Erneuerung der Innenbeschichtung der Druckrohrleitungen des Brennerkraftwerkes

Autor(en): **Zwanziger, Alois / Rainer, Edwin**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **89 (1998)**

Heft 2

PDF erstellt am: **31.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-902046

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Bald 100 Jahre unter Druck stehen die Druckrohrleitungen des Brennerkraftwerkes der Tiroler Wasserkraftwerke AG. Diese Anlage mit 7,7 MW Leistung gehört zu den ältesten ihrer Art und wurde in den letzten Jahren weitgehend renoviert. Der Beitrag zeigt anhand der Erneuerung der Innenbeschichtung der Druckrohrleitungen im Jahre 1997, wie auch fast historische Anlagen wirtschaftlich weiterbetrieben werden können (Bild 1). Zum Einsatz kam ein Beschichtungssystem, das sich auch bei extrem niedrigen Oberflächentemperaturen aufbringen lässt und aushärtet.

Erneuerung der Innenbeschichtung der Druckrohrleitungen des Brennerkraftwerkes

Bild 1 Neue Technik in altem Druckrohr.

■ Alois Zwanzinger und Edwin Rainer

Beschreibung des Kraftwerkes

Das Brennerkraftwerk ist eines der ältesten in Österreich. Es wurde 1898 erstmalig in Betrieb genommen. Das Kraftwerk besteht aus einer Wehranlage mit dem Einlaufbauwerk, den Rollschützen als obere Absperreinrichtungen, zwei parallel in der Erde verlegte Druckrohrleitungen, Verteilrohrleitungen, Turbinen-Keilschieber als untere Absperrorgane und jeweils zwei Francisturbinen.

Die beiden Druckrohrleitungen (DRL) des Kraftwerkes sind zwar in der Erde verlegt, reichen aber teilweise bis an die Oberfläche heran. Die Druckrohrleitungen haben eine Neigung von 34° im Steilstück (46,5 Laufmeter, lfm), 9° in der Schrägstrecke (338,5 lfm) und einen Durchmesser von 1,5 m. Entsprechend dem damaligen Stand der Technologie sind die Rohrleitungen aus 1,5–1,7 m langen Halbschalen zusammengenietet. Die Gesamtlänge jeder Rohrleitung beträgt 412 lfm, wobei rund 385 lfm davon beschichtet wurden. Die Verteilrohrleitungen wurden vor vier Jahren erneuert

Adressen der Autoren
Mag. *Alois Zwanzinger*
Corro Tec
Korrosionsschutz Vertriebsgesellschaft m.b.H.
Wagramer Strasse 93/2
A-1220 Wien

Ing. *Edwin Rainer*
TIWAG – Tiroler Wasserkraftwerke AG
Wilhelm Greil Strasse 17
A-6010 Innsbruck

Bild 2 Nieten und die Blechstössen verursachen Wirbelungen.

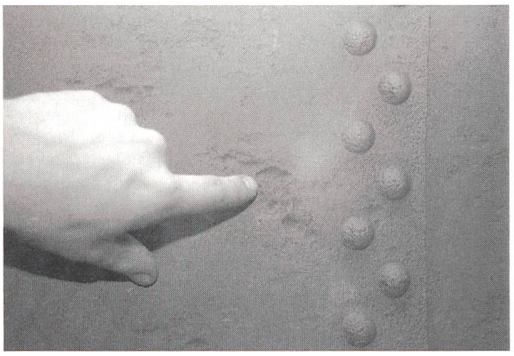

Bild 4 Schwere Korrosionsschäden.

Bild 3 Die alte Beschichtung war mit einem Messer leicht entfernbar.

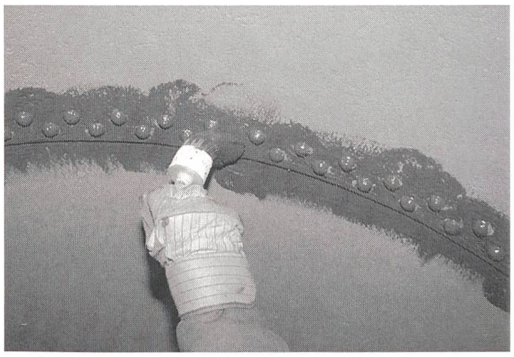

Bild 5 Effizientes Vorstreichen.

und damals aufgrund der enormen Abriebbelastung mit dem PU-Produkt Irathane beschichtet.

Da die Rohrleitungen schon 99 Jahre alt sind, wurden sie vor der Neukonservierung auf den mechanischen Zustand überprüft, um die Entscheidung einer Neukonservierung oder einer kompletten Erneuerung treffen zu können. Die Untersuchungen (z.B. Wandstärkenmessungen usw.) ergaben, abgesehen von den Korrosionsschäden, einen guten Zustand, so dass die Entscheidung getroffen wurde, die Beschichtung zu erneuern. Die Fallhöhe beträgt 80 m und die Vollastwassermenge je Rohrleitung 6 m^3/s.

Einlaufbauwerk und Absperrorgane

Die Wehranlage besteht aus dem Einlaufbereich mit drei Wehrschützen, mit anschliessendem Entsandungsbecken mit zwei Spülschützen, dem Einlaufschütz und dem Stollenschütz. Der Grobrechen ist vertikal angeordnet und hat rund 50 mm lichte Weite. Er wird durch eine manuell bedienbare, fahrbare Rechenreinigungsmaschine gereinigt. Das Rechengut wird in einem Container gesammelt und nach dessen Befüllung entsorgt. Der gesamte Abfall am Grob- und Feinrechen beträgt pro Jahr etwa 40 t.

Die Stauspiegelregelung erfolgt über pneumatische Druckaufnehmer und wird über einen PID-Regler ausgeregelt.

Der Feinrechen hat rund 20 mm lichte Weite. Das anfallende Rechengut wird dort durch eine automatisch geregelte vierfeldrige Rechenreinigungsmaschine über eine Spülrinne abtransportiert und ebenfalls in einem Container gesammelt.

Nach dem Feinrechen gelangt das Wasser über einen rund 502 m langen Freispiegelstollen in das «Wasserschloss». Dort befinden sich unmittelbar vor den beiden Druckrohrleitungen die Absperrorgane. Diese sind als Rollschütze ausgebildet und schliessen bei Gefahr automatisch. Bei einem Ausfall der Maschinen wird das Triebwasser über ein Gerinne, dem «Leerschuss», in das Bachbett zurückgeleitet.

Die Pegelregelung im Wasserschloss verläuft automatisch über die Turbinenöffnungen. Die beiden Druckrohrleitungen sind mit je einer Ultraschall-Durchflussmessung überwacht.

Turbinen und Generatoren

Im Brennerwerk befinden sich vier horizontalachsige Maschinensätze, bestehend aus Francis-Spiralturbine mit angebautem Drehstromgenerator und Erregermaschine.

Die Maschinensätze sind wasserstandsgeregelt. Die Zu- bzw. Abschaltung von Maschinen wird über eine Gruppenleitung, je nach Wasserdargebot, veranlasst. Jeder Maschinensatz hat eine eigene automatische Synchronisiereinrichtung und wird automatisch geregelt und überwacht.

Die Generatorspannung beträgt 6 kV. Jeweils zwei Generatoren speisen über einen 5-kVA-Umspanner auf eine 25-kV-Sammelmaschine. Die installierte Gesamtleistung beträgt 7,7 MW, das Regelarbeitsvermögen rund 49 GWh/Jahr.

In den Jahren 1939 sowie 1949 bis 1952 wurden die acht Maschinensätze durch vier Drehstrommaschinen ersetzt. Der Generator 1 wurde 1985, der Generator 3 wurde 1996 erneuert. Umbauarbeiten und Automatisierung des Werkes erfolgten 1993 bis 1995. Das Werk ist heute vollautomatisiert und wird von der 30 km entfernt gelegenen Netzleitstelle Thaur aus ferngesteuert und überwacht.

Ausgangssituation

Vor 25 Jahren wurde die Rohrleitung mit einer zweifachen Zinkgrundierung und einer etwa 200 µm dicken Deckbeschichtung aus Steinkohlenteerpech konserviert. 1984 war der Abrieb an den Nieten und insbesonders im Sohlbereich soweit fortgeschritten, dass ein Pflegeanstrich mit Inertol 1 dick aufgebracht werden musste. Durch die Tatsache, dass der Fluss, der das Kraftwerk speist, nur durch eine kleine Wehranlage aufgestaut ist, kommt stark mit Gletscherschliff und sonstigen Verunreinigungen belastendes Wasser direkt in die Einlaufbauwerke der Druckleitung (DRL). Durch die Konstruktionsart mit Nieten und die Blechstössen entstehen Wirbelungen, die zusammen mit der hohen Verunreinigung

des Wassers einen starken Abrieb an der Beschichtung verursachen (Bild 2).

An diesen Stellen wurde die Beschichtung auch zwischenzeitlich immer wieder ausgebessert. Dennoch konnte die alte Beschichtung mit einem Messer leicht entfernt werden. Die darunter befindliche Zinkgrundierung war komplett korrodiert und zeigte Haftungsmangel (Bild 3).

Die Wasserführung des Flusses («Obere Sill») erlaubt, dass von Anfang April bis Ende Oktober mit beiden DRL volle Kraftwerksleistung gefahren werden kann. In den Wintermonaten reicht die Wassermenge nur für zwei Maschinen und eine DRL. Durch diese Situation zwang sich der Durchführungszeitpunkt in den Wintermonaten auf, so dass zuerst die Beschichtung der ostseitigen und anschliessend der parallel liegenden westseitigen DRL erneuert wurde. Gleichzeitig wurde dieser Stillstand für Instandhaltungsarbeiten der Maschinen genutzt.

Die Problematik für die Konservierungsarbeiten war, dass man einerseits mit niedrigen Oberflächentemperaturen konfrontiert ist, und andererseits, aus statischen Gründen, die DRL nicht geheizt werden darf. Aufgrund der niedrigen Oberflächentemperaturen (2 bis 4 °C) schieden viele der bisher eingesetzten traditionellen Beschichtungssysteme aus.

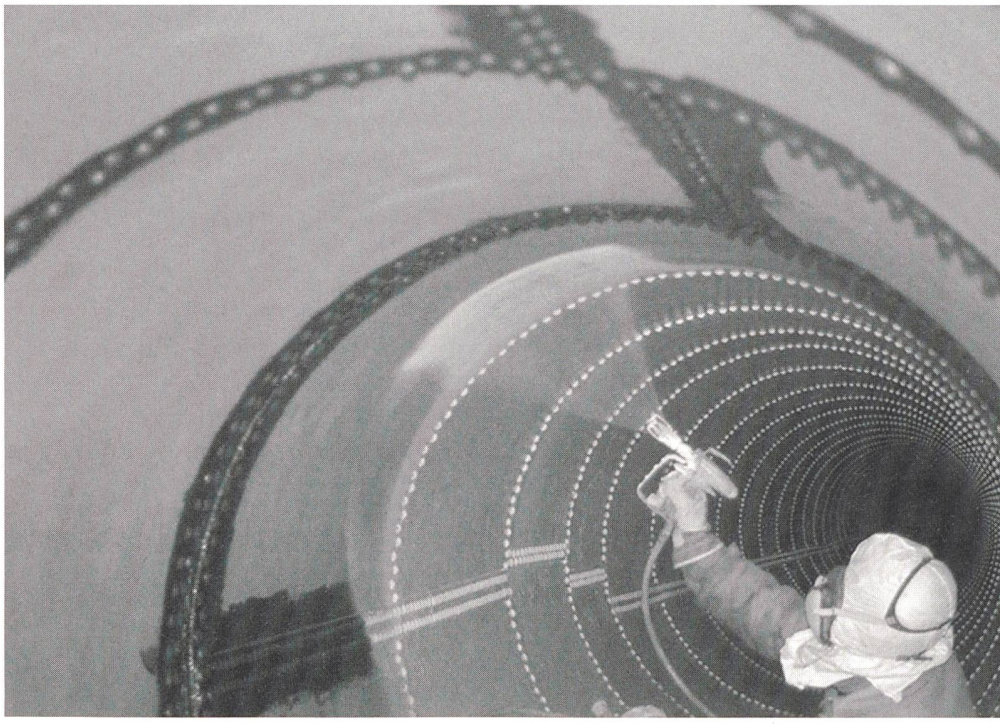

Bild 7 Spritzleistung bei 100 m² pro Stunde.

Klimatisierung

Die Richtung des durch die Klimatisierung erzeugten Luftstromes in der DRL war von oben nach unten. Oben wurde über ein Schott getrocknete Luft eingeblasen und am unteren Ende die Luft über eine Entstaubungsanlage abgesaugt. Aufgrund der niedrigen Oberflächentemperaturen wurde die eingeblasene Luft nur getrocknet und nicht oder kaum geheizt. Kritische Momente während der Konservierungsarbeiten waren immer, wenn Föhnwinde entstanden und die Lufttemperatur kurzfristig stark anstieg. Aufgrund der speziellen geographischen Lage kann die Lufttemperatur selbst in den Wintermonaten kurzfristig auf 10 bis 15 °C ansteigen. Die Normaltemperaturen bewegen sich in dieser Jahreszeit zwischen 0 und –10 °C. Während der gesamten Projektdauer wurde die Klimatisierung computerunterstützt überwacht.

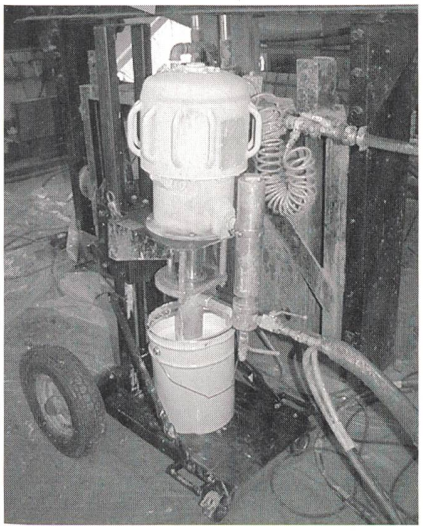

Bild 6 Hochdruck-Airless-Gerät.

Oberflächenvorbereitung

Die Oberflächenvorbereitung erfolgte durch Strahlreinigen mit Korund bis zu einem Normreinheitsgrad Sa $2^1/_2$. Die erzielte Rauhtiefe lag zwischen 50 und 70 µm. Durch die hohe Abriebbelastung und den Umstand, dass in früheren Zeiten (anderer Eigentümer) die Instandhaltung der Beschichtung wahrscheinlich sehr lange versäumt wurde, wies die Oberfläche relativ schwere Korrosionsschäden auf (Bild 4).

Vorgehensweise

Die Zugangsmöglichkeiten der 385 m langen DRL waren auf die Einstiegsmöglichkeit im Bereich des Wasserschlosses sowie auf ein Mannloch in der Mitte und am unteren Ende beschränkt, so dass der obere Abschnitt bis zum mittlerem Mannloch etwa 205 lfm und der untere etwa 180 lfm lang war. Die Strahlreinigung erfolgte von oben beginnend nach unten. Im ersten Abschnitt wurden rund 120 lfm gestrahlt und anschliessend 100 lfm davon beschichtet. Im 2. Abschnitt wurde bis 110 lfm unterhalb des mittleren Mannloches gestrahlt und beschichtet, so dass für den letzten Abschnitt noch 70 lfm verblieben. Über das im Freien befindliche Mannloch in der Mitte der Rohrleitung wurde eine wetterfeste Hütte gebaut, die mitklimatisiert wurde.

Beschichtung

Das Beschichtungssystem Humidur® wurde gewählt, weil es sich auch bei extrem niedrigen Oberflächentemperaturen aufbringen lässt und aushärtet. Die hohe Abriebfestigkeit der Beschichtung sowie die einfache Reparaturmöglichkeit bei Beschädigungen waren weitere wichtige Gründe für die Wahl dieses speziellen Systems. Wie Labortests und Praxisversuche der Tiwag zeigten, erwies sich das Produkt Humidur von Corro Tec als das beste für diesen Einsatzzweck. Wie sich zeigte, härtet es selbst bei Minustemperaturen ohne den geringsten Qualitätsverlust aus. Die Eigenschaft, dass auf eine reine Beschichtung ein weiterer Anstrich erfolgen kann, ohne die Oberfläche zum Beispiel aufrauhen oder aktivieren zu müssen, verspricht für allenfalls erforderliche Reparaturen einen niedrigen Aufwand (Reinigung mit Wasser) und kurze Durchführungszeiten.

Ebenfalls wichtig war die technische Unterstützung des Farblieferanten, da es

Bild 8 Messungen der Trockenschichtdicke mit elektromagnetischem Schichtmessgerät.

sich um ein lösungsmittelfreies Beschichtungssystem handelt und bei der Verarbeitung gewisse Richtlinien eingehalten werden müssen. Ein weiterer Vorteil war, dass die geforderten Mindestschichtdicken leicht in ein oder zwei Schichten erreicht werden konnten.

Im nachhinein betrachtet, erwies sich die Produkteigenschaft, dass diese Beschichtung auch unter Wasser ohne Qualitätsverluste aushärtet, als sehr vorteilhaft, als zwei Tage nach dem Aufbringen der Beschichtung ein Schott undicht wurde und einen Teil der neuen Rohrbeschichtung vorzeitig unter Wasser setzte.

Aufgrund der speziellen Belastungen der DRL (Abrieb) wurde für den Sohlbereich, die Nieten und Blechstösse eine höhere Mindestschichtdicke gewünscht. Die geforderten Trockenschichtdicken lagen für den Deckenbereich bei mindestens 600 µm; für den Bereich der Nieten und Blechstösse bei mindestens 1200 µm und für den Sohlbereich bei mindestens 1000 µm.

Aufgrund der Oberflächenbeschaffenheit und der Korrosionsschäden an Nieten und Blechstössen war es erforderlich, diese vorzustreichen. Für das Vorstreichen wurde ein anderer Farbton gewählt, um die spätere Inspektion und Verfolgung des Abriebes zu erleichtern. Sollte der Abrieb an diesen Stellen soweit fortgeschritten sein, dass die vorgestrichene Schicht durchkommt, müssten diese Stellen ausgebessert werden.

Remplacement du revêtement intérieur des conduites forcées de la centrale du Brenner

Les conduites forcées de la centrale du Brenner des «Tiroler Kraftwerke AG» sont en service depuis bientôt près de cent ans. Cette installation d'une puissance de 7,7 MW – une des plus anciennes de son genre – a été pour ainsi dire entièrement rénovée au cours des dernières années. Se fondant sur le remplacement du revêtement intérieur des conduites forcées en 1997, l'article montre comment il est possible de continuer à exploiter des installations quasi historiques de façon rentable. Un système de revêtement pouvant être appliqué et durcir par des températures extrêmement basses a été utilisé ici.

Das Vorstreichen erwies sich als sehr effizient, da in einer Schicht bis zu 600 µm an Nieten und Blechstössen erzielt werden konnten und darüber hinaus eine schnellere Applikation beim Spritzen dieser schwierigen Bereiche möglich war (Bild 5).

Die Beschichtung wurde mit einem Hochdruck-Airless-Gerät aufgebracht (Bild 6). Aufgrund der beschränkten Zugangsmöglichkeiten und dadurch langen Abschnitte waren Schlauchlängen bis zu 120 m erforderlich. Aufgrund der Besonderheiten der Verarbeitung der Beschichtung ist der Hochdruckschlauch mittels Heizkabel, Thermostat und Isolierung ausgestattet.

Die Spritzleistung lag bei 100 m² pro Stunde (Bild 7). So war es möglich, die 1800 m² jeder DRL in sehr kurzer Zeit vor weiterer Korrosion zu schützen.

Endabnahme

Wie sich durch die Erfahrung der Tiwag gezeigt hat, ist die begleitende Qualitätskontrolle ein wesentliches Element für den Erfolg eines Konservierungsprojektes. Das Korrosionsschutzteam der Tiwag überwachte während der gesamten Projektzeit nicht nur die Strahl- und Beschichtungsarbeiten, sondern auch die Klimatisierung.

An Qualitätssicherungsmassnahmen wurde im Zuge der Endkontrolle über 4000 Messungen der Trockenschichtdikke mit elektromagnetischem Schichtstärkenmessgerät durchgeführt (Bild 8).

Eine weitere Kontrolle hat darin bestanden, die Oberfläche auf Porenfreiheit mit Hochspannungsdetektor zu überprüfen (Bilder 9 und 10).

Zudem wurden Stahlplättchen während der Beschichtungsarbeiten beschichtet. Auf diesen Plättchen erfolgten weitere Qualitätskontrollen durch Erstellen eines Schliffbildes sowie Messen der Haftzugswerte. Haftzugswerte von 140 kg/cm² wurden ohne Fehlers des Humidur-Systems erzielt. Die Begutachtung des Schliffbildes unter dem Mikroskop (1000fache Vergrösserung) ergab eine wesentliche geringere Porosität als bei vergleichbaren Systemen.

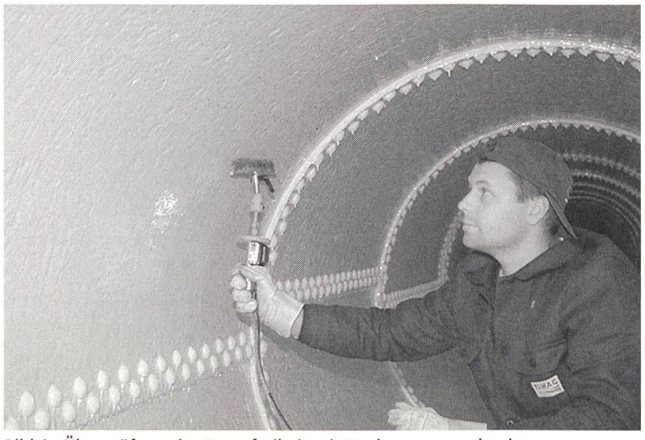

Bild 9 Überprüfung der Porenfreiheit mit Hochspannungsdetektor.

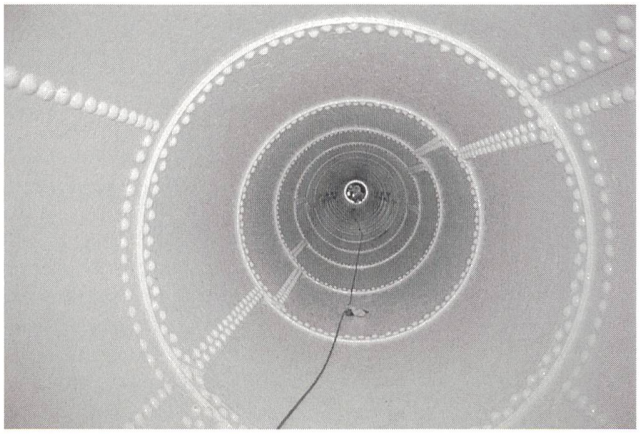

Bild 10 Fertig beschichtete Druckleitung.