

# Betrachtungen zur Instandsetzung unter Betrieb am Beispiel der Schleuse Hollage

Dipl.-Ing. Dirk Biskupek (NBA Hannover)

## 1 Einleitung

Die Schleusenanlagen der WSV zeichnen sich durch ein zunehmend hohes Alter und entsprechende Defizite im Bauwerkszustand auf. Zur Aufrechterhaltung und Gewährleistung des Verkehrs auf den betroffenen Wasserstraßen resultiert daraus ein wachsender Instandsetzungsbedarf dieser Anlagen. Das NBA Hannover wird zunehmend bundesweit mit der Planung und Durchführung der entsprechenden Maßnahmen beauftragt.

Eine wesentliche Anzahl der betroffenen Schleusen besitzt nur eine Kammer. Größere Instandsetzungen, hier vor allem Maßnahmen am Massivbau der Schleusen, bedingen bei „konventioneller“ Ausführung eine Sperrung der Schleuse für ca. ein bis zwei Jahre. Genau dies ist das Problem: Durch diese Sperrung ist der Verkehr auf der betroffenen Wasserstraße oder auf dem Abschnitt der Wasserstraße „tot“, die Versender müssen auf andere Verkehrsträger bzw. Transportwege ausweichen. Neben den beträchtlichen, wirtschaftlichen Auswirkungen auf das Schifffahrtsgewerbe führt dies zu der Frage, ob sich nach abgeschlossener Instandsetzung und Wiedereröffnung der Wasserstraße ein solcher Verkehr wieder einstellt, der Betrieb und Unterhaltung der Wasserstraße rechtfertigt. Anders formuliert: Führen die Instandsetzungsmaßnahmen zur weiteren Gewährleistung eines sicheren Verkehrs nicht zu dessen Entfall?

So stellte sich für das NBA Hannover die Aufgabe, grundsätzliche Möglichkeiten zur Instandsetzung von Schleusen ohne dauerhafte Sperrung – somit unter Betrieb - zu untersuchen. Da schon anfänglich klar wurde, dass diese Betrachtungen, Untersuchungen und Planungen verschiedener Möglichkeiten den Umfang und den Zeitrahmen einer „normalen“, projektorientierten Planung mindestens deutlich ausdehnen würden und das Ergebnis dieser Planungen völlig offen war, sollten die Untersuchungen als „Musterplanung“ an einer repräsentativen Schleuse durchgeführt werden.

## 2 Planungsziel und Randbedingungen

### 2.1 Auswahl einer repräsentativen Schleuse

Für die Auswahl einer repräsentativen Schleuse galten in einem ersten Schritt folgende grundsätzliche Randbedingungen:

- Schleuse mit einer Kammer (nicht redundant),
- Alter der Schleuse mindestens 50 Jahre.

Eine Schleuse mit zwei Kammern muss in der Regel nicht unter Betrieb mit den dabei zu erwartenden Erschwernissen und zusätzlichen Kosten instandgesetzt werden. Das Mindestalter wurde auf Grund bisheriger Kenntnisse und Erfahrungen mit dem Bauwerkszustand der Schleusenanlagen festgelegt.

Mit diesen Randbedingungen wurde eine Analyse der Schleusenanlagen der WSV durchgeführt. Betrachtet wurden dabei Parameter wie Redundanz, Alter, Bauweise, Anzahl der jeweiligen Schleusentypen. Die Auswertung ergab folgende Ergebnisse:

- Von den für den Güterverkehr bedeutenden 165 Binnenschiffschleusen besitzen 90 nur eine ausreichend große Kammer, deren Ausfall zur Blockierung der betreffenden Wasserstraße führt.
- Fast 50 % der Schleusen sind älter als 75 Jahre.

Folgende Parameter einer repräsentativen Schleuse für eine Instandsetzung unter Betrieb wurden dabei ermittelt:

- Schleuse in massiver, gegliederter Bauweise (Beton, ggf. in Verbindung mit Mauerwerk),
- Kammerwände in Schwergewichtsbauweise aus unbewehrtem oder niedrig bewehrtem Beton (kein Stahlbeton nach heutigem Verständnis),
- Sohle aus bewehrtem Beton (ggf. geringerer Bewehrungsgrad),
- Schleusenverschlüsse in Stahlbauweise.

## **2.2 Festlegung der Randbedingungen einer Instandsetzung unter Betrieb als Grundlage der Planung**

Zentrale Forderung ist es, eine Grundinstandsetzung bei Aufrechterhaltung des Verkehrs durchzuführen. *Unter Verkehr* bedeutet hierbei, dass der Schifffahrt über die gesamte Bauzeit zu vorher fest vereinbarten Zeiten die Durchfahrt ermöglicht wird. Die Einschränkungen sollten das Maß, das üblicherweise von der Schifffahrt aufgrund von Reparatur- und Inspektionsarbeiten in Kauf zu nehmen ist, nicht wesentlich überschreiten. Dazu sollen die Arbeiten der Grundinstandsetzung in folgenden Sperrpausen ausgeführt werden:

- Nachtsperrrpausen (Annahme 19.00 Uhr bis 8.00 Uhr)
- Wochenendsperrrpausen (Annahme Freitag, 15.00 Uhr bis Montag, 8.00 Uhr)
- Sperrpausen längerer Dauer (Annahme 2 x 6 Wochen)

Als unabdingbare Voraussetzung dafür, dass eine Grundinstandsetzung während der vorgesehenen Sperrpausen überhaupt wirtschaftlich umsetzbar ist, muss die Schleuse sehr schnell trocken zu legen sein. Anteilige Arbeiten können zwar auch ohne Trockenlegung durchgeführt werden, für die meisten Arbeiten ist jedoch eine trockene Schleuse erforderlich bzw. technisch und wirtschaftlich vorteilhaft.

Um in einer Nachtsperrrpause acht Stunden für die Ausführung der Arbeiten inclusive eines notwendigen zeitlichen Puffers zur Verfügung zu haben, sollten vom Sperren der Schifffahrt bis zur vollständigen Trockenlegung der Schleusenkammer nicht mehr als drei Stunden vergehen (eine Stunde zum Setzen der Kammerrevisionsverschlüsse, zwei Stunden zum Leerpumpen der Kammer). Das Fluten der Kammer bis zur Freigabe der Schifffahrt darf nicht länger als zwei Stunden dauern (eine Stunde zum Ausheben der Kammerrevisionsverschlüsse, eine Stunde zum Fluten der Kammer).

Als weitere Randbedingung wird festgelegt, dass die nutzbaren Maße der Schleuse der Schifffahrt auf längere Sicht genügen und im Rahmen der Grundinstandsetzung nicht verändert werden. Eine Verbreiterung oder insbesondere eine Vertiefung der Kammer würde die notwendigen Arbeiten und den

Bauablauf (Bauzustände) wesentlich komplizieren und soll daher in dieser ersten Untersuchung nicht betrachtet werden.

Und grundsätzlich sollen die zu findenden Lösungen in technischer und baubetrieblicher Hinsicht robust sein.

### 2.3 Umfang der notwendigen Planung

Im Rahmen einer Grundinstandsetzung einer Schleuse sind regelmäßig folgende Bau- und Anlagenteile zu erneuern bzw. zu sanieren:

- Kammerwände (hier über die gesamte Höhe betrachtet) und ggf. die Sohle (umfasst auch die Häupter),
- Einbauteile wie Poller und Leitern,
- Schleusenverschlüsse mit den zugehörigen Antrieben und der Steuerung,
- Revisionsverschlüsse,
- Technische Ausrüstung.

Der Umfang dieser Untersuchung beschränkte sich auf die Möglichkeiten der Instandsetzung der Kammerwände mit dem Ersatz der Einbauteile und auf die vorlaufende Herstellung von geeigneten Revisionsverschlüssen als Voraussetzung für eine Grundinstandsetzung unter Betrieb.

## 3 Ergebnisse der Untersuchung

Auf Grund der Parameter einer repräsentativen Schleuse nach Abschnitt 2.1 wurde die Schleuse Hohlage am Stichkanal Osnabrück für die Untersuchungen gewählt. Sie ist durch folgende Daten gekennzeichnet:

- Baujahre 1913 bis 1915,
- Schleuse mit einer Kammer in massiver Bauweise,
- Kammerwände in Schwergewichtsbauweise aus unbewehrtem Beton (nur Anschlussbewehrung aus der Sohle),
- Stahlbetonsohle,
- Fugenlose Bauweise, für die Planung Annahme einer Blockeinteilung von 15 m,
- Nutzlänge  $l = 82,00$  m, Breite  $b = 10,00$  m, Fallhöhe  $\Delta h = 4,75$  m,  $t = 3,50$  m

Die Untersuchungen erfolgten wesentlich durch die **KREBS + KIEFER Ingenieure GmbH** Karlsruhe in sehr enger fachlicher Zusammenarbeit mit dem NBA Hannover

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Untersuchungen zusammengefasst dargestellt.





### Abbruch

- Herstellung der Kernbohrungen für beide Nischen (2 x 11 Stück) innerhalb von drei Wochen
- weiterer Abbruch (Sägeschnitte, Ausheben, teilweiser Handabbruch, Vorbereiten der Schnittflächen) für eine Nische in einer verlängerten Wochenendsperrpause (60 Stunden)
- weiterer Abbruch der zweiten Nische in einer verlängerten Wochenendsperrpause (60 Stunden)

### Herstellung

- Herstellung der Nischen (Einsetzen der Einbauten, Betonieren) in einer dritten verlängerten Wochenendsperrpause (90 Stunden)

Die Kosten für die Herstellung der Nischen betragen ca. 40.000 Euro.

## **3.2 Instandsetzung der Kammerwände**

### **Lösungsvarianten**

Für die Grundinstandsetzung der Kammerwände wurden folgende Lösungsmöglichkeiten untersucht:

- A. Vorsatzschale mit konventioneller Rahmenschalung,
- B. Spundwand mit Ortbetonhinterfüllung,
- C. Halfertigteile mit Ortbetoneergänzung.

Zusätzlich wurde auch die Herstellung der Vorsatzschale mit Spritzbeton sowie mit Fertigteilen betrachtet. Die Spritzbetonvariante ist generell machbar und wurde in der Vergangenheit auch schon in Teilbereichen getestet. Allerdings werden Nachteile z.B. hinsichtlich der Ausbildung der Blockfugen und des Einbaus von Schwimmpollern gesehen. Für die bei der Fertigteillösung notwendige wasserdichte und kraftübertragende Ausbildung der Stoßfugen wurde keine technische Lösung gefunden.

Bei allen drei Varianten wurde auch der Einbau der Schleusenausrüstung berücksichtigt. Untersucht wurden zwei Varianten:

- Leiter parallel zur Schleusenachse und Nischenpollerreihe,
- Leiter senkrecht zur Schleusenachse und Schwimmpoller mit Nischenpollerreihe.

Grundsätzlich sollen der Abbruch und die Herstellung der neuen Vorsatzschale zeitlich übergreifend erfolgen, um die Gesamtdauer der Maßnahme zu optimieren und den Schiffsverkehr technisch zu ermöglichen.

### **Standicherheit der Kammerwände**

Die rechnerische Untersuchung der Standicherheit ergab, dass verstärkende Maßnahmen erforderlich sind, um das nach aktuellem Regelwerk geforderte Sicherheitsniveau für den Bau- und den zukünftigen Endzustand zu erreichen. Gewählt wurde eine Verstärkung mit schrägen, vorgespannten Verpressankern (Einstabanker) mit einem horizontalen Ankerabstand von 1,25 m.

Die Herstellung der Verankerung erfolgt der Instandsetzung der Kammerwände vorlaufend in 12 Nachtsperrpausen je Kammerwandblock ohne Einschränkung des Schiffsverkehrs. Die Kosten liegen bei ca. 40.000 Euro je Kammerwandblock.

### **Abbruch**

Der Abbruch für die neuen Vorsatzschalen erfolgt blockweise durch Fräsen, im Bereich von Ausrüstungsteilen durch Hydraulikmeißel in Nachtsperrpausen. Der Abbruch muss immer über eine Blockfuge hinausgehen, um bei der nachfolgenden Herstellung der Vorsatzschale die Blockfuge ausbilden zu können. Nach dem ersten Teilabbruch eines Blockes ist die Kante der dahinter liegenden neuen Vorsatzschale mit einer Konstruktion gegen Beschädigung durch Anfahrung zu schützen.

Die Abbruchleistung kann entsprechend den bisherigen Erfahrungen in der WSV und nach Auskünften von Herstellern von Fräsen in einem größeren Bereich zwischen 1,0 bis 1,5 m<sup>3</sup>/h und 10 bis 15 m<sup>3</sup>/h schwanken. Auf Grund des Platzbedarfes für Baugeräte und Pontons für das Abbruchgut können maximal zwei bis drei Abbruchkolonnen gleichzeitig in der Kammer arbeiten und jeweils eine Blockseite abbrechen. Bei einem konservativen Ansatz werden ca. fünf Nachtsperrpausen von 12 Stunden für das Abbrechen einer Kammerblockseite und das Vorbereiten der Betonoberfläche benötigt.

### **Verbundanker**

Bei allen Lösungsvarianten ist die Verankerung der Vorsatzschale im Bestandsbeton notwendig. Probleme können sich hier auf Grund niedriger Betonfestigkeiten des Bestandes ergeben - bei der Schleuse Hollage unter C 12/15, für die die Anwendung der zugelassenen Ankersysteme nicht geregelt ist.

Die Herstellung der Verbundanker kann in Nachtsperrpausen und Wochenendsperrpausen erfolgen. Ein Schutz von blockweise hergestellten Verbundankern gegen Anfahrung erscheint auf Grund der geometrischen Verhältnisse nicht notwendig.

### **A. Vorsatzschale mit konventioneller Rahmenschalung**

Die Herstellung einer Vorsatzschale mit konventioneller Rahmenschalung ist in technischer Hinsicht eine erprobte Lösung. Bei einer Verankerung der einhäuptigen Schalung sind die gleichen Probleme wie bei den Verbundankern zu beachten.

Die Herstellung erfolgt blockweise (eine Seite). Der Einbau der zweilagigen Bewehrung soll auch in Nacht- und Wochenendsperrpausen erfolgen. Für das Stellen der Schalung, den Betoneinbau, die Nachbehandlung und den Ausbau der Schalung muss eine durchgehende Sperrung vorgesehen werden. Bei Ansatz eines durchgehenden Zweischichtbetriebes sind dafür mindestens 11 Tage anzusetzen.

### **B. Spundwand mit Ortbetonhinterfüllung**

Bei dieser Variante wird die Spundwand als verlorene Schalung und als dichtendes Element eingesetzt. Hierdurch verkürzt sich die notwendige Sperrzeit (nur anteilige Nachbehandlung während der Sperrzeit und Entfall des Ausschalens). Zudem kann die Bewehrung zur Rissbreitenbegrenzung entfallen, da an den Beton keine entsprechenden Anforderungen mehr gestellt werden. Die Spundwand ist mit Schalungsankern zur Aufnahme des Frischbetondrucks im Bestandsbeton zu befestigen. Diese

Anker werden als Kleinverpresspfähle ausgebildet und sind speziell konstruiert, um die Montage der Spundwand von oben mit folgendem Festlegen der Verankerung zu ermöglichen. Die Verbindung der Spundwand mit dem Beton der Vorsatzschale erfolgt mittels angeschweißter Kopfbolzendübel.

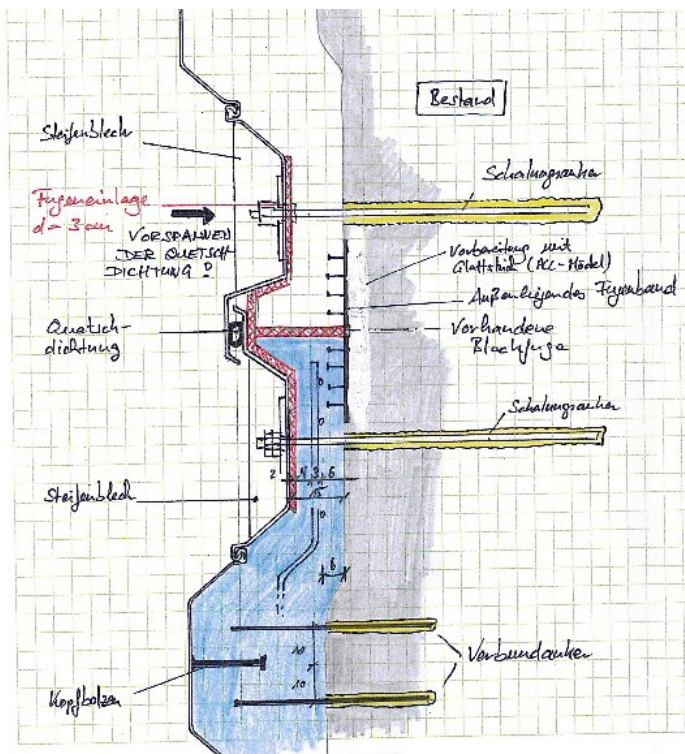


Bild 4: horizontaler Schnitt mit Ausbildung der Blockfuge

Die Herstellung erfolgt blockweise. Die Schalungsanker werden zusammen mit den Verbundankern während Nachsperrpausen hergestellt. Für das Stellen der Spundwandprofile, den Betoneinbau und die anteilige Nachbehandlung ist eine Sperrung von mindestens vier Tagen bei Ansatz eines Zweischichtbetriebes vorgesehen. Die Sperrung könnte z.B. von Mittwoch Abend bis Montag früh angesetzt werden.

### C. Halbfertigteile mit Ortbetoneingängung

Bei dieser Variante sollen die Halbfertigteile als verlorene Schalung wirken, um auch hier die Sperrzeit durch den Entfall des Ausschalens und die nur anteilige Nachbehandlung während der Sperrzeit zu verkürzen. Die Vorsatzschale wird aus Halbfertigteilen mit  $d = 18$  cm und einer Ortbetoneingängung mit  $d = 22$  cm ausgebildet. Im Ortbeton wird eine einlagige Bewehrung, die an der Seite des Bestandsbetons liegt, eingebaut. Die luftseitige Bewehrungslage der Vorsatzschale liegt in den Halbfertigteilen. Diese sind u.a. auf den Frischbetondruck zu bemessen. Maßgeblich ist hier der Schubnachweis. Die Halbfertigteile müssen mit Schalungsankern im Bestandsbeton befestigt werden. Die Herstellung dieser Verankerung stellt erhöhte Anforderungen an die Montage. Die Halbfertigteile haben eine Länge von ca. 7 m und eine Höhe zwischen 2,00 und 2,40 m. Damit ergeben sich über die Höhe der Kammerwand vier Halbfertigteile. Die Bewehrung der Halbfertigteile wird über Übergreifungsstöße verbunden. Für einen qualifizierten Betoneinbau wird auf ungefähr halber Wandhöhe an der Oberkante des zweiten Halbfertigteils eine Arbeitsfuge im Ortbeton angeordnet.

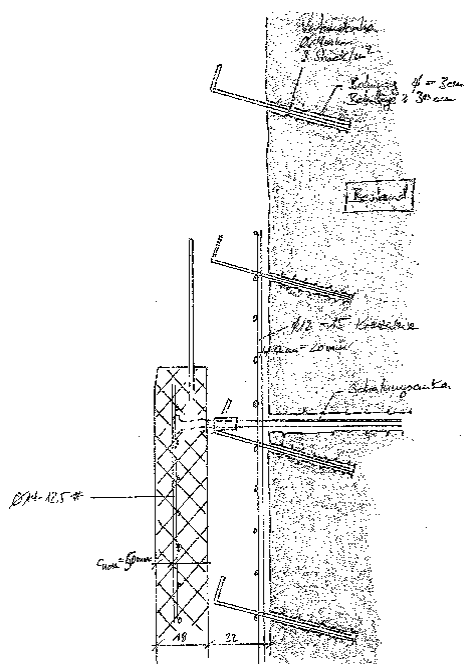


Bild 5: vertikaler Schnitt

Die Herstellung erfolgt blockweise. Die Schalungsanker werden zusammen mit den Verbundankern während Nachsperrpausen hergestellt. Für das Stellen der Halbfertigteile, den Betoneinbau und die anteilige Nachbehandlung ist eine Sperrung von mindestens vier Tagen bei Ansatz eines Zweischichtbetriebes vorgesehen. Die Sperrung könnte z.B. von Mittwoch Abend bis Montag früh angesetzt werden.

### Schleusenausrüstung

Die Herstellung der Schleusenausrüstung wurde für die verschiedenen Varianten untersucht und Lösungen entwickelt. Insbesondere für die Herstellung von Schwimmpollern und Nischen für Leitern senkrecht zur Schleusenachse musste die Kammerwand durch ihre relativ geringe Breite im oberen Bereich nach hinten verbreitert werden. Dies machte eine Baugrubensicherung erdseitig und einen angepassten Bauablauf auch hinsichtlich der Verankerung zur Gewährleistung der Standsicherheit notwendig.

## 4 Fazit

Die Kostenermittlung der einzelnen Varianten auf Grundlage der bisherigen Untersuchungen zeigt, dass die drei Varianten wirtschaftlich in der gleichen Größenordnung liegen.

Die Variante A – Vorsatzschale mit konventioneller Rahmenschalung ist technisch erprobt, benötigt aber wesentlich größere Sperrzeiten. Die anderen beiden Varianten – Spundwand bzw. Halbfertigteile mit Ortbetoneingängung – erfordern eine detaillierte Planung der Ausführungsdetails und des Bauablaufs mit entsprechender Sorgfalt bei der Herstellung. Für wesentliche Details wurden im Rahmen dieser Untersuchung Lösungen entwickelt. Vorteil dieser beiden Varianten sind die kürzeren Sperrzeiten.

Die Wahl einer Variante für eine Grundinstandsetzung unter Betrieb muss objektspezifisch erfolgen.

### **Quellenverzeichnis**

[1] Krebs + Kiefer Ingenieure GmbH: Grundinstandsetzung der Schleusenkammerwände unter Betrieb, Karlsruhe, 2013

Bild 1: Auszug aus Bestandsplan Schleuse Hollage, WSV

Bild 2: Grundinstandsetzung der Schleusenkammerwände unter Betrieb, Krebs + Kiefer Ingenieure GmbH, Karlsruhe 2013

Bild 3: Grundinstandsetzung der Schleusenkammerwände unter Betrieb, Krebs + Kiefer Ingenieure GmbH, Karlsruhe 2013

Bild 4: Grundinstandsetzung der Schleusenkammerwände unter Betrieb, Krebs + Kiefer Ingenieure GmbH, Karlsruhe 2013

Bild 5: Grundinstandsetzung der Schleusenkammerwände unter Betrieb, Krebs + Kiefer Ingenieure GmbH, Karlsruhe 2013