

# HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

---

Conference Paper, Published Version

## Holfelder, Tilman; Kayser, Jan Software zur Bemessung von Deckwerken

---

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/102393>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Holfelder, Tilman; Kayser, Jan (2007): Software zur Bemessung von Deckwerken. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Praktische Probleme der Geotechnik im Verkehrswasserbau. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 75-80.

### 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.





## Software zur Bemessung von Deckwerken

Dr.-Ing. Tilman Holfelder, Dr.-Ing. Jan Kayser  
Bundesanstalt für Wasserbau, Referat Erdbau und Uferschutz

### 1 Einführung

Das Netz der Binnenwasserstraßen der Wasser und Schifffahrtsverwaltung (WSV) hat eine Gesamtlänge von ca. 7.300 km, davon sind 1.700 km Kanäle, 2.600 km Flüsse und 3.000 km staugeregelte Flüsse. In weiten Bereichen der Binnenwasserstraßen sind die Ufer (incl. der Böschungen) und zum Teil auch die Sohlen gegen Wellen und Strömungen zu sichern. Diese Sicherungen machen ca. 20 % des Anlagevermögens der WSV aus, so dass deren wirtschaftlicher Bemessung eine besondere Bedeutung zukommt. Für eine sichere und wirtschaftliche Bemessung müssen sowohl die hydraulischen Einwirkungen auf die Ufer- und Sohlensicherungen als auch die Widerstände derselben bekannt sein.

Ein großer Teil der Einwirkungen auf das Gewässerbett (Ufer, Böschung, Sohle) entsteht durch die Schifffahrt. Zu unterscheiden sind die Einwirkungen infolge der Wasserverdrängung bei Fahrt des Schiffs durch einen begrenzten Wasserquerschnitt (Rückströmung, Heckquerwelle, Absenk) sowie die direkte schiffsinduzierte Belastung durch Propulsion. Weitere Einwirkungen entstehen durch Ankerwurf oder Anfahrungen bei Havarien.

Grundsätzlich besteht ein Deckwerk aus einer Deckschicht und darunter liegender Filterschicht (mineralischer oder geotextiler Filter). Bei gedichteten Kanälen liegt i. d. R. unter der Deckschicht und einer geotextilen Trennlage noch eine Dichtung. Bei Bedarf kann die Deckschicht aus losen Wasserbausteinen zusätzlich mit einem Teilverguss aus hydraulisch gebundenem Vergussstoff befestigt werden.

Der Widerstand eines Deckwerks gegen die Einwirkungen ergibt sich zum einen aus der Stabilität der Deckschicht bei Strömungen und Wellen (hydraulische Stabilität) und zum anderen aus dem Flächengewicht des gesamten Deckwerks (geotechnische Stabilität).

Detailliert sind für Böschungs- und Sohlensicherungen die Einwirkungen und Widerstände in den „Grundlagen zur Bemessung von Böschungs- und Sohlensicherungen an Binnenwasserstraßen“ (GBB) /BAW 2004/ beschrieben.

### 2 Regelbauweisen für Deckwerke

Für genau definierte Randbedingungen gibt es Regelbauweisen für Deckwerke an den Binnenwasserstraßen, mit denen eine wirtschaftliche und sichere Dimensionierung der Deckwerke möglich ist. Wesentliche Randbedingungen zu deren Anwendung sind:

1. Regelprofile nach den „Richtlinien für Regelquerschnitte von Schifffahrtskanälen“ / BMVWS 1994/
2. Querschnittsverhältnis (Kanalprofil/Schiffsprofil)  $n \geq 5,2$
3. Schifffahrtskanäle ohne Grundströmung.

Die Regelbauweisen sind in dem „Merkblatt Anwendung von Regelbauweisen für Böschungs- und Sohlensicherungen an Wasserstraßen (MAR)“ Ausgabe 1993 festgelegt /BAW 1993/. Regeldicken für Deckschichten loser Wasserbausteine sind 60 cm, für teilvergossene Deckschichten 40 cm, vgl. Bild 1.

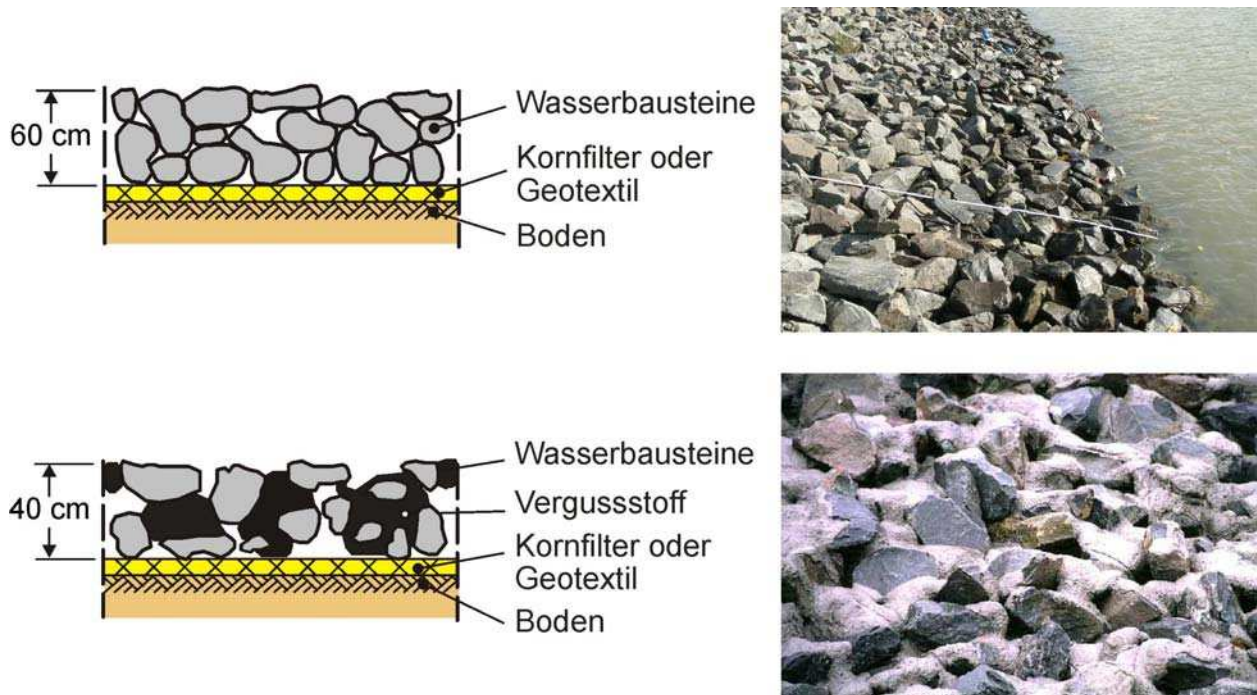


Bild 1: Übliche Deckschichten für Deckwerke an Binnenwasserstraßen

Derzeit wird das MAR überarbeitet. Ergänzend zur Fassung MAR 1993 /BAW 1993/ werden folgende Parameter berücksichtigt:

1. Verschiedene Schiffstypen (Europaschiff, Großmotorschiff, Schubverband, übergroßes Großmotorgüterschiff)
2. Schiffsgeschwindigkeit  $v_s = 97 \% v_{krit}$  und Position des Schiffes bei Normalfahrt 1 m über dem Böschungsfuß
4. Verschiedene Böden (Kiese, Sande, schluffige und stark schluffige Böden, kohäsive Böden).

Bei der Planung eines Deckwerkes, bei dem die Randbedingungen von den oben genannten Voraussetzungen abweichen, ist das MAR nicht anwendbar, da dies zu einer unsicheren oder einer unwirtschaftlichen Dimensionierung des Deckwerkes führen könnte. In diesem Fall ist eine Bemessung des Deckwerkes entsprechend den „Grundlagen für die Bemessung von Böschungs- und Sohlensicherungen an Binnenwasserstraßen“ /BAW 2004/ erforderlich.

### 3 Bemessung von Deckwerken

#### 3.1 Grundsätzliches

Die Bemessung von Deckwerken an Binnenwasserstraßen nach dem GBB /BAW 2004/ lässt sich in drei Teile gliedern.

##### 1. Berechnung der hydraulischen Einwirkungen

Hier werden die Wellen und Strömungen berechnet, die bei der Wasserverdrängung eines durch einen begrenzten Wasserquerschnitt fahrenden Schiffskörper erzeugt werden. Zudem werden die Strömungen berechnet, die durch die Propulsion entstehen.

##### 2. Hydraulische Bemessung

Aus den Einwirkungen Welle und Strömung wird die erforderliche Größe des Einzelsteins berechnet.



### 3. Geotechnische Bemessung

Auf der Grundlage der hydraulisch berechneten Absunkwelle (Absunk) wird die erforderliche Dicke des Deckwerks berechnet. Hierbei finden insbesondere Porenwasserüberdrücke Berücksichtigung, die bei schnellem Wasserspiegelausfall im Boden entstehen /Holfelder, Kayser 2005/.

Das GBB ist für eine Vielzahl unterschiedlicher Randbedingungen (Geometrien, Schiffe, Böden, ...) anwendbar. Daher ist im Rechenablauf eine sehr hohe Anzahl an Verzweigungen möglich und einige iterative Berechnungen sind durchzuführen. Dies sprengt den Rahmen für Handrechnungen bei weitem und auch eine Programmierung z. B. in Excel ist aufgrund der Komplexität immer nur für eine eingeschränkte Variationsbreite möglich. Um das GBB in der ganzen Variationsbreite für die Praxis handhabbar zu machen wurde daher beschlossen, das Regelwerk GBB in eine Software umzusetzen. Hierfür wurde ein IT-Verfahren der WSV initiiert. Mit der Erstellung des Programms wurde eine Arbeitsgruppe unter Beteiligung der WSV, der Fachstelle für Informationstechnologie der BAW sowie der Fachabteilung Wasserbau und Geotechnik der BAW beauftragt. Die eigentlichen Programmierleistungen führte nach einem Ausschreibungsverfahren ein qualifiziertes Ingenieurbüro durch.

## 3.2 Software GBBSOFT

### 3.2.1 Allgemeines

Das Grundelement der Software ist der sog. Bemessungsfall. Der Bemessungsfall entspricht einem Querprofil der Wasserstraße. Er beinhaltet neben dem Profilquerschnitt einen Boden, eine Deckwerkskonstruktion und Fußstützung und eine Sorte Wasserbausteine. Wie in der Natur auch können durch diesen Querschnitt beliebig viele Schiffe mit beliebig vielen Geschwindigkeiten auf beliebig vielen Positionen verkehren. Jeder Bemessungsfall wird für sich in einer eigenen Datei, sowohl mit den Eingabewerten als auch – wenn vorhanden – mit den Ergebnissen gespeichert.

Hinsichtlich der möglichen Variationen der Vielzahl an Parametern sind in GBBSOFT nur insofern Grenzen gesetzt, als dass physikalisch falsche oder unrealistische Fälle so weit wie möglich abgefangen werden. Ansonsten kann die ganze Bandbreite möglicher Parameter und Konstruktionsdetails in die Berechnungen eingeführt werden.

### 3.2.2 Handhabung der Software

Derzeit liegt eine erste Vollversion der Software GBBSOFT vor, die sich in der Pilotierungsphase befindet. Sie ist in die drei Abschnitte

1. Eingabe,
2. Berechnung und
3. Ausgabe

gegliedert. Diese Struktur ist in Bild 2 dargestellt

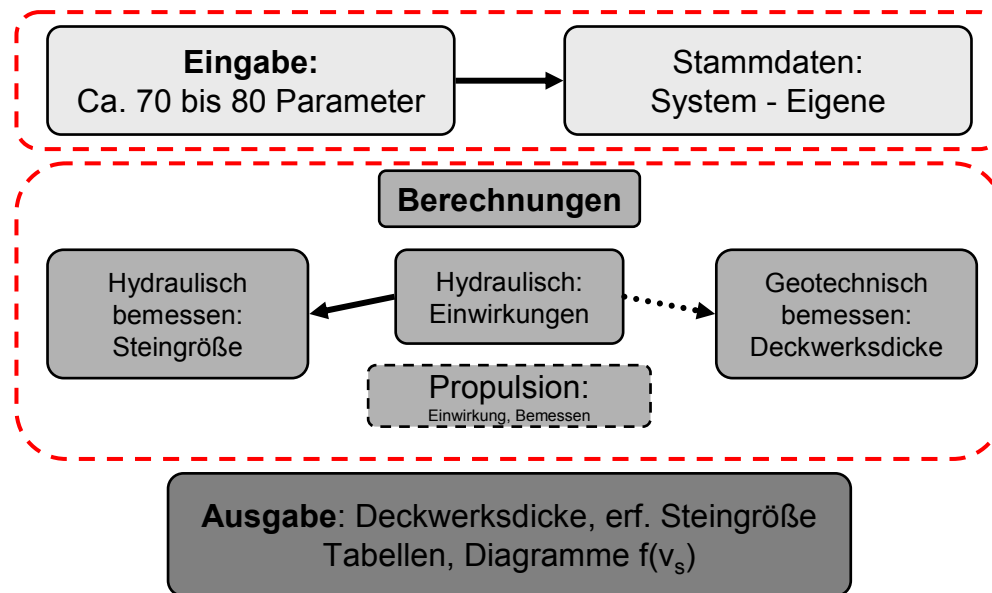


Bild 2: Struktur der Software GBBSoft für einen Bemessungsfall

## Eingabe

Für einen Bemessungsfall ist die Eingabe von 70 bis 80 Parametern erforderlich. Zur einfacheren Zusammenstellung der Bemessungsfälle wurden im Programm sogenannte Stammdaten vorgesehen. Hier können immer wiederkehrende Objekte, wie z.B. Schiffe, Standardböden, die üblichen Steinklassen und die Regelbauweisen eingegeben werden, und bei Bedarf in den Bemessungsfall geladen werden. GBBSoft enthält einerseits von der BAW zusammengestellte unveränderliche Systemstammdaten, die Standardvorgaben für häufig verwendete Objekte mit all ihren Parametern enthalten, andererseits kann sich der Nutzer auch eigene Stammdaten zusammenstellen. Damit kann er die für seine jeweilige Wasserstraße relevanten Randbedingungen (z. B. typische Böden oder spezielle Schiffstypen) in einer Art Bibliothek verankern und ohne viel Aufwand in die verschiedenen Bemessungsfälle einlesen.

## Berechnung

Die Berechnung ist viergeteilt. Der erste Schritt besteht in der hydraulischen Berechnung der Einwirkung. Darauf basiert die hydraulische Bemessung, d.h. die Ermittlung der erforderlichen Steingröße. Auf der Grundlage dieser berechneten hydraulischen Einwirkungen kann auch die geotechnische Bemessung (Ermittlung der Deckwerksdicke) erfolgen. Es gibt aber auch die Möglichkeit die geotechnische Bemessung unabhängig von den berechneten Einwirkungen durchzuführen, z.B. wenn die hydraulischen Einwirkungen (Wellen- und Absunkwerte) aus Naturmessungen bekannt sind.

Als eigenständiger Teil wurde die Propulsion programmiert. Hier können neben den im GBB bereits verankerten Ansätzen ergänzend auf Grundlage eines neuen Verfahrens die Einwirkungen aus Schraubenstrahlbelastungen berechnet und die entsprechende Steinbemessung durchgeführt werden. Zusätzlich wird eine theoretische Kolkentiefe infolge Propulsion ermittelt.

## Ausgabe

Wesentliche Ergebnisse der Ausgabe sind die erforderliche Deckwerksdicke und Steingröße, wobei die anderen Parameter der Steine (Dichte, Steinform, Kornverteilung) vor der Berechnung festzulegen sind. Für die Ausgabe sind verschiedene Formate wählbar. Sie kann zum einen in Tabellen, in Form von Einzelwerten oder als zusammengefasste Tabelle angefordert werden. Für eine bessere Übersicht sind auch



Darstellungen in Diagrammen möglich. Normalerweise werden hierbei die entsprechenden Größen (hydraulische Einwirkungen wie Wellen und Strömungen, Deckwerksdicke, erforderliche Steingröße) über verschiedene Schiffsgeschwindigkeiten  $v_s$  variiert. Für die weitere Verarbeitung der Daten ist auch ein Export mittels CSV-Dateien möglich.

#### 4 Bewertung der Rechenergebnisse

Die Software ist ein Hilfsmittel zur Dimensionierung von Deckwerken. Für die letztendliche Entscheidung über die Konstruktion des Deckwerks ist aber eine ingenieurmäßige Bewertung der Berechnungsergebnisse und eine Abwägung technischer und wirtschaftlicher Kriterien unabdingbar. Somit versteht es sich von selbst, dass die Software im Ergebnis zwar die möglichen Wege zu einem sicheren Deckwerk aufzeigt, das Resultat aber letztendlich kein „fertiges“ Deckwerk sein kann. Dem entsprechend sind die Ergebnisse durch den entwerfenden Ingenieur auch kritisch zu bewerten und in seiner Verantwortung weiter zu verarbeiten, wie es auch bei anderen Bemessungsprogrammen des Bauwesens üblich ist.

#### 5 Ausblick

Es ist damit zu rechnen, dass die Software GBBSOft Anfang nächsten Jahres herausgegeben werden kann. Im Rahmen der Einführung der Software ist zunächst die Durchführung eines Kolloquiums geplant, in dem eine Übersicht über den Stand der Deckwerksbemessung unter Verwendung der Software gegeben wird. Auf der Grundlage des Kolloquiums ist dann von den entsprechenden Dienststellen der WSV zu entscheiden, inwiefern Mitarbeiter in der Benutzung der Software zu schulen sind. Abhängig von dieser Entscheidung werden im Frühjahr 2008 Schulungen zur Anwendung der Software in Karlsruhe von der BAW durchgeführt.

#### Literatur

- BAW 1993: Merkblatt Anwendung von Regelbauweisen für Böschungs- und Sohlensicherungen an Bundeswasserstraßen“, Karlsruhe, 1993
- BAW 2004: Grundlagen der Bemessung von Böschungs- und Sohlensicherungen an Binnenwasserstraßen (GBB), Mtlg. der BAW Nr. 87, Karlsruhe, 2004
- BMVBS 1994: Richtlinie für Regelquerschnitte von Schiffahrtskanälen, Bonn, 1994
- Holfelder/Kayser 2005: Holfelder, T.; Kayser, J.: Berücksichtigung von Porenwasserüberdrücken bei der Bemessung von Deckwerken an Wasserstraßen, Vortrag beim Ohde-Kolloquium 2005 der TU Dresden am 27. September 2005, Veröffentlichung im Tagungsband

