



## **Stahlwasserbau der Schleuse Hohenwarthe**

*Klaus Fiedler, Ulrich Fritz Schleef, Hans-Joachim Selle  
WNA Magdeburg*

### **1 Allgemeines**

Der Stahlwasserbau der Schleuse Hohenwarthe entspricht im Wesentlichen dem der Schleuse Rothensee. Daher wird nachfolgend auf die Besonderheiten des Stahlwasserbaus der Schleuse Hohenwarthe eingegangen.

Die Berechnung, Konstruktion, Herstellung und Montage des Stahlwasserbaus lag in der Verantwortung des ARGE-Partners Stahlbau Plauen. Wesentliche Nachunternehmer waren das Ingenieurbüro HRA/Bochum, das Ingenieurbüro Scheer, Abeln und Voosen/Papenburg sowie das Ingenieurbüro SBE/Magdeburg für die Konstruktion, die Robert Nyblad GmbH/Papenburg für die Fertigung sämtlicher Armierungen aus rostfreiem Edelstahl und die SB-Metalltechnik/Schönebeck, welche die Be- und Entlüftungstürme fertigte.

Als Prüffingenieur war das Büro Schömigplan/ Klein-Ostheim mit Frau Schömig und Herrn Gheorghiu tätig.

Die Qualitätssicherung lag in den Händen des Germanischen Lloyd/Hamburg.



Abb. 1 Übersicht der Schleusenanlage Hohenwarthe

Foto: LUFTBILD & PRESSEFOTO ®



## 2 Bauteile

### 2.1 Untertor

Die auffälligsten Besonderheiten sind die Untertore mit ihren auf der Planie stehenden rund 11 m hohen hydraulischen Antriebszylindern.

Als Untertore werden in beiden Kammern überstaute Hubtore eingesetzt. Sie verschließen die Kammern zwischen Drempel und Tormaske und werden in dieser Bauform erstmals als Faltwerkstore ausgeführt.

Die Faltwerkskonstruktion ist dadurch gekennzeichnet, dass sich in einem Feld, dessen seitliche Begrenzung Schotte sind, eine Stauwand befindet, die aus horizontal angeordneten, zu Trapezprofilen abgekanteten Blechen mit horizontalen Schweißnähten besteht. Die Abmessungen der Falten und die Blechdicken sind in Abhängigkeit von der hydrostatischen Belastung so gewählt, dass abgesehen von den Abschlussriegeln am oberen und unteren Torrand, ohne den Einsatz von Riegeln oder andersartigen Verstärkungen eine beul- und biegesteife Stauwand entsteht.

Da die Hubhöhe der Schleuse mit bis zu 19,05 m in Verbindung mit einer der Kammerbreite von 12,5 m entsprechenden Feldbreite zu technologisch nicht zu beherrschenden Blechdicken der Stauwand führt, sollten ursprünglich zur Feldbreitenreduzierung zwei Zwischenschotte eingeführt werden. Eine Voruntersuchung des Auftragnehmers ergab, dass durch die Einführung eines dritten Zwischenschottes das Torgewicht reduziert werden kann, so dass die Untertore nunmehr so ausgeführt wurden.

Die Lasten aus der Kombination der horizontal wirkenden Einwirkungen werden sowohl über die Zwischenschotte in die Tormaske und den Drempel als auch über die Endschotte in die Tornischen abgetragen. Es werden Neopren-Lager eingesetzt.

Der Torkörper erhält an den Endschotten Aufhängekonsolen, an denen die beiden Hubzylinder jeweils mit einem Zwischengestänge angreifen. Die Zwischengestänge haben wartungsfreie Gelenklager mit Achsen aus nichtrostendem Stahl. Die Torführung erfolgt durch vier gefederte Laufrollen sowie über jeweils vier starr eingebaute, jedoch in ihrer Lage justierbare Gegen- und Seitenführungsrollen. Die nachstellbare Federung der Laufrollen ist so ausgelegt, dass sich das Tor bei einer Wasserspiegeldifferenz von +0,30 m zwischen Kammer und Unterwasser von den Auflagerbänken und den Dichtungsanschlüssen abgehoben hat und so zur Verkürzung der Schleusenzeiten ohne Reibung an Dichtungen und Auflagern bereits vor dem völligen Ausspiegeln gefahren werden kann. Dieses wird besonders bei der konstruktiven Gestaltung der Seitenführungsrollen- und schienen berücksichtigt. Diese und der Torkörper wurden ferner so bemessen, dass, bei Abriss eines Antriebszylinders der zweite Zylinder das Tor in der momentanen Stellung hält und die dann auftretenden Kräfte schadlos aufgenommen werden können.

Alle Lauf- und Führungsrollen erhalten serienmäßige, nachstellbare Kegelrollenlager. Die Lagerung ist wasserdicht ausgeführt und mit einer Fettfüllung montiert. Eine Nachschmiermöglichkeit ist vorgesehen.

Alle festen Teile sind aus nichtrostendem Stahl gefertigt. Nur völlig von Beton umschlossene Verankerungsteile werden aus allgemeinen Baustählen hergestellt.

Die festen Teile werden teils in Erstbeton, teils in Zweitbeton eingebaut und mit Stellschrauben vor dem Verguss exakt ausgerichtet. Die Dichtleisten können zur Verhinderung von Eisansatz mit selbstregulierenden Heizbändern, die auswechselbar in Hohlkästen unmittelbar hinter den Armierungen angeordnet sind, beheizt werden. Die Tordichtungen sind unterwasserseitig angebracht. Als Seitendichtung werden Notenprofile, als Stirn- und Sohdichtung doppelt gefasste Notenprofile vorgesehen. Es werden einteilige Eckstücke verwendet, die durch Vulkanisieren mit den Profilstücken verbunden wurden.



Abb. 2 Tormontage

Die drei Montagestöße sind vertikal angeordnet und liegen direkt an den Zwischenschotten. Dieser Montagetechnologie hat der Bauherr zugestimmt, nachdem der Auftragnehmer den Nachweis dafür erbracht hatte, dass das Tor bei Bedarf in einem Stück aus der Schleusenkammer herausgehoben werden kann.

## 2.2 Be- und Entlüftung der Sparbeckenverschlüsse

Um die an den Sparbeckenverschlüssen auftretenden Druckstöße abbauen zu können, sind hier, ebenso wie an der Schleuse Rothensee im Massivbau Druckentlastungsleitungen angeordnet, die in stählernen Be- und Entlüftungstürmen enden.

Diese sind mit rund 12,00 m cirka 4,00 m höher als die an der Schleuse Rothensee. Aufgrund der Höhe liegen diese Be- und Entlüftungstürme in einem Bereich, der durch Windsog schwingungsgefährdet ist. Um diese Gefahr auszuschließen, wurde in der Mitte jeder Vierergruppe ein rechnerisch abgestimmter Schwingungsdämpfer angeordnet.



Abb. 3 Be- und Entlüftungstürme



Abb. 4 Schwingungsdämpfer



### 2.3 Pumpwerksrevisionsverschlüsse

Das Pumpwerk entspricht dem der Schleuse Rothensee, es ist jedoch nur mit drei Pumpeneinheiten ausgestattet.

Die Pumpen haben wegen der um einen Meter größeren Hubhöhe 900 kW Leistungsaufnahme bei einer Förderleistung von ebenfalls 3,5 m<sup>3</sup>/sec.

Der Einlaufrechen hat hier keine Rechenreinigungsmaschine erhalten, weil der Schmutzeintrag von der Elbe nicht zu befürchten ist. Bei sich ändernden Verhältnissen kann eine Nachrüstung jederzeit vorgenommen werden.

Je zwei Pumpenzuläufe können mit Revisionsverschlüssen dichtgesetzt werden. Da die Pumpenzuläufe in diesem Bereich höher sind als bei der Schleuse Rothensee, ist jeder Verschluss dreiteilig ausgeführt. Dabei sind die Oberteile und Unterteile mit denen von Rothensee in ihren Hauptmaßen gleich ausgeführt. Damit ist es möglich, bei Bedarf mit je einem Hohenwarther Oberteil und Unterteil einen weiteren Zulauf des Pumpwerkes Rothensee dichtzusetzen.

### 2.4 Pumpkanalrevisionsverschlüsse

Der Pumpkanal der Schleuse Hohenwarthe teilt sich im Oberhaupt in zwei Ausläufe auf, die im Bereich der Obertore in das Oberwasser münden. Jeder dieser Ausläufe hat einen eigenen Pumpkanalrevisionsverschluss. Diese entsprechen dem der Schleuse Rothensee, sind nur etwas kleiner.

Diese Lösung mit zwei Ausläufen wurde gewählt, um während der Trockenlegung einer Kammer über den zweiten Auslauf immer noch pumpen zu können. Dabei muß der Verschluss in dem Auslauf der trockengelegten Kammer gesetzt werden. Er wird dabei von der „verkehrten Seite“, nämlich vom Pumpkanal aus mit Druck beaufschlagt und war demzufolge auch für diesen Betriebsfall auszulegen.

## 3 Fertigung

Die Fertigung sollte zunächst nur in den damaligen Fertigungsstätten von Stahlbau Plauen in Plauen, Niesky, Parey und Leipzig erfolgen. Durch Schließung des Werkes Leipzig, Verkauf des Werkes Niesky und Stilllegung des Werkes Parey ergab sich eine alsbald eine andere Situation. Die Fertigung begann Mitte 2000.

Vorab wurde ein genereller Kontrollplan für die Werksfertigung mit der Qualitätssicherungsabteilung von Stahlbau Plauen und dem Germanischen Lloyd als Fremdüberwacher abgestimmt.

Zunächst wurden die im Erstbeton einzubauenden festen Teile hergestellt. Dies betraf vor allem die 32 Führungsschienen für die 16 Schwimmpoller, die bei Stahlbau Plauen gefertigt wurden. Die Schienen mit einer Dicke von 110 mm aus hochfestem Stahl S 690 QL1 mussten auf 30 mm dicke Bleche aus S 355 J2G3 geschweißt werden. Dazu erforderte es einer speziellen Scheißanweisung (WPS), die Vorwärmtemperaturen bis 220° C und die Verwendung eines speziellen Schweißdrahtes für das MAG-Schweißen sowie für das UP-Schweißen vorschrieb.

Im September 2001 begann die Fertigung der festen Teile für alle Verschlüsse und Revisionsverschlüsse bei der Firma Nyblad in Papenburg. An den festen Teilen bestehen die Schienen und Armierungen aus Edelstahlmaterialien, die mit im Beton liegenden Kleinteilen aus schwarzem Material verschweißt werden müssen. Die bei der Ausführung der Schweißarbeiten einzuhaltenden, sehr engen Tolerierung wurden eingehalten, insbesondere auch durch die gute Eigenkontrolle des Werkes und die Fremdüberwachung des Germanischen Lloyd.

Die Fertigung der großen Verschlüsse (Obertore, Untertore sowie Roll- und Gleitschütze) begann nach einer Anlaufberatung im April 2002 bei Stahlbau Plauen. Dabei wurden die Festlegungen für den Kontrollplan aus dem Jahr 2000 konkretisiert und die Führung einer Baugruppen-Checkliste für diese Teile vereinbart. Weiterhin wurde die Art der Aufstellung



der Messblätter einschließlich übergeordneter Messblätter für den Einbau der Teile auf der Baustelle festgelegt.

Die komplizierten Teile der des Obertorantriebes (Torsionsrohr, Antriebsscheibe, Stützlager und die Stützarme des Obertores selber) wurden bei der Germania AG in Chemnitz mechanisch bearbeitet.

Die Obertor-Zugsegmentkörper wurden bei Stahlbau Plauen in einer sehr genau errichteten Zulagekonstruktion zusammengesetzt und verschweißt. Bei dieser Konstruktion mit 12 mm dicken Deckblechen war eine sehr durchdachte Schweißfolge erforderlich. Danach wurden

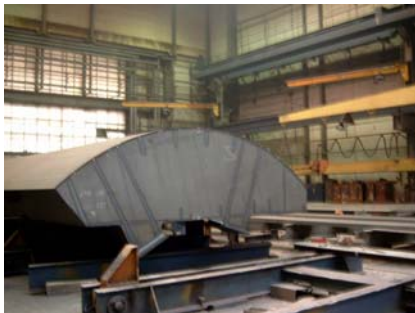


Abb. 5 Fertigung Obertor in Plauen

die Obertorkörper zusammen mit den Stützarmen durch ein modernes Laser-Industrie – Messsystem vermessen und die Kontaktstöße und Drehachsen mit mobilen Geräten mechanisch direkt am Objekt in der Stahlbauhalle bearbeitet.

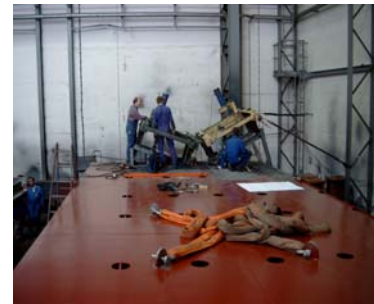


Abb. 6 Mechanische Bearbeitung

So waren keine Futterplatten an den Schraubstößen zwischen den Stützarmen und dem Zugsegmentkörper erforderlich.

Die 2 Untertore sowie die beiden Stoßschutzschwingen waren die einzigen Bauteile, die in mehreren Einzelteilen in der Werkstatt hergestellt wurden und dann auf der Baustelle verschweißt werden mussten. Dies ergab sich aus den großen Abmessungen und den Transportmöglichkeiten über die Straße.



Abb. 7 Fertigung Untertor in Plauen

Die Untertore bestehen aus vier Montageeinheiten, die im Werk auf einer gemeinsamen Zulage für die Montage vorbereitet und vermessen wurden. Das Gesamtgewicht beträgt rund 110 t. Die größten Blechstärken treten in den umlaufenden Rahmen im Bereich der Kopf- und Sohdichtung mit jeweils 50 mm auf. Um zu vernünftigen Schweißnähten zu kommen, wurden die Einzelteile mehrfach gedreht. Somit konnte weitestgehend in Wannelage geschweißt werden.

Die beiden Stoßschutzschwingen wurden in jeweils 3 Einzelteilen in der Werkstatt hergestellt und

nach der Vermessung auf die Baustelle ausgeliefert, einschließlich der schon im Werk mittels Schrauben montierten 70 mm dicken Federung.

Auf die Fertigung der weiteren vielen Einzelteile (die Koppelstangen, die Druckdeckel mit Zylinderträgern für die Sparbeckenverschlüsse (SBV) und Längskanalverschlüsse (LKV), die Druckausgleichsrohre DN 800 für die SBV's, die Zylinderträger für die Untertorzyylinder, die Teile der Schleusenausrüstung der Kammer sowie der Vorhäfen, wie Leitern, Abdeckungen, Kantenschutz, Poller, Geländer usw. sowie die Stahlwasserbauteile des Pumpwerkes für die 3 Pumpen (Diffusionsrohre, Rechen, Strömungskörper sowie die Pumpwerkrevisionsverschlüsse und Dammtafeln) soll hier nicht näher eingegangen werden.

Zum Abschluss der Werksfertigung wurden die 16 Schwimmpoller von der polnische Firma STALKON in Szczecin hergestellt. Die Fremdüberwachung übernahm auch hier der Germanische Lloyd mit seiner Niederlassung in Szczecin. Diese Fertigung wurde mit hoher Genauigkeit in kurzer Zeit abgeschlossen. Erreicht wurde dies insbesondere durch eine konse-



quente Fertigungsüberwachung und die mechanische Bearbeitung der Schwimmpoller in einer Aufspannung auf der Szczeciner Werft.

#### 4 Montage

Die Montage der Stahlwasserbauteile auf der Baustelle Hohenwarthe wurde von der Arge an die Firma Nürmont GmbH aus Nürnberg vergeben.

Die Montage begann im 2. Quartal 2000 mit dem Einbau der festen Teile im Erstbeton der Schleusenammern, also mit den Nischenpollern, den Pollerstühlen für die Kantenpoller, mit den Scheuerleisten und Kantenschutzprofilen, den Schwimmpollerarmierungen einschließlich der Führungsschienen sowie mit den Pfostenschuhen, Stebenschuhen und den Nischenarmierungen für die Schleusenrevisionsverschlüsse.

Von entscheidender Bedeutung für die Gebrauchseigenschaften der Schwimmpoller war die genaue Ausrichtung ihrer Laufschiene mittels der Schienenklemmen. Im Zusammenspiel mit der Abstimmung der Rollen und ihrer Lagerung konnte eine sehr gute Passgenauigkeit erreicht werden, was sich letztendlich bei der problemlosen Montage der 16 Schwimmpoller im Mai 2003 bestätigte.

In den Vorhäfen wurden ebenfalls der Kantenschutz und eine Vielzahl von Kanten- und Nischenpollern fixiert, die hier jedoch eingeschweißt bzw. mit einer Unterkonstruktion verschraubt wurden.

Im Pumpwerk mussten frühzeitig die 3 großen Diffusorrohre im Erstbeton exakt positioniert eingebaut werden.

Die Hauptphase der Stahlwasserbaumontage begann jedoch erst mit der Montage der festen Teile für alle Verschlüsse (2 Ober- und 2 Untertore, 12 Sparbecken- und 8 Längskanalverschlüssen sowie deren jeweils beidseitigen Revisionsverschlüsse, den 2 Pumpkanal- und 3 Pumpwerksrevisionsverschlüssen und den 6 Schleusenrevisionsverschlüssen im Ober- und Unterwasser. Diese Arbeiten begannen im April 2002 und dauerten bis Mai 2003. Zeitweilig waren 3 Mitarbeiter der Montageplanung der Firma Nürmont auf der Baustelle und begegneten den auftretenden Problemen mit einer exakten drei-dimensionalen Montageplanung und mit vielen aufwendigen Montagehilfskonstruktionen. Die 3D-Montageplanung bildete die Grundlage für die oft notwendige optimierte Achsenverschiebung für den Einbau der festen Teile. Sehr hilfreich für die Abarbeitung dieser Arbeiten am Grenzbereich zwischen dem Massivbau und dem Stahlwasserbau waren ein Zustandsfeststellungsprotokoll, dem die Vermessungsprotokolle zu den verschiedensten Zeitpunkten als Anlage beigelegt wurden. So war eine zügige Konfliktbewältigung bei einer zeitnahen Abarbeitung am Detailterminplan möglich.

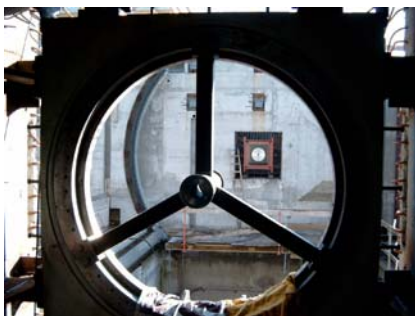


Abb. 8 Messung Achse Obertor

Die Montage der großen beweglichen Teile begann mit der Montage der beiden Obertore Mitte März 2003. Diese Montage der Zugsegmente erfolgte jeweils an nur einem Tag dank der guten Montagevorplanung und genauen Fertigung. Zuvor wurden natürlich entsprechend dem Montageplan die Wandlager Antriebsseite und Gegenseite exakt fluchtend auf der Drehachse eingebaut und vergossen. Danach wurden die Torsionsrohre mit den



Abb. 9 Einhub Obertor

Dichtungen und die Stützlager, sowie die Antriebscheiben mit den Hydraulikzylindern und die Verriegelung eingebaut. Als Letztes vor der Obertormontage wurden die Stützarme montiert und in der Obertorrevisionsstellung an den Kammerwänden arretiert. Dadurch wurde bei der Montage ein



sonst mögliches Umschlagen der Obertore ausgeschlossen. Diese Arretierungen wurden erst kurz vor dem erstmaligen Verfahren der Obertore in die Schließstellung entfernt.



Abb. 10 Transport Obertor

Die Montage der 8 Untertortteile sowie 2 Stoßschutzschwingen erfolgte in einer konzentrierten Aktion in den ersten beiden Aprilwochen 2003 mit einem 500 t-Mobilkran.

Dieser Montageplan sah den Einhub von den je 4 Untertortteilen auf eine Zulage mit der

anschließenden Verschweißung dieser Teile in der Endlage im senkrechten Zustand vor. Erst danach sollten die Rollenführungen für die Untertore (nach der Vermessung) mittels Futterplatten exakt eingebaut werden

Die Schweißarbeiten (äußerer Rahmen und Falwerk an die Riegel) wurden Ende Mai 2003 abgeschlossen und von der Firma Linke&Rühe sowie dem Germanischen Lloyd kontrolliert. Dabei wurden die teilweise festgestellten Imperfektionen, der unter schwierigen Bedingungen in Zwangslage geschweißten Nähte im Falwerksbereich sofort behoben.



Abb. 11 Abladen Untertor



Abb. 12 Untertor auf Zulage

Erst nach dem Vermessen der 2 Untertore konnten die 4 Zylinderträger im Juni 2003 lagegenau eingebaut und auf ihren je 4 Elastomerlagern vergossen werden. Durch die mechanische Bearbeitung der Zylinderauflageflächen wurde eine exakte vertikale Lage der großen Hydraulikzylinder gewährleistet.

Danach erfolgte im Juli 2003 die komplette Rollen- und Koppelstangenmontage auf engstem Raum in den Untertornischen sowie die Aufstellung der Untertorzyylinder.

Die 2 Stoßschutzschwingen wurden vor dem Einbau auf dem Vormontageplatz der Baustelle aus den 3 Einzelteilen auf einer Zulage zusammenschweißt und anschließend mittels mobilem Gerät die Lagerachsen mechanisch bearbeitet.

Nach der Montage der Stoßschutzkörper als Ganzes wurden die je 2 Dämpfungselemente (Jarretpuffer) eingebaut und die Lagerung vergossen.



Abb. 13 Einheben Untertor



Abb. 14 Einhub Stoßschutz



Die Montage der Revisionsverschlüsse im Oberhaupt und Unterhaupt wurde schon im Januar 2003 ausgeführt, damit der obere und untere Vorhafen rechtzeitig geflutet werden konnte.



Abb. 15 Mechanische Bearbeitung Stoßschutz

Alle Längskanal- und Sparbeckenverschlüsse einschließlich der Revisionsverschlüsse wurden im Zeitraum April/Mai 2003 sofort nach erfolgreicher Zustandsfeststellung der im Zweitbeton vergossenen Schienenteile direkt vom LKW entladen und eingebaut. Unmittelbar danach begann die Montage der Druckdeckel mit den darauf stehenden hydraulischen Antriebszylindern für diese Verschlüsse.

Die letzten großen Montagen bis Anfang September 2003 waren die Errichtung der Druckausgleichsrohre für die Sparbeckenverschlüsse. Diese Edelstahlrohre DN 800 der Firma SB-Metalltechnik Schönebeck konnten nach vorhergehenden Änderungen in den im Massivbau liegenden Anschlußbereichen und einem exakten Vermessen ebenfalls problemlos montiert werden.

## 5. Korrosionsschutz

Die Ausführung des Korrosionsschutzes wurde in einer Korrosionsschutzanweisung Stahlbau/Stahlwasserbau festgelegt.

Die zum Einsatz vorgesehenen KS-Systeme beruhen auf der Verwendung von 2K-Epoxidharz-Kohlenwasserstoffharz ICOSIT POXICOLOR SW als Deckbeschichtung auf einer Grundierung mittels 2K-Epoxidharz-Zinkstaub Friazinc R. Dies sind moderne Produkte der Firma SIKA Bautenschutz, die von der Bundesanstalt für Wasserbau geprüft und aufgelistet wurden.

Für die wasserbenetzten Außenflächen wurde ein schwarzer Farbton und eine Gesamtschichtdicke von 450 µm vorgesehen. Für die im Notfall begehbaren Innenflächen der Hohlkästen der Stoßschutzkörper wurde das selbe System mit einem hellen Deckanstrich vorgesehen. Die Rollschütze wurden als besonders abriebsgefährdete Stahlwasserbauteile eingeordnet und mit 1.000 µm Gesamtschichtstärke konserviert. Die NIRO-Bauteile wurden bis auf die Dichtleisten und Schienenlaufflächen ebenfalls mit 450 µm beschichtet, um die freien Edelstahlflächen auf das notwendigste zu beschränken.

Bei den Schleusenausrüstungsteilen wurden einige Teile, wie Steigeleiten, Kantenschutz und Abdeckungen feuerverzinkt und zusätzlich mit 450 µm beschichtet wurden. Die anderen Schleusenausrüstungsteile erhielten das normale Beschichtungssystem.

Für die Ober- und Untertore ist in Abhängigkeit von der zukünftigen Wasserqualität die Nachrüstbarkeit einer kathodischen Korrosionsschutz-Anlage möglich. Deshalb wurde für diese Bereiche der KKS-verträgliche Beschichtungsstoff ICOSIT SW 500 mit einer Gesamtschichtdicke von 550 µm verwendet. Für die nicht wasserbenetzten unterwasserseitigen Außenflächen der Untertore oberhalb der Wasserlinie eine der übrigen Umgebung wie Geländer, Fenster und Türen angepasste Beschichtung mit ICOSIT EG5 im RAL-Farbton 5003 saphirblau verwendet.