

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 70 (1978)
Heft: 10

Artikel: Erfahrungen mit dem Korrosionsschutz an Druckschachtpanzerung, Kugelschiebern und Grundablassschütze der Calancasca Kraftwerke AG
Autor: Kloter, Hans
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-941093>

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: 12.01.2026

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

Erfahrungen mit dem Korrosionsschutz an Druckschachtpanzerung, Kugelschiebern und Grundablassschütze der Calancasca Kraftwerke AG

Hans Kloter¹⁾

Zusammenfassung

Nach rund 25 Betriebsjahren wurde der Korrosionsschutz einer Druckschachtpanzerung von ungefähr 600 m Länge erneuert. Anhand der in mehr oder weniger regelmässigen Intervallen durchgeföhrten Kontrollen konnte die zunehmende Korrosion an verschiedenen behandelten Flächen gut beobachtet werden. Gegenüber dem früher applizierten Heissbitumen sind die neuen modernen Anstrichmittel ungleich einfacher aufzubringen.

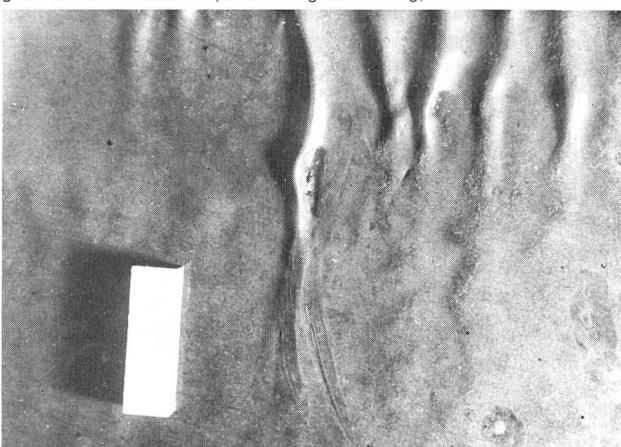
1. Korrosionsschutz einer Druckschachtpanzerung

Die Erfahrungen mit einem Korrosionsschutz werden am Beispiel der Druckschachtpanzerung der Zentrale Sasselio der Calancasca AG aufgezeigt. Das Verhalten dieser kleinen Anlage wurde in Zusammenarbeit mit der EMPA in einigermassen regelmässigen Abständen seit der Inbetriebnahme 1951 kontrolliert. Es sind zwei Generatoren mit je 13,5 MVA installiert, das Gefälle beträgt rund 400 m, der Druckschacht weist eine lichte Weite von 1,5 m auf. Jeder Generator wird durch ein Pelton-Turbinenrad angetrieben, der Wasserverbrauch pro Turbine beträgt bei Vollast 3,3 m³/s bzw. 6,6 m³/s zusammen. Die Wasserfließgeschwindigkeit im Druckschacht, der eine Länge von rund 600 m bei einer Neigung von 80 % aufweist, beträgt ungefähr 3,5 m/s. Der Stausee, in welchem das Wasser gespeichert wird, hat einen Nutzinhalt von 760 000 m³. Er war seinerzeit als ausgesprochener Wochenendspeicher konzipiert worden. Der Fluss Calancasca, dessen Wasser verarbeitet wird, führt im allgemeinen wenig Sand oder Geschiebe mit sich. Er hat ausgesprochenen Wildbach-Charakter. Bei grösseren Niederschlägen im Tal springt er schnell an. Eine Wasserführung von über 300 m³/s wurde in den verflossenen 25 Betriebsjahren einige Male erreicht. Hier hat der sogenannte Wochenendspeicher eine zusätzliche Aufgabe als Sandabsetzbecken. Eine eigentliche Erosionswirkung auf den Korrosionsschutz konnte unter den genannten Bedingungen nicht festgestellt werden.

Die ganze Kraftwerkanlage wurde in den Jahren 1949 bis

¹⁾ Überarbeitete Fassung eines Vortrages, gehalten anlässlich der «Internationalen Fachtagung Korrosionsschutz im Stahlwasserbau» vom 2. und 3. März 1978 in Muttenz. Diese Tagung wurde vom Südwestdeutschen und vom Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband durchgeföhr.

Bild 1. Partie mit stark ausgeprägter Faltung — bis 11 mm dick — und grösseren Anrissstellen (Markierung 10 cm lang).



1951 erstellt. Die Inbetriebnahme der Maschinen, und damit natürlich auch die Füllung des Druckstollens und -schachtes, erfolgte aus energiewirtschaftlichen Überlegungen zu einem Zeitpunkt, in welchem der Korrosionsschutz an der Panzerung des Druckschachtes noch nicht vollendet war. So blieb praktisch die obere Hälfte des Schachtes gänzlich unbehobelt, ein kleiner Teil wurde sandgestrahlt, ein weiterer Teil noch einfach, und der Rest drei- und vierfach mit Kaltbitumen gestrichen. Die Betriebsleitung war sich darüber im klaren, dass durch die frühzeitige Betriebsaufnahme nach kurzer Zeit Erneuerungsarbeiten notwendig würden.

Erste Besichtigung 1954

Diese Erneuerungsarbeiten wurden für das Frühjahr 1954 eingeplant. Vorgängig der Arbeitsaufnahme brachte eine Besichtigung das folgende Ergebnis:

Die unbehobelten Partien zeigten starke Korrosionserscheinungen, die, offenbar durch Unterschiede im Zustand der Walzhaut verursacht, in verschiedener Form auftraten. Die 5 bis 10 mm hohen, halbkugeligen Rostpusteln waren leicht abstossbar. Darunter zeigten sich Anfressungen bis 1 mm Tiefe. Zwischen den Pusteln war die Walzhaut intakt.

Die sandgestrahlten Partien wiesen eine praktisch lückenlose, lockere, höckerige Rostschicht von im Mittel etwa 5 mm Dicke auf. Darunter war das Metall unregelmässig angegriffen und teilweise 1 bis 2 mm tief angefressen. An den Schweißnähten fanden sich, im Aussehen Holzwurmägänen ähnliche, bis 2 mm tiefe Beschädigungen.

Einfach gestrichene Partien wiesen Rostpusteln mit einer Höhe von etwa 5 mm auf. Pro Quadratdezimeter wurden rund 5 Pusteln gezählt. Unter den Pusteln wurden Anfressungen bis 1 mm Tiefe festgestellt. Dazu fanden sich zahlreiche nadelstich- bis nadelkopfgrosse, punktförmige Durchrostungen des Anstriches.

Die drei- und vierfach gestrichenen Rohre wiesen ebenfalls Rostpusteln auf, jedoch — abgesehen von einzelnen Nester mit grösserer Häufigkeit — wurde mit Quadratdezimeter im Durchschnitt nur noch eine festgestellt. Hier fanden sich ebenfalls noch zahlreiche, nadelstichartige Durchrostungen. Der Anstrich zeigt unter der Lupe oberflächliche, feine Nettrisse (Bild 1).

Erneuerungen 1954

Die vorgesehenen Erneuerungsarbeiten begannen Ende April 1954. Die Schachtpanzerung wurde zum grossen Teil maschinell gereinigt, zu einem weiteren Teil mit Handgeräten. Als Korrosionsschutz war vorgesehen, einen zweifachen Kaltbitumenanstrich, Gesamtschichtdicke 0,2 mm, sowie einen rund 2 mm dicken Heissbitumenuftrag im Spritzverfahren (mit nachträglichem Abflammen) aufzubringen.

Es ergaben sich mit der mechanischen Reinigung grosse Schwierigkeiten, zum Teil wegen der vorhandenen Leitschiene für den Revisionswagen, zum Teil wegen den Anfressungen durch den Rost (die Anfressungen konnten nicht bis auf den Grund gereinigt werden). Für eine Sandstrahlung fehlte die Zeit.

Weitere Schwierigkeiten ergaben sich durch die äusseren klimatischen Bedingungen, welche — trotz Klimaanlage — die Kondenswasserbildung im Druckschacht begünstigten.

Das Aufbringen der Heissbitumenschicht in der recht engen Verteilleitung und dem Druckschacht war ein heikles

Unterfangen. Die Mittelwerte der Schichtdicke, aus rund tausend Messungen errechnet, lagen normalerweise zwischen 2 und 2,5 mm. Höhere Dicken wurden am Bitumen-Umschlagplatz gemessen.

Die ganze Erneuerung liess unter diesen Umständen nicht optimale Ergebnisse erwarten.

Kontrolle 1957 und Revisionen 1959

Mitte April 1957 wurde anlässlich einer Kontrolle folgender Zustand angetroffen (nach weiteren 2½ Betriebsjahren):

Die in Druckschacht und Verteilleitung vorhandenen etwa 120 Abblätterungen des Heissbitumenbelages umfassen schätzungsweise 2 m² oder weniger als 1% der Gesamtfläche von 3000 m².

Die Schäden traten hauptsächlich in der unteren Hälfte des Rohrumfanges auf. Es muss daraus geschlossen werden, dass nicht ein grundsätzlicher Mangel am Auftrag vorlag, sondern vielmehr, dass diese durch das mehrmalige durch den Arbeitsvorgang notwendige Befahren des Schachtes verursacht wurden.

Bei den abgeblätterten Stellen haftete die Grundierung noch. Sie war jedoch teils vereinzelt, teils gehäuft von Rostwarzen durchsetzt.

Es wurde vorgesehen, die Stellen bei nächster Gelegenheit mit Butagasbrennern, wie sie seinerzeit zum Abflammen verwendet wurden, vorzutrocknen, zu reinigen und wieder mit einer Heissgussmasse zu überziehen.

Diese Revisionsarbeiten wurden im Frühjahr 1959 ausgeführt.

Kontrolle 1967

Mitte Januar 1967 wurde eine weitere Kontrolle durchgeführt.

Anrostungen waren — von der Führungsschiene abgesehen — nur in sehr geringem Masse festzustellen.

Die festgestellten Schäden beschränkten sich zur Hauptsache auf Blasenbildungen und Abblätterungen einer obersten Bitumenschicht.

Die Flickstellen aus dem Jahre 1959 hafteten schlecht. Offenbar wurden die beschädigten Stellen gut gereinigt und grundiert. Mit dem anschliessend aufgebrachten Heissbitumenbelag wurde jedoch eine grössere Fläche bestrichen als grundiert worden war. Der Heissbitumenbelag verankerte sich gut auf der Grundierung, während die Haftung auf den nicht behandelten Flächen ungenügend war. Tatsächlich waren unter den schlecht haftenden Belägen nur wenige Unterrostungen festzustellen.



Bild 2. Rostpusteln im Schrägschacht zwischen dem Druckstolleneinlauf und der Wasserschlosskammer.

Kontrolle 1973

Im Februar 1973 erfolgte eine weitere Kontrolle. Sie zeigte folgenden Befund:

Im Druckschacht trat im allgemeinen nur wenig Rost auf. Stichproben an den meist nur vereinzelt auftretenden Rostpusteln zeigten maximale Angriffe von etwa 0,5 mm Tiefe. Einzelne Abblätterungen, die vorwiegend in der unteren Hälfte des Rohrumfanges anzutreffen waren, zeigten leichte, nicht in die Tiefe gehende Anrostungen (Bild 2).

Dann waren auf der ganzen Strecke teils nur vereinzelt, teils aber stark gehäuft Blasen im Belag entstanden. Sie waren, wie Stichproben ergaben, meist wassergefüllt und wiesen praktisch keinen Rostangriff auf.

Abblätterungen waren bevorzugt im unteren und oberen Teil des Schachtes anzutreffen, während der mittlere Teil mehr blasenartige Schäden aufwies. Blasen und Abblätterungen hoben sich meistens von der Grundierung ab. Vereinzelt waren aber auch Ablösungen zwischen zwei Heissbitumenschichten festzustellen. Die Abblätterungen beschränkten sich, wenn auch nicht ausschliesslich, so doch vorwiegend auf die untere Hälfte des Rohrumfanges (Bild 3).

Die Sohlenpartie zeichnete sich, abgesehen von der durchgehend angerosteten Schiene, nicht besonders aus.

Stärkere Anrostungen waren in den beiden Hosenrohren beim Einlauf der Stollenpanzerungen anzutreffen. Offenbar wurden diese Partien stärker mechanisch beansprucht und damit beschädigt.

Bild 3. Abblätterungen im Krümmer zum Druckschacht. Angerostete Schiene (für den Kontrollwagen). Anrostungen beim abgeblätterten Deckbelag. Nur geringe Angriffstiefe.

Bild 4. Partie nach dem ersten Sandstrahlen. Die Oberfläche ist noch stark wolzig. Es sind noch einzelne Bitumenreste vorhanden.

Bild 5. «Bitumenprobe» nach dem ersten Sandstrahlen. Mit einem Toluol getränkten Wattebausch wurde das nach dem ersten Sandstrahlen noch vorhandene Bitumen nachgewiesen.

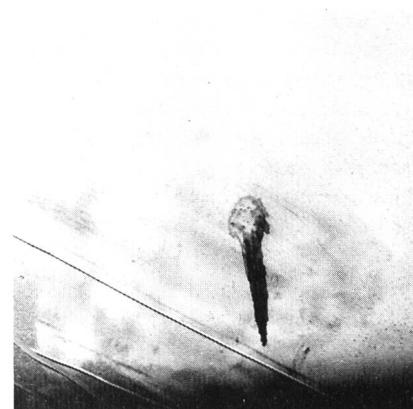
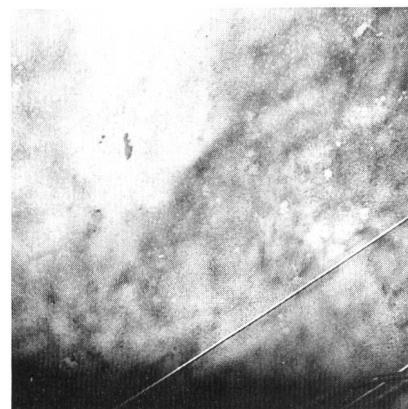
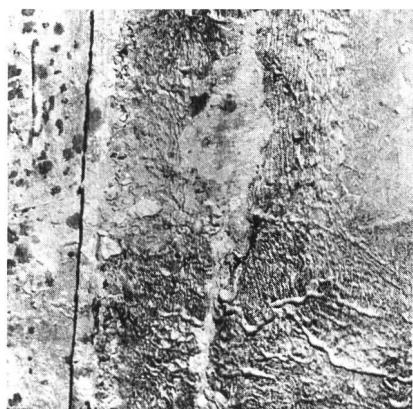




Bild 6. «Bitumenprobe» nach dem zweiten Sandstrahlen. Die geprüfte Fläche ist noch feucht. Es ist jedoch keine Verunreinigung mehr feststellbar.

Es wurde beschlossen, den Rostschutz in den nächsten 5 Jahren zu erneuern, da nur lokale Ausbesserungen nicht mehr sinnvoll erschienen.

Gesamterneuerungen 1976/77

Für die Winterperiode 1976/77 wurde die Gesamterneuerung des Korrosionsschutzes eingeplant. Die alten Bitumenschichten sollten mittels Hochdruckwasserstrahl und Sand entfernt werden. Es zeigte sich dann jedoch — bevor das vorgesehene Verfahren zur Anwendung kam — dass die alten Schichten spröde und mit einer gewöhnlichen Sandstrahlung problemlos zu entfernen waren, so dass das einfache Verfahren gewählt werden konnte. Der Unterschied zwischen dem ersten Sandstrahlen (Grobreinigung) und dem zweiten (Reinigung) wurde mit der «Bitumenprobe» sehr gut sichtbar gemacht (Bilder 4, 5 und 6).

Als Grundierung wurden zwei Anstriche mit Zinkstaubfarbe mit einer Gesamtschichtdicke von 0,1 mm vorgeschrieben. Die einzelnen Schichtdicken waren verschieden abzutönen. Als Deckanstriche wurden 2 Schichten Inertol-Poxitar (Teer-Epoxydharz) mit einer Gesamtschichtdicke von 0,3 mm vorgeschrieben. Um im späteren Betrieb die Kontrolle der Abnutzung zu erleichtern, wurden die einzelnen Anstriche ebenfalls verschiedenfarbig gewählt. Die Schichtdickenmessung für den Gesamtaufbau des Korrosionsschutzes ergab Minimalwerte von 0,35, Mittelwerte von 0,5 und Maximalwerte von mehr als 0,6 mm. Diese Werte wurden aus über 100 Messungen ermittelt. Wegen der unterschiedlichen Korrosionsangriffe auf das Grundmaterial (raue Metallocberfläche) wurden rund 100 weitere Messpunkte — trotz des Aussuchens der Messpunkte — verworfen, weil diese wesentlich höhere Werte erbrachten.

Für die gesamte Arbeitsausführung blieb das Kraftwerk vom 27. Oktober 1976 bis zum 8. März 1977 ausser Betrieb.

Mit den modernen Anstrichen wurden gegenüber der Verarbeitung von Heissbitumen hinsichtlich der Arbeits- und Sicherheitsbedingungen an der Arbeitsstelle ungleich einfache Verhältnisse geschaffen. Während der gesamten Durchführung der Erneuerungsarbeiten musste kein einziger nennenswerter Unfall verzeichnet werden.

Eine nächste Kontrolle wird vermutlich im Winter 1978/79 stattfinden.

2. Korrosionsschutz und Dichtungen an Kugelschiebern

Anlässlich der besprochenen Druckschachtrevision wurden auch die Kugelschieber einer Totalrevision im Herstellerwerk unterzogen. Erwartungsgemäss wurden an den im Be-

trieb unzugänglichen Stellen des Gehäuses grössere Korrosionsschäden angetroffen. Der Rostschutz, seit der Inbetriebnahme 1951 nicht mehr nachbehandelt, bestand aus 2 Anstrichen mit Mennige. Bei der Demontage wurden am Gehäuse und am Drehkörper Rostwarzen bis zu 20 mm Höhe gefunden. Darunter wies das Grundmaterial (Stahlguss) Anfressungen bis 2 mm Tiefe auf. Die Dichtungsnuten, die wegen der Nutmanschetten aus Kunstgummi keinen Korrosionsschutz aufwiesen, waren bis zu den Dichtlippen der Manschetten angerostet. Teilweise waren auch die Seitenflächen der Nuten, welche als Stützflächen für die Dichtungen dienen, angegriffen. Vor allem bei höheren Drücken bzw. höheren Gefällen können Probleme auftreten, wenn sich die Dichtung im vorhandenen kleinen Spalt zwischen dem beweglichen Dichtungsring und dem Gehäuse verklemmt. An diesen Stellen ist es vorteilhaft, wenn die Teile aus nichtrostendem Material und mit entsprechender Oberflächenfeinheit hergestellt werden können.

3. Grundablassschütze in Staumauern

Grundablass- und auch Dotierschütze verursachen im Betrieb — im Hinblick auf den Korrosionsschutz — wenig Probleme, wenn schon beim Bau die betrieblichen Bedürfnisse richtig berücksichtigt werden. So sollten zum Beispiel metallische Dichtungsflächen, die beim Öffnen und Schliessen der Schütze einer hohen Wassergeschwindigkeit ausgesetzt sind, aus einem hochfesten, rostfreien Stahl gefertigt sein. Der Rostschutzanstrich sollte erst dort appliziert werden, wo er eine Chance hat, seinen Zweck zu erfüllen. Antriebstanzen oder Stellungsindikatoren werden mit Vorteil aus rostfreiem Stahl gefertigt. Die Mehrkosten gegenüber verchromtem Material (verchromt wegen der Stopfbüchsen) machen sich meist schon bei der ersten Revision bezahlt. Auch sollte die Verwendung von rostfreien Stahlschrauben selbstverständlich sein.

Wenn Blechkanten sauber gebrochen sind und keine Walzgräte mehr aufweisen, hält auch der Rostschutz besser. Schweißnähte müssen durchgehend geschweisst sein, sonst treten innerhalb weniger Tagen schon «Rostschnäuze» auf, die nur noch schwer zu beheben sind. Bei den einbetonierte Teilen sollte der Korrosionsschutz um die Anschlusskante herum auf der Rückseite angemessen fortgesetzt sein. Anschlusskanten aus rostfreiem Blech — einige Zentimeter breit — haben sich auch sehr gut bewährt. Eliminiert man die kritischen Stellen, an welchen die Zerstörung eines Rostschutzes beginnen muss, z. B. wegen mechanischen Beschädigungen während dem Bau (Betonanschlüsse) oder der Montage, so wird die Lebensdauer der Anstriche wesentlich verlängert.

Adresse des Verfassers: Hans Kloter, Betriebsabteilung der Elektrizitätsgesellschaft Laufenburg AG, 4335 Laufenburg.