

Schriftenreihe

Heft 92/2010

Daimlerstraße 18

70736 Fellbach

Tel.: (0711) 645 80 845

Fax: (0711) 645 80 846

E-Mail: info@rieche-schuerger.de

Internet: www.rieche-schuerger.de

Ingenieure und Sachverständige

Begutachtung und Beratung

Forschung und Entwicklung

Werkstoff- und Bauteilprüfung

Planung und Beweissicherung

Peter Heller

Technische Verträglichkeit und normative Anforderungen an den Korrosionsschutz im Stahlbau

Veröffentlicht in

4. Kolloquium Verkehrsbauten, Schwerpunkt Parkhäuser

TAE

Technische Verträglichkeit und normative Anforderungen an den Korrosionsschutz im Stahlbau

Peter Heller

Institut für Bautenschutz · Baustoffe und Bauphysik - Dr. Rieche und Dr. Schürger GmbH, Fellbach, Deutschland

Zusammenfassung

Korrosionsschutzsysteme auf der Basis organischer Beschichtungen stellen aus technischer Sicht eine gute Möglichkeit dar, um Stahlbauteile von Parkhäusern vor Korrosion zu schützen. Gleichzeitig bieten organische Beschichtungen zahlreiche gestalterische Möglichkeiten. Ein unzureichender Korrosionsschutz kann dagegen zu schwerwiegenden Schäden führen. Um die Gebrauchstauglichkeit und damit auch die Wirtschaftlichkeit von Korrosionsschutzbeschichtungen sicherzustellen, muss für das zu beschichtende Bauteil die am besten geeignete Beschichtung gefunden werden. Dieser Beitrag behandelt die wesentlichen Gesichtspunkte für die Auswahl geeigneter Korrosionsschutzbeschichtungen und zeigt, wie eine Spezifikation für ein bestimmtes Bauvorhaben erarbeitet werden kann. Die DIN EN ISO 12944 und andere Regelwerke bilden dazu eine wertvolle Hilfe, da sie alle technischen Aspekte berücksichtigt, die für einen angemessenen Korrosionsschutz von Stahlbauteilen maßgeblich sind.

1. Korrosionsschutz von Stahlbauteilen

Für den Korrosionsschutz von Stahlbauteilen kommen im Bauwesen zahlreiche verschiedene Prinzipien zur Anwendung, z. B. organische Beschichtungen, Metallüberzüge, die Passivierung, der kathodische Korrosionsschutz, die Klimatisierung oder es werden bereits von sich aus korrosionsbeständige Grundwerkstoffe eingesetzt. Nicht alle diese Korrosionsschutzprinzipien sind für den Schutz von Stahlkonstruktionen in Parkhäusern geeignet, teils aus technischen, teils aus wirtschaftlichen und teils auch aus architektonischen bzw. gestalterischen Gründen.

Organische Beschichtungen, falls gefordert in Kombination mit einer Brandschutzbeschichtung, können den in Parkhäusern auftretenden Anforderungen in idealer Weise gerecht werden und sie stellen außerdem häufig eine besonders wirtschaftliche Lösung dar. Dies setzt eine sorgfältige Planung und Abstimmung der Beschichtung auf die objekt- und bauteilspezifischen Anforderungen voraus. Dabei müssen auch die Grenzen der Belastbarkeit organischer Beschichtungen erkannt werden, die dann ggf. zur Wahl eines zusätzlichen oder eines anderen Korrosionsschutzprinzips führen können.

2. Funktionen von Beschichtungen in Parkhäusern

Die technische Funktion von Korrosionsschutzbeschichtungen besteht per se im Schutz des Stahlunter-

grundes vor Korrosion. Falls gefordert, können organische Beschichtung außerdem zu einer Verbesserung der brandschutztechnischen Eigenschaften des zu beschichtenden Stahlbauteils eingesetzt werden.

Zusätzlich zu diesen beiden technischen Funktionen einer Beschichtung existieren in der Regel auch Anforderungen an deren gestalterische Funktion, mitunter auch bezeichnet als "optische Funktion". Organische Beschichtungen bieten gegenüber anderen Korrosionsschutzverfahren den Vorteil eines breiten Spektrums von gestalterischen Möglichkeiten.

Die jeweilige Bedeutung der technischen Funktion und der gestalterischen Funktion kann je nach Bauteil variieren. Farbleitsysteme und die farbige Gestaltung von Parkgebäuden als Teil der Unternehmensidentität (Corporate Design) sind Beispiele für die Anwendung von Beschichtungen, bei denen außer der technischen Funktion auch die gestalterische Funktion der Beschichtung eine wesentliche Rolle spielt.

Rein "malertechnische", d. h. ausschließlich zum Zwecke der farbigen Gestaltung auf Stahlbauteile aufgebrauchte Beschichtungen stellen bei Parkgebäuden jedoch eine Ausnahme dar. Diesbezüglich muss man sich vor Augen halten, dass in der Regel alle, d. h. auch die nicht direkt der Witterung ausgesetzten Bauteile, in Parkhäusern einer mehr oder minder intensiven Korrosionsbelastung unterliegen. Die korrosionsschutztechnische Betrachtung muss sich aus diesem Grunde auf alle Stahl- bzw. Metallbauteile eines Parkgebäudes erstrecken.

3. Vorgehensweise bei der Auswahl von Korrosionsschutzsystemen

Um das unter technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten optimale Korrosionsschutzsystem für ein Bauwerk bzw. ein bestimmtes Bauteil festlegen zu können, sind im Wesentlichen sieben Planungsschritte notwendig:

1. Korrosivitätskategorie ermitteln, in der sich das gesamte Bauwerk befindet
2. Sonderbelastungen ermitteln
3. Art und Zustand der zu beschichtenden Oberflächen feststellen
4. Schutzdauer festlegen
5. Weitere Funktionen ermitteln (Gestaltung, Brandschutz)
6. Geeignete Systeme wählen und optimales System festlegen
7. Darstellung der Ergebnisse

Diese Planungsschritte werden in den folgenden Abschnitten weiter behandelt.

Als Ergebnis dieser Planung kann auftreten, dass der Korrosionsschutz durch Beschichtungen nicht möglich bzw. nicht das optimale Verfahren ist. In diesem Falle muss ein anderes Korrosionsschutzprinzip oder eine Kombination mehrerer Prinzipien gewählt werden. Ein bekanntes Beispiel für die Kombination mehrerer Korrosionsschutzprinzipien sind Systeme, die aus einer Feuerverzinkung und einer organischen Beschichtung bestehen. Diese so genannten Duplex-Systeme weisen aufgrund von Synergieeffekten eine ausgezeichnete Korrosionsschutzwirkung und eine hohe Dauerhaftigkeit auf.

4. Planungsschritte

4.1 Korrosivitätskategorie

Um die Korrosionsbelastung von luftberührten Stahlbauteilen und ferner auch von Stahlbauteilen im Erdreich und im Wasser charakterisieren zu können, verwenden die DIN EN ISO 12944 [1, 2, 3] und andere Normen, die sich in ähnlicher Weise mit dem Korrosionsschutz von Stahlbauteilen beschäftigen [4, 5], so genannte Korrosivitätskategorien.

Bei luftberührten Stahlbauteilen wird in die folgenden sechs Korrosivitätskategorien unterschieden, die jeweils den Kennbuchstaben C tragen:

- | | |
|------|-------------------------|
| C1 | = unbedeutend |
| C2 | = gering |
| C3 | = mäßig |
| C4 | = stark |
| C5-I | = sehr stark, Industrie |
| C5-M | = sehr stark, Meer |

Diese Korrosivitätskategorien sind über den flächenbezogenen Massenverlust und die Dickenabnahme von Standardproben aus Stahl (und Zink) definiert. Dies bedeutet, dass man an dem Standort der vorgesehenen Baumaßnahme eigentlich solche Standardproben für lange Zeit lagern, untersuchen und beurteilen müsste. In der Praxis steht die dafür notwendige Zeit jedoch normalerweise nicht zur Verfügung. Deshalb schätzt man die Korrosivitätskategorie anhand von Beispielen für die typischen Umgebungsbedingungen ab. Solche Beispiele für das Außenklima und für das Innenklima sind in der DIN EN ISO 12944, Teil 1, Tabelle 1 enthalten.

Einer der Umgebungsfaktoren, der einen wesentlichen Einfluss auf die Intensität der atmosphärischen Korrosion ausübt, ist der Schwefeldioxidgehalt der Luft. Der Schwefeldioxidgehalt hat in Deutschland im Laufe der letzten Jahre bzw. Jahrzehnten durch vermehrte Anstrengungen zur Reinhaltung der Luft deutlich abgenommen. Daher befindet man sich in der Regel auf der sicheren Seite, wenn man die Korrosivitätskategorie durch Schätzen ermittelt.

4.2 Sonderbelastungen

Einer großen Bedeutung im Bereich des Korrosionsschutzes von Parkhäusern kommen Sonderbelastungen zu. Hierunter versteht man Beanspruchungen, die die Korrosion in Teilflächen von Bauteilen oder Bauwerken über das durch die Korrosivitätskategorie bestimmte Maß hinaus erheblich verstärken.

In Parkhäusern wie auch an anderen durch KFZ genutzten Verkehrsbauten tritt in der Regel ein verstärkter Korrosionsangriff durch aus Tausalz stammende Chloride auf, der ganze Bauteile oder auch nur einzelne Abschnitte von Bauteilen betreffen kann. Hinsichtlich des Korrosionsschutzes muss beachtet werden, dass die Wirkung der Chloride nicht nur in Flächen vorhanden ist, auf denen das Tausalz ausgebracht wird. Vielmehr können Chloride infolge trockener oder nasser Deposition auch noch in größerer Entfernung von mit Tausalz gestreuten Verkehrsflächen auftreten. So ist für durch KFZ ausgelöste Salzsprühnebel eine Ausdehnung von mindestens 15 m anzunehmen. Außerdem muss beachtet werden, dass Fahrzeuge oder Fußgänger eingeschleppte Chloride noch weit im Gebäudeinneren von Parkhäusern anzutreffen sind. Das heißt, auch in Bereichen von Parkhäusern, die normalerweise nicht mit Tausalz gestreut werden, muss für den Korrosionsschutz von einer Chloridbelastung ausgegangen werden.

Ferner ist zu prüfen, ob Sonderbelastungen durch mechanische Einwirkungen auftreten, z. B. infolge Splitteinwirkung oder im Bereich von Verbindungsmitteln. Wenn an einem Bauteil mit hohen mechanischen Belastungen zu rechnen ist, können sich beispielsweise Metallüberzüge im Vergleich zu organischen Beschichtungen besser eignen.

Es gibt jedoch auch organische Beschichtungen, die eine hohe Beständigkeit bei mechanischen Belastungen bieten. Ein Beispiel hierfür sind reaktionsharzgebundene Dünnbeläge (kurz: RHD-Beläge). Sie eignen sich für den Korrosionsschutz stählerner Fahrbahnplatten und dienen hier als begangene und befahrene Nutzschrift mit hohem Verschleißwiderstand. RHD-Beläge weisen eine hohe Schichtdicke auf und sind mit einer speziellen verschleißbeständigen Abstreukorn versehen.

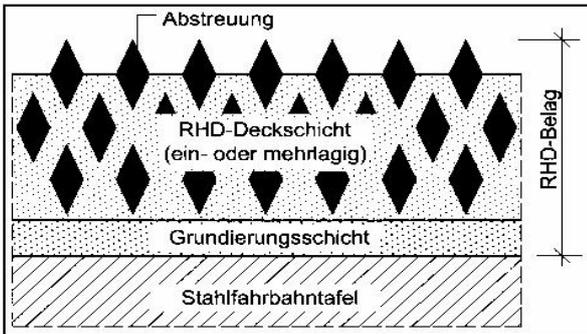


Bild 1: Aufbau eines RHD-Belags [8].

Eine weitere Sonderbelastung, mit der auch im inneren, nicht frei bewitterten Bereich von Parkhäusern gerechnet werden muss, ist die Belastung durch Tauwasser. Sie tritt dann auf, wenn die Oberflächentemperatur der Stahloberfläche unter der Tautemperatur der Umgebungsluft liegt. Solche Verhältnisse können z. B. bei raschen Wetteränderungen auftreten.

4.3. Zustand der zu beschichtenden Oberfläche und Oberflächenvorbereitung

In den seltensten Fällen sind Stahloberflächen von Haus aus beschichtungsfähig. Ihr Zustand kann vielmehr sehr unterschiedlich sein. In der Regel muss die Oberfläche deshalb vor dem Beschichten vorbereitet werden, um den für das vorgesehene Beschichtungssystem notwendigen Oberflächenvorbereitungsgrad herzustellen [6, 7]. Eine ausreichende Reinheit der zu beschichtenden Stahloberfläche ist für die Funktion und die Dauerhaftigkeit einer Korrosionsschutzbeschichtung eine unabdingbare Voraussetzung. Die Nichteinhaltung der Anforderungen führt zu einem unzureichenden Korrosionsschutz. Eine hohe Reinheit der Stahloberfläche bedingt allerdings auch einen hohen Arbeits- und Kostenaufwand. Als Faustregel gilt, dass die Kosten der Oberflächenvorbereitung der geforderten Reinheit des Untergrundes proportional sind.

Bei der Erstbeschichtung von Stahlbauteilen ist es heute üblich, die Oberflächenvorbereitung des Stahls im Werk vorzunehmen und gleich anschließend schon mehrere Lagen des vorgesehenen Beschichtungssystems aufzubringen. Es kann aber trotzdem erforderlich werden, auf der Baustelle die oberste Lage der werk-

mäßig aufgetragenen Beschichtung vorzubereiten, bevor man die restliche Beschichtung appliziert, unter anderem dann, wenn die maximal zulässige Zwischenstandzeit überschritten und/oder die im Werk aufgetragene Beschichtung Verschmutzungen aufweist. Der Teil 5 der DIN EN ISO 12944 empfiehlt, wenn möglich, sogar das gesamte Beschichtungssystem im Werk auszuführen.

Speziell bei der Instandsetzung von Parkhäusern kann man auf vielfältige und aus beschichtungstechnischer Sicht häufig problematische Untergründe treffen. In der Regel wird es sich um mit einer Altbeschichtung versehene, verzinkte oder mehr oder minder korrodierte Stahlbauteile handeln. Der Ist-Zustand des zu beschichtenden Untergrundes muss bei der Instandsetzung besonders sorgfältig ermittelt werden. Insbesondere ist zu beurteilen, ob anstelle einer Vollerneuerung des Korrosionsschutzes eine Teilerneuerung oder eine lokale Reparatur aus technischer und wirtschaftlicher Sicht sinnvoll ist. Besondere Vorsicht ist geboten, wenn der Verdacht besteht, dass Altbeschichtungen gesundheits- bzw. umweltgefährdende Bestandteile enthalten. In diesem Falle kann der Aufwand für die bei der Oberflächenvorbereitung notwendigen Schutzmaßnahmen ein hohes Ausmaß annehmen.

Ebenso ist es erforderlich, im Vorfeld einer Instandsetzungsmaßnahme alle in korrosionsschutztechnischer Hinsicht kritischen Stellen einer Konstruktion umfassend zu untersuchen. Hierunter fallen z. B. Verbindungsstellen bzw. -mittel, Hohlbauteile und der Erdübergangsbereich. In solchen Bereichen liegt häufig ein hoher Korrosionsabtrag vor, auch wenn das betreffende Bauteil ansonsten keine oder nur geringe Korrosion aufzuweisen scheint. Ggf. müssen stark schadhafte Bauteile ersetzt oder verstärkt werden, bevor man eine neue Korrosionsschutzbeschichtung aufbringt.



Bild 2: Infolge Korrosion im Erdübergangsbereich stark geschädigte Stütze.

Immer wieder wird in der Fachwelt die Frage diskutiert, ob man für die Instandsetzung so genannte oberflächentolerante Beschichtungssysteme einsetzen kann,

die eine mit vergleichsweise wenig Aufwand zu bewerkstellende Oberflächenvorbereitung ermöglichen. Solche Beschichtungsstoffe sind eine jüngere Entwicklung auf dem Gebiet des Korrosionsschutzes, deren Ursprung im Schiffs- und Offshorebau liegt.

Oberflächentolerante Beschichtungsstoffe zeichnen sich durch ein hohes Benetzungs- und Penetriervermögen aus, so dass sie auf der zu beschichtenden Oberfläche noch vorhandenen Rest- bzw. Flugrost gut umhüllen können. Es kommen z. B. spezielle Epoxidharze mit Füllstoffen aus Eisenglimmer und Aluminiumplättchen zur Anwendung.

Solche Beschichtungsstoffe haben sich in Verbindung mit einer manuellen oder maschinellen Oberflächenvorbereitung aufgrund bisheriger Erfahrungen für den Korrosionsschutz im Stahlhochbau als geeignet erwiesen, allerdings nur in Fällen, in denen die Korrosionsbelastung nicht zu hoch ist, d. h. etwa atmosphärische Korrosion bis Korrosivitätskategorie C3, und in denen nur kurze bis mittlere Schutzdauern angestrebt wurden. Oberflächentolerante Beschichtungsstoffe stellen daher im Bereich des Stahlhochbaus bislang ein Sonderverfahren dar. Ihre Verwendung im Bereich der Instandsetzung von Parkhäusern ist daher sorgfältig zu prüfen.

4.4 Schutzdauer

Unter der Schutzdauer eines Korrosionsschutzsystems versteht man diejenige Zeitdauer, innerhalb der es seine technische Funktion erfüllt. Nach Ablauf der Schutzdauer wird eine Instandsetzung des Korrosionsschutzes notwendig.

Die Schutzdauer steht in keinem Zusammenhang mit der Gewährleistungsdauer. Die Schutzdauer unterscheidet sich in der Regel auch von der Nutzungsdauer eines Gebäudes bzw. eines Bauteils, weil das Korrosionsschutzsystem oder Teile davon im Laufe der Nutzungsdauer in der Regel mehrfach erneuert werden können. Es muss jedoch beachtet werden, dass die Schutzdauer bei Bauteilen, die im eingebauten Zustand eine Instandsetzung nicht mehr oder nur noch schwer zugänglich sind, möglichst der Nutzungsdauer des Gebäudes entsprechen soll.



Bild 3: Korrosion eines Stahlträgers und eines Betonunterzugs mit Flächen, die für eine Instandsetzung nur schwer zugänglich sind.

Die DIN EN ISO 12944 unterscheidet in die Schutzdauern

kurz (K)	= 2 bis 5 Jahre
mittel (M)	= 5 bis 15 Jahre
lang (L)	= über 15 Jahre

Andere Regelwerke im Bereich der Verkehrsbauten, wie die ZTV-KOR [9], fordern längere Schutzdauern bis größer 25 Jahre. Es hat sich in der Praxis gezeigt, dass solche Schutzdauern mit organischen Korrosionsschutzbeschichtungen tatsächlich erreicht werden können.

Für die Instandsetzung ist zu berücksichtigen, dass der aus wirtschaftlicher Sicht ideale Zeitpunkt für die Erneuerung einer Korrosionsschutzbeschichtung dann vorliegt, wenn der Korrosionszustand noch eine Teilerneuerung ermöglicht. Wenn die Korrosion dagegen soweit fortgeschritten ist, dass eine Vollerneuerung notwendig wird, bedeutet dies in der Regel gegenüber der Teilerneuerung einen unverhältnismäßig hohen Arbeits- und Kostenaufwand.

In der Praxis wird die Korrosionsschutzbeschichtung von Stahlbauteilen häufig vor Ablauf der Schutzdauer in Stand gesetzt, nämlich bereits dann, wenn das beschichtete Bauteil vom Bauherrn bzw. vom Betreiber infolge Korrosion als unansehnlich empfunden wird. Wertvolle Hinweise für den Planer und Einstufungskriterien für die bei einer Instandsetzung in Abhängigkeit vom Bauwerkszustand notwendig werdenden Aktivitäten finden sich in der RI-ERH-KOR der Bundesanstalt für Straßenwesen [10].

4.5 Weitere technische und gestalterische Funktionen der Beschichtung

Organische Beschichtungssysteme können außer dem Korrosionsschutz des Stahles noch weitere technische und gestalterische Funktionen übernehmen. In Kombination mit einer Brandschutzbeschichtung (Dämm-

nation mit einer Brandschutzbeschichtung (Dämmschichtbildner) kann die Feuerwiderstandsdauer von Stahlbauteilen bis auf die Feuerwiderstandsklasse F 90 erhöht werden, ohne dass der architektonische Charakter der Stahlkonstruktion verloren geht und ohne dass man in nennenswertem Umfang zusätzliches Gewicht in die Konstruktion einbringt, weil die typischen Trockenschichtdicken nur ca. 1 - 2 mm betragen.

Solche Systeme weisen in der Regel folgenden Aufbau auf:

- Stahluntergrund mit Oberflächenvorbereitung
- Korrosionsschutzbeschichtung
- Dämmschichtbildner
- Überzugslack (Schlussbeschichtung)

Der im Brandfall aktiv werdende Dämmschichtbildner wird auf eine Korrosionsschutzbeschichtung appliziert. Er bildet ab Temperaturen von ca. 120 °C eine Schaumschicht, die etwa das 50- bis 80fache der ursprünglichen Trockenschichtdicke erreicht, somit wärmedämmend wirkt und auf diese Weise die Feuerwiderstandsdauer des Stahlbauteils erhöht. Bei der Planung ist zu beachten, dass das Aufschäumen im Brandfall ohne Störung möglich ist. Mit Brandschutzbeschichtungen versehene Stahlbauteile dürfen daher nicht bekleidet werden und es ist ein ausreichender Mindestabstand von angrenzenden Bauteilen einzuhalten.

Der Überzugslack hat die Aufgabe, den Dämmschichtbildner Beschichtung vor Feuchtigkeit und Umwelteinflüssen zu schützen. Außerdem sind mit dem Überzugslack farbige Gestaltungen möglich. Der zu einer Brandschutzbeschichtung gehörende Überzugslack darf keinesfalls überstrichen werden darf, weil dies zu einer Beeinträchtigung der Brandschutzwirkung führen kann. In trockenen Innenräumen kann man dagegen auf den Überzugslack in der Regel verzichten. Auskunft darüber, ob und in welchen Fällen eine Schlussbeschichtung notwendig ist, gibt die bauaufsichtliche Zulassung der jeweiligen Brandschutzbeschichtung. Wichtig ist in jedem Falle, dass die Korrosionsschutzbeschichtung und die aus Dämmschichtbildner und Überzugslack bestehende Brandschutzbeschichtung miteinander verträglich sind, was anhand entsprechender Prüfzeugnisse nachzuweisen ist. Nach der Fertigstellung müssen mit Brandschutzbeschichtungen versehene Bauteile bzw. Konstruktionen mit Hilfe von Schildern dauerhaft über die Beschichtungen mit deren breites Spektrum von gestalterischen Möglichkeiten. Es muss bei der Auswahl von Beschichtungssystemen allerdings beachtet werden, dass das Bindemittelsystem und die Art der Korrosionsschutzpigmente die für die Farbgebung bestehenden Möglichkeiten einschränken können. Bei frei bewitterten Bauteilen sind Unterschiede in der Farbhaltung und der Glanzhaltung möglich. Diesem Aspekt kommt bei Bauteilen, für die hohe Anforderungen an die gestalterische

Funktion vorliegen, eine wichtige Bedeutung zu. Die Tabelle C.1 im Anhang C von Teil 5 der DIN EN ISO 12944 gibt Hinweise zu den allgemeinen Eigenschaften von Beschichtungsstoffen, unter anderem zu deren Farbhaltung und zur Glanzhaltung.

4.6 Auswahl des am besten geeigneten Beschichtungssystems

Die Auswahl des am besten geeigneten Beschichtungssystems erfolgt mittels Teil 5 der DIN EN ISO 12944 oder, falls Pulverbeschichtungen in Frage kommen, mithilfe der DIN 55633. Diese Normen geben Beispiele für Korrosionsschutzbeschichtungen in produktneutraler Form an. Jedes Beschichtungssystem weist in diesen Normen eine so genannte Systemnummer auf, durch die die jeweilige Beschichtung in einfacher Form benannt werden kann.

In einem weiteren Schritt ist die ggf. geforderte Brandschutzbeschichtung festzulegen. In jedem Falle muss ein Gebrauchstauglichkeitsnachweis vorliegen, der bescheinigt, dass die Korrosionsschutz- und die Brandschutzbeschichtung miteinander verträglich sind.

Eine andere Planungshilfe für die Auswahl der am besten geeigneten Korrosionsschutzbeschichtung sind Computerprogramme [11], die teils kostenfrei auf dem Markt erhältlich sind und den Planer von Korrosionsschutzmaßnahmen unterstützen können.

4.7 Darstellung der Ergebnisse (Spezifikationen)

Unter einer Spezifikation versteht man ein technisches Dokument, das alle Anforderungen an den Korrosionsschutz eines Bauwerks in schriftlicher Form darstellt. Es besteht in der Regel aus einer Projekt-Spezifikation, einer Spezifikation für die Beschichtungssysteme einschl. Oberflächenvorbereitung, einer Spezifikation für die Ausführung und einer Spezifikation für die Überwachung der Beschichtungsarbeiten. Der Teil 8 der DIN EN ISO 12944 gibt dem Planer verschiedene Hilfsmittel und Beispiele an die Hand, wie diese Spezifikationen erarbeitet und dargestellt werden können.

- [1] Norm. DIN EN ISO 12944:1998-07. Beschichtungsstoffe, Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme (Teile 1 bis 4, 6, 7, 8).
- [2] Norm. DIN EN ISO 12944-5:2008-01. Beschichtungsstoffe, Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme, Teil 5: Beschichtungssysteme.
- [3] Norm-Entwurf. DIN EN ISO 12944-6:2006-02. Beschichtungsstoffe, Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme

- [4] Norm. DIN 55633. Beschichtungsstoffe, Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Pulver-Beschichtungssysteme, Bewertung der Pulver-Beschichtungssysteme und Ausführung der Beschichtung (Teile 1 bis 4, 6, 7, 8).
- [5] Norm. DIN 18800-5:2007-03. Stahlbauten-Teil 5: Verbundtragwerke aus Stahl und Beton, Bemessung und Konstruktion.
- [6] Norm. DIN EN ISO 8504:2002-01. Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen, Verfahren für die Oberflächenvorbereitung.
- [7] Norm. DIN EN ISO 8503:1995-08. Vorbereitung von Stahloberflächen vor dem Auftragen von Beschichtungsstoffen; Rauheitskenngrößen von gestrahlten Stahloberflächen.
- [8] FGSV-Regelwerk. Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten, Teil 7: Brückenbeläge, Abschnitt 5: Reaktionsharzgebundene Dünnbeläge auf Stahl, Ausgabe 2003.
- [9] FGSV-Regelwerk. ZTV-KOR-Stahlbauten, Version 12/2002.
- [10] Regelwerk des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Sammlung Brücken- und Ingenieurbau. Richtlinien für die Erhaltung des Korrosionsschutzes von Stahlbauten RI-ERH-KOR, Ausgabe 2005.
- [11] Software OPTICOR-Expert, Version 2.01.