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

Band: 5 (1956)

Artikel: Unterhaltung der Tragwerke aus Stahl

Autor: Wolf, Walter

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-6005

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: 02.10.2025

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

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 Deustchen 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/m² Oberfläche. Die folgende Zusammenstellung zeigt den Einfluss der Atmosphäre auf den Rostverlust von Eisen.

Charakter der Atmophäre	Relative Luftfeuchtigkeit in %	Rostverlust	
		g/m² 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 bezw. vermindert werden, wenn man vermeidet, dass eine entsprechende Wirkung überhaupt auftritt bezw. 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 nichtmetallischen 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.

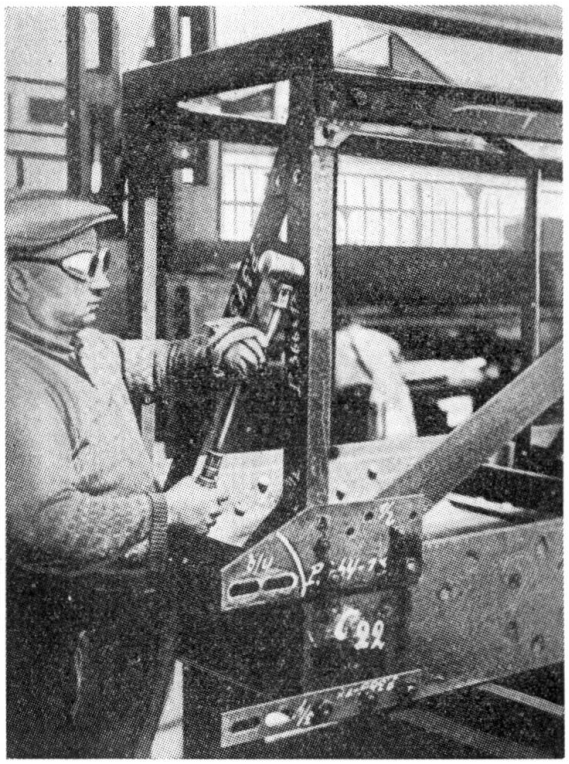

BILD 1. Entrostung mit rotierender Drahtbürste

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 Werkeuge dienen hierzu Pressluft hämmer, 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 Aufrauhung 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 teuerer 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 1/6 bis 1/8.

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

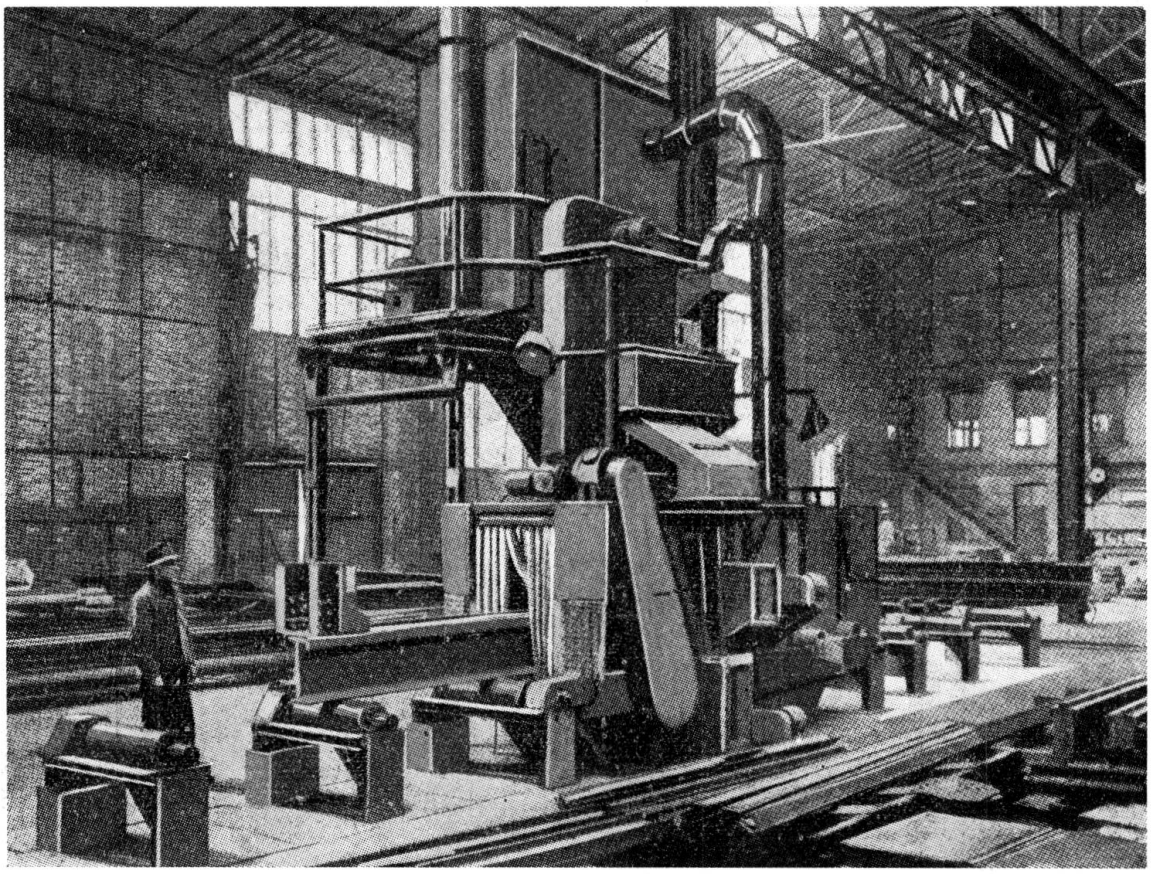

BILD 2. Sandfunkeranlage mit Entstaubung zum Entrosten von Konstruktionsteilen

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 m² 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 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.

BILD 3. Flammstrahlen einer Brücke. Brennerbreite 300 mm

Auch chemische Entrostungsverfahren sind in neuerer Zeit stärker in den Vordergrund getreten. Sie sind besonders geeignet bei Kleineisenteilen, 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 vewandt. 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 Beschaffeneit 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 beigemengt 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 Auftragens.

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° 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 blosse Ausbesserungen von allfäl-

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 Anstricht 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.

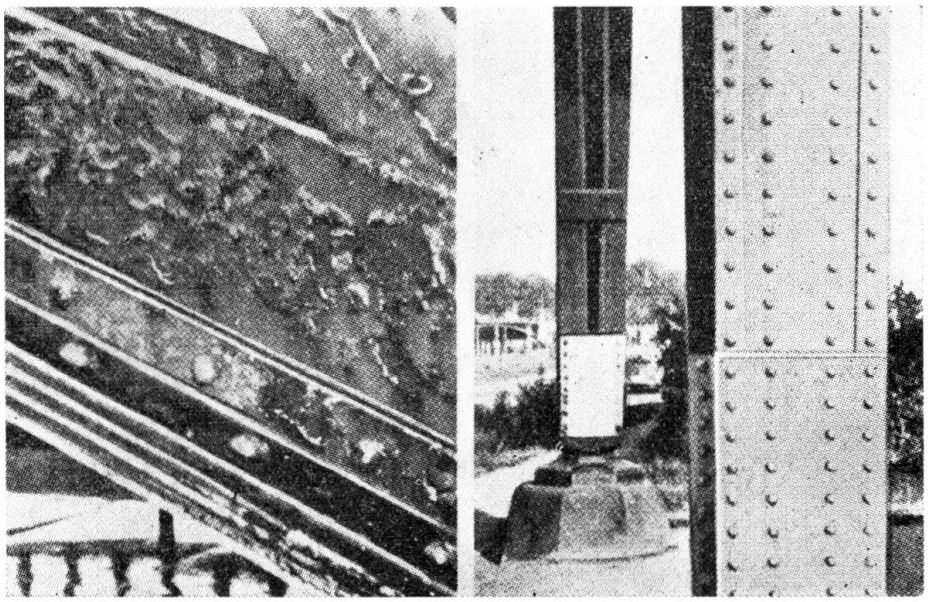

BILD 4. Vergleich des Verhaltens zweier Anstriche

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 $^1/_2$ 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 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 teuere 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 aufzubrigen, 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,

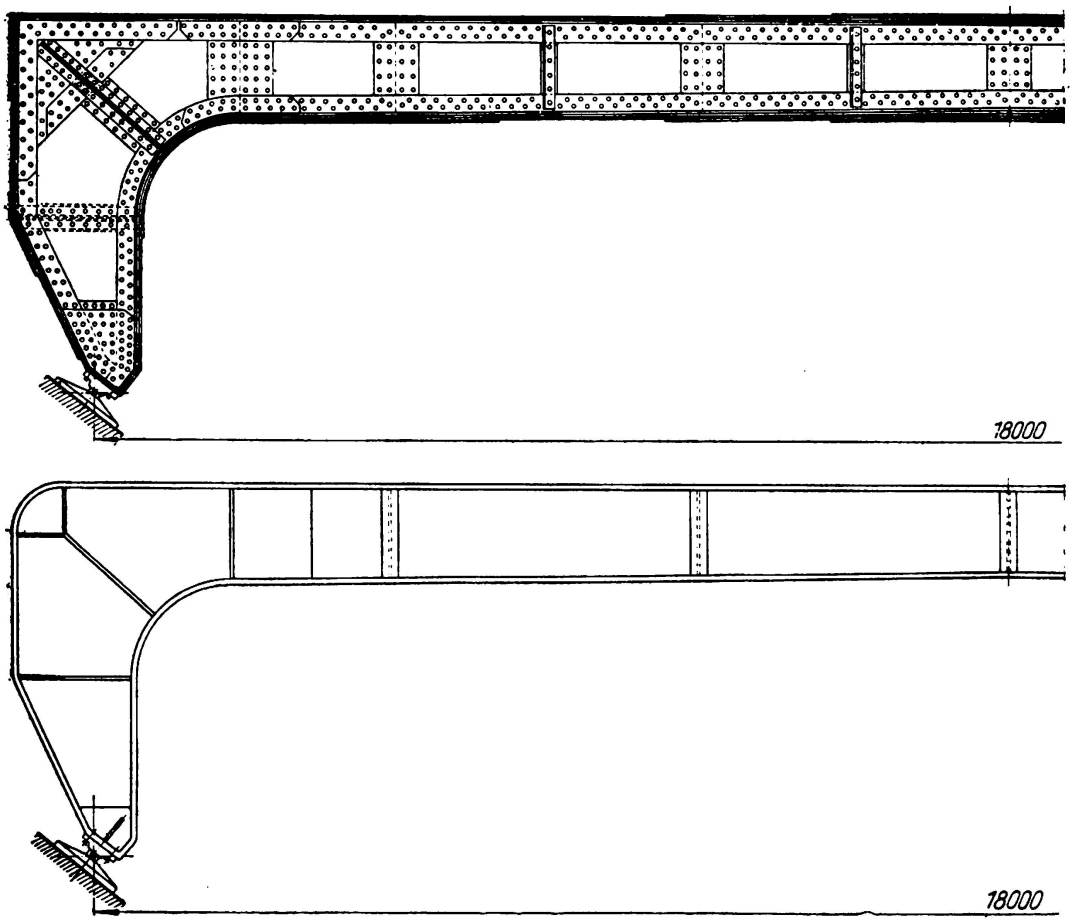

BILD 5. Vergleich eines genieteten mit einem geschweissten Rahmen (Personentunnel Duisburg)

galvanische Verzinkung, Feuerverbleiung, galvanische Verbleiung und das Metallspritzverfahren. Von diesen Möglichkeiten haben die Feuervezinkung 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 g/m² betragen. Er kann geringer gehalten werden, wenn im Lieferwerk eine Nachbehandlung ausgeführt wird (etwa 300 g/m²). Wird der Zinküberzug nur einer trockenen Innentemperatur ausgesetzt, so kann er mit etwa 100 g/m² ausreichend sein. Bei Teilen, die laufend mit Wasser in Berührung kommen, wie z. B. Rohre, Stahlkonstruktionen im Wasserbau usw., muss er jedoch mindestens 1000 g/m² betragen. Eine besonders gute Rostschutzwirkung wird erreicht, wenn man eine Kombination von Anstrich und Verzinkung wählt. Eine

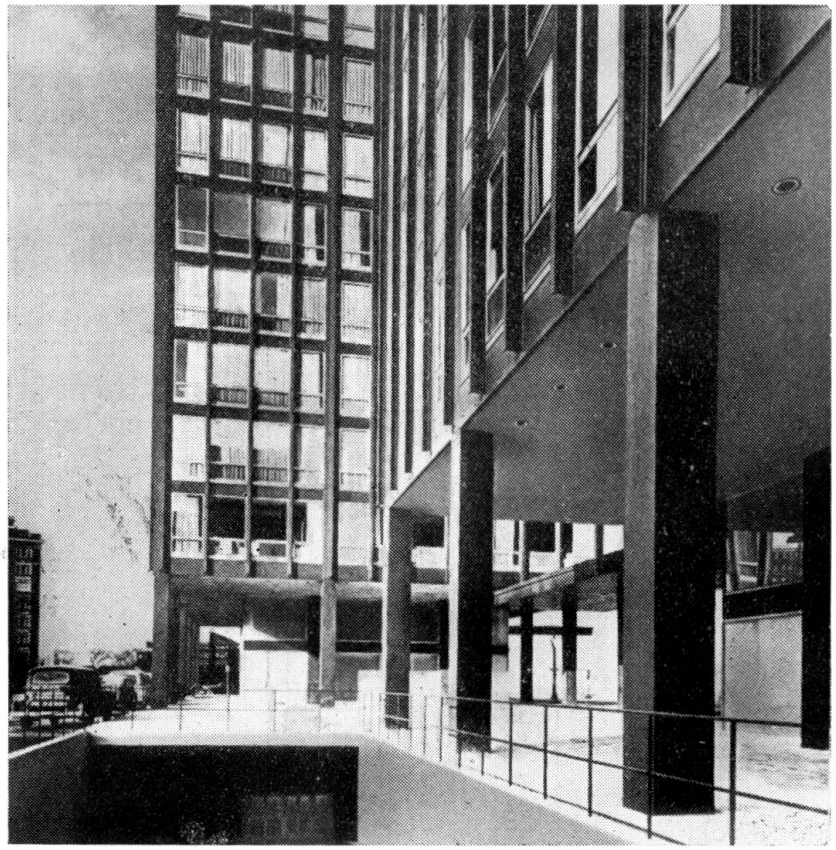

BILD 6. Lake Shore-Haus, Chikago

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 Haftschicht, die gleichzeitig fest mit der Zinkschicht verbunden ist, überzogen ist. Diese künstliche Haftschicht 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 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/cm². 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.

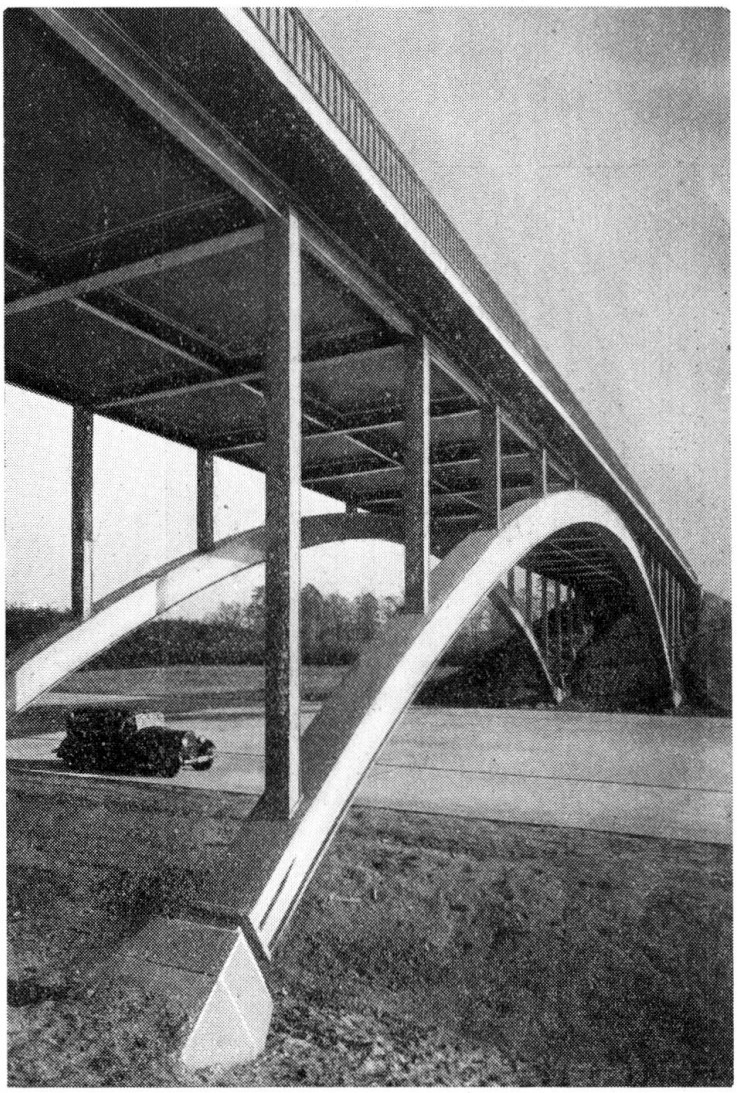

BILD 7. Brücke über die Autobahn-Rennstrecke bei Dessau

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

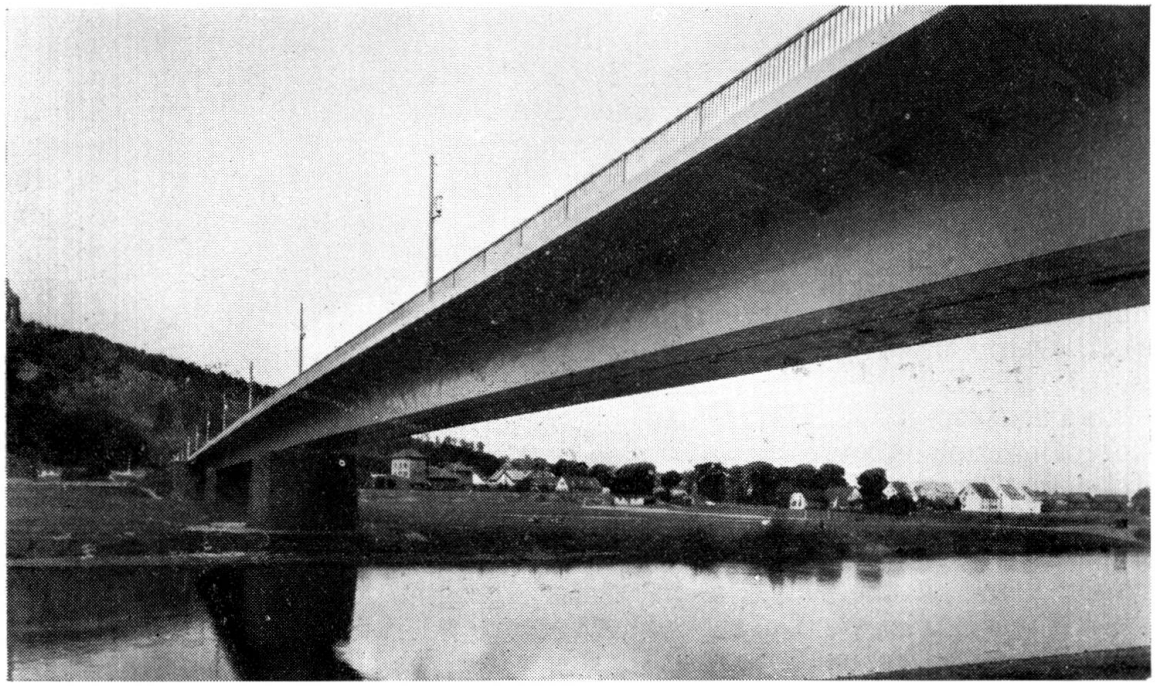

BILD 8. Weserbrücke bei Porta

möglich ist bezw. 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 bezw. 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 suscintamente 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 consideràvelmente 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 dégats 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 ennemy 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 apropriate treatment, it is possible to reduce or even avoid altogether the possibility of corrosion. Owing to the fact that the steelwork specialist is generaly 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