

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Gabrys, Ulrike; Baumann, Manfred; Binder, Günter
**CrNi- und Baustahl im Stahlwasserbau: Schadensbilder -
Problemanalysen - Lösungsansätze**

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/105557>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

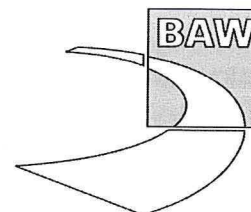
Gabrys, Ulrike; Baumann, Manfred; Binder, Günter (2002): CrNi- und Baustahl im Stahlwasserbau: Schadensbilder - Problemanalysen - Lösungsansätze. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Aktueller Stand und Entwicklungstendenzen im Stahlwasserbau und Korrosionsschutz. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 92-97.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.





Dipl.-Ing. Ulrike Gabrys, , Dipl.-Chem. Manfred Baumann, Dr. rer. nat. Günter Binder,
 Bundesanstalt für Wasserbau Karlsruhe

CrNi- und Baustahl im Stahlwasserbau:

Schadensbilder – Problemanalysen – Lösungsansätze

Einleitung

In der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) gibt es zahlreiche Stahlwasserbauten die der Unterstützung des Schiffverkehrs, der Wasserstands- und der Wasserabflussregulierung dienen. Überwiegend sind diese Bauten aus unlegiertem Stahl (Baustahl) hergestellt, jedoch kommen aus Gründen des Verschleißes und des Korrosionsschutzes auch CrNi-Stähle zum Einsatz. Durch den kombinierten Einsatz von CrNi-Stahl und Baustahl kam häufig zu Schäden. Diese Schäden entstanden in erster Linie infolge Kontaktkorrosion. Denn aus zwei verschiedenen, leitend miteinander verbundenen Metallen, die sich im gleichen Elektrolyt befinden, wird ein elektrochemisches Element (Bild 1) erzeugt /1/. Bei dieser Elementbildung ist immer das edlere Metall vor Korrosion geschützt und das unedlere Metall wird zersetzt.

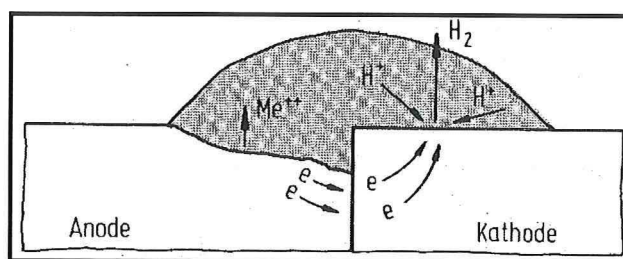


Bild 1: Elektrochemisches Element

Schadensmechanismus

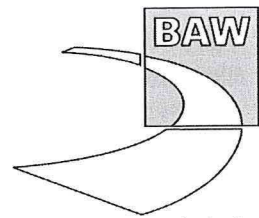
Grundsätzlich laufen zwei verschiedene Reaktionen ab: Im Bereich der Eisenauflösung (Anode) werden gleichzeitig Elektronen und Eisenionen freigesetzt. Hohe Salzgehalte und niedrige pH-Werte des Immersionsmediums fördern die Eisenauflösung. Die dazu korrespondierende

Kathode bildet sich an Stellen relativer Sauerstoffanreicherung oder elektrochemisch edlerer Bereiche aus. Kennzeichnend ist der Elektronenverbrauch durch Reduktion von Sauerstoff und dadurch ermöglichter Hydroxylbildung /2/. Welches der Metalle das edlere ist kann anhand der Spannungsreihe bestimmt werden. In der nachstehenden Tabelle 1 ist die elektrochemische Spannungsreihe für Metalle in Süß- und Meerwasser aufgeführt.

Metall	Potential in mV (SHE)			
	Süßwasser (pH = 6)	Meerwasser (pH = 7,5)		
Gold	+ 306	+ 243	zunehmende Beständigkeit	
Silber	+ 195	+ 149		
Kupfer	+ 140	+10		
Nickel	+ 118	+46		
Wasserstoff	0	0		
CrNi-Stahl	- 84	-45		
Al Cu Mg	+21	- 339		
Al Mg Si	- 124	- 785		
Rein-Aluminium	- 169	- 667		
Zinn	- 175	- 809		
Blei	- 283	- 259		
Baustahl	- 350	- 335		
Cadmium	- 574	- 519		
Zink	- 823	- 284		
Magnesium	- 1460	-1355		abnehmende Beständigkeit

Tabelle 1: Elektrochemische Spannungsreihe der Metalle für Süßwasser und Meerwasser (Elektrolyt belüftet, Temperatur 25 °C)

Je weiter die Metalle in der Spannungsreihe voneinander entfernt sind, um so stärker arbeitet das elektrochemische Element, die Korrosionsgefahr steigt. Weitere Einflüsse auf die Bildung von Kontaktkorrosion sind die Einwirkzeit des Elektrolyten, (z. B. dauernde Flüssigkeitseinwirkung) und die Flächenverhältnisse. Diese Flä-



chenregel besagt, dass das unedlere Metall (Baustahl) um so stärker geschädigt wird, je kleiner dessen Oberfläche im Vergleich zur Oberfläche des edleren Metalls (CrNi-Stahl) ist.

Schäden und ihre Ursache

Häufig werden die nachfolgend aufgeführten Bauteile aus Cr-Ni-Stahl hergestellt:

- Seitenschilder (Gleitfläche für Dichtungen) und Anschlagleisten (für Dichtungen) wegen der Ebenflächigkeit (siehe Kap 6.3 DIN 19704-2) /3/
- Dichtungsklemmleisten und deren Schrauben wegen des regelmäßigen Austausches der Dichtungen
- Torsionsrohre kleinerer Klappen als ebene Gleitfläche für die Elastomerdichtungen wegen der Ebenflächigkeit
- Leitungen für Hydraulikmedien, Luftsprudelanlagen und Schmiermittel wegen des Korrosionsschutzes
- Achsen (für Lauf- und Führungsrollen) und Gelenkbolzen bis 300 mm Durchmesser sollen nach Kap. 10.19 DIN 19704-2 /3/ aus CrNi-Stahl hergestellt oder mit nichtrostender Auftragsschweißung ausgeführt werden

In den letzten 15 Jahren konnten auf Grund der Ausführung der o.g. Bauteile aus CrNi-Stahl Schäden unterschiedlichster Art festgestellt werden. Nachfolgend werden Schadensbilder gezeigt und die Schadensursache benannt.

Die **Seitenschilder** (Schleiffläche der Dichtung) einer Fischbauchklappe sind aus CrNi-Stahl gefertigt und die Fischbauchklappe aus Baustahl (Bild 2). An den Kanten der Fischbauchklappe haben sich infolge Kontaktkorrosion Rostpusteln entwickelt (Bild 3).

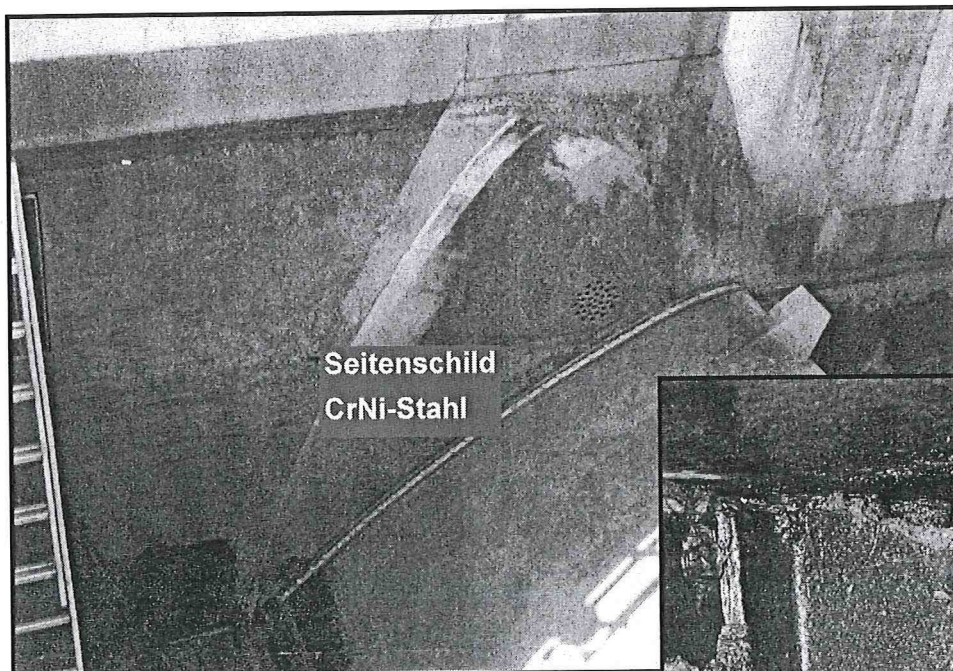


Bild 2: Seitenschild einer Fischbauchklappe

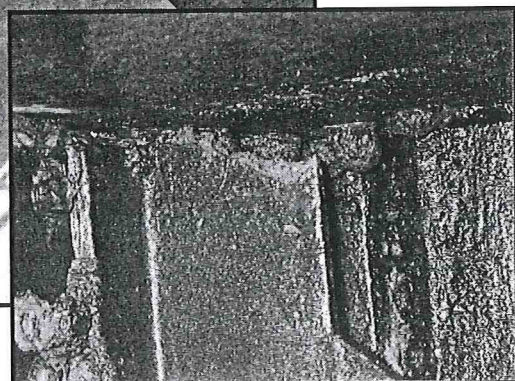
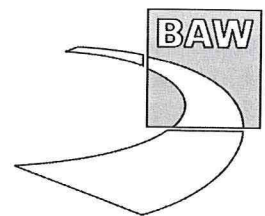


Bild 3: Rostpusteln am Baustahl der Wehrklappe, Ansicht vom Unterwasser



Durch die sog. Kantenflucht des Korrosionsschutzes und unter mechanischer Einwirkung (Sandschliff, Steine) entstehen Fehlstellen an der Beschichtung des Baustahls der Klappe. Diese kleinen Fehlstellen sind flächenmäßig gering gegenüber der Fläche des Seitenschildes aus CrNi-Stahl (Flächenregel) und eine beschleunigte Korrosion ist die Folge. Durch eine Beschichtung der Seitenschilder könnte die Kontaktkorrosion minimiert werden. Jedoch sind an diese Beschichtung hohe Anforderungen hinsichtlich Haftfähigkeit, Härte, Ebenheit, Temperaturbeständigkeit und Glätte zu stellen. In /3/ Kap. 6.3 sind die Anforderungen definiert.

Auf Grund von Schäden an der Beschichtung einer Klappe aus Baustahl und eines mit der Klappe verschweißten **Torsionsrohres** aus CrNi-Stahl wurde das Rohr 1988 konserviert. Dies sollte den Potentialunterschied der beiden eingesetzten Stähle minimieren.

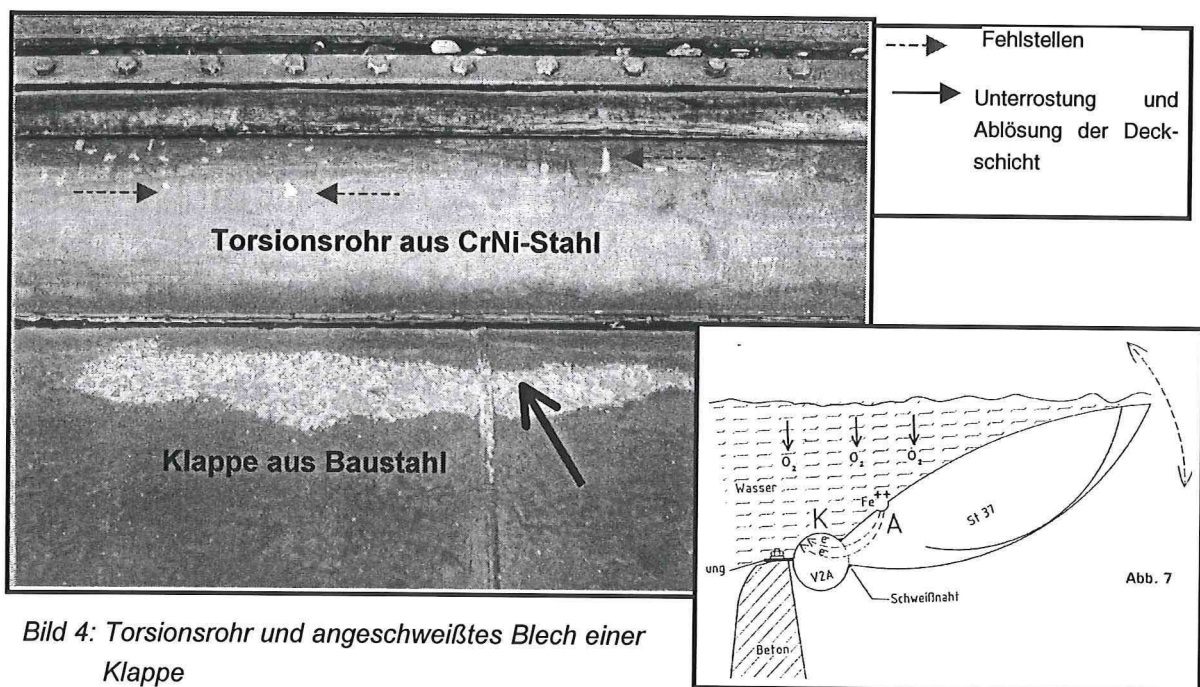


Bild 4: Torsionsrohr und angeschweißtes Blech einer Klappe

Bild 5: Systemskizze der Klappe mit Schadensmechanismus

Bei einer 1992 durchgeführten Bauwerksinspektion waren weitere Schäden an der Beschichtung der Klappe festgestellt worden. Die Klappenbeschichtung war unterrostet und hatte sich teilweise bereits abgelöst (Bild 4). Die Unterrostungen an der Klappe korrespondieren mit Fehlstellen in der Beschichtung des Torsionsrohres und sind ca. 15 cm von der Schweißnaht zwischen dem Torsionsrohr und dem Blech der Klappe entfernt. Die geringen Fehlstelle und die Bildung von Hydroxylionen am CrNi-Stahl (Kathode) könnten am Baustahl (Anode) zur Blasenbildung geführt haben.

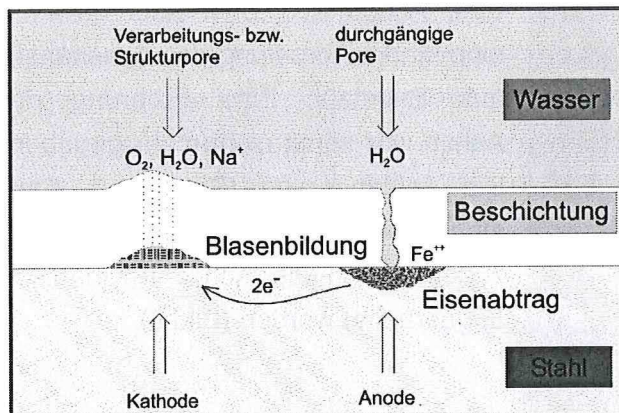


Bild 6: Porensystematik der Beschichtung und davon abzuleitende Korrosionszelle im Baustahl

Eine weitere Möglichkeit der Blasenbildung (an der Kathode) und des Eisenabtrages (an der Anode) sind durchgängige Poren und Strukturporen in der Beschichtung (Bild 6). Der Baustahl ist somit gleichzeitig Anode (Eisenauflösung) und Kathode (Hydroxylbildung).

Ein anderer, häufiger Schadenstyp ist die Abrostung im Bereich der **Schrauben für Dichtungsklemmleisten**. Meistens sind diese Schrauben aus CrNi-Stahl und die Klemmleisten aus Baustahl. Durch den direkten Kontakt der beiden Stähle und dem Elektrolyten Wasser wird ein elektrochemisches Element erzeugt. Die Dichtungsklemmleiste rostet und die einfache Austauschbarkeit der Schrauben zum Dichtungswechsel ist nicht mehr gegeben. Jedoch können auch die Schrauben aus Baustahl sein und die Klemmleiste aus Edelstahl. In diesem Falle findet der gleiche Schadensmechanismus statt, aber mit gravierenden Abrostungen an den Schrauben (Bild 7).



Bild 7: Abgerostete, verzinkte Schraube aus Baustahl

Nach DIN 19704-2, Kap. 10.19 sollen **Achsen** von Lauf- und Führungsrollen und **Gelenkbolzen** bis 300 mm Durchmesser aus CrNi-Stahl oder aus Stahl mit einer nichtrostenden Auftragsschweißung hergestellt werden. Infolge des direkten Kontaktes zwischen der Achse aus CrNi-Stahl und dem Rollenkörper aus Baustahl bildet sich ein elektrochemisches Element. Insbesondere bei Lauf- und Führungsrollen, die sich ständig unter Wasser befinden.



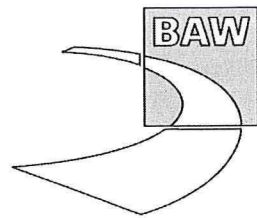
Eine Achse aus CrNi-Stahl bewirkte eine starke Abrostung des Achshalters aus Baustahl. Eine Fixierung der Achse war somit nicht mehr gegeben. Die Achslagerung (Blech aus Baustahl) ist ebenfalls korrodiert und zudem durch die Achse mechanisch abgearbeitet worden (Bild 8).

Bild 8: Abgerostete Achshalterung und Folgeschäden

Maßnahmen zur Minimierung von Kontaktkorrosion

Der Einsatz von CrNi-Stählen im Stahlwasserbau ist zu begrenzen. Jeder, auch der von der DIN 19704 vorgeschriebene, Einsatz von CrNi-Stahl sollte während der Bauplanung auf die erforderliche Notwendigkeit hin überprüft und alle notwendigen Flächen aus CrNi-Stahl ermittelt werden. Dadurch kann ein eventuelles, schädigendes Potential bestimmt und über einen Einsatz von Kathodischen Schutzverfahren entschieden werden. Der Einsatz von Opferanoden zum Beispiel schützt die Flächen am Baustahl, an denen durch mechanische Einwirkungen die Beschichtung zerstört wurde. Der direkte Kontakt von CrNi-Stahl mit Baustahl ist zu vermeiden. Nachfolgend sind einige Maßnahmen zur Verhinderung bzw. Minimierung von Kontaktkorrosion aufgelistet:

- Seitenschilder: **Beschichten**, um die Kathodenfläche zu verkleinern. Der Nachteil liegt bei legierten Stählen in der geringen Oberflächenrauheit, so dass das Haftvermögen der Beschichtung herabgesetzt ist. Des weiteren können mechanische Einwirkungen diese Beschichtung zerstören.



- Schrauben oder Dichtungsklemmleisten aus CrNi-Stahl: Zur Vermeidung des direkten Kontaktes zwischen Schraube (CrNi-Stahl) und der Klemmleiste (Baustahl) empfiehlt es

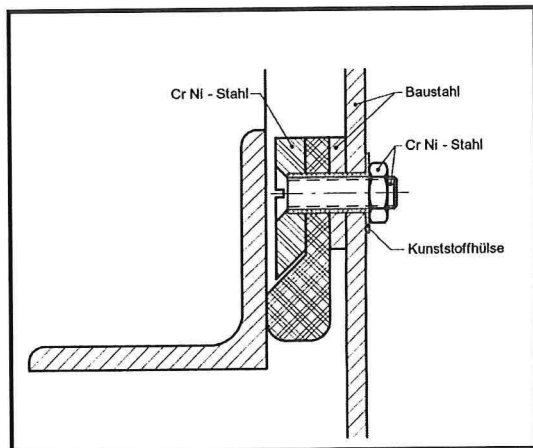


Bild 9: Isolierungen von Schrauben aus CrNi-Stahl

sich, Unterlegscheiben oder **Kunststoffhülsen** über die Schrauben zu ziehen (Bild 9).

- Achsen oder Gelenkbolzen: Zur Vermeidung von Kontaktkorrosion sollte eine Trennung zwischen CrNi-Stahl und Baustahl erfolgen. Dies kann durch **Kunststoffhülsen** (bei geringer Belastung und starren Verbindungen) oder durch Gleitlagerung erfolgen. Bei der Wahl einer **Gleitlagerung** empfiehlt es sich, Lagerungen aus Bronze mit einem Festschmierstoffdepot aus Graphit zu wählen. Die Stirnflächen der Achsen und Gelenkbolzen sollten beschichtet werden.
- Eine weitere Möglichkeit wäre der Einsatz von **Kathodischen Schutzsystemen**, um den angrenzenden Baustahl vor Abrostungen zu schützen.

Zusammenfassung und Ausblick

Durch den kombinierten Einsatz von CrNi-Stahl und Baustahl kam es an den Bauwerken der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung häufig zu Schäden. Hauptursache der Schäden ist die Kontaktkorrosion, die durch zwei verschiedene, leitend miteinander verbundenen Metallen, die sich im gleichen Elektrolyt (Wasser) befinden hervorgerufen wird. Zur Minimierung dieser Schäden sind konstruktive Maßnahmen erforderlich, die über eine Reduzierung der CrNi-Stahlflächen bis hin zum Kathodischen Korrosionsschutz reichen. Eine Trennung der direkten Kontaktflächen durch Kunststoffhülsen oder anderen konstruktiven Maßnahmen (Gleitlagerung, Folien) verhindert maßgeblich die Ausbildung eines elektrochemischen Elementes.

Die BAW untersucht seit einiger Zeit, ob eine Reduzierung der CrNi-Flächen durch den Einsatz von Ersatzmaterialien möglich ist. An konkreten Beispielen wurden Lösungsvorschläge zur Reduzierung der Kontaktkorrosion erarbeitet. Der Aufbau einer Schadensdatenbank ist geplant.

Literatur

- /1/ B. Lundius; Bautechnik 70 (1993), Heft 7
- /2/ Dr. G. Binder; Materials and Corrosion 50 (1999), WILEY-VCH-Verlag GmbH, Weinheim
- /3/ DIN 19704-2 „Stahlwasserbauten: Bauliche Durchbildung und Herstellung“ Ausg. 05/98

