

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

Band: 2 (1936)

Artikel: Generalreferat

Autor: Klöppel, K.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-2872>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 08.02.2025

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

VIIb

Generalreferat.

Rapport Général.

General Report.

Dr. Ing. K. Klöppel,

Leiter der technisch-wissenschaftlichen Abteilung des Deutschen Stahlbau-Verbandes, Berlin.

In den letzten Jahrzehnten hat die Verwendung des Stahles im Wasserbau in einem solchen Maße zugenommen, daß es wohl gerechtfertigt ist, auch auf diesem Sondergebiet Rück- und Ausschau zu halten. Da der Stahlwasserbau mit dem allgemeinen Stahlbau vieles gemeinsam hat, lag es nahe, ihn im Rahmen dieses Kongresses mitzubehandeln.

In Ergänzung der Berichte und Diskussionsbeiträge, die den Leistungsstand des Stahlwasserbaues und die Gründe dieser Entwicklung an Hand ausgeführter Beispiele darlegen, sollen hier gemeinsame Werkstofffragen in zusammenfassender Form kurz erörtert werden.¹ Hierzu gehört vor allem das *Korrosionsproblem*, das von großer stoffwirtschaftlicher Bedeutung ist, ohne daß freilich die meist sachlich wenig begründeten, aber vielfach benutzten „Großzahlen“ über Rostverluste zu stimmen brauchen.²

Dem Bauingenieur, der sich des Stahles als Baustoff bedient, wird es in Zukunft nicht erspart bleiben, sich mit den grundsätzlichen Korrosionsfragen zu beschäftigen. Er hat im Rahmen der auf diesem Gebiet unerläßlichen Gemeinschaftsarbeit eine wichtige Aufgabe zu übernehmen.

Es soll gewiß nicht überschätzt werden, wenn die eingerichteten Berichte nur wenige Fälle starker Zerstörungserscheinungen erwähnen — insbesondere im Spundwandbau reicht die Erfahrungszeit für eine werkstofflich *erschöpfende* Beurteilung der Widerstandsfähigkeit des Stahles gegen Korrosion wohl noch nicht aus —; aber die bisherigen Feststellungen dürften doch günstig und ausreichend genug sein, um die früher oft zu hörenden allgemeinen Bedenken gegen

¹ Die vorgeschriebene Kürzung dieser Ausführung wurde durch Verzicht auf alle diejenigen Angaben erreicht, die als teilweise Wiederholungen der einschlägigen Berichte angesehen werden können.

² In Tageszeitungen und Fachzeitschriften ist häufig der jährliche Korrosionsverlust Deutschlands an Stahl und Eisen mit 2 Milliarden RM. angegeben. Die Größenordnung dieses Verlustes erweist sich schon deshalb als ganz unmöglich, weil die deutsche Gesamterzeugung an Stahl in dem guten Jahr 1929 nur 2 Milliarden RM. erreichte. Schaper kommt dagegen auf Grund einer näher begründeten Schätzung auf einen Wert von 120 Millionen RM. (Stahl und Eisen 1936, S. 1249) und Daeves schätzt demgegenüber den jährlichen Rostverlust Deutschlands an Walzwerkserzeugnissen für Stahlhoch- und Brückenbau, Schiffbau u. dgl. auf höchstens 18 000 t, entsprechend 0,7 Millionen RM.

die Eignung des Stahles als Baustoff des Wasserbaues zu entkräften. Heute erstrecken sich selbst im Spundwandbau unsere Erfahrungen bereits über Zeiträume, die der verkehrswirtschaftlichen Lebensdauer unserer meisten Anlagen entsprechen.

Die Eigenart der Schwierigkeiten des Korrosionsproblems ist dadurch gekennzeichnet, daß wir nicht wissen, auf Grund welcher Gesetzmäßigkeit jeweils die zahlreichen und mannigfaltigen Zerstörungseinflüsse ihrer Wichtigkeit nach zu ordnen sind. Solange dieses Kriterium für Haupt- und Nebenumstände der Korrosionsvorgänge fehlt, werden wir immer Gefahr laufen, Einflüsse zu vernachlässigen, die allein in vermeintlich gleich gelagerten Fällen unterschiedliches Verhalten der Stahlkonstruktionen erklären können. Daraus ist vor allem die Lehre zu ziehen, daß bei praktischen Beobachtungen möglichst viele Einzelangaben zur Kennzeichnung des Sachverhaltes gefordert werden müssen. Hierbei sind auch solche unterschiedlichen Merkmale der einzelnen Beobachtungsfälle zu berücksichtigen, die nach unseren heutigen Erkenntnissen anscheinend kaum etwas mit den Zerstörungsvorgängen zu tun haben. Verdanken wir doch bedeutende Erkenntnisse der Korrosionsforschung (z. B. die Kupferung von Stählen) mehr zufälligen Beobachtungen als planmäßigen Untersuchungen. Der Fortschritt erfordert deshalb die Beteiligung vieler technischer Kreise, die unterschiedliche Möglichkeiten haben, Korrosionserscheinungen zu beobachten. Auf das Sammeln und Auswerten von Erfahrungen und Beobachtungen ist die Korrosionsforschung auch deshalb in stärkerem Maße als andere Gebiete angewiesen, weil die an sich unentbehrlichen „Kurzversuche“ zur Beurteilung etwa eines Anstrichmittels oder einer Stahlsorte bekanntlich von sehr zweifelhaftem Wert sein können. Die zeitliche Zusammendrängung des Korrosionsvorganges ist nur durch Verstärkung des Angriffsmittels, Erhöhung der Temperatur und der Bewegungsgeschwindigkeit des Probekörpers erreichbar. In welchem geringem Maße Ergebnisse solcher Laboratoriumsversuche für praktische Verallgemeinerungen geeignet sein können, beweist schon die bekannte Tatsache, daß sich ganz verschiedene Reihenfolgen der Bewertungsziffern für die Korrosionsbeständigkeit der einzelnen Metalle ergeben, je nachdem in welcher Säure diese geprüft werden.

Die Korrosion wird auf unserem Fachgebiet in erster Linie durch Weiterentwicklung der Schutzanstriche und schwachrostender Stähle bekämpft. Von den Metallisierungsverfahren kann abgesehen werden, da sie im Stahlwasserbau keine Bedeutung erlangt haben.

An die Unterwasseranstriche, die mechanischen und chemischen, sowie pflanzlichen und tierischen Einwirkungen ausgesetzt sind, werden bekanntlich viele z. T. sich widersprechende Anforderungen gestellt. Infolgedessen kann es kein Anstrichmittel geben, das für alle Bedarfsfälle gleich zuverlässig ist. Umsomehr ist es notwendig, durch zahlreiche Beobachtungen an ausgeführten Bauwerken festzustellen, welche Gesichtspunkte bei der Wahl des Anstrichmittels übergeordnete Bedeutung haben. In allen Ländern wird eine befriedigende Beurteilungsgrundlage vermißt. In letzter Zeit sind zur Behebung dieses Mangels Gemeinschaftsarbeiten großen Stiles (Korrosionstagungen und großzügige Naturversuche des Ausschusses für Anstrichtechnik im VDI) eingeleitet worden, die einen wesentlichen Fortschritt erhoffen lassen.

Stahlwasserbauten erhalten am besten Deckanstriche auf Bitumen- und Steinkohlenteerbasis.³ Im Meerwasser wird Heianstrich (Bitumen ohne Lösungsmittel, auch „Guanstrich“ genannt), im Süßwasser Kaltanstrich mit in Benzolkohlenwasserstoffen aufgelösten Bitumen angewandt. Als Grundanstrich wird nach wie vor trotz der Quellgefahr ihres Leinles Bleimennige bevorzugt. Bei Heianstrichen hält man jedoch den Bleimennigegrundanstrich vielfach für entbehrlich. Die Bleimennige muß, um durch das Benzol des nachfolgenden Bitumenanstriches nicht mehr aufgelöst zu werden, gut durchgehärtet sein, wozu 2—5 Wochen erforderlich sind. Dadurch ergeben sich für Montagen und Unterhaltung von Stahlwasserbauten große Schwierigkeiten, die zur Entwicklung einer schnell und auch unter ungünstigen Witterungsverhältnissen trocknenden Bleimennige geführt haben.⁴ Es scheint sogar gelungen zu sein, durch Verwendung besonderer lharzkombinationen eine Sondermennige herzustellen, die schon nach einigen Stunden ausreichend durchgehärtet und gegen benzolgelstes Bitumen unempfindlich ist.⁵ Können als Lösungsmittel von Bitumen Benzinkohlenwasserstoffe verwendet werden, so läßt sich die Trocknungszeit für die Bleimennige ebenfalls wesentlich verkürzen. Neue Versuche mit Anstrichen auf *Chlorkautschuk-Basis*, die auch keine so große Lichtempfindlichkeit wie bituminöse Anstriche aufweisen, lassen eine gute Bewährung dieses Schutzmittels erwarten, insbesondere auch hinsichtlich der im Wasserbau nicht unwesentlichen Verschleißfestigkeit.⁶

Schwachrostende Sthle sind vor allem durch *Kupferzusatz* (bis 0,3 %) erzeugt worden.⁷ Die Erhöhung des Korrosionswiderstandes äußert sich aber nur bei atmosphärischen Angriffen und nicht bei dauernder Einwirkung von Wasser. Gekupferter Stahl rostet zunächst wie gewöhnlicher. Es tritt dann aber allmählich an der Oberfläche eine Anreicherung von Kupfer oder Kupferoxyd auf, das mit dem Rost eine dichte und festhaftende, die weitere Zerstörung stark verzögernde Schutzschicht bildet. Bei stndiger Befeuchtung wird jedoch diese Eisenoxydschicht schwammig und verliert dadurch ihre Schutzwirkung. Daraus erklären sich manche Mißerfolge mit gekupfersten Sthlen im Wasserbau.

Die Weiterentwicklung ging dahin, auch noch andere Legierungsbestandteile zur Erhöhung des Korrosionswiderstandes heranzuziehen. Es zeigte sich, daß z. B. ein verhältnismäßig hoher *Phosphorgehalt*, wie er fast allen Schweieisenarten eigentümlich war, zusammen mit dem Kupfergehalt dazu führt, daß die Schutzschicht sehr dicht wird und sich auch sehr schnell bildet.⁸ Die Überlegenheit neuerer schwachrostender Sthle ist auf diese Erkenntnis zurückzuführen. Solche Erforschungen günstiger Legierungsverhltnisse für Kupfer mit Phosphor und auch Aluminium, Chrom oder Nickel lassen die Erzeugung eines wirtschaftlichen Sthles auch mit ausreichender Korrosionsbeständigkeit im Wasser erhoffen. Daß im übrigen natürlich auch die Zusammensetzung der

³ *Kindscher*: „Stahlbau“ 1935, H. 5 und 6, S. 161.

⁴ *E. Meier*: „Bautechnik“ 1934, S. 577.

⁵ *E. Meier*: Industrie-Lackier-Betrieb 1935, S. 1—6.

⁶ *Kappler*: Z.V.D.I. 1936, Nr. 7, S. 183. — *Ball*: „Der Rhein“ 1935, Nr. 2, S. 39.

⁷ *O. Carius* und *Schulz*: Mitteilungen aus dem Forschungsinstitut der Vereinigten Stahlwerke Dortmund 1928—1936, S. 177.

⁸ *K. Daeves*: „Naturwissenschaften“ 23 (1935), 38, S. 653; derselbe: Mitteilungen der Kohle- und Eisenforschung GmbH. 1935, S. 18 b.

aggressiven Flüssigkeit auf die Widerstandsfähigkeit unterschiedlicher Stahlarten von Einfluß ist, geht schon daraus hervor, daß der Kupfergehalt die Korrosionsbeständigkeit des Stahles in verdünnter Schwefelsäure erhöht, im reinen Wasser dagegen nicht. Bei Anwesenheit von Nitrose soll sich die Kupferung sogar nachteilig erwiesen haben.⁹

In künstlichem Seewasser von *Eisenstecken* und *Kesting*¹⁰ durchgeführte Wechseltauchversuche haben auch die starke Abhängigkeit der Korrosion des Stahles von Versuchszeit und Eintauchdauer erwiesen und damit zugleich zur Klärung der in der Praxis sattsam bekannten Zerstörungserscheinungen in den Wechselzonen von Luft und Wasser beigetragen. Die in Fig. 1 dargestellte

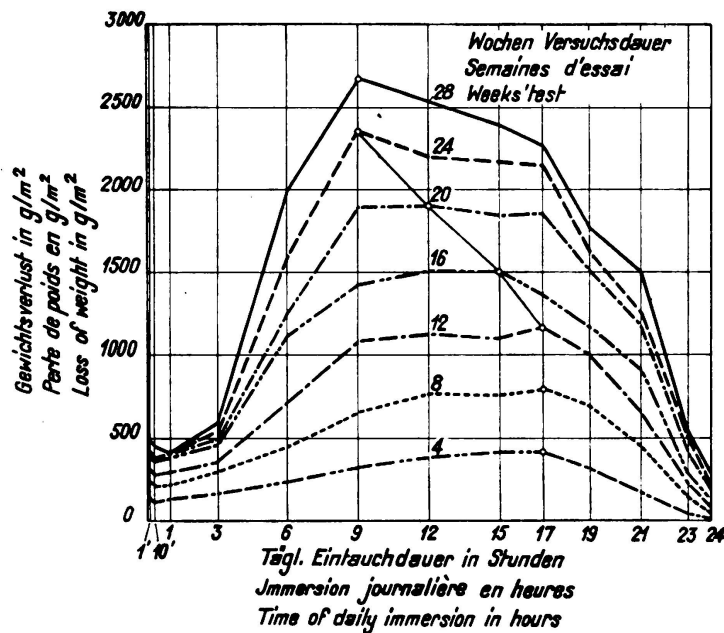


Fig. 1.

Wechselbenetzung eines weichen Kohlenstoffstahles durch Seewasser.
Wasserwechsel nach je 4 Wochen.

je Tag und nach 28 Wochen sogar bei 9 Stunden je Tag der Fall ist. Diese Verschiebung des Höchstwertes mit steigender Versuchszeit nach der Seite der kürzeren Eintauchdauer hin, wird sich aus der fortschreitenden Wasserhaltigkeit der Rostschicht erklären. Auch hieraus geht hervor, daß Wechseltauchversuche, die häufig im Laboratorium durchgeführt werden, nur mit äußerster Vorsicht als Vergleichsgrundlage für die Korrosionsbeständigkeit verschiedener Stahlarten und Schutzmittel herangezogen werden dürfen. Zugleich erkennt man an diesen Ergebnissen aber auch, daß die Widerstandsfähigkeit eines und desselben Stahles im ungeschützten Zustand (z. B. als Spundwände) je nach den vorliegenden Verhältnissen sehr unterschiedlich sein kann.

Auch bei gestrichenen Stahlteilen wirken sich metallurgische Maßnahmen zur Erhöhung des Korrosionswiderstandes günstig aus. Erklärt wird dieses er-

⁹ Büttner: Bücher der Anstrichtechnik 1936, 1. Buch, V.D.I.-Verlag 1936, S. 28.

¹⁰ Bericht über die Korrosionstagung 1935, V.D.I.-Verlag, S. 48.

Versuchsreihe erstreckte sich auf 28 Wochen. Das Wasser wurde jeweils nach 4 Wochen gewechselt. Geprüft wurden kleine Bleche aus weichem Kohlenstoffstahl mit 0,08% Cu. Nach je 4 Wochen ergibt sich eine Kurve. Erst mit zunehmender Eintauchdauer und Versuchszeit von etwa 6 bis 7 h beginnt eine starke Zerstörung der Proben. Nach der Dauertauchung zu verringern sich die Gewichtsverluste wieder beträchtlich. Der Einfluß der Versuchszeit äußert sich darin, daß nach 4, 8 und 12 Wochen der stärkste Angriff bei einer Eintauchdauer von 17 Stunden liegt, während dies nach 16 Wochen bei 15 Stunden

freuliche durch Versuche von *Daeves*¹¹ erwiesene Ergebnis damit, daß an punktartig schwachen Stellen des Anstriches, die selbst bei dessen bester Herstellung später einmal in Erscheinung treten, die fortschreitende Rostbildung verhindert wird, indem die nach kurzer Zeit sich vom Stahl abscheidende dünne Kupferschicht die Fehlstellen gleichsam abriegelt.

Da die Erneuerung und Ausbesserung der Anstriche im Stahlwasserbau besonders zeitraubend und kostspielig ist, gilt hier im erhöhten Maße, daß es unwirtschaftlich wäre, besonders widerstandsfähige Anstrichmittel ihres hohen Preises wegen nicht zu verwenden, denn die Anstrichmittel sind an den Gesamtkosten mit nur etwa einem Fünftel beteiligt.¹² Die Verteuerung der Anstrichmittel darf also ein Mehrfaches der dadurch erreichbaren Verlängerung der Lebensdauer des Anstriches betragen.

Die Vorbehandlung der Stahloberfläche als Anstrichuntergrund ist erfahrungsgemäß von entscheidendem Einfluß auf die Lebensdauer des Anstriches. Es ist selbstverständlich, daß alle verdächtigen Stellen der Walzhaut, insbesondere Zunder und Rost, beseitigt werden müssen und auch hier nicht an Kosten gespart werden darf. Es verdient aber Beachtung, daß andererseits eine dichte Walzhaut auch einen sehr guten natürlichen Rostschutz bilden kann. Bei der Weiterentwicklung schwachrostender Stähle, insbesondere wenn diese im Spundwasserbau ohne Anstriche verwendet werden oder in sehr langen Zeitabständen einen Anstrich erhalten, sollte man der systematischen Erzeugung einer dichten und zuverlässigen Walzhaut große Aufmerksamkeit widmen. Ziemlich reines Eisen (z. B. Armcoeisen) bildet eine sehr gleichmäßige Oberfläche, die einen ausgezeichneten Anstrichuntergrund liefert. Außer solchen metallurgisch bedingten Einflüssen werden vielleicht auch Temperatur und Art des Walzvorganges bei der Entwicklung einer zuverlässigen Walzhaut eine Rolle spielen können. Die Erfolge, die man an kleinen Stahlteilen durch Phosphatierung der Oberfläche erzielt hat, ermutigen ebenfalls zur Beschreitung dieses Weges. Daß eine Walzhaut ein sehr zuverlässiger Rostschutz sein kann, lehren manche günstigen Erfahrungen. Beispielsweise berichtet *Hoffmann*¹³ über den guten Zustand des Anstriches der abgebrochenen Nordelbebrücke in Hamburg. Die Bleimennige haftete hier Jahrzehnte so fest an ihrem Untergrund, der als „bläulicher Glühspan“ bezeichnet wird, daß ihre Loslösung nicht gelang. Daß diese Stahlteile gebeizt waren, ist nicht anzunehmen. Schwierig ist allerdings die zuverlässige Unterscheidung der rostverhindernden Walzhaut von Zunder und Rostschichten. Aus diesem Grund und auch durch das Aufkommen des Sandstrahlgebläses neigt man allgemein dazu, die Walzhaut ganz und gar zu beseitigen. Unbeschadet dessen sollte man nicht versäumen, der Entwicklung der Walzhaut als natürliches Rostschutzmittel weiterhin Beachtung zu schenken. Im übrigen ist bei den gesandeten Stahlteilen auch meist die Übergangszone der Oxydschicht nicht beseitigt,¹² so daß keine metallisch reine Oberfläche erzielt wird, die bekanntlich besonders korrosionsempfindlich ist und daher schnelles Streichen oder andere nicht immer sehr glückliche Maßnahmen zur Verhinderung des Rostes erfordert.

¹¹ *Daeves*: „Farbe und Lack“ 1931, H. 21, S. 242.

¹² *Klöppel*: „Unterhaltungskosten von Stahlbauwerken“, Verlag Noske, Leipzig.

¹³ Dissertation T. H., Hannover 1921.

Die Weiterentwicklung unserer Baustähle zwecks Erhöhung ihrer zulässigen Beanspruchungen hat im Gegensatz zum Großenbrückenbau für den beweglichen Stahlwasserbau, der kleine Spannweiten überwindet, nur untergeordnete Bedeutung. Es ist in vielen Fällen sogar erwünscht, der dynamischen Wirkung des Wassers eine größere Stahlmasse entgegenzusetzen; so erklärt es sich, daß der *hochwertige Stahl* im Wasserbau nur in Ausnahmefällen angewandt wurde. Auch bei Spundwänden wird nach Mitteilung von Professor *Agatz* der Normalbaustahl möglichst bevorzugt, weil eine gleichdicke Abrostungsschicht das massigere Profil aus Normalstahl weniger schwächt als dasjenige aus hochwertigem Stahl, ferner weil ein größeres Trägheitsmoment sowohl eine geringere Ausbiegung der Spundwand ergibt als auch die Geradföhrung der Bohlen beim Rammen erleichtern kann. Eine größere Festigkeit ist aber bei Überwindung großer Eindringungswiderstände unentbehrlich und auch dort am Platze, wo mit starkem Oberflächenverschleiß zu rechnen ist.

Die *werkstofflichen Abnahmebedingungen* für Spundwände und allgemeinen Stahlbau sind meist die gleichen. Inwieweit diese Übereinstimmung im Hinblick auf recht unterschiedliche Beanspruchungsverhältnisse gerechtfertigt ist, läßt sich schwer sagen. Aus den Erfahrungen folgt wohl, daß die bisherigen Güteanforderungen kein Fehlgriff gewesen sind, womit aber nicht gesagt ist, daß andere Prüfwerte der Stähle, deren Eignung für Spundwände nicht besser kennzeichnen könnten. Deshalb sollte man sich nicht so schwer von den bisherigen Abnahmebedingungen trennen, wenn ihre Einhaltung die Weiterentwicklung der Spundwandstähle erschweren sollte.

Die *Schweißtechnik* bietet auch im Stahlwasserbau große Vorteile, wie sich insbesondere bei den beweglichen Stahlwasserbauten für den Albert-Kanal in Belgien gezeigt hat. Der monolithische Charakter geschweißter Stahltragwerke verbürgt auch meist gegenüber den schwereren genieteten Ausführung eine größere Steifigkeit, die vor allem plattenförmigen Körpern, wie sie als Schleusentore im Stahlwasserbau verwendet werden, sehr zugute kommt. Die größere Wasserdichtigkeit und der bequemere Unterhalt fugen- und spaltloser Konstruktionen sind von großem Vorteil, ebenso die wesentlich vereinfachte Konstruktion verdrehungssteifer Tragwerke, die im Stahlwasserbau eine bedeutende Rolle spielen.

Für den Stahlbauingenieur verursachen die Ermittlung der angreifenden Druck- und Sogkräfte des Wassers und die vorbeugenden Maßnahmen gegen Schwingungswirkungen zusätzliche Schwierigkeiten. Zur Lösung dieser von Ministerialrat *Burkowitz* durch Beispiele geschilderten Vorgänge sind strömungsphysikalische Kenntnisse erforderlich, die im theoretischen Wasserbau erworben werden können. Im Interesse des Stahlwasserbaues und insbesondere seines tüchtigen Ingenieurwachstums kann sich eine entsprechende Zusammenarbeit zwischen Stahlbau- und Wasserbau-Lehrstuhl an den Technischen Hochschulen empfehlen.