



# Bakterien für Lochfraß in den Spundwänden verantwortlich

von  
Bauoberinspektor z. A. Sven Wennekamp,  
Baurat Marten Ruthemann

## 1 Einleitung

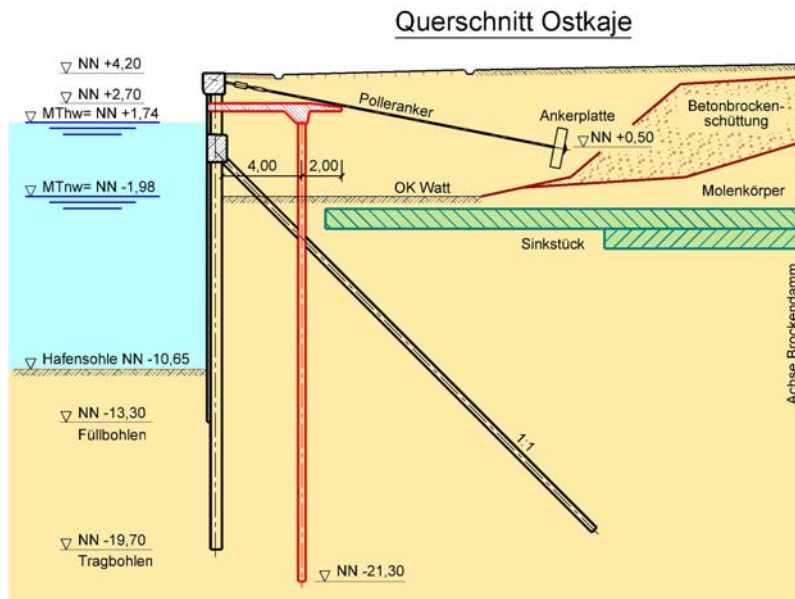
Sie sind nur unter dem Mikroskop zu erkennen, verursachen jedoch Schäden in Millionenhöhe. Gemeinsam haben sie ein Enzym, namens "Hydrogenase", das die biologischen Abbauvorgänge in Gang bringt. Sie, das sind Mikroorganismen, hier Bakterien, die Sulfat reduzieren oder Schwefel oxidieren. Und das machen sie an den Stahlspundwänden, die sich im Vorhafen der Seeschleuse Wilhelmshaven befinden. Das Ergebnis ist Lochfraß.

Mit diesem Artikel soll auf eine Problematik aufmerksam gemacht werden, die seit etwa 12 Jahren bekannt ist und bei unerklärlich hohen Abrostungsraten immer öfter nachgewiesen werden kann. Die Spundwand korrodiert nicht allein durch das Zusammenspiel von Stahl, Wasser und Luft an der Wasserseite, sondern größtenteils von hinten durch Bakterien.

## 2 Vorgeschichte

Die Kajen an der Ost- und Westmole im Vorhafen zur 4. Einfahrt wurden in der Zeit von **1960 bis 1963** gebaut. Die Ost- und Westkaje mit Längen von ca. 1.100 m bzw. 900 m haben vergleichbare Querschnitte und unterscheiden sich im Wesentlichen durch die bei NN - 0,25 m angeschlossene Schrägverankerung (Ostkaje) und die etwa 0,75 m tiefer liegende Horizontalverankerung an der Westkaje. Die Spundwände bestehen aus Trag- und Füllbohlen ("gemischte Spundwand") der Profile PSP 60 L und KS II.

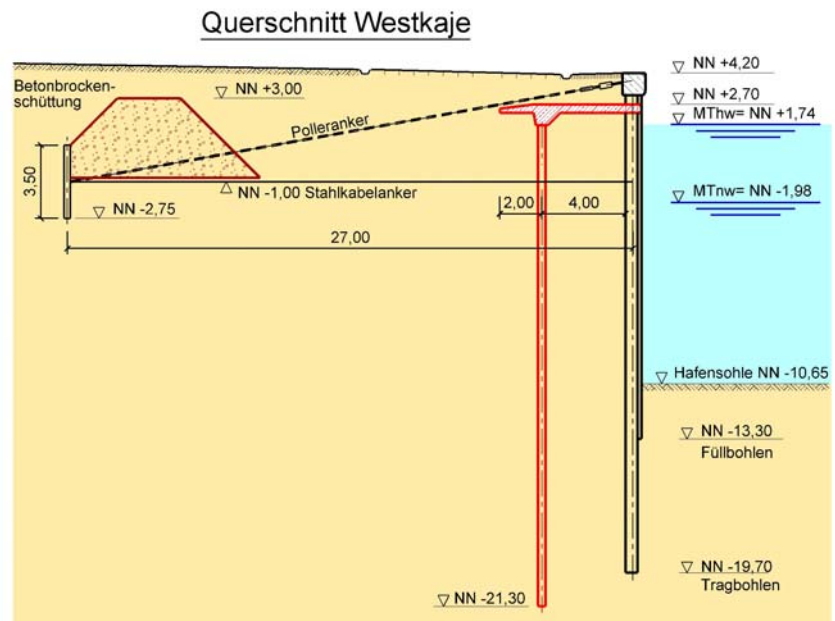
Aufgrund von Rammschwierigkeiten sind bereits beim Bau der Spundwände Schlosssprünge und infolgedessen Sackungen hinter den noch nicht verfüllten Spundwänden entstanden. Erste Wanddickenmessungen wurden **Mitte der 70er Jahre** an den 12 bis 15 Jahre alten Spundwandbohlen mit Ultraschallgeräten der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), Karlsruhe, durchgeführt.



**Anfang der 80er Jahre** wurde die BAW, Hamburg, beauftragt, ein Gutachten über den "Erhaltungszustand der Kajen im Vorhafen zur 4. Einfahrt in Wilhelmshaven", einschließlich der Sackungsschäden in der Spundwandhinterfüllung, aufzustellen. Hierzu wurden Restwanddickenmessungen durchgeführt und die Standsicherheit beurteilt.

**1987** wurden beide Kajen mit einer Kathodenschutzanlage in Kombination mit einem bis NN - 0,2 m reichendem Korrosionsschutzanstrich nachgerüstet.

Um die in der Ursprungsstatik zu gering angesetzten Kräfte aus dem Wasserdruck zu kompensieren, wurde die sogenannte "abschirmende Stahlbetonplatte" hinter der Spundwand eingebaut. Damit sollte die überlastete Verankerung für die Erd- und Verkehrslasten zumindest teilweise entlastet werden.



Außerdem wurde im Zuge dieser Bauarbeiten an der Westkaje eine Drainageanlage zur Absenkung der Grundwasserstände hinter der Spundwand eingebaut.

**Ende der 80er Jahre** traten erste Durchrostungen an den Spundwänden auf, die mit kleineren aufgeschweißten Blechen verschlossen wurden.



**Mitte der 90er Jahre** wurden Taucher beauftragt, eine Unterwasserbauwerksinspektion durchzuführen. Hierbei wurden alle Schäden getrennt nach Loch- bzw. Rissbildung sowie vorhandene Stahlflicken aufgenommen. Der obere Bereich der Wasserwechselzone und die Spritzwasserzone wurden durch die Inspektion nicht mit aufgenommen. So fehlt für die oberen rd. 4,00 m eine Aussage bezüglich der Schäden.

Nachdem weitere Durchrostungen beobachtet wurden, beauftragte das Wasser- und Schifffahrtsamt (WSA) Wilhelmshaven die BAW, Außenstelle Küste, den Erhaltungszustand der Spundwände durch Wanddickenmessungen erneut gutachterlich zu untersuchen. Bei diesen Wanddickenmessungen wurden auch Schäden an der 10 Jahre alten Korrosionsschutzbeschichtung festgestellt. Zum Beispiel wurden die Spundwände an der Ost- und Westkaje im Wartungsbericht als "in ziemlich schlechten Zustand" beurteilt. In der Wasserwechsel- und Niedrigwasserzone hat die Spundwanddicke soweit abgenommen, so dass es zu korrosionsbedingter Lochbildung kommt. Diese Schäden begünstigen ein Austreiben des Hinterfüllmaterials, welches sich negativ auf die notwendige Nutzung der Kaje bezüglich der Befahrung mit schweren Lkws auswirkt. Laut Wartungsbericht wird der Grundinstandsetzung eine hohe Priorität zugesprochen. Es wurden infolgedessen von der Wehrbereichsverwaltung Haushaltsmittel angefordert.

**1998** wurde eine weitere Wartungsinspektion durchgeführt. In diesem Gutachten der BAW wurden hohe Abrostungsraten festgestellt und verschiedene Sanierungsmöglichkeiten vorgeschlagen. Ziel der Maßnahme sollte in erster Linie die volle Nutzbarkeit der Kajeanlage und somit die Aufrechterhaltung der Standsicherheit sein. Bei den Überlegungen wurde die Korrosionsursache nochmals in Frage gestellt. Die relativ hohen Abrostungsraten konnten noch nicht erklärt werden.

Der Einfluss der Fregattenbelegung auf die kathodische Korrosionsschutzanlage der Spundwand stellt eine Möglichkeit dar, die extreme Abrostungsrate zu erklären. Die Daten der 2001 durchgeführten Potenzialmessung zwischen der Spundwand und einer Fregatte werden derzeit von der Wehrtechnischen Dienststelle Eckernförde (WTD 71) ausgewertet. Mit der Vermessung soll der Einfluss der Fregatten mit deren elektrischen Korrosionsschutzanlage (EKS-Anlage) auf die kathodische Korrosionsschutzanlage (KKS-Anlage) der Spundwand festgestellt werden.



Außerdem blieb zu untersuchen, ob die noch nicht so lang bekannte mikrobiell induzierte Korrosion (MIC) hier anzufinden ist. Im Folgenden wurden mehrere Stahl- und Hinterfüllmaterialproben genommen und der BAW, Karlsruhe, zur Analyse überlassen. Diese ersten Proben wiesen auf eine wahrscheinliche rückseitige Korrosion durch Mikroben hin.

### **3 Mikrobiell induzierte Korrosion (MIC)**

Um diese ersten Ergebnisse zu belegen, wurde die Gesellschaft für Technische Mikrobiologie und Hygieneüberwachung (TMH) aus Wendeburg beauftragt, durch mikrobiologische Untersuchungen festzustellen, ob die beobachteten Korrosionsschäden auf mikrobielle Aktivitäten zurückzuführen sind.

Was passiert nun genau bei der MIC?

Bei den Untersuchungen wurden hohe Konzentrationen an Sulfat reduzierenden Bakterien (SRB) im Bereich des MTnw und Sulfat oxidierende Bakterien (SOB) im Bereich der Spritzwasserzone gefunden. In diesen Bereichen trat verstärkter Lochfraß auf.

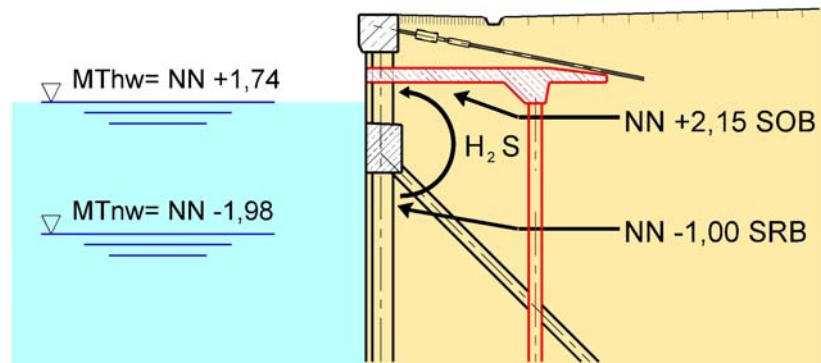
Sulfat reduzierende Bakterien halten sich gerne in einem Schleimfilm auf Untergründen auf, die die eigene Versorgung mit Energie sichern. Zur Energiegewinnung benötigen diese Bakterien molekularen Wasserstoff, Sulfat und anaerobe Bedingungen. Auf wasserfeuchten Stahloberflächen entsteht molekularer Wasserstoff. In dem anaeroben marinen Milieu treten Sulfatkonzentrationen von ca. 900 mg/l auf. Die Bedingungen für die Bakterien sind also hinter der Spundwand ganz ausgezeichnet.

Bei der Energieumsetzung entsteht Schwefelwasserstoff ( $H_2S$ ), das mit dem Eisen aus dem Stahl reagiert und nach einiger Zeit ein Loch im Stahl hinterlässt.

Sulfat oxidierende Bakterien produzieren im Zuge ihres Stoffwechsels in einem aeroben Milieu aus reduzierten Schwefelverbindungen (z. B.: Schwefelwasserstoff) zusammen mit Sauerstoff Schwefelsäure. Diese freigesetzte Schwefelsäure wirkt wiederum stark korrosiv!

Hinter den Spundwänden im Vorhafen der Großen Seeschleuse in Wilhelmshaven in Höhe von MTnw finden wir Sulfat reduzierende Bakterien (SRB), die Schwefelwasserstoff produzieren, welcher einerseits direkt zu Lochfraß führt, andererseits aber auch in die aeroben Zonen im Spritzwasserbereich aufsteigt und dort Sulfat oxidierende Bakterien (SOB) versorgt, die Schwefelsäure ausscheiden, was wiederum zu Lochfraß führt.

### Detail Ostkaje



## 4 Weiteres Vorgehen

Derzeit werden Rasterbeprobungen an den Füllbohlen, Peinerträgern und Stahlankern ausgewertet. Mit diesen Ergebnissen können dann Schlussfolgerungen auf den Zustand der Spundwände gezogen werden. Ein statischer Nachweis wird voraussichtlich noch zu führen sein. Die hieraus gewonnenen Erkenntnisse werden in einen Entwurf einfließen, um die Spundwände ggf. schnellstmöglich zu sanieren oder zu ersetzen. Dabei gehen die derzeitigen Kostenschätzungen von 4 bis 50 Mio. €, je nach Lösungsweg. Allein die diesjährigen Rasterbeprobungen kosten ohne die Taucher alleine 25.000 €.