

**Zeitschrift:** IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH  
Kongressbericht

**Band:** 5 (1956)

**Rubrik:** IVd. Maintenance of metal structures

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 08.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## **IV d1**

### **Unterhalt von Stahlkonstruktionen**

### **Conservação das estruturas metálicas**

### **Entretien des constructions métalliques**

### **Maintenance of metal structures**

**IR. A. VAN AALST**

*Direktor F. Kloos & Zonen's Werk-  
plaatsen N. V.  
Kinderdijk*

**G. J. DOLPHIJN**

*Direktor Sikkens Constructieverven N. V.  
Leiden*

Es ist erfreulich, dass die I. V. B. H. an dieser Tagung auch die Schutzmassnahmen behandeln wird. Weil die Frage des Rostens des Stahls unter Umständen auch für Betonkonstruktionen eine Rolle spielen kann, hielten wir es für ratsam, anschliessend an die allgemeine Korrosionstheorie als Sondergebiet auch die Theorie des Rostens von Betonbewehrungsstäben zu erwähnen.

Aus dem sehr ausgedehnten Gebiet des Korrosionsschutzes haben wir einige Kapitel gewählt, die wir entweder selbst erforscht oder deren Forschung wir aus der Nähe verfolgt haben.

Das Erste betrifft die Schutzmittel bei Stahlwasserbauten, wie Spundwände, Schleusentore, Pontons und Fährbrücken, von denen wir während langjähriger Tätigkeit in der Wasserstrassen- und Brückenverwaltung (Rijkswaterstaat) eingehende Studien gemacht und Erfahrungen gesammelt haben.

Letztere betrifft einerseits moderne Anstrichmittel in aggressiver Umgebung und andererseits metallische Ueberzüge, die nicht nur bei Stahltüren und Fenstern Verwendung finden, sondern auch für Sonderkonstruktionen wie Funktürme Pylonen für Transport elektrischer Energie, Oberleitungsmaterialien für Eisenbahnen, usw. Hinsichtlich dieser metallischen Schichten fanden in den Niederlanden Untersuchungen statt im Rahmen des Komitees für Korrosionsstudium der Organisation für angewandte naturwissenschaftliche Forschung.

Zum Abschluss dieser Einführung möchten wir dem Rijkswaterstaat unseren besten Dank aussprechen, welcher die Veröffentlichung dieses

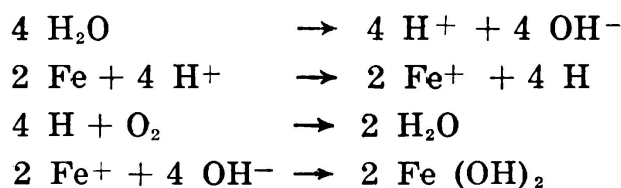


Beitrages genehmigt hat und in dessem Kreise wir zu jener Zeit die angenehme Aufgabe erhielten, unsere vielseitigen Studien auf diesem Gebiete in voller Praxis zu machen, deren Andenken uns, wie lange und schwierig der Weg mitunter auch war, noch immer freut.

### **Korrosion.**

Der Stahl als Baustoff hat den Nachteil, dass er seinen Oxyden gegenüber instabil ist; das heisst, der Stahl geht auf natürliche Weise in das stabile Eisenoxyd über. Heutzutage wird als genügend bekannt angenommen, dass diese Umwandlung im allgemeinen ein elektro-chemischer Prozess ist, wobei die Anwesenheit von lokalen Differenzen in der Zusammensetzung des Stahles (wie z. B. Unreinheiten und Spannungen im Metall) in Zusammenwirkung mit Wasser die fundamentale Grundlage bilden.

Als Folge der Tatsache, dass sich im Stahl Stellen befinden mit einem untereinander verschiedenen Potential, entstehen bei Anwesenheit von Wasser kurzschlussige galvanische Elemente, wobei der Strom örtlich aus dem Metall zu der Flüssigkeit geführt wird und an anderen Stellen aus der Flüssigkeit ins Metall übergeht. Bei den so gebildeten anodischen und kathodischen Stellen finden unter diesen Umständen folgende Reaktionen statt



Die antreibende Kraft für den Verlauf des Korrosionsprozesses ist also die gegenseitige Potentialdifferenz im Stahl, wodurch — bei Anwesenheit von Wasser — Energie frei wird.

Die Grösse dieser Energie ist jedoch kein Masstab für die Geschwindigkeit des Prozesses. Letztere ist abhängig von der Quantität der Bestandteile mit untereinander verschiedenen Potentialen und von der Grösse der Potentialdifferenzen, sowie von der Zusammensetzung der Flüssigkeit, welche u. a. bestimmend ist für die Leitungsfähigkeit.

Bei der Anwendung von Stahl im Wasserbau bestimmt die Leitungsfähigkeit primär die Geschwindigkeit, mit der die Korrosion fortschreitet; die Zusammensetzung des Stahls ist in diesem Falle sekundär.

Hinzufügung von kleinen Quantitäten (z. B. 0,5 %) Kupfer, Chrom oder Nickel zum Stahl werden den Korrosionsprozess sehr wenig verzögern.

In einigen Fällen, z. B. falls Kupfer oder ein anders edles Metall frei im Korrosionsprodukt vorkommt, kann dieses in sehr kleinen Quantitäten Lokalelemente verursachen, was den bekannten «pitting»-artigen Angriff zur Folge hat.

Unter diesen Umständen, welche hauptsächlich in oder in der Nähe von Salzwasser in bedeutendem Masse auftreten können, haben diese Beifügungen keinen Erfolg.

Wie schon gesagt, wird die Zusammensetzung der Flüssigkeit (in normalen Fällen Wasser) hauptsächlich bestimmend sein für die Geschwindigkeit des Korrosionsprozesses. Darin gelöste Säuren und Salze beschleunigen den Prozess, basische Stoffe dagegen verzögern ihn. In Industriegegenden ist das Wasser meistens durch saure Verbindungen verunreinigt (hauptsächlich Schwefeldioxyd); bei wasserbaulichen Anwendungen sind es meistens Salze (besonders Natriumchlorid), welche die Korrosion fördern. Da die Leitungsfähigkeit von Wasser bei Anwesenheit von Salzen stark erhöht wird, wird der Stahl in Salzwasser sehr schnell angegriffen. Ausserdem muss hier natürlich erwähnt werden, dass auch die leitenden Medium sich befindenden Ionen die Korrosionsgeschwindigkeit beeinflussen. Besonders Chlorionen, welche in wässrigen Salzlösungen gebildet werden, beschleunigen den Korrosionsvorgang ausserordentlich.

Zusammenfassend kann man sagen, dass Hinzufügung von relativ kleinen Quantitäten edlerer Metalle zum Stahl in Wasserbauanwendungen nicht empfohlen werden kann. Stahlkorrosion ist ein elektro-chemischer Prozess, der stark gefördert wird durch die Anwesenheit von im Wasser gelösten Salzen.

### Die Walzhaut.

Während des Walzens nimmt die Stahloberfläche Sauerstoff auf, wodurch eine Oxydschicht gebildet wird, deren Stärke von 25-50 Mikron wechselt. Diese Haut ist edler als der Stahl selber und haftet mehr oder weniger stark an der Oberfläche. An sich ist diese Schicht also stabiler als der Stahl und schützt ihn auf natürliche Weise.

Es wäre also immer vorteilhaft, diese Walzhaut nicht zu entfernen, falls sie unter allen Umständen am Stahl haften bliebe. Die Haftkraft der Walzhaut ist jedoch schwankend und u. a. abhängig von Walzdruck und Walzgeschwindigkeit. Weil die Haftkraft der Walzhaut auf der Stahloberfläche abnimmt bei Zunahme des Walzdrucks und der Walzgeschwindigkeit und beide in den letzten Jahrzehnten grösser geworden sind, könnte dadurch vielleicht die weniger gute Haftkraft der Walzhaut in den letzten Jahren erklärt werden.

Die Walztemperatur beeinflusst die Struktur der Walzhaut wie nachfolgend angegeben:

über 600° C		unter 600° C	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ferrioxyd	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ferrioxyd
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> Magnetisches Eisenoxyd		Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> Magnetisches Eisenoxyd	
FeO	Ferrioxyd		
Stahl			
		Stahl	

Die FeO-Schicht haftet besser am Stahl als die  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ -Schicht, woraus hervorgeht, dass auch die Walztemperaturen die Haftung der Walzhaut beeinflussen.

Wie schon erwähnt, wird die Geschwindigkeit des Korrosionsprozesses durch in der Nähe des Stahles befindliche edlere Metalle gefördert.

Falls die Walzhaut beschädigt oder stellenweise unterbrochen ist, verliert sie ihre schützende Wirkung und fördert Rostbildung.

In den Niederlanden ist man daher der Meinung, dass die Haftung der Walzhaut am Stahl im allgemeinen ungenügend ist und diese Haut zu leicht abspringt, um sie als Schutzschicht verwenden zu können. Die Walzhaut wird denn auch immer vor dem Auftragen der Schutzschichten entfernt.

#### *Schutzmassnahmen im Stahlwasserbau.*

Stahlschutz bei Wasserbauten kann nach verschiedenen Methoden vorgenommen werden; man soll dabei selbstverständlich der Anwesenheit von Wasser oder von hohen relativen Luftfeuchtigkeiten Rechnung tragen.

Am meisten finden Anwendung:

- a. Anstriche in mehreren Schichten,
- b. Schichten bituminösen Ursprungs,
- c. Metallschichten.

#### *a. Farbschichten.*

Die Farbe besteht aus einem Pigment und einem Bindemittel. Für die erste Schicht wird meistens ein sogenanntes Anti-Korrosions-Pigment gebraucht. Die am meisten angewandten Pigmente sind Bleimennige, Bleicyanamid, Zinkchromat und Zinktetroxychromat.

Bleimennige und Bleicyanamid bilden mit den sauren Abbauprodukten von Leinöl Metallseifen mit in Wasser löslichen basischen Bestandteilen.

Da Farbschichten im allgemeinen wasserdurchlässig sind, werden basische Bestandteile der Metallseifen hierin gelöst unter Bildung eines alkalischen Milieus, das die Korrosion hemmt. Bleimennige gibt von den genannten Pigmenten die stärksten Schichten. Dadurch entstehen in einer Farbschicht mit diesem Pigment grössere Quantitäten basischer Bestandteile, so dass diese Farbschicht eine bessere Rostabwehr bietet.

Zinkchromat und Zinktetroxychromat sind in beschränkter Masse in Wasser löslich und machen es durch Ionisation inhibitiv. Hauptsächlich die Chromationen sind in dieser Weise wirksam; nebenbei kann auch hier einige Passivität entstehen infolge Seifenbildung.

In anti-korrosiven Farben soll die Pigmentierung mit Zinkchromat derjenigen mit Zinktetroxychromat, welche mehr Zinkoxyd enthält, vorgezogen werden.

Für Stahlkonstruktionen in feuchter Umgebung, z. B. in Wasser, wird Bleimennige dem Zinkchromat vorgezogen.

Speziell bei Wasserbauten sollen Bindemittel verwendet werden, die der Eindringung von Feuchtigkeit oder Durchlassung von Ionen

hohen Widerstand leisten. Diese Bindemittel sollen dazu auch einen hohen elektrischen Widerstand besitzen, umso mehr, als eine grosse Wasseraufnahme eine zu schnelle Auslaugung von inhibitiv wirkenden Stoffen zur Folge hat.

Unter den Bindemitteln sind Leinöl, Leinöl-Standöl und Holzöl wohl von alters her die bekanntesten, welche auch jetzt noch in bedeutendem Masse verwendet werden, sowohl als vollständige Bindemittel als auch unter Beimischung von Kunstharz.

Besonders die Phtalatharze (aufgebaut aus Phtalsäure, Fettsäure und einem hochwertigen Alkohol, z. B. Glyzerin) haben sich in der Farbanwendung schon bewährt. Für Anwendung auf Stahlbauten in feuchter Umgebung ist eine Kombination von Leinöl-Holzöl-Standöl mit Phtalatharzen ein sehr gutes Bindemittel. In Wasser verdient jedoch für die Anwendung auf Stahl eine Kombination von Holzöl-Standöl mit hundertprozentigem Phenolharz den Vorzug. Im allgemeinen darf angenommen werden, dass die vielen Kombinationsmöglichkeiten von Phtalatharzen und Phenolharzen mit den vorher genannten Oelen genügend bekannt sind.

Farbschichten auf Stahl in Wasser haben im allgemeinen eine sehr beschränkte Lebensdauer. Ueber Wasser dagegen können relativ bessere Resultate erreicht werden.

Die Entwicklung der Kunstharzindustrie in den letzten Jahren hat dazu geführt, dass zwei neue und für die Zukunft wahrscheinlich sehr bedeutende Gruppen von Harzen hervortreten, nämlich

1. Aethoxylinharze,
2. Isocyanaten.

Die Aethoxylinharze, auch Epoxyharz genannte, sind Kondensationsprodukte von Epicklooshydrine und Diphenylolpropan, welche unter Beifügung von Aminen verharren.

Die Isocyanaten, mit einem Polyester als Reaktionskomponent, bilden eine zweite Gruppe von neuen Bindemitteln für die Lackindustrie.

Beide Arten sind sogenannte Zwei-Komponentlacke, welche einen grossen elektrischen Widerstand besitzen und chemikalisch sehr resistent sind.

Augenblicklich werden diese Lacke denn auch hauptsächlich verwendet zum Schutz von Objekten in chemisch aggressivem Milieu, speziell in Schiff tanks für Chemikalien transport. Die weitere Entwicklung weist darauf hin, dass diese Lacke sich in absehbarer Zeit auch auf dem Gebiete des Stahlschutzes vor atmosphärischen Einflüssen einen Platz erobern werden.

#### b. *Bituminöse Schichten.*

Bei dem Schutze von Stahl in Wasserbauten spielen die Bitumina eine sehr grosse Rolle. Sie werden aufgeteilt in zwei Gruppen:

1. Asphaltbitumen,
2. Teerbitumen.

Asphaltbitumen ist ein Destillationsresiduum von Erdöl. Die für Bauschutz in Betracht kommenden Arten werden unter Durchblasung von Luft destilliert; sie werden geblasene Asphaltbitumen genannt. Teerbitumen, meistens Teer genannt, ist ein Nebenprodukt von Steinkohle; Teerpech entsteht durch Eindampfung dieses Teeres.

Beide Produkte sind chemisch nur wenig verschieden und sind Mischungen von Kohlenwasserstoffen mit hohem Molekulargewicht. Die Asphaltbitumina sind ganz, die Teerpeche zum Teil löslich in Schwefelkohlenstoff.

Der Schutzwert von Bitumen ist grösstenteils abhängig von der Dichte der Schicht, weil diese Produkte gar keine passivierende Wirkung auf den Stahl ausüben. Ihren Wert entnehmen sie dem hohen elektrischen Widerstand. Bitumina werden entweder in einem Lösemittel gelöst, den Farben ähnlich verarbeitet oder, angewärmt zu einem gewissen Flüssigkeitsgrad, verspritzt oder gebürstet.

Die mit Lösemittel verarbeitbar gemachten Bitumina haben nur einen sehr beschränkten Schutzwert, weil sie nicht genügend dicht sind.

Der Schutzwert warm aufgetragener dicker Bitumenschichten ist nahezu unbeschränkt, vorausgesetzt, dass sie in geeigneter Weise aufgetragen worden sind.

Während der letzten Jahre sind in den Niederlanden in grossem Umfange Versuche für Stahlbauschutz mit Bitumen in dickeren Schichten gemacht worden, speziell auf Stahlbauten in oder in der Nähe von Salzwasser.

Diese Bauten sind hauptsächlich Schleusentore, Pontons u.ä. in Meerwasser und Landungsbrücken und Brücken in der Nähe von Meerwasser. Wie oben erwähnt, gilt das Salz wohl als einer der grössten Feinde des Stahls.

Versuche haben gezeigt, dass Stahl, der regelmässig mit Meerwasser in Kontakt war, noch eine ziemlich grosse Quantität Salz, die tief in die Stahlporen eingedrungen war, enthielt, nachdem die Oberfläche vollständig blank abgesandet worden war. Dies könnte auch der Grund sein für das Fehlen aller wasserdurchlässigen Schutzsysteme im Stahlwasserbau. Da im Laufe der Zeit in den Niederlanden sowie im Ausland die Versuche ausschliesslich mit neuen Probeblechen ausgeführt worden sind, liefern deren Resultate keine Anhaltspunkte hinsichtlich dieses beim normalen Unterhalt wichtigen Faktors.

Bei den in den Niederlanden vom Rijkswaterstaat durchgeführten Versuchen wurde von Asphaltbitumen und Teerpech in einer Schichtdicke von 2-3 mm ausgegangen.

Die physikalischen Eigenschaften dieser beiden Produkte werden angegeben durch den Erweichungspunkt einerseits und durch die Eindringungszahl oder die Penetration andererseits. Der Erweichungspunkt ist die Temperatur, bei welcher das Material eine bestimmte Viskosität hat, während die Penetration die Härte des Produktes angibt.

Die Verwendungsgrenzen liegen also einerseits beim Erweichungspunkt, wobei die Masse weich wird und anfängt abzufließen und andererseits bei der Penetration, wobei die Schicht zu hart und spröde wird und Risse zeigt.

Bei der Wahl zwischen den beiden Arten geniesst einerseits das

Asphaltbitumen den Vorzug der günstigen Lage der beiden genannten Komponenten; Teerpeche sind besonders bei niedriger Temperatur sehr spröde und fliessen bei hohen Temperaturen leicht ab. Andererseits ist jedoch bekannt, dass man bei Stahlbauten in Salzwasser mit der Anwesenheit von Seepocken rechnen muss und dass diese sich in geringerem Masse an die Teerpechschichten heften und auch weniger leicht darin eindringen als bei Asphaltbitumen. Ausser auf die grosse Härte des Teerpeches kann dies zurückgeführt werden auf die Anwesenheit von phenolartigen Verbindungen, welche eine giftige Wirkung auf die Pocken ausüben. Auch darf die bessere Resistenz von Teerpech gegen das oft auf dem Wasser schwimmende Mineralöl als bekannt angenommen werden. Versuche ergaben, dass Teerpech dem Asphaltbitumen überlegen ist bei Anwendung auf Stahlbauten in Meerwasser.

Auf Stahlbauten in der Nähe des Meeres erwiesen sich sowohl das Asphaltbitumen als auch das Teerpech in einer Schichtendicke von mindestens 2 mm allen anderen bis heute verwendeten Schutzmethoden wie z. B. Farbschichten mit Bleimennige-Grundierung überlegen.

Infolge der so viel günstigeren physikalischen Eigenschaften der Asphaltbitumina finden diese jetzt Anwendung für Bauten, Brücken u. ä. in der Nähe von Meerwasser, wobei dem Asphalt, falls dieser hohen Aussentemperaturen ausgesetzt werden soll, Micro-Asbest beigefügt wird.

Die ungünstigen physikalischen Eigenschaften des Teerpeches ergaben im Anfang ernstliche Schwierigkeiten, da bei niedrigeren Temperaturen die sehr spröde Schicht beim Auftreten elastischer Verformungen im Stahlbau riss; andererseits wurde die Schicht schon bei geringer Erhöhung der Aussentemperatur weich und begann abzufließen. Eine Verbesserung der Penetration wurde erreicht, indem man den Feststoff des Anthracenöls beifügte.

Wie bekannt, ist das Anthracenöl das schwerste Oel, das bei Destillation des Steinkohlenteeres ausdampft. Dieses Oel kann bei einer Temperatur von 300-360° C im Vakuum zerlegt werden in ein dünneres und ein sehr dickes Oel. Indem man dieses dicke Oel zusammenpresst und den Presstoff mit Benzol wäscht, bekommt man nach Verdampfung des Benzols einen Feststoff. Wenn dieser danach unter Durchblasung von Luft und fortwährendem Rühren bei einer Temperatur von 200° C dem Pech beigefügt wird, wird die Penetration günstig beeinflusst.

Wenn man der Masse eine relativ kleine Quantität Gummi beifügt, wird auch der Erweichungspunkt günstig beeinflusst und das Teerpech genügt auch physikalisch den gestellten Ansprüchen.

Einige niederländische Firmen haben zur Auftragung dieser Produkte Apparaturen entwickelt, mit denen die Schichten in einer Dicke von 2-3 mm warm aufgespritzt werden können.

Die Verarbeitungstemperaturen von Asphalt wechseln hierbei von 220-250° C, die von Teerpech von 140-160° C.

Durch das Aufspritzen von Schichten bei diesen hohen Temperaturen entsteht ein zu schneller Temperaturfall, so dass die Schicht keine Zeit hat, sich genügend fest an die Stahloberfläche zu heften; um diese Schwierigkeit zu beseitigen, wird zuvor eine spezielle Heftschrift von aufgelöstem Bitumen aufgetragen.



Wie schon erwähnt, ist die Dichte der Schicht von fundamentaler Wichtigkeit für den Schutz. Es findet denn auch eine intensive Kontrolle der Dichte statt mit Hilfe von Wechselstrom hoher Spannung ( $\pm 10\,000$  Volt). Die hierzu benutzten Apparate sind von einfacher Art und leicht zu handhaben. Sie bestehen aus einem 4 Volt-Akkumulator, einem Induktor für Umwandlung von Gleichstrom in Wechselstrom von solcher Spannung, dass der Funkendurchschlag in der Luft mindestens 1 cm beträgt. Mit Hilfe einer hierauf angeschlossenen Messbürste wird danach die Oberfläche abgetastet, wobei nicht vollständig isolierte Schichten Funkendurchschlag zeigen.

Die Schichtdicke wird mit Hilfe einer Messuhr gemessen. Hierbei wird eine dünne Nadel durch die Schicht gestossen, und die Entfernung der Nadelspitze bis an die Unterseite eines auf die Schicht gedrückten Plättchens kann bestimmt werden.

Mehrere Tausend Quadratmeter Stahloberfläche sind in den letzten Jahren auf die besprochene Weise vom Rijkswaterstaat behandelt worden.

### c. Metalldeckschichten.

Die wichtigsten für Stahlbauschutz verwendeten Metalle sind wohl:

1. Zink,
2. Aluminium.

#### 1. Zink.

Zink ist eher an Korrosion unterworfen als Stahl, wodurch dies er dem Korrosionsangriff entzogen, also geschützt wird; Zink ist also anodisch dem Stahl gegenüber.

Die Struktur einer Zinkschicht hängt ab von der Weise, wie sie aufgetragen wird.

Zink kann auf verschiedene Weisen aufgetragen werden, wobei folgende Methoden für Stahlschutz als am wichtigsten erachtet werden müssen:

- a. Thermisch Verzinken in Bädern,
- b. Spritzen von Draht oder Pulver,
- c. Wie Farbschichten aufgetragene Zinkcompounds.

Das thermische Verzinken geschieht durch Untertauchen in ein Schmelzzinkbad bei einer Temperatur von ca.  $450^{\circ}\text{C}$ . Hierbei diffundieren Eisenatome in die Zinkschicht hinaus, wodurch eine Eisen-Zinklegierungsschicht entsteht. Stärke und Struktur dieser Schicht hängen von der Tauchzeit ab sowie von der Geschwindigkeit, mit der das Objekt aus dem Bad genommen wird. Bei höheren Badtemperaturen und längerer Tauchzeit können Eisenatome schneller bzw. mehr diffundieren. Werden die Objekte schneller aus dem Bad heraus genommen, so hat das zur Folge, dass die oberhalb der Legierungsschicht gebildete Reinzinkschicht dünner wird.

Eine dickere Legierungsschicht haftet besser, erzeugt jedoch eine härtere und sprödere Schicht. Zufügung von sehr kleinen Quantitäten Aluminium (ca. 0,03-0,05 %) gibt eine glattere und glänzendere Oberfläche, Zufügung von grösseren Quantitäten Aluminium (z. B. 0,2-0,4 %)

eine dünnere und weniger spröde Schicht, was für einige Anwendungen, z. B. für Feinbleche, wichtig ist. Thermisch verzinkte Schichten bieten für Stahlwasserbauten einen guten Schutz, vorausgesetzt, dass sie in Schichtdicken von wenigstens 100 Mikron aufgetragen werden.

Zink, bei höheren Temperaturen aufgespritzt, bildet eine Schicht von reinem Zink; von einer Legierungsschicht ist also hier keine Rede. Vorher muss die Oberfläche erwärmt werden, damit die Schicht genügend haftet. Beim Zinkspritzen bildet sich eine ziemlich poröse Schicht; beim Spritzen aus grösserer Entfernung nimmt das geschmolzene Zink Sauerstoff auf, weshalb die Schicht Zinkoxyd enthält, dessen Einfluss die Lebensdauer verringert.

Gespritzte Schichten schützen bei derselben Schichtstärke weniger als thermisch verzinkte Schichten. Spritzzinkschichten bilden jedoch einen guten Untergrund für Farbschichten.

Das sogenannte Kaltverzinken besteht darin, dass Farbschichten von grossem Zinkpulvergehalt mit dem Pinsel aufgetragen werden. Für die Erhaltung einer kathodischen Schutzwirkung ist es notwendig, dass diese Farben wenigstens 95 % Reinzink enthalten, da sonst das Bindemittel die Zinkteilchen zu stark isolieren würde, wodurch die kathodische Schutzwirkung grösstenteils verlorengeht.

Diese Zinkcompounds ergeben infolge der Hochpigmentierung eine ziemlich grosse Schichtdicke und sind schwer aufzubringen; sie ergeben ebenso wie die aufgespritzten Schichten einen weniger guten Schutz als die thermisch verzinkten Schichten.

## 2. Aluminium.

Im Gegensatz zum Zink ist Aluminium in den meisten Fällen kathodisch dem Stahl gegenüber, d. h. Aluminium benimmt sich wie ein edleres Metall, trotz des höheren Platzes, den es in der Spannungsreihe einnimmt. Das kommt daher, dass das Potential von Aluminium ziemlich schnell nach dem Aufbringen in eine höhere Valenz umschlägt, während auch die unter atmosphärischen Umständen auf der Schicht entstandene Oxydhaut sich edler verhält als Stahl. Obwohl das Aluminiumpotential in einigen Fällen auch wieder in eine niedrigere Valenz umschlagen kann, darf im allgemeinen angenommen werden, dass Aluminium den Stahl anodisch schützt.

Die Aluminiumschicht wird mittels Spritzen bei hohen Temperaturen aufgetragen; selbstverständlich ist hierbei die Porendichte der Schicht wichtig, die auch mittels einer grösseren Schichtstärke erreicht werden kann. Der Widerstand der Schicht atmosphärischen Einflüssen gegenüber ist grösstenteils abhängig von der Reinheit des Metalls. Aluminium für Stahlschutz soll 99,8 % reines Aluminium enthalten.

Aluminiumschichten zeigen bei Anwendung für Stahlwasserbauten einen sehr guten Schutz, sind aber ziemlich kostspielig.

## *Die Korrosion von Bewehrungsstäben in Betonkonstruktionen.*

Zum Schluss erwähnen wir noch einige Betrachtungen über die Korrosion von Bewehrungsstäben in Betonkonstruktionen.



In der Zusammensetzung des Betons sowie der einzelnen Teile ist eine grosse Reihe von Variationen möglich, die alle mehr oder weniger den gebildeten Beton beeinflussen.

Im allgemeinen aber kann man sagen, dass während der chemischen Bindung Kalk frei wird in Form von Calciumhydroxyd, dem sogenannten freien Kalk. Das auf diese Weise gebildete Calciumhydroxyd ist in Wasser leicht löslich, wodurch das Wasser alkalisch wird.

Nach der Verdampfung des Wassers aus dem Beton bleibt das Calciumhydroxyd im Beton zurück und wird stets von wieder eindringendem Wasser aufgelöst. Die Konzentration der Lösung ist einerseits abhängig von der Quantität des Wassers, anderseits von der Quantität des anwesenden freien Kalkes. Dieser freie Kalk wird aber von der in der Luft und dem Wasser befindlichen Kohlensäure in Calciumkarbonat umgewandelt, den sogenannten kohlensauren Kalk. Dieser kohlensaure Kalk ist *nicht* in Wasser löslich.

Die Valenz einer Lösung wird angegeben durch das Symbol pH. Neutrales Wasser hat bei einer Temperatur von 25° C einen pH-Wert von 7, d. h. in diesem Wasser sind die  $H^+$  - Ionenkonzentration und die  $OH^-$  - Ionenkonzentration gleich. Bei der genannten Temperatur ist das Produkt beider Konzentrationen  $10^{-14}$ ; der Wert der einzelnen Konzentrationen ist also gleich  $10^{-7}$ . Das Produkt der Konzentrationen hat, unabhängig von der Temperatur, einen konstanten Wert. Hieraus geht hervor, dass die  $OH^-$  Ionen -Konzentration verringert wird, wenn die  $H^+$  -Konzentration zunimmt und umgekehrt.

In der erwähnten Lösung sind in einem Elektrolyt mehr  $OH^-$ -Ionen als  $H^+$  -Ionen vorhanden, das Milieu ist also alkalisch, von schwach bis stark alkalisch (pH-Wert beträgt dann 7-14) abhängig von der Differenz in der Ionenkonzentration.

Bei einem pH-Wert grösser als 10 ist ein derartig grosses Uebermass von  $OH^-$ -Ionen im Wasser vorhanden, dass die Eisenionen (wie bei der Korrosion gezeigt) beim Heraustreten sich auf die Oberfläche des Metalls niederschlagen, wodurch ein weiterer Austritt der Eisenionen verhindert und der Korrosionsprozess gehemmt wird. Es entsteht eine Passivitätslage.

Wie oben schon erwähnt, wird eine Quantität Calciumhydroxyd von der Kohlensäure aus der Luft und aus dem Wasser ungewandelt, wodurch die Konzentration der Lösung stets verringert wird und der pH-Wert fällt. Wenn der pH-Wert in der Umgebung der Bewehrungsstäbe unter 10 gefallen ist, so tritt Stahlkorrosion auf. Bei weiterem Fallen des pH-Wertes wird die Geschwindigkeit dieses Korrosionsprozesses fortwährend zunehmen.

Aus den vorstehenden Theorien würde man vielleicht schliessen, dass die Verwendung von demjenigen Zement, bei dem am meisten Calciumhydroxyd frei wird, zu bevorzugen sei. Dies ist aber nicht richtig, weil z. B. in Industriegegenden, wo die Luft auch  $SO_2$ -Dämpfe enthält, ausser Karbonaten auch Sulfate gebildet werden, die in Wasser löslich sind und den Korrosionsprozess fördern.

Dieses  $SO_2$  kann sogar den gebundenen und erhärteten Kalk umwandeln. Dies kann auch geschehen durch Wasser mit viel Kohlensäure, wie es oft in Moorböden gefunden wird und wobei der Beton selbst angegriffen

wird. In solchen Fällen kann also die Anwesenheit von viel Kalk auch schädliche Folgen haben.

Die Ursache der Korrosion von Armierungsstäben in Betonkonstruktionen ist also die, dass Luft und Feuchtigkeit zur Armierung durchdringen können. Da es im allgemeinen *nicht* möglich ist, Beton wasser- und luftundurchlässig herzustellen, muss der Schluss gezogen werden, dass die Bewehrung in Betonkonstruktionen unter nahezu allen Umständen angegriffen werden kann. Der Zeitraum, der zwischen dem Bau einer Konstruktion und dem Angriff der Bewehrung vergeht, ist abhängig von der Quantität von Feuchtigkeit und Luft, die eindringen können, und der Menge der Stoffe, die im Wasser, sowie Dämpfe, die in der Luft enthalten sind.

Aus dem Vorstehenden ergibt sich, dass es notwendig ist, das Eindringen von Wasser und Luft zur Bewehrung weitmöglichst zu beschränken, was sehr abhängig ist von:

1. der Betondeckung auf der Bewehrung,
2. der Dichte des Betons,
3. dem Mass der Haarrissbildung.

Bei neuen Konstruktionen wäre auf vorstehende Punkte Rücksicht zu nehmen, für bestehende Konstruktionen können diese Tatsachen festgestellt und folgendes geschlossen werden:

1. Wo bei bestehenden Konstruktionen an mehreren Stellen Abblätterungen entstehen durch das Korrodieren der Bewehrung, wäre nach Reparatur dieser Stellen baldmöglichst eine Abdichtung der ganzen Oberfläche vorzunehmen.

2. Bei bestehenden Betonkonstruktionen mit einer grossen Feuchtigkeitsaufnahme und geringer Deckung ist Rissbildung durch den Angriff der Bewehrungsstäbe zu erwarten und frühzeitige Abdichtung notwendig.

3. Solche Massnahmen sollen eventuell auch an denjenigen Stellen getroffen werden, wo Haarrisse durch Spannungen entstanden sind, entweder infolge von Belastungen oder von Temperaturschwankungen.

#### **Schutz der Betonkonstruktionen.**

Zum Schutz der Betonkonstruktionen gibt es viele Handelspräparate, die alle mehr oder weniger die Abdichtung der Oberfläche bezwecken.

Die Lage einer Konstruktion zur Zeit des Schutzes sowie die Umgebung in der sich diese befindet, bestimmen hauptsächlich die Art der aufzutragenden Schutzschichten. Bei Unterwasserkonstruktionen bzw. Konstruktionen im Boden wird die Behandlung bald nach der Fertigstellung vorgenommen werden müssen, während es auch in einer aggressiven Umgebung oft erwünscht ist, baldmöglichst schützende Schichten anzubringen. In diesen Fällen soll auf die Anwesenheit basisch reagierender Feuchtigkeit im Beton Rücksicht genommen werden.

Wenn keine ästhetischen Anforderungen gestellt werden, so werden im allgemeinen nur die Bitumina verwendet.

Es ist erwünscht, eine möglichst lange Zeite zwischen dem Einbringen und dem Abdecken des Betons einzuschalten, damit die Verdampfung der im Beton vorhandenen Feuchtigkeit auf normaler Weise möglich sei.

Bei Konstruktionen, die normalen atmosphärischen Einflüssen ausgesetzt sind, spielt die Aesthetik oft eine grosse Rolle. Mit Rücksicht auf die schwarze Farbe der Bitumina können solche Objekte meistens nicht damit behandelt werden. Im allgemeinen ist man bei diesen Konstruktionen auf Farben mit oder ohne Oelgehalt angewiesen. Es ist jedoch für diese Objekte erwünscht, einige Jahre zu warten, bevor man sich zur Abdichtung entschliesst.

#### ZUSAMMENFASSUNG

Die Veröffentlichung enthält eine allgemeine Korrosionstheorie mit Betrachtungen über die Walzhaut, über die Stahlschutzmittel bei Wasserbauten und dafür meist angewandte Verfahren, d. h.:

- a. Anstriche in mehreren Schichten,
- b. Schichten bituminösen Ursprungs,
- c. Metallschichten.

Insbesondere was b. anbelangt werden Schutzmittel und deren Anwendung auf Grund eigener Erfahrungen mit Stahlwasserbauten in Meerwasser beschrieben.

Zum Schluss wird eine Theorie veröffentlicht, die sich auf die Korrosion von Bewehrungsstäben in Betonkonstruktionen bezieht, und woraus sich unseres Erachtens u. m. ergibt, dass unter unseren klimatischen Verhältnissen auch für Betonbauten Schutzmassnahmen erforderlich sind.

#### R E S U M O

Os autores expõem uma teoria geral da corrosão fazendo considerações acerca da película de laminagem, da corrosão do aço nos equipamentos hidráulicos e dos processos mais correntes para a sua protecção:

- a) Protecção por várias demãos de pintura.
- b) Protecções do tipo betuminoso.
- c) Protecções metálicas.

Além destes, descrevem ainda outros processos que tiveram a ocasião de ensaiar em estruturas submetidas à acção da água do mar.

Os autores terminam com uma teoria da corrosão das armaduras de betão armado que mostra, na sua opinião, ser necessário, proteger também as estruturas de betão contra os efeitos dos agentes atmosféricos.

#### R É S U M É

Les auteurs exposent une théorie générale de la corrosion ainsi que des considérations sur la calamine, sur la corrosion des équipements

hydrauliques et les procédés les plus couramment employés pour assurer la protection de ces derniers :

- a) Peinture en plusieurs couches.
- b) Protections bitumineuses.
- c) Protections métalliques.

Ils décrivent également des procédés de protection qu'ils ont essayé sur des structures métalliques soumises à l'action de l'eau de mer.

Les auteurs exposent aussi une théorie de la corrosion des armatures de béton armé qui démontre, à leur avis, la nécessité, imposée par les conditions climatiques, de protéger aussi les structures en béton.

#### S U M M A R Y

This paper expounds a generalized theory of corrosion and refers to the mill scale, the corrosion of steel in hydraulic equipments and to the most common processes adopted to achieve its protection :

- a) Protection by several coats of paint.
- b) Bituminous protections.
- c) Metal coating.

Processes tried out by the authors in structures submitted to sea water are also described.

The paper concludes with a theory of corrosion in reinforced concrete bars that shows, in the author's opinion, that it is necessary to also protect concrete structures, against the influence of atmospheric actions.

Leere Seite  
Blank page  
Page vide

## **IV d 2**

### **Maintenance of steel structures**

### **Unterhalt von Stahlbauten**

### **Conservação das construções metálicas**

### **Entretien des charpentes métalliques**

**M. F. PALMER**

*M. I. C. E., M. I Struct. E.*  
Bromley

#### ***Introduction.***

The changeover from the use of iron in structures to mild steel was taking place towards the end of the last century. There are examples to-day of painted iron bridges over a hundred years old, and steel bridges approaching seventy-five years of age in which, for the most part, the metal is in an excellent state of preservation. This proves that paint, once it has properly adhered to a steel surface, is an excellent protection against weather.

The paper mentions details which have proved faulty in existing structures, and suggests methods of repair. It indicates trends of present-day design, and outlines methods of preparatory treatments which are available for steel protection.

#### ***Repairs to Tower Bridge***

Tower Bridge was opened to traffic in 1898, and is a steel structure. During the last two or three years, the bridge has been very closely examined, repaired and repainted [1].

Where the steelwork of the bridge has been accessible for maintenance, its condition is good, and there has been very little corrosion of the steel. There are, however, a few places in the bridge which have not been accessible since it was built.

At the start of the last war, as a safety precaution, the heavy cast iron ornamentations were removed from the overhead girders of the opening span, and this revealed corrosion which had taken place in the webs of the mild steel outer channels forming the bottom boom of the

lattice girders. These channels were repaired by burning out sections of the web 12" long and 4" deep and butt welding in new plates, working along the boom until the total length of repair was sufficient to replace the corroded area.

Other places needing attention were the four outer corners of the opening span near the pivots of the bascules. The space between the bascules and the fixed steelwork at these points was only about 9 inches wide, and as a consequence, the steel surfaces which shadowed each other had not been painted since the bridge was erected. It was possible to see, however, that considerable corrosion had taken place on some of the web plates where water had run down from the road surface; also that some of the rivet heads had practically corroded away, while others had conical heads of various sizes.

To strengthen the girders, a system of web latticing was added as shown in Fig. 1, thus making the web plates more or less superfluous at these points. Manholes were then constructed as shown. By placing these manholes in suitable positions and rotating the bascules it was found possible to gain access to all parts which were previously inaccessible. When the manholes were not in use, cover plates were screwed on, in order to reduce draughts.

Rivets with badly corroded heads were cut out and replaced with high tensile steel turned and fitted bolts, the holes being reamed out to suit. In all cases, the working space was very confined, and replacing with rivets was not a practical proposition.

During the progress of the work, an investigation was made into the feasibility of welding round corroded rivet heads so as to avoid the work involved in cutting out the rivets and replacing with bolts. Test pieces were prepared as shown in Fig. 2.

Test piece (a) was a  $2\frac{3}{4}" \times \frac{1}{2}"$  flat drilled centrally with a  $\frac{15}{16}"$  diameter hole and filled with a  $\frac{7}{8}"$  diameter rivet.

Test piece (b) was similar, except that the head of the rivet was ground to simulate a corroded head such as existed on the bridge. This head was then welded round as shown.

Test piece (c) was made with the object of testing whether the rivets were liable to pull out when tested in double shear.

Two test pieces of each type were tested. The results were as follows:

<i>Test Piece (a).</i>	No. 1 Tons	No. 2 Tons	Average Tons
Actual load to cause yield ... ..	25.14	25.83	25.48
Actual load to cause failure ... ..	31.40	30.74	31.07
<i>Test Piece (b).</i>	No. 1 Tons	No. 2 Tons	Average Tons
Actual load to cause yield ... ..	26.12	25.60	25.86
Actual load to cause failure ... ..	38.55	38.21	38.38

In the first test (b), the piece fractured across the parent metal at the hole and round the throat of the weld on one side of the hole. In the second test, the piece fractured across the parent metal at the hole and through the weld.

## Test Piece (c).

Actual load to cause failure by double shear of  
both the rivets ... ..

No. 1 Tons	No. 2 Tons	Average Tons
60.23	62.80	62.01

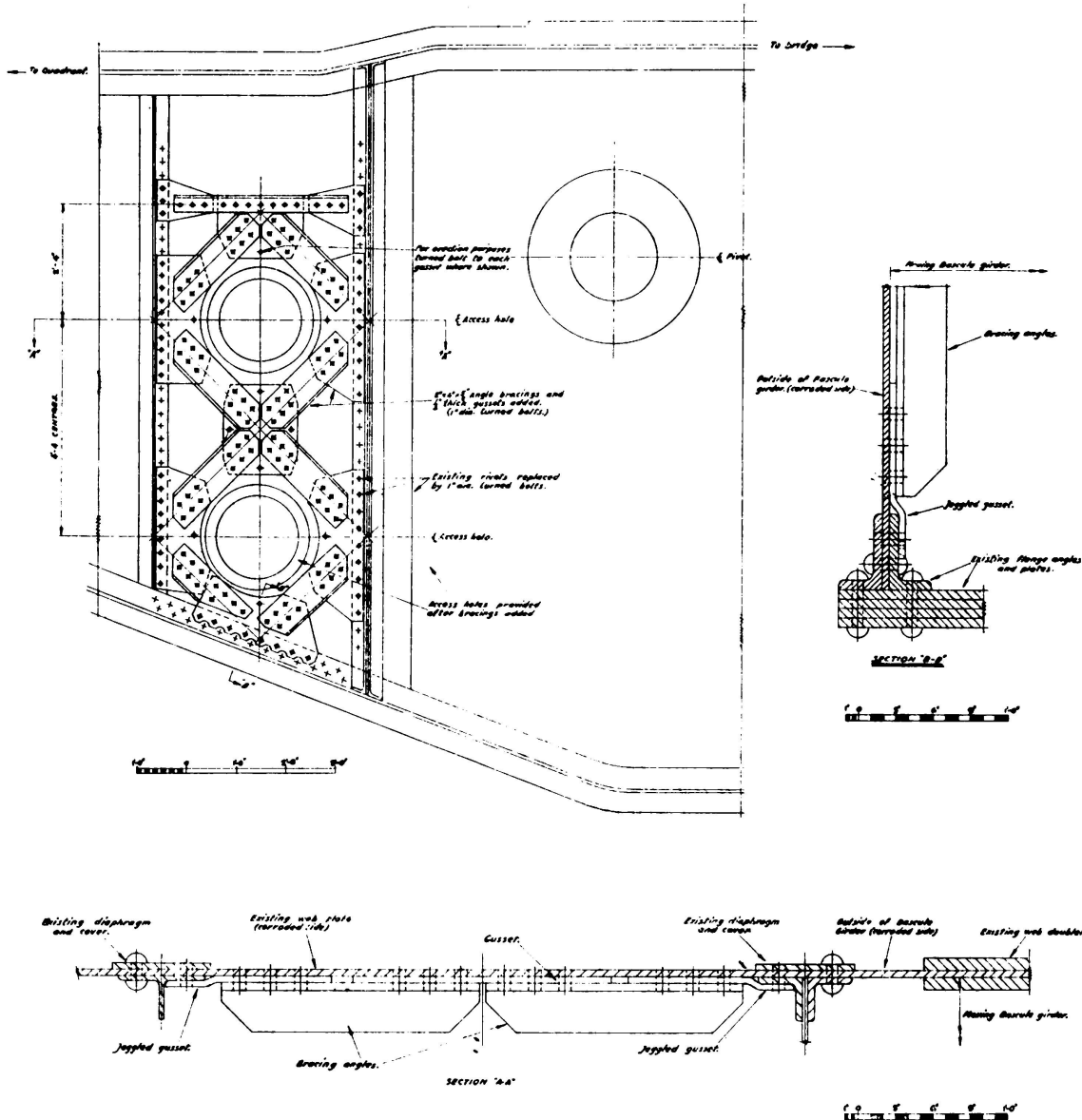


FIG. 1. Tower Bridge repairs. Arrangement of new steelwork for repair of corroded webs of moving bascule girders

By comparing test pieces (a) and (b), it will be seen that in repairing the rivet heads by welding round them, the ultimate strength of the plate at the weakest cross section, was increased by the value of the added weld metal. In this test, the increase was  $38.38 - 31.07 = 7.31$  tons or 23 %. This is a very valuable addition, especially as the web will have also corroded at this point.

The results given by test piece (c) show that after repair, the rivets were capable of taking their original shear load.



This method of repair was not used to a large extent on Tower Bridge because the working spaces proved to be too confined for welding, but it provides a cheaper way of making good than by cutting out corroded rivets and replacing with new rivets or fitted bolts. Where the original

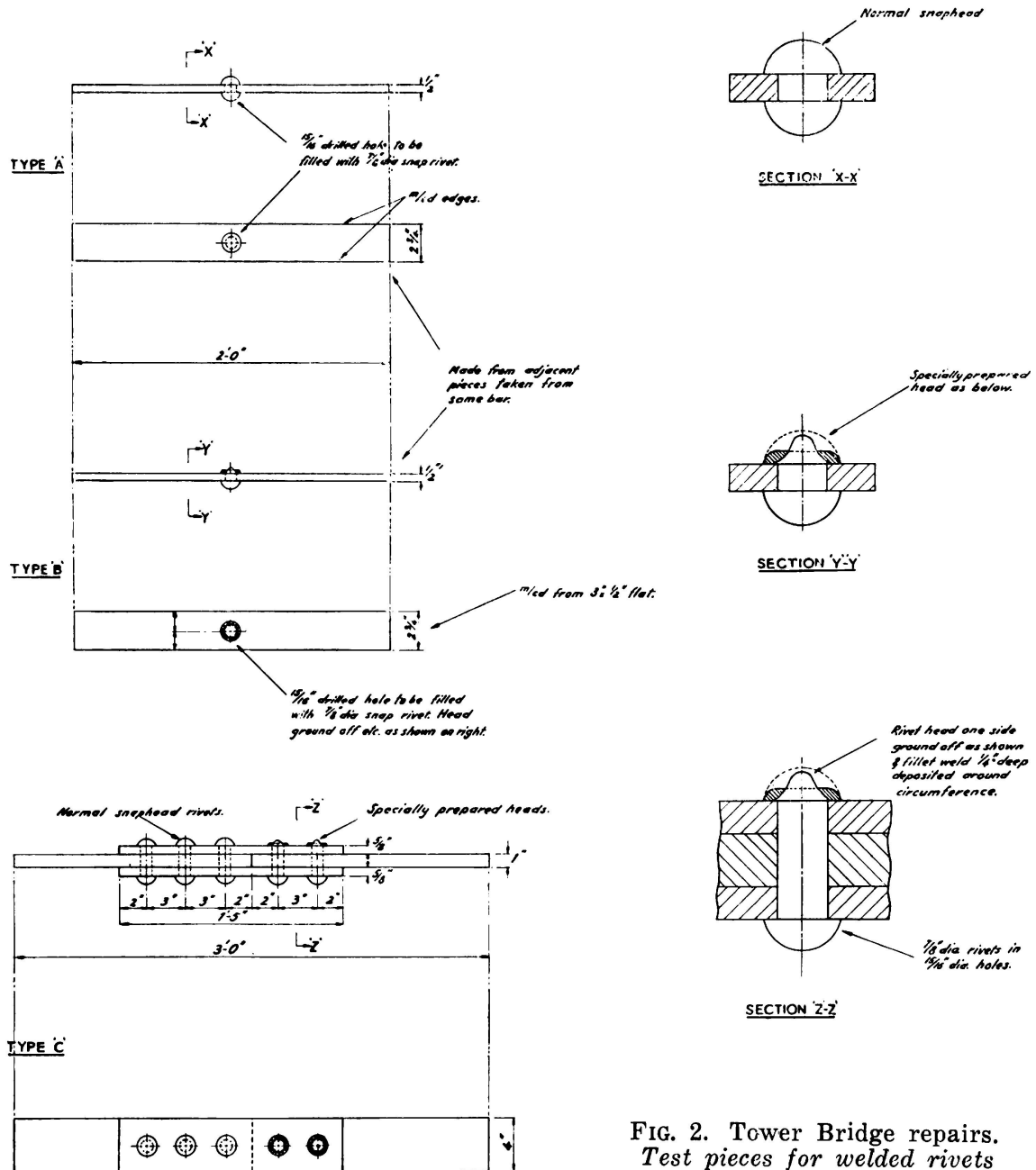


FIG. 2. Tower Bridge repairs.  
Test pieces for welded rivets

rivet holes were punched and not reamed out after the parts were brought together, as was so often the case, it has been found impossible to drive out the rivets after the heads have been cut off. In such cases, they have had to be drilled out, which is an expensive process.

It is important to wire brush rusty surfaces prior to welding, since the absorption of an undue amount of rust into the weld metal could result in cracks in the welds which might propagate into the parent metal.

### Faults in structures, and some remedies.

Where costly repairs to structures have been necessary, the causes can usually be traced to a lack of appreciation of the necessity for reasonable access to all parts for maintenance purposes, or to the existence of pockets capable of holding dirt and moisture. In bridges, parapet walls have been built so close to plate girders as to make the webs at the supports inaccessible on one side. In many cases, the girders sit on wide piers or abutments, making the bottom flanges of the

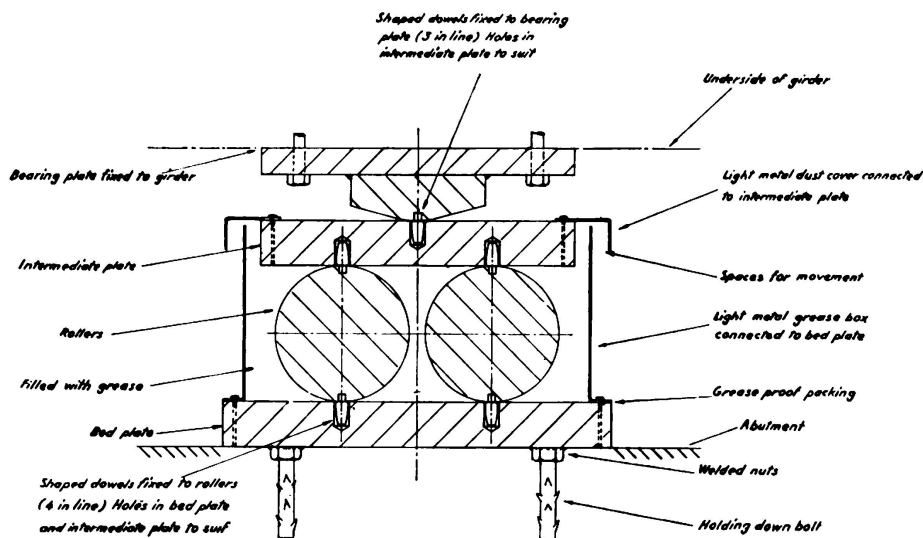


FIG. 3. Expansion bearings

girders inaccessible at the ends for the width of the pier. Bottom booms of lattice girders were sometimes in the form of a trough, thus collecting dirt and moisture; longitudinal timbers carrying tracks were laid in recesses in steel plated decks, and timbers were bolted to the top flanges of main girders and cross girders; all these and similar details have proved to be points of severe corrosion.

Modern practice leaves the ends of the girders clear of obstructions, and in some cases, bearings are set on pedestals in order to give room for access to the bearings and to tops of piers and abutments. Timber is now seldom used for decks of bridges.

Other common faults disclosed by the passage of time are the placing of rivets too far in from the edges of multiple flange plates and the spacing of rivets too far apart in the outer rows. This allows moisture to penetrate between the plates, resulting in rust forming between the surfaces and forcing the plates apart. Where this has happened, little can be done except to clean out the rust for as great a depth as possible, paint the surfaces with red lead and fill in the space with a suitable mastic. In railway bridges, cross girders has been designed as simply supported at their ends, but when detailed, have been partially fixed by means of end cleats. This results in the failure of the cleats in course of time through high stresses and fatigue.

In some cases, roller expansion bearings have not been easily accessible and have become completely corroded, and, in effect, fixed. It is now common practice to encase such bearings in grease boxes having dust covers, which ensures that no further attention is required for a number of years. This is exemplified by Rochester Bridge, which was reconstructed in 1912. The expansion bearings were left exposed, but

in 1930, owing to the troubles from dust and dirt, they were completely encased and packed with grease. No further attention has been necessary, and the bearings are working well. Fig. 3 gives an example of a simple enclosed bearing.

Expansion joints in decks of road bridges require careful consideration. Fig. 4 (a) shows a detail of one of the original joints on Rochester Bridge. The overhanging plates which were held down by countersunk screws were continually working loose. Owing to a slight movement of one of the abutments over a period of years, the expansion gap was gradually reduced and it became necessary to renew the joint. The detail shown in Fig. 4 (b) was adopted. It will be seen that the plate bridging the gap is loose, apart from being held down by springs which are adjustable from the underside of the bridge. This reconstructed joint has been in existence now for a few years and has proved successful.

In external crane gantry structures, a source of weakness has proved to be the inadequate fixing of the crane rails. Rain water penetrates between the

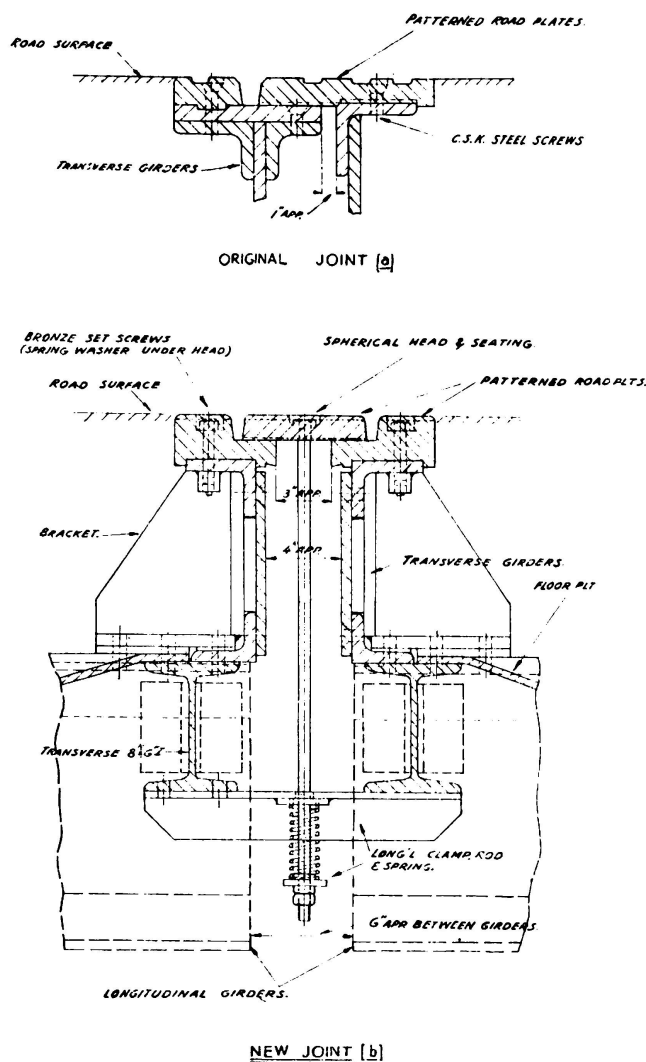


FIG. 4. Rochester bridge. Section Through expansion joints

top of the crane girders and the bottoms of the rails and a layer of rust is formed. This rust is broken under the action of the crane wheels, and the process is repeated. In course of time a longitudinal trough is worn in the top of the girders, causing a thinning of the top flanges. The bottom of the rail also thins from corrosion and is weakened. Unfortunately, continuous welding of rails to girders produces difficulties which are not easily overcome. Due to the high carbon content of the rails, cracks are liable to occur in the welds and may propagate into the girder itself. One solution is to fasten the rails by high tensile bolts

placed closely enough to make a watertight joint, the bolts being fitted with lock washers. This method also allows easy replacement of the rails when this becomes necessary. It will be necessary to use clips for the smaller sizes of bridge rails. Joints in rails, if badly made, are a source of wear on the crane and the gantry and are noisy. The author favours skew cut joints with the rails tightly butted.

#### *Tendencies of modern design.*

Welded construction contributes greatly to ease of maintenance and presents plain surfaces for cleaning and painting.

Details of two unusual welded plate girder railway bridges have recently been published, [2] having all-welded steel plate decks. One bridge has ten spans and a walkway span placed side by side and sealed by welding so as to form a completely watertight deck. Very little steelwork in the form of the upper parts of the girders is exposed above the deck for maintenance, whilst under the deck, maintenance should be light due to absence of water. The other bridge is in three spans carrying a single track, and in this case, the plated deck stops short of the webs of the girders so as to enable the girders to be completely painted. This bridge is curved in plan to suit the radius of ten chains of the track it carries.

In road and rail bridges of lattice girder design, the recent practice of forming the top and bottom booms and internal members of welded construction, and using bolts or rivets at intersections only, has much to commend it from a maintenance point of view. All-welded lattice girders for footbridges having top and bottom booms and internal lacings of single members, are in effect monolithic frames and are easily maintained.

#### *Protection of steelwork.*

The most important consideration is the preparation to be carried out on the steel surfaces prior to painting. This may take the form of wire brushing, pickling, flame cleaning or grit blasting.

In all cases, the longer the steel has been allowed to «weather», the easier will be the removal of the mill scale. It will often be advisable to omit the coats of shop paint to allow extra time for «weathering». Site painting should be carried out only in the summer months where this is practicable.

One shop coat of paint is not worth applying, owing to the short time in which it fails. This remark also applies to the coat of cement wash which is sometimes called for where steelwork is to be buried in concrete.

Descriptions of the more usual methods of preparing and protecting structural steelwork are given in the remainder of this paper.

#### *Wire Brushing.*

The simplest method of preparation is hand cleaning using a wire brush in conjunction with hand scraping or hand chipping. This is

intended to remove only loose mill scale, rust and old paint. There have been endeavours recently [3] to set standards to which this should be carried out, such as the cleaning obtained by vigorously hand brushing a test area with a new, commercially acceptable, wire brush at a rate of two square feet per minute.

### *Grit Blasting.*

A similar attempt has been made to classify blast cleaning prior to painting according to the results required. Three graduations of finish are given.

*Blast cleaning to «white» metal*, such as is necessary for metal spraying.

*Commercial blast cleaning* of a lower standard, but satisfactory for most practical purposes. This is defined as the finish given by dry blasting under specified conditions at the rate of 3 square feet per minute.

*Brush-off blast cleaning*, considered adequate for mildly corrosive conditions, and is the finish obtained by blasting at the rate of 8 square feet per minute.

Dry blasted surfaces should be brushed or vacuum cleaned before coating, and the initial coating should be applied within a few hours of blasting, i. e., before any fresh rusting is visible.

Grit blasting is carried out either by an air blast or mechanical impeller. The process used must depend on the type of work to be treated and the quantity. At the present time, the air blast is the most universal, and is the only method for dealing with fabricated parts for bridges and similar structures and for normal quantities of any kind. Where large quantities of steel bars are to be treated and the workmanship amounts to no more than drilling, an automatic machine of the impeller type has been used.

A variation of the air blast method is Vacu-Blast — a process whereby the grit is collected by vacuum before it is able to disperse, which saves the operator wearing a mask. The process can be carried out in the fabricating shops, and the plant, being portable, can be taken to the job. This is particularly advantageous in the case of heavy girders. By means of special brushes it is possible to grit blast sections such as angles. In downhand positions, which would apply to most work carried out in the shops, the speed of operation is reasonable, but for vertical and overhead positions, the tubes are rather heavy and result in some slowing down, due to fatigue of the operator.

### *Cold Phosphating.*

This treatment came to the fore during the last war, and its use has grown considerably. A chemical rust remover is used and thoroughly brushed in. After allowing time for the action to take place, it is wiped off and the phosphate treatment applied with a brush. This is allowed to dry until a grey deposit forms, when the surface is ready for painting. For external work, it is important that the phosphate coat is not exposed

to rain or dew, which would dilute it. Should this happen, a further coat is applied.

### *Flame Cleaning.*

The basis of the system is the passing of an intense oxy-acetylene flame over the surface, which has the effect of forcing off some of the scale, due to difference in the expansion of the scale and the parent metal. The burner consumes about equal quantities of oxygen and acetylene, and several passes of the flame may be necessary if the majority of the mill scale is to be removed. The surface of the steel is vigorously brushed when heated and the priming coat of paint applied while the surface is still warm.

Flame cleaning is more efficient in removing mill scale if the new steel has had some time in which to weather. A minimum period for weathering would appear to be about three months.

On existing structures, old paint can be removed by this method, but in doing so, smoke and fumes are involved. In fresh air this is not objectionable, but in enclosed spaces, provision would have to be made to conduct these products away. These remarks apply with particular force if the paint coat contains lead.

### *Pickling.*

To remove mill scale by pickling, steel bars or plates are immersed in a tank containing acid for two or three days. They are then removed and transferred to another tank for washing. The process is more suitable for plates for shipbuilding and tank making than for structural engineering, where members (flange plates, etc.) up to 60 ft. long are used. These would involve very large tanks. Furthermore, the quantities of similar sized plates are large for ship and tank construction, whereas, plates and sections for the structural trade are generally much more miscellaneous.

The mill scale having been removed, the steel surface will be more liable to rusting, and it is therefore necessary that fabrication should take place as quickly as practicable. Light rusting, however, would not be detrimental and could be removed by a rust remover prior to phosphating or by hand wire brushing immediately before painting.

### *Painting.*

According to Dr. Hudson [3], no important structure should go into service carrying a paint film less than 5 mils thick (say three or four coats). In re-painting existing structures, sound adherent paint should be allowed to remain, the bad areas patch cleaned and brought up with enough coats of rust inhibiting priming paint to build up to a satisfactory level before giving the whole structure overall coats. Exposed areas should be feathered. Whilst paint may adhere to galvanised surfaces which have weathered, where there is any doubt, i. e., where a side of a building has been

sheltered by an existing building or an overhang, the surface should be treated by phosphating or other treatment before painting. Zinc dust primers are useful paints on galvanised surfaces where rust has begun to appear. Painting should not be applied when the temperature is below 40° F., or in rain, snow, fog or mist or when the relative humidity of the air exceeds 85 %, or to cold steel which is at a temperature of 35° F or more than 5° below air temperature. When steel is painted in hot weather, precautions must be taken to ensure a specified thickness of paint is obtained.

### *Metal spraying.*

The spraying of structures with zinc and aluminium has been carried out for a number of years, and several examples exist to show the benefits obtained.

Careful preparation of the surface to be sprayed is essential; it is necessary to have a sand or shot blasted finish down to white metal, all mill scale having been removed. The surface, which must be sprayed before oxydisation takes place, forms a mechanical key for the metal coating. The metal, which is applied by means of a flame pistol, can be of any desired thickness, depending on the number of coats applied. The usual thickness is 0.003" per coat, but it is not usual to apply more than two coats. The thickness can be checked by a suitable comparator.

The metal coatings are fairly easily scratched, but if the metal is zinc, the steel is protected by the sacrificial action of the zinc. Aluminium has also been shown to protect steel sacrificially, but to a lesser extent than zinc. Very little heat is applied to the article, and distortion is negligible.

The first coat of paint must be chosen so as to be compatible with the metal coating. Lead based paints were thought at one time to be unsuitable, but this is not borne out by experience.

An example of metal spraying is the Menai Suspension Bridge, North Wales. This bridge was reconstructed in 1940 [4] and the new mild steel links forming the suspension chains were zinc sprayed on site by the Schori powder process in two coats to a thickness of .005". This was followed almost immediately by a priming coat of red lead paint. Three further coats of paint were given. According to latest reports, although this bridge stands in an exposed marine atmosphere, the original painting on the links remains intact after fifteen years, and is still in excellent condition. With the exception of the outside faces, which were repainted because of a change in the colour scheme, no additional coats of paint have been applied, and there is no sign of rusting. On the other hand, the deck steelwork, which was not zinc sprayed, has already had at least five additional coats of paint.

From this experience, it would seem that for any structure which is well-designed and metal sprayed, minimum metal thicknesses to allow for subsequent corrosion as called for in some specifications could be deleted.



*Galvanizing.*

When a structure is to be galvanized, members should be so designed that acid is not trapped and the spelter can run freely away when the article is lifted out of the bath. The pieces to be galvanized should be monolithic, i. e., in the form of a single bar, or a continuously welded member which is in effect acid-tight. The steel must be clean, and free from paint, oil or grease, otherwise the pickling will not be complete. White spirit is a useful medium for removing oil and grease. The galvanizing of members which have been built up by riveting at the usual structural pitch is not generally satisfactory since acid is liable to be trapped between the riveted surfaces and cause trouble at a later date.

Spatter around welds should be scraped off, and all slag removed from welds, otherwise the galvanizing will be faulty. Where the welds are made in other than very short runs, the slag is fairly easily removed by chipping using light pneumatic chippers, but this should be thoroughly done, especially at the boundaries of the welds.

When a complicated article has to be welded and the welds are short, slag inclusions will be more difficult to remove by chipping. Grit blasting may then have to be adopted.

The distortion suffered by an article during galvanizing depends on its shape, construction and stiffness. Members of box form are unlikely to be much affected, but mild steel channels and even joists when fairly long may assume a curvature and need straightening after galvanizing.

*Conclusions of protection.*

In enclosed buildings, the steelwork will be well protected by the ordinary coats of paint, provided the steel was well wire brushed and cleaned before the priming coat was applied, and that all painting was carried out under good conditions.

On the other hand we have steelwork in factories where processes which give off smoke or fumes are carried on day and night, and prevent maintenance from taking place except when the factories are shut down. These cases justify the best pre-treatment and painting systems.

Most structures will fall between these extremes, and each case will need special consideration to arrive at the most economical protective treatment.

## ACKNOWLEDGMENTS AND REFERENCES

1. The author thanks Messrs. Mott, Hay & Anderson, Consulting Engineers, for permission to describe these repairs.
2. M. F. PALMER — *Fabrication and Erection of Steel Plate Girder Railway Bridges*. The Structural Engineer, December, 1954.
3. DR. J. C. HUDSON — *Steel Structures Painting Council. Specifications for Cleaning and Painting Steel Structures*. Critical Abstract, British Iron & Steel Research Association, May, 1953.
4. G. A. MAUNSELL — *Menai Bridge Reconstruction*. Journal of Institution of Civil Engineers. January, 1946.



## SUMMARY

Particulars are given of a method used to repair corroded web plates and of the extra strength imparted to a member by welding round corroded rivet heads. Some details which have proved faulty in older structures are mentioned, and trends of modern design intended to avoid these are stated.

The protection of steelwork is discussed, including methods of removing mill scale in varying degrees according to the result required, and subsequent treatments prior to final painting.

## ZUSAMMENFASSUNG

Es werden Besonderheiten einer Methode zur Instandstellung korrodierter Stehbleche gezeigt, sowie die spezielle Haltbarkeit, welche bei einer Konstruktion dadurch erreicht wurde, dass man korrodierte Nietköpfe rund herum schweisste. Einige Einzelheiten, welche sich in älteren Konstruktionen als fehlerhaft erwiesen haben, werden erwähnt und Richtlinien für moderne Entwürfe aufgestellt, um diese Fehler zu vermeiden.

Die Schutzmassnahmen für Stahlbauten werden behandelt, insbesondere Methoden zur ganzen oder teilweisen Entfernung der Walzhaut je nach dem verlangten Ergebnis, sowie weitere Behandlungen vor dem endgültigen Anstrich.

## RESUMO

Descreve-se em pormenor um processo empregado para a reparação de almas de vigas atacadas pela ferrugem e indicam-se elementos relativos à resistência suplementar introduzida numa viga pela soldadura das cabeças corroídas dos rebites. Mencionam-se também alguns elementos defeituosos das estruturas mais antigas e as medidas que se tomaram em projectos modernos para evitar a repetição desses defeitos.

Discute-se ainda a protecção das estruturas metálicas bem como os vários métodos empregados para remover a película de laminagem em função do grau de limpeza desejado e os diversos tratamentos usados antes da pintura final.

## RÉSUMÉ

L'auteur décrit en détail un procédé de réparation des âmes de poutres attaquées par la rouille et donne des renseignements concernant la résistance supplémentaire introduite dans une poutre par la soudure des têtes de rivets rouillées. Il décrit également certains éléments défectueux d'ouvrages anciens et les mesures prises dans les projets modernes pour éviter la répétition de ces défauts.

La contribution comprend encore une discussion de la protection des ouvrages métalliques ainsi que des divers moyens employés pour nettoyer la calamine selon le degré de propreté désiré et des différents traitements préparatoires avant la peinture finale.

## IV d 3

### Unterhaltung der Tragwerke aus Stahl

### Conservação das construções metálicas

### Entretien des charpentes métalliques

### Maintenance of steel structures

DR.-ING. WALTER WOLF

*Geschäftsführer des Deutschen Stahlbau-Verbandes  
Köln*

Über die Bedeutung der sachgemässen Unterhaltung von Stahlbauwerken, ihre Massnahmen und ihren Einfluss auf die Lebensdauer der Stahlbauten bestehen in Kreisen der Hersteller, Verarbeiter und Verbraucher noch vielfach Unklarheiten, die die nachstehende Abhandlung beseitigen soll.

Überall da, wo Stahl als Baustoff verwendet wird, ist er atmosphärischen und chemischen Einwirkungen ausgesetzt, die geeignete Schutzmassnahmen erforderlich machen, damit eine Schwächung oder Zerstörung der Stahlbauteile durch Korrosion verhindert oder vermindert wird.

Ungeschütztes Eisen verliert im Jahr durch Verrostung je nach Art und der Umgebungseinflüsse 5 bis 1 000 g/m<sup>2</sup> Oberfläche. Die folgende Zusammenstellung zeigt den Einfluss der Atmosphäre auf den Rostverlust von Eisen.

Charakter der Atmosphäre	Relative Luftfeuchtig- keit in %	Rostverlust	
		g/m <sup>2</sup> Jahr	mm Jahr
trockene subtropische Luft ... ..	31	6	0,0108
subpolare Luft ... ..	74	55	0,007
tropische Landluft... ..	74	90	0,012
tropische Seeluft ... ..	80	140	0,018
gemässigte Zone, Landluft ... ..	79	245	0,03
gemässigte Zone, Seeluft ... ..	80	355	0,09
USA, Seeluft (*) ... ..	—	190	0,025
gemässigte Zone, Industrieluft ... ..	83	385 - 450	0,05 - 0,06
USA, Industrieluft (*) ... ..	—	140	0,018
Sheffield (Engl.), Industrieluft ... ..	84	860	0,11

(\*) Niedriggekohlte Stähle mit geringem Cu-Gehalt. Nach H. R. Kobson, Sonderdruck Amer. Soc. f. Metals, 1952.

Diese Zahlen zeigen, wie wichtig die Frage des Korrosionsschutzes für den gesamten Stahlbau ist.

Es ist nun grundsätzlich festzustellen, dass man dem Problem der Korrosion von Eisen und Stahl als solchem nicht von der Ursache her beikommen kann, wenn man von ausgesprochen chemischen Einflüssen absieht. Die Grundursachen der Korrosion, die in dem Vorhandensein von Luft, Feuchtigkeit und Kohlensäure zu suchen sind, sind unvermeidbar, da sie eng mit dem Leben auf der Erde überhaupt in Zusammenhang stehen. Dabei ist wesentlich, dass im allgemeinen alle 3 Faktoren wirksam sein müssen, wenn eine Korrosion zustande kommen soll.

Die Korrosion von Eisen und Stahl kann also nur verhindert bzw. vermindert werden, wenn man vermeidet, dass eine entsprechende Wirkung überhaupt auftritt bzw. wenn diese gemildert wird. Dabei können verschiedene Wege beschritten werden. Einmal ist es möglich, durch Legierungszusätze zum Eisen die Rostgeschwindigkeit herabzusetzen, z. B. durch Kupfer. Der damit erreichte Schutz ist jedoch nur begrenzt wirksam, wenn man von den hochlegierten Sonderstählen absieht, deren Verwendung aber aus wirtschaftlichen Gründen besonderen Bedingungen unterliegt. Immerhin hat diese Eigenschaft des Eisens im Zusammenhang mit anderen Methoden der Verhinderung des Korrosionsangriffs einige Bedeutung. Es ist weiterhin möglich, einen Rostschutz durch das Aufbringen von Schutzfilmen zu erreichen. Die Wege, die dabei beschritten werden, bestehen einmal in dem Aufbringen eines nicht-metallischen und zum anderen eines metallischen Schutzes auf das Eisen. Beide Verfahren haben zunächst gleiche Merkmale. Sie stellen eine mechanische Barriere zwischen dem angreifenden Mittel und dem Eisen dar. Daraus folgt zunächst, dass bei beiden Verfahren eine wesentliche Voraussetzung darin besteht, dass die Haftung auf dem Untergrund einwandfrei ist, damit ein Lösen des Schutzfilmes und ein Angriff unter dem Schutzfilm nicht eintreten kann. Das bedingt bei beiden Verfahren eine einwandfreie Vorbehandlung der zu schützenden Teile.

Für Stahlbauten sind in der Hauptsache drei Oberflächenzustände von Bedeutung:

1. mit Walzhaut bedeckt,
2. mit Rost bedeckt und
3. mit Rost und Resten alter Farbanstriche bedeckt.

Die Frage, ob die Walzhaut bei der Entrostung von Stahloberflächen entfernt werden soll oder nicht, ist bisher noch immer umstritten. Jedoch neigen heute die meisten Fachleute dazu, die Entfernung der Walzhaut unter allen Umständen zu fordern. Diese Forderung scheint auch deshalb richtig zu sein, weil auch bei zunächst völlig festsitzender Walzhaut die Gefahr besteht, dass diese sich im Laufe der Zeit ablöst und dann die daraufhaftenden Anstriche mit beschädigt. Andererseits ist die absolute Entfernung der Walzhaut nicht immer ganz einfach und verursacht dann auch höhere Kosten. Ideal wäre es, wenn man die Stahlbauteile vor dem endgültigen Anstrich so lange den Witterungseinflüssen aussetzen könnte, bis die Walzhaut sich von selbst löst oder zu lösen beginnt, so dass dann ihre Beseitigung ohne grosse Mühe möglich ist. Dem stehen aber viele

Gründe entgegen, so dass die baldmögliche Beseitigung der Walzhaut mindestens empfehlenswert ist.

Die Entfernung von Rost und bei bestehenden Bauwerken, an denen der Anstrich auszubessern ist, auch die Entfernung von Resten alter Farbanstriche ist auf jeden Fall notwendig, wenn die neuen Anstriche einwandfrei als Rostschutz wirken sollen.

Die Vorbehandlung der zu schützenden Stahlbauteile besteht also zunächst in einer Reinigung der Oberflächen und ist um so wirksamer, je sauberer, trockener und rauher diese Oberfläche ist.

Die Verfahren der Oberflächensäuberung sind verschieden. Am bekanntesten ist die Entrostung von Hand, die mit Hammer, Spachtel und Drahtbürsten ausgeführt wird, wobei aber darauf zu achten ist, dass die Stahloberfläche nicht beschädigt wird.

Die Handentrostung kann u. U. wirtschaftlicher gestaltet werden durch mechanische Vorrichtungen, bei denen die Rostschicht durch zahlreiche kleine Schläge oder Stösse zertrümmert und abgeschlagen wird. Als Werkzeuge dienen hierzu Pressluftschlämmer, Schaber oder schnell rotierende Drahtbürsten (Bild 1).

Bei schwererer und mittlerer Entrostung und zur restlosen Entfernung der Walzhaut ist die Sandstrahlentrostung ein geeignetes Mittel. Hierbei wird auch eine gleichmässig feine Aufräuhung der Stahloberfläche erzeugt, die eine gute Haftfähigkeit des später aufzubringenden Schutzfilmes gewährleistet. Wegen der beim Sandstrahlen auftretenden Staubentwicklung müssen besondere Massnahmen getroffen werden, die darin bestehen, dass die Arbeiter Schutzmasken tragen oder dass der beim Sandstrahlen entstehende Staub und der abgelöste Rost abgesaugt werden. Um die Staubentwicklung beim Freistrahlen zu vermeiden, wird an Stelle von Quarzsand vielfach Stahlsand benutzt, der aber teurer als Quarzsand ist und deshalb gesammelt und mehrfach verwendet wird.

Zum Zwecke der pressluftlosen Entrostung und Entzunderung von Materialien aller Art werden mit Erfolg Sandfunker eingesetzt. Drei grosse Vorteile gegenüber dem Sandstrahlen mit Pressluft treten beim Sandfunker besonders in Erscheinung:

1. Der Kraftbedarf gegenüber dem Sandstrahlen mit Pressluft beträgt etwa  $\frac{1}{6}$  bis  $\frac{1}{8}$ .

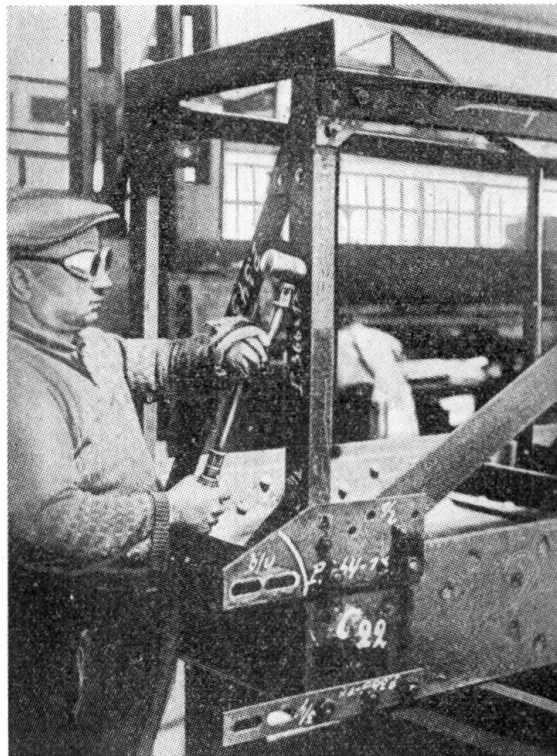


BILD 1. Entrostung mit rotierender Drahtbürste

2. Die Arbeitsweise dieser Maschine ist vollkommen automatisch und wesentlich einfacher als beim Sandstrahlen mit Pressluft.
3. Die Wirkung der Sandschleuderelemente ist wesentlich grösser als bei Sandstrahldüsen.

Wie schon erwähnt, handelt es sich im allgemeinen um vollautomatische Maschinen, bei denen das zu entrostende Gut auf der einen Seite aufgelegt wird und auf der anderen Seite der Maschine fertig entrostet herauskommt (Bild 2). Das Verfahren des pressluftlosen Sandfunkers ist

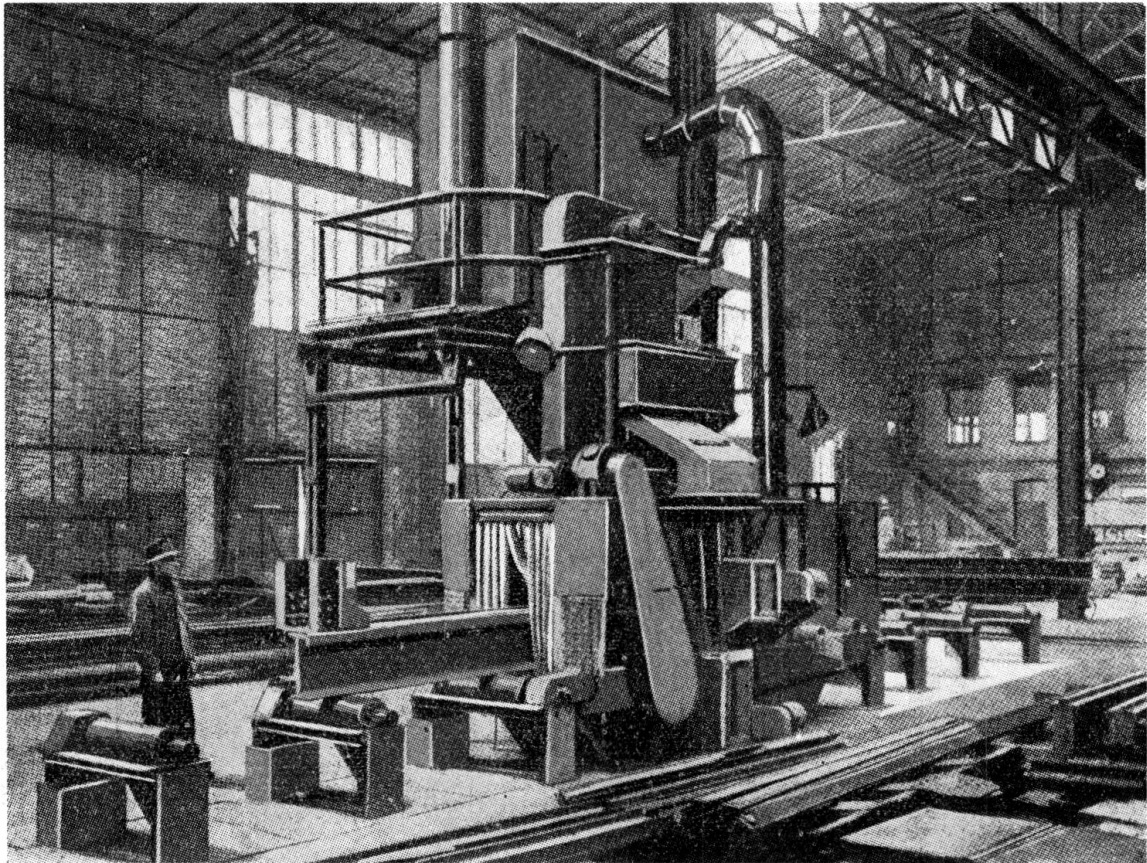


BILD 2. Sandfunkeranlage mit Entstaubung zum Entrosten von Konstruktionsteilen

jedoch nur in Werkstätten anwendbar. Fertige Stahlkonstruktionen lassen sich nur in Einzelteile zerlegt entrosten.

Bei diesem Verfahren wird Stahlsand direkt auf ein mit hohen Umdrehungen laufendes Schleuderrad gegeben und von diesem unter einem bestimmten Winkel auf das zu putzende Gut geschleudert. Der geschleuderte Sand fällt durch ein Siebblech in einen Sammler oder ein Fundament, aus dem er direkt oder mittels einer Sandförderschnecke unter Flurhöhe einem Becherwerk zugeführt wird. Das Becherwerk fördert den Sand nach oben, wo er gesäubert und entstaubt dem Sandvorratsbehälter wieder zugeführt wird. Von dort beginnt der Umlauf von neuem.



Ein neuerdings häufiges Verfahren zur Entrostung von Stahloberflächen ist das Flammstrahlen. Hierbei wird über die verrostete Oberfläche ein Spezialbrenner mit Azetylen-Sauerstoff-Flamme geführt (Bild 3). Durch die reduzierende Wirkung der Flamme wird der Rost durch Entzug des Sauerstoffs chemisch umgewandelt und die in ihm enthaltene Feuchtigkeit ausgetrieben. Flammstrahlbrenner sind in den verschiedensten Formen erhältlich, die jeweils den unterschiedlichen Oberflächenformen der Stahlbauteile angepasst sind. Im Durchschnitt kann 1 m<sup>2</sup> Stahloberfläche mit dem Flammstrahlbrenner in 10 min entrostet werden.

Der grosse Vorteil des Flammstrahlens liegt darin, dass durch das Auftragen des Grundanstriches auf die noch warme Stahloberfläche eine sehr gute Haftung des Farbfilmes erzielt und die Gefahr einer späteren Unterrostung fast völlig ausgeschaltet wird. Der Nachteil besteht darin, dass bei dünnen Konstruktionsteilen unerwünschte Verformungen der Stahlbauteile auftreten können und dass die Kosten des Verfahrens zur Zeit noch verhältnismässig hoch sind. Wenn es jedoch zutrifft, dass bei durch Flammstrahlen gereinigtem Stahl mit einer 2- bis 3-fachen Lebensdauer



BILD 2. Flammstrahlen einer Brücke. Brennerbreite 300 mm

des Anstriches gegenüber der normalen Entrostung gerechnet werden kann, dann dürfte dieses Verfahren, auf lange Sicht gesehen, wirtschaftlich sein. Es wird zwar die bisher bekannten Entrostungsverfahren, besonders das Sandstrahlen, kaum vollständig verdrängen, kann jedoch eine wertvolle Ergänzung der vorhandenen Entrostungsmöglichkeiten sein, wenn z. B. Bauwerke gereinigt werden müssen, bei denen das Sandstrahlen wegen seiner Staubentwicklung nicht angewendet werden darf. In der Schweiz und in den Vereinigten Staaten wird es seit etwa 20 Jahren mit Erfolg angewandt. Die bekannte Hängebrücke über das Golden Gate bei San Francisco wurde 1940 vor Aufbringen des Anstriches völlig mit dem Flammstrahlbrenner gereinigt.

Auch chemische Entrostungsverfahren sind in neuerer Zeit stärker in den Vordergrund getreten. Sie sind besonders geeignet bei Kleinteilen, die in besonderen Säurebädern behandelt werden können.

Bei den grossen Abmessungen der im Stahlbau üblichen Konstruktionsteile bereitet dieses Verfahren jedoch Schwierigkeiten.

Das sog. Rostumwandlungsverfahren besteht darin, dass durch Phosphorsäure der Rost in ein unlösliches Eisenphosphat umgewandelt wird und dieses keine Feuchtigkeit mehr enthält, die Ursache von Unterrostungen sein könnte. Die Bewährung dieses Verfahrens ist noch zu kurz, um ein abschliessendes Urteil abgeben zu können. Bei einwandfreier Wirkung würde die Rostumwandlung ein ideales Entrostungsverfahren darstellen, da hierdurch die sonstigen mechanischen, thermischen und Handentrostungsverfahren in Fortfall kommen könnten und daher bei der Oberflächenvorbereitung erhebliche Ersparnisse erzielt würden. Es müssen jedoch vorerst noch weitere Erfahrungen gesammelt werden, um die günstigsten Bedingungen für die praktische Anwendung des Verfahrens festlegen zu können.

Nicht unerwähnt bleiben soll, dass eine Kombination von Flammstrahlen und Rostumwandlungsverfahren sehr erfolgreich zu werden verspricht. Durch ein einmaliges Flammstrahlen mit erhöhter Vorschubgeschwindigkeit kann nämlich der Rostbelag so weit gelöst werden, dass er durch darauffolgendes Bürsten zum grössten Teil beseitigt werden kann. Wenn hierauf ein Farbanstrich aufgetragen wird, können sich etwa verbleibende Rostreste nicht mehr nachteilig auswirken. Diese Rostreste müssen durch ein Rostumwandlungsverfahren in Schutzschichten verwandelt und durch ein nochmaliges kurzes Flammstrahlen eingebrannt werden. Kurzzeit-Korrosionsversuche an Versuchsplatten hatten ausserordentlich günstige Ergebnisse, so dass diesem kombinierten Verfahren eine gewisse Zukunft vorausgesagt werden kann.

Wie schon erwähnt, kann die Oberfläche des Stahles durch nichtmetallische oder metallische Überzüge gegen Rostangriffe geschützt werden. Bei den nichtmetallischen Überzügen handelt es sich im allgemeinen um Rostschutzanstriche, die durch Streichen, Spritzen oder Tauchen aufgebracht werden. Einen besonderen Fall bilden die Rostschutzfarben auf der Basis feinstverteilter Metalle, wie Zink, Blei und Aluminium, die jedoch ebenso wie die Rostschutzfarben eines besonderen Mediums bedürfen, um eine festhaftende Schutzschicht auf dem Stahlgrund zu erzielen.

Bei dem Einsatz von Farben für den Korrosionsschutz ist zu bedenken, dass es keine Universalfarben gibt. Die Anpassung an den Zweck ist wesentlich. Man sollte aber allgemein beachten, dass der durch Anstrich aufgebrachte Farbfilm an sich nicht korrosionshindernd ist. Das korrosionstechnische Verhalten des Grundmaterials wird durch den aufgebrachten Farbfilm in keiner Weise geändert. Als Ausnahme können höchstens phenolhaltige Filme angesehen werden. Der Farbfilm ist im wesentlichen nur ein mechanischer Schutz zwischen dem korrosiven Medium und dem Metall, weshalb folgende Forderungen an ihn zu stellen sind: Vollständigkeit des Films, was von der Molekularstruktur des Bindemittels abhängt — Undurchlässigkeit gegen das Eindringen von Wasserdampf und sonstigen Gasen — einwandfreie Haftung auf dem Untergrund und untereinander — chemische Beständigkeit gegen hydrolytische und oxydative Einflüsse.

Beim Anstrich der Konstruktion muss zwischen dem Grundanstrich und dem Deckanstrich unterschieden werden. Während der Grundanstrich den mechanischen Schutz gegen Rosteinflüsse darstellt, soll der Deckanstrich die Grundierung gegen Abnutzung, Feuchtigkeit und Lichteinfluss schützen.

Die Grundanstriche sind bisher vorwiegend auf der Basis der bewährten und seit langer Zeit erprobten Bleimennige aufgebaut, während die Rostschutzdeckfarben aus Bleiweiss, Eisenglimmer, Zinkoxyd oder Mischungen dieser Stoffe bestehen.

Als Bindemittel der Farben kommen Leinöl, Kunstharze sowie für Spezialzwecke bituminöse Anstrichstoffe in Betracht. Auch Chlorkautschuk hat sich in besonderen Fällen als Bindemittel bewährt. Bleimennige-Chlorkautschukfarben werden vor allem in USA in grossem Umfang für Unterwasseranstriche verwendet.

Wieviel Grund- und Deckanstriche vorzunehmen sind, kann nicht allgemein festgelegt werden. Für den allgemeinen Stahlhochbau kann etwa folgende Regel gelten:

- a) Für Bauten unter normalen atmosphärischen Beanspruchungen, also nicht im Industriegebiet, *ein* Grundanstrich und *ein* Deckanstrich.
- b) Für Bauten im Industriegebiet und Bauteile, die betrieblichen Einflüssen durch Rauchgase, Kokereigase u. dgl. ausgesetzt sind, *ein* Grundanstrich und *zwei* Deckanstriche.
- c) Für Bauten in Seeklima oder in der chemischen Industrie *zwei* Grundanstriche und *zwei* Deckanstriche.

Die Anstrichstoffe bestehen aus Pigmenten, Bindemitteln und Lösungsmitteln. Für ihre Haltbarkeit ist wichtig, dass Pigment und Bindemittel richtig aufeinander abgestimmt sind. Dies gilt insbesondere für das letztere, da der Verfall eines Anstriches erfahrungsgemäss stets bei dem Bindemittel beginnt.

Viel diskutiert werden zur Zeit die D D -Lacke (sog. Polyurethane), die, auf Kunstharzbasis aufgebaut, eine grosse Elastizität und hohe Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Einflüsse haben. Als Rostschutzpigment mit passivierender und rostverhindernder Wirkung ist in erster Linie die Bleimennige zu nennen. Nach der heutigen Auffassung besteht ihre Wirkungsweise darin, dass die entstehenden Schutzfilme gute Haftfähigkeit und ausreichende Härte aufweisen, dass sie mit den Bindemitteln metallorganische Bindungen, die Bleiseifen, eingehen und dass sie nach der elektrochemischen Seite hin eine gute Passivierungsfähigkeit besitzen.

Auch Bleicyanamid hat sich als Rostschutzpigment eingeführt. Es ist als Bleiverbindung zur Bildung von Bleiseifen befähigt, und die alkalische Passivierung des Eisens wird dadurch ermöglicht. Es kann sowohl im Grundanstrich als auch im Deckanstrich verwendet werden.

Die sog. Chinoidin-Mennige ist vollkommen bleifrei und ungiftig und besteht in der Hauptsache aus Eisenoxyd unter Zusatz von geringeren Mengen Zinkoxyd. Sie gehört also praktisch in die Reihe der Rostschutzfarben auf der Basis Eisenoxyd.



Eine weitere Gruppe von Rostschutzfarben stellen die Chromate dar, die vor allem in USA als aktive Rostschutzmittel mit sehr guten Passivierungseigenschaften grosse Bedeutung haben. Sie gelangen meist in Form von Blei- oder Zinkchromat zur Verwendung. Eine nachhaltige Rostschutzwirkung kann aber nur dann erreicht werden, wenn die den Passivierungseffekt hervorrufenden freien Chromat-Ionen in ausreichender Menge zur Verfügung stehen. Die grosse Verwendung von Chromat Rostschutzmitteln in USA dürfte z. T. darauf zurückzuführen sein, dass die für die Fabrikation von Chromaten erforderlichen Rohstoffe dort wesentlich leichter zu haben sind als in Europa.

Nach ihrer Zweckbestimmung sollen die Deckanstriche die Grundierung vor mechanischen und physikalischen Einflüssen schützen, so dass hierfür andere Pigmente als für die Grundanstriche verwendet werden müssen. Das klassische Pigment ist seit mehr als 100 Jahren Bleiweiss, allein oder in Mischungen mit anderen Pigmenten. Aber auch Zinkweiss- und Zinkoxydanstriche, die sich durch grössere Härte, aber geringere Elastizität auszeichnen, werden häufig verwandt. Eine besondere Bedeutung kommt auch den Eisenglimmerfarben zu, da gerade der Eisenglimmer infolge seiner hohen Widerstandsfähigkeit in Verbindung mit basischen Pigmenten sich ausserordentlich gut bewährt hat und solche Anstriche eine sehr lange Lebensdauer haben.

Neben der richtigen Wahl des aufzubringenden Rostschutzanstriches ist auch auf eine sorgfältige Verarbeitung zu achten. Die gebräuchlichste Auftragungsart im Stahlbau ist immer noch das Streichen mit dem Pinsel. Es ist eine Erfahrungstatsache, dass der Pinselauftrag die besten Anstrichfilme ergibt, vor allem wenn es sich um stark aufgegliederte Objekte (Maste, Bauteile mit vielen Ecken u. dgl.) handelt. Durch das Verstreichen mit dem Pinsel wird eine gleichmässige Verteilung der Schutzfarbe erreicht und vor allen Dingen auch die korrosionsmässig am meisten gefährdeten Stellen mit einem festzusammenhängenden Farbfilm versehen.

Bei Stahlkonstruktionen grosser Abmessungen und von mehr flächenhafter Beschaffenheit wird auch der Spritzauftrag mit Erfolg durchgeführt, dessen Vorteil darin besteht, dass das Auftragen der Farbe wesentlich schneller erfolgen kann. Allerdings ist der Farbverbrauch durch den Verlust infolge der herumfliegenden Teilchen grösser. Die Erzielung einer vollkommen gleichmässigen Farbschicht ist aber — insbesondere bei Ecken, Winkeln u. dgl. — schwieriger als beim Auftragen der Farbe mit dem Pinsel. Wird das Farbspritzen angewendet, so muss stets auf die richtige Konsistenz der Farben, die z. T. auch von der Aussentemperatur abhängig ist, geachtet werden; ausserden sollen die Verdünnungsmittel erst an der Verwendungsstelle beigemischt werden. So wenig der Farbfilm zu dünn aufgebracht werden darf, darf er auch nicht zu dick sein. Auf jeden Fall sollten beim Spritzverfahren schwer zugängliche Stellen mit dem Pinsel vor- oder nachgestrichen werden. Weiterhin ist darauf zu achten, dass die beim Spritzverfahren auftretenden Farbnebel weitgehend vermieden oder durch besondere Vorrichtungen abgesaugt werden.

Neuerdings ist auch ein Verfahren durch Kaltspritzen nach dem System Möller bekannt geworden. Hierbei werden pulverisierte Stoffe,

wie Metalle, Glas oder Gummi, gemeinsam mit Kunstharzen oder ähnlichen Mitteln ohne Wärmezufuhr verspritzt. Die Spritzeinrichtung arbeitet mit Pressluft.

Ein ebenfalls neuartiges Verfahren, das aber zunächst für grosse Flächen noch nicht anwendbar ist, ist das elektrostatische Spritzverfahren. Hier wird die Farbe in ein elektrostatisches Feld geführt und dort in fast unsichtbaren Tröpfchen von dem als Gegenpol angelegten zu streichenden Gegenstand angezogen. Die Dicke der aufzubringenden Farbschicht kann in diesem elektrostatischen Feld eingestellt werden. Sobald sie erreicht ist, werden keine weiteren Farbteilchen mehr transportiert. Der Vorteil dieses Verfahrens ist die Vermeidung jeglichen Farbverlustes und die hohe Geschwindigkeit des Auftrags.

Die nacheinander aufzubringenden Anstriche müssen eine gewisse Abstufung im Ölgehalt aufweisen, und zwar soll der Grundanstrich am magersten sein und eine Steigerung des Ölgehaltes bis zur äussersten Deckfarbe erfolgen.

Dass vor jedem Anstrich die Farben gründlichst gerührt werden müssen und der Anstrich selbst möglichst nur bei trockenem Wetter und bei Temperaturen von mindestens  $+ 5^{\circ}$  auf trockene Flächen erfolgen soll, mag hier nur erwähnt werden. Dies ist besonders wichtig, wenn man bei im Freien stehenden Konstruktionen einen lange wirkenden Rostschutz erzielen will.

Im Wettbewerb mit konkurrierenden Bauweisen wird der Stahlbau häufig dadurch benachteiligt, dass die Auftraggeber die Ansicht vertreten, dass für die Unterhaltung von Stahlbauwerken wegen der erforderlichen Anstricherneuerung ein erheblicher Betrag anzusetzen sei. Es sind leider schon häufig Fälle vorgekommen, dass Stahlbaufirmen allein aus diesem Grunde trotz preisgünstiger Angebote den Auftrag nicht erhielten. Es hat sich im Laufe der Zeit die Gepflogenheit herausgebildet, bei Stahlbauten von vornherein einen kapitalisierten Unterhaltungssatz anzusetzen, während man bei anderen Bauweisen darauf verzichtet.

Hierzu ist zunächst zu sagen, dass aus jahrelangen Beobachtungen und nach dem Urteil namhafter Fachleute einwandfrei hervorgeht, dass andere Bauweisen trotz hochentwickelter Technik durchaus gleichwertige und in manchen Fällen sogar höhere Unterhaltungskosten erfordern können, als es bei einem Stahlbauwerk der Fall ist. Es liegen zahlreiche Beispiele aus der älteren und neueren Fachliteratur vor, in denen der Beweis erbracht wird, dass eine Schlechterstellung der Stahlbauweise aus den oben genannten Gründen durchaus ungerechtfertigt ist. So wurde z. B. in einem Vortrag von F. Hübner vor der Schweizer S. I. A.-Fachgruppe der Ingenieure für Brückenbau und Hochbau wörtlich folgendes ausgeführt:

«Heute darf man ruhigen Gewissens den zur Sprache gebrachten Zuschlag zur Kapitalisierung des Unterhalts von eisernen Brücken auf etwa 3 % vermindern. Dieser Zuschlag auf Offerten für Stahlbauten ist aber nur gerechtfertigt, wenn sich bewahrheiten würde, dass der Eisenbeton keinen Unterhalt erfordere. Wer sich aber mit Unterhaltsfragen zu befassen hat, ist da sehr oft anderer Meinung. Nun ist erstens ein Unterhalt, wenn sich eine besondere Notwendigkeit einstellt, beim Eisenbeton so ziemlich ausgeschlossen, denn blossе Ausbesserungen von allfäll-

ligen Schäden sind selten von Dauer, und andererseits bei gewichtigen Schäden stets mehr oder weniger kostspielig.»

Nach Ansicht von Herrn Direktor Blaimberger vom Bundesbahn-Zentralamt München soll ein nach den Bundesbahnvorschriften hergestellter vierfacher Anstrich bei normaler Atmosphäre eine Lebensdauer von 25 bis 30 Jahren besitzen. Nach diesem Zeitraum sei der Grundanstrich auszubessern und ein neuer Deckanstrich aufzubringen. Die Lebensdauer eines Rostschutzanstriches ist natürlich sehr unterschiedlich. Die Hauptrolle spielt hierbei der Grad der Verunreinigung der Atmosphäre, in der sich das Stahlbauwerk befindet. Bei einer Brücke, die im Ruhrgebiet liegt, ist selbstverständlich eine häufigere Erneuerung des Anstriches erforderlich als bei einer Brücke in rein ländlicher Gegend.

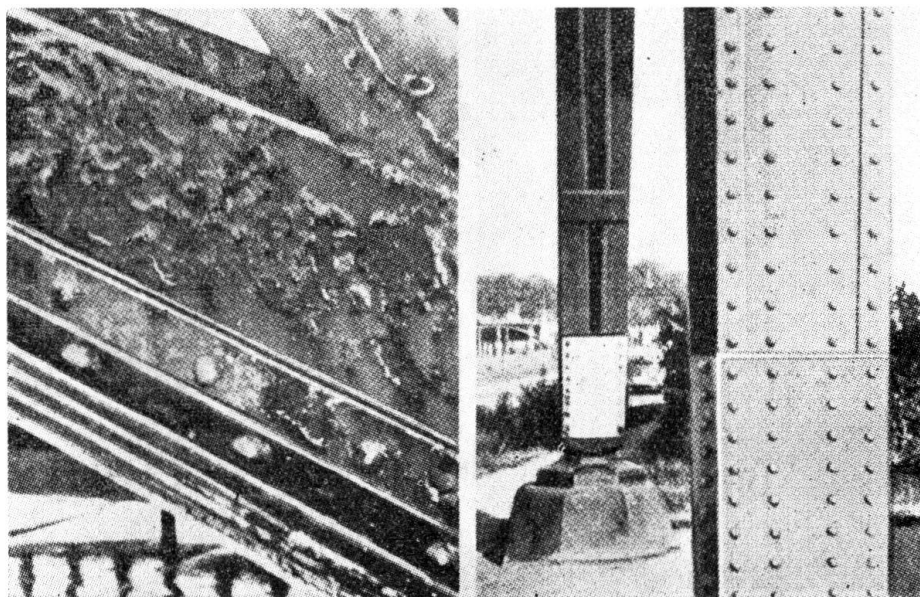


BILD 4. Vergleich des Verhaltens zweier Anstriche  
 Brücke in Mainz-Gustavsburg, keine Bleifarbe, 12 Jahre      Viadukt der Hamburger Hochbahn, Bleifarbe, 20 Jahre

Eine regelmässige, genaue Überprüfung des Zustandes des Schutzanstriches und sofortige notwendige Ausbesserungs- und Überholungsarbeiten verlängern die Lebensdauer beträchtlich. Als Beispiel ist die alte, im Jahre 1852 erbaute Kölner Rheinbrücke zu nennen.

In der Arbeit «Unterhaltungskosten von Stahlbauwerken» von Professor Dr.-Ing. Klöppel, die im Jahre 1934 erschienen ist, werden über die Lebensdauer der Anstriche u. a. folgende Angaben gemacht: «Die Süderelbebrücke in Hamburg war bei ihrem Abbruch im Jahre 1920 rund 50 Jahre alt. Trotz des besonders gefährlichen Hamburger Nebels erhielt die Brücke in 50 Jahren nur 2 bis 5 neue Deckanstriche. Unter Annahme des ungünstigsten Falls einer fünfmaligen Anstricherneuerung ergibt sich ein Anstrichturnus von etwa  $8\frac{1}{2}$  Jahren. Der Grundanstrich dieser Brücke brauchte nur teilweise ausgebessert zu werden.

Die im Jahre 1899 in Dienst gestellte alte Bonner Rheinbrücke hat in den Jahren 1904 bis 1905 nur einen neuen Deckanstrich erhalten.

Im übrigen wurden während dieser Zeit nur einige Roststellen ausgebessert.»

Aus dem gleichen Buch von Professor Klöppel geht hervor, dass bei einigen Stahlhochbauten die Lebensdauer des Anstrichs mindestens 7 Jahre und bei anderen bis zu 25 Jahren betrug.

Bei der Wuppertaler Schwebebahn wird wegen der dortigen besonders feuchten und verunreinigten Atmosphäre mit einer Lebensdauer des Anstrichs von 5 bis 6 Jahren gerechnet. Der Anstrichturnus bei der Schwebebahn beträgt 6 Jahre, wobei jedes Jahr  $\frac{1}{6}$  der gesamten Konstruktion mit einem neuen Deckanstrich versehen wird, während der Grundanstrich nur ausgebessert wird.

Sehr anschaulich geht das anstrichtechnische Verhalten guter und schlechter Rostschutzanstriche aus dem Bild 4 hervor.

Während auf der linken Hälfte die Stahlkonstruktion einer grossen Brücke, die mit einer sogenannten billigen Rostschutzfarbe ausgeführt war, schon nach relativ wenigen Jahren beginnende Rostung zeigte und nach 12 Jahren starke Rostung aufwies, ist bei dem Anstrichsystem auf der rechten Hälfte des Bildes (Bleimennige-Grundierung mit anschliessendem doppelten Bleiweiss-Eisenglimmer-Deckanstrich) auch nach 20 Jahren ausser der natürlichen Verschmutzung noch keinerlei Korrosion festzustellen.

Es ist besonders zu beachten, dass beim Anbringen eines Rostschutzanstriches die Materialkosten im allgemeinen nur 20 bis 25 % der Gesamtkosten ausmachen, während die Kosten für Gerüste und Löhne mit 75 bis 80 % den Hauptanteil bilden. Bei diesem Verhältnis der Materialkosten zu den Verarbeitungskosten ist es wirtschaftlich entscheidend, wieviel Anstriche innerhalb eines bestimmten Zeitraumes zum Schutze des Objektes ausgeführt werden müssen. Es steht also ausser Zweifel, dass es wirtschaftlicher ist, höhere Kosten für eine wertvollere und damit auch teure Farbe in Kauf zu nehmen, welche die Gewähr für eine längere Haltbarkeit bietet, als möglichst billige Farbe zu verwenden, wodurch man gezwungen ist, 2 bis 3 Anstriche während des Zeitraumes aufzubringen, welcher der Lebensdauer eines guten Rostschutzanstriches entspricht.

Die Lebensdauer eines Anstriches ist also der Faktor, der die Rentabilität am meisten beeinflusst. Sie ist um so höher, je besser der Anstrich gepflegt wird. Hierzu gehört, dass Verunreinigungen, wie Auflagerung von Erde, Sand, Kies, Putzwolle oder auch festen Gegenständen, die immer das Abtrocknen des Regenwassers verzögern, beseitigt werden, denn der Regen nimmt auf seinem Weg durch die Luft infolge seines ungesättigten Zustandes begierig Salze oder Alkalien in Lösung und bildet auf diese Weise schwache Säuren oder Laugen, die bei genügend langer Einwirkung den Farbfilm vorzeitig zerstören. Besonders gefährlich sind in dieser Beziehung die beim Bau häufig zu beobachtenden Verunreinigungen der oft erst mit dem ersten Grundanstrich versehenen Konstruktionen oder auch von gelagerten Einzelteilen durch Mörtel oder Betonreste. Der darin enthaltene Kalk ist in Verbindung mit dem Wasser in der Lage, jeden Anstrich, besonders solange er noch frisch und nicht durchgehärtet ist, in kürzester Zeit zu zerstören.

Gleichgültig welcher Oberflächenschutz des Stahls gegen Korrosion gewählt wird, stets ist für die Lebensdauer des schützenden Films ausschlaggebend die Güte der Vorbereitung des Untergrundes, die Güte des verwendeten Stoffes und die Sorgfalt, mit der die Schutzschicht aufgebracht wird. Aber auch die nachträgliche Pflege ist hier von besonderer Bedeutung, und es kann nicht oft genug betont werden, dass unzulängliche Massnahmen zur Konservierung unserer Stahlbauten schlechter sind als keine.

Metallische Überzüge können durch Tauchen, Elektrolyse und Spritzen hergestellt werden. Vorbedingung für alle derartigen Verfahren ist eine metallisch blanke Stahloberfläche, die am besten durch Sandstrahlen erzielt werden kann. Im einzelnen kommen in Frage Feuerverzinkung,

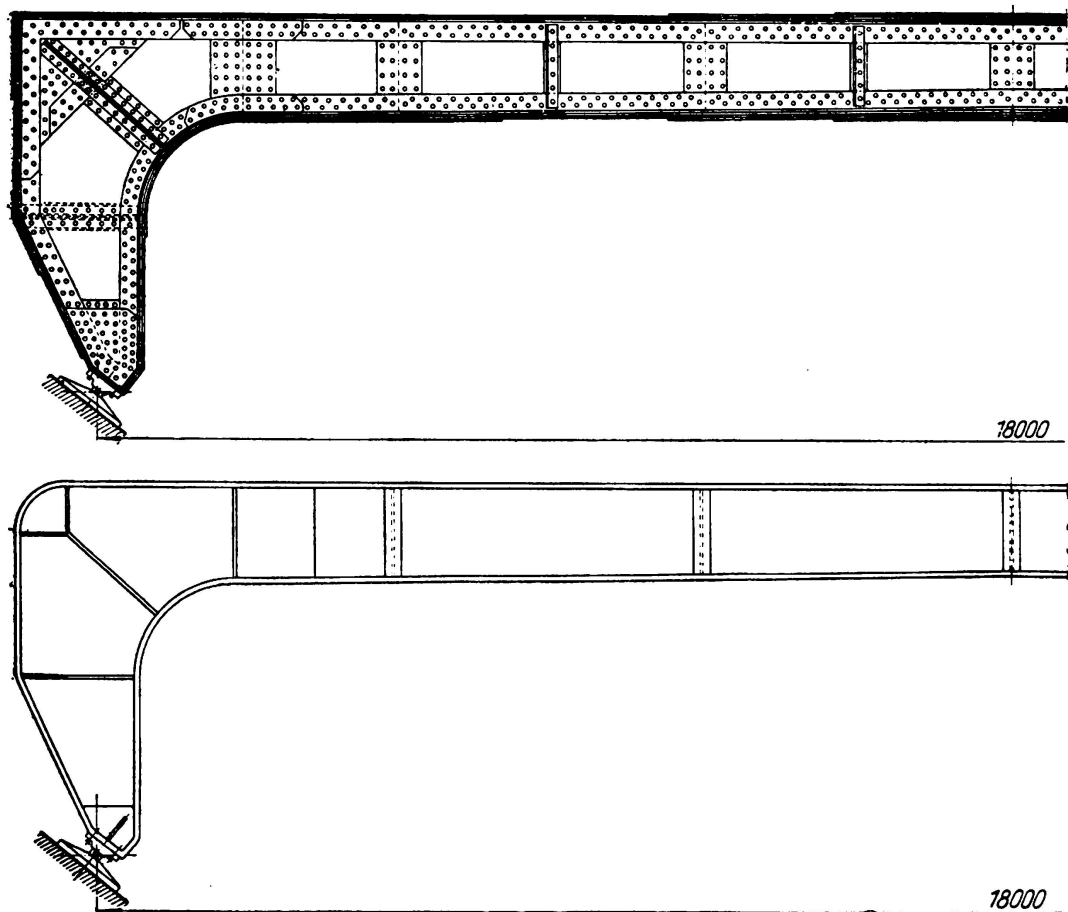


BILD 5. Vergleich eines genieteten mit einem geschweissten Rahmen  
(Personentunnel Duisburg)

galvanische Verzinkung, Feuerverbleiung, galvanische Verbleiung und das Metallspritzverfahren. Von diesen Möglichkeiten haben die Feuerverzinkung und die verschiedenen Metallspritzverfahren für den Stahlbau die grösste Bedeutung.

Die wesentlichsten Faktoren, auf denen die Schutzwirkung des Zinks beruht, sind die Dichte des Films, die passivierende und neutralisierende Wirkung und die langsamere Zerstörungsgeschwindigkeit. Der Zinküberzug, der einer Aussenatmosphäre ausgesetzt wird und keine Nachbehand-



lung erfährt, soll etwa  $600 \text{ g/m}^2$  betragen. Er kann geringer gehalten werden, wenn im Lieferwerk eine Nachbehandlung ausgeführt wird (etwa  $300 \text{ g/m}^2$ ). Wird der Zinküberzug nur einer trockenen Innentemperatur ausgesetzt, so kann er mit etwa  $100 \text{ g/m}^2$  ausreichend sein. Bei Teilen, die laufend mit Wasser in Berührung kommen, wie z. B. Rohre, Stahlkonstruktionen im Wasserbau usw., muss er jedoch mindestens  $1000 \text{ g/m}^2$  betragen. Eine besonders gute Rostschutzwirkung wird erreicht, wenn man eine Kombination von Anstrich und Verzinkung wählt. Eine

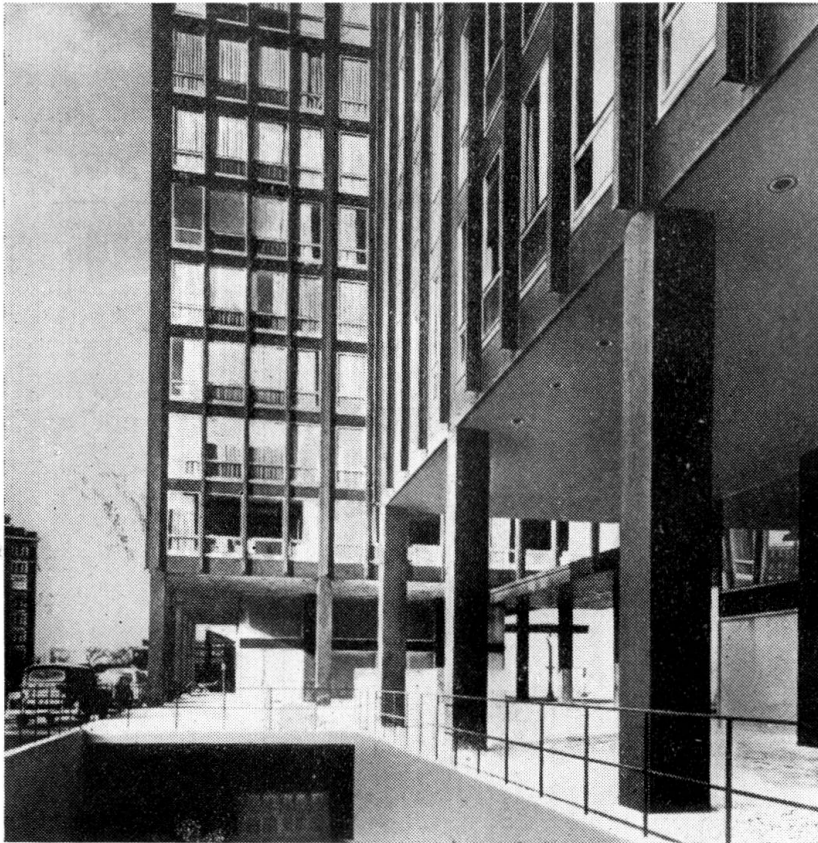


BILD 6. Lake Shore-Haus, Chikago

solche Kombination stellt einen ausgezeichneten und unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit fast idealen Rostschutz dar, weil die Zinkschicht einen guten Haftgrund für die Farben liefert, wenn diese in der richtigen Weise aufgebracht werden. Besonders wichtig ist, dass zur Erzeugung der Haftfähigkeit der Farben bei verzinkten Stahlteilen die Oberfläche genügend aufgerauht oder mit einer besonderen Haftschrift, die gleichzeitig fest mit der Zinkschicht verbunden ist, überzogen ist. Diese künstliche Haftschrift kann durch Phosphatieren oder Chromatisieren erzielt werden.

Während die bisher genannten Verfahren zur Erzeugung eines metallischen Überzuges für grössere Konstruktionsteile im Stahlbau nicht immer geeignet sind, weil sie zu grosse Bäder erforderlich machen, ist das Metallspritzverfahren für den Stahlbau in allen Fällen anwendbar.

Auch hier ist eine sachgemässe Vorbereitung der Oberflächen und die sorgfältige Ausführung des Metallspritzens wichtig. Als Überzugsmetalle sind Zink und Aluminium besonders geeignet, da beide Metalle in Verbindung mit Eisen elektropositiv wirken.

Die Spritzmetallisierung geht in der Weise vor sich, dass Metall durch eine Spritzpistole in heissflüssigem Zustand auf den zu behandelnden Gegenstand aufgespritzt wird. Hierfür kommt das Drahtspritzverfahren oder das Pulverspritzverfahren in Frage. Das aufgespritzte Metall haftet

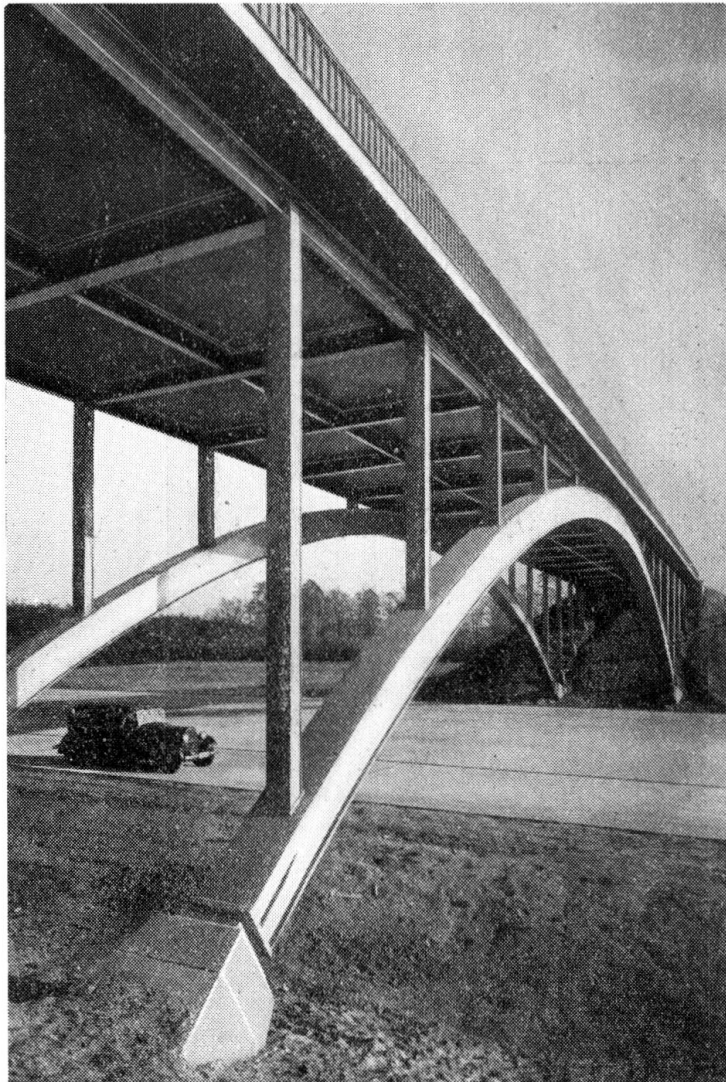


BILD 7. Brücke über die Autobahn-Rennstrecke bei Dessau

durch Adhäsionskräfte auf dem Stahl. Bei einer Schichtdicke von 0,05 mm betrug nach Versuchen von Professor Krekeler, Aachen, die Haftfestigkeit etwa 25 bis 30 kg/cm<sup>2</sup>. Sie fällt mit zunehmender Schichtdicke erst langsam und dann schnell ab. Die Schichtdicke ist also nach oben durch die notwendige Haftfestigkeit, nach unten durch die zu fordernde Korrosionsbeständigkeit begrenzt. Ihr Optimum liegt in bezug auf Lebensdauer, Haftfestigkeit und Wirtschaftlichkeit etwa bei 0,1 bis 0,15 mm bei Brücken und Hochbauten und etwa bei 0,15 bis 0,2 mm bei Stahlwasserbauten. Voraussetzung für eine gute Haftfähigkeit der Spritzschichten ist eine metallisch blank gesandstrahlte Oberfläche. Der Zeitabstand zwischen Sandstrahlen und Spritzen soll möglichst kurz sein, damit keine Flugrostbildung auftritt.

Auch auf Metallspritzschichten können bei besonders ungünstigen Korrosionsbedingungen noch zusätzlich Anstriche ausgeführt werden, und zwar wählt man in solchen Fällen meist eine Kombination von Spritzverzinkung mit zwei Deckanstrichen.



In diesem Zusammenhang ist auch das sog. Flash-Verfahren, das in USA entwickelt wurde, zu erwähnen, bei dem es sich um das Aufbringen einer dünnen Zinkschicht handelt, die der besseren Haftung wegen phosphatiert wird und auf die dann ein normaler Farbanstrich aufgebracht wird. Dieses Verfahren stellt einen sehr guten Oberflächenschutz für solche Stellen dar, die später nicht mehr oder nur schwer zugänglich sind.

Wenn auch heute noch die Spritzmetallisierung kostenmässig etwa dreimal so teuer als ein normaler Farbanstrich ist, so ist andererseits die damit erreichte Lebensdauer so hoch, dass in vielen Fällen die Wirtschaftlichkeit dieses Verfahrens gewährleistet ist, besonders dort, wo keine laufende Unterhaltung und Beobachtung der Konstruktion

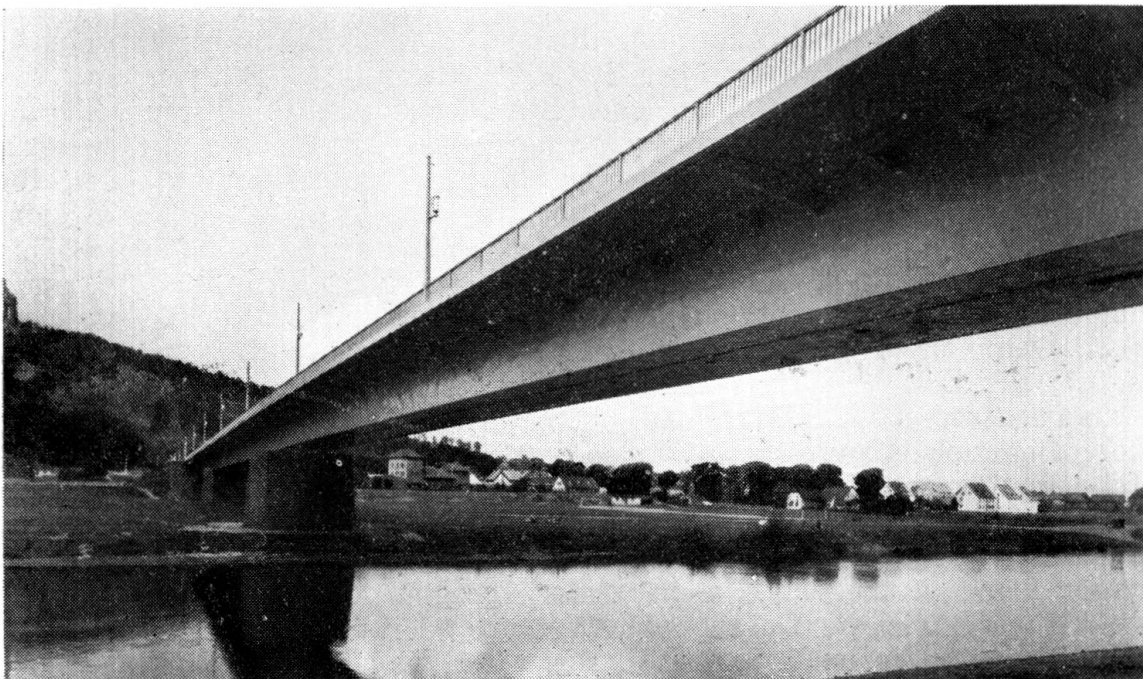


BILD 8. Weserbrücke bei Porta

möglich ist bzw. wo ein Neuanstrich bedeutende Kosten verursachen würde, etwa durch den Ausbau von Schleusenteilen usw. Diese Tatsachen machen das Verfahren besonders geeignet für den Stahlwasserbau. Zur Zeit sind in Deutschland an einem Wehr der Staustufe Offenbach Versuchsausführungen mit spritzmetallisierten Stahlflächen, die in verschiedenen Schichtdicken spritzverzinkt und mit verschiedenen zusätzlichen Schutzanstrichen versehen wurden, unter ständiger Beobachtung.

Während bisher nur die Rede von Korrosionsschutzmitteln, also von nichtmetallischen oder metallischen Überzügen, war, muss zuletzt noch ein Umstand besonders erwähnt werden, der die Korrosionsgefahr von der konstruktiven Seite her verringern kann. Wenn man bedenkt, dass schwere Korrosionsschäden in der Regel ihren Ausgang an Stellen finden, die in besonderem Masse zu Verschmutzungen neigen und dabei noch schwer zugänglich sind, so wird man verstehen, dass die Vermeidung

solcher Stellen an Bauwerken wesentlich dazu beitragen kann, diese Gefahrenquellen auszumerzen. Zu solchen Stellen gehören beispielsweise die Fusspunkte von genieteten Stützen, die Anschlüsse von Fachwerkstäben u. dgl. Eine wesentliche Besserung ist schon durch den Übergang von der genieteten zur geschweissten Konstruktion eingetreten. Die Gegenüberstellung ein und desselben Bauwerkes einmal in genieteter und einmal in geschweisster Ausführung (Bild 5) zeigt deutlich, dass bei dem geschweissten Bauwerk viel weniger Rostansatzstellen vorhanden sind als beim genieteten. Wenn nun der Konstrukteur noch darauf achtet, dass Aussteifungen, Anschlüsse u. dgl. so ausgebildet werden, dass sie keine Ecken bilden, in denen Schmutz und Verunreinigungen zurückbleiben können, ist schon Wesentliches für die Verringerung der Korrosionsgefahr geschehen. Die immer mehr zunehmende Verwendung von Hohl- und Kastenquerschnitten im Stahlhoch- und -brückenbau gegenüber T- und U-Profilen kann ebenfalls dazu dienen, die Rostanfälligkeit solcher Bauwerke zu vermindern. Die in Bild 6 gezeigten Stützen und die Aussenfassade eines amerikanischen Stahlhochhauses mit ihren vollkommen glatten Oberflächen sind ein markantes Merkmal dafür, wie in solchen Fällen ein Rostschutz weniger aufwendig und sehr viel leichter anzubringen ist. Auch die Brücke über die Autobahn bei Dessau (Bild 7), die im Jahre 1936 errichtet und deren Kastenträgerbögen nach 15 Jahren untersucht wurden, zeigte keinerlei Rostansätze, auch nicht innerhalb der Hohlkästen, die dann vollkommen korrosionssicher sind, wenn dafür gesorgt wird, dass keine Luftzirkulation möglich ist. — Als zur Zeit vollkommenstes Beispiel für ein Bauwerk, das bei nur einigermaßen sorgfältiger Ausführung des Schutzanstriches als nahezu korrosionssicher angesehen werden kann, sei auf die im vergangenen Jahr fertiggestellte Weserbrücke bei Porta hingewiesen (Bild 8). Diese Brücke, deren Hauptträger als Hohlkasten ausgebildet ist und deren Fusswege auf weit auskragenden Konsolen ruhen, zeigt äusserlich überhaupt keine vorstehenden Teile, Aussteifungen u. dgl. und bietet damit an keiner Stelle die Gefahr von Wasser- oder Schmutzansammlungen, von denen in erster Linie die Korrosion ausgeht.

Die wenigen hier angeführten Beispiele sollen die Stahlverarbeiter, in erster Linie also die Konstrukteure, darauf hinweisen, dass sie es sehr stark in der Hand haben, Hoch- und Brückenbauten unter Anwendung der neuesten Entwicklung im Stahlbau so zu konstruieren, dass sie auch in Bezug auf Korrosionsanfälligkeit einwandfrei sind.

#### ZUSAMMENFASSUNG

Der gefährlichste Feind des Stahles ist der Rost, der zu bedeutenden Wertverlusten führen kann. Die vorliegende Abhandlung befasst sich zunächst kurz mit der Entstehung des Rostes und zeigt dann, wie man durch geeignete Oberflächenbehandlung des Stahles die Korrosionsgefahr vermeiden bzw. verringern kann. Da der Stahlbauer im allgemeinen der Unterhaltung von Stahlbauwerken nicht die genügende Bedeutung beimisst, wird insbesondere auf die Möglichkeiten hingewiesen, durch geeignete konstruktive Ausbildung die Korrosionsgefahr einzuschränken.

## RESUMO

O mais perigoso inimigo do aço é a ferrugem que pode provocar importantes prejuízos nas estruturas. O autor indica primeiro sucintamente a origem da ferrugem e mostra em seguida como se pode, por meio de um tratamento apropriado das superfícies, diminuir ou mesmo evitar o perigo da corrosão. Dado que o especialista de construções metálicas não atribui geralmente à conservação das estruturas a importância devida, aponta-se particularmente o facto de ser possível limitar consideravelmente o perigo de corrosão por meio de uma concepção bem estudada.

## RÉSUMÉ

Le plus grand ennemi de l'acier est la rouille qui peut causer des dégâts considérables dans les charpentes. L'auteur, après avoir rapidement indiqué l'origine de la rouille, montre comment, par un traitement approprié il est possible de réduire, ou même d'éviter complètement la corrosion. Jugeant que le spécialiste de constructions métalliques n'attache pas suffisamment d'importance à l'entretien des charpentes, l'auteur insiste tout particulièrement sur le fait qu'il soit possible de limiter considérablement le danger de corrosion par une conception bien étudiée.

## SUMMARY

Steel's greatest enemy is rust, which can be responsible for extensive damage in structures. The author, after first referring briefly to the origin of rust, shows how, by means of an appropriate treatment, it is possible to reduce or even avoid altogether the possibility of corrosion. Owing to the fact that the steelwork specialist is generally not aware of structural maintenance problems, particular reference is made to the possibility of greatly limiting corrosion by an adequate design.

Leere Seite  
Blank page  
Page vide