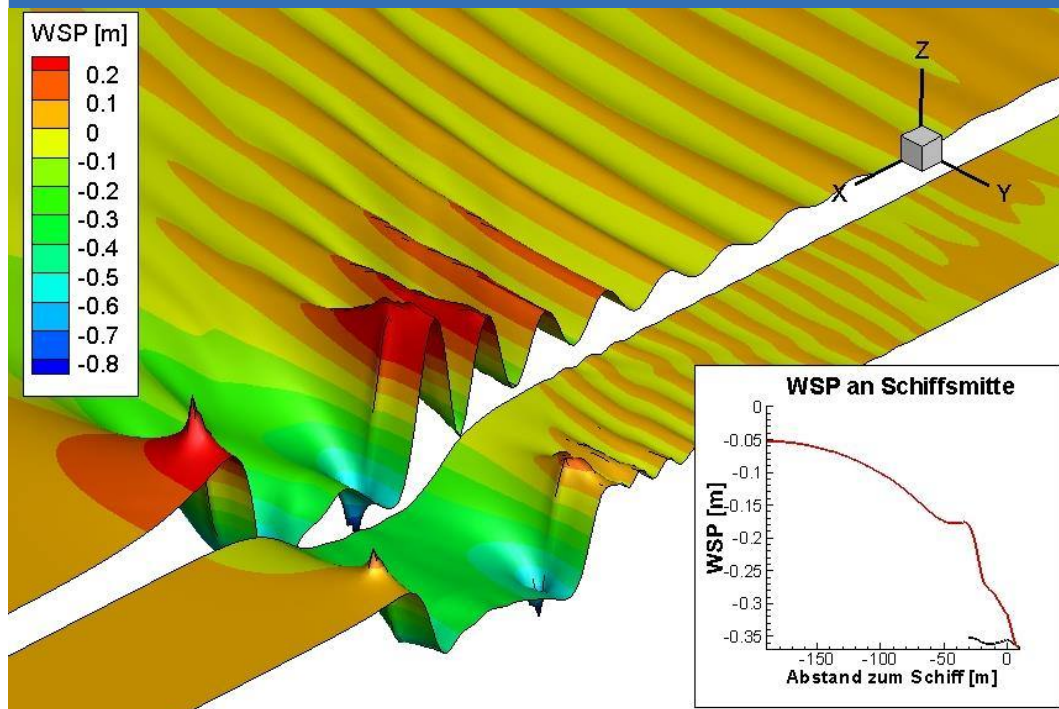


Technisch-biologische Ufersicherungen an großen und schiffbaren Gewässern – Potenziale und Möglichkeiten

Hydraulische Uferbelastungen

Bernhard Söhngen (BAW)

www.baw.de



- Schiffe und Verkehr
- Fahrdynamik von Binnenschiffen
- Schiffsinduzierte Strömungen und Wellen
- Sonderproblem Sportbootwellen
- Sonderproblem Bugstrahlruder
- Abflussbedingte Belastungen
- Anwendung GBBSOft
- Wellenmessungen bei Worms
- Belastungsgrenzwerte für Standardbauweisen

Schiffe und Verkehr

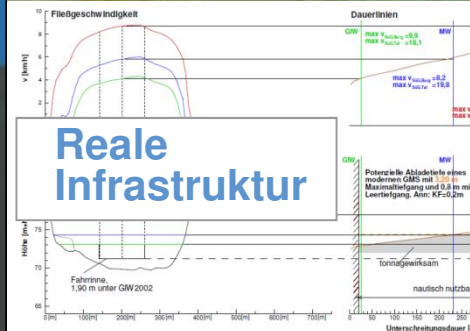


Verein für europäische Binnenschifffahrt und Wasserstraßen e. V.

Fahrdynamik von Binnenschiffen

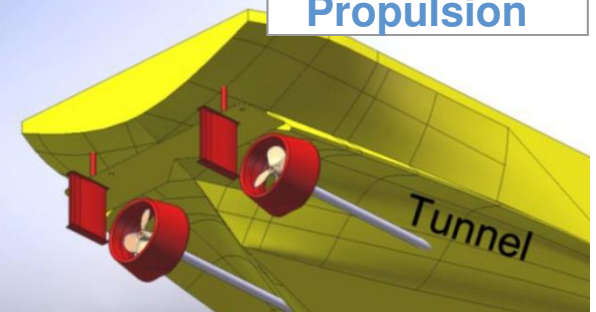


Schiffstypen



Reale Infrastruktur

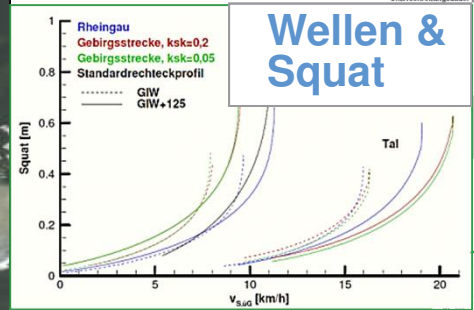
Propulsion



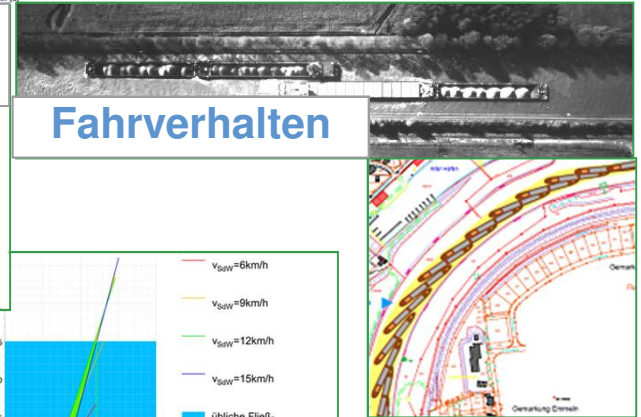
Virtuelle Infrastruktur



Wellen & Squat



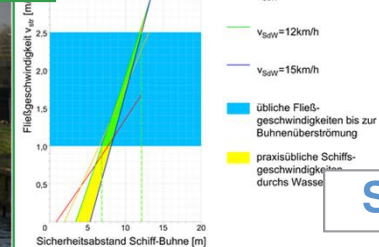
Fahrverhalten



Steuerung



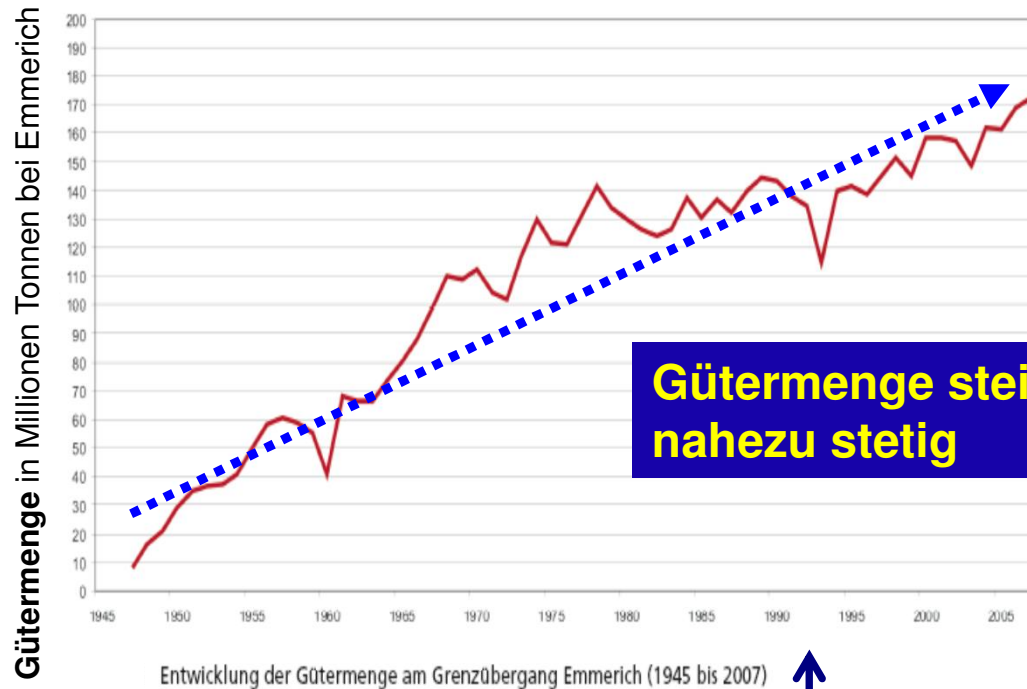
Sicherheit



Bundesanstalt für Wasserbau
 Kompetenz für die Wasserstraßen

Technisch-biologische Ufersicherungen an großen und schiffbaren Gewässern – Hydraulische Uferbelastungen
 · W4 · Bernhard Söhngen · 19. 11. 2013

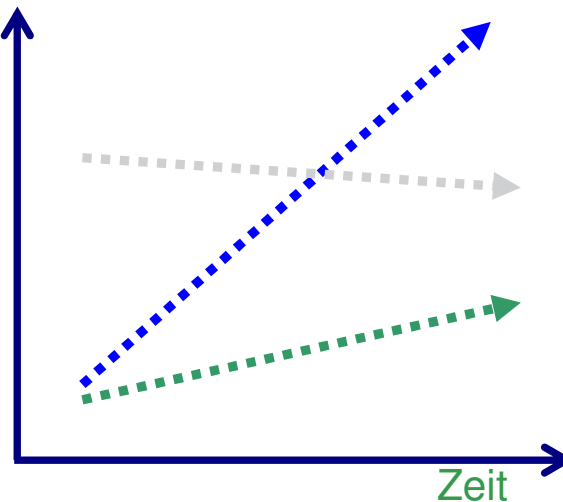
Schiffe und Verkehr



**Gütermenge steigt
nahezu stetig**

Vortrag Heinz, GDWS, Ast
West, HTG-Tagung 2013

- Trotz größerer Verkehrsbelastung wächst die Infrastruktur i.d.R. nicht mit (Ausnahme Tiefe)



1945 - 2013

5-10 x mehr Verkehr

**Leichter Rückgang
Schiffsanzahl**

2 x größere Schiffe



Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

Technisch-biologische Ufersicherungen an großen und schiffbaren
Gewässern – Hydraulische Uferbelastungen
· W4 · Bernhard Söhngen · 19. 11. 2013

Schiffe und Verkehr

Johann Welker – Klasse IV

Einsatzbereich: Rhein, Donau, Weser und Elbe, deutsches Kanalnetz, Gewässer in Belgien, den Niederlanden



Länge	
Breite	
Tiefgang	
Zuladung	
Wassertiefe	
Geschwindigkeit	

GMS (Großmotorgüterschiff) – Klasse Va

Einsatzbereich: Rhein und Donau, nordwest-deutsches Kanalnetz, Gewässer in den Niederlanden und Belgien



Länge	m	85
Breite	m	10
Tiefgang	m	2,7
Zuladung	t	16
Wassertiefe	m	3
Geschwindigkeit	km/h	15

Antriebe und Steuerung:

2 Düsenpropeller mit einem Durchmesser von 1,6 m bis 1,8 m und 2 Ruderblättern je Propeller, 2 Bugstrahlruder. Install. Motorleistung des Hauptantriebs ca. **2000 kW**.

Rhein- und Donauschiffe – Klasse Vb

Einsatzbereich: Rhein und Donau, teilw. nordwestdeutsche Kanäle, Gewässer in Belgien und den Niederlanden



kanalgängiges üGMS

Länge	m	110,0 – 135,0
Breite	m	11,45
Tiefgang	m	2,8 – 3,7
Zuladung	t	2720 – 3500
Wassertiefe	m	3 5
Geschwindigkeit	km/h	15 18

Verband, Schubboot mit 4 Leichtern – Klasse Vlb

Einsatzbereich: Rhein und Donau, Schelde



Schubverband – 4 Leichter

Länge	m	185 – 195
Breite	m	22,9
Tiefgang	m	2,8 – 4,0
Zuladung	t	7650 – 11000
Wassertiefe	m	3 5
Geschwindigkeit	km/h	12 14

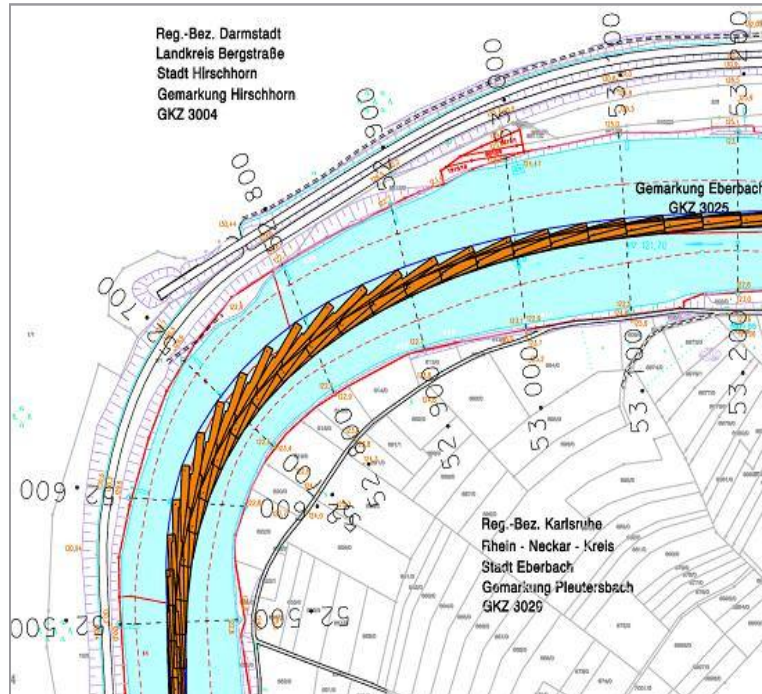
- Binnenschiffe werden nicht nur größer, sondern
- haben i.d.R auch stärkere Antriebe!



Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

Technisch-biologische Ufersicherungen an großen und schiffbaren Gewässern – Hydraulische Uferbelastungen
• W4 • Bernhard Söhngen • 19. 11. 2013

Fahrdynamik von Binnenschiffen



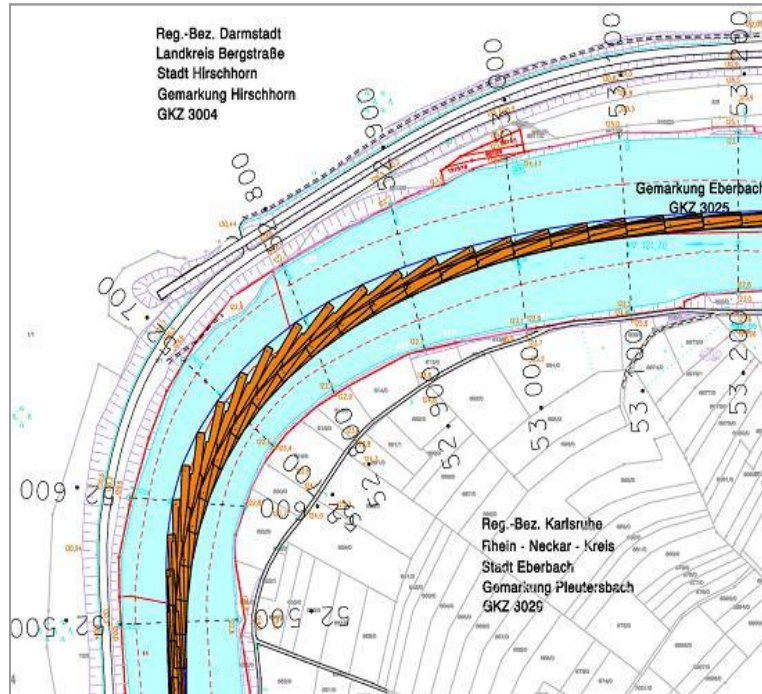
- Die Fahrspurbreite kann in Kurven ein Vielfaches der Schiffsbreite betragen



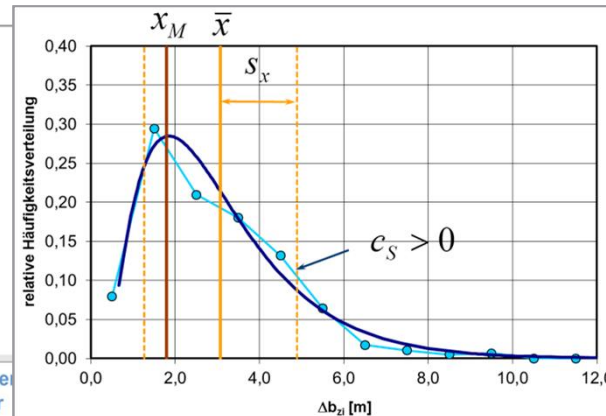
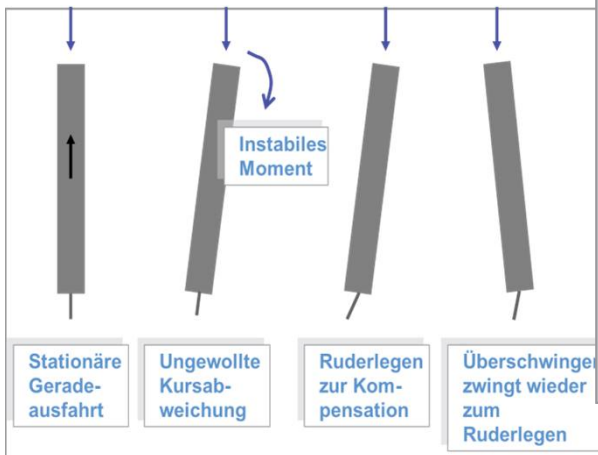
Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

Technisch-biologische Ufersicherungen an großen und schiffbaren
Gewässern – Hydraulische Uferbelastungen
· W4 · Bernhard Söhngen · 19. 11. 2013

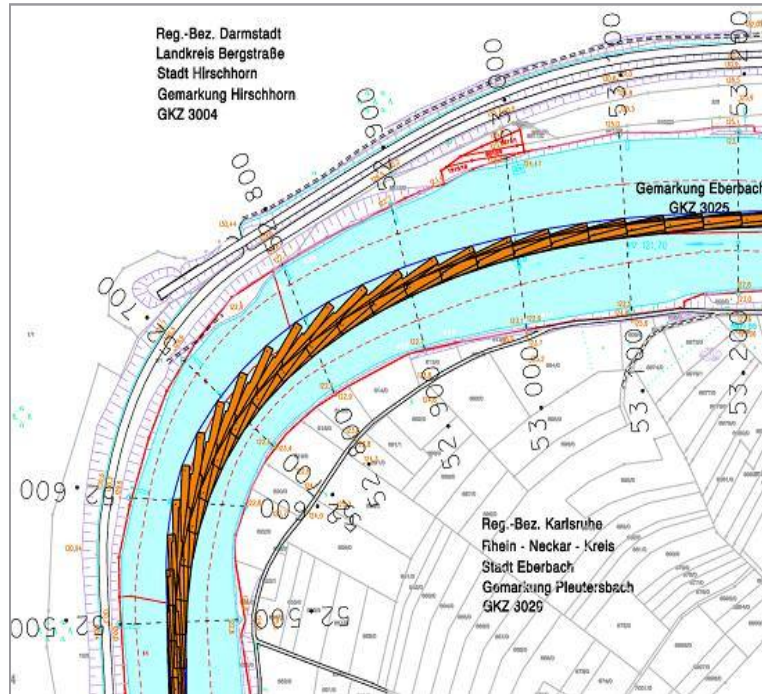
Fahrdynamik von Binnenschiffen



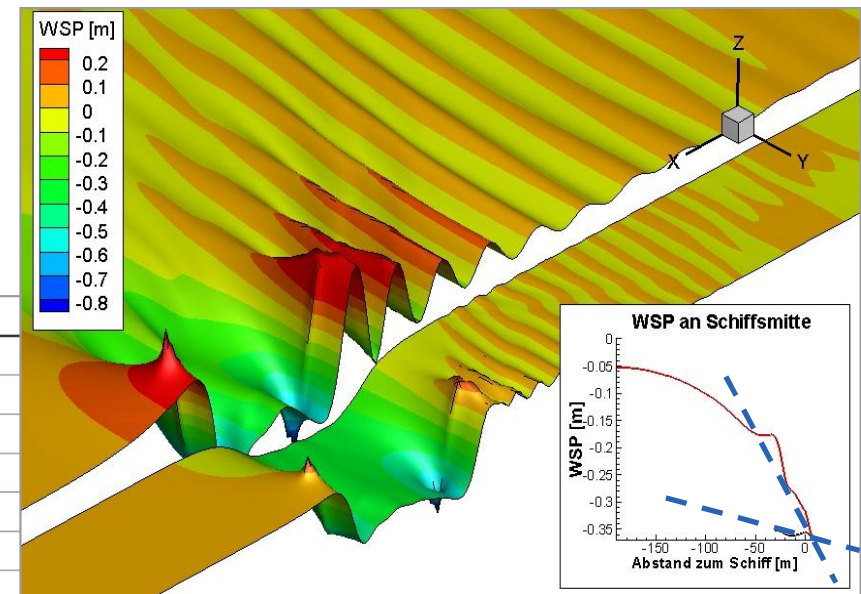
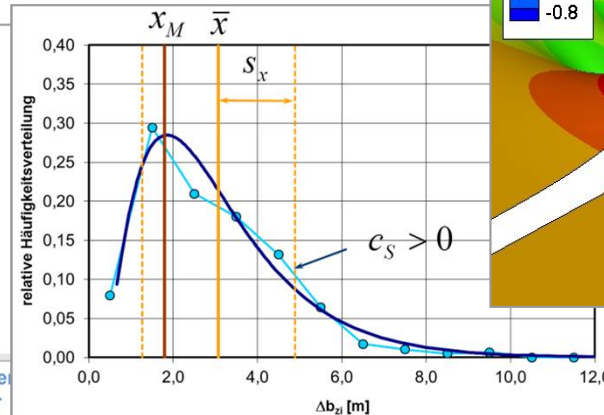
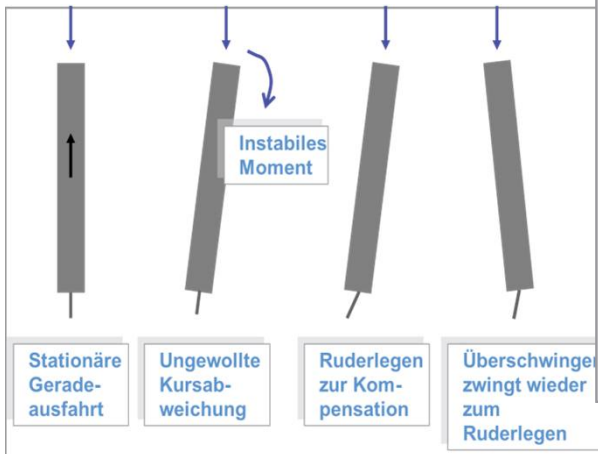
- Die Fahrspurbreite kann in Kurven ein Vielfaches der Schiffsbreite betragen
- Ein Binnenschiff fährt nicht stabil, die Zusatzbreite ist ein „human factor“



Fahrdynamik von Binnenschiffen



- Die Fahrspurbreite kann in Kurven ein Vielfaches der Schiffsbreite betragen
- Ein Binnenschiff fährt nicht stabil, die Zusatzbreite ist ein „human factor“
- Große Sicherheitsabstände wegen Querkräften aus dem Wellenfeld



Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

Technisch-biologische Ufersicherungen an großen und schiffbaren Gewässern – Hydraulische Uferbelastungen
• W4 • Bernhard Söhngen • 19. 11. 2013

Fahrdynamik von Binnenschiffen



- Die Fahrspurbreite kann in Kurven ein Vielfaches der Schiffsbreite betragen
- Ein Binnenschiff fährt nicht stabil, die Zusatzbreite ist ein „human factor“
- Große Sicherheitsabstände wegen Querkräften aus dem Wellenfeld
- Ein Binnenschiff reagiert besonders stark auf Querströmungen



Fahrdynamik von Binnenschiffen



- Die Fahrspurbreite kann in Kurven ein Vielfaches der Schiffsbreite betragen
- Ein Binnenschiff fährt nicht stabil, die Zusatzbreite ist ein „human factor“
- Große Sicherheitsabstände wegen Querkräften aus dem Wellenfeld
- Ein Binnenschiff reagiert besonders stark auf Querströmungen
- Ausschwenken bei Ruderkorrekturen – Heck nähert sich dem Ufer

Binnenschiffe benötigen ein Vielfaches der Schiffsbreite für eine sichere und leichte Fahrt!



Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

Technisch-biologische Ufersicherungen an großen und schiffbaren Gewässern – Hydraulische Uferbelastungen
· W4 · Bernhard Söhngen · 19. 11. 2013

Fahrdynamik von Binnenschiffen



- Binnenschiffe sinken in ihrem eigenen Wellensystem ein und können deshalb eine bestimmte Geschwindigkeit v_{krit} nicht überschreiten, die mit h skaliert ist

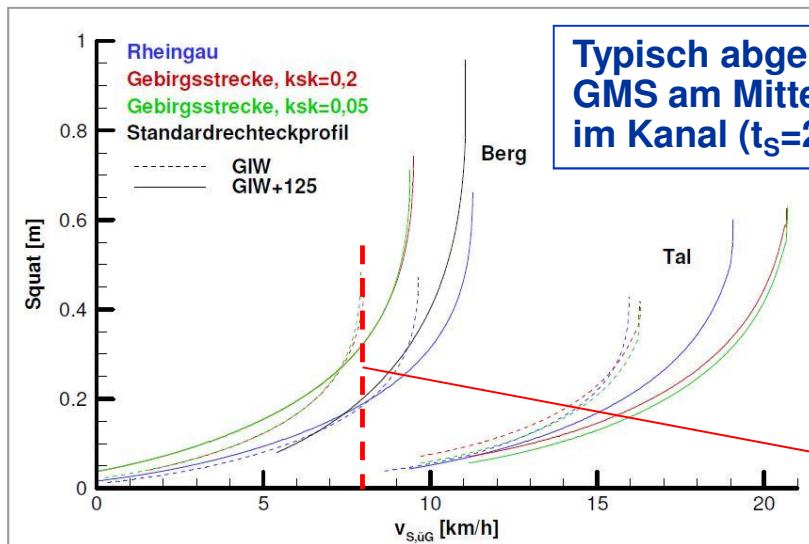


Fahrdynamik von Binnenschiffen



Eine brechende
Heckwelle indiziert v_{krit}

- Binnenschiffe sinken in ihrem eigenen Wellensystem ein und können deshalb eine bestimmte Geschwindigkeit v_{krit} nicht überschreiten, die mit h skaliert ist



Typisch abgeladenes
GMS am Mittelrhein und
im Kanal ($t_s=2,8$ m)

Die Schiffsgeschwindigkeit über Grund kann bei NW in der Bergfahrt sehr klein sein und v_{krit} wird deshalb (ungewollt) rasch erreicht!



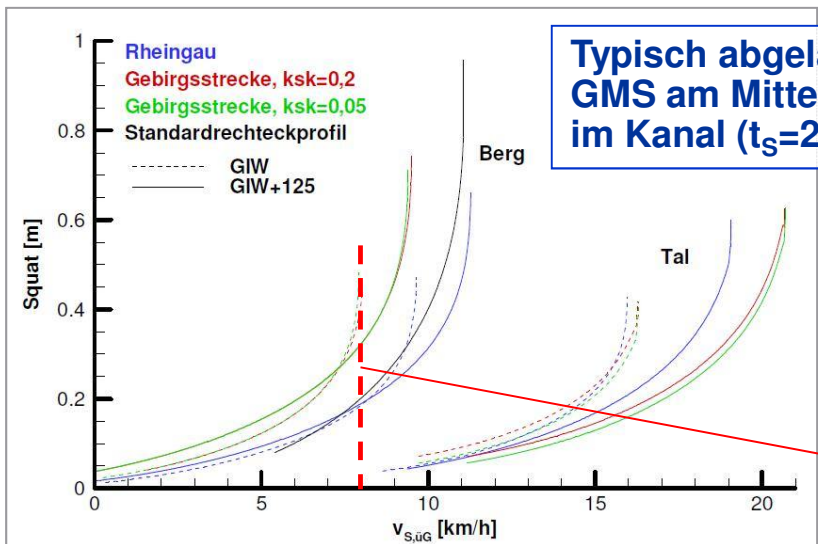
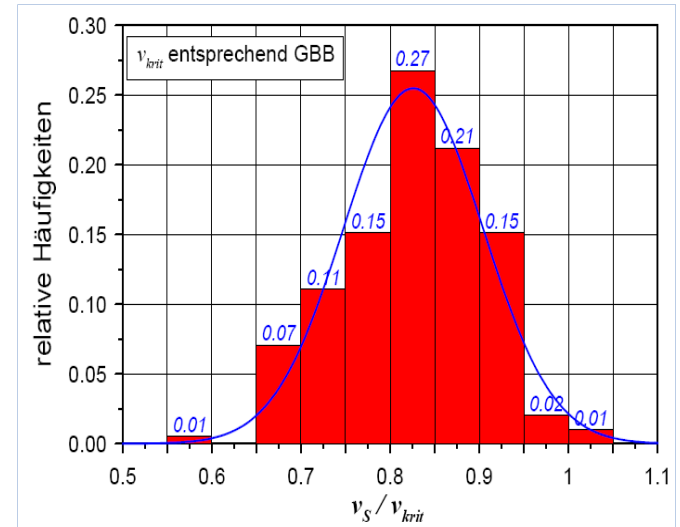
Fahrdynamik von Binnenschiffen



Eine brechende Heckwelle indiziert v_{krit}

- Binnenschiffe sinken in ihrem eigenen Wellensystem ein und können deshalb eine bestimmte Geschwindigkeit v_{krit} nicht überschreiten, die mit h skaliert ist

In Kanälen fährt in etwa jedes 30. Schiff im v_{krit} -Bereich!



Typisch abgeladenes GMS am Mittelrhein und im Kanal ($t_s=2,8$ m)

Die Schiffsgeschwindigkeit über Grund kann bei NW in der Bergfahrt sehr klein sein und v_{krit} wird deshalb (ungewollt) rasch erreicht!



Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

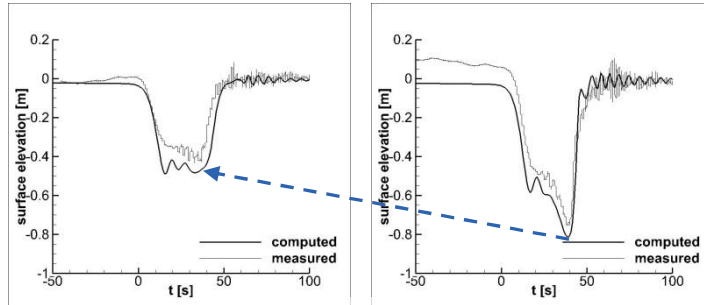
Technisch-biologische Ufersicherungen an großen und schiffbaren Gewässern – Hydraulische Uferbelastungen
· W4 · Bernhard Söhngen · 19. 11. 2013

Fahrdynamik von Binnenschiffen

Wasserspiegelauslenkung am Ufer – Vergleich ShipWave – Messungen WDK

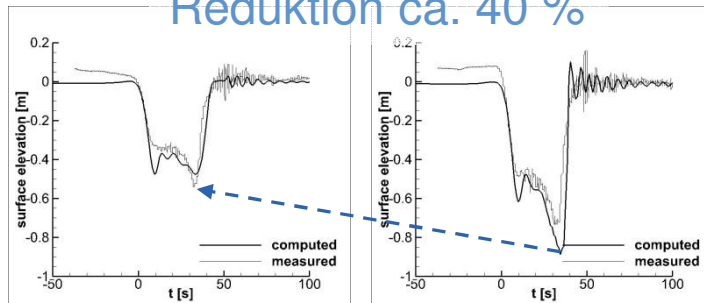
- Binnenschiffe sinken in ihrem eigenen Wellensystem ein und können deshalb eine bestimmte Geschwindigkeit v_{krit} nicht überschreiten, die mit h skaliert ist

Mittige
Fahrt (M)

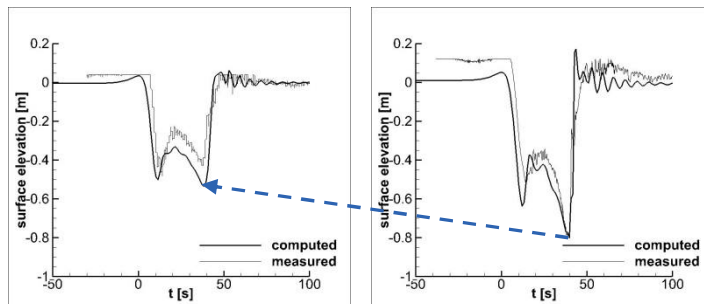


Reduktion ca. 40 %

Außermittige
Fahrt (AM)



Böschungsnah
Fahrt (BN)

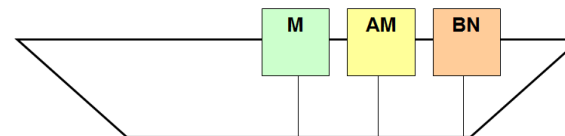


90% v_{krit}

100% v_{krit}

Der kritische
Schiffsgeschwindigkeits-
bereich sollte unbedingt
vermieden werden!

Die Wellenhöhe am Ufer
fällt bei 90 % der kritischen
Geschwindigkeit
gegenüber 100% v_{krit} um
rund 40 %!



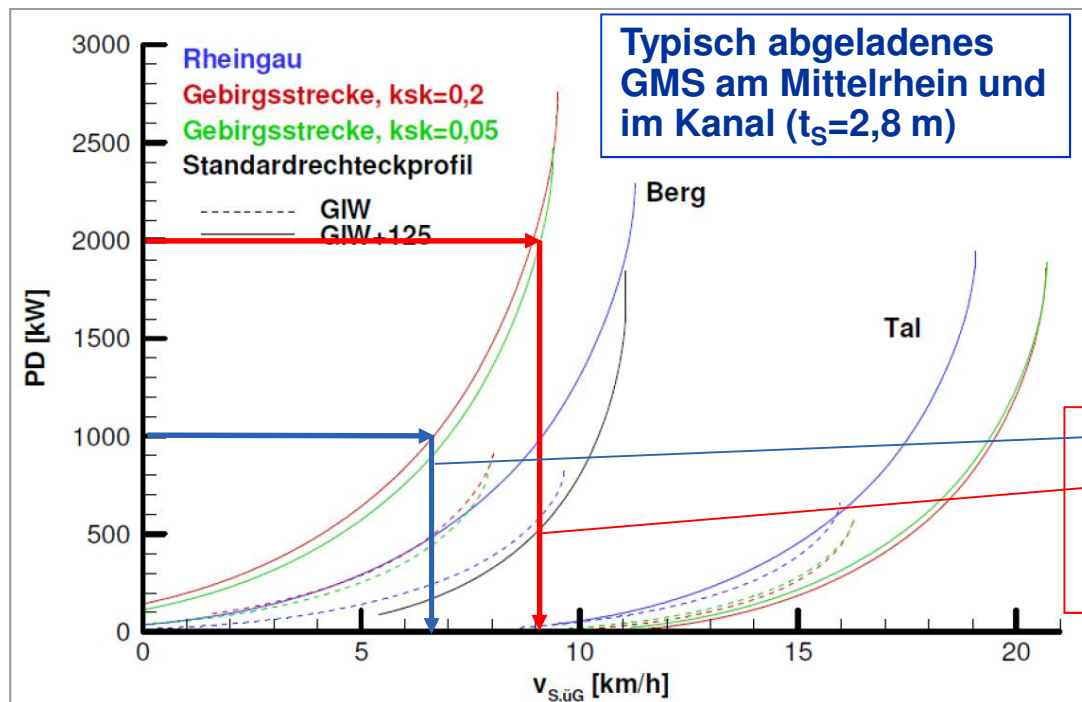
Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

Technisch-biologische Ufersicherungen an großen und schiffbaren
Gewässern – Hydraulische Uferbelastungen
· W4 · Bernhard Söhngen · 19. 11. 2013

Fahrdynamik von Binnenschiffen

Für Wasserstände, die für technisch-biologische Ufersicherungen relevant sind (oberhalb MW), ist also meist die eingesetzte Motorleistung relevant!

- Binnenschiffe sinken in ihrem eigenen Wellensystem ein und können deshalb eine bestimmte Geschwindigkeit v_{krit} nicht überschreiten, die mit h skaliert ist
- Im Flachwasser wird v_s meist durch die Motorleistung **beschränkt**



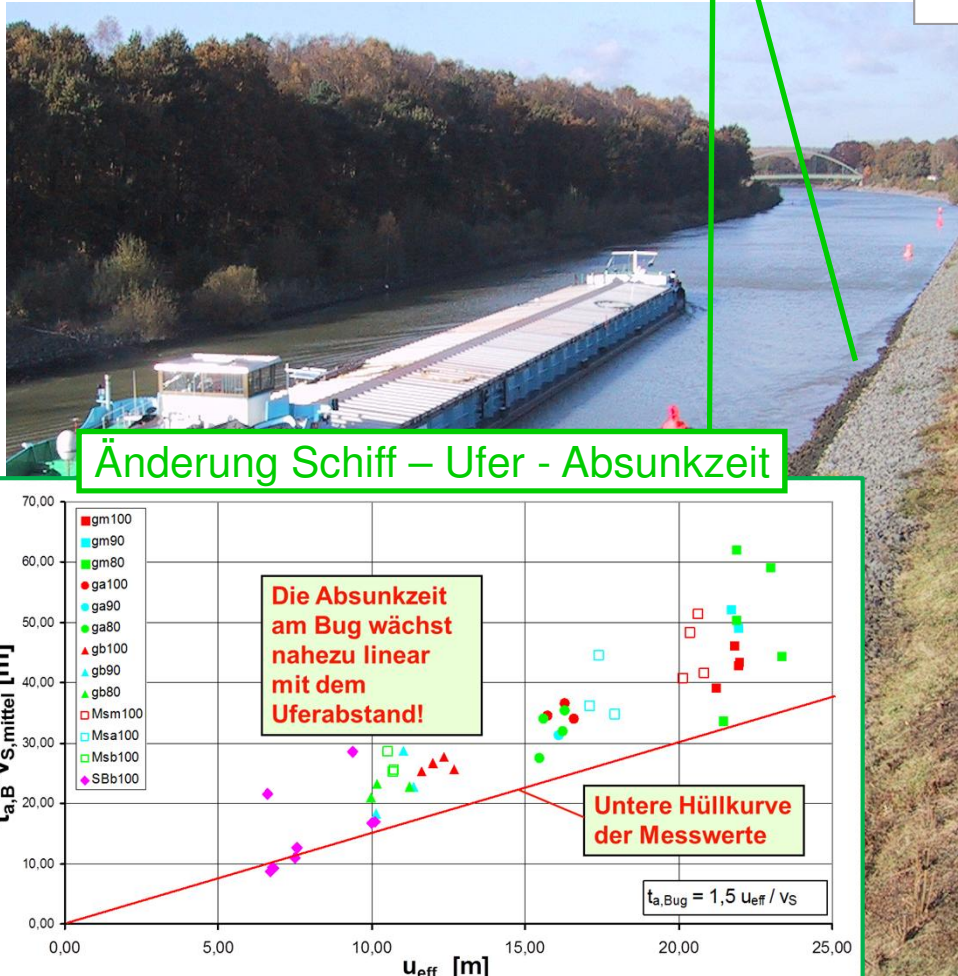
Ältere Schiffe (1000 kW) können v_{krit} nur bei NW erreichen, **moderne** (2000 kW) auch bei MW (knapp) und im Kanal!



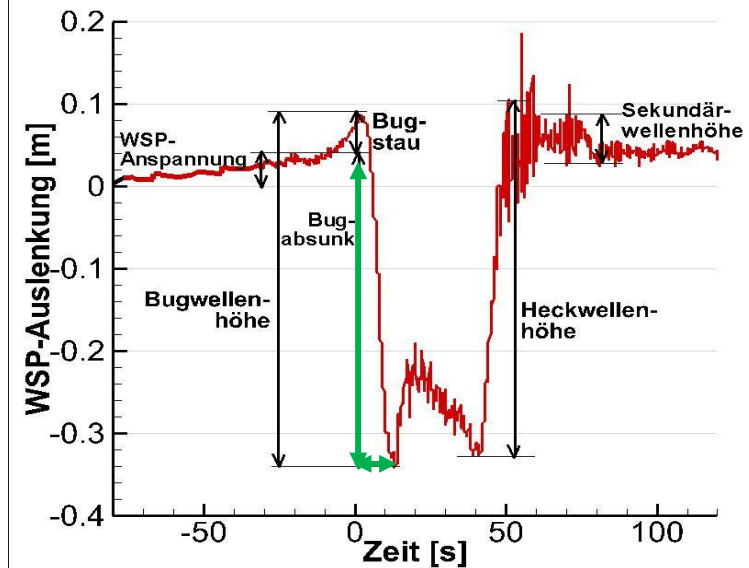
Schiffsinduzierte Strömungen und Wellen

Schneller Wasserspiegelabsenk

- Schiffe verdrängen Wasser und erzeugen Strömungen und Wellen, die im Bereich v_{krit} stark ansteigen



Entscheidend sind die Größe des Absunkes und die Absenkzeit!



Destabilisierung des Ufers durch Porenwasserüberdruck



Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

Technisch-biologische Ufersicherungen an großen und schiffbaren Gewässern – Hydraulische Uferbelastungen
· W4 · Bernhard Söhngen · 19. 11. 2013

Schiffsinduzierte Strömungen und Wellen

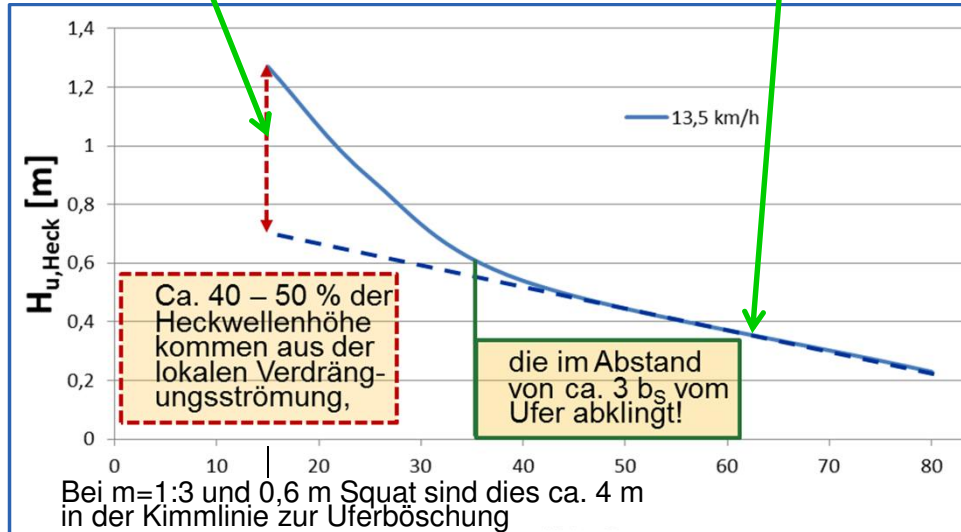
Bei rund $3 \cdot b_s$ Abstand zum Ufer halbiert sich in etwa die Wellenhöhe!

- Schiffe verdrängen Wasser und erzeugen Strömungen und Wellen, die im Bereich v_{krit} stark ansteigen

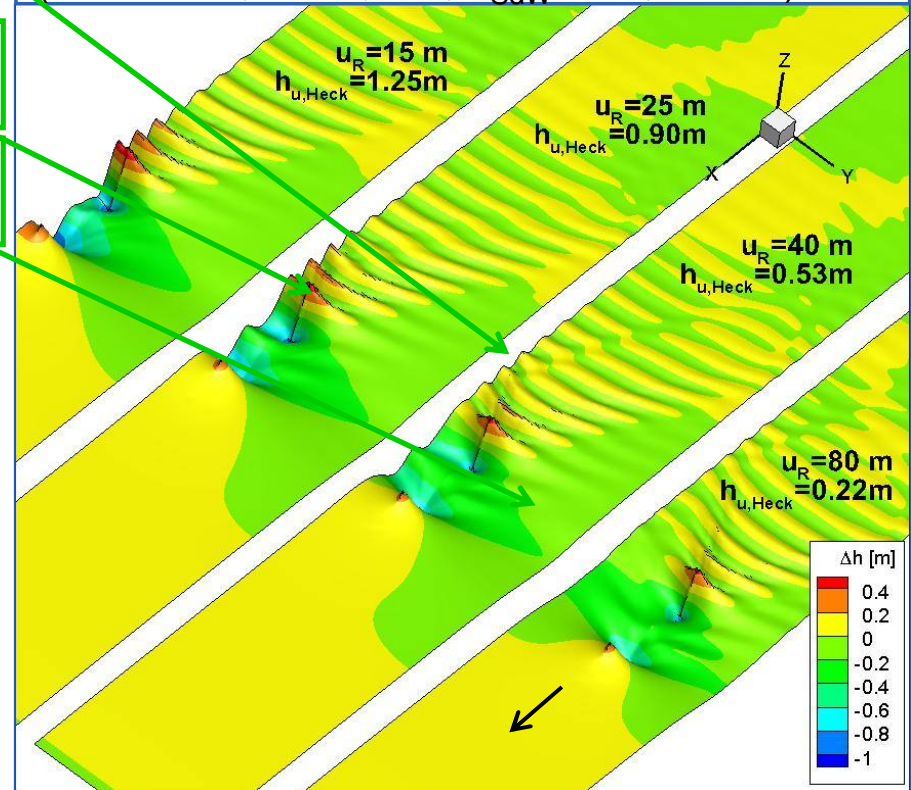
Sekundärwellenfeld (Bug, Heck)
– seitliche Ausdehnung bis ∞ , aber starke Abnahme

Lokale Verdrängungsströmung (Bug, Heck)
– seitliche Ausdehnung $\approx 3 b_s$

Primärwellenfeld (Absunkmulde)
– seitliche Ausdehnung $\sim l_s$



GMS ($t_s = 2,8$ m) bei Mittelrhein-äquivalenten Fahrwasserverhältnissen bei MW
($b = 170$ m, $h = 3,4$ m, $v_{SdW} = 13,5$ km/h)



Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

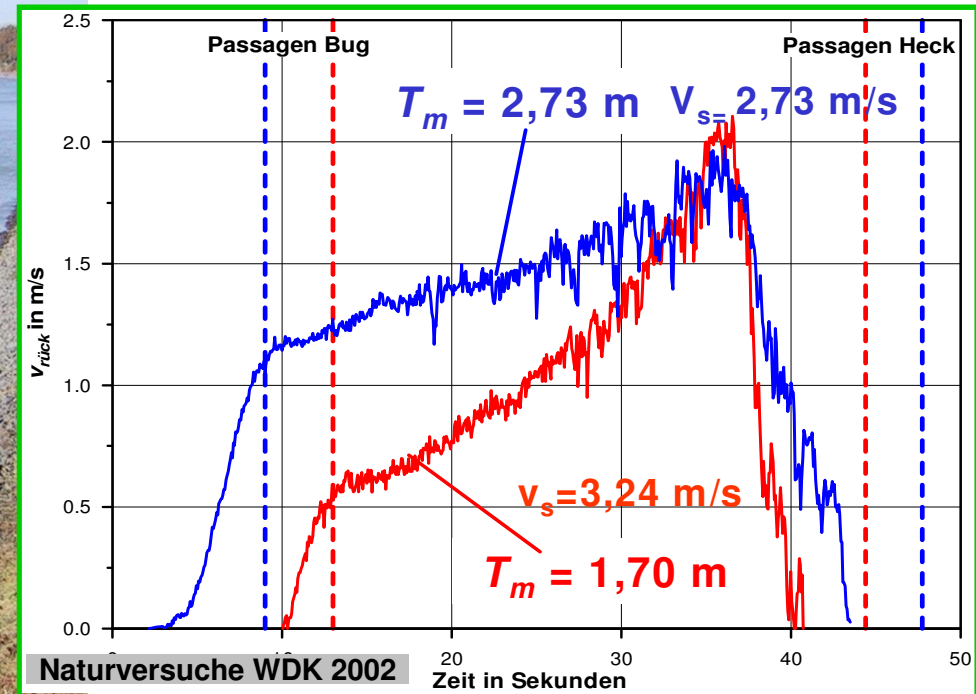
Technisch-biologische Ufersicherungen an großen und schiffbaren Gewässern – Hydraulische Uferbelastungen
· W4 · Bernhard Söhngen · 19. 11. 2013

Schiffsinduzierte Strömungen und Wellen

Wegen der dünnen Grenzschicht muss die Fließgeschwindigkeit aus natürlicher Strömung zur Überlagerung mit $v_{\text{rück}}$ „im **unmittelbaren Uferbereich**“ verwendet werden!

- Schiffe verdrängen Wasser und erzeugen Strömungen und Wellen, die im Bereich v_{krit} stark ansteigen

Auch Leerfahrer erzeugen starke $v_{\text{Rück}}$



Destabilisierung des Ufers durch starke Strömung bei dünner Grenzschicht



Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

Technisch-biologische Ufersicherungen an großen und schiffbaren Gewässern – Hydraulische Uferbelastungen
· W4 · Bernhard Söhngen · 19. 11. 2013

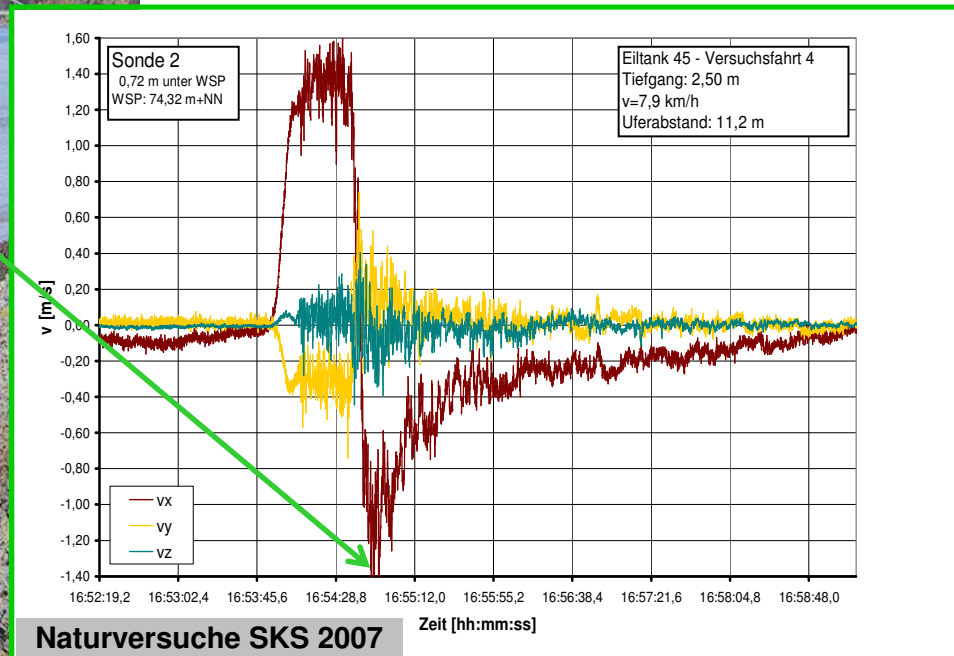
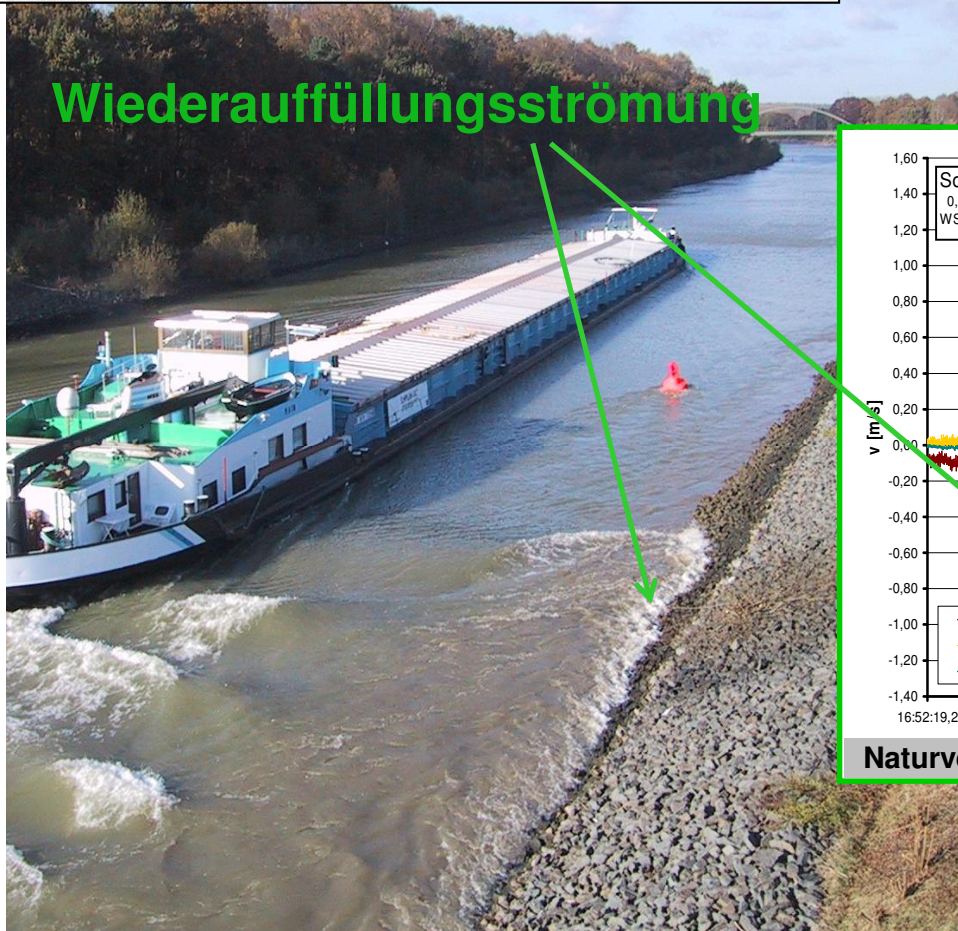
Schiffsinduzierte Strömungen und Wellen

Brechende Heckwellen sind unbedingt zu vermeiden ($u \uparrow$), insbesondere in der Talfahrt (Überlagerung mit v_{Str})!

- Schiffe verdrängen Wasser und erzeugen Strömungen und Wellen, die im Bereich v_{krit} stark ansteigen

Wenn die Welle bricht (kleines u und Nähe zu v_{krit}) entstehen die größten u_{max}

Wiederauffüllungsströmung



Destabilisierung des Ufers durch eine starke, hoch turbulente Strömung in brechenden Wellen



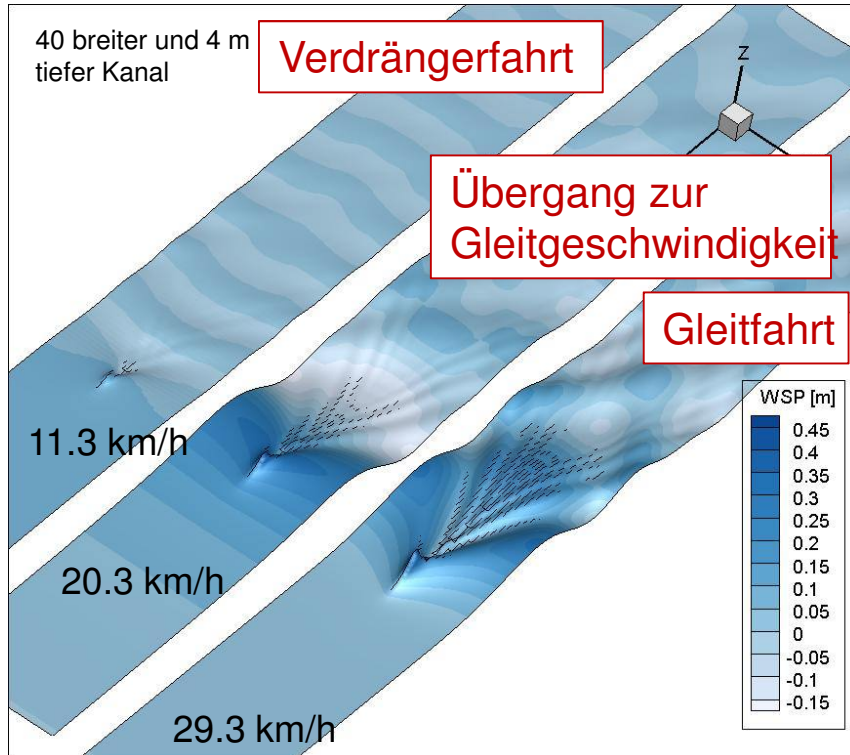
Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

Technisch-biologische Ufersicherungen an großen und schiffbaren Gewässern – Hydraulische Uferbelastungen
· W4 · Bernhard Söhngen · 19. 11. 2013

Sonderproblem Sportbootwellen

Seit 2012 sind 15 PS Motorleistung bei Sportbooten ohne Führerschein erlaubt!

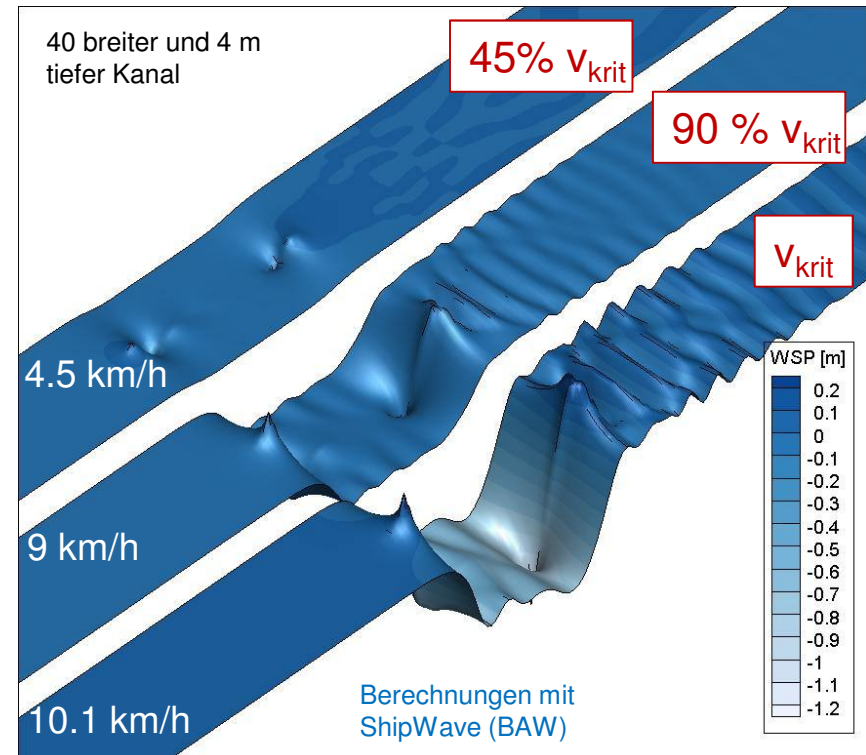
Sportboot: Länge 14m, Breite 4.1m, Tiefgang 0.8m



Wellenfeld eines Sportbootes:

- Sekundärwellenfeld dominiert
- Skalierend ist die Gleitgeschwindigkeit $v_{GL}=f(l_s, g, \text{Form})$

GMS: Länge 105m, Breite 11m, Tiefgang 2.8m



Wellenfeld eines Frachtschiffes:

- Primärwellenfeld dominiert
- Skalierend ist die kritische Schiffsgeschwindigkeit $v_{krit}=f(h, n, g)$

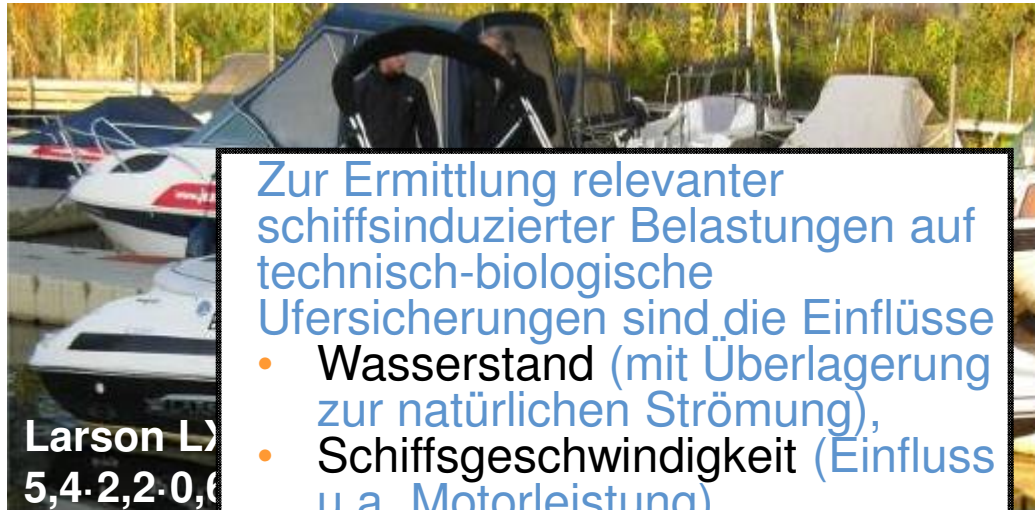


Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

Technisch-biologische Ufersicherungen an großen und schiffbaren Gewässern – Hydraulische Uferbelastungen
• W4 • Bernhard Söhngen • 19. 11. 2013

Sonderproblem Sportbootwellen

Seit 2012 sind 15 PS Motorleistung bei Sportbooten ohne Führerschein erlaubt!

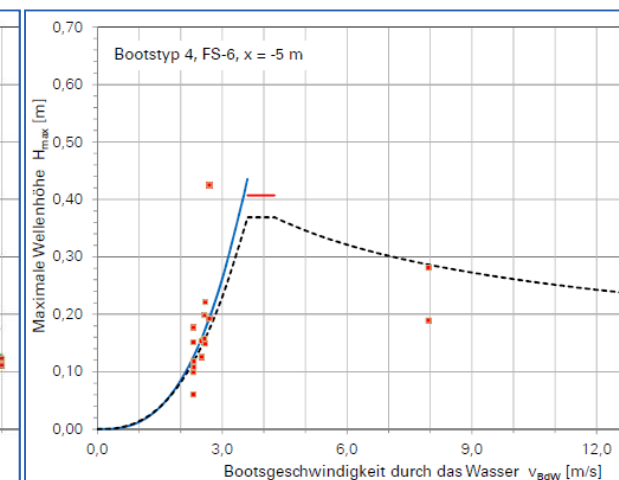
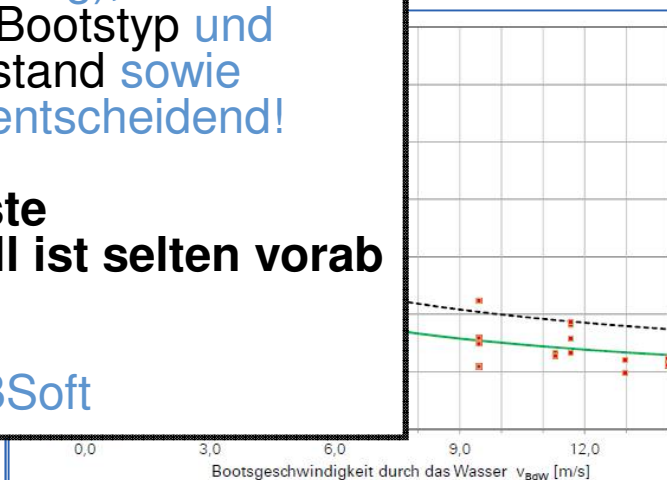
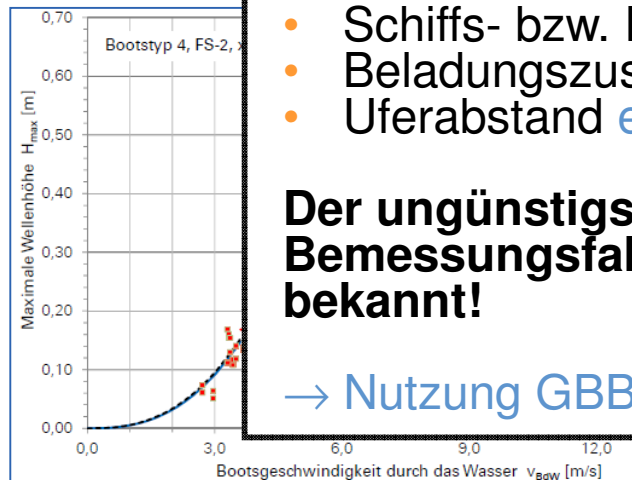


Zur Ermittlung relevanter schiffsinduzierter Belastungen auf technisch-biologische Ufersicherungen sind die Einflüsse

- Wasserstand (mit Überlagerung zur natürlichen Strömung),
- Schiffsgeschwindigkeit (Einfluss u.a. Motorleistung),
- Schiffs- bzw. Bootstyp und
- Beladungszustand sowie
- Uferabstand **entscheidend!**

Der ungünstigste Bemessungsfall ist selten vorab bekannt!

→ Nutzung GBBSoft



Wellenmessungen des IWT / Dresden mit 6 Sportbooten auf dem Wannsee

Die größten Wellenhöhen treten beim Übergang zum Gleiten auf! Der Uferabstand ist auch hier skalierend!

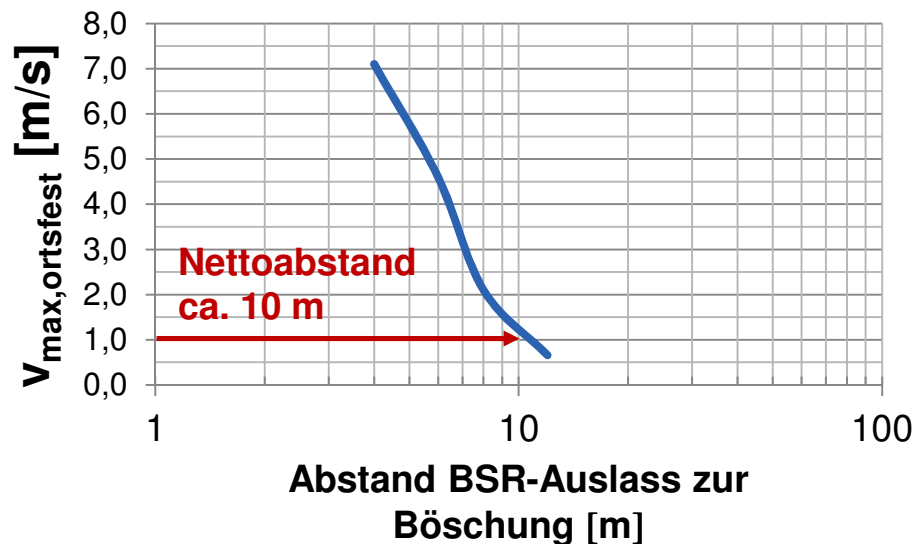


Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

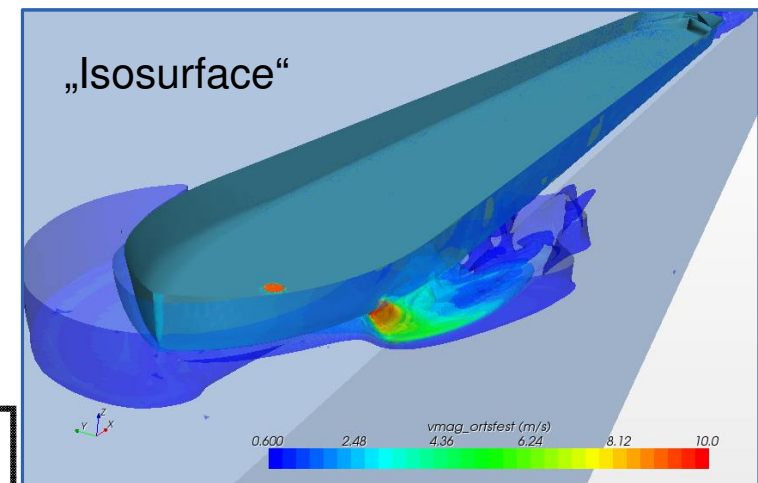
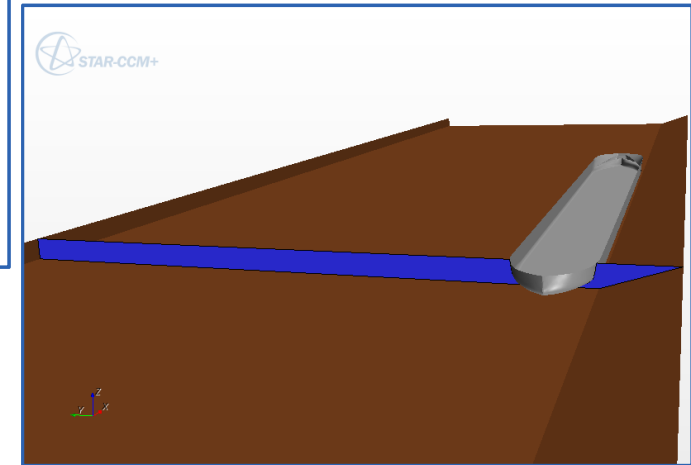
Technisch-biologische Ufersicherungen an großen und schiffbaren Gewässern – Hydraulische Uferbelastungen
• W4 • Bernhard Söhngen • 19. 11. 2013

Sonderproblem Bugstrahlruder

üGMS ($t_s = 2,8 \text{ m}$, $v_{sdW} = 9 \text{ km/h}$) bei Mittelrhein-äquivalenten Fahr-
 wasserhältnissen bei MW: $b_{WS} = 100 \text{ m}$, $h = 3,4 \text{ m}$, $ks = 0.05 \text{ m}$,
 Böschung 1:3; Bugstrahlruder: 500 kW, Öffnung: $0,8 \text{ m} \times 0,8 \text{ m}$, $v_0 = 9,4 \text{ m/s}$,
 Abstand Bugstrahlruderauslass – Böschung: 4 m, 6 m, 8 m, 12 m)
 Berechnungen mit starccm+ (RANS, $k\omega$ -Modell, Simulation 120 sec)
 Betrag der Strömungsgeschwindigkeit an Verdrängungsdicke (10 cm)



Ab etwa 10 m Uferabstand (in Kimmlinie) erzeugt
 selbst ein starkes Bugstrahlruder eines normal
 fahrenden Schiffes keine relevanten Belastungen
 mehr! Vorsicht aber in Manöverbereichen!



Bundesanstalt für Wasserbau
 Kompetenz für die Wasserstraßen

Technisch-biologische Ufersicherungen an großen und schiffbaren
 Gewässern – Hydraulische Uferbelastungen
 · W4 · Bernhard Söhngen · 19. 11. 2013

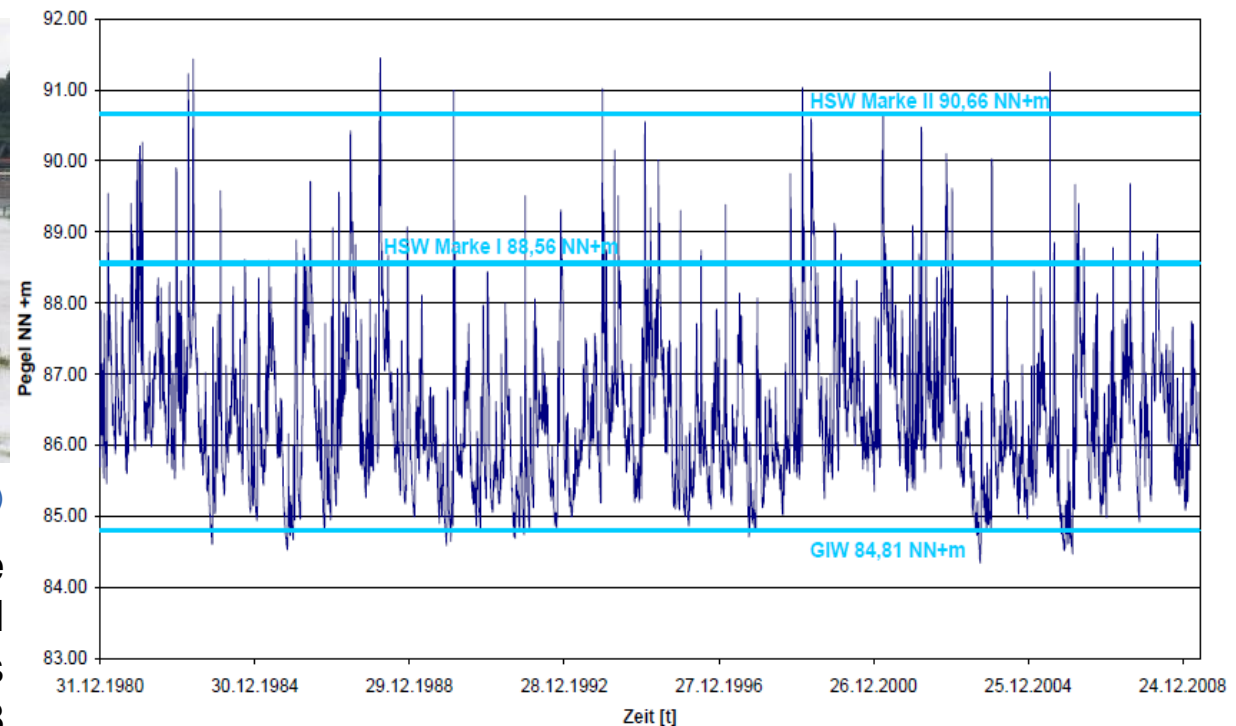
Wasserstandsänderungen

- Schwankungsbreite des Wasserstands regional sehr unterschiedlich
- Überflutungsperioden bei Anwendung von alternativen technisch-biologischen Ufersicherungen sind zu berücksichtigen



(www.abendblatt.de)

Wasserstandsganglinie
des Rheins am Pegel
Worms von 1980 bis
2008



Abflussbedingte Belastungen

Strömungsgeschwindigkeiten und Schubspannungen

- Fließgeschwindigkeiten in jedem Punkt des Querschnitts unterschiedlich
- Geschwindigkeiten schwächen sich zum Ufer und zur Sohle hin ab
- Meist nur im Hochwasserfall b
- Natürliche Strömung überlagert

Worst case: v_{Str} am Fuß der Ufersicherung zur Überlagerung mit $v_{\text{rück}}$ und u_{max}

Vorsicht: Einfluss der vorhandenen/ künftigen/ modellierten Rauheit

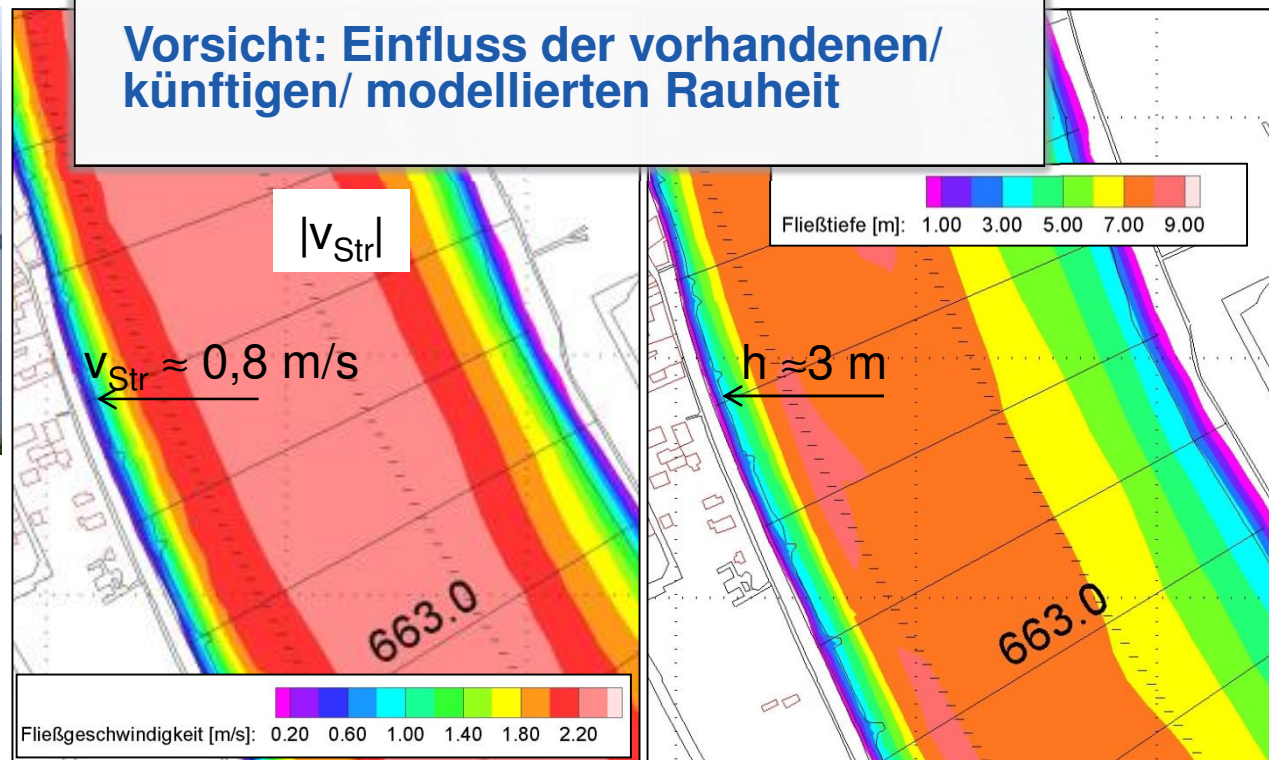


Rhein-km
663,3

Beispiel Hersel/Rhein
bei MHW

$$\Delta h_{\text{MHW-AMW}} = 3,0 \text{ m}$$

→ max $h_{\text{Ufersicherung}} \approx 3 \text{ m}$



Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

Technisch-biologische Ufersicherungen an großen und schiffbaren
Gewässern – Hydraulische Uferbelastungen
• W4 • Bernhard Söhnngen • 19. 11. 2013

GBB $\triangleq$ Grundlagen zur Bemessung von Böschungs- und Sohlensicherungen an Binnenwasserstraßen



 **BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU**
Karlsruhe • Hamburg • Ilmenau

MITTEILUNGEN



Nr. 87 Mai 2004

Mitteilungsblatt

der
Bundesanstalt für Wasserbau
Nr. 87

**Grundlagen zur Bemessung
von Böschungs- und
Sohlensicherungen
an Binnenwasserstraßen**

Englische Ausgabe 2005

Aktualisierte Ausgabe 2010

Karlsruhe • Mai • 2004

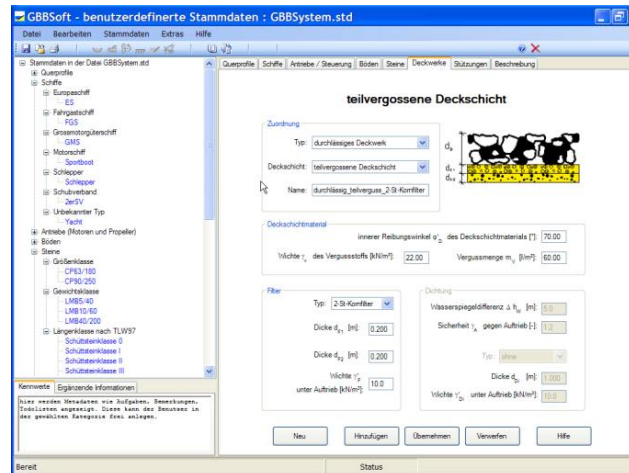
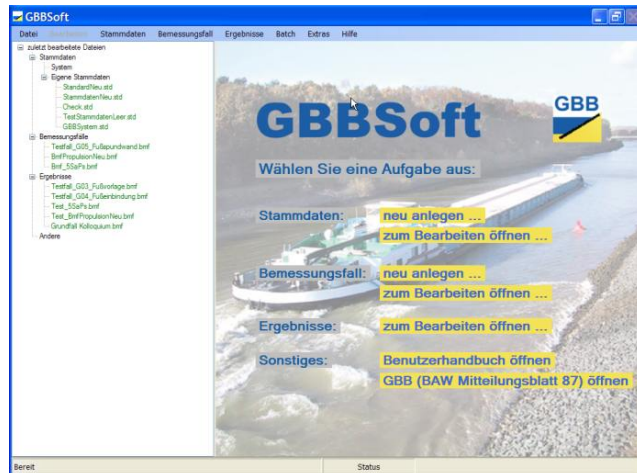
ISSN 0572-5801



Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

Technisch-biologische Ufersicherungen an großen und schiffbaren
Gewässern – Hydraulische Uferbelastungen
• W4 • Bernhard Söhngen • 19. 11. 2013

Anwendung GBBSoft



Eingangsdaten:

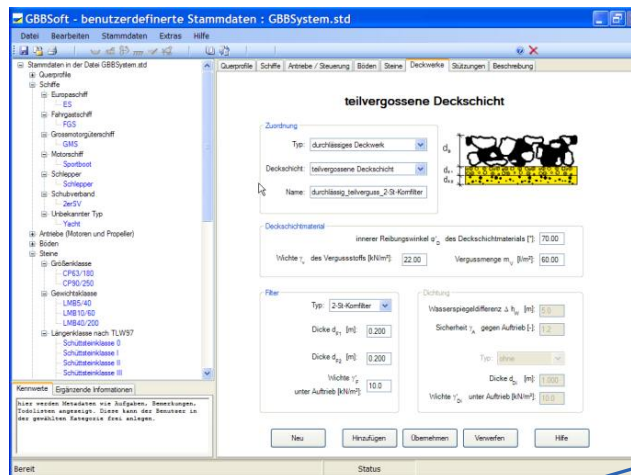
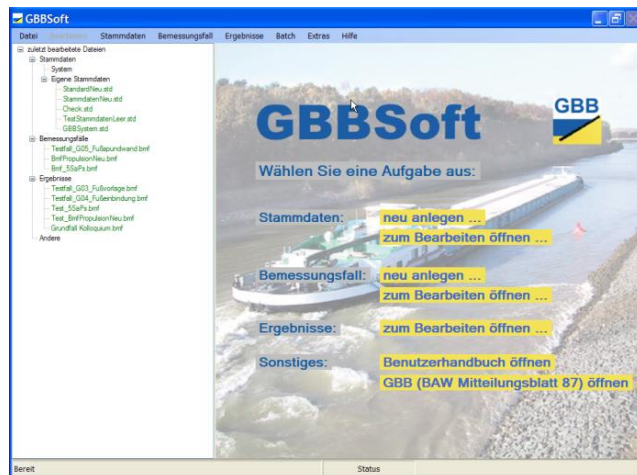
- Querprofil, Schiffsposition und Schiff
- Strömungsgeschwindigkeit an Schiff und Ufer
- Schiffsgeschwindigkeit
- Boden und Deckwerk



Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

Technisch-biologische Ufersicherungen an großen und schiffbaren Gewässern – Hydraulische Uferbelastungen
• W4 • Bernhard Söhngen • 19. 11. 2013

Anwendung GBBSoft

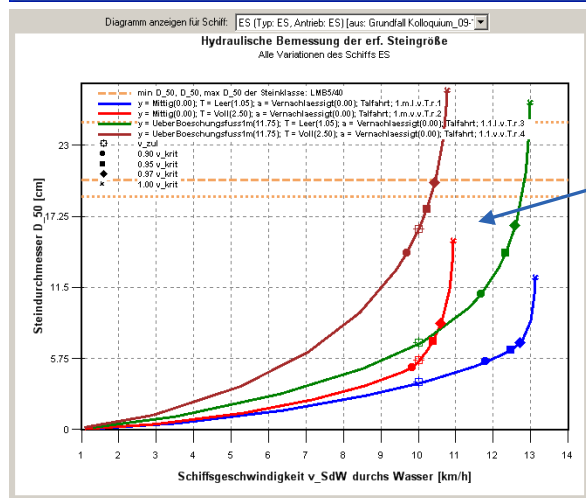


Eingangsdaten:

- Querprofil, Schiffsposition und Schiff
- Strömungsgeschwindigkeit an Schiff und Ufer
- Schiffsgeschwindigkeit
- Boden und Deckwerk

Produkte:

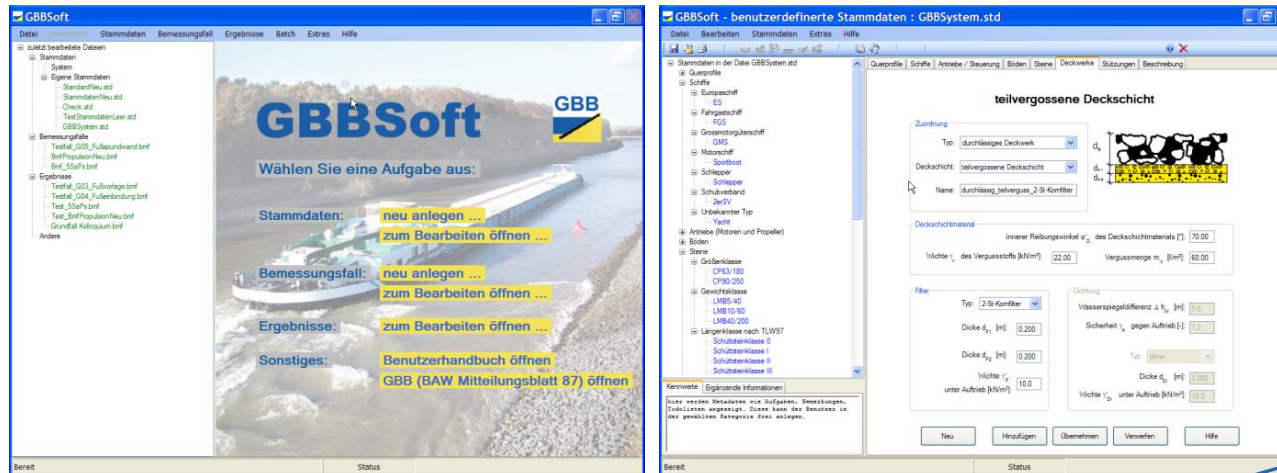
- **Hydraulische Belastungen**
- **Erforderliche Steingröße** (zum „Erosionscheck“)



Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

Technisch-biologische Ufersicherungen an großen und schiffbaren Gewässern – Hydraulische Uferbelastungen
• W4 • Bernhard Söhngen • 19. 11. 2013

Anwendung GBBSoft

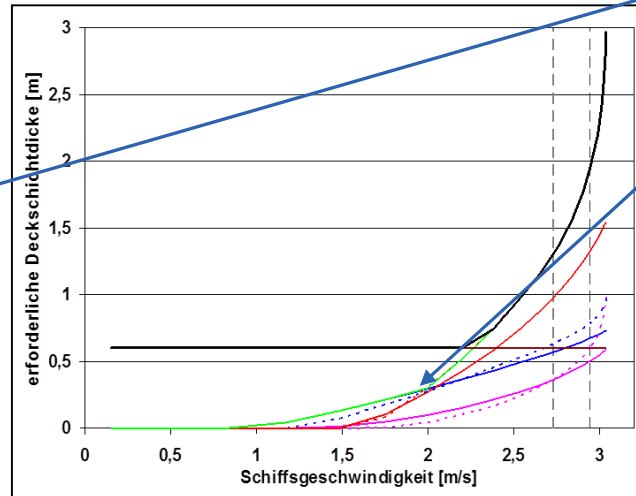
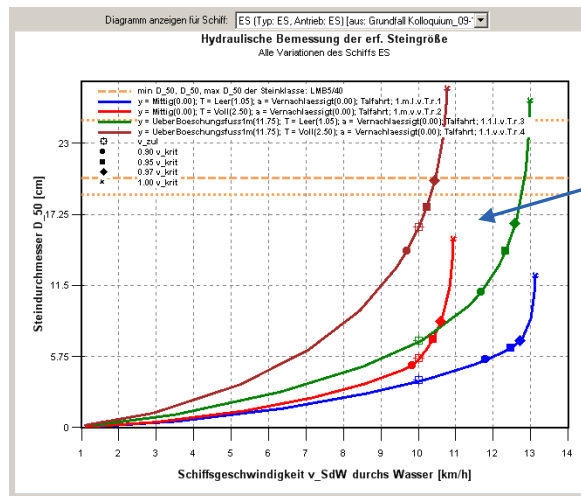


Eingangsdaten:

- Querprofil, Schiffsposition und Schiff
- Strömungsgeschwindigkeit an Schiff und Ufer
- Schiffsgeschwindigkeit
- Boden und Deckwerk

Produkte:

- **Hydraulische Belastungen**
- **Erforderliche Steingröße** (zum „Erosionscheck“)
- **Erforderliche Deckschichtdicke** (zum „Auflastcheck“)



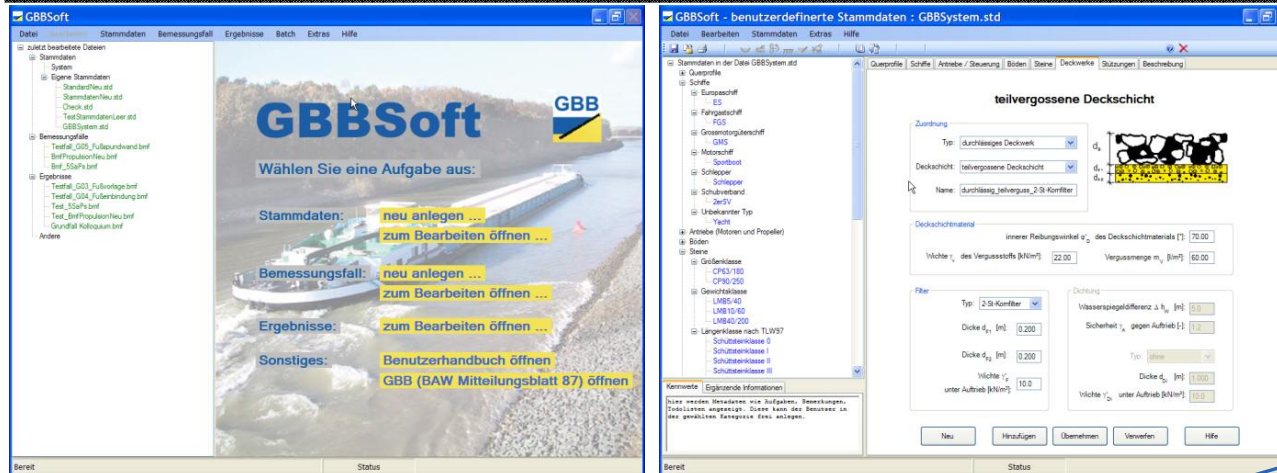
Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

Technisch-biologische Ufersicherungen an großen und schiffbaren Gewässern – Hydraulische Uferbelastungen

• W4 • Bernhard Söhngen • 19. 11. 2013

Anwendung GBBSoft

Mit GBBSoft können viele Belastungsszenarien mit begrenztem Aufwand durchgespielt werden. Wegen der i.d.R. revierspezifischen Fahrpraxis sollte man ergänzend Naturuntersuchungen durchführen!



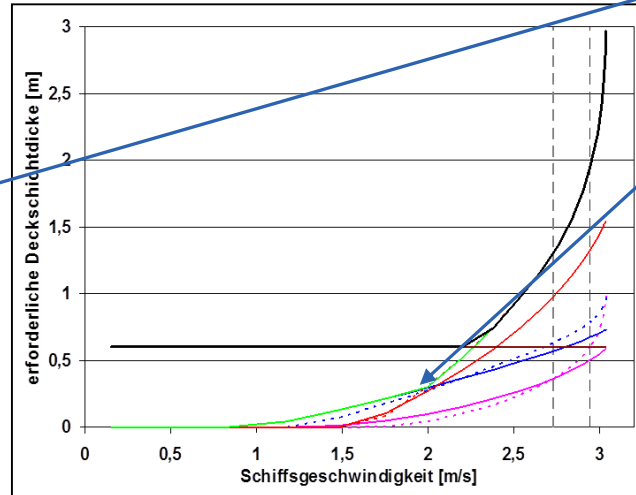
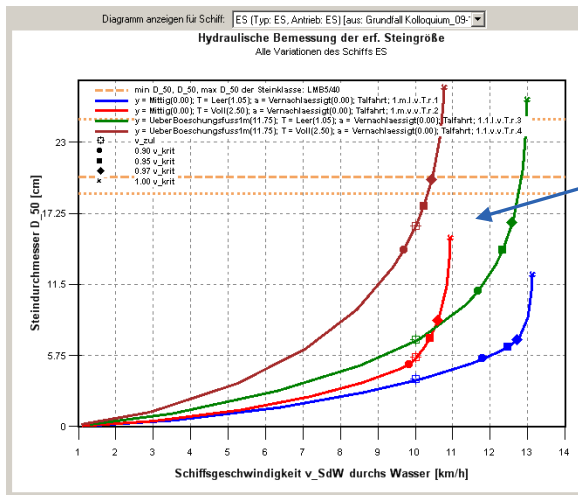
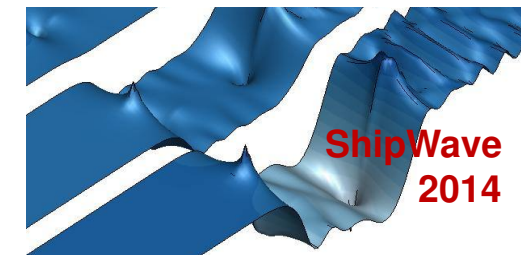
Eingangsdaten:

- Querprofil, Schiffsposition und Schiff
- Strömungsgeschwindigkeit an Schiff und Ufer
- Schiffsgeschwindigkeit
- Boden und Deckwerk

Produkte:

- **Hydraulische Belastungen**
- **Erforderliche Steingröße** (zum „Erosionscheck“)
- **Erforderliche Deckschichtdicke** (zum „Auflastcheck“)

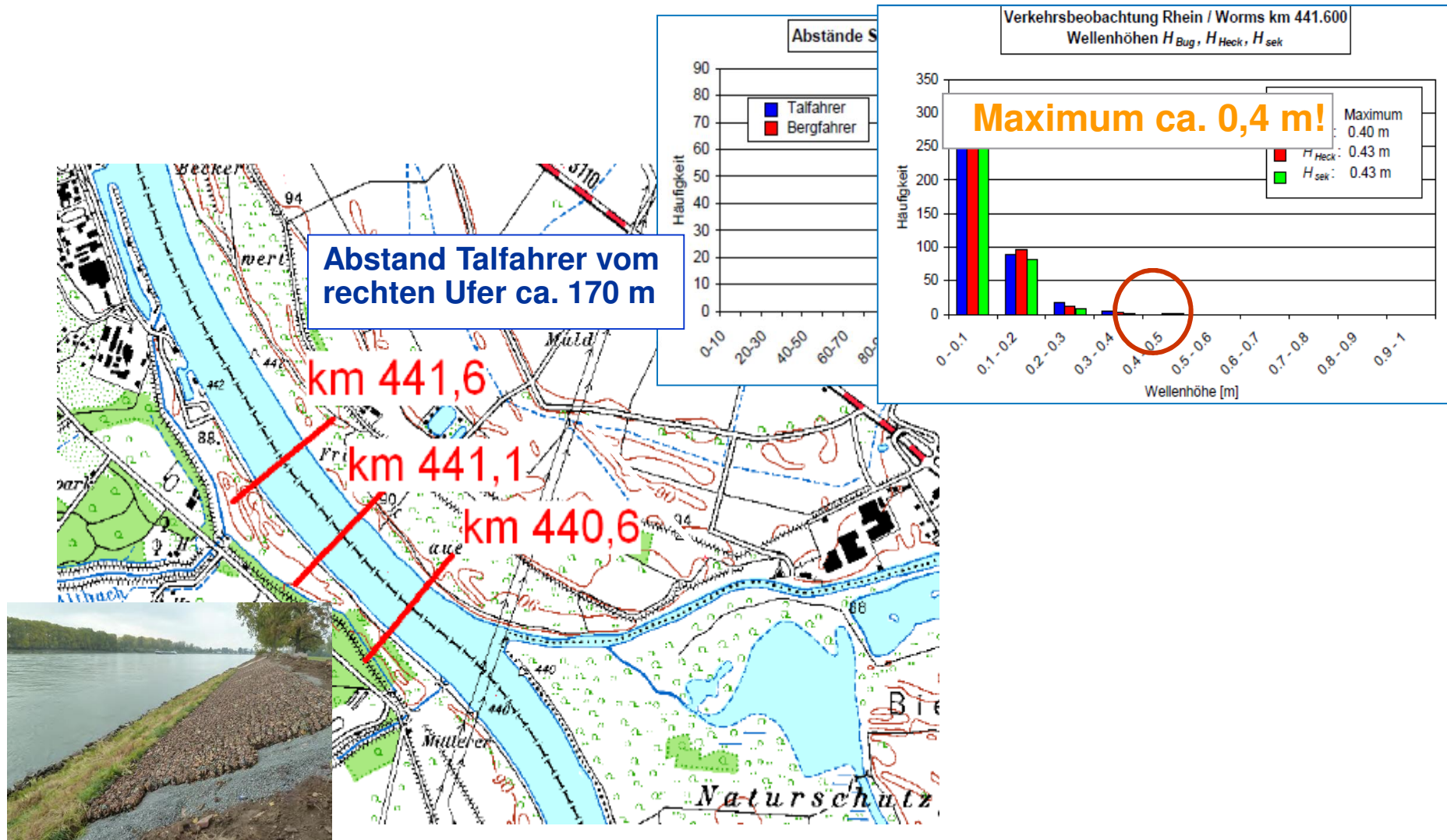
Die Software wird ständig aktualisiert!



Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

Technisch-biologische Ufersicherungen an großen und schiffbaren Gewässern – Hydraulische Uferbelastungen
• W4 • Bernhard Söhngen • 19. 11. 2013

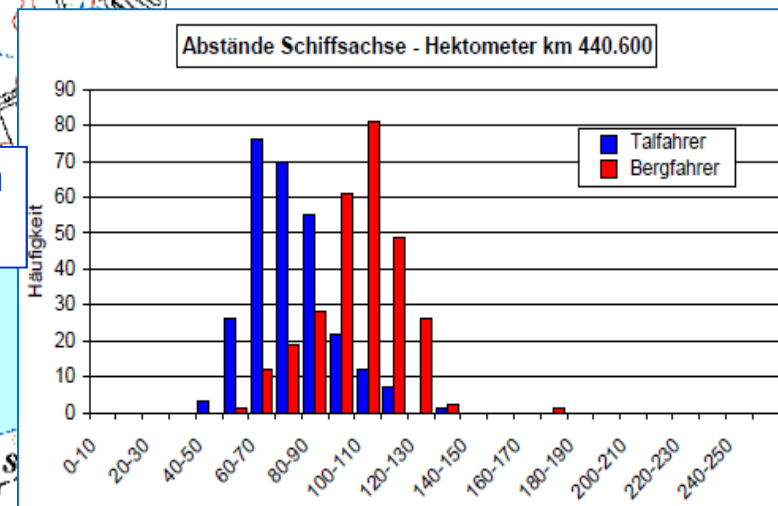
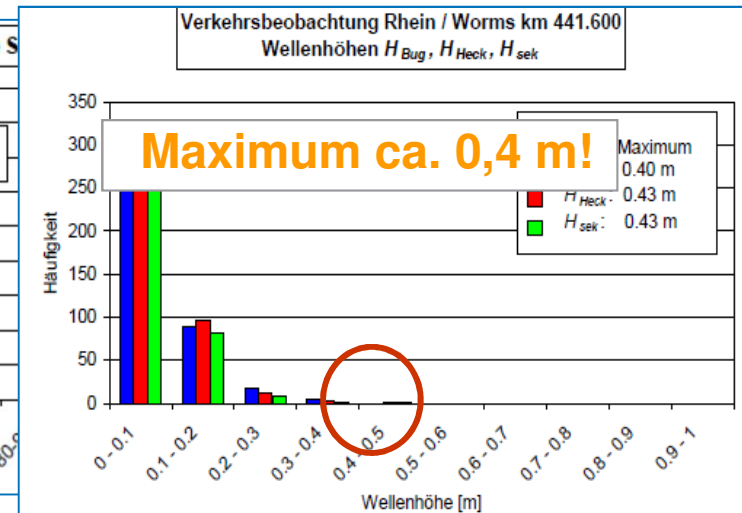
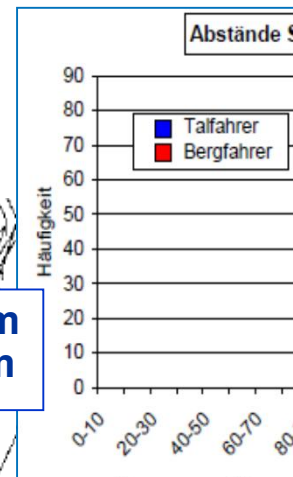
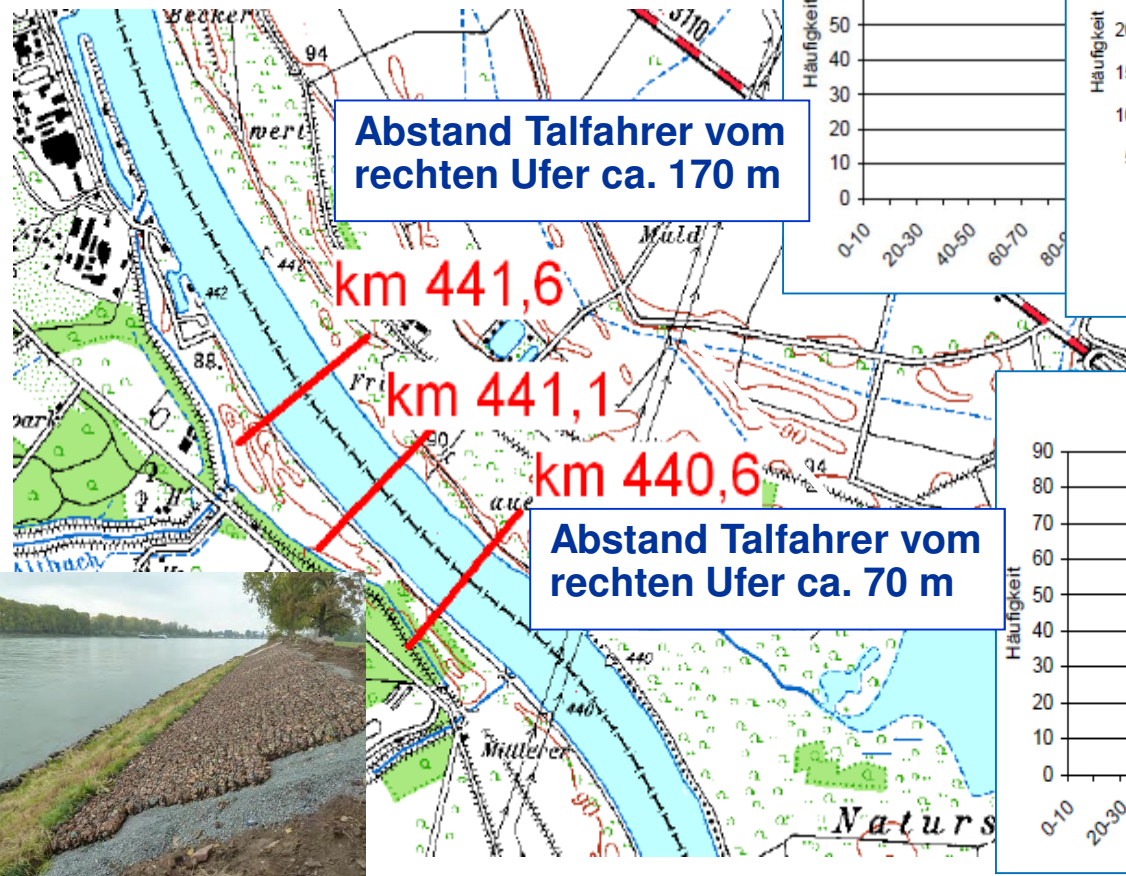
Wellenmessungen bei Worms



Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

Technisch-biologische Ufersicherungen an großen und schiffbaren
Gewässern – Hydraulische Uferbelastungen
· W4 · Bernhard Söhngen · 19. 11. 2013

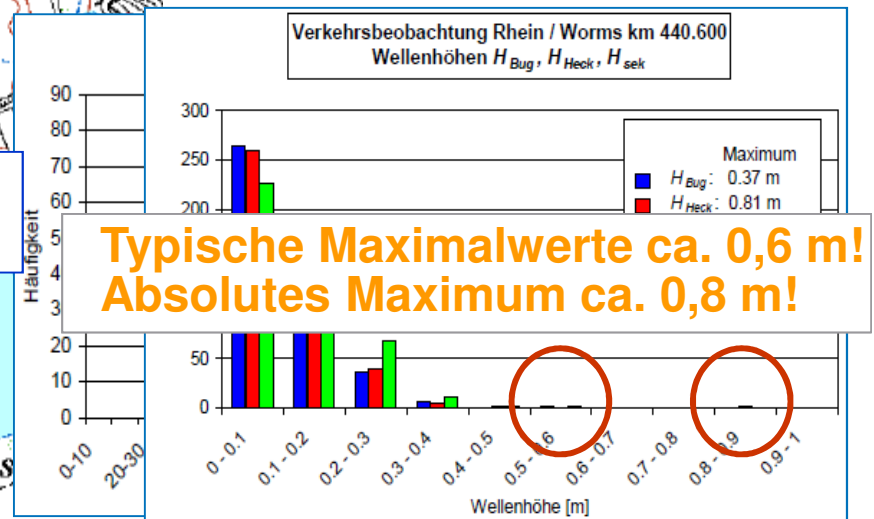
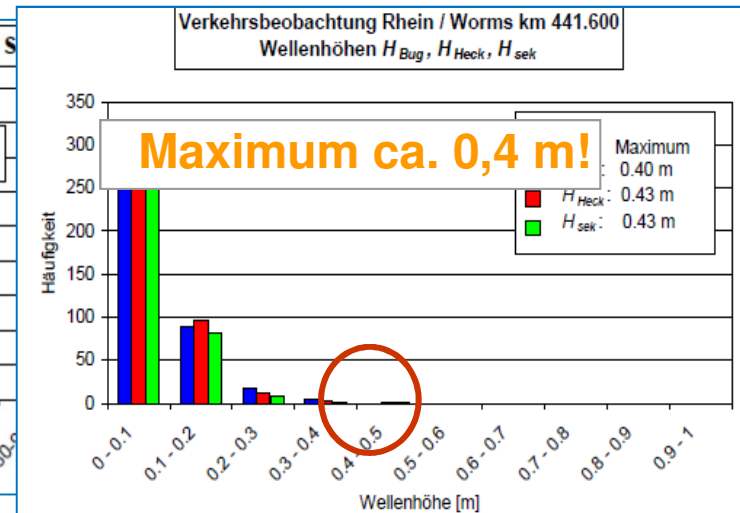
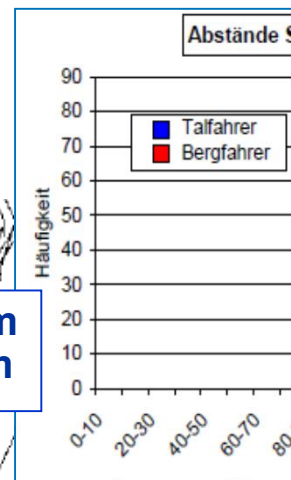
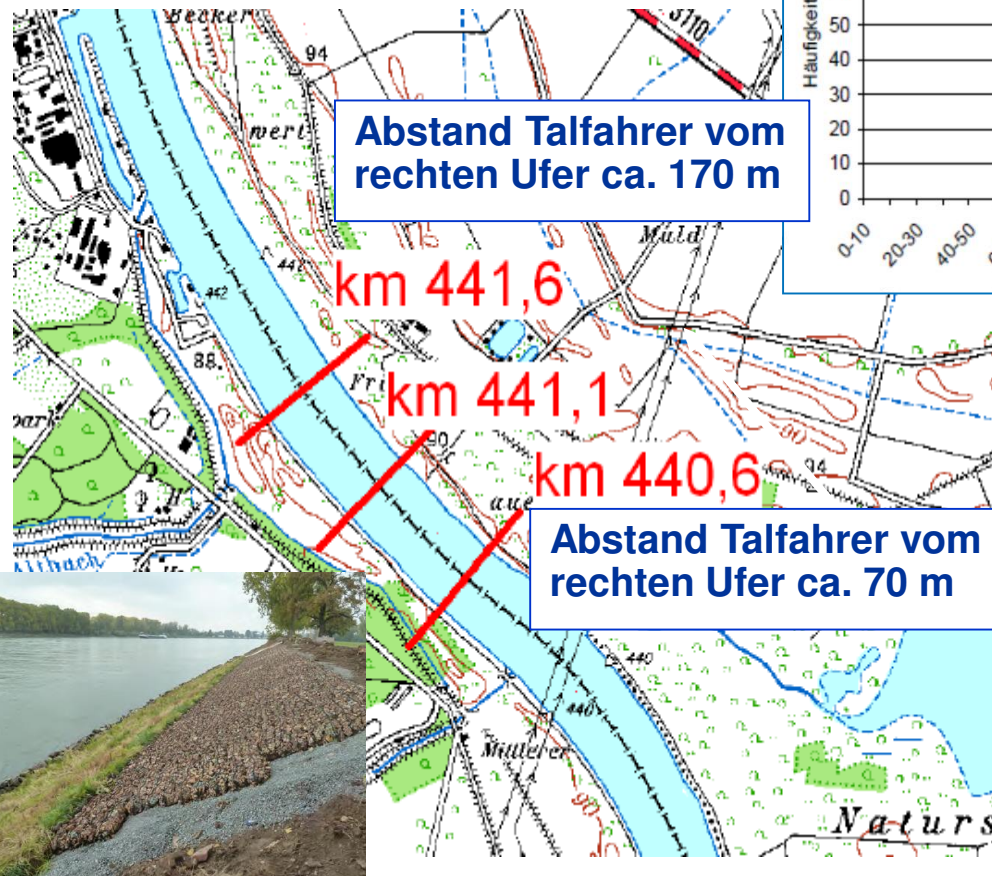
Wellenmessungen bei Worms



Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

Technisch-biologische Ufersicherungen an großen und schiffbaren Gewässern – Hydraulische Uferbelastungen
· W4 · Bernhard Söhngen · 19. 11. 2013

Wellenmessungen bei Worms



Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

Technisch-biologische Ufersicherungen an großen und schiffbaren
Gewässern – Hydraulische Uferbelastungen
· W4 · Bernhard Söhngen · 19. 11. 2013

Wellenmessungen bei Worms

GBBSOft-Berechnungen für ein Profil am oberen Rand der Versuchsstrecke (km 440,92) für verschiedene Schiffstypen, Beladungen und Fahrpositionen (auch Fahrrinnenrand – Bemessungsstandard II (90 % v_{krit} bzw. Leistung 100 % (Bergfahrt) und 42 % (Talfahrt))

MW + 1 m		
Erforderliche Deckschichtdicke [m] bei Böden B1 und (B2)	0,01 (0,16)	4erSV(P=100)/Fahrrinnenrand/leer/Berg 2erSV/Fahrrinnenrand/leer/Berg
Erforderliche Steingröße bei $\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$	0,13	2erSV/Fahrrinnenrand/leer/Berg
Heckwellenhöhe [m]	0,87	üGMS/Fahrrinnenrand/leer/Berg
Rückströmgeschwindigkeit [m/s]	0,90	2erSV/Fahrrinnenrand/leer/Berg
Widerauffüllungsgeschwindigkeit [m/s]	1,53	üGMS/Fahrrinnen-rand/leer/Tal
Hochwassermarke 1		
Erforderliche Deckschichtdicke [m] bei Böden B1 und (B2)	0 (0,07)	2erSV/Fahrrinnen-rand/voll/Tal
Erforderliche Steingröße bei $\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$	0,08	2erSV/Fahrrinnen-rand/voll/Tal
Heckwellenhöhe [m]	0,67	üGMS(P=100)/Fahrrinnenrand/voll/Berg
Rückströmgeschwindigkeit [m/s]	1,02	üGMS(P=100)/Fahrrinnenrand/voll/Berg
Widerauffüllungsgeschwindigkeit [m/s]	1,43	2erSV/Fahrrinnenrand/voll/Tal
Hochwassermarke 2 (HSW)		
Erforderliche Deckschichtdicke [m] bei Böden B1 und (B2)	0 (0,05)	2erSV/Fahrrinnenrand/voll/Tal
Erforderliche Steingröße bei $\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$	0,09	2erSV/Fahrrinnenrand/voll/Tal
Heckwellenhöhe [m]	0,66	2erSV/Fahrrinnenrand/voll/Berg
Rückströmgeschwindigkeit [m/s]	1,27	üGMS/Fahrrinnenrand/voll/Berg
Widerauffüllungsgeschwindigkeit [m/s]	1,68	2erSV/Fahrrinnenrand/voll/Tal

Schiffstypen	Länge/Breite	Tiefgang leer/voll
üGMS	135m/12m	1,6m/3,5m
2erSV	186,5m/11,40m	1,6m/3,5m
4erSV	186,5m/22,8m	1,6m/3,5m

Die größten berechneten Wellenhöhen entsprechen in etwa den Beobachtungen.

Wellenmessungen bei Worms

GBBSOft-Berechnungen für ein Profil am oberen Rand der Versuchsstrecke (km 440,92) für verschiedene Schiffstypen, Beladungen und Fahrpositionen (auch Fahrinnenrand – Bemessungsstandard II (90 % v_{krit} bzw. Leistung 100 % (Bergfahrt) und 42 % (Talfahrt)

MW + 1 m		
Erforderliche Deckschichtdicke [m] bei Böden B1 und (B2)	0,01 (0,16)	4erSV(P=100)/Fahrinnenrand/leer/Berg 2erSV/Fahrinnenrand/leer/Berg
Erforderliche Steingröße bei $\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$	0,13	2erSV/Fahrinnenrand/leer/Berg
Heckwellenhöhe [m]	0,87	üGMS/Fahrinnenrand/leer/Berg
Rückströmgeschwindigkeit [m/s]	0,90	2erSV/Fahrinnenrand/leer/Berg
Widerauffüllungsgeschwindigkeit [m/s]	1,53	üGMS/Fahrinnenrand/leer/Tal
Hochwassermarke 1		
Erforderliche Deckschichtdicke [m] bei Böden B1 und (B2)	0 (0,07)	2erSV/Fahrinnenrand/voll/Tal
Erforderliche Steingröße bei $\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$	0,08	2erSV/Fahrinnenrand/voll/Tal
Heckwellenhöhe [m]	0,67	üGMS(P=100)/Fahrinnenrand/voll/Berg
Rückströmgeschwindigkeit [m/s]	1,02	üGMS(P=100)/Fahrinnenrand/voll/Berg
Widerauffüllungsgeschwindigkeit [m/s]	1,43	2erSV/Fahrinnenrand/voll/Tal
Hochwassermarke 2 (HSW)		
Erforderliche Deckschichtdicke [m] bei Böden B1 und (B2)	0 (0,05)	2erSV/Fahrinnenrand/voll/Tal
Erforderliche Steingröße bei $\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$	0,09	2erSV/Fahrinnenrand/voll/Tal
Heckwellenhöhe [m]	0,66	2erSV/Fahrinnenrand/voll/Berg
Rückströmgeschwindigkeit [m/s]	1,27	üGMS/Fahrinnenrand/voll/Berg
Widerauffüllungsgeschwindigkeit [m/s]	1,68	2erSV/Fahrinnenrand/voll/Tal

Schiffstypen	Länge/Breite	Tiefgang leer/voll
üGMS	135m/12m	1,6m/3,5m
2erSV	186,5m/11,40m	1,6m/3,5m
4erSV	186,5m/22,8m	1,6m/3,5m

Die größten berechneten Wellenhöhen entsprechen in etwa den Beobachtungen.

Die zugehörigen Fahr-situationen sind äußerst unterschiedlich!

Z.B. wird die max. Heckwellenhöhe bei MW + 1 m von einem leeren üGMS erzeugt, bei HSW von einem voll abgeladenen 2er-SV zu Berg!



Belastungsgrenzwerte für Standardbauweisen

- Wieso sind die angegebenen Werte kleiner als Literaturdaten

Bauweisen gemäß Steckbriefen		Belastungsgrenzen der Bauweise gegenüber Oberflächenerosion: Untergrenze – Obergrenze, Mittelwert, Neuauswertung GERSTGRASER (2000)		
		Fließgeschwindigkeit, Rückströmung, Wieder-auffüllungsströmung v [m/s]	Schub-spannung τ [N/m ²]	Höhe schiffserzeugter, überwiegend mitlaufender Wellen H [m]- i.d.R. die Heckwellenhöhe (nach GBB (2010), Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.)
1.	Vegetationswalze mit anschließender Röhrichtmatte	1,3 – 2,3, 1,9, 2,3	25 – 65, 45, 65	0,15 – 0,55, 0,30, 0,45
2.	Begrünte Böschungsschutzmatte mit Rasen	1,1 – 1,4, 1,3	10 – 40, 30	0,10 – 0,20, 0,20
3.	Begrünte ...	1,5 – 1,9, 1,6	40 – 60, 50	0,20 – 0,35, 0,25
Literaturangaben		Ufermaßnahme	Quelle	Schubspannung N/m²
				aufnehmbare Geschwindigkeit m/s
Spreitlagen		Florineth (1982) bzw. Gerstgraser (2000)	195 - 218	3,2 - 3,5
7. Begrüntes Kammerdeckwerk			2,6 - 3,2 (erster Wert LMB 5/49, 2. Wert Fischenich)	-
8. Spreitlage mit Steinschüttung als Fußsicherung			2,0 – 2,5, 2,3, 2,4	50 – 240, 120, 100
9. Begrünte Steinschüttung			2,1 – 2,6 (GBBSOft für LMB 5/40)	70 – 110, 90 (aus Vergleich mit v- und τ -Daten)
10. Nachträglich begrünte Steinschüttung			siehe oben	siehe oben

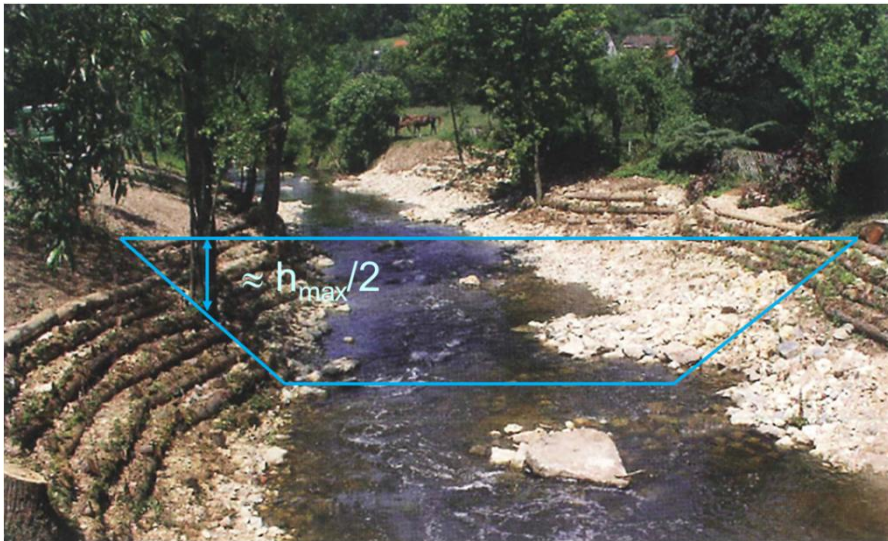
- Wie wurden die Wellenhöhen hergeleitet?



Belastungsgrenzwerte für Standardbauweisen

Abschätzung der zulässigen Belastungen – v_{Str} und τ für den Uferbereich aus Literaturangaben

- Literaturangaben sind i.d.R. **Querschnittsmittelwerte** (aus Angaben zur mittleren Wassertiefe, Gefälle sowie Abfluss)
- Im Uferbereich sind wegen den dort vorliegenden Rauheiten und Wassertiefen im Regelfall geringere Werte anzusetzen (**mittl. Wassertiefe im Uferbereich ca. $\frac{1}{2} h$**)
- Die meisten bisher ausgeführten Ufersicherungen wurden in weitgehend geraden Gewässerabschnitten mit Wassertiefen von ca. 1 – 3 m bei großem Gefälle (u.a. Gebirgsflüsse) ausgeführt. Die Sohlrauheit ist dementsprechend groß und der Rauheitsunterschied zwischen Sohle und Ufersicherung ist gering.



- Für große, schiffbare Gewässer wird $\tau_{\text{max}}/2$ angesetzt (v_{Str} ca. 63%)
- Diese Annahmen ergeben konservative zulässige Belastungen.
- Bei fehlenden Angaben für die Wellenhöhenberechnungen: $h = 2 \text{ m}$ und $k_{\text{Str}} = 20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.



Belastungsgrenzwerte für Standardbauweisen

Abschätzung der zulässigen Belastungen – Wellenhöhe

- Mangels verfügbarer Erfahrungswerte wurden die zulässigen Schiffswellenhöhen aus Literaturangaben zu Grenzwerten der Strömungsgeschwindigkeiten und Schubspannungen in Fließgewässern ohne Schifffahrt errechnet.
- Annahme: Ähnliche Erosionsmechanismen bei der Strömungs- und Wellenbeanspruchung von alternativen Ufersicherungen und losen Steinschüttungen
- Anwendung gängiger Steingrößenbemessungsformeln für Strömungs- und Schubbeanspruchungen werden mit denen aus Schiffswellen verglichen

$$\text{erfd}_{50} = \frac{v^{2,5}}{h^{0,25} \cdot B_1^{2,5} \cdot Fr^{*1,25} \cdot g'^{1,25}} \quad g' = g \cdot \frac{\rho_s \cdot \rho}{\rho}$$

Pilarczyk, 1985: $Fr^* = 0,06$
(Bewegungsbeginn), $B_1 = 6,5$
(Grenze „Normale Turbulenz“)

$$\text{erfd}_{50} = 0,5 c_{B\ddot{O}} \frac{v^2}{g'} \quad c_{B\ddot{O}} = \frac{1}{K} \quad K = \cos \beta \sqrt{1 - \frac{\tan^2 \beta}{\tan^2 \varphi'_h}}$$

GBB, 2004 für
Wiederauffüllungsströmung

Beispiel „H aus v“

Alternative Formeln zur
Bemessung gegen
Strömungsbelastrungen

Belastungsgrenzwerte für Standardbauweisen

$$\text{erfd}_{50} = \frac{H \cdot c_{B\ddot{O}}}{B_B^* \cdot \frac{\rho_s - \rho}{\rho}}$$

Vergleich mit GBB-Formel zur Bemessung gegen Wellenbelastung

GBB, 2004 für mitlaufende schiffs-
erzeugte Wellen: $C_{B\ddot{O}} \approx 1,1$, $B_B^* = 3$
(begrenzte Unterhaltung)

**Gleichsetzen von erf. d_{50} liefert 2
alternative Umrechnungsformeln
„H aus v“:**

$$H \approx \frac{v^{2,5}}{h^{0,25} \cdot g^{1,25}} \cdot 0,75$$

$$H \approx 1,5 \frac{v^2}{g}$$

- Die Strömungsgeschwindigkeit in brechenden Wellen wurde in Anlehnung an eine Formel von Söhngen et al. (2010) für die Wiederauffüllungsströmung errechnet.
- Weiterhin wurde eine Formel zur Abschätzung von τ in einem Rollbrecher aus einer Impulsbetrachtung abgeleitet, um τ und H direkt zu verknüpfen.
- Die Ergebnisse aus den verschiedenen Ansätzen wurden anschließend gemittelt



Belastungsgrenzwerte für Standardbauweisen

Neuinterpretation der Naturversuche im Wienfluss mit künstlichen Flutungen (Gerstgraser, 2000) – Beispiel Weidenspreitlage,

BOKU
W I E N
DISSERTATIONEN
DER UNIVERSITÄT FÜR
BODENKULTUR
52

CHRISTOPH GERSTGRASER

INGENIEURBIOLOGISCHE
BAUWEISEN AN
FLIESSGEWÄSSERN.
GRUNDLAGEN ZU BAU,
BELASTBARKEITEN
UND WIRKUNGSWEISEN

Österreichischer Kunst- und Kulturverlag
Wien



BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU
KARLSRUHE
BIBLIOTHEK



Enger Querschnitt
zwischen Spundwand
und Ufermauer



Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

Technisch-biologische Ufersicherungen an großen und schiffbaren
Gewässern – Hydraulische Uferbelastungen
· W4 · Bernhard Söhngen · 19. 11. 2013

Belastungsgrenzwerte für Standardbauweisen



Flutung bei 3 Monate alten Spreitlagen

	v_m [m/s]	v_{max} [m/s]	h [m]	R [m]	J_E [%]	τ_m [N/m ²]	τ_{max} [N/m ²]
Flutung 26.6.97	1.77	2.1-2.3	3.10	0.97	0.5	48	152
Hochwasser-bordvoll	2.2	2.8-2.9	3.95	1.20	0.5	59	193

Tabelle 28: Belastung der 3 Monate alten Weidenspreitlage während der Flutungen, mittlere Geschwindigkeiten und Sohlschubspannungen in Profil R5

Die Berechnungen für bordvollen Abfluß basieren auf der Kalibrierung der Flutung und berücksichtigen daher nicht, daß während des Hochwassers die Wehrschütze geöffnet waren, und das Wasser daher mit einer Geschwindigkeit von ca. 2,0 - 2,5 m/s ausgeflossen ist. Außerdem lag der Wasserspiegel während des maximalen Abflusses um etwa 70 cm über dem für die bordvolle Berechnung verwendeten Wasserstand von 3,95 m.

Nutzung aller verfügbaren Angaben zu

- örtlichen Wassertiefen **über** der Ufersicherung,
- der Fließgeschwindigkeit und deren Verteilung,
- der Gefälleverhältnisse,
- unter Beachtung des instationären Abflusses!

Keine interpretierten Werte!



Belastungsgrenzwerte für Standardbauweisen

Verhältnis der Fließgeschwindigkeiten zwischen „Gerinne“ und „Bewuchs“ nach Tab. 17 $\approx 0,79$

→ $v_{\text{Bewuchs}} / v_m \approx 0,88$ und $\Delta v / v_m \approx 0,24 v_m$

h_{max} war instationär 0,7 m höher als „bordvoll“ (3,95 m) → $h_{\text{max}} = 4,65$ m

v_m steigt von ca. 2,2 m/s nach Tab. 28 auf 2,44 m/s und $\Delta v \approx 0,59$ m/s

$v_{\text{Bewuchs}} \approx 2,15$ m/s

Abschätzung der Interaktionswirkung Hauptgerinne – Ufersicherung

→ Geringere Strömungsgeschwindigkeiten und Schubspannungen im Bereich der Ufersicherung als die Literaturangaben zu Querschnittsmitteln

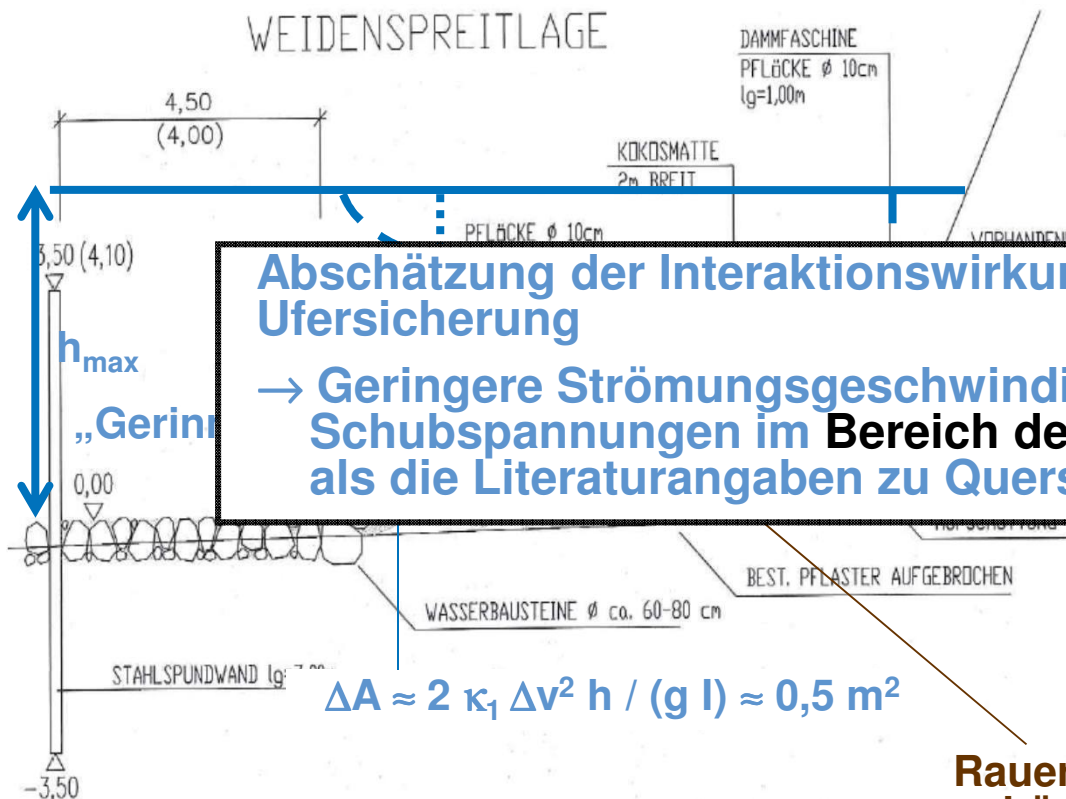
$+(4,65 - 1 - 7/3)/2 * 7$

$J_{\text{rauer Umfang}} \approx 2,55$ m

$\tau_{\text{Bewuchs}} \approx 125$ N/m²

$\Delta A \approx 2 \kappa_1 \Delta v^2 h / (g l) \approx 0,5$ m²

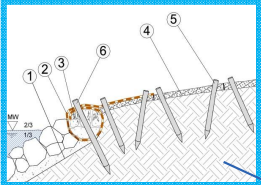
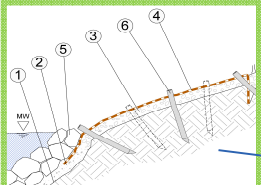
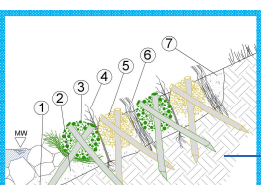
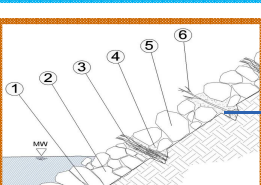
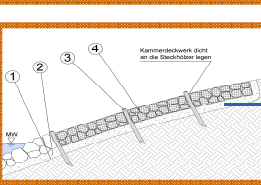
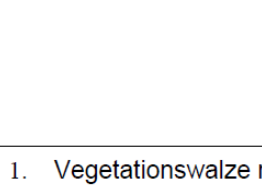
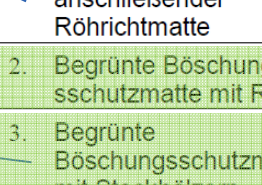
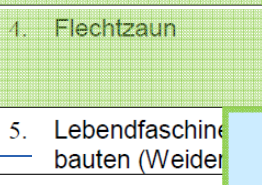
Rauer Umfangsanteil ≈ 7 m, 1:3 geböscht



Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

Technisch-biologische Ufersicherungen an großen und schiffbaren Gewässern – Hydraulische Uferbelastungen
· W4 · Bernhard Söhngen · 19. 11. 2013

Belastungsgrenzwerte für Standardbauweisen

Bauweisen gemäß Steckbriefen	Belastungsgrenzen der Bauweise gegenüber Oberflächenerosion: Untergrenze – Obergrenze, Mittelwert, Neuauswertung GERSTGRASER (2000)		
	Fließgeschwindigkeit, Rückströmung, Wieder-auffüllungsströmung v [m/s]	Schub-spannung τ [N/m ²]	Höhe schiffserzeugter, überwiegend mitlaufender Wellen H [m]- i.d.R. die Heckwellenhöhe (nach GBB (2010), Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.)
	1,3 – 2,3, 1,9, 2,3	25 – 65, 45, 65	0,15 – 0,55, 0,30, 0,45
	1,1 – 1,4, 1,3	10 – 40, 30	0,10 – 0,20, 0,20
	1,5 – 1,9, 1,6	40 – 60, 50	0,20 – 0,35, 0,25
	1,6 – 2,2, 1,9, 1,6 (1,9 ohne, 1,6 bei Kolkbildung)	15 – 60, 30, 15 (bis 60 ohne, 15 bei Kolkbildung)	0,10 – 0,50, 0,25, 0,15 (bis 0,5 ohne, 0,15 bei Kolkbildung)
			0,45, 0,45
			0,55, 0,50
			
			0,65, 0,55
			(GBBSOft für LMB 5/40)
	siehe oben	siehe oben	siehe oben

Bauweisen, die nur kleine oder mittlere Belastungen aushalten, sind an Wasserstraßen im Grunde nur bei einem zusätzlichen Wellenschutz einsetzbar – und der funktioniert nur bei geringen Wasserstandsschwankungen

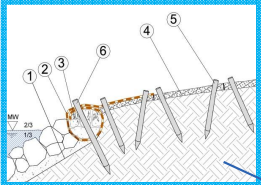
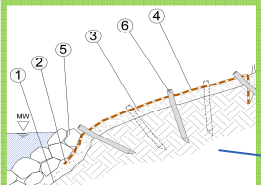
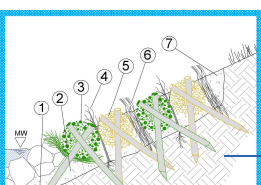
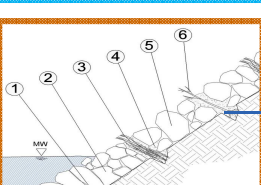
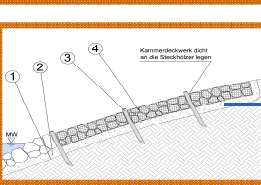
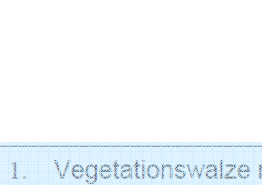
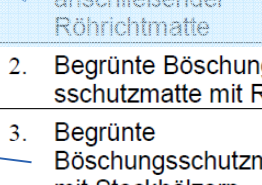
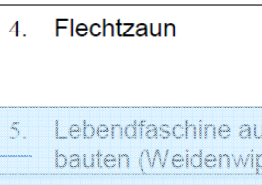
$H \leq 0,25 \text{ m}$



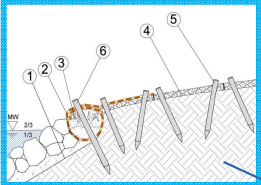
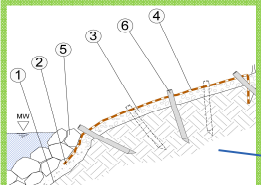
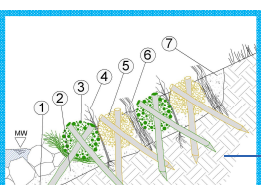
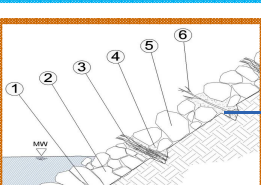
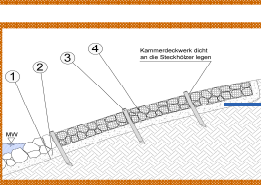
Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

Technisch-biologische Ufersicherungen an großen und schiffbaren Gewässern – Hydraulische Uferbelastungen
· W4 · Bernhard Söhngen · 19. 11. 2013

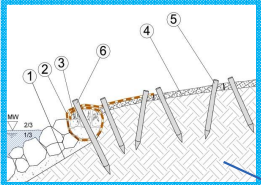
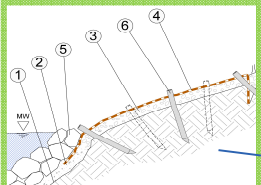
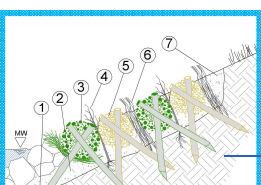
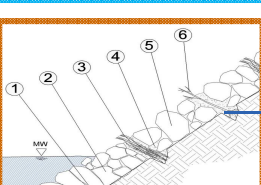
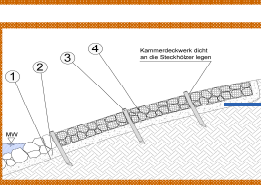
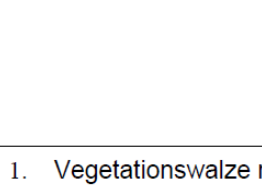
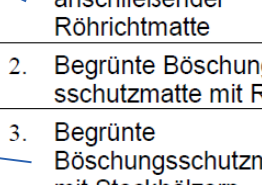
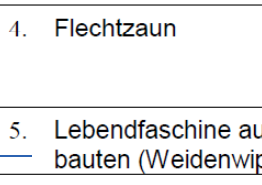
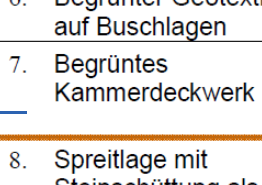
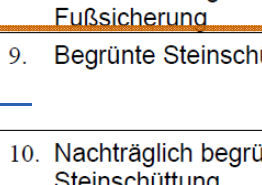
Belastungsgrenzwerte für Standardbauweisen

Bauweisen gemäß Steckbriefen	Belastungsgrenzen der Bauweise gegenüber Oberflächenerosion: Untergrenze – Obergrenze, Mittelwert, Neuauswertung GERSTGRASER (2000)		
	Fließgeschwindigkeit, Rückströmung, Wieder-auffüllungsströmung v [m/s]	Schub-spannung τ [N/m ²]	Höhe schiffserzeugter, überwiegend mitlaufender Wellen H [m]- i.d.R. die Heckwellenhöhe (nach GBB (2010), Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.)
	1,3 – 2,3, 1,9, 2,3	25 – 65, 45, 65	0,15 – 0,55, 0,30, 0,45
	1,1 – 1,4, 1,3	10 – 40, 30	0,10 – 0,20, 0,20
	Bauweisen mit größerem Erosionsschutz schon im Anfagnsstadium H = 0,25 m – 0,55 m		
			
	15 – 0,60, 0,45, 0,45		10 – 0,50, 0,25, 0,15 (bis 0,5 ohne, 0,15 bei Kolkbildung)
	4 – 0,6, >0,55, 0,50		
	2,6 – 3,2 (erster Wert LMB 5/49, 2. Wert Fischenich)	-	1,0
	2,0 – 2,5, 2,3, 2,4	50 – 240, 120, 100	0,40 – 1,1, 0,65, 0,55
	2,1 – 2,6 (GBBSOft für LMB 5/40)	70 – 110, 90 (aus Vergleich mit v- und τ -Daten)	0,9 – 1, 1,0 (GBBSOft für LMB 5/40)
	siehe oben	siehe oben	siehe oben

Belastungsgrenzwerte für Standardbauweisen

Bauweisen gemäß Steckbriefen	Belastungsgrenzen der Bauweise gegenüber Oberflächenerosion: Untergrenze – Obergrenze, Mittelwert , Neuauswertung GERSTGRASER (2000)		
	Fließgeschwindigkeit, Rückströmung, Wieder-auffüllungsströmung v [m/s]	Schub-spannung τ [N/m ²]	Höhe schiffserzeugter, überwiegend mitlaufender Wellen H [m]- i.d.R. die Heckwellenhöhe (nach GBB (2010), Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.)
	1,3 – 2,3, 1,9, 2,3	25 – 65, 45, 65	0,15 – 0,55, 0,30, 0,45
	1,1 – 1,4, 1,3	10 – 40, 30	0,10 – 0,20, 0,20
	1,5 – 1,9, 1,6	40 – 60, 50	0,20 – 0,35, 0,25
	1,6 – 2,2, 1,9, 1,6 (1,9 ohne, 1,6 bei Kolkbildung)	15 – 60, 30, 15 (bis 60 ohne, 15 bei Kolkbildung)	0,10 – 0,50, 0,25, 0,15 (bis 0,5 ohne, 0,15 bei Kolkbildung)
	1,3 – 2,5, 2,1, 2,3	50 – 120, 80, 80	0,15 – 0,60, 0,45, 0,45
	1,9 – 2,3, 2,3, 2,1	60 – 65, 65, 65	0,4 – 0,6, >0,55, 0,50
	Bauweisen mit starken technischen Komponenten $H \geq 0,55 \text{ m}$		
			0,9 – 1, 1,0 (GBBSof für LMB 5/40)
	siehe oben	siehe oben	siehe oben

Belastungsgrenzwerte für Standardbauweisen

Bauweisen gemäß Steckbriefen	Belastungsgrenzen der Bauweise gegenüber Oberflächenerosion: Untergrenze – Obergrenze, Mittelwert , Neuauswertung GERSTGRASER (2000)		
	Fließgeschwindigkeit, Rückströmung, Wieder-auffüllungsströmung v [m/s]	Schub-spannung τ [N/m ²]	Höhe schiffserzeugter, überwiegend mitlaufender Wellen H [m]- i.d.R. die Heckwellenhöhe (nach GBB (2010), Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.)
	1. Vegetationswalze mit anschließender Röhrichtmatte	1,3 – 2,3, 1,9, 2,3	25 – 65, 45, 65
	2. Begrünte Böschungsschutzmatte mit Rasen	1,1 – 1,4, 1,3	10 – 40, 30
	3. Begrünte Böschungsschutzmatte mit Stekhölzern	1,5 – 1,9, 1,6	40 – 60, 50
	4. Flechtzaun	1,6 – 2,2, 1,9, 1,6 (1,9 ohne, 1,6 bei Kolkbildung)	15 – 60, 30, 15 (bis 60 ohne, 15 bei Kolkbildung)
	5. Lebendfaschine auf Lagebauten (Weidenwippe)	1,3 – 2,5, 2,1, 2,3	50 – 120
	6. Begrünter Geotextilkörper auf Buschlagen	1,9 – 2,3, 2,3, 2,1	60 – 65
	7. Begrüntes Kammerdeckwerk	2,6 - 3,2 (erster Wert LMB 5/49, 2. Wert Fischenich)	-
	8. Spreitlage mit Steinschüttung als Fußsicherung	2,0 – 2,5, 2,3, 2,4	50 – 240, 120, 100
	9. Begrünte Steinschüttung	2,1 – 2,6 (GBBSOft für LMB 5/40)	70 – 110, 90 (aus Vergleich mit v- und τ -Daten)
	10. Nachträglich begrünte Steinschüttung	siehe oben	siehe oben
			
			
			
			

Nur eine Bauweise ohne zusätzliches Flächengewicht hält große Wellenbelastungen aus: die Spreitlage

Belastungsgrenzwerte für Standardbauweisen

Versuchsstrecke
Worms (unterstes Versuchsfeld) im
Juni 2013 bei HW

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

Technisch-biologische Ufersicherungen an großen und schiffbaren
Gewässern – Hydraulische Uferbelastungen
· W4 · Bernhard Söhngen · 19. 11. 2013