

Sanierung eines historischen Wasserturms mit modernster Technik

Abb. 1: Eine mächtige Erscheinung – Wasserturm Bismarckstraße in Wilhelmshaven

Quelle: GEW Wilhelmshaven

Gelungene Symbiose zwischen Denkmalschutz und Moderne

Wassertürme sind Kompensationsbehälter, deren Aufgabe darin besteht, den Netzdruck im Versorgungssystem auch bei stark schwankendem Wasserbedarf zu egalisieren. Insbesondere bei alten Netzstrukturen ist ein möglichst gleichmäßiger Netzdruck sowie das Unterbleiben von Druckstößen zur Vermeidung von Rohrbrüchen äußerst wichtig. Wassertürme stehen insbesondere im Flachland und in großen Städten. Beim Vorhandensein einer intelligenten Netzdruckregelung können Wassertürme auch wirtschaftliche Vorteile in Schwachlastzeiten bringen. Sobald in Starklastzeiten die Druckhöhe nicht mehr ausreichend ist, kann das Zulaufventil geschlossen

und ein höherer Leitungsdruck realisiert werden. Beim Rückgang des Verbrauchs kann der Versorgungsdruck wieder gesenkt und die Pumpenanlage nur noch zum Befüllen des Turmes geschaltet werden.

Der Wasserturm Bismarckstraße (Abb. 1) wurde in den Jahren 1908 bis 1911 als dritter Wasserturm in Wilhelmshaven errichtet. Die unter Denkmalschutz stehende bauliche Anlage stellt auch nach rund 100 Jahren für die Trinkwasserversorgung der Stadt immer noch ein sehr wichtiges Glied dar. Trotz regelmäßiger Sanierungen entsprach die Anlage nicht mehr dem Stand der Technik. Aus diesem Grunde sollte durch eine technisch/wirtschaftliche Prüfung untersucht werden, wie die Anlage generalsaniert und später auch wieder wirtschaftlich betrieben werden kann. Außerdem sollte die Anlage nach der Sanierung modernsten technischen Anforderungen gerecht werden bzw. wieder den Stand der Technik repräsentieren. Parallel sollten auch Ersatzmaßnahmen untersucht und wirtschaftlich bewertet werden.

Daten der Anlage

Der Turm hat eine Gesamthöhe von ca. 42 m. Ausgerüstet war der Turm mit ei-

nem genieteten, zweikammerigen Hängebodenbehälter (Abb. 2) aus unlegiertem Stahl. Die auf eine Erfindung des Franzosen J. Dupuit zurückgehenden Behältersysteme hatten den Vorteil, dass sowohl Zylinderwandung als auch Boden freitragend gestaltet werden konnten [1]. Die ganze Last wird bei diesem System durch einen geschlossenen Auflagering, der die aus dem Bodenzug resultierenden Horizontalkräfte aufnimmt, als Vertikalkräfte in das Mauerwerk übertragen.

Die äußere Behälterkammer mit einem Volumen von 1.200 m³ hatte einen Durchmesser von 16,80 m bei einer Behälterhöhe von 10 m (Füllhöhe ca. 9 m). Die innere Kammer hatte mit einem Durchmesser von 10,10 m ein Volumen von 800 m³.

Schadensbilder und Fehlfunktionen

Die nach heutigen Erkenntnissen nicht mehr zugelassene Beschichtung im Innenraum mit Schäden und die Korrosionsstellen am Stahlblech sowie an den Nieten ließen eine Beeinträchtigung der Wasserqualität erwarten und stellten die Dichtigkeit und Funktion des Behälters grundsätzlich infrage. Aber auch außerhalb des Behälters wurden gefährliche Korrosionsstellen



Abb. 2: Reif für das Museum – Technik von vor 100 Jahren

Quelle: Hydro-Elektrik GmbH

an Nieten, Schrauben und an der Behälterverankerung (Abb.3), der Bedienungsbühne und den Einstiegsleitern lokalisiert.

Zu beachten war ferner, dass der Behälter auch die Statik des oberen Bauteilkörpers wesentlich mitbestimmte und ein Versagen verheerende Auswirkungen hätte herbeiführen können. Aus funktionaler Sicht problematisch waren die nach oben offenen und nur durch eine leichte Deckenkonstruktion abgedeckten Wasserkammern. Eine kontrollierte Behälterbelüftung war ebenso wenig vorhanden wie ein Insektenschutz.

Außerdem waren die Kammern nur unter sehr schwierigen Verhältnissen mit hohem Aufwand zu reinigen. Kontrollarbeiten fanden direkt über der Wasseroberfläche statt und Kondenswasser von der Decke oder den Stegen tropfte direkt wieder in die Behälter zurück.

Voruntersuchungen/Konzeptstudien

Im Rahmen der Voruntersuchungen wurden verschiedene Szenarien auf die technische Machbarkeit sowie Wirtschaftlichkeit untersucht und gegenübergestellt. Geprüft wurden insbesondere:

- komplette Sanierung der bestehenden Technik durch Freilegen, Strahlen und Beschichten
- Innenauskleidung mit PE-Folie
- Innenauskleidung mit Edelstahlblechen
- Erneuerung des kompletten Behälters

Die Auswertung der Voruntersuchungen ergab, dass der Stahlbehälter grundsätz-

lich noch sanierungsfähig gewesen wäre. An Kosten wurden rund 1.400.000 Euro ermittelt.

Als Alternative zur Sanierung wurde auch der Bau eines neuen Wasserbehälters mit Pumpanlage untersucht. Die hierfür ermittelten Kosten lagen mit rund 2.000.000 Euro deutlich über den Sanierungskosten des bestehenden Behälters. Problematisch waren hier auch die zu erwartenden Druckänderungen bzw. Druckschläge, z. B. bei einem plötzlichen Stromausfall, weshalb diese Lösung hier relativ schnell verworfen wurde.

Eine weitere Variante bestand in der kompletten Erneuerung des Stahlbehälters. Dabei wurde der Einsatz einer relativ neuen Technik zur wirtschaftlichen Fertigung geschweißter Wasserbehälter aus Edelstahl näher untersucht. Die Bleche werden bei dieser Technik direkt vom Coil spiralförmig abgewickelt und am Behälter maschinell verschweißt.

In einem Wasserturm wurde diese Technik allerdings so noch nicht eingesetzt. Neben den schwierigen logistischen Anforderungen war insbesondere auch der Schutz des Bauwerkes beim Ausbau des alten Stahlbehälters zu beachten. Ferner musste eine massive Tragkonstruktion für den neuen Behälter vorgesehen werden, da der neue Behälter mit einem Flachboden errichtet werden sollte.

Die Richtkostenermittlung ergab für die Erneuerung Kosten in der Höhe von rund 1.200.000 Euro.

Ausschreibung und Vergabe

Eine Erneuerung des Stahlbehälters war damit die kostengünstigste Variante. Zugleich zeigte sich, dass mit dieser Variante die komplette Anlage geradezu in idealer Weise auf den neuesten Stand der Technik gebracht werden konnte. Das Konzept sah vor, das Holzdach abzunehmen, die Wände statisch zu versteifen, die bestehende Behälteranlage zu demontieren, dann die Tragkonstruktion mit Flachboden einzubringen, das Dach zu verschließen und letztlich die Behälter innen zu fertigen.

Die Leistungen wurden nach öffentlichem Teilnahmewettbewerb in zwei Gewerken beschränkt ausgeschrieben. Aufgrund der anspruchsvollen Arbeiten und komplexen Leistungsbeschreibung waren schlüsselfertige Ausführungen unumgänglich, wobei Sonderanschläge ausdrücklich erwünscht waren.

Die Hauptaufträge wurden nach Auswertung der Sondervorschläge und erfolgtem Vergabegespräch Ende 2006 als Pauschalauftträge vergeben. Das Ausschreibungsergebnis lag mit rund 1.300.000 Euro gering oberhalb der erwarteten Kosten. Für die kompletten Arbeiten waren im Terminplan rund sieben Monate angesetzt, mit den Arbeiten sollte im April 2007 begonnen werden.

Tragkonstruktion

Dieser Terminplan konnte aber nicht eingehalten werden, da bei der Prüfung der Statik zu hohe Punktlasten bei den zunächst vorgesehenen zwei Querverbundträgern (Stahl-Fachwerkbinder) an den Kraffeinleitungsstellen aufgetreten sind. Dies er- ▶

www.wasseraufbereitungssysteme.de

- Trinkwasser-Speichieranlagen
- Edelstahlgroßbehälter
- Wasseraufbereitungsanlagen für Kommunen und Industrie
- Anlagen für Ionenaustausch und Entgasung
- Ozon-Anlagen
- Badwasseraufbereitungsanlagen
- Schaltanlagen, Automatisierung, Prozessleittechnik
- Ausrüstungen und Zubehör für die Wasserversorgung
- Pumpwerke und Druckerhöhungsanlagen



Firmengruppe Hydro-Elektrik GmbH

Angelestraße 48/50
88214 Ravensburg

Tel. 0751/6009-0
Fax 0751/6009-33

www.hydro-elektrik.de

info@hydro-elektrik.de

hydro
elektrik
Verfahrenstechnik

Technische Daten der erneuerten Anlage

Behälterdurchmesser	15,9 m
Füllhöhe	8,75 m
Nutzvolumen	1.735 m ³
Nennweite Zulauf/Entnahme	DN 400
Max. Zulauf-/Entnahmemenge	1.000 m ³ /h
Werkstoff Boden/Dach	1.4162
Werkstoff Mantel	1.4301
Vorortschweißung	ca. 1.000 m
Verarbeitete Edelstahlmenge	ca. 26 t

forderte eine grundlegende Änderung des Konzepts der Tragkonstruktion mit den entsprechenden Planungen und Berechnungen und bedeutete eine Verzögerung von rund zwei Monaten.

Zur Ausführung kam letztlich eine sternförmige Tragkonstruktion aus Stahlträgern (IPE

600) mit zentrischen Knotenpunkten, dazwischen liegendem Druckstab und unten liegenden, ebenfalls sternförmig angeordneten Zugstäben (Abb. 4). Als Unterschaltung für die Betondecke wurden dreieckförmige Filigranelemente auf den Stahlträgern ausgelegt (Abb. 5). Nach dem Auslegen der vollständigen Bewehrung und dem Montie-



Abb. 3: Korrosionsangriffe an wichtigen statischen Bauteilen

Quelle: Hydro-Elektrik GmbH

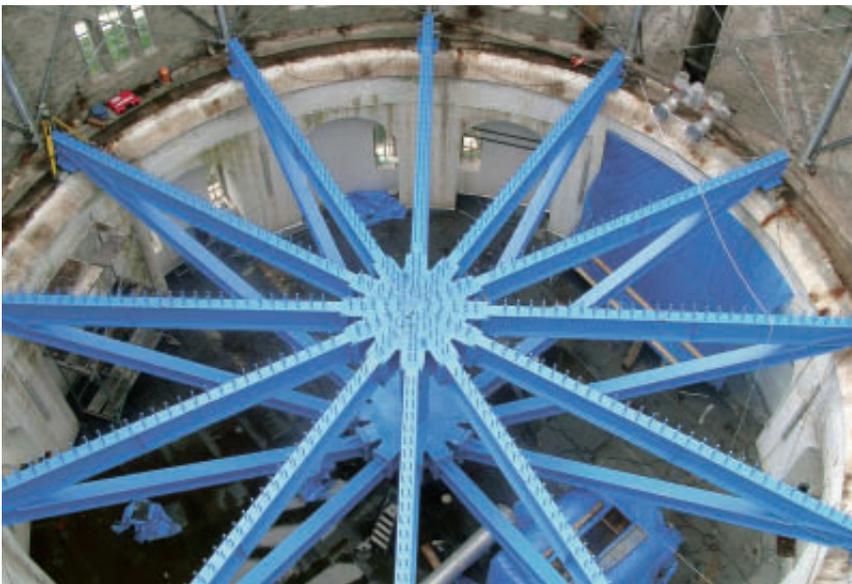


Abb. 4: Sternförmige Tragkonstruktion aus Stahlträgern mit zentrischen Knotenpunkten

Quelle: IB Lührs GmbH

ren der Bodenschienen wurde die ganze Fläche in einem Guss ausbetoniert (Abb. 6). Die Spannweite der Tragdecke beträgt ca. 17 m bei einer Dicke von ca. 0,6 m.

Ein weiteres Problem war der schlechte Baugrund um den Behälter, welcher bis zu einer Tiefe von 2 m zu weich war. Damit der 65 m hohe Turmdrehkran sicher aufgestellt werden konnte, mussten vier Betonplatten mit je 4 x 4 m zur Minderung der Flächenpressung errichtet werden. Der Kran war zur Demontage des Daches und des alten Behälters ebenso erforderlich wie zum Einbringen des gesamten Materials, da die Behälterebene nur durch eine sehr schmale Treppe von unten erreicht werden konnte. Das neue mit Sandwichelementen aufgebaute Dach musste für den Materialtransport mehrmals geöffnet werden.

Edelstahl rostfrei

Edelstahl ist inert und hat sich aufgrund seiner hervorragenden Eigenschaften im Bereich wassertechnischer Anlagen längst als Werkstoff erster Wahl bewährt. Hervorzuheben sind insbesondere die Beständigkeit des Edelstahls in korrosionschemischer Hinsicht und die damit verbundene Langlebigkeit. Die Korrosionsbeständigkeit des Edelstahls resultiert einzig aus der Bildung einer sogenannten Passivschicht auf der Werkstoffoberfläche. Bei dieser Passivschicht handelt es sich im Wesentlichen um eine dichte und chemisch widerstandsfähige Oxidschicht, welche gegen viele Medien beständig ist und keinen weiteren Oberflächenschutz erfordert. Ursächlich verantwortlich für diese Oxidschicht ist der Chromgehalt des Werkstoffs. Dieser muss mindestens 12 bis 13 Prozent betragen, um eine entsprechend widerstandsfähige, flächendeckende Chromoxidschicht (Cr₂O₃) ausbilden zu können. Bei molybdänhaltigen Stählen (z. B. 1.4571) wird die Passivschicht durch eine zusätzliche Molybdänoxidschicht verstärkt.

Die im Bereich der Wasserwirtschaft bisher am häufigsten eingesetzten Edelstähle sind 1.4301 (V2A) und 1.4571 (V4A). Relativ unbekannt ist die Verwendung des Duplexstahls der Reihe 1.4162. Duplex-Stähle zeichnen sich durch einen höheren Chromgehalt bei niedrigem Nickelgehalt aus. Beim Werkstoff 1.4162 liegt der Chromanteil bei ca. 21 bis 22 Prozent.

Zu beachten sind in jedem Falle eine spaltenfreie Konstruktion, eine fachgerechte Verarbeitung und die richtige Nachbe-

handlung von Schweißnähten durch Blankbürsten, Schleifen und/oder Beizen und Passivieren. Die bei diesem Objekt eingesetzten Stahlsorten sind 1.4162 für den Boden und das Dach und 1.4301 für die Behälterwandung.

Behälterfertigung

Das von der Firma Hydro-Elektrik GmbH entwickelte Fertigungsverfahren für die geschweißten Tanks musste bei diesem Objekt modifiziert werden. Die Abwickleinrichtung wird normalerweise außerhalb des zu fertigenden Tanks aufgestellt. Dies war aus Platzgründen hier so aber nicht möglich. Alles Material und alle Maschinen mussten innen im Behälter gelagert werden. Aus diesem Grunde wurde im Behälterdach und im darüber liegenden Wasserturmdach eine verschließbare Montageöffnung in der Größe 3.200 x 1.900 mm vorgesehen. Mit diesen Maßen war die Öffnung an allen Seiten lediglich 50 mm größer als die größte zu transportierende Maschine, was hohe Anforderungen an die Kranführer stellte.

Im ersten Schritt der Behälterfertigung wurde der Edelstahlboden aus 3 mm star-

kem Edelstahlblech gefertigt. Die 28 Stück lasergeschnittenen Bodenbleche wurden präzise verlegt und mit den einbetonierten Edelstahlprofilen verschweißt. Durch diese Art der Fertigung wird ein wellfreier Boden erreicht. Zudem liegt das Bodenblech vollständig auf dem Betonboden auf.

Im nächsten Schritt wurde das ebenfalls 3 mm starke Behälterdach als selbsttragendes, begehbare Dach montiert (Abb. 7). Die 14 kuchenstückartigen Dachelemente wurden im Herstellerwerk vorgefertigt, auf der Baustelle zusammengesetzt und mittels hydraulischem Hubzylinder auf ca. 2 m Höhe angehoben und fixiert. Der richtigen Anordnung der Maschinen und der 26 Stück Stütz- und Führungsrollen kommt eine ganz wesentliche Bedeutung zu, denn diese bestimmen letztlich den genauen Durchmesser des Behälters. Nach Abschluss dieser Arbeiten konnte mit der Fertigung des Mantels begonnen werden. Bei diesem Prozess wird das auf dem Coil (zylindrische Spule) befindliche 4 mm starke und 750 mm breite Blechband kontrolliert abgewickelt, vorgebogen und der Schweißmaschine zugeführt. Der Behältermantel wird hierbei schraubenförmig

von unten nach oben aufgewickelt. Um eine horizontale Behälteroberkante zu erhalten, muss die erste Blechbahn schräg angeschnitten werden. Dieser Vorgang wurde bereits im Werk erledigt. Sobald der Behältermantel die Dachhaut erreicht hat, wird das Dach mit dem Behältermantel komplett verschweißt.

Danach wird der Wickelvorgang bis zur Erreichung der endgültigen Höhe fortgeführt. Den Abschluss bildet ein horizontaler Schnitt, bevor der Behälter auf das Bodenblech abgesetzt und mit diesem verschweißt wird. Eine Besonderheit stellt der speziell für dieses Verfahren entwickelte, vollautomatische Schweißprozess dar. Durch das gleichzeitige Verschweißen von beiden Seiten auf dem gleichen Punkt wird eine durchgehende, äußerst gleichmäßige und spannungsfreie Schweißnaht erreicht.

Alle Schweißnähte werden maschinell unmittebar nach dem Schweißvorgang blank gebürstet, d. h. alle Anlauffarben werden restlos entfernt. Im wasserberührten Innenbereich wurde die gesamte Oberfläche mittels Sprühbeizverfahren gebeizt und passiviert. ▶

Dichtungen gefertigt aus NBR - DUO

Zertifiziert für **WASSER + GAS**

Normgerechte Beschriftung
gemäß EN 681-1
EN 682



KROLL & ZILLER GmbH + Co. KG
Reisholzstraße 15
D-40721 Hilden/Germany
Telefon: +49 (0) 2103-951-500
Fax Inland/domestic: +49 (0) 2103-951-508, 509
E-Mail: info@Kroll-Ziller.de
http://www.Kroll-Ziller.de

Besuchen Sie uns beim
Oldenburger Rohrleitungsforum
7.-8. Februar 2008
Stand 1. OG-V-06

NBR-DUO = Acrylnitril Butadien Kautschuk

DIN-DVGW-Baumusterprüfzertifikat mit den Anwendungsbereichen: Produkte der Gas- und Wasserversorgung

TRINKWASSER

- Kontrolluntersuchungen des DVGW/TÜV Süddeutschland gem. DIN EN 681-1
- **KTW Empfehlung 1.3.13 im Prüfbereich D2 sowie Hygiene-Prüfung nach DVGW-Arbeitsblatt W 270**

GAS

- Kontrolluntersuchungen des DVGW gem. DIN EN 682
Temp. t_{max} -25...+ 50 °C
Shore-A-Härte 80 ± 5

**Jetzt erhältlich:
Gas- und Wasserzählerdichtungen!**



Abb. 5: Unterschalung aus Filigranelementen

Quelle: IB Lührs GmbH



Abb. 6: Betonieren der Tragdecke, gut erkennbar sind die Edelstahlbodenschienen

Quelle: IB Lührs GmbH



Abb. 7: Behälterdach bei der Montage

Quelle: IB Lührs GmbH

Technische Ausrüstung

Neben dem eigentlichen Behälter wurde auch die komplette Installation bis zu den vertikalen Steigrohren erneuert. Um den darunterliegenden Tropfboden zu entlasten, wurde die ganze Installation an dem neuen Behälterboden aufgehängt. Die hermetisch geschlossenen Behälter verfügen über ein integriertes Hochdruckreinigungssystem sowie über eine kontrollierte Ent-/Belüftung durch eine Filtereinheit mit austauschbaren Filtern. Eine Drucktüre im unteren Behälterbereich ermöglicht eine gefahrlose Inspektion des Behälterinnenraumes. Im Rahmen eines Sondervorschlages wurde angeregt, eine Befahranlage anstelle einer Treppe am Behälter zu installieren. Die Befahranlage ermöglicht so auch eine sehr gute Kontrolle der Wasserturminnenwände.

Fazit

Nach der erfolgreichen Sanierung des historischen Wasserturms verfügt die GEW Wilhelmshaven seit Ende 2007 wieder für Jahrzehnte über eine uneingeschränkt nutzbare Behälteranlage auf neuestem Stand der Technik. Die Sanierungskosten liegen damit deutlich unter den Kosten für einen Neubau einer vergleichbaren Anlage.

Literatur:

- [1] Gerhard Merkl, Trinkwasserbehälter – Planung, Bau, Betrieb, Schutz und Instandsetzung, München 2004.

Autoren:

Dipl.-Ing. Rolf Wischhusen
 Geschäftsführer Lührs Ingenieurbüro GmbH
 Beratende Ingenieure
 Hollerallee 8
 28209 Bremen
 Tel.: 0421 34854-0
 Fax: 0421 34854-29
 E-Mail: wischhusen@luehrs-ingenieurbüro.de
 Internet: www.luehrs-ingenieurbüro.de

Dipl.-Ing. Volker Henning
 GEW Wilhelmshaven GmbH
 Netze/Betrieb Rohrnetze
 Nahestr. 6
 26382 Wilhelmshaven
 Tel.: 04421 404-630
 Fax: 04421 404-609
 E-Mail: volker.henning@gew-wilhelmshaven.de
 Internet: www.gew-wilhelmshaven.de

Dipl.-Ing. (FH) Manfred Brugger
 Hydro-Elektrik GmbH
 Angelestr. 48/50
 88214 Ravensburg
 Tel.: 0751 6009-0
 Fax: 0751 6009-33
 E-Mail: manfred.brugger@hydro-elektrik.de
 Internet: www.hydro-elektrik.net