

**Zeitschrift:** Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria  
**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband  
**Band:** 71 (1979)  
**Heft:** 1-2

**Artikel:** Korrosionsschutz im Stahlwasserbau  
**Autor:** Kruska, Günter  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-941431>

### **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:** 05.04.2026

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

aufweist. Zur Zeit werden im Parana die insgesamt 10 Mio m<sup>3</sup> Schüttmaterial erfordernden Fangedämme ober- und unterwasserseitig der Hauptsperrenbaustelle erstellt.

Letztere wird von sieben 1360 m langen Kabelkranen von je 20 t Tragkraft überspannt, was erlaubt, bis zu 750 m<sup>3</sup> Beton pro Stunde einzubringen. Dieser wird in sechs Betontürmen mit je vier 4,5-cuyd-Mischern hergestellt. Angesichts der hohen Lufttemperaturen wird dem Beton Flockeneis zugegeben, das in zwei Anlagen von 14 und 24 t/h Leistung erzeugt wird. Weitere «Prunkstücke» der Bauinstallation sind vier 10-m<sup>3</sup>-Bagger und vierzig 75-t-Muldenkipper. Die gesamte Belegschaft umfasst an die 30 000 Leute, für die in der Umgebung mehrere grosszügige Siedlungen angelegt wurden. Die ganze Baustelle beeindruckt aber nicht nur durch ihre Dimensionen, son-

dern ebenso sehr durch die Ordentlichkeit und Umsicht, mit der zu Werke gegangen wird, ein beredtes Zeugnis für den brasilianischen Dynamismus.

Der Einstau der Anlage soll Ende 1982 beginnen, worauf im Laufe der nachfolgenden fünf Jahre die 20 Maschineneinheiten in Betrieb genommen werden sollen. Die Anlagekosten werden zur Zeit auf 15 Milliarden Schweizer Franken veranschlagt und die Energiegestehungskosten auf etwas über 3 Rp./kWh.

#### Literatur

- [1] «Water Power and Dam Construction», Oct. and Nov. 1977.  
[2] Krick N.: Der Export von Wasserkraft-Generatoren und Gesamtanlagen. «Wasser, Energie, Luft — Eau, énergie, air» 70 (1978), Heft 11/12, S. 309—314.

Adresse des Verfassers: Niklaus Schnitter, dipl. Ing. ETHZ, Direktor, Motor-Columbus Ingenieurunternehmung AG, CH - 5401 Baden.

## Korrosionsschutz im Stahlwasserbau

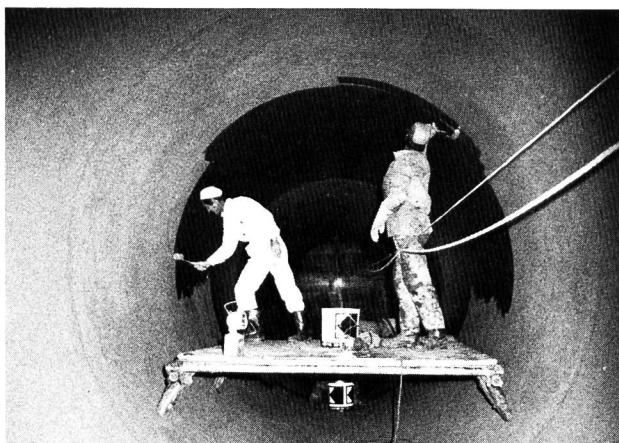
Günter Kruska

### Einleitung

Die Bedeutung des Korrosionsschutzes von Stahlwasserbauten ist heute sowohl von den Kraftwerksgesellschaften, den projektierenden Ingenieurbüros wie auch von den Stahlbau- und Maschinenfabriken anerkannt worden. In der Praxis werden die neuen Erkenntnisse durch Anwendung besserer und fortschrittlicher Systeme weitgehend realisiert.

Mit dem technischen Fortschritt auf dem Gebiete der Anstrichstoffe haben sich im Laufe der Jahre auch die Anstrichsysteme für die Schutzbeschichtung von Stahlwasserbauten wie Druckrohrleitungen, Druckschachtpanzerungen, Verteilrohrleitungen, Turbinen, Kugelschiebern, Wehranlagen und Dammbalken und deren Vorbehandlung geändert. So ist es heute selbstverständlich geworden, dass alle Konstruktionen durch Sandstrahlung vorbehandelt werden. Dabei soll das verwendete Strahlgut kantig sein, um dem nachfolgenden Anstrich eine gute Verankerungsmöglichkeit zu geben. Dies ist beispielsweise bei Verwendung von Stahlschrot nicht optimal gewährleistet. Die Sandstrahlgüte wird gemäss der schwedischen Rostgradskala SIS-Norm 05 59 00-1967 festgelegt, wobei der Entrostungsgrad Sa 3 angestrebt wird.

Bild 1. Innenbeschichtung im oberen Bereich des Druckschachtes Sarelli, Kraftwerke Sarganserland AG. Vorbehandlung: Sa 3. Aufbau der Beschichtung: 2 x Chromidur F Zinkstaubfarbe: 2 x Chromidur FT.

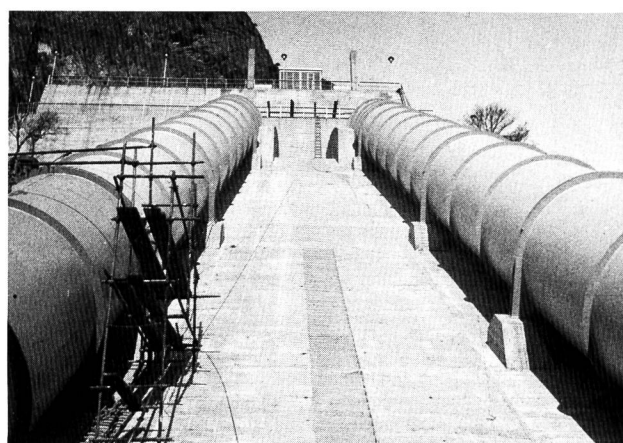


### Hochdruckkraftwerke

Noch vor wenigen Jahren wurden für den Innenkorrosionsschutz von Druckrohrleitungen und Druckschachtpanzerungen in der Schweiz vorwiegend Anstriche auf Bitumen-, Teerpech- oder später auch auf Chlorkautschukbasis angewendet. Zunächst hat man mit Schichtdicken von 120 bis 150 µm ohne zusätzliche passivierende Korrosionsschutzgrundierung gearbeitet. Aufgrund von umfangreichen Untersuchungen, die im Auftrag der Kraftwerksgesellschaften durch die Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt, EMPA, durchgeführt wurden, hat man etwa ab 1940 einen zusätzlichen passivierenden Korrosionsschutz in Form einer Spritzverzinkung und später teilweise auch eine Zinkstaubgrundierung angewendet, wobei die Gesamtschichtdicke des Korrosionsschutzes 300 bis 350 µm betrug. Heute werden hierfür vor allem Beschichtungen mit Schichtdicken von 400 bis 500 µm auf Basis gefüllter Teer-Epoximaterialien eingesetzt, die den früher verwendeten Bitumen- oder Teerpechanstrichen hinsichtlich mechanischer Widerstandsfähigkeit eindeutig überlegen sind.

Bei freiliegenden Druckrohrleitungen traten teilweise durch Temperaturbelastung vor allem bei entleerten Leitungen Probleme mit Zinkstaubgrundierungen auf, so dass

Bild 2. Aussenanstrich an der Druckleitung des Kraftwerks Montjovet der ENEL, Italien. Vorbehandlung: Sa 3. Aufbau der Beschichtung: 2 x Vinoxink R; 2 x Afratop A 70.



man für diese Anwendung zunehmend auf die Verwendung von Zinkstaubfarben verzichtet.

Probleme stellten sich auch beim System «Spritzverzinkung und Anstrich». Systematische Untersuchungen zeigten dabei etwa folgende Schadenursachen:

1. zu hohe Schichtdicken der Spritzverzinkung,
2. hohe Druckbeanspruchung,
3. rasche Druckentlastung,
4. Sonneneinstrahlung,
5. Auswahl ungeeigneter Deckanstriche,
6. Lösungsmittelretention in den Hohlräumen der porösen Spritzverzinkung,
7. Probleme durch Applikation, beispielsweise durch Aufbringen zu dicker Erstanstriche oder Nichteinhaltung von Zwischentrocknungszeiten vor der Belastung.

Diese Einflüsse haben dazu geführt, dass die Spritzverzinkung trotz ihrer unbestreitbaren Vorzüge nicht mehr in dem Umfang angewendet wird wie in früheren Jahren.

Bei Korrosionsschutzarbeiten in Druckrohrleitungen und Druckschachtpanzerungen wird durch Einsatz von leistungsfähigen Klimaanlagen während der Vorbehandlung, Applikation und Trocknung eine Taupunktunterschreitung verhindert. Es gibt jedoch eine Reihe von Fällen, wo eine Klimatisierung nicht möglich ist. Dafür wurden Anstrichsysteme entwickelt, die auch auf feuchten Untergrund appliziert werden können. Zweikomponenten-Beschichtungsmaterialien in Druckrohrleitungen und Druckschächten werden zwar seit langem angewendet; sie bringen jedoch für den Verarbeiter zusätzliche Erschwernis. Es wurden deshalb Entwicklungsarbeiten durchgeführt mit dem Ziel, Einkomponentenprodukte mit den Eigenschaften von Zweikomponentenmaterialien zu schaffen. Das Anforderungsprofil an diese neue Klasse von Anstrichstoffen sieht etwa folgendermassen aus:

1. Keine Mischung von zwei Reaktionskomponenten mit den bekannten Verlust- und Fehlerquellen,
2. einfache, narrensichere Applikation,
3. Erzielung hoher Schichtdicken in einem Arbeitsgang,
4. auch auf feuchtem Untergrund anwendbar,
5. auch bei niedrigen Temperaturen aushärtbar,
6. hohe Abrasionsfestigkeit,
7. gute mechanische Widerstandsfähigkeit,
8. gute Zwischenhaftung auch nach längerer Zwischentrocknungszeit,
9. gute Lagerstabilität.

Diese Anforderungen konnten mit neu entwickelten feuchtigkeithärtenden Polyurethan-Produkten weitgehend erfüllt werden. Diese übertreffen damit die Eigenschaften der bisher eingesetzten Teer-Epoxiprodukte. Inzwischen existieren neben den feuchtigkeithärtenden Teer-Polyurethanprodukten feuchtigkeithärtende Polyurethan-Anstrichstoffe als Zinkstaubgrundierung, Zinkchromatprimer sowie Eisenglimmerfarben. Diese feuchtigkeithärtenden Materialien haben ihre Bewährungsprobe in Grossversuchen an Druckrohrleitungen, Druckschachtpanzerungen, Turbinen, Einlaufbauwerken, Rechenanlagen bereits gut bestanden (Bild 1).

Für den Aussenanstrich von Druckrohrleitungen, die besonders in Hochgebirgslagen durch intensive UV-Einwirkung sowie in der warmen Jahreszeit zusätzlich durch Schwitzwassereinwirkung beansprucht werden, hat sich vor allem ein Anstrichsystem, bestehend aus Zweikomponenten-Epoxi-Zinkstaubgrundierung und Einkomponenten-PVC/Acryl-Dickschichtanstrich, langjährig bewährt (Bild 2). Die Gesamtschichtdicke des Korrosionsschutzes von Druckrohrleitungs-Aussenanstrichen sollte bei freiliegenden Leitungen mindestens 180  $\mu\text{m}$  betragen.

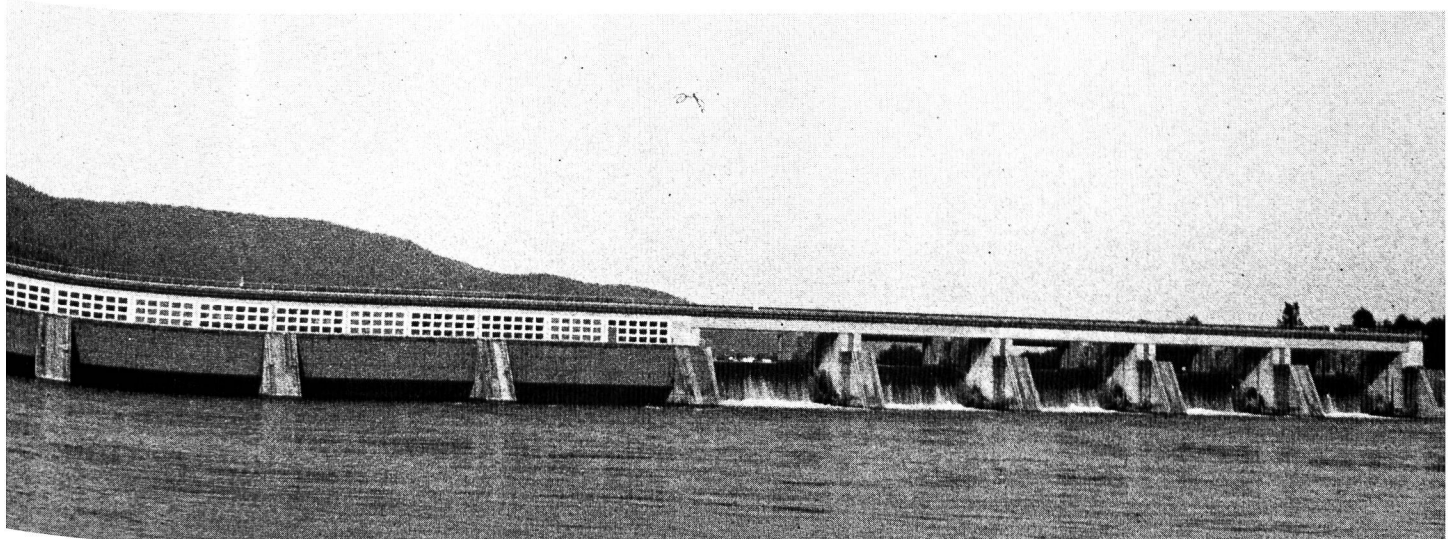
Auch Bitumen-Deckanstriche mit Aluminiumzusatz wurden in grossem Umfang hierfür eingesetzt. In der Farbgebung ist man dabei an den Aluminiumfarbton gebunden, während der Landschaftsschutz häufig einen grünen Deckanstrich vorschreibt. Auch grün eingefärbte Asphalt-Ölverkochnungen werden als Deckanstrich für Druckrohrleitungen angewendet. Hinsichtlich der UV-Beständigkeit und Dauerhaltbarkeit sind sie jedoch den PVC-Acrylanstrichen unterlegen.

#### *Turbinen und Verschlussorgane*

Für den Anstrich der Turbinen, gleichgültig, ob es sich um Kaplan-, Francis- oder Pelton-turbinen handelt, sowie auch für die Verschlussorgane wie Kugelschieber, Drosselklappe hat sich bei uns seit etwa 20 Jahren ein 4- oder 5-facher Chlorkautschuk-Bleimennigeanstrich auf Sa 3-sandgestrahltem Untergrund mit gutem Erfolg behauptet. Vereinzelt werden auch Teer-Epoxianstriche eingesetzt. Bei den Teer-Epoxianstrichen wurden vor allem hinsichtlich Tieftemperaturhärtung und Anwendung auf feuchtem Untergrund in den letzten Jahren Fortschritte erzielt.

Für den Aussenanstrich von Turbinen oder Kugelschiebern haben sich Chlorkautschuk-Bleimennigegrundierungen und

Bild 3. Das Rheinkraftwerk Säckingen von unten gesehen. Anstrich der Wehranlagen. Vorbehandlung: Sa 3. Aufbau der Beschichtung: Spritzverzinkung; 2 x Vinoxink R; 2 x Afratop A 70.



Chlorkautschuk-Deckfarben wegen ihrer guten Schwitzwasserbeständigkeit und leichten Ausbesserungsmöglichkeit bewährt.

### Niederdruckkraftwerke

In Niederdruckkraftwerken ergeben sich bei den Stahlwasserbauten von Wehrverschlüssen, Überlaufklappen, Damm-balken wie auch von Schleusen hohe mechanische Beanspruchungen durch Geschwemmsel sowie Eisbildung im Winter. Je nach Standort der Anlagen (auch innerhalb der Wehranlagen selbst) sind die Belastungen der Schutzanstriche unterschiedlich. Wir unterscheiden: Luftzone (Überwasserbereich) — Wasserwechselzone — Wasserzone.

Es muss danach getrachtet werden, dass mit einem einheitlichen Anstrichsystem möglichst alle Anforderungen erfüllt werden. Besonders ein Anstrichsystem auf Basis einer Zweikomponenten-Epoxi-Zinkstaubgrundierung mit oder ohne Spritzverzinkung sowie ein PVC-Acryl-Dickschicht-Deckanstrich auf Eisenglimmerbasis haben sich seit vielen Jahren bewährt. Der PVC-Acryl-Eisenglimmeranstrich be-

sitzt eine hervorragende Witterungs- und UV-Beständigkeit, hohe Abriebfestigkeit und mechanische Widerstandsfähigkeit sowie gute Dauerbeständigkeit gegen Wasser. Ausbesserungsarbeiten können auch nach Jahren ohne Zwischenhaftungsprobleme ausgeführt werden (Bild 3).

Die Bewährung eines Korrosionsschutzanstriches hängt nicht allein von der Qualität der Anstrichmittel und Beschichtungsmaterialien ab, sondern mindestens ebenso sehr von der sorgfältigen Applikation. Es sollten deshalb für derartige Arbeiten nur erfahrene Applikationsunternehmen beauftragt werden, die Gewähr für eine fachgemässe Ausführung bieten. Die regelmässige und enge Zusammenarbeit zwischen Applikateur und anwendungstechnischem Beratungsdienst des Materiallieferanten vermittelt zusätzliche Sicherheit. Dieser Beratungsdienst wird heute von den meisten projektierenden Stellen bereits während der Ausarbeitung der Ausschreibungsunterlagen beigezogen.

Adresse des Verfassers: Günter Kruska, Chemiker, Anwendungstechnischer Beratungsdienst der Siegfried Keller AG, 8304 Wallisellen.

## 16-Bit-Mikrocomputer überwachen und steuern grosses Wasserkraftwerk in Alabama, USA

Drei räumlich getrennte Mikrocomputer-Systeme (IMP-16 C/200 von National Semiconductor) überwachen die meteorologischen Bedingungen, steuern den Wasserzufluss und kontrollieren die Erzeugung elektrischer Leistung in einem Wasserkraftwerk am Alabama-Fluss, etwa 35 Meilen von Montgomery entfernt. Das kompakte, preisgünstige Computer-System ermöglichte es, das gesamte Jones-Bluff-Wasserkraftwerk, das vier 17-MW-Generatoren umfasst, vom Kontrollraum einer anderen Anlage aus im 150 km entfernten Millers Ferry, zu betreiben. Die Fernüberwachung und -steuerung erspart jährlich fünf Mannjahre an Arbeitsstunden. Der Einsatz von Mikrocomputern anstelle konventionell aufgebauter diskreter Logik oder eines Mini-computers hat die Kosten für die Systementwicklung und die Installation erheblich gesenkt. Der Leiter des Kraftwerkes bezeichnet es als das erste Mal, dass Mikrocomputer zur direkten Steuerung des Wasserzuflusses und der Leistungserzeugung in einem bedeutenden Wasserkraftwerk eingesetzt werden.

### System-Konfiguration mit IMP-16

Das auf drei 16-Bit-IMP-16/200-Mikrocomputer-Karten von National Semiconductor aufgebaute System arbeitet als Netzwerk mit verteilter Intelligenz. Jeder der Mikrocomputer hat eine bestimmte Aufgabe: Der erste übernimmt die Datenerfassung; Aufgabe des zweiten ist die Steuerung des Kraftwerkes, während der dritte als zentrale Überwachungseinheit in Millers Ferry eingesetzt ist.

Der IMP-16/200 ist ein ausserordentlich leistungsfähiger Mikrocomputer: Auf einer Platine (von 22 x 28 cm) befinden sich die 16-Bit-CPU, RAM für 256 Worte, vier Sockel für weitere 512 Worte ROM/PROM, Interrupt-Logik und Sockel für ein zusätzliches Kontroll-ROM (CROM) zur Erweiterung des Instruktionssatzes. Adressiert werden 65 K Speicherplätze. In Jones Bluff übernimmt der IMP-16/200, neben der Ausführung einfacher logischer Entscheidungen, auch arithmetische Aufgaben: Er wandelt Messdaten in Messeinheiten um, steuert den Datenverkehr — er arbeitet also wie ein vollwertiger Computer.

### Überwachung der Staumauer-Schützen und der Generatoren

Mit den IMP-16 werden 25 verschiedene Messdaten übermittelt, die alle zwei Sekunden aufdatiert werden. Steuerfunktionen, das Öffnen oder Schliessen der grossen Staumauer-Schützen oder Einstellungen an den Generatoren, lassen sich von Millers Ferry aus per Schalter oder Skaleneinstellung ausführen.

Das Jones-Bluff-Projekt liegt am Alabama-River, 60 km von Montgomery entfernt. Die 55-Mio-Dollar-Anlage, die im September 1976 fertiggestellt wurde, liefert im Jahr 329 MWh. Die Mauer ist über 100 m breit.

### Zur Arbeitsweise

Zwei der IMP-16-Computer übernehmen die Datenerfassung und die Steuerung des Kraftwerkes. Informationen über den Betriebszustand der Generatoren und der Staumauer werden digital (über Modem) auf einer 8-GHz-Richtfunkstrecke im Multiplex an den Überwachungs-Rechner in Millers Ferry übertragen. Die Übertragungsrate liegt bei 300 Baud. Die Mikrocomputer auf der Sende- und Empfangsseite kodieren beziehungsweise dekodieren die übertragenen Signale, so dass ein einziger Kanal für den gesamten Datenverkehr ausreicht.



Bild 1. Die Lage der Wasserkraftanlagen Jones Bluff und Millers Ferry am Alabama River.