der verschiedenen Beschichtungssysteme in Abhängigkeit zu der Korrosivität der Umgebung wie folgt angegeben:

- Niedrig (Low) 2 bis 5 Jahre
- Mittel (Middle) 5 bis 15 Jahre
- Hoch (High) über 15 Jahre

Parameter, die diese Schutzdauer entscheidend mitbestimmen, sind:

- der generelle Zustand des Denkmals;
- die Oberflächenvorbereitung, d. h. der Reinigungsgrad;
- die Ausführung der Arbeiten;
- die Bedingungen während des Beschichtens;
- die Belastungen nach dem Beschichten.

Die fachgerechte Instandsetzung von Denkmälern aus Eisen und Stahl ist heute in der Regel mit sehr hohem Planungs-, Arbeits- und Kostenaufwand verbunden. Daraus resultiert häufig ein überhöhter Erwartungsdruck an die Dauerhaftigkeit des Korrosionsschutzes. Im Vorfeld der Maßnahme fallen oft diese Sätze: „Die Restaurierung ist so teuer. An das Objekt wollen wir in den nächsten Jahrzehnten nicht mehr dran. Das muss jetzt 50–100 Jahre halten ...“ Diese Sätze sind bedingt verständlich und sehr ernst gemeint – aber: Kein Korrosionsschutz kann das leisten. Nach meiner Erfahrung ist nach max. 25–30 Jahren eine umfassende Überarbeitung notwendig. Das lebensverlängernde Zauberwort heißt indes Wartung bzw. Pflege. Regelmäßige Wartungen ermöglichen, Schäden kurzfristig in einem überschaubaren Rahmen

auszubessern. Nur ein langer Sanierungsstau, das wissen wir alle, produziert hohe Kosten. Gerade weil die Instandsetzungen heute derart optimiert, aber auch kostenintensiv sind, sollten wir ihre Effizienz durch Pflege aufrechterhalten.

Um den Bogen zum Anfang zu schlagen, lassen Sie mich meinen Vortrag mit einem einfachen Vergleich beenden: Niemand kauft sich einen frisch restaurierten Oldtimer für mehrere zehntausend Euros in der Erwartung, ihn für die nächsten Jahrzehnte zu fahren und immer draußen zu parken, ohne regelmäßige Kontrollen in der Werkstatt einzuplanen ... Das Ergebnis einer solchen Blauäugigkeit sähe so aus (Abb. 7).

7. Kein Kommentar ...
Foto: https://www.flickr.com/people/mr_gav/ (2.10.2014).



Schadensbilder an Eisenkonstruktionen – Aus Sicht des Tragwerksplaners

Rainer Hempel

Einleitung

Denkmäler als identitätsstiftende Zeugnisse der Einheit der Geschichte bedürfen nicht nur engagierter Eigentümer und Nutzer sondern auch der qualifizierten Planung und Pflege, um den Erhalt und die zukünftige Nutzung der Bausubstanz zu ermöglichen. In der praktischen Umsetzung muss ein Hauptaugenmerk auf die Wahl der denkmalgerechten Werkstoffe und ihrer Verträglichkeit untereinander gelegt werden. Gleiches trifft auf die zu verwendenden Techniken und auf die handwerklichen Fertigkeiten zu. Alle in diesem Bereich tätigen Fachkollegen benötigen die entsprechende Fachkompetenz und Sensibilität, um gemeinsam das angestrebte Optimum zu erreichen.

Arbeitskanon

Der Verfasser möchte in diesem Rahmen eine Reihe von Schadensbildern vorstellen, die scheinbar gleichartig sind, aber jedoch häufig unterschiedliche Ursachen aufweisen. Deshalb sei mit dem Blick auf die Tragwerksplanung vor der Anwendung von sogenannten Patentrezepten gewarnt. Eine systematische Vorgehensweise, bei der keine vorschnellen Bewertungen erfolgen, hat sich jedoch als sehr vorteilhaft erwiesen. Deshalb wenden wir einen

Arbeitskanon an, der eine Leitlinie bildet, die sich jedoch mit jedem Objekt verändert und an die jeweilige Situation angepasst werden muss. Wir haben uns hierbei an der klassischen Schulmedizin orientiert und betrachten unseren Patienten, unser Objekt, immer ganzheitlich. Eine nachhaltige Sanierung kann nur durch Abstellen der Schadensursachen erfolgen. Deshalb steht am Beginn unserer Arbeit immer eine Anamnese:

1. Anamnese – Alle erhältlichen Informationen zur Bau- und Konstruktionsgeschichte eines Gebäudes werden zusammengetragen, kartiert, sortiert, dokumentiert und ausgewertet. Je besser die Aktenlage, desto erfolgreicher und wirtschaftlicher können die Sanierungs- und Sicherungsarbeiten geplant und durchgeführt werden. Ganz wesentlich ist, dass die Planlage stichprobenartig mit dem Bestand auf Übereinstimmung geprüft wird.

2. Diagnose – Der zweite Schritt unserer Vorgehensweise ist die Diagnose. Hier wird bewertet. Insbesondere gilt es, zwischen Ursachen und Auswirkungen von Schäden zu unterscheiden. Es werden Stärken- und Schwächenanalysen erstellt, um im doppelten Sinne eine „kon-

struktive“ Entscheidungshilfe für den Objektplaner zu liefern. Dieser Abschnitt stellt die kreativste Phase für den Tragwerkplaner dar.

3. Therapie – Den dritten Arbeitsschritt bezeichnen wir als Therapie und Standsicherheitsnachweis. Bei historischen bzw. stark geschädigten Gebäuden kommt der Therapie eine extreme Bedeutung zu, denn sie ist Voraussetzung für das Gelingen und die Nachhaltigkeit von Sicherung, Sanierung und/oder Revitalisierung.

Projektbeispiele

Die Aufgabe des Tragwerksplans ist es, die Standsicherheit und die Gebrauchstauglichkeit von Gebäuden rechnerisch nachzuweisen. Für Neubauten können wir bei dieser Aufgabe auf ein umfangreiches Konvolut von Vorschriften, Normen, Tragwerkstheorien und Bemessungsverfahren für Bauteile, Verbindungstechniken, Werkstoffe usw. zurückgreifen. Auf ältere Gebäude sind die heute gültigen Regelwerke,

wenn überhaupt, nur bedingt anwendbar. Baumeister früherer Epochen hatten ihre bauzeitlichen Vorschriften und Konstruktionsregeln, an die sie sich mehr oder minder sorgfältig hielten. Somit kommen wir nicht umhin, Konstruktionen immer mit Blick auf die zur Bauzeit gültigen Normen und Vorschriften zu beurteilen. Dabei stellt die zukünftige Nutzung, vor allen Dingen in Bezug auf die heute geforderten Nutzlasten, ein zentrales Thema dar. Anhand von einigen vom Verfasser realisierten Beispielen werden einzelne Aspekte aus Zeitgründen nur schlichtartig betrachtet.

Lokhalle Göttingen

Bei der Lokhalle Göttingen (Abb. 1) handelt es sich um eine vierschiffige Hallenkonstruktion, die 1920 erstellt wurde. Sie diente als Reparatur- und Ausbesserungshalle für Dampflokomotiven. Deshalb waren zwei Kranbahnebenen in den Hauptschiffen vorhanden (Abb. 2). Die untere Kranbahn in Höhe von ca. 5,50 m war für 100 t Tragkraft ausgelegt

1. Aufsicht auf die Lokhalle Göttingen. Foto: Hempel Ingenieure, Köln.



2. Lokhalle Göttingen, Querschnitt vor der Sanierung. Foto: Hempel Ingenieure, Köln.

worden und wurde zum Anheben von Dampflokomotiven für Radwechsel oder sonstige Reparaturen genutzt. Die obere Kranbahn in ca. 9,50 m Höhe diente dem Transport von Ersatzteilen und leichtem Gerät. Die Haupttragkonstruktion befand sich in relativ gutem Zustand und hatte durch die hohen Kranbahnlasten entsprechende Tragsicherheitsreserven. Die Stahloberflächen waren leicht korrodiert, es handelte sich allerdings nur um Flugrost ohne bemerkenswerte Querschnittsminderungen. Die Dacheindeckung aus kassierten Bimsbetonplatten hätte aufgrund von Tragfähigkeitsuntersuchungen noch weitestgehend erhalten werden können, um die Einwirkungen aus Eigenlast und Schnee aufnehmen zu können. Die vorgesehene Nutzung als Multifunktionshalle benötigte jedoch für die Dachhaut aus Schallschutzgründen eine deutlich höhere Masse, was bedeutete, dass die Eigenlast der Bimsbeton-

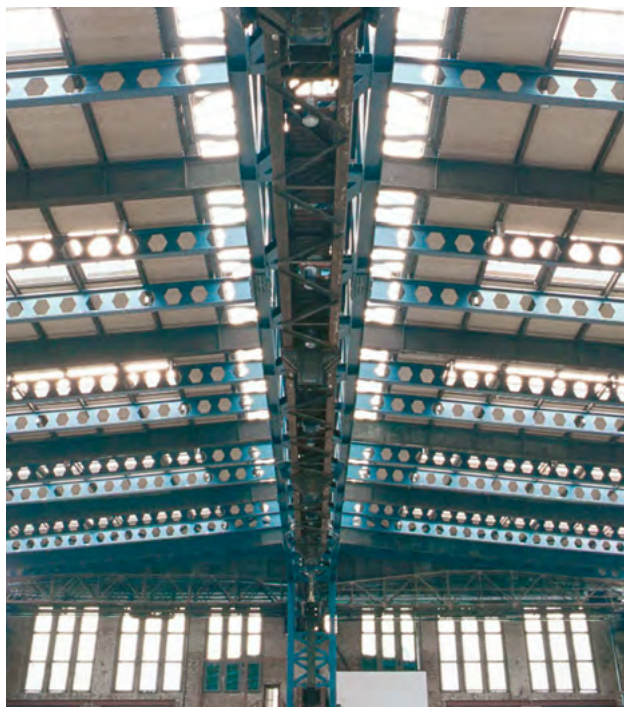
platten ca. vervierfacht hätte werden müssen. Die vierfach höhere Dacheinlast und die Zusatzlast aus der Dreifachverglasung der Dachreiter und der anderen Glasflächen im Bereich der Obergaden erforderte eine entsprechende Verstärkung der Pfetten (ca. I 220) und der genieteten Hauptträger (Höhe ca. 1000 mm). Die Eisenkonstruktionen sind als nicht schweißfähig einzustufen, somit war eine Querschnittsergänzung

3. Lokhalle Göttingen, Montage der räumlichen Fachwerkträger. Foto: Hempel Ingenieure, Köln



als Verstärkung nicht durchführbar. 3800 m Pfetten auszutauschen und durch entsprechend höhere Querschnitte zu ersetzen, würde bedeuten, dass sehr viel historische Substanz vernichtet würde und zusätzlich müssten die Hauptträger auch noch verstärkt oder ersetzt werden. Wir versuchen in solchen Situationen nach Möglichkeit eine zweite „Schicht“ als tragende Ergänzung zu planen, die die Zusatzlasten, die aus der Umnutzung, der Revitalisierung, der Sanierung begründet sind, sicher abtragen. Die bestehende Konstruktion wird dabei in der Regel um ein definiertes Maß entlastet, sie beteiligt sich aber weiterhin am Lastabtrag und die zweite Schicht, die neue Zusatzkonstruktion, wird deutlich als solche erkennbar, in dem sie in einem anderen Werkstoff, in einer anderen Farbe

4. Lokhalle Göttingen nach der Sanierung. Foto: Hempel Ingenieure, Köln.



oder in einer anderen nicht Bauzeit gemäßen Konstruktion verwendet wird. Die „zweite Schicht“ wird somit für den Betrachter sofort als neue mittragende Hinzufügung erkennbar. Das Original wird hierbei erhalten und in seiner ursprünglichen Funktion weiter genutzt. Alt und neu sind in ihrer Parallelität deutlich ablesbar. Die Spannweite der Pfetten wurde in etwa gedrittelt, in dem zwischen den Hauptbindern jeweils zwei Wabenträger hinzugefügt wurden. Der Wabenträger existiert erst seit den sechziger Jahren des letzten Jahrhunderts und ist somit als neue addierte und unterstützende Tragstruktur deutlich ablesbar. Die Wabenträger geben ihre Lasten an Portalträger ab, die neben die Hauptstützen gestellt werden. Somit ist der Lastfluss für den Betrachter eindeutig erkennbar. Bedingt durch die geforderte stützenfreie Nutzfläche von ca. 60 x 45 m mussten fünf Hauptstützen im Bereich der Firstlinie entfallen. Sie wurden durch einen räumlichen Fachwerkträger mit ca. 5 m Höhe und 2,50 m Breite ersetzt. An diesen räumlichen Fachwerkträger mussten die vorhandenen genieteten Hauptträger und die Wabenträger angeschlossen werden (Abb. 3). Die Montagelasten wurden auf die Hauptkonstruktion aufgesetzt und als der räumliche Fachwerkträger mit einer Überhöhung von ca. 25 cm eingebaut war, wurden die Hauptstützen planmäßig in einer definierten Reihenfolge rückgebaut. Durch diese vom Verfasser entwickelte Maßnahme wurden die Kosten für ein Montagegerüst eingespart. Die Bilder von der Montage und nach der Fertigstellung stellen einen Beleg der Ingenieurkunst dar (Abb. 4).

Gerling Quartier, Köln

Der ehemalige Hauptsitz des Versicherungskonzerns Gerling in Köln wird einer neuen vielschichtigen Nutzung zugeführt. Das hier behandelte Gebäude, das sogenannte Gerling Hochhaus ist das Herzstück des gesamten Viertels. Es handelt sich um ein 1955 erbautes Stahlhochhaus. Als Konstruktionsprinzip wurde ein Stockwerksrahmen gewählt. Mit seinen 14 Obergeschossen ist diese Konstruktion verformungsweich. Deshalb hat der Tragwerksplaner damals die Gebäudeecken durch Stahlbetonwandscheiben versteift. Die Treppenhaus- und Aufzugskernwände wurden ebenfalls als Aussteifungsscheiben ausgebildet. Dem damaligen Prüfenieur waren diese Stabilisierungsmaßnahmen aber nicht ausreichend und er hat ohne rechnerischen Nachweis einen zusätzlichen Vertikalverband angeordnet, der auch ausgeführt wurde. Im Zuge der Anamnese wurden Fotos aus der Bauzeit gefunden und hierdurch konnten Erkenntnisse über die konstruktive Fügung und Detaillierung gewonnen werden. Die Ausführungszeichnungen lagen dem Verfasser nicht vor. In einer historischen Aufnahme ist deutlich erkennbar, dass die Fassadenstützen als dreigeschossige vorgefertigte Elemente mit einem Kran an die vorbestimmte Stelle gehoben wurden (Abb. 5). Der Schraubstoß der Stützen erfolgte ungefähr in halber Geschosshöhe. Diese Position entspricht ungefähr dem Momentennullpunkt. Hier wurde entsprechend der Beanspruchung und einer wirtschaftlichen Montage konstruiert. Generell kann die Konstruktion durchgängig als gelungenes



5. Gerling Hochhaus, Köln. Montage der historischen Stahlkonstruktion. Archiv Hempel Ingenieure, Köln.

Beispiel eines bauzeitlichen Stahlhochbaus angesehen werden. Hier wurde ein Grundsatz des Verfassers schon sehr früh berücksichtigt, der lautet: „eine Konstruktion weiß nicht, wie sie gerechnet wurde, sie trägt, wie sie konstruiert wurde“.

Die Scheibentragwirkung der Geschossdecken wird durch horizontale Stahlverbände erzeugt (Abb. 6). Bedingt durch geometrische Änderungen am Treppenhaus und an einem Schacht mussten zwei Wandscheiben erneuert werden. Hierdurch bestand die Möglichkeit, diese beiden vertikalen Scheiben für

6. Gerling Hochhaus, Köln. Historischer Horizontalverband der Deckenscheibe. Foto: Hempel Ingenieure, Köln.



7. Gerling Hochhaus,
Köln. Während der
Sanierung. Foto:
Hempel Ingenieure,
Köln.



die heute erforderlichen Nachweise mit den Einwirkungen aus Erdbeben zu konditionieren (Abb. 7).

Die Natursteinfassade musste aus Sicherheitsgründen rückgebaut werden. Unter der Berücksichtigung von denkmalpflegerischen Vorgaben und den bauordnungsrechtlich relevanten Wärmeschutzanforderungen wird die Fassade werkstofflich und geometrisch in gleicher Weise wieder hergestellt.

Kugelwasserturm Ilse

Die Ilse Hütte bildete mit dem Peiner Walzwerk und dem Bergbau der Eisenerzgruben im Raum Peine-Salgitter einen der bedeutendsten Orte der Montan- und Schwerindustrie in Niedersachsen, an dem sich der Bergbau, die Hütten- und Stahlbranche sowie zahlreiche Folgebetriebe sprunghaft entwickelten. Die qualitätsvolle Roheisenproduktion in Ilse und die daraus resultierenden hochwertigen Erzeugnisse wie zum Beispiel der „Peiner Träger“ er-

langten weltweite Bekanntheit. Die Ilse Hütte expandierte von ihrer Gründung 1858 bis zur Stilllegung der Hochöfen 1978 bis 1983 ständig. Nach dem Ende der Roheisenproduktion und der Demontage der Hochöfen wurde die Ilse Hütte 1995 als Industriebetrieb stillgelegt. Der 1920/21 erbaute Kugelwasserturm ist eines der letzten erhaltenen Zeugnisse auf dem Gelände des ehemaligen Hüttenbetriebes. Er ist als Hochbehälter in Stahlkonstruktion in der Bauart „Klönne“ mit der spezifischen Kugelform und dem außen liegenden Stützring aus Dreiecksblechen errichtet worden. Ursprünglich diente der Kugelwasserturm als Wasserreservoir und Druckbehälter für die Kokerei.

In der Technikgeschichte stellt der Kugelwasserturm einen Höhepunkt in der Entwicklung der genieteten Stahlblechbehälter dar. Wasserbehälter wurden seit Beginn der Industrialisierung in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts zunächst aus

Gusseisen, später aus genieteten Stahlblechen konstruiert und errichtet. Bei den ersten Konstruktionen wurden, in Anlehnung an die bis dahin üblichen Holzbehälter, kastenförmige Gusseisenbehälter gebaut.

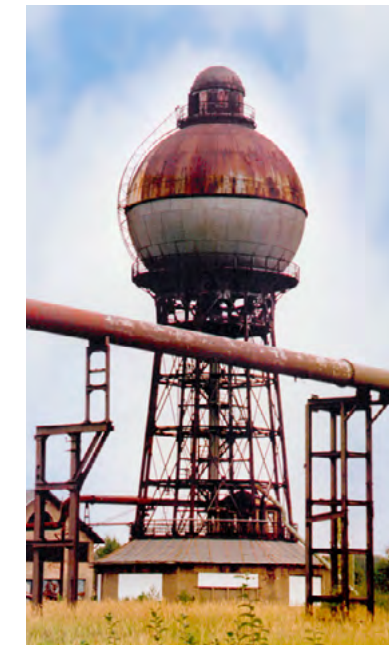
Erst allmählich wurde die äußere Form entsprechend der Beanspruchungen aus dem Flüssigkeitsdruck optimiert. Endpunkt dieser Entwicklung waren kugelförmige Behälter mit doppelsinnig gekrümmten Stahlplatten, die das Verhältnis zwischen Materialeinsatz und Speicherkapazität am besten ausnutzten.

Der heutige Kugelwasserturm Ilse (Abb. 8) ist als bedeutendes Zeugnis der Industriearchitektur stark sanierungsbedürftig. Die historischen Korrosionsschutzschichten sind, durch darunter befindlichen Rost, abgängig. Viele Teile der Konstruktion, vor allen Dingen in den Knotenpunkten der mehrteiligen Stützen, sind weit aufgerostet, sodass die Standsicherheit einzelner Bauteile gefährdet ist. Aus diesem Grunde musste beispielsweise die Revisionsleiter, mit der die Kugeloberfläche befahren werden konnte, bereits entfernt und an einem anderen Ort verwahrt werden. Ein Fortschreiten der Korrosion muss verhindert werden, um die Hauptkonstruktion und den Kugelbehälter als Zeugnis erhalten zu können.

Der Verfasser hat bereits an vielen Stahlkonstruktionen wie zum Beispiel an Fördertürmen, sonstigen Gittertürmen usw. Erfahrungen gesammelt, wie effizient und wirtschaftlich sinnvoll Sanierungen mit geringem Stahlersatz durchzuführen

sind. Das Hauptaugenmerk ist hierbei auf die Entschichtung und Abreinigung der Stahloberflächen zu legen, bevor eine neue Beschichtung als Schutzschicht für die nächsten Dekaden aufgebracht werden kann.

Die bisher üblichen Entschichtungsverfahren von Stahloberflächen basieren auf der Strahltechnologie mit festen Strahlgütern wie Sand, Glas- bzw. Kunststoffgranulat, Stahl und anderen. Diese Verfahren sind unter Umweltaspekten als äußerst bedenklich zu bezeichnen. Es entstehen große Mengen an kontaminiertem Strahlgut, das fachgerecht entsorgt werden muss. Des Weiteren ist die extreme Feinstaubbelastung für die Mitarbeiter und auch für die nähere Umgebung, selbst bei Einhaltung aller vorgeschriebenen Arbeitsschutz- und Umweltschutzmaßnahmen, wie zum Beispiel dem Einsatz von Filtermasken für die



8. Kugelwasserturm
Ilse. Foto: Hempel
Ingenieure, Köln.

Arbeiter und der Einhausung der zu strahlenden Bereiche, als sehr negativ bis nahezu unzumutbar zu bezeichnen.

Um hier mit neuen Technologien neue Wege zu beschreiten, wurde ein Feldversuch mit dem Einsatz der Lasertechnologie gestartet. Diese Maßnahme wurde von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU), der Deutschen Stiftung Denkmalschutz (DSD), dem Landkreis Peine und dem Niedersächsischen Landesamt für Denkmalpflege gefördert und vom Verfasser verantwortl. geplant, gesteuert, betreut und dokumentiert.

Weil die innovative Laseroberflächentechnologie hier modellhaft erstmals bei einem Großprojekt zur Entschichtung und Entrostung eingesetzt wurde, werden das Verfahren und die Erfahrungen aus dem Einsatz kurz erläutert. Das Verfahren nutzt den fokussierten Laserstrahl, um die Deck- und Rostschichten durch Verdampfung zu entfernen. Sehr leistungsstarke, aber sehr kurze Laserpulse (100 ns) verursachen geringe thermische

Einwirkungen auf das Basismaterial. Das metallische Substrat reflektiert die Laserstrahlung und stoppt, nach Entfernen der Altbeschichtung und der Korrosionsprodukte, den Abtragprozess. Durch die direkte Absaugung entsteht keine Schadstoffbelastung für die nähere Umgebung. Die Dampfbelastungen sind anhand der bisherigen Erfahrungen als äußerst gering einzustufen. Es sind keinerlei Strahlmittel, Chemikalien oder Ähnliches notwendig. Außer den entfernten Schichten entsteht kein Abfall und auch die Geräuschbelastung ist sehr gering. Bei sachgemäßer Anwendung schont das Laserstrahlverfahren die Stahloberfläche, es findet kein zusätzlicher Stahlabtrag statt. Es ist somit viel substanzschonender als alle Strahlverfahren.

Um Erfahrungen mit der Lasertechnologie zu sammeln, wurden im Rahmen dieses Feldversuches verschiedene Laser mit Leistungsspektren von 20, 100, 300 und 1000 Watt eingesetzt. Durch die verstellbaren Scanparameter konnten unterschiedliche Herangehensweisen getestet werden (Abb. 9). Generell hat sich gezeigt, dass bei dem Vorhandensein von stärkeren Aufrostungen und mehrlagigen Altbeschichtungen zunächst eine mechanische Vorreinigung mit Spachteln und mittels eines elektrisch betriebenen Nadlers bzw. einer rotierenden Drahtbürste wirtschaftlich sinnvoll ist. Beim nachfolgenden Lasereinsatz können dann die noch fest sitzenden Korrosions- und Beschichtungsreste effizient entfernt werden. Hierbei hat sich der Einsatz des 1000 W Lasers bewährt. Die hiermit behandelten

Oberflächen wiesen einen deutlich höheren Reinheitsgrad auf als bei einer Bearbeitung mit einem Laser geringerer Leistung. Eine vorsichtige Entschichtung wurde mit Lasern geringerer Leistung erreicht. Der Einsatz erfolgte bewusst an Oberflächen von Schiebern und Ventilen. Anschließend wurden diese historisch ursprünglichen Oberflächen mit Wachs vor weiterer Korrosion geschützt, um „Zeitfenster“ zu erhalten. Dies ist aus denkmalpflegerischer Sicht eine nachvollziehbare Herangehensweise und zeigt, dass die Lasertechnologie es ermöglicht, Oberflächen sehr schonend zu reinigen, ohne dass nennenswerter Substanzabtrag erfolgt.

Über den geforderten Reinheitsgrad der Oberflächen muss im Vorfeld entschieden werden (Abb. 10). Bei den herkömmlichen Strahlverfahren wird im Allgemeinen SA 2 1/2 gefordert und erreicht. Bei dem Einsatz des 1000 W Lasers schienen die Korrosionsprodukte zunächst entfernt und die Oberflächen bis auf den Stahl abgereinigt worden zu sein. Allerdings zeigen Querschliffe von einer mit dem Laser bearbeiteten Stahlprobe dass dies nicht der Fall ist. Die Aufrostungen sind reduziert und strukturell verändert, sie bilden aber noch eine deutliche Schicht. Die Lasertechnologen sehen in der strukturellen Veränderung der Materialoberfläche eine Möglichkeit die Dauerhaftigkeit und Nachhaltigkeit des Grundierungssystems zu verbessern. So wird beispielsweise bei industriell gefertigten Klebungen die Lasertechnik explizit eingesetzt, um höhere Haftzugfestigkeiten zu erreichen.

9. Kugelwasserturm IIsede. Entschichtung und Abreinigung mit Hilfe des Lasers. Foto: Hempel Ingenieure, Köln.



Stammhaus der Industrie- und Handelskammer für München und Oberbayern

Die Industrie- und Handelskammer für München und Oberbayern plant derzeit die Sanierung des historischen Stammhauses in München. Der Gebäudekomplex an der Max-Joseph-Str. 2 besteht aus zwei Gebäuden. Das ältere, an die Eschenanlage angrenzende Haus für Handel und Gewerbe (Haus B) wurde von 1900–1901 errichtet. Der renommierte Münchener Architekt Friedrich von Thiersch gewann den 1898 ausgelobten Architektenwettbewerb. Anschließend plante er das im Jugendstil gehaltene Bauwerk mit sechs Obergeschossen und einem Untergeschoss. Das jüngere Gebäude an der Max-Joseph-Str. wurde 1911 durch den sehr bekannten Architekten Gabriel von Seidl entworfen und geplant. Die Planung erfolgte im italienischen Renaissance-Stil und wurde durch den Antiquitätenhändler Siegfried Drey als neues Stammhaus für das familieneigene Unternehmen in Auftrag gegeben (Haus A). Es wurde mit

10. Kugelwasserturm IIsede. Abreinigungsergebnis. Foto: Hempel Ingenieure, Köln.

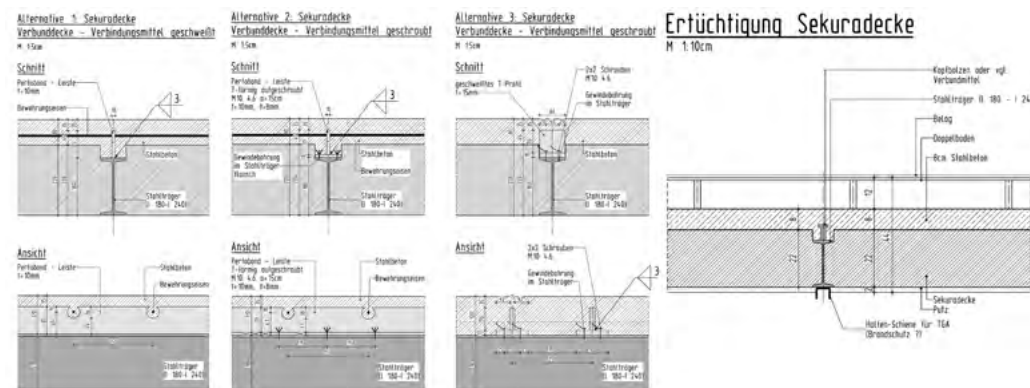


11. Stammhaus der Industrie- und Handelskammer (IHK) München, Max-Joseph-Str. 2. Foto: Hempel Ingenieure, Köln.

sechs Obergeschossen und einem Untergeschoss in den Jahren 1911–1912 erbaut (Abb. 11). Beide Baukörper bilden gemeinsam einen Block und umschließen einen Hof, heute ein Atrium. Die Geschossebenen der beiden Häuser sind zueinander versetzt angeordnet. Eine gemeinsame Nutzung war ursprünglich nicht vorgesehen.

Kriegsschäden und diverse Umbauten, verbunden mit Umnutzungen, konnten im Rahmen der Anamnese festgestellt und bewertet werden. In diesem Beitrag möchte ich ausschließlich Haus A betrachten. Es wurde in Massivbauweise erstellt. Die tragenden Wände bestehen aus Ziegelmauerwerk, das sowohl aus Vollklinkern als auch aus Hochlochziegeln hergestellt wurde. Die nicht tragenden Wände wurden größtenteils aus Bimssteinen oder Ziegeln mit hohem Lochanteil gemauert und als Last auf den Decken platziert. Die Geschossdecken können als unbe-

wehrte Ziegeldecken klassifiziert werden. Der Aufbau der Deckenquerschnitte variiert, es sind somit verschiedene Deckentypen verbaut worden. Hauptsächlich handelt es sich hierbei um „Sekura-Decken“ in einer Stärke von ca. 170–220 mm. Bei anderen Bauarten von Ziegeldecken wurden Hochlochziegel in Stärken von 120–180 mm vorgefunden. Dies gilt vor allen Dingen für den Bereich über dem Eingang von Haus A. Wie fotografisch dokumentiert, lag hier ein Kriegsschaden vor, der bewirkte, dass alle Decken in diesem Bereich erneuert werden mussten. Der prinzipielle Aufbau und Lastabtrag ist jedoch für alle Ziegeldecken gleich. Die scheinbaren Kapfenbögen tragen durch die Gewölbewirkung der Ziegelsteine Eigen- und Nutzlasten auf die Stahlträger ab. Der horizontale Gewölbeschub eines Deckenfeldes zwischen zwei Stahlträgern wird durch die Schubkräfte des benachbarten Feldes kompensiert, die entgegengerichtete Kräfte



heben sich auf. Bei den an die Außenwände angrenzenden Deckenfelder werden die Horizontalkräfte durch Flachstäbe in die inneren Felder zurückgehangt.

Die Tragfähigkeit dieser Geschossdecken sollte nutzungsbedingt erhöht werden. Dem Verfasser war zwar der rechnerische Nachweis der Tragfähigkeit für die vorgesehene Nutzung auch unter Berücksichtigung der geforderten Schall- und Brandschutzanforderungen gelungen, aber der Nutzer möchte aus Gründen der Nachhaltigkeit und der möglichen Nachnutzung überall mindestens 5 kN/m² Verkehrslast aufbringen dürfen. Wir haben deshalb eine Ertüchtigung der Geschossdecken in Form einer speziellen Verbundlösung erarbeitet. Die drei möglichen Alternativen hierzu sind den folgenden Zeichnungen zu entnehmen (Abb. 12). Generell ist die Schweißbarkeit der historischen Eisen kritisch zu prüfen. Durch verschiedene Technologien wie zum Beispiel Warmbehandlungen können heute Eisen geschweißt werden, die vor einigen Jahren noch als nicht schweißbar galten. Hier ist die Werkstoffkunde gefordert.

Insgesamt konnte aufgezeigt werden, dass mit geringem finanziellen Aufwand eine immense Tragfähigkeitssteigerung erzielt werden kann und dies bei Erhalt des historischen Bestandes. Es wird nur ein Aufbeton hinzugefügt, der in der Bauhöhe dem historischen Estrichaufbau entspricht.

Gasometer Moringen

Der Moringer Gasometer war als Teleskopgasometer konstruiert worden. Der Behälter hatte eine relativ geringe Gasspeicherkapazität, die jedoch den Bedarf an Stadtgas der Haushalte und für die Straßenbeleuchtung der Stadt Moringen deckte.



12. IHK München. Tragfähigkeitserhöhung durch Verbundkonstruktion. Foto: Hempel Ingenieure, Köln.

13. Gasometer Moringen. Behälter vor Sanierung. Foto: Hempel Ingenieure, Köln.



14. Gasometer Moringen. Photovoltaikdach nach Sanierung. Foto: Hempel Ingenieure, Köln.

Bei der Sanierung (Abb. 13) und Inwertsetzung wurde der Aspekt der Energieerzeugung wieder aufgegriffen und thematisiert. Ein geneigtes Photovoltaikdach, als ein Energieerzeugungsmedium der Gegenwart, dient als oberer Raumabschluss einer Ausstellung (Abb. 14). So wird die Nutzung als „Energiezentrale“ beibehalten und der historische Ort dient der Information der Bürger über die diversen Energieträger der letzten ca. 130 Jahre.

Resümee

Der Verfasser wollte aufzeigen, dass in der intensiven und interdisziplinären Zusammenarbeit zwischen Architekten und Ingenieuren ein riesiges Potential an vielfältigen und kreativen Lösungsmöglichkeiten vorhanden sein kann. Es müssen sich nur die „richtigen“ Planungspartner, mit gegenseitiger Wertschätzung und hohem Identifizierungsgrad mit dem Objekt, authentisch mit der entsprechenden Aufgabe auseinandersetzen dürfen.



Themenblock II: Ertüchtigung in der Praxis



Denkmäler aus Eisen und Stahl – „Authentische“ Mängel und ingenieure Strategien

Werner Lorenz

Der interdisziplinäre Charakter dieses Kölner Gesprächs ist eines seiner Markenzeichen, Techniker treffen hier auf Denkmalpfleger und Architekten, Materialwissenschaftler auf Kunsthistoriker. Ich bin Bauingenieur, und als solcher möchte Ihnen allen möglichst verständlich zwei erfolgreiche Instandsetzungsprojekte für denkmalgeschützte Stahl- und Eisenbrücken vorstellen. Beginnen aber will ich im ersten Teil mit einigen generellen Überlegungen zur Problematik solcher Interventionen; es ist doch wichtig, über simple Werkschauen hinaus über das nachzudenken, was wir da eigentlich tun, wenn wir intervenieren, und welche Haltungen dahinter stehen. Die sind nämlich nicht so selbstverständlich, wie es auf den ersten Blick erscheinen mag.

Nehmen wir nur ein kleines Knotenpunkt-Detail der Fachwerkstrukturen der beiden Kühltürme der Kokerei auf Zeche Zollverein in Essen (Abb. 1): Unser Büro durfte sich damit beschäftigen, war beauftragt mit der Objekt- und Tragwerksplanung für die Grundinstandsetzung dieser beiden Stahltürme. Sie sind erst 1958 gebaut worden, und damit auch dieses kleine Detail. Aus heutiger Sicht hat es diverse strukturelle Mängel. Der Stahl neigt

zum Altern, die Profile sind nicht auf jene Wind- und Eislasten ausgelegt, die wir erst in jüngster Zeit als relevant erkannt haben, und zudem sind solcherart Verbindungen anfällig für Spaltkorrosion, die hier auch prompt auftritt. Aus damaliger Sicht war das alles kein ernstes Problem: Die beiden Türme wurden eigentlich nur für eine Nutzungsdauer von 50 Jahren ausgelegt, und so wurden sie dann auch gebaut. Man hat sich nicht zu sehr angestrengt.

Dann aber geschah etwas, was, wenn das Detail katholisch wäre, wohl als das „Wunder von Essen“ in die Kirchengeschichte eingehen würde: Am 14. Dezember 2001 wachte der schlichte, für ein paar Jahrzehnte gedachte Knoten morgens auf und war – Welterbe, Kulturgut der Menschheit, besaß nun plötzlich den berühmten „outstanding universal value“, den außergewöhnlichen universellen Wert gemäß den Richtlinien der UNESCO-Welterbekonvention. Und damit veränderte sich alles. Plötzlich war er nicht mehr auf Zeit gebaut. Plötzlich umgab ihn ein Versprechen auf Unendlichkeit.

Was machen wir da eigentlich, wenn wir diese Kühltürme zum Denkmal, ja zum Welterbe erklären? Rost wird zu Patina, Schrott wird nobilitiert, In-

1. Naturzugkühler der Kokerei auf Zeche Zollverein, Essen, Detail vor der Instandsetzung. Foto: Lorenz & Co. Bauingenieure.



2. Märchenerzähler auf der Jemaâ El Fna, 1926. Foto: Maison de la Photographie Marrakesch.

dustrieruinen geadelt ...? Die kleine Geschichte um das kleine Detail zeigt, dass das schon sehr bedenkenswert ist.

Für unser Detail etwa hat die Nobilitierung außerordentliche Konsequenzen. Unversehens greift nun der ganze Kanon denkmalpflegerischer Vorstellungen und Forderungen, ein Katalog, den ich als Ingenieur mehr und mehr kennen und schätzen, aber auch hinterfragen gelernt habe. Das erste Gebot: Du sollst erhalten! Was nicht alles: Die Originalsubstanz! Die Zeitschichten! Das Erscheinungsbild! Die Ausstattung! Den Zeugniswert! Die Integrität! Die Authentizität! Plötzlich sind dies alles Messlatten für die Behandlung des armen Knotens, und eigentlich sollte er doch um diese Zeit gerade entsorgt werden! Sie merken: Dieses Spannungsfeld birgt Brisanz.

Authentizität und Mangel

Vor einem Jahr konnte ich Marrakesch besuchen. Dort gibt es ein bemerkenswertes „Maison de la Photographie“, in dem zwei engagierte Männer historische Fotografien über und aus Marokko sammeln. Ich stieß auf die zwei hier gezeigten Bilder (Abb. 2, 3). Das eine, von 1926, zeigt einen Märchenerzähler auf dem Hauptplatz von Marrakesch, der Jemaâ El Fna, das andere, 1920, eine der Lehmstädte im Atlas-Gebirge, nicht weit entfernt. Heute sind beides Denkmäler, wenn auch in unterschiedlichen Kategorien: die Lehmstädte „klassische“ Baudenkmäler, die Jemaâ El Fna hingegen „intangibles heritage“. 2001 wurde dieser „Kulturraum“ als erster Ort in die neu geschaffene UNESCO-Liste der Meisterwerke des mündlichen und immateriellen Erbes der Menschheit aufgenommen. Geadelt

und geschützt ist hier weniger das bauliche Ensemble als vielmehr die kulturelle Signifikanz des Ortes – Gebräuche, Praktiken, Tätigkeiten, die dort seit Jahrhunderten ausgeübt werden, und die unmittelbar mit diesem Ort verbunden sind.

Der Platz mit den Märchenerzählern und die Lehmstadt: zwei Fotografien von Denkmälern unterschiedlicher Art. Und doch haben sie etwas Entscheidendes gemein. Vor fast einem Jahrhundert aufgenommen, zeigen sie etwas, das es nicht mehr gibt – ungeachtet aller Tradition, aller Bemühungen und allen Denkmalschutzes. Sucht man diese Orte heute, findet man sie so nicht mehr. So sind sie nicht mehr da, so sind sie vergangen. Die Bilder offenbaren damit vor allem eines: Vergänglichkeit.

Warum zeige ich diese Fotos? Wir müssen akzeptieren, und ich glaube, gerade Industriedenkmäler schärfen das Bewusstsein dafür: Vergangenheit ist vergangen. Und alles darum herum ist Konstrukt. So sehr wir auch möglichst exakte Methoden von Wissenschaft und Bauforschung bemühen mögen – stets konstruieren sie doch nur ein ganz bestimmtes Bild von Geschichte in Interpretation der Spuren von Vergangenen. Die Schichten, die wir frei legen, mögen wahr sein – die Geschichte, die wir daraus ableiten, ist doch immer Konstrukt. Und so ernsthaft wir die Denkmalpflege auch praktizieren mögen – stets konstruiert doch auch sie nur eine ganz bestimmte Vorstellung von Erbe in Interpretation von Schichten und Geschichte. Auch Erbe ist stets Konstrukt, und alles, was wir damit in Verbindung



3. Kasbah in Ouarzazate, Marokko, 1920. Foto: Maison de la Photographie Marrakesch.

3. Kasbah in Ouarzazate, Marokko, 1920. Foto: Maison de la Photographie Marrakesch.

bringen. Authentizität und kulturelle Bedeutung, Substanz und Erscheinungsbild sind keine ontologisch eingeschriebenen Eigenschaften von Baudenkmälern. Immer und in jeder Zeit sind sie Ergebnisse von vielschichtigen und sich wandelnden gesellschaftlichen Bedeutungszuweisungen.

Sich dies zu verdeutlichen, halte ich gerade heute und hier, angesichts des riesigen industriellen Erbes einer ganzen Region, für außerordentlich wichtig. Die schiere Masse und die unendlich vielen Bedeutungsebenen, die sich diesem Erbe zuordnen lassen, wollen uns fast erdrücken, schnüren die Brust ein, nehmen die Luft zum Atmen und die Kraft zum Handeln. Wenn wir indes erst einmal akzeptieren, dass all seine Denkmalwerte nicht gottgegebene ontologische Eigenschaften sind, sondern von uns bedacht, geschaffen und konstruiert, dann werden wir freier in der Diskussion darüber, wie wir damit umgehen können und sollten.

Seit mehr als zwei Jahrzehnten arbeite ich auf dem Gebiet der Bewertung von und der Planung für Baudenkmale und Welterbestätten. Vieles habe ich kennen lernen und manches vielleicht auch bewirken können. Immer wieder gab es wunderbare Begegnungen mit Denkmalpflege und Denkmalschützern, ich habe den richtigen Beruf getroffen. Merkwürdig ist aber: Je länger ich ihn lebe und praktiziere, umso weniger bin ich mir meiner Sache gewiss, umso unsicherer werde ich hinsichtlich der denkmalpflegerischen Kriterien, die mein Handeln doch leiten sollten. Für mich werfen die gängigen Grundforderungen und Regeln von Denkmalpflege – so ich sie recht verstanden habe, und so sie sich überhaupt halbwegs konsistent fassen lassen – in der tatsächlichen Umsetzung oft mehr Fragen auf, als dass sie sie beantworten. Nicht nur, dass sie stets in Relation zu anderen Forderungskatalogen zu setzen sind (... Nutzbarkeit, Vermarktungsfähigkeit, wer soll das bezahlen? etc.), nein: Die Regeln selbst und die dahinter aufscheinenden Leitlinien und Paradigmen sind bei genauem Hinsehen ganz und gar nicht so selbstverständlich, wie es auf den ersten Blick erscheinen mag. Im Lauf der Jahre sind meine Fragen nicht kleiner, sondern größer geworden: Was tun wir da eigentlich?

In ihrer schillernden Strenge hat Denkmalpflegepraxis oft von etwas von Heiligungsakten. Mehr und mehr verstehe ich die heute übliche Form der Ausweisung und Pflege von Denkmal und Erbe als Fortschreibung einer menschheitsalten Traditionslinie der Heiligung

ausgewählter Orte. Die heutigen Praktiken des Geschichte-Bewahrens, des Erinnerns, des Gedenkens, erfahren für mich ihre tiefe Begründung erst als zeitgemäße Transformationen historischer Praktiken der Heiligsprechung. So gesehen, bieten Denkmal und Heritage einer eher gottvergessenen Gesellschaft, die sich ihrer religiösen Traditionen zunehmend weniger bewusst ist, heute neue, immaterielle Werte an materiellen Orten. Ausgerechnet die Denkmalpflege, angesiedelt irgendwo zwischen Wissenschaft und Kunst, Kommerz und Glauben, wird damit zu einer neuen Hüterin des Heiligen – und damit kurioserweise eine Disziplin, deren tradierte Paradigmen sie doch gerade auf äußerst Irdisches wie Substanzerhalt und Materialität verpflichten!

Es war ein Glücksfall, dass ich im Januar 2013 zusammen mit der Guardini-Stiftung und der katholischen Fakultät der Universität Erfurt im Augustiner Kloster Erfurt im Augustiner Kloster Erfurt eine Tagung ausrichten durfte, um eben davon etwas mehr davon zu verstehen; wir haben sie „Heilige Orte“ genannt, und sie war ähnlich transdisziplinär ausgerichtet wie heute hier. Lebhaft haben Architekten und Theologen, Kulturgeschichtler und Denkmalpfleger eben darüber diskutiert: Was machte und was macht Orte „heilig“? Wie produzieren und reproduzieren sich/wir „Heilige Orte“? Wie veränderten sich die Praktiken der Zuschreibung des Heiligen im Laufe der Geschichte, in verschiedenen Kulturkreisen? Was unterscheidet und was verbindet Heiligungen in Religion und Kult von denen in Denkmalpflege und

Heritage-Praxis? Was folgt daraus für letztere?

Ein Kollege von der theologischen Fakultät hat uns in diesem Zusammenhang auf jene wunderbare Stelle im 1. Buch Mose hingewiesen, die Geschichte von Jakob und der Himmelsleiter (1. Mose, 28):

„Da nun Jakob von seinem Schlaf aufwachte, sprach er: Gewiss ist der HERR an diesem Ort, und ich wusste es nicht; und fürchtete sich und sprach: Wie heilig ist diese Stätte! Hier ist nichts anderes als Gottes Haus, und hier ist die Pforte des Himmels. Und Jakob stand des Morgens früh auf und nahm den Stein, den er zu seinem Haupte gelegt hatte, und richtete ihn auf zu einem Mal und goss Öl oben darauf.“

Vermutlich ist dies der älteste dokumentierte denkmalpflegerische Akt der abendländischen Geschichte. Denkmalpflege hat noch immer viel davon, wenn auch gefasst und verpackt in neue, zeitgemäße Begriffe. Nehmen wir nur die heute viel diskutierte Charta von Burra. Ein Kernbegriff der Denkmal-Ausweisung ist hier die „kulturelle Bedeutung“ eines Ortes: „The aim of conservation is to retain the cultural significance of a place“:¹

“Cultural significance means aesthetic, historic, scientific, social and/or spiritual value for past, present or future generations. Cultural significance is embodied in the heritage site itself, its setting, fabric, use, associations, meanings, records, related sites and related objects. Heritage sites may have a range of

significances for different individuals or groups.“²

Die zugehörigen Schlüsselbegriffe für Bewertung und Bewahrung sind dann die „Integrität“ und die „Authentizität“ einer Stätte:

“Integrity is a measure of the wholeness and intactness of the built heritage, its attributes and values. Examining the conditions of integrity therefore requires assessing the extent to which the property: a) Includes all components necessary to express its value; b) Ensures the complete representation of the features and processes which convey the property’s significance; c) Suffers from adverse effects of development and/or neglect.”

“Authenticity is the quality of a heritage site to express its cultural significance through its material attributes and intangible values in a truthful and credible manner. It depends on the type of cultural heritage site and its cultural context.“³

Gerade um “authenticity” soll es mir hier gehen. Was impliziert dieser Schlüsselbegriff aus der Welterbe-Theorie, wenn wir uns Ingenieurbauwerken des 19. und 20. Jahrhunderts aus Eisen und Stahl zuwenden? Vergegenwärtigen wir uns einige ihrer Spezifika: Wir haben es mit Bauwerken zu tun, deren Bestand und Bild ganz wesentlich durch ihr Tragwerk bestimmt sind (... jede Intervention am Tragwerk wird damit unmittelbar sichtbar), sie sind vielfach gekennzeichnet durch neue, noch nicht in Tradition gereifte Bauweisen (... oft ist dies gerade das,

4. Ansicht des Viadukts der Hochbahnlinie U2, schwere Sandsteinpfeiler markieren die Straßenquerungen, 1. Bauabschnitt 1909–13, Aufnahme vor 1920 [Wittig, Die Architektur der Hoch- und U-Bahn in Berlin, 1922].

was den Denkmalwert ausmacht), die Tragwerke sind häufig behaftet mit allen Mängeln und Problemen, die solchen neuartigen Bauweisen innewohnen, und nicht zuletzt neigen die hier genutzten Werkstoffe besonders gern zu Alterungs- und Ermüdungsprozessen.

Das Problem ist nun, dass diese eher problematischen Eigenschaften, diese strukturimmanenten Mängel vielfach gerade die Authentizität der Bauten ausmachen. Eben die Authentizität aber gilt es doch zu bewahren! Nehmen wir nur die Charta von Victoria Falls (2003), eine sehr bemerkenswerte und in unserem Zusammenhang wichtige Charta des ICOMOS, gemacht von Ingenieuren für Ingenieure, die dies noch einmal explizit benennt:

“The value of architectural heritage is not only in its appearance, but also in the integrity of all its components as a unique product of the specific building technology of its time. (...) Each intervention should, as far as possible, respect the concept, techniques and historical value of the original or earlier states of the structure (...)”⁴

Authentizität und Mangel: Denkmalpflegerisches Interesse will den Mangel schützen, technisches Interesse will ihn beheben. Da haben wir das Problem, das ist der Konflikt, in dem wir agieren. In zwei kleinen Fallstudien möchte ich nun aufzeigen, wie wir versucht haben, mit solcherart Mängeln, die gerade den Denkmalwert (mit) ausmachen, trotzdem so umzugehen, dass wir



die Authentizität wahren. Die beiden Beispiele sind in technischer Hinsicht keine ganz einfachen Baudenkmale – ich spreche über Brücken.

Grundinstandsetzung des Hochbahnviadukts der Linie U2 in Berlin-Prenzlauer Berg

Den Hochbahnviadukt der Linie U2 in Berlin-Prenzlauer Berg werden vermutlich viele von Ihnen kennen. In zwei Bauabschnitten wurde er zwischen 1909 und 1930 in der Mitte der Schönhauser Allee errichtet (Abb. 4).

1,7 km lang, ist er seit nun bald einem Jahrhundert so etwas wie die Lebensader von Prenzlauer Berg: Alle fünf Minuten, oft noch dichter, gehen Züge in beide Richtungen. Zugleich prägt er entscheidend das Stadtbild; viele sagen, der Viadukt, mit hohem baukünstlerischen Anspruch durch den Architekten Alfred Grenander geprägt, hole ein Stück Paris nach Berlin. Es kann nicht verwundern, dass der gesamte Brückenzug einschließlich der beiden Hochbahnhöfe heute unter Denkmalschutz steht. Ende der 1990er Jahre wurde deutlich, dass eine Grundinstandsetzung der noch weitgehend im Original erhaltenen Struktur nicht mehr aufzuschieben war. Der hohe Denkmalwert war für die technische Planung eine außerordentliche Herausforderung. Bald ein Jahrhundert lang waren die Stahltragwerke in dichter Folge Verkehrslasten ausgesetzt gewesen, eine Ermüdungsbeanspruchung par excellence. Lässt sich solch ein Brückenzug unter Wahrung des Denkmalschutzes für viele weitere Jahrzehnte überhaupt zuverlässig tragsicher und betriebs-tauglich machen?

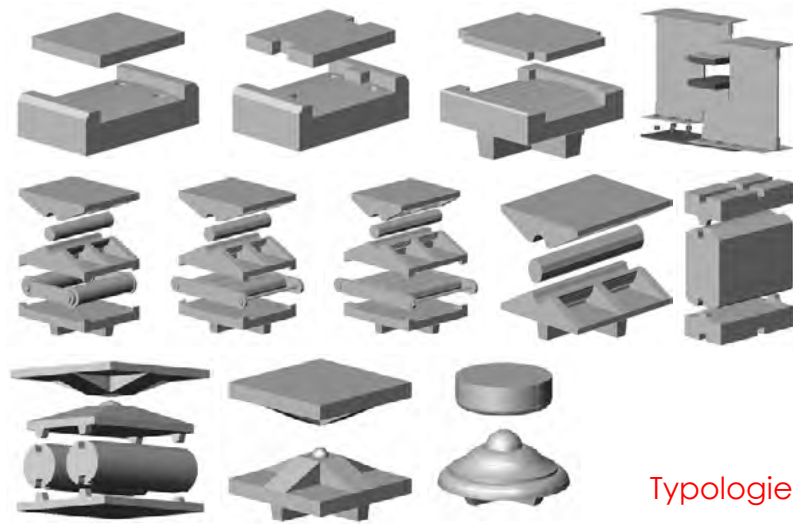
Für die Entwicklung eines geeigneten Konzeptes, das technische, funktionale und finanzielle Gesichtspunkte mit denkmalpflegerischen Erfordernissen und Zielen bestmöglich zusammen bringt, ist es in derartigen Fällen stets von großer Wichtigkeit, sich zunächst darüber klar zu werden: Was sind denn hier die Träger der Authentizität? Was macht das Baudenkmal im Tragwerk aus? Was gilt es zu schützen in der technischen Struktur? Die Frage ist so bedeutend, weil es um die Benennung von Tabuzonen und Eingriffsoptionen geht: Was sollte ich unbedingt zu erhalten versuchen, und wo darf ich ggf. intervenieren?

Aus unserer Sicht ließen sich vier das „Denkmal konstituierende Elemente“ ausmachen – die Strukturform und Silhouette, die über den ganzen Brückenzug verteilten und sehr markanten bauzeitlichen Lagerkörper, der Aufbau der Fahrbahn sowie schließlich viele einzelne konstruktive Details. Auf zwei dieser vier will ich kurz eingehen und zeigen, wie wir uns darum gekümmert haben – die Lager und die Fahrbahn.

Lagersanierung

Nicht weniger als 547 Brückenlager gliedern den Brückenzug in zahlreiche Einzelabschnitte und sorgen für den relativ kontrollierten Lastabtrag; die Kalottengelenke oberhalb der Stützenfundamente sind da noch gar nicht mitgerechnet. Diese Lager zeigen eine große Bandbreite unterschiedlicher Bauweisen; die wesentlichen haben wir in einer Typologie erfasst (Abb. 5). Offenkundig sind sie einer der Bedeutungsträger des Viadukts: Immer sichtbar, strukturieren

5. Lagertypologie [Visualisierung Lorenz & Co. Bauingenieure].



Typologie

sie den langen Brückenzug, zeigen den Lastfluss, die Beweglichkeiten, das Ineinandergehen der verschiedenen Komponenten des Gesamtsembles – technisch bedingt durch das damalige Strukturverständnis, gestaltet durch den Architekten Alfred Grenander. In gewisser Weise sind diese Lagerkörper vergleichbar den Fenstern eines alten Hauses: Jeder von uns weiß, was man anrichtet, wenn dort etwa die vielgliedrigen historischen Fenster durch moderne Einflügel-Kunststofffenster ersetzt werden.

Eigentlich war vorgesehen, sämtliche Lager, nun, nach z.T. schon 100 Jahren Nutzungsdauer, pauschal durch „moderne“ Gleit- oder Elastomer-Brückenlager zu ersetzen. Denkmalpflegerisch wäre dies ein kaum zu messender Verlust gewesen, das Kunststofffenster halt. Wir haben deshalb den Bauherren, die Berliner Verkehrsgesellschaft BVG, sehr dazu gedrängt, auf diesen pauschalen Ersatz zu verzichten. Als

hilfreich erwies es sich, dass ein solcher Austausch auch technisch mit nicht unerheblichen Folgemaßnahmen (und -kosten) verbunden gewesen wäre. In einem längeren Prozess konnten wir die BVG dann zunächst für die Finanzierung einiger vorgezogener Probeaustausche gewinnen. Sie zeigten: Die historischen Lagerkörper lassen sich – unter Verkehr! – entnehmen, vor Ort oder auch im Labor untersuchen, und die meisten lassen sich auch weitgehend erhalten bzw. reparieren.

Im Ergebnis gelang es, von den insgesamt 547 erfassten Brückenlagern 385 im Bestand zu erhalten; 365 davon wurden in situ saniert, 20 weitere entnommen und nach der Sanierung wieder eingebaut (Abb. 6). Lediglich 162 Lager wurden durch neue Nachbauten ersetzt; für diese aber konnten wir durchsetzen, dass sie in enger Anlehnung an den historischen Bestand nachgebaut und nur dort gezielt modifiziert wurden, wo sie Mängel aufwiesen – wir nennen



6. Überarbeiteter Lagerkörper mit erneuerten Rollen und Zapfen vor dem Wiedereinbau. Foto: Lorenz & Co. Bauingenieure.

dies homöopathische Intervention. Letztlich hat die denkmalpflegerisch beste Lösung sich auch als technisch hervorragend erwiesen und zudem dem Bauherren mehrere Millionen Euro eingespart. Das Bild einer sanierten Lagergruppe am Bahnhof Eberswalder Straße mag abschließend unterstreichen, wie wichtig ein derartiger Ansatz ist – eben weil die Lagerkörper für die Gestaltung und für den Ausdruck des Viadukts als Ganzes so bedeutsam sind. (Abb. 7)

Umgang mit der historischen Fahrbahn

Auch die „Fahrbahn“, also die aus Blechen gebildete Wanne zur Aufnahme des Gleisschotter, prägt wesentlich den Typ und das Erscheinungsbild des Viadukts. Die schier endlose Abfolge von etwa 2200 Tonnen- und Buckelblechen definiert zum einen den historischen Bautypus als „Gleislage im Schotterbett“, zum anderen ist sie entscheidend auch für die Gestaltung, nämlich in

der Untersicht. Über die gesamte Länge verläuft unter dem Viadukt eine Fußgänger-Promenade; der Berliner taufte den Brückenzug „Magistrats-Regenschirm“, weil er die 1,7 Kilometer im Wesentlichen trockenem Fußes durchlaufen konnte und kann. Die alltägliche Wahrnehmung des Viadukts wird also ganz wesentlich von der Unterseite geprägt, und sie ist unmittelbar ver-

7. Sanierte Lagerkörper unterhalb des Bahnhofs Eberswalder Straße. Foto: Lorenz & Co. Bauingenieure.



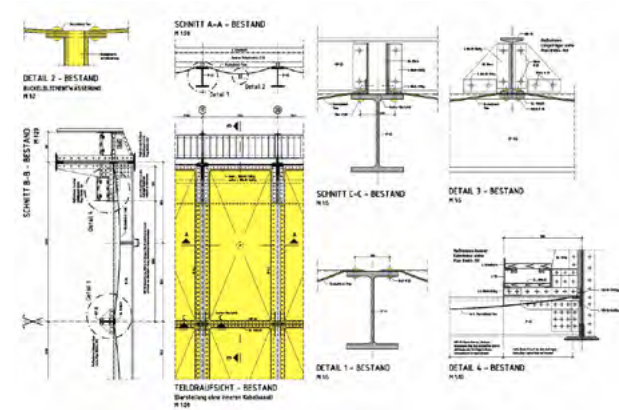
8. Untersicht des Viadukts mit alternierenden Kragrahmen und Einhängeträgern, 1. Bauabschnitt 1909–13, Aufnahme vor 1920 [Wittig, Die Architektur der Hoch- und Untergrundbahn in Berlin, 1922].



bunden mit dieser Art von Fahrbahnausbildung (Abb. 8).

Die Schwierigkeit lag nun darin, dass gerade die so ausgebildete Fahrbahn den ersten Anlass für die Grundinstandsetzung gegeben hatte. Die Bestandszeichnung (Abb. 9) verdeutlicht das Problem. Über den Querträgern sind die einzelnen Bleche der Fahrbahn jeweils gestoßen und wechselseitig vernietet. Gerade einmal sieben Millimeter stark,

müssen sie gewaltige Lasten aufnehmen: Das Schotterbett, mit ihm die Schwellen und Schienen und damit die gesamte Last der darüber fahrenden Züge. Durch ihre Krümmung sind sie dafür jedoch günstig konzipiert: Sie können diese Lasten wie Membrane und damit allein über Zugspannungen abtragen – die beste Tragwirkung, die wir kennen, und eben deshalb dürfen sie so dünn sein! Das funktioniert wunderbar, solange sich die Bleche sauber und passgenau in die Querträger einhängen. Wenn sie jedoch nicht so passgenau gefertigt sind, dann kragen sie an der Kante des Querträgers schnell einmal 15, 20 oder mehr Millimeter aus, bevor sie in die Krümmung abknicken – und unversehens bekommen die filigranen Bauteile kritische Biegebeanspruchungen, für die sie überhaupt nicht ausgelegt sind. Genau dies nun war an vielen Stellen der Fall, und zudem traten diese Biegebeanspruchungen seit vielen Jahrzehnten ja



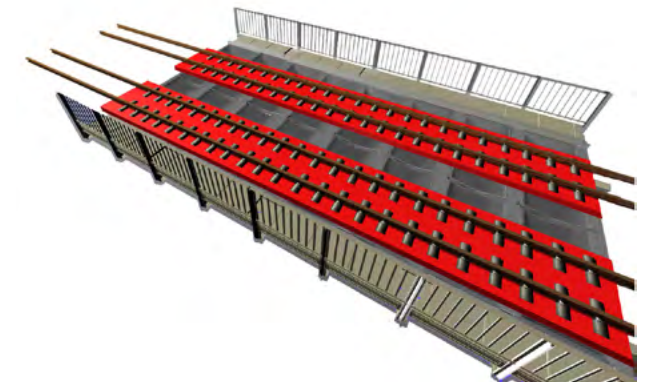
zyklisch auf: Bei jeder Überfahrt wurde das Blech an den Auflagern kurzzeitig gebogen und dann wieder entlastet. Das Ergebnis war ein klassisches Ermüdungsproblem, das an diversen Blechen tatsächlich zu Ermüdungsrissen geführt hatte.

Sie sehen: Ein winziger Mangel der Fahrbahn, der der historischen Konstruktion von Beginn an „strukturimmanent“ innewohnte, verursachte letztlich gravierende Schäden am gesamten Viadukt!

Wie sollte man damit umgehen? Der Bauherr favorisierte zunächst ein Konzept, das künftig auf die Buckel- und Tonnenbleche als tragende Fahrbahn ganz verzichten sollte. An ihrer Stelle sollte eine „Feste Fahrbahn“ die Lasten aufnehmen und weiterleiten – eine neue Beton- oder Stahlunterkonstruktion, auf die die Schwellen und Schienen dann direkt, ohne Schotter, aufmontiert werden; derartige Lösungen waren etwa bei der Sanierung der Berliner Stadtbahn oder auch in Teilen der Hochbahnlinie U1 in Kreuzberg bereits zum Einsatz gekommen (Abb. 10).

Der Bedeutungsträger Tonnenblech und damit die historische Struktur und Gestalt jedoch wären damit entscheidend verändert bzw. zerstört worden.

Wir haben dann für eine alternative Lösung plädiert, die möglichst nah am historischen Bestand verbleibt, und gesagt: Wir kennen doch jetzt sehr genau seine Schwachstellen, lasst uns doch den Viadukt so sanieren, dass wir die technisch klug konzipierte Gesamtheit aus



Fahrbahnblechen und Unterbau nicht auflösen, sondern beibehalten, aber die im Lauf der Jahrzehnte hervorgetretenen und nun erkannten Mängel gezielt beheben – homöopathisch intervenieren halt (Abb. 11)! Es brauchte einiges an Überzeugungsarbeit, es waren wirklich Jahre, doch schließlich konnten wir den Bauherrn dafür gewinnen, eben diesen Weg zu gehen und auf die feste Fahrbahn zu verzichten.

Die historischen Bleche wurden im Ergebnis „originalnah“ nachgebaut, aber eben nicht identisch, sondern in verschiedener Hinsicht verbessert. Zum einen sind sie nun zwei Millimeter stärker als zuvor, das bringt



10. Instandsetzungsvariante „Feste Fahrbahn Beton auf Stahl“ [Visualisierung Lorenz & Co. Bauingenieure].

11. Instandsetzungsvariante „Nachbau homöopathisch verbesserter Buckelbleche“ [Visualisierung Lorenz & Co. Bauingenieure].

12. Demontage der
Fahrbahnbleche,
erkennbar die Korrosions-
schäden am
Querträger-Auflager.
Foto: Lorenz & Co.
Bauingenieure.



hinsichtlich der Ermüdungssicherheit bereits sehr viel. Zum anderen sind sie geometrisch präziser gefertigt, der Toleranzbereich für die ungewollten Auskragungen an den Querträgern wurde auf zehn Millimeter begrenzt, und damit die mögliche Biegung auf ein zulässiges Maß reduziert. Möglich wurde dies durch die Erarbeitung einer detaillierten Blech-Datenbank, für die jedes der etwa 2200 Bestandsfelder zuvor geometrisch exakt erfasst worden war. Das Vorgehen kann als exem-

13. Erneuerte Buckelbleche, Schrauben statt Niete, vor Aufbringen des Schotterbetts. Foto: Lorenz & Co. Bauingenieure.



plarisch gelten: Durch eine präzise Diagnose, einen geduldrigen Planungsprozess und schließlich noch ein kostengünstiges Verfahren zum Tiefziehen der doppelt gekrümmten Bleche ließ sich eine Lösung realisieren, die dem historischen Bestand nah bleibt, aber in wenigen kleinen Details optimiert ist, und die sich schließlich – wie schon bei den Lagern – als die technisch wie denkmalpflegerisch beste Lösung erwiesen hat.

Die Abbildungen zeigen die Demontage der schadhafte historischen Fahrbahn (Abb. 12), die Fahrbahn nach Einbau der neuen Bleche (Abb. 13) und die Untersicht des „Magistratsschirms“ nach Abschluss der Baumaßnahme (Abb. 14). Man erkennt, dass die ursprünglichen Nietverbindungen durch GV-Schrauben ersetzt wurden – aus Kostengründen, aber auch, um dadurch die erneuerten Bereiche des historischen Viadukts als solche kenntlich zu machen.

Seit 2012 steht der Viadukt nun neuerlich voll im Verkehr, in dichter Folge fahren wieder die Züge, und es gibt keine besondere Lebensdauerbeschränkung für das instand gesetzte Baudenkmal. Ein Bild des Bahnhofs Eberswalder Straße (Abb. 15) möge im Übrigen darin erinnern, dass neben der Strecke auch die beiden Hochbahnhöfe erfreulich denkmalgerecht saniert werden konnten. Der instand gesetzte Viadukt der Hochbahnlinie U2, der im Frühjahr 2014 durch die Nominierung zum Deutschen Brückenbaupreis auch ingenieurtechnisch „geadelt“ wurde, zeigt: Einvernehmlich agieren zwischen Authentizität und Mangel, zwischen denkmalpflegerischen und technischen Anforderungen – es geht, wenn man denn will!

Instandsetzung der Yorckbrücke Nr. 5 in Berlin-Schöneberg

Die Berliner Yorckbrücken, eine große historische Brückenanlage gelegen zwischen Kreuzberg und Schöneberg, sind ein wirklich schwieriges Baudenkmal. Vom Anhalter-, Potsdamer- und Dresdener Bahnhof kommend, verdichteten sich hier die nach Süden führenden Gleisanlagen und querten in einer Art Flaschenhals fast tunnelgleich mit zeitweise bis zu 60 Bahnbrücken die Yorckstraße. Heute sind davon noch etwa 20 erhalten, die Typologie offenbart signifikante Unterschiede für die verschiedenen Bauphasen. Das Baudenkmal hat viele Bedeutungsebenen – verkehrsgeschichtlich, stadtgeschichtlich, technikgeschichtlich, um nur einige zu nennen. Unser Büro durfte den Denkmalpflegeplan für das



Gesamt-Ensemble entwickeln, und zudem für einzelne dieser Brücken konkrete Instandsetzungskonzepte erarbeiten. Ein erstes davon für die Yorckbrücke Nr. 5 ist zwischenzeitlich umgesetzt worden – und ist in unserem Zusammenhang deshalb von Interesse, weil es wieder einen wunderbaren historischen Mangel gab, auf den es möglichst denkmalgerecht zu reagieren galt.

Erst im Lauf der Bearbeitung stellte sich heraus, dass die Yorckbrücke

14. Sanierter Viadukt mit erneueter Fahrbahn. Foto: Lorenz & Co. Bauingenieure.

15. Aufgang zum Bahnhof Eberswalder Straße nach der Sanierung. Foto: Lorenz & Co. Bauingenieure.



16. Yorckbrücke Nr. 5, Durchlaufträger als Deckbrücke in „offener Bauweise“, 1875, Zustand 2011. Foto: Lorenz & Co. Bauingenieure.



Nr. 5 bereits 1875 im Zuge der Dresdener Bahn erbaut wurde und heute die älteste noch erhaltene Stahlbrücke Berlins ist. Allein deshalb war sie es wert, sich mit ihr sehr genau auseinanderzusetzen. Am Beginn der Bearbeitung stand neben der archivarischen Recherche zunächst die Klärung der grundsätzlichen Frage: Ist die Brücke trotz ihres Alters und jahrzehntelanger Vernachlässigung mit vertretbarem Aufwand sanierbar? Erfreulicherweise kam die Zustandsanalyse zu einem positiven Befund, befördert maßgeblich auch dadurch, dass das Bauwerk nicht mehr als Bahnbrücke genutzt werden sollte. Für die Sanierungsplanung gab es dann einige zentrale Vorgaben: Eine Nutzung als Geh- und Radweg im Rahmen des im Umfeld entstehenden Stadtparks, Sicherheitsnachweise nach heutigen Vorschriften, die Einhaltung eines Kostenrahmens von 400.000 Euro (die durch eine EFRE-Finanzierung zur Verfügung standen) sowie das

bestmögliche Bewahren der Denkmal konstituierenden Elemente.

Was sind die Bedeutungsträger dieser sehr frühen Bahnbrücke (Abb. 16, 17)? Wir identifizierten vier Bereiche: Die einfache und klare tektonische Struktur, die offene Bauweise noch ohne Nutzung eines Schotterbetts in Buckelblechen, die gestalteten gusseisernen Stützen, und nicht zuletzt die Gesamtheit der Profile und Details. Ich möchte nur einen der vier thematisieren – die gusseisernen Stützen, denn dabei zeigt sich neuerlich besonders deutlich das Spannungsfeld von Authentizität und Mangel.

Diese Gussstützen stehen unmittelbar am Rand der vierspurigen, stark befahrenen Yorckstraße. Unausweichlich stellt sich damit die Frage ihrer Sicherheit im Falle eines Fahrzeuganpralls. Die nach Norm horizontal anzusetzenden Anpralllasten sind gewaltig; sie liegen in



17. Yorckbrücke Nr. 5, Details am Stützenauflager, Zustand 2011. Foto: Lorenz & Co. Bauingenieure.

Größenordnungen von bis zu 1 MN (resp. 100 Tonnen). Man kann über die Höhe dieser Last diskutieren, aber das Grundproblem ist unstrittig. Um die Standsicherheit der Brücken auch im Falle eines Anpralls zu gewährleisten, müssten die Stützen entweder einen relevanten Anprall abfangen können (das ist jedoch allein schon aufgrund des spröden Materials Gusseisen auszuschließen), oder aber sie müssten durch schwere Schutzvorrichtungen ausreichend vor einem Anprall geschützt werden.

Zwar sind die Stützensockel an der Yorckstraße seit den frühen 1940er Jahren von Betonpollern umgeben (Abb. 18), die einen gewissen Schutz gegen Anprall zu bieten scheinen. Dieser war damals jedoch gar nicht das Ziel, wir haben das auch erst im Zuge der Bearbeitung verstanden. Die Poller dienten vielmehr der Lagesicherung im Bombenkrieg: Der Luftdruck einer kräftigen Bombe ließ nämlich die Brücken ggf. kurz-

zeitig abheben; die Säulen – als Pendelstützen oben wie unten mit einfachen Kalottengelenken versehen – drohten in diesem Moment ihre obere Halterung am Brückenträger zu verlieren und umzukippen, und um dies zu verhindern, gab man ihnen 1943 oder '44 einfach eine Betonmanschette. Doch selbst wenn die Sockel faktisch einen Teil der Anpralllasten abfangen mögen, ist dies rechnerisch ebenso wenig nachweisbar wie das eventuelle Eigenpotenzial der Stützen, Anpralllasten zu widerstehen. Im Ergebnis haben wir also wieder einen strukturimmanenten, in dieser spezifischen Situation wirklich gravierenden Mangel, der unmittelbar mit der Authentizität der Gussstützen als Denkmal konstituierender Elemente verbunden ist.

Der resultierende Konflikt darum schien kaum lösbar. Seit mehr als drei Jahrzehnten beschäftigt er in Berlin diverse Instanzen von Bahn,



Bauaufsicht und Denkmalpflege; diverse Gutachten und Vorschläge wurden erarbeitet, diskutiert und verworfen. Manch' einer in der Stadt konnte das Stichwort „Yorckbrücken“ kaum noch hören. Was ließ sich tun?

Im Rahmen der Erarbeitung des Denkmalpflegeplanes haben wir zunächst noch einmal systematisch mögliche Lösungsvarianten zusammen getragen, auf den Prüfstand gestellt und hinsichtlich ihrer Konsequenzen befragt. Eine etwa war die Tieferlegung der gesamten Straßenfahrbahn zwischen den Stützenreihen in eine Art Trog, dessen Seitenwände mögliche Anpralllasten auffangen und von den Stützen fernhalten könnten. Ganz abgesehen von stadträumlichen Aspekten erwies sich dieser Vorschlag allein schon wegen der zahlreichen unter der Straße verlaufenden Versorgungsleitungen schnell als wirtschaftlich unrealistisch.

Eine andere Alternative, die bereits eines der früheren Gutachten in die Diskussion gebracht hatte, ging von dem Ansatz aus, die Stützen statisch zu ersetzen. Demnach bleiben sie zwar an ihrer Position, doch die Brückenträger darüber, die künftig ja nicht mehr die Lasten des Bahnverkehrs, sondern nur noch aus einem viel leichteren Rad- und Fußweg abzutragen haben, werden so verstärkt, dass sie auch ohne die gusseisernen (Zwischen-)Stützen über die gesamte Spannweite von Widerlager zu Widerlager tragfähig sind. Sollte eine der Stützen bei einem Anprall geschädigt oder zerstört werden, hätte dies keine Aus-

wirkungen auf die Tragsicherheit des Überbaus. Die Berechnung zeigte, dass die Überbauten ihre Eigenlasten sogar ohne jede Verstärkung auf die Widerlager abtragen könnten; für die Verkehrslasten aus dem Rad- und Gehweg müssten sie jedoch ertüchtigt werden. Die Lösung ist nicht schlecht, gleichwohl auch nicht wirklich gut: Die Säulen wären in diesem Falle nur noch Dekoration, ihrer Funktion beraubt, „Stadtmöbel“, wie es amtsdeutsch heißt.

Schließlich haben wir ein drittes Konzept entwickelt, das wir „differenzierten Stützensausfall“ nennen. Es fragt: Muss ich denn wirklich davon ausgehen, dass auf beiden Seiten der Straße gleichzeitig alle vier Stützen dieser Brücke durch Lkw-Anprall zerstört werden? Eben dies ist ja die Grundannahme des zweiten Konzepts – alle Stützen können ausfallen, und für eben dieses Szenario verlangte die Senatsbauverwaltung den Tragfähigkeitsnachweis. Wir haben dies in Frage gestellt, mit Wahrscheinlichkeiten argumentiert und gefragt: Muss man denn wirklich ein Baudenkmal für diese extreme Annahme auslegen? Und wir haben dem dann ein aus unserer Sicht sinnvoll modifiziertes Anprall-Szenario entgegen gesetzt: Auf der einen Straßenseite prallt wirklich ein Lkw oder was auch immer mit dem entsprechenden Impact gegen die dortigen Stützen und beide fallen aus; nachweislich ist der Überbau jedoch nach wie vor in der Lage, sämtliche Lasten sicher abzutragen. Dann nehmen wir sogar noch an, dass kurz danach auf der anderen Straßenseite ein weiterer Lkw gegen die dortigen Stützen prallt, die dann

ebenfalls ausfallen. Selbst für diesen nun vollständigen Stützensausfall können wir nachweisen, dass der Überbau sein Eigengewicht noch immer sicher abtragen kann. Wir verstärken ihn jedoch nicht auch für den Abtrag der zusätzlichen Verkehrslasten aus dem Geh- und Radweg, weil schlicht vorausgesetzt werden kann, dass die Brücke nach dem ersten Anprall mit Sicherheit bereits für den Verkehr auf ihr gesperrt worden ist. Der Vorteil dieses Szenarios: Es erforderte praktisch keinen Eingriff in den Überbau, die Intervention konnte sich auf die Reparatur der Brückenträger beschränken, sie im Übrigen aber so belassen, wie sie waren.

Es kann nicht überraschen, dass sich diese Lösung nicht nur denkmalpflegerisch, sondern auch hinsichtlich der Kosten als günstig erwies. Auf eben dieser Basis wurde die Brücke dann 2012 auch instand gesetzt. Diese erste Bauphase betraf allerdings nur die reine Instandsetzung des Bestandes und dessen Vorbereitung für das Aufbringen des geplanten Geh- und Radwegs. Mit Bezug auf die Tektonik des historischen Stahltragwerks ist er ähnlich einfach und

Seite gegenüber
18. Nachträglich
angefügte Beton-
manschette am
Stützenfuß, hier an
den Brücken Nr. 27 –
30. Foto: Lorenz & Co.
Bauingenieure.

19. Reparatur am
Verbandsanschluss
durch Nietung, 2012.
Foto: Lorenz & Co.
Bauingenieure.



20. Überbau mit
angeschlossenem
Kapitell vor Aufset-
zen auf die Stütze,
Farbgebung nach
historischem Befund.
Foto: Lorenz & Co.
Bauingenieure.



tektionisch, aber als Holztragwerk
konzipiert; aufgesetzt wird er erst
später.

Anders als an der Hochbahn haben
wir an der Yorckbrücke für die Re-
paratur einiger Stellen neuerlich Niete
setzen lassen, um gezielt bestimmte
geschlossene Nietbilder zu wahren
(Abb. 19). Neu hinzu gekommene
Bauteile (wie etwa Stahllaschen) in-
des wurden auch hier durch Schrau-
ben angeschlossen und bleiben so
unschwer als Hinzufügungen er-
kennbar. Als interessant erwies sich
zudem die Frage der Farbgebung.
Die stratigraphische Untersuchung
hatte gezeigt: Die unterste nach-
weisbare Deckbeschichtung und da-
mit offenbar die ursprüngliche Farbe
der Brücke war überraschenderwei-
se ein relativ helles Grau-Beige (Abb.
20). Möglicherweise hatten die drei
damaligen Bahngesellschaften – die
Dresdener-, die Anhalter- und die
Potsdamer Bahn – jeweils verschie-
dene Farben für ihre Brücken als Teil
des jeweiligen Corporate Design; zur
Dresdener Bahn gehörte eben dies-
es Grau-Beige. Es wurde der In-
standsetzung zugrunde gelegt, so

dass sich die sanierte Brücke heute
deutlich von den anderen Brücken
in ihrem üblichen Eisenglimmer-
Dunkelgrau absetzt.

Nach dem spektakulären Wiederein-
bau des Überbaus (Abb. 21) steht sie
nun durchaus würdevoll über dem
tosenden Verkehr (Abb. 22), aufge-
wertet noch durch ein geschicktes
Beleuchtungskonzept, für das ein
Finanzier gefunden werden konnte.
Die Betonpoller wurden abgetragen,
die Stützen stehen frei – im Einzel-
nen noch optimiert durch verschie-
dene Maßnahmen, auf die ich hier
nicht näher eingehen konnte.

Eine kurze Bilanz

Was wollte ich Ihnen über die kon-
kreten Fallstudien hinaus vermit-
teln? Zunächst in Erinnerung rufen,
dass Werte wie Authentizität und
Bedeutung, Substanz und Erschei-
nung den Baudenkmalen nie per
se eingeschrieben sind, sondern
vielmehr als kulturelle Konventio-
nen und Konstruktionen verstan-
den werden müssen, und damit als
Zuweisungen, die sich wandeln und
immer wieder neu auch hinterfragt

Seite gegenüber
21. Einschwenken
des instand gesetzten
Überbaus im August
2012. Foto: Lorenz &
Co. Bauingenieure.





22. Yorckbrücke Nr. 5 nach der Instandsetzung. Foto: Lorenz & Co. Bauingenieure.

werden können und müssen. Zudem, dass an Ingenieurbauwerken aus Eisen und Stahl die Bautechnik ja nicht nur „dienend“, sondern in der Regel unmittelbar konstituierend für die Denkmäler ist. Die historische Konstruktion ist dem Denkmal eingeschrieben gleich einer Erzählung; sie berichtet von den zeittypischen Materialien, Halbzeugen, Fügetechniken, Modellierungs- und Berechnungsverfahren. Zurecht verstehen wir diese technischen Kennzeichen

Weiterführende Literatur zu den beiden Fallstudien

Fischer, Michael; Lorenz, Werner: Stahlbau unter Denkmalschutz. Grundinstandsetzung von Viadukt und Bahnhöfen der Hochbahnlinie U2 in Berlin-Prenzlauer Berg. Stahlbau 80 (2011), H. 6, S. 419–427.
Lorenz, Werner: Yorckbrücken Berlin. Revitalisierung eines denkmalgeschützten Brückenensembles mit anprallgefährdeten Gussstützen. Stahlbau 83 (2014), Heft 2, S. 83–95.

heute als wesentliche Bedeutungsträger des Baudenkmals, als Ausdruck der technischen Kultur ihrer Zeit, als Eigenheiten, die angemessene Aufmerksamkeit, Verständnis und Achtung einfordern.

Gerade ihnen aber wohnen gerne charakteristische Probleme und Mängel inne, eben weil sie oft für neuartige und noch nicht in Tradition gereifte Bauweisen stehen: Denkmalpflegerisches Erhaltungsinteresse will den Mangel schützen, technisches Wissen will ihn beheben. Die bewusste Auseinandersetzung mit diesem Konflikt ist unverzichtbar, erst sie eröffnet den Weg zu angemessenen Abwägungen und befriedigenden Lösungen. Die beiden Fallstudien verdeutlichen dies und zeigen: Eine versöhnende Strategie zur bestmöglichen Wahrung der Authentizität braucht zuallererst die präzise Diagnose und Analyse des Mangels, eine klug abwägende Sicherheitsbewertung und ein homöopathisches Konzept der Intervention.

Anmerkungen

- 1 The Australia ICOMOS charter for the conservation of places of cultural significance – Charter of Burra, 1977, 1999.
- 2 Approaches for the conservation of twentieth-century architectural heritage. Madrid document 2011 (ISC 20C).
- 3 Ebd.
- 4 Principles for the Analysis, Conservation and Structural Restoration of Architectural Heritage – Charter of Victoria Falls, 2003.

Möglichkeiten und Grenzen der Erhaltung von Dachkonstruktionen aus Eisen: Die Pfarrkirche St. Dionysius in Krefeld

Thomas Petermann

Angaben zum Objekt

Der Bau der katholischen St. Dionysiuskirche auf der Rheinstraße in Krefeld wurde im Zuge der vierten Stadterweiterung realisiert. Am 9. August 1754 erfolgte die offizielle Grundsteinlegung für das dem Patrozinium des Hl. Dionysius unterstellte Kirchengebäude. Das in barocken Stilformen errichtete Gebäude war 1755 zum größten Teil fertiggestellt. 1768/69 folgte die Fertigstellung des Kirchturmes, der eine geschwungene Haube mit aufgesetzter Laterne als Dach erhielt.

Aufgrund der ständig anwachsenden Kirchengemeinde wurde das Gotteshaus ab 1840 nach Plänen des Kölner Dombaumeisters Ernst-Friedrich Zwirner erweitert und bis 1843 zu einer weiträumigen Hallenkirche im Stil des Klassizismus ausgebaut. Die in dieser Form bis heute existierende Kirche umfasst in der Grundfläche nahezu das Doppelte des Vorgängerbaus. Für die notwendigen An- und Umbauten mussten Teile des bestehenden Sakralbaus abgerissen werden. Der barocke Turm blieb hingegen vorerst erhalten.

Ab 1890 formierten sich Planungen, den aus der ersten Bauphase stammenden barocken Kirchturm durch einen Neubau zu ersetzen. 1894 wurde der gedrungene, barocke Turm abgebrochen und durch einen erheblich höheren Turmbau ersetzt. Als für den Neubau verantwortlicher Architekt wurde der Kölner Diözesan-Baurat Wilhelm Blanke verpflichtet, der für die Pfarrkirche einen eintürmigen, in Ziegelbauweise errichteten Turmbau vorsah.

In den Jahren 1908 bis 1910 wurden noch einmal Umbaumaßnahmen am Kirchengebäude durchgeführt. Während dieser Zeit fand eine Erneuerung des Langhauses statt, welches neben einer aus Klinkern und Sandstein bestehenden Fassadenverkleidung u.a. auch Portalvorbauten sowie weitere Kapellen erhielt.

Angaben zur Turmkonstruktion

Neben seiner Funktion als Glocken- und Uhrenturm kommt dem Turm der St. Dionysiuskirche eine weit über das kirchliche Umfeld hinausreichende Bedeutung zu. So gilt der imposante Kirchturm seit 1945



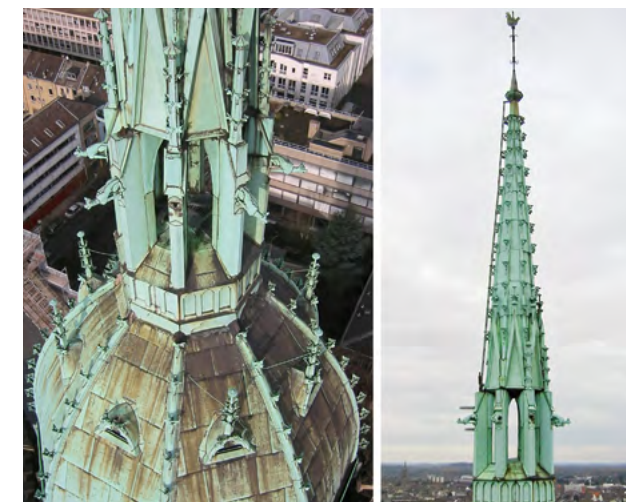
als Wahrzeichen der Stadt, da er als einziger von zahlreichen in Krefeld vorhandenen Turmbauwerken unbeschadet aus den Zerstörungen des Zweiten Weltkrieges hervorgegangen ist.

Der nach den Entwürfen von Wilhelm Blanke errichtete Turm ist wie viele der in dieser Zeit entstandenen Kirchturmbauten an den Stilformen der Neugotik orientiert. Der Helm des eine Gesamthöhe von 76 Metern erreichenden Turmes besteht aus einer Kuppel, die im Grundriss das Oktogon des Turm-Obergeschosses wiederholt. Über dieser Kuppel erhebt sich wiederum ein oktagonaler Laternenaufbau, der sich nach oben hin zu einer Turmspitze verjüngt. Die im Grundriss ebenfalls achteckige Turmspitze ist aufwändig mit neugotischer Bauzier wie Krabben, Fialen und Wasserspeiern geschmückt. Krönender Abschluss der weithin sichtbaren Turmsilhouette ist ein stählernes Kreuz, dessen Vertikalbalken bis zur Sanierung auf der Spitze einen kupfernen Wetterhahn trug.

Den Dachstuhl des Turmhelmes bildete eine aus Stahl gefertigte Gerüstkonstruktion, die mit Kupferblech gedeckt worden ist. Aus demselben Material sind auch die dekorativen Zierelemente gearbeitet, welche sich zahlreich sowohl an der Spitze, als auch an der Kuppel des Turmhelmes finden.

Baugeschichtlicher Abriss

Aufgrund von Schäden, die an der Kupferblechverdachung aufgetreten waren, wurden bereits 1910 sowie 1931 erste Reparaturen am Turm-



helm durchgeführt. 1977/78 fanden erneut Restaurierungsmaßnahmen statt.

Metallteile, die durch einen Sturm im Februar 2004 vom Turm losgerissen worden waren, machten deutlich, dass der Turmhelm umfassender Sanierungsmaßnahmen bedurfte. Eine diesbezüglich erstellte Schadensanalyse ergab, dass die innenliegende Stahlkonstruktion des Turmhelmes stark durch Korrosion geschädigt war und Teile der Kupferblechabdeckung sowie des Zierrates nicht mehr fest genug am Turm verankert waren. Aus Sicherheitsgründen wurden Kuppel und Spitze im Juli 2004 komplett demontiert, da bei einem weiteren Sturm erneut Bauteile vom Turmhelm heruntergerissen worden waren.

Wiederaufbau des Turmhelmes

Die zur Instandsetzung der Turmkonstruktion erforderlichen Arbeiten sind im Auftrag der katholischen Kirchengemeinde Papst Johannes XXIII. erfolgt.

2. Krefeld, St. Dionysius. Kirchturmspitze vor der Sanierung.

Fotos: J & P Johanning und Petermann Architekten.

Seite gegenüber:

1. Krefeld, St. Dionysius. Kirchturmspitze nach der Sanierung.

Foto: J & P Johanning und Petermann Architekten.

3. Krefeld, St. Dionysius. Schadensdokumentation. Fotos: J & P Johanning und Petermann Architekten.



In einem ersten Bauabschnitt wurde zunächst das oktagonale Obergeschoss des Turmes saniert, um es den statischen Erfordernissen der neu zu errichtenden Turmhelmkonstruktion anzupassen.

Für den zweiten Bauabschnitt war die Erneuerung der Turmkuppel und der sich darüber erhebenden Spitze vorgesehen.

Die als Unterbau für Kuppel und Spitze dienende Stahlkonstruktion wurde vollständig neu aus korrosionsbeständigem Stahl hergestellt und anschließend mit einer Holzverschalung sowie einer Bitumendeckung versehen, um zukünftig

Kontaktkorrosion zwischen Stahl und Kupferblechabdeckung ausschließen zu können.

Zu den kupfernen Zierelementen des Turmhelmes, die Gegenstand der Restaurierungsleistungen waren, gehörten im Einzelnen folgende Bauteile:

- Kupferkugel der Turmspitze,
- Gratkrabben,
- Turmwächterfiguren „Hunde“,
- Bekrönung der Spitzgiebel,
- achteckige Kupferfialen,
- Fialen der Gauben.

Die am Objekt zu leistenden Restaurierungsmaßnahmen wurden parallel zu den Dachklempnerarbeiten ausgeführt. Um die einzelnen Zierbauteile fachgerecht bearbeiten zu können, wurden die bereits demontierten Teile des noch vorhandenen Dachzierrates im Juli 2010 in eine Restaurierungswerkstatt nach Otendorf-Okrilla überführt.

Die restauratorischen Arbeiten sind auf der Grundlage des im Leistungsverzeichnis enthaltenen Restaurierungskonzeptes erfolgt, welches zur Bearbeitung der Objekte ein methodisches Restaurierungsprogramm sowie festgelegte Materialien vorsah.

Demgemäß waren folgende spezialisierte Arbeitsschritte und ihre differenzierte, der jeweiligen Bestandsituation der Objekte angepasste Ausführung vorgesehen:

- Reinigung,
- Korrosionsentfernung im Bereich defekter Löttnähte,
- Rückformung von Deformationen,

- Herstellen und Verlöten von Verstärkungsblechen,
- Ergänzung bzw. Erneuerung der Rückenstreben,
- Zusammenfügen der Löttnähte,
- Montage und Verlöten der Objekte vor Ort.

Restaurierungsziel

Der Turm der St. Dionysiuskirche wurde 1985 in die Denkmalliste der Stadt Krefeld aufgenommen und ist seitdem als Baudenkmal geschützt. In Anbetracht der diesem Bauwerk zukommenden kunsthistorischen Bedeutung sind sämtliche Baumaßnahmen gemäß den denkmalpflegerischen Vorgaben erfolgt. Bei allen durchzuführenden Arbeiten wurde zudem stets höchste Sorgfalt gewahrt.

Die restauratorischen Arbeiten dienten dem Zweck, die architektonischen Zierbauteile des Turmhelmes in ihrem Bestand zu sichern und deren Funktionstüchtigkeit wieder herzustellen, ohne das charakteristische Erscheinungsbild der kupfernen Bauzier zu beeinträchtigen. Dementsprechend wurden alle Zierbauteile dahingehend bearbeitet, dass wieder eine formgerechte und vollkommen regendichte Verbindung



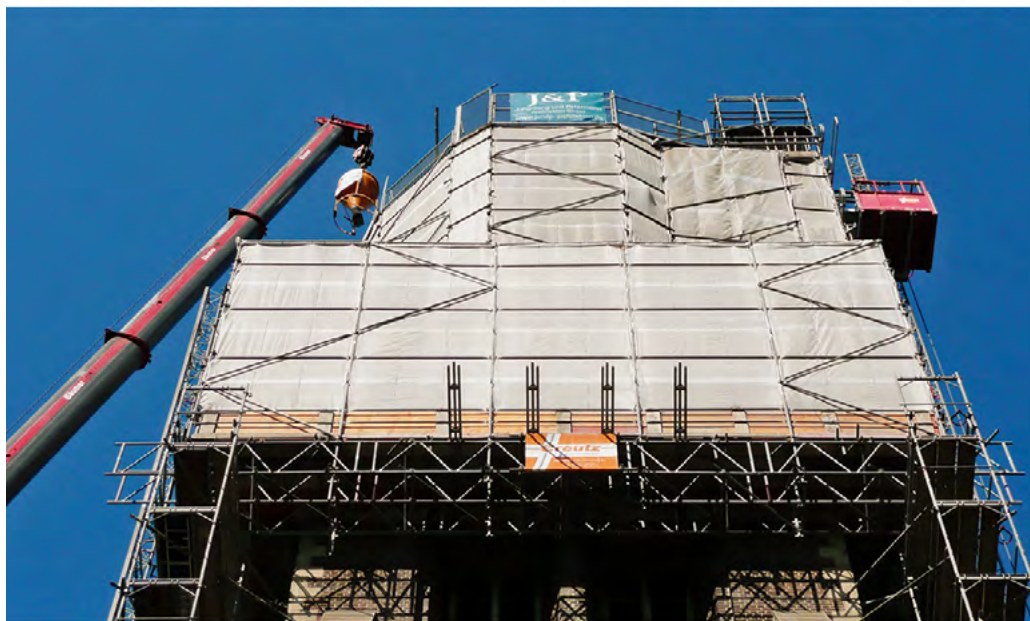
zu den sich daran anschließenden wasserführenden Bauteilen gewährleistet ist. Die dafür erforderlichen Arbeiten wurden so ausgeführt, dass die charakteristische hellgrüne Patinierung auf den Ansichtsflächen der Kupferverzierungen möglichst unverfälscht erhalten blieb, da diese nach Auffassung der modernen Restaurierung zur Originalsubstanz zählt und die Geschichte der Objekte dokumentiert.

Ziel der an den kupfernen Verzierungen des Turmhelmes vollzogenen Restaurierungsarbeiten war es, den materiellen Bestand der originalen Substanz detailgerecht zu erhalten und abgebrochene, verschollene oder irreparabel beschä-

4. Krefeld, St. Dionysius. Schadensdokumentation. Fotos: J & P Johanning und Petermann Architekten.

5. Krefeld, St. Dionysius. Schadensdokumentation. Fotos: J & P Johanning und Petermann Architekten.





digte Details so zu ergänzen, dass der Denkmalwert der Zierbauteile uneingeschränkt gewahrt bleibt.

Durch die zuständigen Fachgremien wurde im Vorfeld der Restaurierungsarbeiten entschieden, welche Elemente des plastischen Dekors zu ergänzen sind.

Die zu ergänzenden Zierbauteile sind nach dem Vorbild noch erhaltener Bestandsbauteile originalgetreu

nachgebildet worden, so dass sie in Form, Größe und Materialstärke exakt dem Original-Zierteil entsprechen.

Der vorhandene Originalbestand wurde mit Ausnahme irreparabel beschädigter Teile nach der fachgerechten Aufarbeitung wieder an den entsprechenden Stellen, der mit neu gefertigten Kupferblechen gedeckten Kuppel und der Kirchturmspitze, integriert.

Seite gegenüber:
6. Krefeld, St. Dionysius. Sanierung des oktogonalen Obergeschosses. Fotos: J & P Johanning und Petermann Architekten.

7. Krefeld, St. Dionysius. Kirchturmspitze mit ergänzten Zierbauteilen. Fotos: J & P Johanning und Petermann Architekten.



Autorenverzeichnis

Prof. Dr. Walter Buschmann,
RWTH Aachen, Privatdozent

Dipl.-Rest. Susanne Conrad,
LVR-Amt für Denkmalpflege im Rheinland

Prof. Dr. Rainer Hempel,
Fachhochschule Köln/Fakultät für Architektur

Prof. Dr. Werner Lorenz,
Prof. Dr. Lorenz & Co. Bauingenieure GmbH, Berlin

Dipl.-Ing. Thomas Petermann,
J & P Johanning und Petermann Architekten GmbH,
Krefeld/Bad Lauterberg im Harz/Nordhausen

Dr. Michael Rohwerder,
Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH, Düsseldorf

Prof. Dr. Norbert Schöndeling,
Fachhochschule Köln/Fakultät für Architektur,
Institut für Baugeschichte und Denkmalpflege

Dr. Ludger J. Sutthoff,
Abteilungsleiter Restaurierung,
LVR-Amt für Denkmalpflege im Rheinland