

# HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

---

Conference Paper, Published Version

**Schmitz, Marc; Schwarzweller, Elisa**

## **Instandsetzung von Schleusen unter Betrieb (IuB)**

---

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/108382>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Schmitz, Marc; Schwarzweller, Elisa (2021): Instandsetzung von Schleusen unter Betrieb (IuB). In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Angewandte Forschung, von der Forschung in die Praxis. Online-Veranstaltung der Abteilung Bautechnik am 3. November 2021 in Karlsruhe. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 5-10.

### **Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:**

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



## **Instandsetzung von Schleusen unter Betrieb (IuB)**

Dipl.-Ing. Marc Schmitz (Bundesanstalt für Wasserbau)

Elisa Schwarzweller M. Sc. (Karlsruher Institut für Technologie)

### **Einleitung**

Die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) betreibt und unterhält die Bundeswasserstraßen inklusive deren Anlagen. Dazu gehört u. a. auch die Instandsetzung von Schleusenanlagen (GDWS 2021). Neben den bisher zur Verfügung stehenden Möglichkeiten zur Instandsetzung, wie Ersatzneubau oder Instandsetzung mit Außerbetriebnahme der Wasserstraße (IaB), wird im Folgenden aufgezeigt, welche Vorteile eine Instandsetzung unter Betrieb (IuB) als Alternative dazu bieten kann. Des Weiteren werden geplante Bauteilversuche vorgestellt, die zur Erprobung ausgewählter Instandsetzungsverfahren unter Schleusenbetrieb dienen.

### **Motivation und Ziele**

Die WSV betreibt und unterhält rund 260 Einkammerschleusen, von denen etwa 120 der Wasserstraßenklasse IV und größer zuzuordnen sind. Etwa 40% dieser 120 Schleusenanlagen sind über 80 Jahre alt und haben damit ihre geplante Nutzungsdauer erreicht oder teilweise bereits überschritten. Um den Instandsetzungsbedarf der Anlagen abzuschätzen, wurden die Zustandsnoten aus den Prüfergebnissen von Bauwerksinspektionen der WSV mittels WSV Pruf ausgewertet. Diese besagen, dass bezogen auf die 120 Einkammerschleusen der Wasserstraßenklasse IV und größer 83 Anlagen (68%) im Bereich der Konstruktion eine Zustandsnote 3,0 oder schlechter und 20 Anlagen (16%) die Zustandsnote 4,0 aufweisen. Bezogen auf die Gesamtzustandsnote sind 97 Anlagen (80%) mit der Note 3,0 oder schlechter bewertet, 32 Anlagen (26%) weisen die Zustandsnote 4,0 auf. Allein aus diesen Daten lässt sich bereits ein erheblicher Instandsetzungsbedarf im Bereich der Einkammerschleusen ableiten (BAW 2021c).

Bisher stehen in der WSV vor allem zwei Möglichkeiten für die Weiterführung der Schifffahrt auf diesen Wasserstraßen zur Verfügung. Dies sind der Ersatzneubau und die Instandsetzung mit Außerbetriebnahme der Schleusenkammer (IaB). Letztere bedingt bei Einkammerschleusen i. d. R. eine Stilllegung des Schiffverkehrs von etwa 3 Jahren und mehr und damit auch die Unterbrechung der zugehörigen Wasserstraße an dieser Stelle. Dies ist jedoch weder für Betreiber noch für Nutzer der Wasserstraße akzeptabel. Bei einem Ersatzneubau wird der Schiffsbetrieb der Schleusenanlage nicht grundsätzlich gestört. Allerdings muss hier, sofern ausreichend Platz für einen Ersatzneubau überhaupt verfügbar ist, der verhältnismäßig große Eingriff in die Wasserstraße und die damit verbundenen Auswirkungen (z. B. für einen geregelten Hochwasserabfluss, Platzangebot für eine bedarfsgerechte Zufahrt zur Schleusenanlage) beachtet werden.

Um diese Herausforderungen zu umgehen, erarbeiten die BAW, das WNA HD und das KIT Lösungsmöglichkeiten für eine Instandsetzung unter Betrieb, die der WSV als aufbereitete Informationssammlung zur Verfügung gestellt werden. Ziel ist es, eine Schleusenkammer nur während vorher definierter, vorwiegend täglicher Zeiten für den Schiffsbetrieb zu sperren und währenddessen die Instandsetzungsmaßnahmen durchzuführen.

Die während der täglichen Arbeitsschichten zu erbringende Bauleistung muss sehr genau abgestimmt sein, um im Anschluss wieder einen reibungsfreien Schleusenbetrieb zu ermöglichen. Die Sperrzeiten können individuell den Anforderungen und Gegebenheiten der Wasserstraße angepasst werden, womit die Flexibilität der Einsatzmöglichkeiten von IuB erhöht wird. So werden die derzeit geplanten Bauteilversuche in Oberesslingen (BTV OES) auf eine Sperrzeit von 12 Stunden ausgelegt. Zudem sind punktuell verlängerte Sperrpausen (z. B. Wochenendsperrungen) vorgesehen.

Eine weitere Zielsetzung von IuB ist es, eine gleichwertige technische Qualität wie bei einer IaB-Maßnahme zu gewährleisten. Dies bezieht sich u. a. auf das Langzeitverhalten der Schleuse hinsichtlich Einwirkungen aus z. B. Schiffsanfahrt, Frost oder Taumittleinsatz, aber auch auf Rissbildung aufgrund von frühem oder spätem Zwang.

Neben den technischen Zielen wird zudem die erfolgreiche Implementierung von IuB in der WSV als zu erreichender Meilenstein gesehen. So soll über einen baupraktischen Nachweis der ausgewählten BTV im Bereich Trockenlegung, Abtrag und Reprofilierung an der Schleuse Oberesslingen zum einen die baupraktische Umsetzbarkeit von IuB nachgewiesen werden, zum anderen aber auch bereits in dieser frühen Phase durch Wiederholung der einzelnen BTV die technische Optimierung der einzelnen Teilschritte vorangebracht werden. Um eine Grundlage für zukünftige Planungen und Ausschreibungen einer Instandsetzung unter Betrieb innerhalb der WSV zu generieren, werden die Kosten- und Zeitansätze der Bauteilversuche ausgewertet und im bereits veröffentlichten Modulbaukasten (<https://izw.baw.de/wsv/planen-bauen/instandsetzung-unter-betrieb>) zur Verfügung gestellt (BAW 2021b).

### **Anwendungsfälle für IuB**

Bei Wasserstraßen, wie beispielsweise dem Main mit vielen älteren Einkammerschleusenanlagen, besteht vielfach die Herausforderung, einen geeigneten Standort für Ersatzneubauten zu finden, da diese Anlagen sich oft in dicht bebauten Gebieten befinden. Die Ersatzneubaumaßnahme an der Schleuse Obernau wurde beispielsweise im Bereich des Flussquerschnitts geplant, da andere Flächen nicht zur Verfügung standen. In diesem Fall muss – auch zur Aufrechterhaltung des Hochwasserabflusses – der gesamte Flussquerschnitt verlegt werden, um einen äquivalenten Abfluss gewährleisten zu können. Entsprechend umfangreich sind die Neubauten für Wehr und Hochwasserdamm. Sollte sich der Schleusenneubau im bewohnten Areal befinden, wie z. B. bei den Schleusen Würzburg, Regensburg oder Bernburg/Saale, ist der Aufwand für einen Ersatzneubau entsprechend umfangreich bzw. fast unmöglich.

Aber auch im Fall eines ausreichenden Platzangebots und der damit verbundenen Planungsfreiheit, wie z. B. an der neuen Schleuse Gleesen, sind der Arbeitsumfang und der damit einhergehende Zeitbedarf der benötigten Planungs- und Ausführungsarbeiten enorm. So beläuft sich der Ausführungszeitraum für diese Schleuse auf ca. 6 Jahre (geplant 2018 – 2023). Am Beispiel der Schleuse Gleesen wird zudem der nicht zu vernachlässigende Aspekt des ökologischen Fußabdrucks eines Ersatzneubaus deutlich. Neben den derzeit nicht zu vermeidenden Mengen an CO<sub>2</sub> während der Zementherstellung kamen in diesem Fall noch der logistische Aufwand für den

Transport von ca. 50.000 m<sup>3</sup> Beton hinzu, was ungefähr 6000 LKW-Fahrten entspricht (Gemeinde Emsbüren 2021).

An der Mosel ist die durchgängige Fertigstellung der zweiten Schleusenkommer derzeit nicht absehbar. Da die Schleusenanlagen in den 50er und 60er Jahren gebaut wurden, erreichen alle Anlagen die vorgesehene Nutzungsdauer von 80 Jahren bis 2044. Da mit dem geplanten Neubau der Schleusen in Koblenz, St. Adegund und Enkirch nicht vor 2045 begonnen werden soll, benötigt die WSV eine alternative Strategie auch im Hinblick auf die begrenzten Möglichkeiten einer längerfristigen Sperrung an der Mosel (BAW 2021d).

Eine Instandsetzung unter Betrieb kann neben Einkammerschleusen auch für Mehrkammerschleusen vorteilhaft sein. Hier besteht mit IuB die Möglichkeit, auch während der Instandsetzung einer der beiden Kammern ein Verkehrsaufkommen zu bewältigen, für das eine einzige Kammer nicht ausreichend ist. Zudem wird das Risiko eines Totalausfalls, z. B. aufgrund eines Unfalls oder technischen Versagens in der verbleibenden Schleusenkommer, minimiert.

### **Bauteilversuche Oberesslingen (BTV OES)**

Die Bauteilversuche an der rechten Schleusenkommer Oberesslingen (BTV OES) gliedern sich in vier Teilbereiche: Partielle Trockenlegung, Abtrag, Reprofilierung und Rahmenlösung. Während die ersten drei Teilbereiche unter der Maßgabe einer temporären, überwiegend arbeitstäglichen Sperrung durchgeführt werden, ist für die Rahmenlösung eine Komplettspernung von maximal 4 Wochen vorgesehen (BAW 2021a).

Für die BTV gibt es sowohl allgemeingültige als auch projektspezifische Randbedingungen. Allgemeine Randbedingungen sind z. B., dass das Lichttraumprofil außerhalb der Sperrpausen grundsätzlich freizuhalten ist, um den Schleusenbetrieb nicht zu gefährden. Speziell in Oberesslingen zu beachten ist, dass die linke Kammer weiterhin dem Schiffsverkehr zur Verfügung stehen muss und nicht in ihrem Betrieb gefährdet werden darf. Die BTV lassen sich wie folgt beschreiben:

- **Partielle Trockenlegung**  
Bei der Durchführung einer Instandsetzung unter Betrieb ist für die Arbeiten unterhalb des Unterwasserstandes (UWS) eine Trockenlegung der entsprechenden Arbeitsbereiche vorgesehen. Derzeit wird davon ausgegangen, dass die Trockenlegung eines Bereichs von ca. 30 bis 40 m am wirtschaftlichsten ist (Waleczko, D. 2014). Zur Abstellung dieses Areals wird ein System mit Dammbalken in Führungsschienen vorgesehen, wobei die Bewehrung und Ausformung der Führungsschienen statisch entsprechend den zu erwartenden Lasten aus dem UWS ausgelegt werden. Da in der rechten Schleusenkommer keine beweglichen Tore vorhanden sind, ergibt sich für den mobilen Revisionsverschluss zusätzlich der Lastfall eines erhöhten Wasserspiegels innerhalb der Kammer, evtl. bis auf das Niveau des Oberwasserspiegels (OWS). Dieser ermöglicht eine Bearbeitung der Kammerwände bis Planieoberkante von schwimmendem Gerät aus.

- **Abtrag**

Zur besseren Einschätzung der Vor- und Nachteile bei zukünftigen Instandsetzungsmaßnahmen unter Betrieb sollen im Rahmen der BTV die beiden Varianten Hochdruckwasserstrahlen und Fräsen an jeweils mindestens einer Blockseite untersucht werden. Das für die Baumaßnahme geeignetere Abtragsverfahren soll im weiteren Verlauf für die restlichen Kammerblöcke zum Einsatz kommen. Während der untere Bereich der Kammerwände von der trocken gelegten Sohle aus bearbeitet wird, werden die Arbeiten im oberen Bereich von schwimmendem Gerät aus erfolgen. In beiden Fällen hat der Auftragnehmer dafür zu sorgen, dass sich am Ende einer Arbeitsschicht kein Abraum mehr in der Schleusenammer befindet und die in der Kammer verbleibenden Gewerke gegen eine Beschädigung vor Schiffsanfahrt geschützt sind bzw. umgekehrt die Schifffahrt durch die Baumaßnahmen nicht gefährdet wird. Die jeweilige Abtragstiefe richtet sich nach dem Reprofilierungsverfahren, das am entsprechenden Block zum Einsatz kommt.
- **Reprofilierung**

Im Rahmen der BTV werden vier verschiedene Reprofilierungsvarianten durchgeführt. Die Reprofilierungsvarianten Ortbeton, Fertigteile (I) und Spundwand werden von Sohle bis Planie bei der grundsätzlichen Möglichkeit einer temporären Trockenlegung der Kammer bzw. des Kammerabschnitts ausgeführt. Für die Reprofilierungsvarianten Fertigteile (II) und Spritzbeton wird der Fall einer grundsätzlich nicht trockenlegenden Kammer angenommen, diese Reprofilierungsvarianten sollen dementsprechend nur in einem Bereich von 1 m unter UWS bis Planie durchgeführt werden.

  - **Ortbeton von Sohle bis Planie**

Aufgrund der begrenzten Zeitfenster bei IuB sind an den verwendeten Beton besondere Ansprüche hinsichtlich Frühfestigkeit und Verarbeitbarkeit zu stellen. Gefordert werden hier voraussichtlich eine Grünfestigkeit von  $15 \text{ N/mm}^2$  nach einer Erstarrungszeit von 4 Stunden bei gleichzeitig ausreichender Verarbeitbarkeit. Ob sich dies mit allen Anforderungen aus ZTV-W LB 219 deckt, wird erst die Planung der Fachfirmen zeigen. Falls dies nicht möglich ist, müssen die geforderten Eigenschaften über Performance-Prüfungen vorab nachgewiesen werden.
  - **Fertigteile (I) von Sohle bis Planie**

Eine weitere Reprofilierungsvariante stellen Fertigteile mit anteiliger Lastübernahme als verlorene Schalung dar, die über einen bewehrten Ortbeton an den Bestand angeschlossen werden. Sowohl die Fertigteile als auch der Ortbeton müssen u. a. für den Lastfall des Spaltwasserdrucks zwischen den einzelnen Phasenübergängen ausgelegt sein. Zudem muss das gesamte Konstrukt so ausgelegt sein, dass es als dichte Vorsatzschale wirkt, die den Bestand vor Wasserzu- bzw. Wasserdurchtritt schützt. Die Verankerungselemente, die den Bestand und die Vorsatzschale kraftschlüssig verbinden, müssen wie bei der Ortbetonvorsatzschale im Hinblick auf das Auftreten eines vollflächigen Spaltwasserdrucks ausgelegt sein.

- Spundwand von Sohle bis Planie  
Wie die Fertigteile fungiert die Spundwand als verlorene Schalung. Die Dichtfunktion kann über den bewehrten Hinterfüllbeton sichergestellt werden. Die Ankerlage der Spundwand ist neben Spaltwasserdruck auch für den Frischbetondruck auszulegen. Zu beachten ist auch, dass die Spundwand im Bauzustand ohne Hinterfüllbeton nicht für den Wasserdruck der Schleuse ausgelegt ist. Daher ist im geschlossenen, aber noch nicht verfüllten Zustand ein Gegendruck erforderlich, z. B. durch eine Frischwasserbefüllung. Im bautechnischen Ablauf ist zu beachten, dass während des Stellens der Spundwand immer wieder Flusswasser während der Betriebszeiten in den Arbeitsbereich eindringt und so die Anschlussflächen verunreinigen kann. Eine Reinigung vor der Betonage ist daher vorzusehen.
  
- Spritzbeton bzw. Fertigteile (II) von 1 m unter UWS bis Planie  
Die Reprofilierung mittels Spritzbeton bzw. die Fertigteile sind ohne Trockenlegung der Schleusenammer zu planen und zu realisieren. In dieser Variante soll nur bis auf den UWS abgesenkt und der Bereich unterhalb UWS mittels eines Süllkastens bearbeitet werden. Die Rückverankerung in den Bestand und die Bewehrung richten sich nach den bereits genannten Lastfällen (z. B. Spaltwasserdruck).
  
- Rahmenlösung  
Ziel der Rahmenlösung ist es, ein Stemmtor innerhalb eines möglichst kurzen Zeitfensters auszutauschen. Hierzu ist geplant, mit Hilfe eines Stahlrahmens die erforderlichen Einbauteile für das Stemmtor zu positionieren und den anschließenden Vermessungsaufwand reduzieren zu können. Im Gegensatz zu den Reprofilierungsarbeiten an den Kammerwänden finden diese Arbeiten während einer dauerhaften Trockenlegung von maximal 4 Wochen statt.

### **Vergabeverfahren BTV OES**

In der Vergangenheit wurden bereits Lösungsansätze für die Instandsetzung unter Betrieb von Schleusenanlagen identifiziert. Für die BTV OES sollen davon nun ausgewählte Instandsetzungsverfahren in der Praxis getestet werden, um daraus Leistungsdaten für zukünftige Maßnahmen zu ermitteln. Um die Umsetzung der BTV OES nicht auf die bereits identifizierten Ansätze zu beschränken und um möglichst offen gegenüber innovativen Ideen zu sein, wurde ein sog. Partnering-Paket-Modell (PPM) für die Abwicklung von Vergabe- und Ausführung der Leistungen gewählt. Auf Basis einer funktionalen Leistungsbeschreibung werden Zielvorgaben und Randbedingungen vorgegeben. Anhand dessen erarbeiten ausgewählte Bietergemeinschaften Konzepte, die Lösungsansätze zum Erreichen dieser Zielvorgaben beinhalten. Die Konzepte werden im Laufe des Verfahrens bis hin zu einem letztverbindlichen Angebot optimiert. Anschließend wird eine Bietergemeinschaft bezuschlagt. Diese konkretisiert und optimiert daraufhin im gemeinsamen Austausch mit dem AG die anschließenden Ausführungsplanungen.

## **Ausblick / Zusammenfassung**

Die Instandsetzung unter Betrieb (IuB) stellt eine vielversprechende Alternative für den Fall dar, dass ein Ersatzneubau oder eine Instandsetzung bei Außerbetriebnahme von Schleusenanlagen (IaB) nicht möglich oder nicht sinnvoll sind. Im Rahmen des FuE-Projekts IuB wurden hierfür bereits Informationen zu Instandsetzungsverfahren ermittelt, die der WSV als Handlungsempfehlung zur Verfügung gestellt werden („Modulbaukasten“). Diese Informationen sollen über die Durchführung von Bauteilversuchen zur Erprobung technischer Lösungen ergänzt und weiterentwickelt werden. Ein weiterer Fokus liegt in Zukunft auf dem Erfahrungsaustausch im internationalen Bereich, insbesondere hinsichtlich der Verlängerung von Schleusenkammern sowie dem Ersatzneubau von Schleusenhäuptern unter Betrieb. Zudem sollen verstärkt rechtliche Aspekte, wie z. B. Verantwortlichkeiten bei Baufeldübergabe sowie Haftungsfragen bei der Instandsetzung unter Betrieb in eine Handlungsempfehlung für die WSV einfließen.

## **Literatur**

- BAW (2021a) Bauteilversuche in der Schleuse Oberesslingen (online). Karlsruhe:  
BAW.<https://blog.baw.de/wp/?p=2097> (Zugriff am: 5. Nov. 2021).
- BAW (2021b) Instandsetzung unter Betrieb (IuB). Karlsruhe: BAW.<https://izw.baw.de/wsv/planen-bauen/instandsetzung-unter-betrieb> [Zugriff am: 05.11.2021].
- BAW (2021c) Interne Auswertung zu Altersstruktur und Zustandsnoten der Einkammerschleusen der WSV.
- BAW (2021d) Internes Dokument – Bedarf und Bedeutung IuB.
- GDWS (2021) Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt (online). Bonn:  
GDWS.[https://www.gdws.wsv.bund.de/DE/gdws/01\\_ueber-uns/ueber-uns-node.html;jsessionid=789EC607923B79D500F9D561167B4C39.live21321](https://www.gdws.wsv.bund.de/DE/gdws/01_ueber-uns/ueber-uns-node.html;jsessionid=789EC607923B79D500F9D561167B4C39.live21321) (Zugriff am: 05.11.2021).
- Gemeinde Emsbüren (2021) Neubau der Schleuse Gleesen. <https://www.emsbueren.de/Aktuelles/Neubau-der-Schleuse-Gleesen.html?>; (Zugriff am: 5. Nov. 2021).
- Waleczko, D. (2014) Partielle Trockenlegung von Schleusenkammern in nächtlichen Sperrpau-  
sen (Masterarbeit). Karlsruher Institut für Technologie.