

Betoninstandsetzung mittels Hochdruckwasserabbruch und Ersatz des abgebrochenen Betons mit Spritzbeton an der Schleuse einer Schifffahrtsstraße

CONCRETE REPAIR ON A LOCK OF A NAVIGABLE WATER COURSE - CONCRETE DEMOLITION BY HIGH-PRESSURE WATER JET AND SUBSTITUTION BY SHOTCRETE

Dipl.-Ing. (FH) Walter Rosa, Rödl GmbH, Nürnberg

Die Instandsetzung von 11.000 m² nicht frostbeständigen Betons an den Wänden einer Schleuse stellte besondere Ansprüche an Planer und Ausführende. Die Forderung, den Altbeton bis hinter die Tragbewehrung abzubrochen ohne die geringsten Kerbungen der Stähle, erzwang einen Abbruch mit Hochdruckwasser und die Konstruktion einer Vielzahl der dazu benötigten Geräte.

Als Ersatz für den abgebrochenen Beton wurde Spritzbeton eingesetzt. Die geforderten besonderen Eigenschaften dieses Spritzbetons erreichten wir durch betontechnologische Maßnahmen sowie den Zusatz von Microhohlkugeln und einer Latexmodifizierung.

Eine Vielzahl von Prüfungen sorgten für die Gleichmäßigkeit des Betons. Die Eigenschaften des eingebauten Spritzbetons wurden laufend überprüft und seine Frostbeständigkeit an, aus dem Bauwerk entnommenen, Bohrkernen nachgewiesen.

The repair of 11,000 m² of non-frost-resistant concrete at the walls of a lock represented a challenging task for both the planners and the contractors. The requirement to demolish the old concrete even behind the structural reinforcement without damaging the reinforcing steel bars called for concrete demolition by high-pressure water jet as well as for the construction of a number of specialized equipment and machinery.

The demolished concrete was replaced by shotcrete. The required special properties of this shotcrete were obtained by means of concrete technological measures as well as by adding very small hollow balls and latex. Numerous tests ensured the uniformity of the concrete. The properties of the shotcrete were checked at regular intervals and its frost resistance was tested on cores taken from the structure.

1. Hochdruckwasserabbruch

1.1.0 Aufgabenstellung:

Nicht frostbeständiger Beton mußte an 30 m hohen Wänden 10 - 18 cm tief bis hinter die vorderste Bewehrungslage mit Hochdruckwasser abgebrochen werden. Die zu bearbeitende Fläche betrug 11.000 m². Ähnliche Arbeiten dieses Ausmaßes

wurden unseres Wissens an senkrechten Wänden noch nicht durchgeführt.

1.1.1 Vorversuche

Über Probeflächen haben wir die Durchführbarkeit der bauseitigen Forderung des Betonabbruchs ohne Beschädigung der vorhandenen Zugbewehrung untersucht. Wir konnten aus dieser Erfahrung

die Takte des Arbeitsablaufes festlegen und die Grundkonzeption der erforderlichen und neu zu konstruierenden Geräte bestimmen.

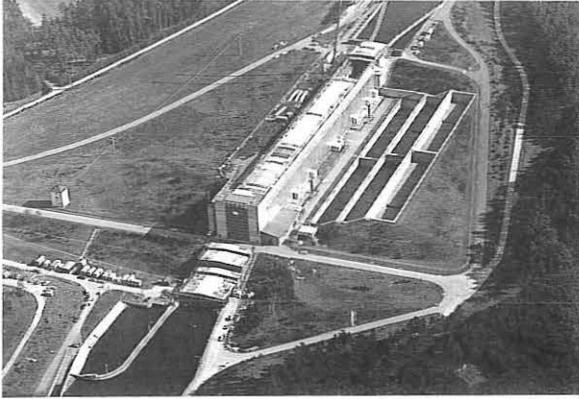


Bild 1: Luftbild mit Winterzelt. Freigegeben G - 301 7589

1.1.2 Entwicklung der für die Bauarbeiten erforderlichen Geräte

Unsere Grundidee sah unten und oben gleisgeführte Geräte vor, die in der Lage sein mußten, die Wandhöhe von 30,17 m frei zu überbrücken und jeden Punkt der Wandfläche problemlos zu erreichen.



Bild 2: Hochdruckpumpen

Für den Hochdruckwasserabbruch wurde eine Pumpe der Firma WOMA, Duisburg, ausgewählt, die mit einem 600 PS-MAN-Diesel-Motor als Antrieb 240 l Wasser pro Minute mit 950 - 980 bar Druck als Arbeitsmedium zur Verfügung stellte. Als Abbruchgerät hatten wir einen Orbiter vorgesehen, der über eine auf einem Lanzenrohr sitzende Spezialdüse in einer Drehbewegung den Betonabbruch in 12 cm breiten Streifen von oben nach unten tätigte. Die Wassermenge und der Druck der Hochdruckpumpe kann ohne hohen

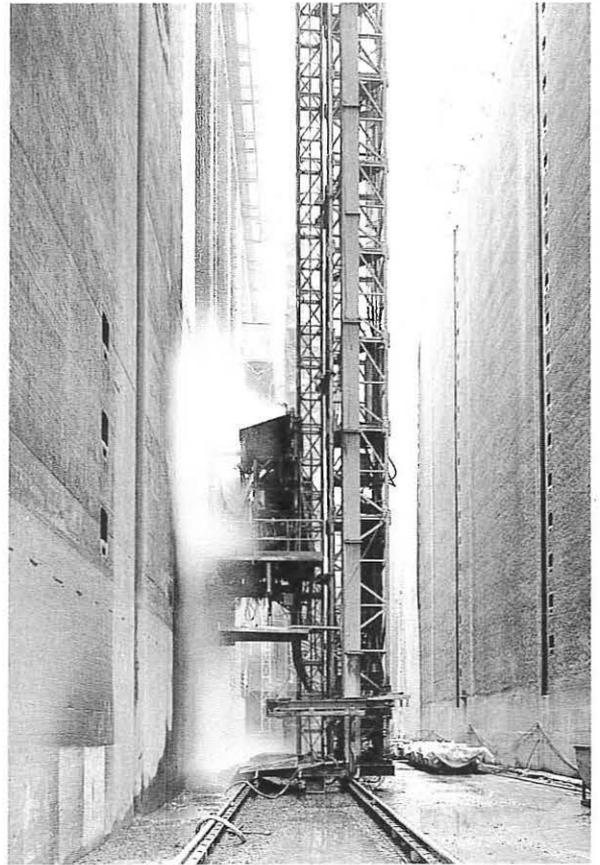


Bild 3: Hochdruckwasserabbruch-Geräteträger

technischen Aufwand nicht feinfühlig geregelt werden. Deshalb wird die Abbruchtiefe des Betons von der Geschwindigkeit des darüber hinweggeführten Abbruchorbiters bestimmt. Für die senkrechte Führung des Orbiters über die abzubrechenden Flächen mit einer, von der Leistung der Hochdruckpumpe, der Abbruchtiefe und der Betongüte abhängigen, noch nicht im Detail bekannten Geschwindigkeit, haben wir mit der Firma Zeppenfeld in Olpe und deren Stahlbaustatiker einen Geräteträger konstruiert. Um die Arbeitsbühne dieser Geräteführung stufenlos regelbar mit einer Geschwindigkeit von 0,2 bis 20 m pro Minute bewegen zu können, mußte ein dreifacher Hydraulikantrieb auf Zahnstangen wirkend vorgesehen werden. Die Bühne hatte eine Vielzahl von technischen Geräten aufzunehmen, wie das Führerhaus mit allen hydraulischen Steuereinheiten und die Tragkonstruktion für den Orbiter. Eine hydraulisch über Schneckentrieb um 360° schwenkbare Plattform versetzte den Orbiter in die Lage, Leiternischen und sonstige nicht parallel zur Abtragsebene liegende Flächen zu bearbeiten. Die Schwenkplattform wurde auf einem 2,80 m nach vorne ausfahrbaren Hydraulikarm montiert, um auch Flächen in Nischen und in tiefen Rücksprüngen abtragen zu können.

Der Abbruchgeräteträger wurde mit einer Quertraversierung versehen, die eine Querverstellung des Orbiters bis 2,60 m ohne Bewegung des ca. 40 to schweren Hauptgerätes ermöglichte. Durch Anbausätze konnte die Querbewegung für Sonderfälle um 3,40 m erweitert werden. Der auffangbare Abbruchanteil wurde über eine Vibrationsrinne in einen Auffangbehälter geleitet. Er konnte über Rollenbahnen am unteren Standplatz schnell zur Entleerung ausgetauscht und über Schuttcontainer entsorgt werden. Die Materialrückhaltebleche um den Orbiter mußten mit aufgeklebten Gummiplatten zur Lärm- und Verschleißminderung versehen werden. Mit dieser Einrichtung wurde die hohe Energie der geschoßartig von der Wand abfliegenden Betonbrocken vernichtet. Der Geräuschpegel während des Abbruchs lag über 100 dbA. Der Wunsch, möglichst alles Abbruchgut aufzufangen, scheiterte im Bereich der vorhandenen Bewehrung an der fehlenden Abdichtmöglichkeit. Auch die seitlichen Abdichtungen über Gummiplatten ließen einzelne der abgebrochenen Betonbrocken passieren, die auf der Schleusensole mit dem Bagger entsorgt werden mußten. Zur Fortbewegung der Abbrucheinheit auf den beiden Gleisebenen wurden die Schienen mit Zahnstangen, der Geräteträger mit hydraulischen Antrieben und Zahnritzeln versehen.



Bild 4: Abbruchgerät in Betrieb

Die Aufwärtsbewegung der Bühne wurde als Schnellbewegung mit 20 m pro Minute konzipiert, um die Arbeitsbühne nach jedem abwärts ablaufenden Arbeitsspiel umgehend wieder in die Ausgangsstellung zu positionieren. Die Abwärtsbewegung wurde stufenlos regulierbar ausgestattet, um auf die vorhandenen unterschiedlichen Betonfestigkeiten bei der geforderten konstanten Abbruchtiefe angemessen reagieren zu können. An verschiedenen Lamellen mußten bis zu sieben unterschiedliche Geschwindigkeiten zur Erreichung eines gleichmäßigen Abtrages gefahren werden. Die Hochdruckpumpen wurden ferngesteuert vom Bedienungsstand der Abbruchbühne betrieben. Die elf Hydraulikmotoren und Kolben des Abbruchturmes wurden von fünf Hydraulikpumpen angetrieben. Die Hydraulikpumpen, der 1.000 l fassende Hydrauliköltank, die Filter und die Rückkühleinrichtung waren im Liebherr-Turm des Gerätes untergebracht. Alle hydraulischen Teile mußten, bedingt durch den Terminzwang, aus sofort lieferbaren Komponenten zusammengestellt werden, was nur mit großem Aufwand und organisatorischem Geschick gelang.

1.1.3 Statische Konstruktion

Der Turm des gewählten Zeppenfeldgeräteträgers war nur in der Lage, die auftretenden Kräfte auf eine Höhe von 5 - 7 m zu übertragen. Für die freitragende Gesamtkonstruktion wurde deshalb auf ein neu konstruiertes, fahrbares Untergestell ein Liebherr HB 120 Kranturm aufgesetzt, der in der Lage war, die vom Geräteträger übergebenen Kräfte und Momente über eine Spannweite von 31 m Höhe zu übertragen. Der HB 120 Turm wurde mit einem Horizontalträgerahmen an den oberen Führungsschienen gehalten, der obere Antrieb in diesen Rahmen integriert.

1.1.4 Führungsschienen

Die unteren Führungsschienen wurden von IPB 24 mit aufgesetzten S 49 Schienen und einer Zahnstange gebildet. Die obere Führungsschiene bestand aus einer Doppelrohrkonstruktion mit Zahnstange, die eine Ablagerung von Abbruchmaterial verhinderte. Alle für den sonstigen Betrieb der Baustelle erforderlichen Geräte, Hebebühnen und Nachbehandlungseinheiten wurden über die gleichen Führungsschienenbahnen bewegt.

1.1.5 Gerätebau

Nach Auftragserteilung durch den Bauherrn verblieb für die gesamte Maschinen- und Gerätekonstruktion sowie deren Herstellung 8 Wochen Zeit. Nur durch die optimale Zusammenarbeit aller Be-

teiligten, vom Konstrukteur über die Anlagenbauer wie den Hydrauliker, den Lehrgerüstbauern, der Firmenwerkstatt, der Berufsgenossenschaft, dem Gewerbeaufsichtsamt, dem TÜV und der koordinierenden Oberbauleitung war es möglich, die Vielzahl an erforderlichen Neukonstruktionen termingemäß zum Einsatz zu bringen.

1.1.6 Arbeitsweise des Orbiters

Im Zuge der Abbrucharbeiten zeigte sich, daß der mit einer kreisenden Bewegung arbeitende Orbiter an den seitlichen, vertikalen Begrenzungen des Abbruchstreifens durch das relativ häufige Tangieren an der Kreisperipherie, bei der Abwärtsfahrt tiefe Spuren im Beton hinterließ. Die Bemühungen, dies durch taumelnde Bewegungen abzumildern, gelangen nur teilweise. Der Einsatz eines Gerätes mit einer elektronisch gesteuerten, scheibenwischerartig arbeitenden Düse brachte eine verbesserte flächige Arbeitsweise.

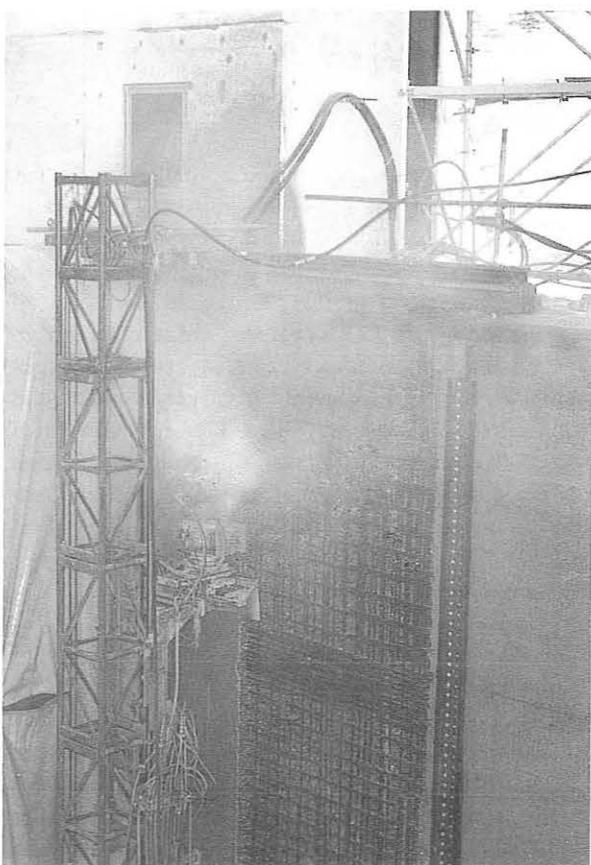


Bild 5: Torkelnder Orbiter auf Schwenkschemel montiert

Durch das Aufsetzen des taumelnden Drehorbiters auf einen seitlich schwenkenden Schemel erzielten wir den gleich guten, flächigen Abtrag ohne Schatten hinter der Bewehrung und eine Verbreiterung des Abbruchstreifens auf 20 cm.

Über eine Verbesserung des elektronisch gesteuerten Abbruchgerätes, durch die Einschaltung von zusätzlichen Übergängen beim Abbruch unter gleichzeitiger Verstellung der Düsen nach oben und unten, konnten die vorher verbliebenen störenden Abbruchschatten hinter den starken Bewehrungsstählen auch hier weitgehend vermieden werden. Die berechnete Forderung des Gutachters, die Spritzbetonschale wegen der Gefahr der Feuchtehinterwanderung und des dadurch möglichen Abrierens der Spritzbetonschale im Anschlußbereich des nicht frostbeständigen saugfähigen Altbetons in der ersten horizontalen Bewehrungslage zu verankern, erzwang deren Freilegung bis 3 cm hinter die Stähle, um sie spritzschattenfrei einbetten zu können. Als Folgeerscheinung lösten sich die halb freigelegten Stähle der Vertikalbewehrung von ihrer rückwärtigen Betoneinbettung, so daß sie ebenfalls ringsum freigelegt werden mußten. Der daraus resultierende tiefere Betonabbruch ergab eine Verdoppelung des Betonabbruch- und Spritzbetonvolumens sowie der Kosten.

1.1.7 Zweitgerät

Um Sonderflächen hinter der Schutzwand des Tores am Oberhaupt und in den Tornischen der Anlage bearbeiten zu können, wurde ein kleinerer, nach dem Prinzip der großen Anlage arbeitender Geräteträger entwickelt, gebaut und mit Erfolg eingesetzt.



Bild 6: Kleiner Geräteträger beim Abbruch hinter der Torprallwand

Für den Betrieb dieses Gerätes wurde eine zweite Hochdruckpumpe mit einer Leistung von 120 l Wasser pro Minute und ebenfalls 950 bis 980 bar Wasserdruck eingesetzt.

1.1.8 Schwimmpollerschächte

Für die über die gesamte Bauwerkshöhe reichenden runden Schwimmpoller-Schächte mit 1,10 m Durchmesser haben wir ein zusätzliches Win-

engerät mit Gegengewicht konstruiert, das den Rotationsorbiter streifenweise über die runden Betonflächen führte und so den in diesem Bereich geforderten 8 cm tiefen Betonabbruch tätigte.

1.1.9 Nachspritzarbeiten

Durch die von den Orbitern ausgehende ständige Befeuchtung mit dem Abbruchwasser bildete sich auf den Abbruchflächen eine weiße Ablagerung, die gemäß einer chemischen Untersuchung vorwiegend aus Kalk und Sulfat bestand und eine Trennschicht für die Spritzbetonhaftung am Altbeton ergab. Im Zuge der händischen Aufweitung, von durch den Orbiter erzeugten, schmalen tiefen Tälern im Abbruchbereich des Altbetons, wurden diese Ablagerungen mit abgestemmt. Die schmalen Täler mußten erweitert werden, weil in ihnen durch sich querlegende Kieskörner des Spritzbetonauftrages eine völlig dichte Ausbetonierung unmöglich war. Die verbesserten Abbruchorbiter verminderten durch die flächig ebenen Abbruchflächen die händischen Nachspritzarbeiten um nahezu 50 %.

1.2.0 Arbeiten mit 2.400 bar

Das Nacharbeiten der gesamten Betonabbruchflächen und das Abschälen aller durch die händischen Arbeiten angelösten Betonteile erfolgte mit 2.400 bar Handlanzen. Es wurde ein amerikanisches Admag Gerät mit einer Leistung von 25 l Wasser pro Minute und einem Druck von 2.400 bar einschließlich zwei hydraulisch angetriebener Handdrehpistolen eingesetzt. Fährt man die hochtechnischen 2.400 bar Anlagen im Dauereinsatz, so bedingen sie einen hohen Wartungs- und Reparaturaufwand. Will man zwei Pistolen ständig betreiben, so müssen vier vorgehalten werden.

1.2.1 Betrieb der Hochdruckwasserabbruchgeräte

Bedingt durch den engen Termin wurden alle Arbeiten im Tag- und Nachtbetrieb durchgeführt. Die vorgeschriebene Wartung der Geräte im Turnus von 500 Betriebsstunden mußte bei der Betriebsart in den sonst arbeitsfreien Sonntag-Tagsschichten durchgeführt werden. Diese Wartung erstreckte sich auf den Austausch aller Dichtungen im Hochdruckbereich sowie dem Auswechseln einer Vielzahl von Verschleißteilen. Trotz dieser Wartungen fielen die Anlagen immer wieder kurzfristig durch das Versagen bestimmter, meist im Hochdruckbetriebsbereich befindlicher Teile aus. Aber auch die Dieselmotoren waren mit Störungen behaftet. Die jeweils im Einsatz befindlichen Abbruchorbiter mußten, um Betriebsunterbrechungen zu vermeiden, doppelt oder dreifach vorgehalten

werden, da ihr Verschleiß besonders gravierend war. Im ganzen gesehen haben sich die Geräte jedoch in über 4.000 Betriebsstunden unter härtestem Vollastdauerbetrieb bewährt.

1.2.2 Bearbeitung der Fugen

Im Bereich der in den Dehnfugen eingebauten Neoprendichtungsbänder konnte nicht mit Hochdruckwasser abgebrochen werden, um Beschädigungen der Bänder sicher auszuschließen. Vorversuche hatten gezeigt, daß der gebündelte Wasserstrahl die Bänder zerstören würde. Es mußte deshalb beidseits der Fugen je 15 cm Beton zum Schutz der Fugenbänder von Hand mit größter Sorgfalt von der ersten hinter dem maschinellen Abbruchturm angeordneten Hebebühne abgebrochen werden.

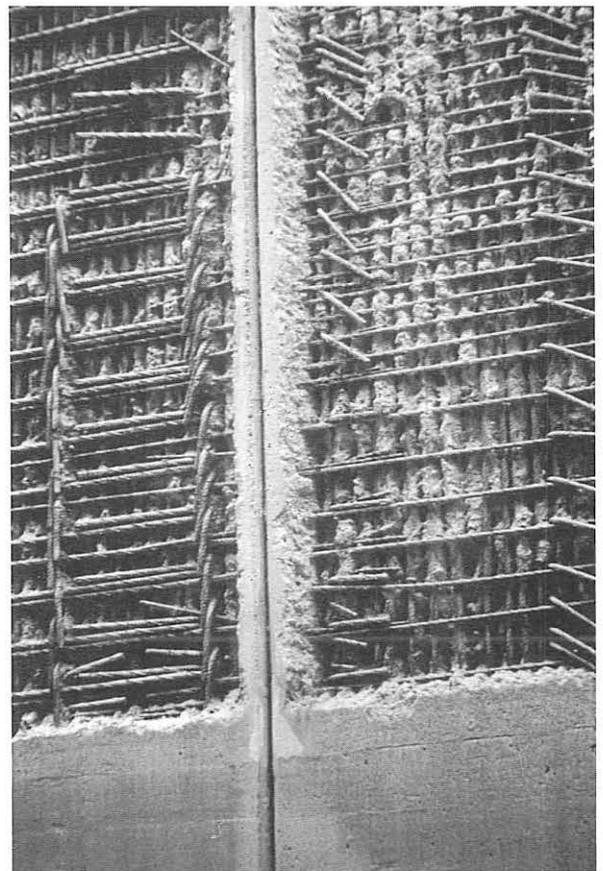


Bild 7: Fugenbereich

1.2.3 Wasseraufbereitung und Entsorgung

Die kommunale Wasserversorgung war nicht in der Lage, die für die Arbeiten benötigte Wassermenge zur Verfügung zu stellen. Es wurden deshalb im Oberwasser zwei wechselweise betriebene Unterwasserpumpen mit 12 bar Betriebsdruck installiert, das Brauchwasser über zwei Filterelemente von Schwebstoffen über 10 µm befreit und den Hoch-

druckpumpen mit dem erforderlichen Vordruck zur Verfügung gestellt. Auch für die Vorbefeuchtung und Nachbehandlung gelangte dieses Wasser zur Anwendung. Zur Spritzbetonherstellung wurde Trinkwasser aus dem öffentlichen Netz verwendet.

Das hochalkalische, vom Betonabbruch herrührende Abwasser wurde zunächst in das als Absetzbecken fungierende Grundlaufsystem geleitet, von dort mit Schmutzwasserpumpen über einen Schlammfang und Benzinabscheider in das Unterwasser der Schleuse gepumpt. Bei den laufenden Untersuchungen der Wassergüte konnte trotz der Einleitung des hochalkalischen Wassers in das stehende Gewässer keine negative Veränderung festgestellt werden.

1.2.4 Ergebnis

Mit den vorhandenen und den neukonstruierten Geräten und Maschinen konnte Beton der Güteklasse B 25 bis B 35 an senkrechten Wänden bis zu 20 cm tief abgebrochen werden, ohne die vorhandene dichte Bewehrung zu beschädigen. Auch die Probeflächen mit bis zu 70 N/mm² wurden, mit wesentlich geringerer Geschwindigkeit, problemlos mit abgebrochen. Selbst die Befestigung der Betonstähle untereinander mit Bindedrähten blieb unangetastet und konnte ihre Funktion auch nach dem Abbruch noch aufrechterhalten. Die Forderung des Bauherrn nach einem Betonabbruchsystem, bei dessen Anwendung die Betonstähle völlig schadfrei und ohne jede Kerbung blieben, konnte voll erfüllt werden.

2. Arbeitsbühnen

2.1.0 Einmastbühnen

Die Grundvoraussetzung für das Gelingen einer Terminbaustelle dieses Ausmaßes ist die Erreichbarkeit jedes Punktes der Wände des 200 m langen, 12 m breiten und 30 m hohen Schleusenbauwerkes zum erforderlichen Zeitpunkt. Es wurde deshalb eine Batterie von drei Einmastbühnen und einer Zweimastbühne mit Zahnstangenantrieb angeordnet. Die Maste der Hebebühnen mußten zur Lastübertragung alle 6 - 8 m verankert werden.

Wir haben deshalb Haltemaste aus bei uns vorhandenen Brückenlehrgerüstträgern E 2000 (Peine) gebaut und an diesen Konstruktionen die Maste der Hebebühnen befestigt. Die Lehrgerüstträgermaste wurden unten, über Turmdrehkranportale älterer Hilgerskräne, fahrbar und gleisgängig gestaltet. Die Anlenkung an der oberen Schiene erfolgte über Spezialfahrgestelle, der Antrieb über

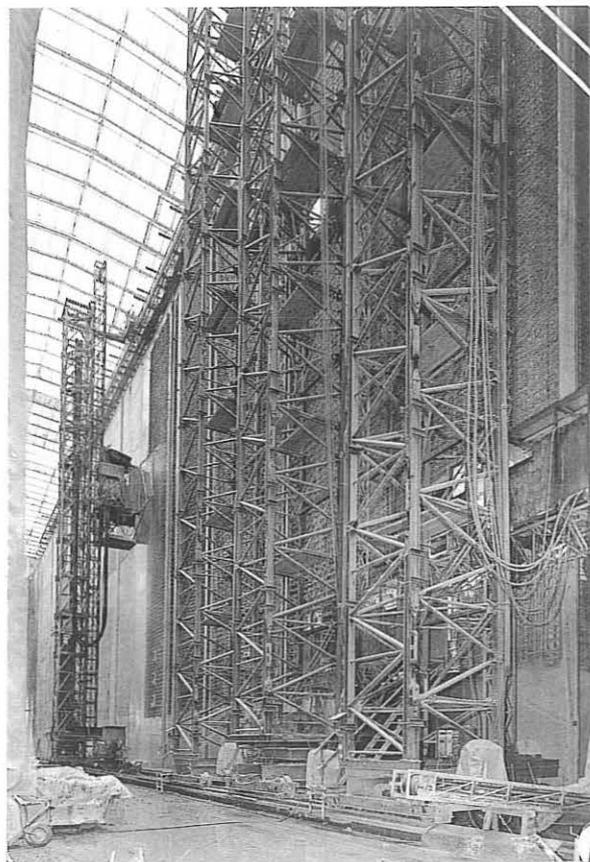


Bild 8: Einmasthebebühne und Betonabbruchgerät

die elektrischen Getriebemotoren der Kranportale. Die Hebebühnen dienten hauptsächlich zur Fugbearbeitung, der Handabspitzung, dem Ausrichten und Ergänzen der Bewehrung und dem Nacharbeiten mit den 2400 bar Handlanzen. Die Bearbeitung der runden Schwimmpollerschächte und der rückspringenden Leiternischen erfolgte über, an den Hebebühnen befestigte, abnehmbare Ausleger.

2.2.0 Doppelmastbühne

Der Auftrag des Spritzbetons wurde von einer Doppelmasteinheit mit einer 16 m langen Hebebühne durchgeführt. Von ihr konnten die 9 bis 15 m breiten Lamellen je Spritzlage komplett in einem Arbeitsgang appliziert werden. Um den jungen Spritzbeton auch bereits während der relativ langen Herstellungszeit einer Lamelle sofort nachbehandeln zu können, wurde die gesamte Konstruktion mit Folien verkleidet und das Innere mit rund 97 % Luftfeuchtigkeit beaufschlagt. Den Feuchte-transport übernahmen Textilschläuche, an deren oberen Ende auf der Bühnenabdeckung die Ventilatoren und Sprühdüsen für die Luftbefeuchtung angeordnet waren.

Durch den Zementstaub der Spritzbetonarbeiten

wurde die Durchlässigkeit der Schläuche reduziert, sie mußten laufend gesäubert und nach der halben Bauzeit ausgetauscht werden. Für die zusätzlich benötigte Feuchte im untersten Teil der Einhausung sorgten vier Spezialwassersprühgeräte. Der Schienenantrieb der 80 t schweren Spritzbetonhebühneneinheit erfolgte durch einen Hydraulikantrieb über die unteren Zahnstangen an den Schienen.

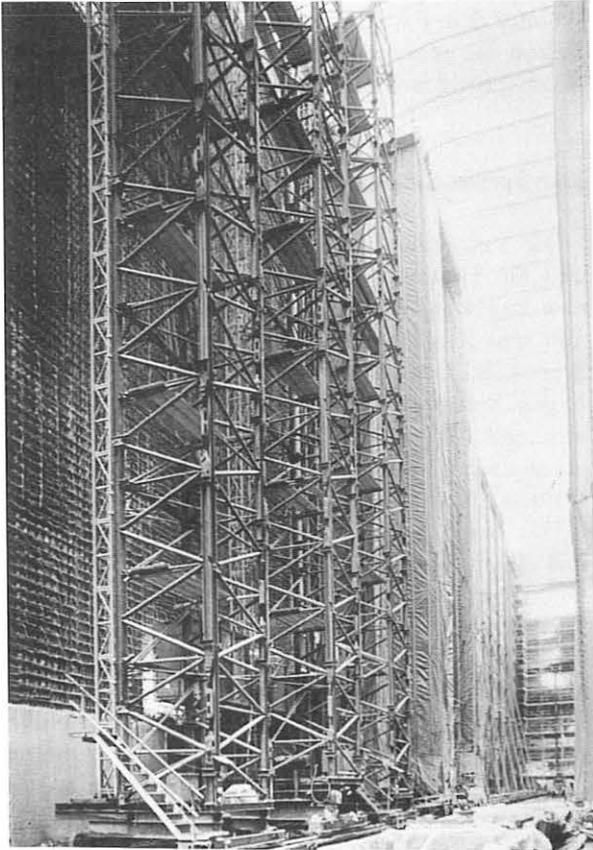


Bild 9: Einmasthebühne und verkleidete Doppelmasthebühne

2.3.0 Personenförderwinde

Das Verpressen der Risse und der Stahlanhäufungen, die Bohrkernentnahme und alle sonstigen Nacharbeiten wurden von einer in den oberen Schienen laufenden Personenförderwinde und dem passenden Arbeitskorb aus durchgeführt.

3. Spritzbeton

3.0.1 Abreißfestigkeit

Zur Vorbereitung der Auftragsflächen des Spritzbetons gehörte auch die Überprüfung der Altbetonfestigkeit durch Abreißprüfungen in Anlehnung an die ZTV-SIB 87.

3.0.2 Rißverpressung

Alle erkennbaren vertikalen Risse wurden mit Epoxidharz verpreßt.

3.0.3 Bewehrung

Die ungeordneten, sich teilweise überkreuzenden Bügel mußten gerichtet und in die Vertikalebene abgebogen werden. In Bereichen ohne Bügel wurden an die vorhandenen, einbetonierten Schalungsanker Rückhaltestäbe für die Bewehrung angeschweißt, um die Spritzbetonschale nach hinten zu verankern. Alle Lamellen mit Querrissen im Altbeton wurden mit einer zusätzlichen Vertikalbewehrung versehen.

3.0.4 Probefelder

Zur praktischen Erprobung des vorgesehenen Spritzbetons vor Ort wurden 1½ Jahre vor Baubeginn Probefelder über das ganze Bauwerk verteilt angelegt, mit den unterschiedlichsten Spritzbetonmischungen und Nachbehandlungsmethoden versehen und die Frostbeständigkeit und Dauerhaftigkeit geprüft.

3.0.5 Mikrohohlkugeln

Das sichere, richtig plazierte Einbringen von Luftporen über chemische Mittel stößt bei Spritzbeton auf fast unlösbare Probleme. Zur Erhöhung der Frostbeständigkeit wurden deshalb dem Spritzbeton MHK = Mikrohohlkugeln mit einem Durchmesser von 40 - 60 µm zugesetzt. Die Lieferrechte für diese MHK besitzt für die Bundesrepublik die Firma Addiment, eine Tochtergesellschaft der Heidelberger Zementwerke. In einer Reihe von Vorversuchen haben wir die nötige Zugabemenge der MHK ermittelt, um den vorgeschriebenen Abstandsfaktor der Luftporen und die sonstigen Kennwerte einzuhalten. Die während der Bauausführung vom Zemplabor, vom Lieferanten und dem Baustoffinstitut der TU München durchgeführten Prüfungen bestätigten die Wirksamkeit der verwendeten Rezeptur.

3.0.6 Latexmodifizierung

Zur Herabsetzung des E-Moduls und um einen dichten Spritzbeton zu erzielen, haben wir mit Ausnahme der Verbindungslage zum Altbeton den Spritzbeton mit Latex modifiziert. Dieses Material wurde über eine computergesteuerte Mischanlage mit dem Anmachwasser über Rührwerke vermischt und durch die Hochdruckpandadüsen dem Spritzbeton zugeführt.

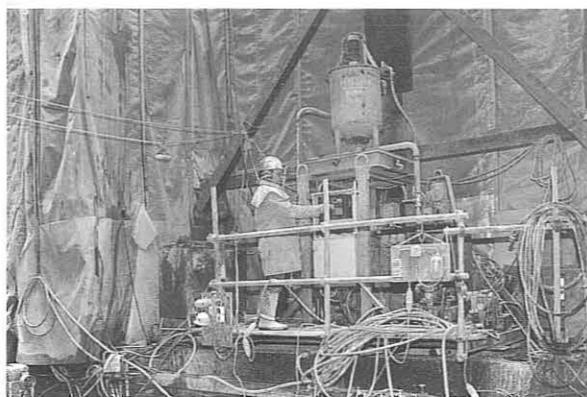


Bild 10: Computergesteuerte Mischanlage für die Latexmodifizierung

3.0.7 Ausgangsmischung

Die Ausgangsmischung lag im Bereich der Sieblinie A und B 8 bzw. A und B 16 der DIN 1045, Ausgabe 1988, und bestand nur aus Rundkorn mit vereinzelt, vorkommensmäßig bedingten Langkörnern in der Fraktion 8 - 16 mm. Die Komponenten der Ausgangsmischung wurden im firmeneigenen Transportbetonwerk gemischt, mit Fahrmaschinen zur Baustelle transportiert und in Vorratssilos, getrennt nach Größtkorn, gelagert.

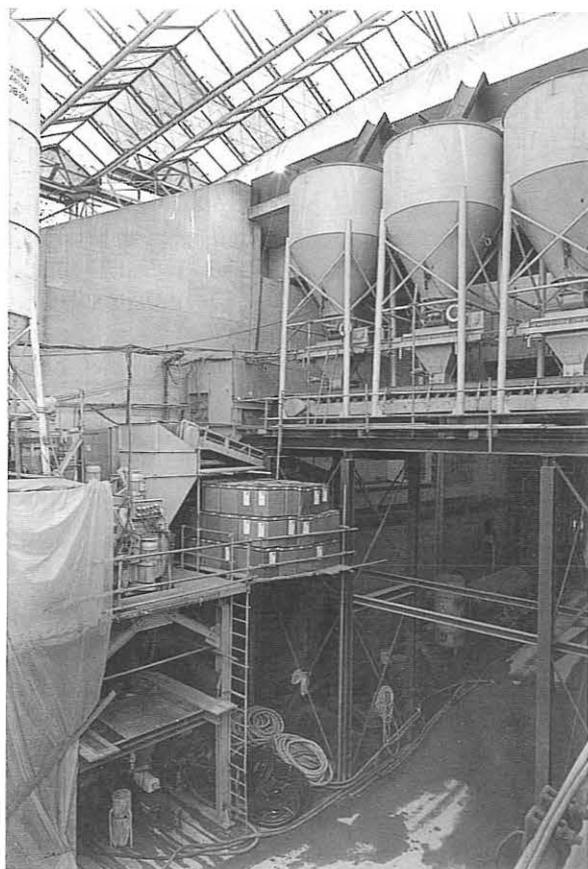


Bild 11: Mischanlage für die Ausgangsmischung

Es wurde über Heizeinrichtungen für die vorgeschriebene Temperatur und Feuchte der Bereitstellungsmischung gesorgt. Die für den Spritzvorgang günstige Eigenfeuchte der Zuschläge zwischen 3 und 4 % konnte damit erreicht werden. Die vorbereitete Ausgangsmischung wurde über Wiegeeinrichtungen unter Zwischenschaltung einer Überkornabsiebung zum Zwangsmischer transportiert und dort mit Zement und MHK vermengt.

Unter dem Zwangsmischer angeordnete Vorsilos hielten das gemischte Material zur Beschickung der Betonspritzmaschinen bereit.

3.0.8 Spritzbetonlagen

Die Verbindung des Spritzbetons zum Altbeton und die Hinterspritzung der Stähle wurde durch eine Lage Spritzbeton mit einem Größtkorn von 8 mm und Zusatz von MHK von unten nach oben hergestellt. Der weitere Aufbau erfolgte durch zwei Lagen Spritzbeton mit einem Größtkorn von 16 mm und MHK sowie Latexzusatz, ebenfalls von unten nach oben gespritzt. Die letzten 5 bis 10 mm wurden durch einen spritzrauh belassenen, mit MHK sowie Latexzusatz versehenen Spritzbeton mit einem Größtkorn von 4 mm von oben nach unten hergestellt. Um eine Hinterwanderung der Spritzbetonschale mit Feuchtigkeit im Altbeton zu verhindern, waren im Fugenbandbereich besondere Maßnahmen erforderlich. Die Metallstreifen der rückwärtigen Bandverankerung im Beton wurden mindestens 4 cm freigelegt und mit Spritzbeton neu, einseitig, eingebettet, Beschädigungen dieser Metallstreifen durch die Handabspritzungen vor dem Spritzen mit Polyurethananstrichen abgedichtet.

3.0.9 Spritzmaschinen und Leitungen

Für den Transport des Spritzbetons zur Düse haben wir Betonspritzmaschinen vom Typ A 1 der Firma Schürenberg ausgewählt. Das Konstruktionsprinzip dieser Maschine garantierte einen gleichmäßigen Förderstrom auch über Entfernungen von 250 m. Hier war jedoch die Zwischenschaltung von Stahlrohren anstelle von Förderschläuchen notwendig. Der Verschleiß der Drehteile und Abdichtungen der Betonspritzmaschinen nahm mit der Förderlänge und der Verwendung von 16 mm Größtkorn sprunghaft zu. Die Verarbeitbarkeit und die Güte des applizierten Spritzbetons litt darunter in keiner Weise. Selbst im Tag- und Nachtdauerbetrieb hatten die Maschinen bei guter Wartung selten Ausfallzeiten.

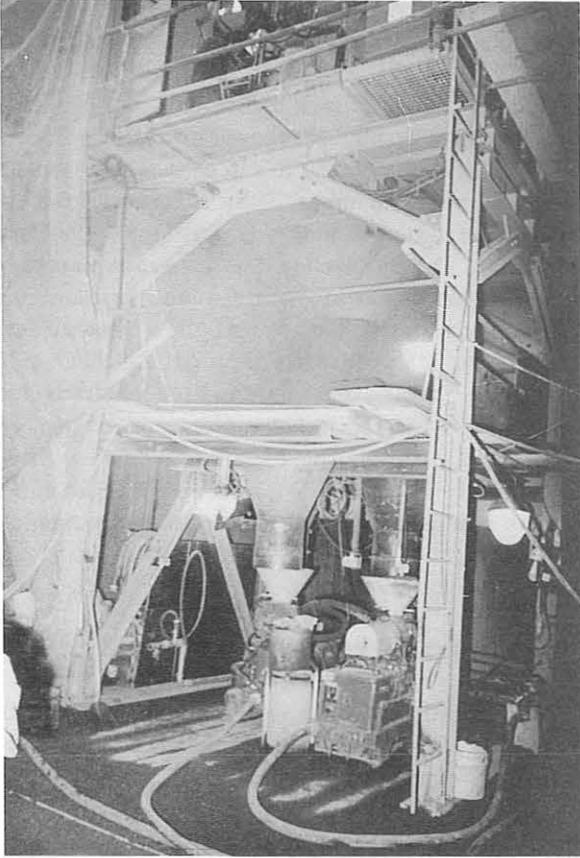


Bild 12: Spritzbetonmaschinen

Die eingesetzten Pandahochdruckdüsen der Firma Schürenberg schafften über speziell für uns bearbeitete Benetzungsringe eine gute Durchfeuchtung des anzuspritzenden Betons und funktionierten auch bei Latexzugabe unter Erhöhung des Verschleißes noch einwandfrei. Die dazugehörigen Hochdruckpumpen zeigten, bedingt durch die Latexförderung, ebenfalls erhöhten Verschleiß. Um Betriebsunterbrechungen zu vermeiden, mußte ständig die doppelte Anzahl der Pumpen und Düsen vorgehalten werden.

3.1.0 Druckluftanlagen

Für die Spritzbetonarbeiten hatten wir Schraubenkompressoren mit insgesamt dreiundfünfzig Kubikmeter Ansaugluft pro Minute installiert. Zur Wasserabscheidung und zum Ausgleich von Druckschwankungen wurden Luftkessel mit insgesamt 10 Kubikmeter Inhalt zwischengeschaltet.

3.1.1 Haftzugfestigkeit

An, von gespritzten Probestflächen, entnommenen Bohrkernen wurde an jeder Lamelle die Haftzugfestigkeit der Verbundfuge Altbeton zu Spritzbeton im Baustoffinstitut der TU München geprüft.

3.1.2 Vornässen der Auftragsflächen

Die Auftragsflächen wurden über Sprühbalken mindestens 3 Tage vorgeätzt, um den rückwärtigen Feuchteentzug aus dem jungen Spritzbeton zu beschränken.



Bild 13: Vorbereitete Auftragsfläche

Sie durften beim Spritzbetonauftrag nur noch matt feucht erscheinen. Prüfungen hatten ergeben, daß eine etwas stärker abgetrocknete Auftragsfläche bessere Haftzugwerte des Spritzbetons liefert als zu feuchte Flächen, die, bedingt durch die Wassersättigung der obersten Betonporen, den Spritzbeton vermutlich an der intensiven Verbindung zum Altbeton hindern.

3.1.3 Verpreßschläuche

Bereiche mit mehreren dicht aneinanderliegenden Bewehrungsstäben wurden mit Fukoverpreßschläuchen versehen und nach Erhärtung des Spritzbetons eventuelle Spritzschatten mit Zementsuspension verpreßt.

3.1.4 Durchführung der Spritzbetonarbeiten



Bild 14: Applizierung des Spritzbetons

Die Spritzbetonarbeiten wurden in Tag- und Nacharbeit durchgeführt und trotz Verdoppelung

des Arbeitsvolumens nahezu termingerecht abgeschlossen. Als maximaler Zeitabstand zwischen dem Auftrag der einzelnen Spritzbetonlagen waren 48 Stunden festgelegt. Die optimale Zusammensetzung der Spritzbetonausgangsmischung gestattete das fehlerlose Einspritzen von Doppel- und Dreifachstähen. Die Überprüfung dieser Eigenschaften wurde an, im Rahmen meiner Tätigkeit im ZTV - SIB Unterausschuß spritzbare PCC, für die Spritzerprüfung und die Materialprüfung in Bezug auf Einspritzbarkeit von Doppelstähen von mir mitentwickelten, Prüfplatten vorgenommen. Es waren durchgehend zwei Spritzbetonmaschinen im Einsatz. Eine dritte Maschine wurde im Zuge der Arbeiten am Ober- und Unterhaupt zusätzlich erforderlich. Auch die runden Schwimmpollerschächte mit 1,10 Meter Durchmesser blieben spritzrauh. Die exakte Ausführung dieser runden engen Schächte stellte eine Meisterleistung unserer Betonspritzer dar.

3.1.5 Nachbehandlung

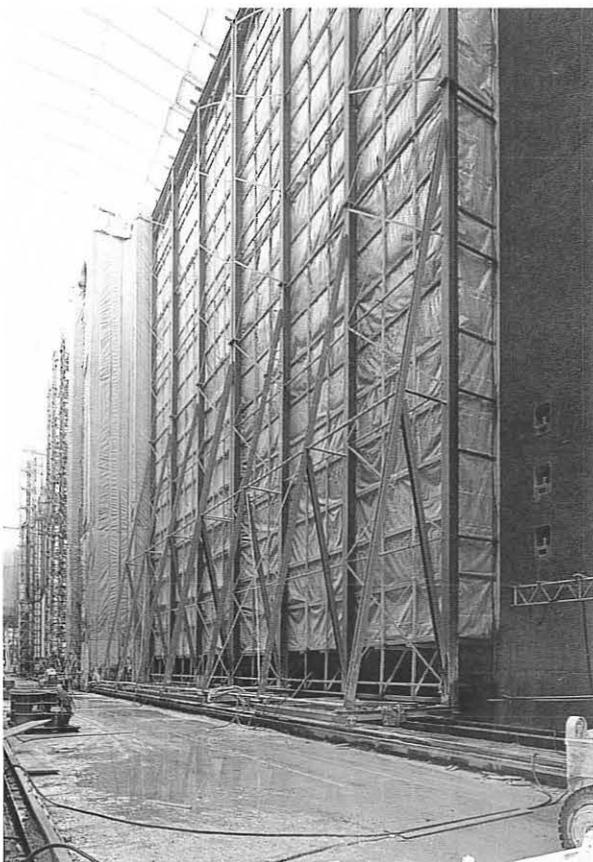


Bild 15: Nachbehandlungszelte, dahinter eingehauste Spritzbetonhebebühne, im Vordergrund der Sprühbalken

Die Nachbehandlung begann, wie oben beschrieben, bereits während des Spritzvorganges durch die

Einhausung der Hebebühnenkonstruktion für die Spritzbetonherstellung und deren Beaufschlagung mit 97 % Luftfeuchtigkeit. Die weitere Nachbehandlung übernahmen zwei mit Folien verkleidete fahrbare Stahlkonstruktionen von 16 m Breite, 30 m Höhe und einer Tiefe von ca. 1 m. Sie wurden ebenfalls über die unter Ziffer 2.2 beschriebenen Spezialeinrichtungen mit 97 % Luftfeuchtigkeit beaufschlagt. Die Stoßstellen der Zelte untereinander und zur eingehausten Spritzerbühne wurden mit zusätzlichen vertikalen Sprühbalken befeuchtet. Hinter den Stahlkonstruktionen der Nachbehandlungszelte folgte ein automatisch betriebener Sprühbalken, der als weitere Nachbehandlung die Wände bis zum 28. Tag nach Ende des Spritzbetonauftrages mit einem Wassernebel besprühte. So konnte dem jungen Spritzbeton ein ausreichendes Feuchteangebot für die Zementhydratation zur Verfügung gestellt werden.

3.1.6 Abtransport des Rückpralls

Über Leiteinrichtungen fiel der Rückprall in Wandnähe von der Hebebühne senkrecht nach unten und wurde dort von Förderbändern aufgefangen und in Schuttkübel weitergeleitet, diese Auffangbehälter von mit Dreheinrichtungen versehenen Staplern in Schuttcontainer entleert und entsorgt.

3.1.7 Prüfungen und Betonqualität

Die Spritzbetonarbeiten wurden durch unsere Prüfstelle E laufend überwacht. Mit der Fremdüberwachung als erweiterte B II-Überwachung war von uns die Landesgewerbeanstalt Nürnberg beauftragt. Die Materialprüfstelle des Bauherrn und der Gutachter, Herr Prof. Springenschmid, führten Zusatzprüfungen durch. Die vorgeschriebene Mindestbetonfestigkeit eines B 25 wurde stets erreicht.



Bild 16: Bohrkern aus der Schleusenwand

Die Festigkeiten des Spritzbetons an der Wand betragen zwischen 40 und 60 N/mm². Nach einer

Vergleichmäßigung des verarbeiteten Zementes lag die Festigkeit nahezu konstant bei 55 N/mm^2 . Die Frostbeständigkeit des Spritzbetons konnte mit sehr guten Ergebnissen über, an der TU München und der Prüfstelle des Bauherrn, durchgeführte Prüfungen nach der Ö-Norm B 3303 nachgewiesen werden. Die Abreißfestigkeiten des Spritzbetons am Altbeton lagen durchwegs im geforderten Bereich. Selbstverständlich wurde die Einhaltung der Siebkurven, des Zementgehaltes usw. täglich überprüft. Um Unregelmäßigkeiten in der Ausgangsmischung frühzeitig erkennen zu können, wurde diese täglich in Anlehnung an den Entwurf der Neubearbeitung der DIN 18551 mit einer definierten Wassermenge im Zwangsmischer gemischt und über Ausbreitmaß und Luftgehalt die Gleichmäßigkeit überprüft. Die Prüfung der aus den fertigen Wänden entnommenen Bohrkern auf Druck, Wassereindringtiefe und Frostbeständigkeit ergänzte den Nachweis der vertragsgemäßen Spritzbetoneigenschaften. Von uns zusätzlich durchgeführte Frostprüfungen nach einem Schweizer Kurzverfahren ergaben ebenfalls einen frostbeständigen rissfreien Spritzbeton.

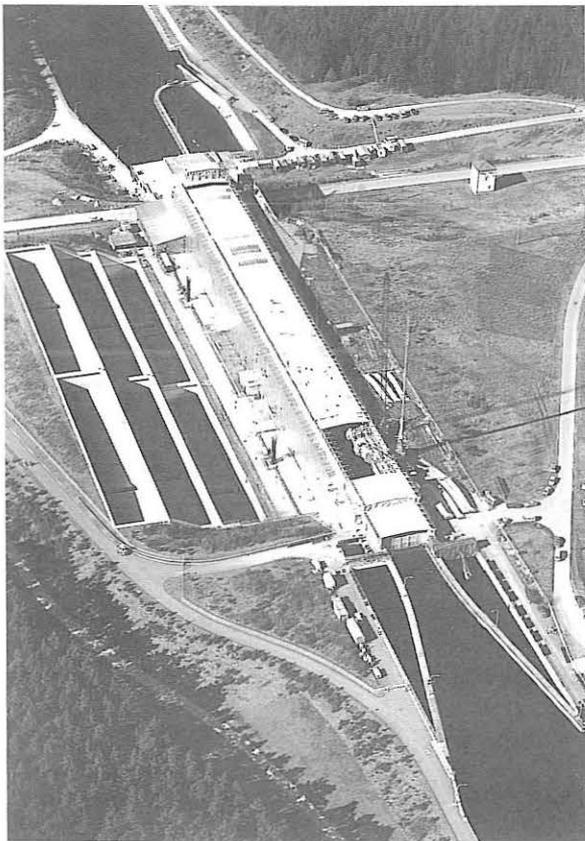


Bild 17: Luftbild des Winterzeltes, Dachteile für die Geräteumhebung geöffnet. Freigegeben G - 301 7654

4. Winterbau

Wegen der Kürze der Schifffahrtssperre im Bereich der Schleuse mußten die Arbeiten in den Wintermonaten 1988/1989 im Schutz eines Winterzeltes durchgeführt werden. Auch die freistehende Westseite der Schleusenammer sowie die Flächen für die Mischanlage und Auffahrt im Unterwasser der Schleuse bis zum Notverschluß wurde eingehaust und beheizt. Alle Dächer konnten an jeder Stelle abgenommen und wieder aufgesetzt werden. Heizeinrichtungen mit 5,4 Millionen WE konnten 25° C überbrücken und so der Forderung des Gutachters, den Innenraum auf $+ 5^\circ \text{ C}$ bei Außentemperaturen bis -20° C zu halten, entsprechen.

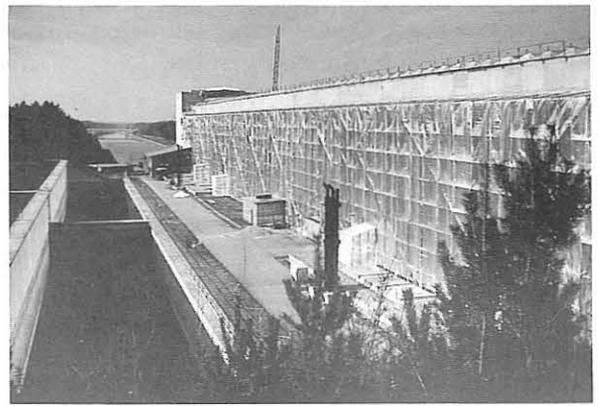


Bild 18: Verkleidung der freistehenden Westseite

5. Arbeitsschutz

Das Tragen der Schutzhelme, des Gehörschutzes und der Staubmasken, die Sicherung des Personals mit Fallstoppsicherheitsgurten im Zuge der Montagen in großen Höhen sowie das ständige Trocknen der Arbeitsschutzkleidung gehörten zur Selbstverständlichkeit des Arbeitsschutzes.

6. Umsetzen der Geräte



Bild 19: Umheben der Geräte

Alle Geräte mußten nach Bearbeitung der

Westwand mit Autokränen zur Ostwand umgesetzt werden. Die teils bis 16 m breiten und bis zu 80 t schweren Geräte mußten über die nur 12 m breite Kammer und das Winterzelt angehoben, gedreht und an der östlichen Wandseite wieder abgelassen werden, und dies bei voller Bespannung, die einer Segelfläche von 480 m² entsprach. Um die Standsicherheit der Autokräne zu gewährleisten, durften die berechneten, zulässigen Windgeschwindigkeiten beim Umheben nicht überschritten werden.

7. Abbau der Geräte

Der Abbau der Geräte mußte termingemäß genau nach Ablaufplan erfolgen. Die Dimension der Schleuse und der Geräte wurde bei deren Ausheben nochmals in Erinnerung gerufen.

8. Zusammenfassung

Die Instandsetzung des Wasserbauwerkes mit Hochdruckwasserabbruch und Spritzbetonauftrag hat alle Beteiligten vor Aufgaben besonderer Art gestellt. Die Baumaßnahme wurde durch entsprechende Planung, das fachliche Können des Gutachters und des Firmenpersonals sowie einer außerordentlich guten Zusammenarbeit zwischen dem Bauherrn, der Firma und dem Sachverständigenrat zur Zufriedenheit des Bauherrn durchgeführt. Der sehr kurze, trotz doppeltem Ausführungsvolumen nur um drei Wochen verlängerte Termin, wurde von uns eingehalten.

Mit dem für die Arbeiten nötigen Investitionsvolumen von über vier Millionen Deutsche Mark

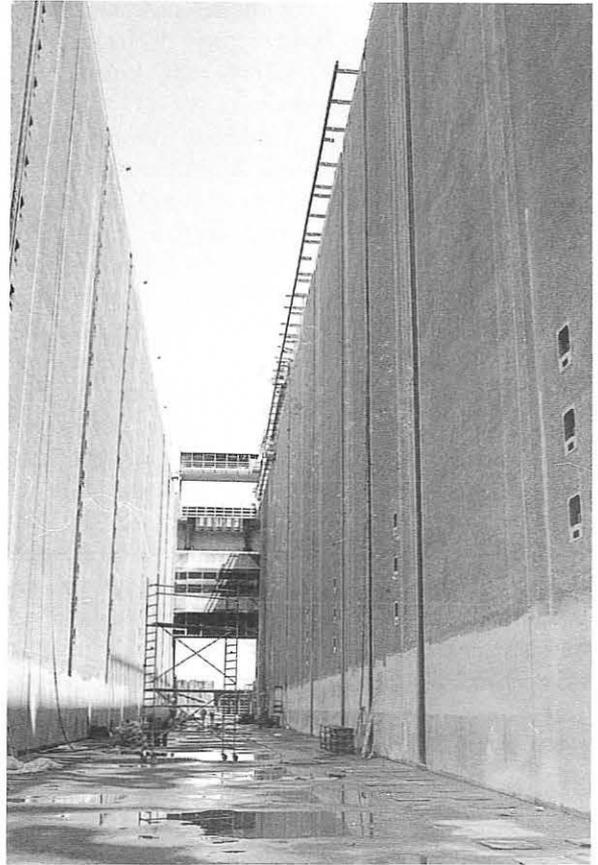


Bild 20: Fertige Schleuse

ist unser Haus, nach einer sehr teuren Generalüberholung der Geräte, für neue Aufträge bestens gerüstet. Ein Teil der Geräte wird allerdings lange am Lagerplatz auf ihre Wiederverwendung warten. Selbstverständlich setzen wir unsere Erfahrung und die Geräte aus dieser Baumaßnahme in die tägliche Arbeit, im Rahmen der von uns durchzuführenden Betoninstandsetzungen, um.