

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Meinhold, Wilfried; Grimm, Eberhard; Thorenz, Carsten Standardisierung von Verschlussorganen und Energieumwandlungen (Beispiel Neckar)

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/105504>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Meinhold, Wilfried; Grimm, Eberhard; Thorenz, Carsten (2011): Standardisierung von Verschlussorganen und Energieumwandlungen (Beispiel Neckar). In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Standardisierung im Verkehrswasserbau. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 15-24.

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.



Standardisierung von Verschlussorganen und Energieumwandlungen (Beispiel Neckar)

Wilfried Meinhold, Eberhard Grimm, Dr. Carsten Thorenz, BAW, Karlsruhe

1 Einleitung und Standardisierungsbelange

Auf der Grundlage der Konzeption für die Bundeswasserstraße Neckar zur Vorbereitung eines Entwurfs-HU „Verlängerung der Schleusen am Neckar für das 135-Meter-Schiff“ wurden im Rahmen der beauftragten Machbarkeitsuntersuchungen im Modul 5 „Verschluss und Hydraulik“ in engem Zusammenwirken mit Modul 2 und 4 Untersuchungen mit folgender Zielrichtung geführt :

- weitgehende Standardisierung der an den Ober- und Unterhäuptern vorzusehenden Torsysteme,
- Entwicklung von wirksamem, in ihren Komponenten möglichst vereinheitlichten Energieumwandlungsanlagen in den Bereichen der Häupter und
- Konturfestlegung des Massivbaus im Längs- und Querschnitt der jeweiligen Hauptbereiche



Die Erarbeitung einer baulichen Lösung zur Aufrechterhaltung des Zwillingsbetriebs („Verbundsystem“) stand zum Zeitpunkt des Abschlusses der Machbarkeitsstudie noch aus. Aktuelle, in der BAW dazu erarbeitete Ergebnisse sind in Kapitel 5 dieses Skripts zusammengefasst und werden im Kolloquium in einem zusätzlichen Vortrags-Teil vorgestellt.

Für die Feststellung von Art und Häufigkeit der derzeit vorhandenen Verschlussarten wurde eine Bestandsanalyse der am Neckar anzutreffenden Torsysteme durchgeführt und es erfolgte hinsichtlich der angestrebten Standardisierung eine Bewertung von in Frage kommenden Torsystemen.

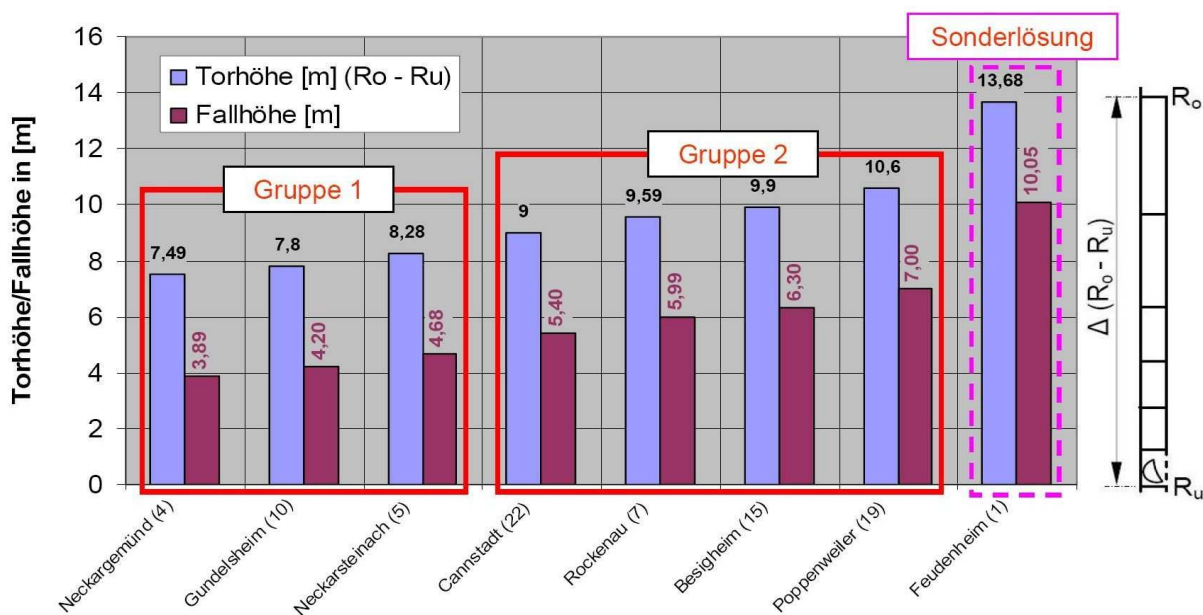
Bild 1: Typisches altes Stemmtor am unteren Neckar

Bei den Unterhäuptern wurde frühzeitig auf einen vorteilhaften Einsatz von Stemmtoren mit Torsegmenten fokussiert. Für die Wahl des Verschlussystems an den zu verlängernden Oberhäuptern waren aufgrund der Möglichkeit einer Hochwasserabführung über die Schleuse sowie baulicher und betriebstechnischer Zwänge zusätzliche Untersuchungen für einen alternativen Verschluss erforderlich.

2 Verlängerungen nach Unterwasser (Unterhäupter)

2.1 Verschlussystem

In Hinblick auf die vorteilhafte unterwasserseitige Verlängerung der Kammern und im Interesse einer möglichst weitgehenden Standardisierung der neuen UH-Verschlüsse durch Gruppenbildung wurden die Machbarkeitsuntersuchungen darauf fokussiert, als Verschlussorgane in den neuen Unterhäuptern Stemmtore mit Entleeröffnungen in den Stemmtorflügeln vorzusehen. Stemmtore haben sich als robuste und wirtschaftliche Verschlussysteme vielfach bewährt.



Schleuse mit Teilprojekt-Nr.

Bild 2: Fallhöhenabhängige Gruppenbildung für die neuen Untertore

Es wurde das grundsätzliche Ziel verfolgt, für die neuen Untertore bei möglichst vielen Konstruktionselementen bzw. Baugruppen eine identische konstruktive Ausbildung zu erreichen, um ggf. den Gedanken eines Baukastensystems in der späteren Entwurfs- und Ausführungsphase praktisch umsetzen zu können.

In diesem Sinne wurden die entsprechenden Untersuchungen für die Torgruppen 1 und 2 mit folgender Zielstellung geführt:

- Identische Ausbildung der **drei Tor-Oberteile von Torgruppe 1** und der **vier Tor-Oberteile von Torgruppe 2**

- Wirtschaftliche Bemessung und Konstruktion der **drei Mittelteile von Torgruppe 1** und der **vier Mittelteile von Torgruppe 2** durch Variation der Riegelteilung und/oder Querschnitte.
- Identische Ausbildung der **Tor-Unterteile einschließlich der Schützen in beiden Torgruppen** auf Basis der höher beanspruchten Bauteile von Torgruppe 2 und unter Akzeptanz einer Überbemessung der entsprechenden Bauteile von Torgruppe 1.

Bei den Tragsystemen der Tore wurden teilweise geschlossene Riegelkonstruktionen zugrunde gelegt, da Falterwerke im vorliegenden Fall nicht zu präferieren waren.

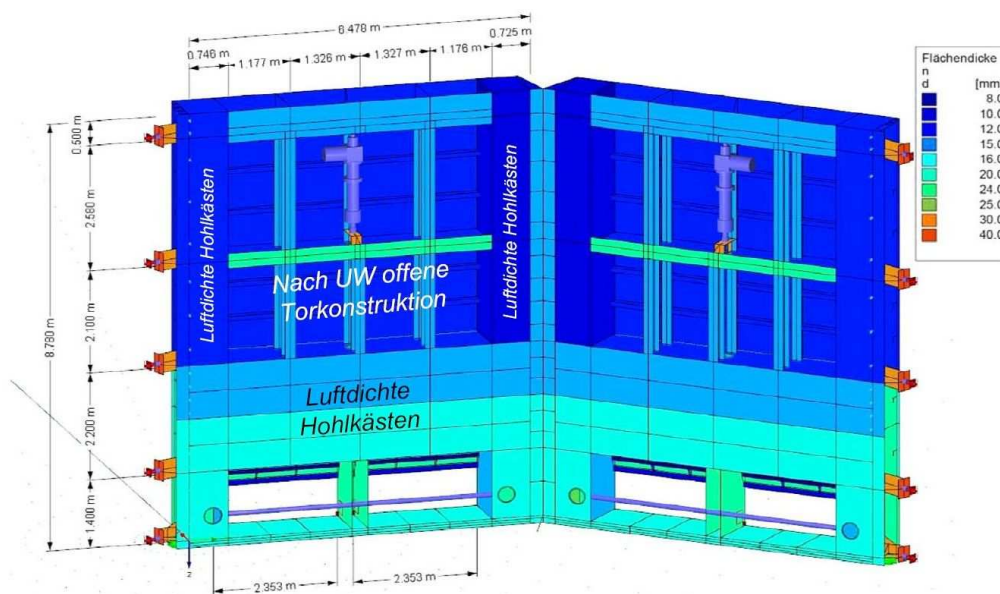


Bild 3: Untersuchtes Konstruktionsprinzip der neuen Untertore

Das gewählte Prinzip ist auf eine ggf. an den Oberhäuptern zu realisierende Stemmtorvariante übertragbar. Als Entleerverschlüsse werden Drucksegmente mit (aus Dauerhaftigkeitsgründen) geschlossenen Hohlkästen vorgeschlagen, die derzeit und sicherlich auch zukünftig mit den vorhandenen Erfahrungen ein beherrschbares und zuverlässiges Entleersystem darstellen.

Als Antriebe für Tore und Füllschütze sind an den neuen Unterhäuptern - wie auch an den neuen Oberhäuptern - Elektrohubzylinder (EHZ) vorgesehen. Da ein Betreiben von EHZ im überstauten Zustand zu vermeiden ist, wird vorgeschlagen, die Antriebszylinder der Entleerschütze in den Unterhaupt-Stemmtorflügeln zwar unterhalb der OW-Spiegellage, jedoch in standardisierbarer Position und geschützt in den gruppenweise gleich ausgebildeten, offenen Toroberteilen unterzubringen.

Das statische System „Dreigelenkbogen“ von Stemmtoren ist empfindlich gegenüber Setzungen/Verdrehungen/Verkipfungen. Im vorliegenden Fall war mit bauzeitlich bedingten massivbaulichen Zwangsverformungen im Bereich der Unterhäupter zu rechnen, die ggf. unverträglich mit

dem Tragsystem „Stemmtor“ sein könnten oder gar ein Ausschlusskriterium (DIN 19704-1, Abschn. 5.2.8 „Änderung der Stützbedingungen“) darstellen könnten. Deshalb wurde mit Ansatz von gestaffelten ein- bzw. zweiseitigen Knotenzwangsverschiebungen in Planhöhe die Größenordnung der zu erwartenden Beanspruchungen ermittelt und deren Verträglichkeit mit den Torsystemen abgeschätzt. Eine einseitige Zwangsverschiebung von 20 mm wird hinsichtlich Gebrauchstauglichkeit und Tragsicherheit erwartungsgemäß zu groß (Bild 4).

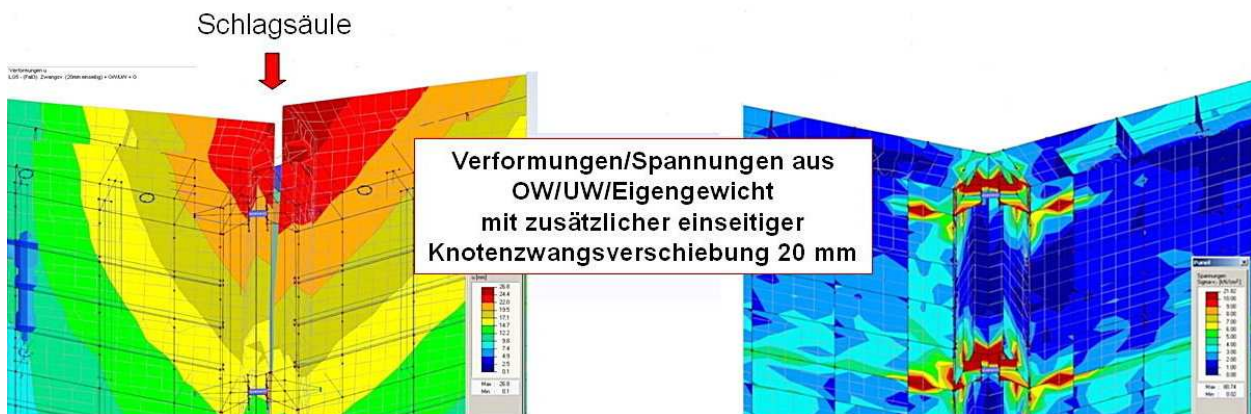


Bild 4: Verformungen/Spannungen bei einseitiger Knotenzwangsverschiebung 20 mm

2.2 Energieumwandlungsanlage am Unterhaupt

In den Planungsgrundlagen wurde festgeschrieben, dass keine Schiffseinfahrt in die benachbarte Schleusenkammer erfolgt, wenn die andere Kammer gleichzeitig entleert wird. Damit stellt die weiter ins Unterwasser eingetragene Ungleichförmigkeit der Abströmung über die Fließbreite kein Problem für die Einhaltung der Forderung nach Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs dar. Für den Neubau der sieben Unterhäupter wird deshalb empfohlen, die insgesamt günstigere Lösung einer Energieumwandlungsanlage (EUA) mit Störkörpern und Schwellen zu wählen, für die in der Machbarkeitsstudie ein Konstruktionsvorschlag unterbreitet wurde (Bild 5). Im Anschluss an die EUA ist die Sohle ggf. zu sichern.

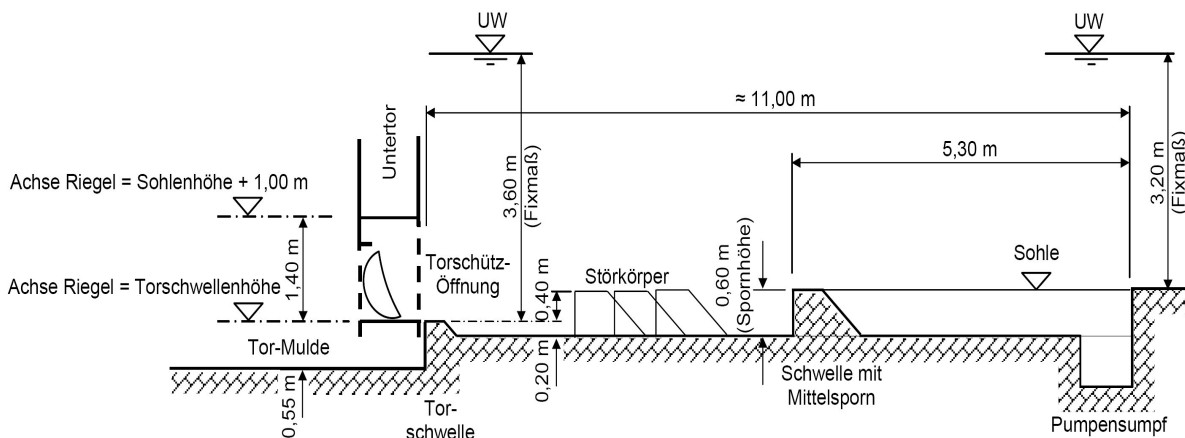


Bild 1: Vorschlag für EUA am Unterhaupt

3 Verlängerungen nach Oberwasser (Oberhäupter)

3.1 Besondere Bedingungen an den Oberhäuptern

Unter den am Neckar geltenden Randbedingungen für den künftigen Betrieb der oberhauptseitig zu verlängernden Kammern sind die Tortypen „Stemmtor“ und „Drucksegment mit Füllmuschel“ (jedoch in modifizierter Form) am besten geeignet. Deshalb wurde, auch unter dem Aspekt der beabsichtigten Standardisierung, die Einsatzmöglichkeit nur dieser beiden Verschlussstypen weiter verfolgt.

3.2 Verschlussvariante „Stemmtor“

Für die bewährte Verschlussvariante „Stemmtor“ konnte im Wesentlichen von den Standardisierungsgrundsätzen der Unterhauptverlängerungen ausgegangen werden, das heißt, als Verschlussvariante an dafür noch festzulegenden Oberhäuptern werden Stemmtore mit je zwei als Drucksegmente ausgebildeten Füllschützen in den Stemmtorflügeln vorgeschlagen. Die Abmessungen der Füllschütze sollten dabei der Bauform entsprechen, die in jüngster Zeit am Neckar realisiert worden ist.

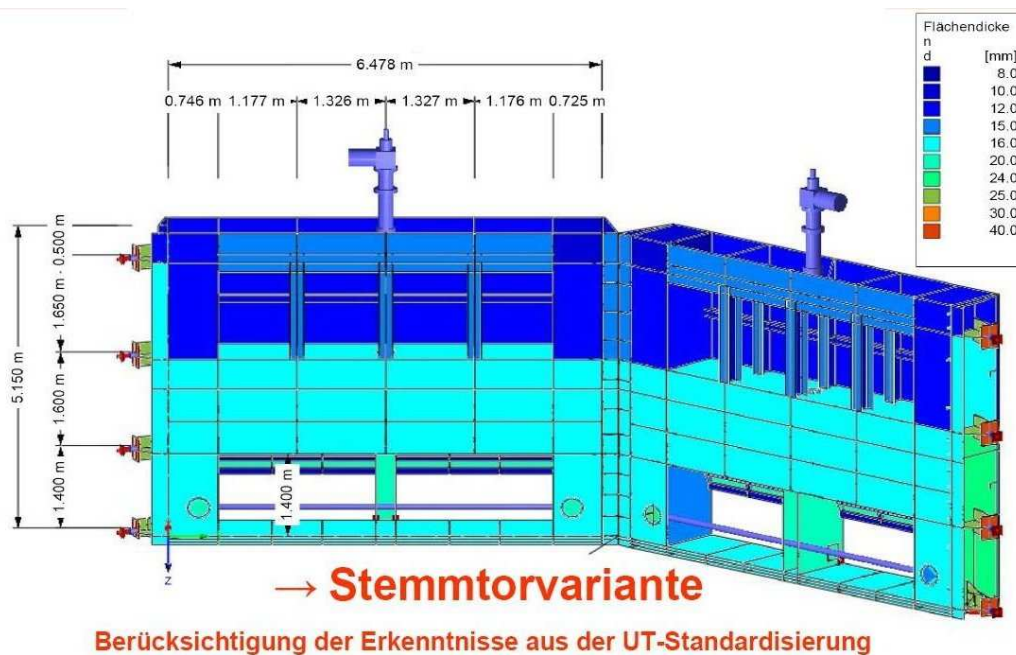


Bild 2: Stemmtorvariante am Oberhaupt

Da an den Oberhäuptern im Falle der Stemmtorvariante eine einheitliche Stauhöhe und Drempel-lage vorliegt, entfällt hier eine Gruppenbildung bei den Tor-konstruktionen. Bei Übernahme der übrigen geometrischen Festlegungen von den Untertoren, können alle Oberhaupt-Stemmtore einschließlich der Füllschützen baugleich mit einheitlicher Höhe nach dem Konstruktionsprinzip der Untertore ausgebildet werden.

Als Antriebe für Tore und Füllschütze sind Elektrohubzylinder (EHZ) vorgesehen, wobei die EHZ an den Oberhäuptern oberhalb der OW-Spiegellage in nicht überstaubarer Position angeordnet werden.

3.3 Verschlussvariante „Modifiziertes Drucksegmenttor mit Füllmuschel“

3.3.1 Machbarkeit eines Drucksegmentes als Obertor

Für die Machbarkeit der bereits zu einem frühen Zeitpunkt der Untersuchungen ins Auge gefassten Verschlussvariante „Drucksegment mit Füllmuschel“ wurden wegen der am Neckar vorhandenen speziellen Randbedingungen zusätzliche Untersuchungen durchgeführt.

In einer von Spezialbau Engineering Magdeburg (SBE) im Auftrage der BAW erarbeiteten Studie wurde herausgearbeitet, dass unter den vorgegebenen Randbedingungen, von denen insbesondere die beengten seitlichen Platzverhältnisse und die Antriebskraft-Größen zu nennen sind, ein modifiziertes Drucksegmenttor mit einseitigem Antrieb als Obertor realisierbar ist. Mit der Anordnung von zusätzlichen Gegengewichten werden die Kraftverhältnisse verbessert, so dass Antriebseinheiten in üblichen und bewährten Baugrößen eingesetzt werden können. Darunter sind vor allem Elektrohubzylinder oder Getriebe im Falle eines Triebstockantriebs zu verstehen.

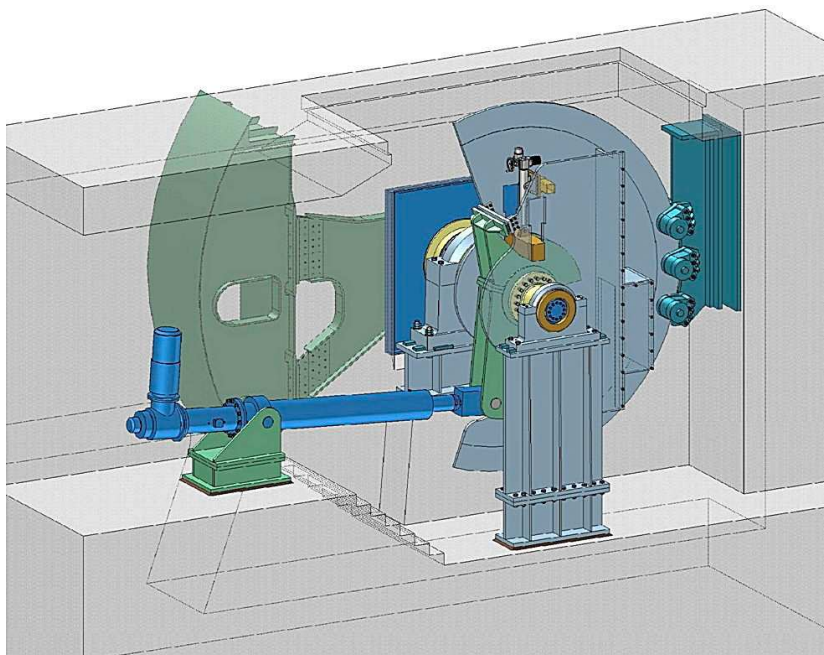


Bild 7: Drucksegmenttor mit EHZ-Antrieb

3.3.2 Ausgewählte Antriebsvariante

Von SBE wurden die beiden Antriebsvarianten „Elektrohubzylinder“ und „Triebstock/Ritzel“ für beengte Platzverhältnisse entwickelt. Grundsätzlich sind die beiden untersuchten Antriebsvarianten machbar und einsetzbar. Von SBE wird eingeschätzt, dass die Vorzüge des Triebstockantriebs überwiegen. Seitens des künftigen Betreibers wurde jedoch für den Fall, dass am Oberhaupt ein

Drucksegmenttor zum Einsatz kommt, der Antriebsvariante mit Elektrohubzylinder (EHZ) u. a. aus Instandhaltungsgründen der Vorzug gegeben. Um die Gebrauchstauglichkeit des Elektrohubzylinderantriebs für die Revisionsstellung des Tores zu verbessern, wurde von SBE eine zusätzliche Mitnehmerverriegelung entworfen, die es gestattet, den Zylinder ohne Eingriffe von Hand für einen Hub in die Revisionsstellung des Drucksegmenttores umzulegen.

3.3.3 Energieumwandlungsanlage am Oberhaupt

Für die Gestaltung der Energieumwandlungsanlagen (EUA) im Bereich der Oberhäupter werden in der Machbarkeitsstudie je nach Tortyp zwei unterschiedliche Konstruktionsformen vorgeschlagen. Werden die neuen Oberhäupter mit Stemmtoren ausgerüstet, erfolgt die Energieumwandlung, wie bisher an den Neckarschleusen üblich, durch mehrfache Umlenkung des Füllstrahls zur Schleusenammer. Die in Bild 8 dargestellte bauliche Ausbildung der EUA wurde bei der Stemmtorvariante für drei Fallhöhenbereiche vorgenommen.

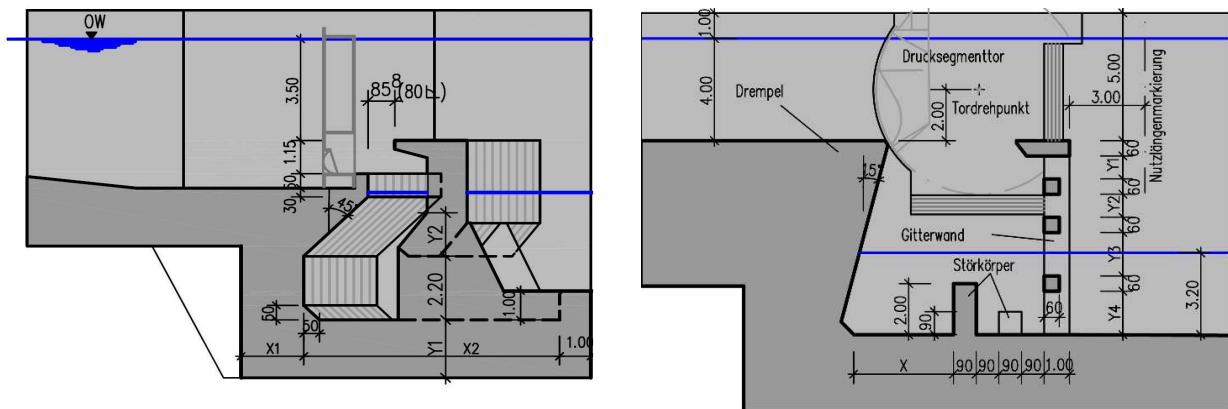


Bild 8: Oberhaupt, EUA für Stemmtor- bzw. Drucksegment-Variante

Beim Drucksegmenttor besteht die EUA aus zwei Störkörperreihen in Kombination mit einer Gitterwand. Ausführlich werden die beiden Konstruktionsformen im Modul 2, Massivbau Oberhauptverlängerung Neckarschleusen, behandelt.

4 Standardisierungsmöglichkeiten

Nachfolgend sind die für den Modul 5 „Verschluss und Hydraulik“ im Rahmen der Machbarkeitsstudie herausgearbeiteten und Standardisierungsüberlegungen nochmals zusammengefasst dargestellt.

Bauelemente	Wertung
Oberhaupt	
Torkörper Stemmtor mit Spur- und Halslagern	+
Füllschütze für Stemmtorvariante	+
Energieumwandlungsanlage Stemmtorvariante (3 Fallgruppen)	(+)
Torkörper Drucksegmenttor mit Stützlager	+
Energieumwandlungsanlage Drucksegmenttorvariante (Fallhöhen $\leq 5,30$ m)	+
Energieumwandlungsanlage Drucksegmenttorvariante (Fallhöhen $\geq 5,60$ m)	(+)
Unterhaupt	
Spur- und Halslager	+
Torkörper Stemmtor (Oberteile Gruppe 1)	+
Torkörper Stemmtor (Oberteile Gruppe 2)	+
Torkörper Stemmtor (Mittelteile Gruppe 1 und 2)	-
Torkörper Stemmtor mit Entleerschützen (Unterteile Gruppe 1 und 2)	+
Energieumwandlungsanlage (Störkörper und Schwelle)	+

Der unterschiedliche Grad der Standardisierungsmöglichkeit ist mit den Symbolen „+“ (standardisierbar), „(+“ (partiell standardisierbar) und „-“ (nicht standardisierbar) gekennzeichnet.

5 Verbundsystem für den Zwillingsbetrieb

Im Rahmen der Aufstellung der Machbarkeitsstudie „Neckarschleusenverlängerung“ wurde gemeinsam seitens der WSD Südwest und des Amts für Neckarausbau (ANH) entschieden, den Zwillingsbetrieb an den Neckar-Schleusen, die oberhalb der Enzmündung liegen, aufrecht zu erhalten.

Bei Schleusen mit einer Verlängerung in Richtung Oberwasser muss die bestehende direkte Verbindung beider Kammern an den Oberhäuptern zumindest in Teilen aufgegeben und durch einen Neubau ergänzt bzw. ersetzt werden. Das betrifft insgesamt 10 Schleusen (s. Bild 9). Für diese Schleusen sollte eine möglichst weitgehend standardisierte Lösung zur Beibehaltung des Zwillingsbetriebs gefunden werden.

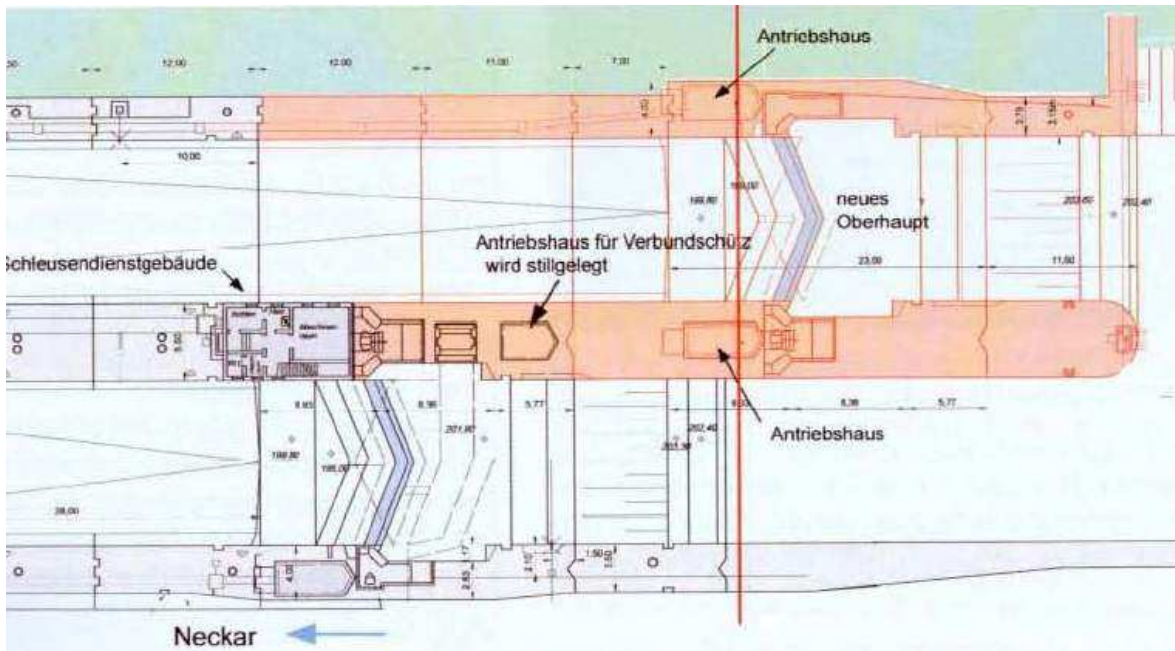


Bild 9: Typische Verlängerungssituation, der Verlängerungsbereich ist rot gekennzeichnet

In diesem Zusammenhang wurde die BAW beauftragt, Bauvarianten eines Verbindungskanals zwischen beiden Kammern aus hydraulischer und bautechnischer Sicht zu bewerten. Es handelte sich dabei um folgende Bauvarianten zur Aufrechterhaltung des Zwillingsbetriebs:

- Bauvariante 1: Seitliche bzw. von der vertieften Kammersohle der verlängerten Kammer aus ein- bzw. ausgeleitete Füll- und Entleerwassermenge in Höhe des bestehenden Verbindungskanals
- Bauvariante 2: Oberhauptseitige Anbindung des Verbindungskanals vor der nicht zu verlängernden Schleusenkammer mit orthogonaler Unterquerung der bestehenden Mittelmole. Der Verbindungskanal wird unter der verlängerten Kammersohle Richtung Oberhaupt geführt. Dort erfolgt seine Einmündung über Öffnungen in der Kammersohle.
- Bauvariante 3: Oberhauptseitige Anbindung des Verbindungskanals wie bei Bauvariante 2, jedoch mit Weiterführung in Richtung neues Oberhaupt der verlängerten Schleuse. Dort erfolgt eine seitliche Einbindung in den Drempel.

Mit der oberwasserseitigen Verlängerung jeweils einer der Schleusen an den betreffenden Stau-
stufen wird ein symmetrisch aufgebautes und hydraulisch optimiertes Zwillingssystem aufgegeben.
Die Aufrechterhaltung des Zwillingsbetriebs kann nur durch ein unsymmetrisches System mit sei-
nen Einschränkungen erfolgen.

Jede der drei untersuchten bzw. bewerteten Bauvarianten stellt für sich betrachtet eine Kompromisslösung dar, die dem Bauen im Bestand geschuldet ist, wobei der Zeitfaktor einer Schleusung (hydraulisch günstige Verhältnisse bei zulässigen Schiffskräften) sich umgekehrt proportional zum baulichen Aufwand (Baukosten) verhält. Insofern war zu entscheiden, ob die Aufrechterhaltung des Zwillingsbetriebes unter Berücksichtigung aktueller Randbedingungen (Verkehrsaufkommen und Hydrologie) zeit- oder kostenoptimiert umgesetzt werden soll bzw. muss.

Unabhängig von den Baukosten, der Bauzeit und den genehmigungsrechtlichen Randbedingungen etc. ist die Bauvariante 3 die hydraulisch beste Lösung der oben genannten Varianten. Sie kommt von den Füllzeiten her dem Ist-Zustand am nächsten. Jedoch ist sie auch die Lösung mit dem höchsten baulichen Aufwand. Vor diesem Hintergrund ist Lösung 1 zu favorisieren, die zudem den Vorteil bietet, den geringsten Eingriff in die alte Schleuse darzustellen. Daher wurde diese Lösung in der BAW mit einem physikalischen Modell untersucht (s. Bild 2), um eine unter den gegebenen schwierigen Zwangsbedingungen hydraulisch akzeptable Lösung zu erarbeiten.



Bild 10: Labormodell zur Optimierung der Bauvariante 1.

Blick von verlängerter Kammer auf den Verbindungskanal zur alten Kammer.

Hierbei war es nötig, eine Vielzahl von Varianten zu untersuchen, um einen Kompromiss zu finden, der die auftretenden Schiffskräfte einerseits und die Füllzeiten andererseits im akzeptablen Rahmen hält. Die schließlich zur Umsetzung vorgeschlagene Lösung (s. Bild 10) ermöglicht eine akzeptable Teil-Füllzeit von 12 min bei minimiertem baulichen Aufwand. Auf Basis der so gefundenen Lösung kann für alle in Frage kommenden zehn Schleusen die Planung weiter vorangetrieben werden.