



Technisch-biologische Ufersicherungen - Umweltfreundliche Alternativen zum Schüttsteindeckwerk an Binnenwasserstraßen

Petra Fleischer

Bundesanstalt für Wasserbau Karlsruhe, Referat Erdbau und Uferschutz

- 
- Veranlassung
 - Technische Anforderungen
 - Untersuchungen
 - Dimensionierungskonzepte
 - Fazit und Ausblick



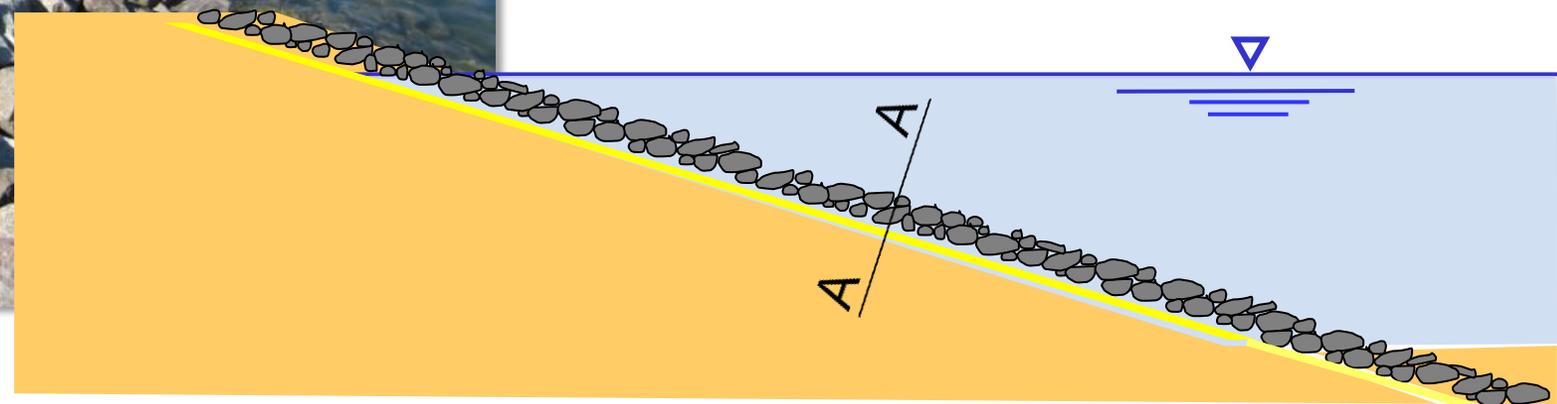
7.300 km Binnenwasserstraßen

Schnitt A-A

Lose Wasserbausteine
Schichtdicke: 60 - 80 cm

Filter

Boden



Ziel: Stabile Ufer!



Bundesministerium
für Verkehr und
digitale Infrastruktur

Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit

Bundesprogramm
**Blaues Band
Deutschland**

Bundesprogramm Blaues Band Deutschland

Eine Zukunftsperspektive für die Wasserstraßen
– beschlossen vom Bundeskabinett am 1. Februar 2017

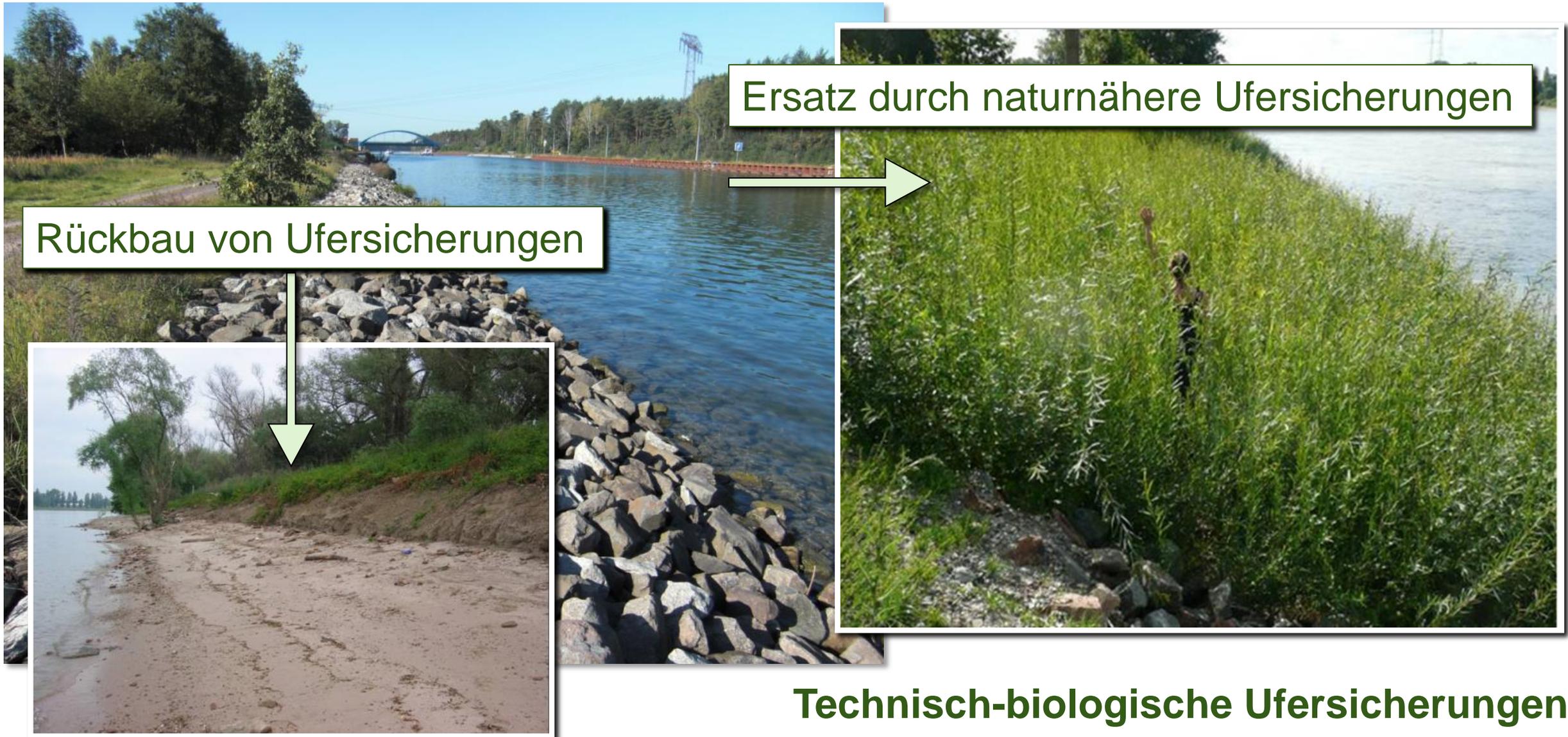
Renaturierung der ca. 2.800 km Nebenwasserstraßen

Ökologische „Trittsteine“ im vielbefahrenen Hauptnetz

- Durchgängigkeit
- Altarmverbindungen
- Rückbau/ Umbau von technischen Strukturen

- ...

Umgestaltung der Ufer



1. Uferschutzmaßnahmen nur mit Pflanzen



2. Kombination aus Pflanzen und technischen Komponenten

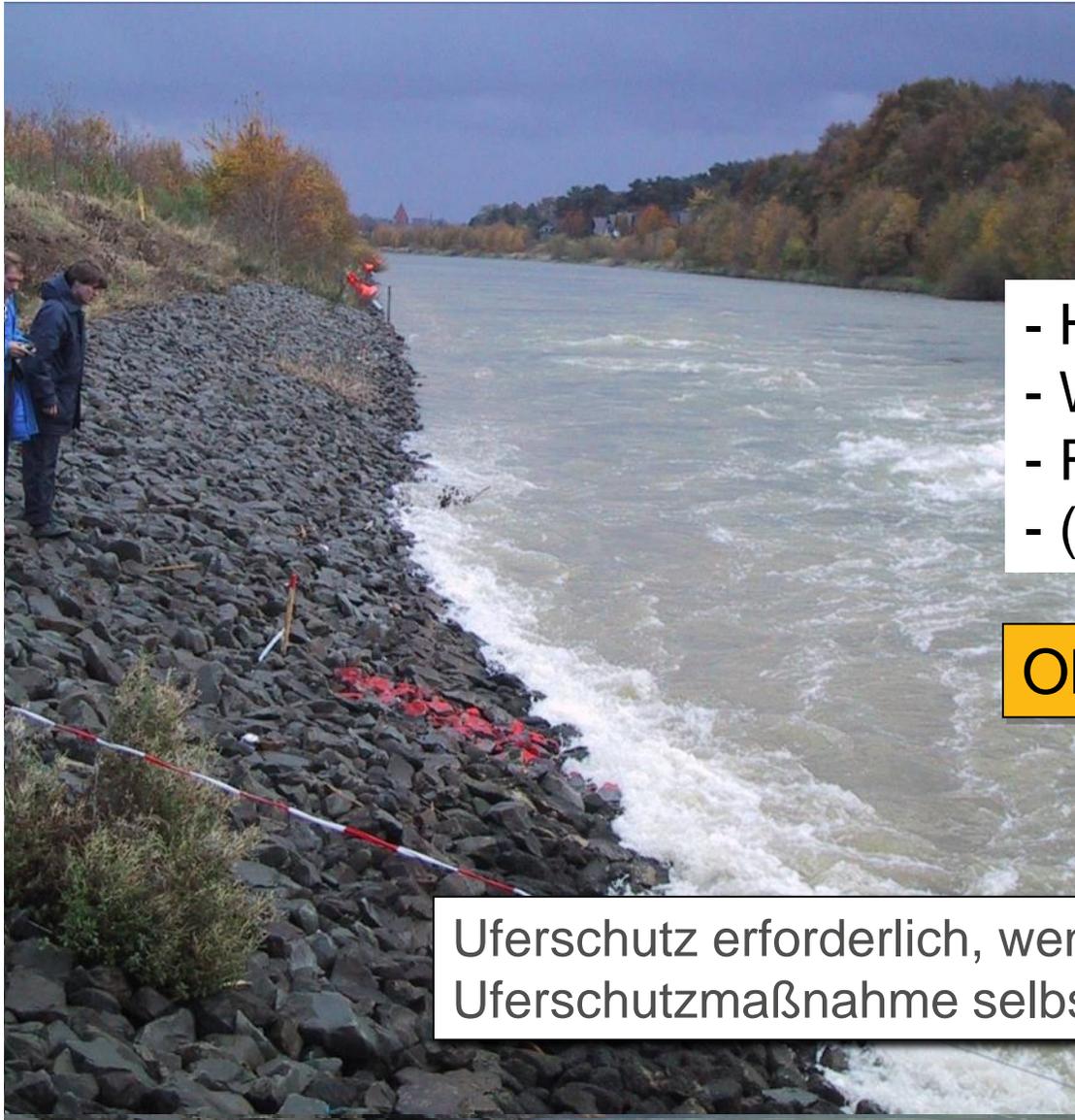


Pflanzen als lebende Baustoffe!



- Bemessung
- Einbau
- Langzeitstabilität
- Kosten
- Unterhaltung
- Ökologie





Schiffsinduzierte Belastungen

- Heckwelle
- Wiederauffüllungsströmung
- Rückströmung
- (natürliche Strömung)

Oberflächenerosion

Uferschutz erforderlich, wenn anstehender Boden nicht erosionsstabil!
Uferschutzmaßnahme selbst muss erosionsstabil sein!



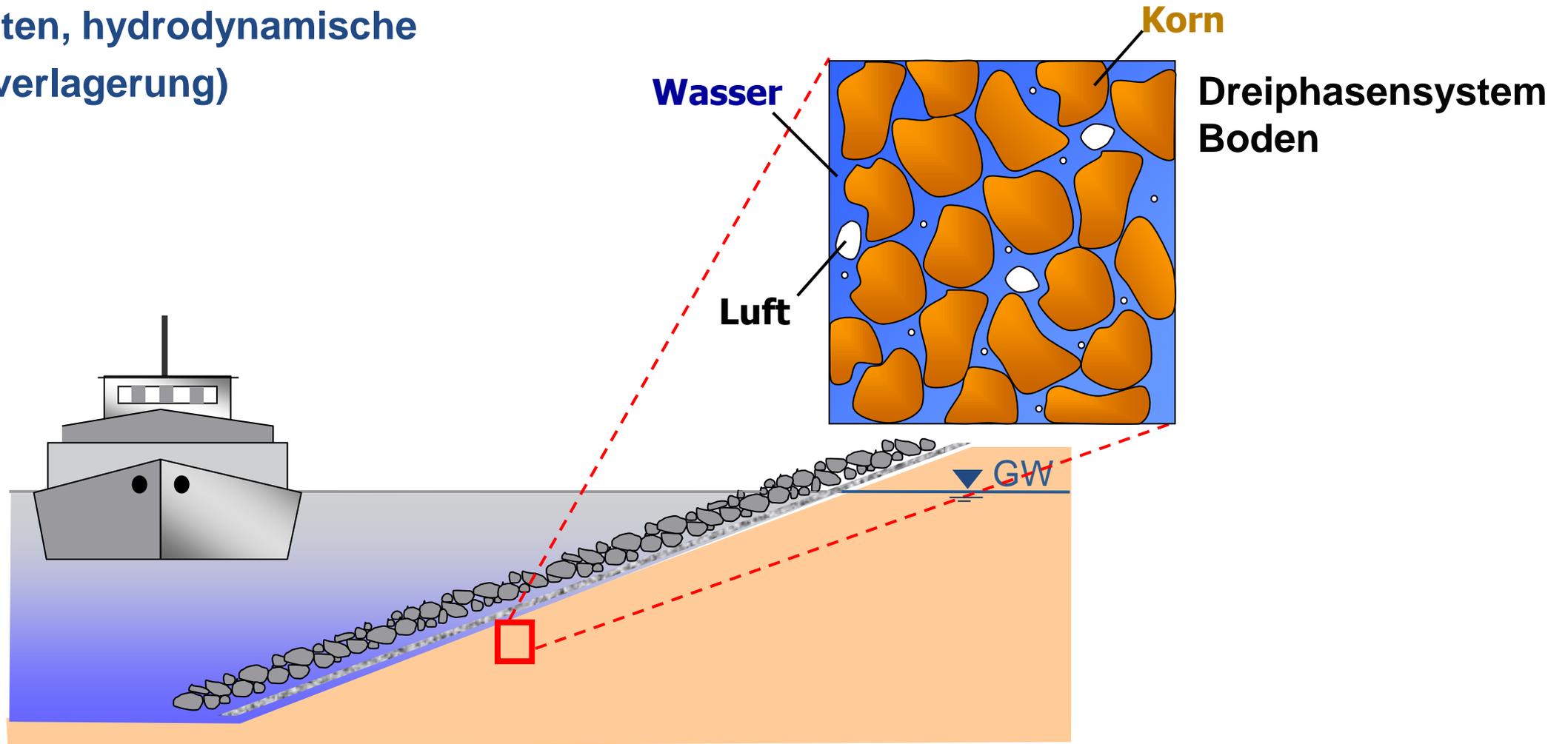
Schiffsinduzierte Belastungen

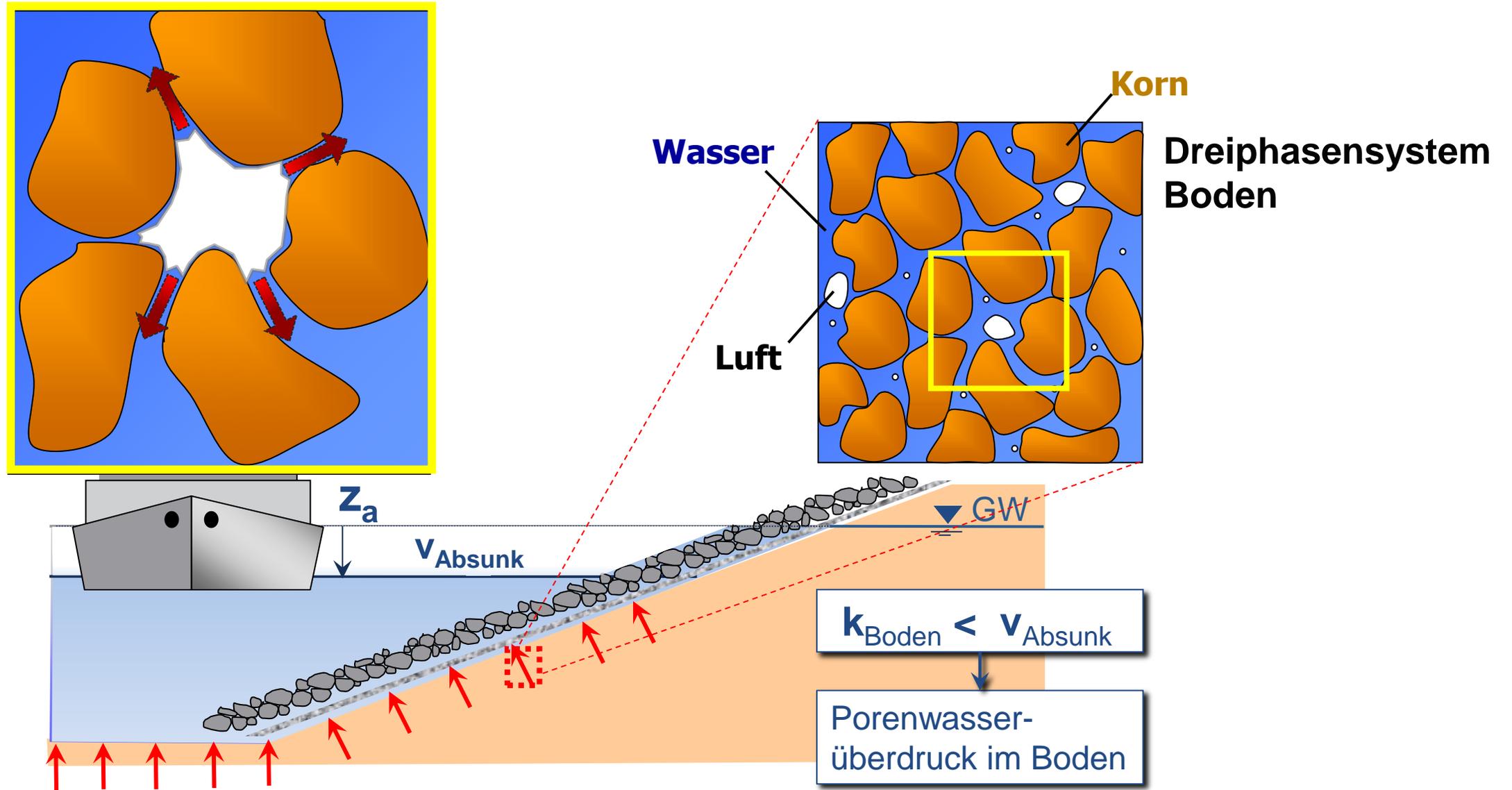
Wasserspiegelabsenk
(Porenwasserüberdruck)

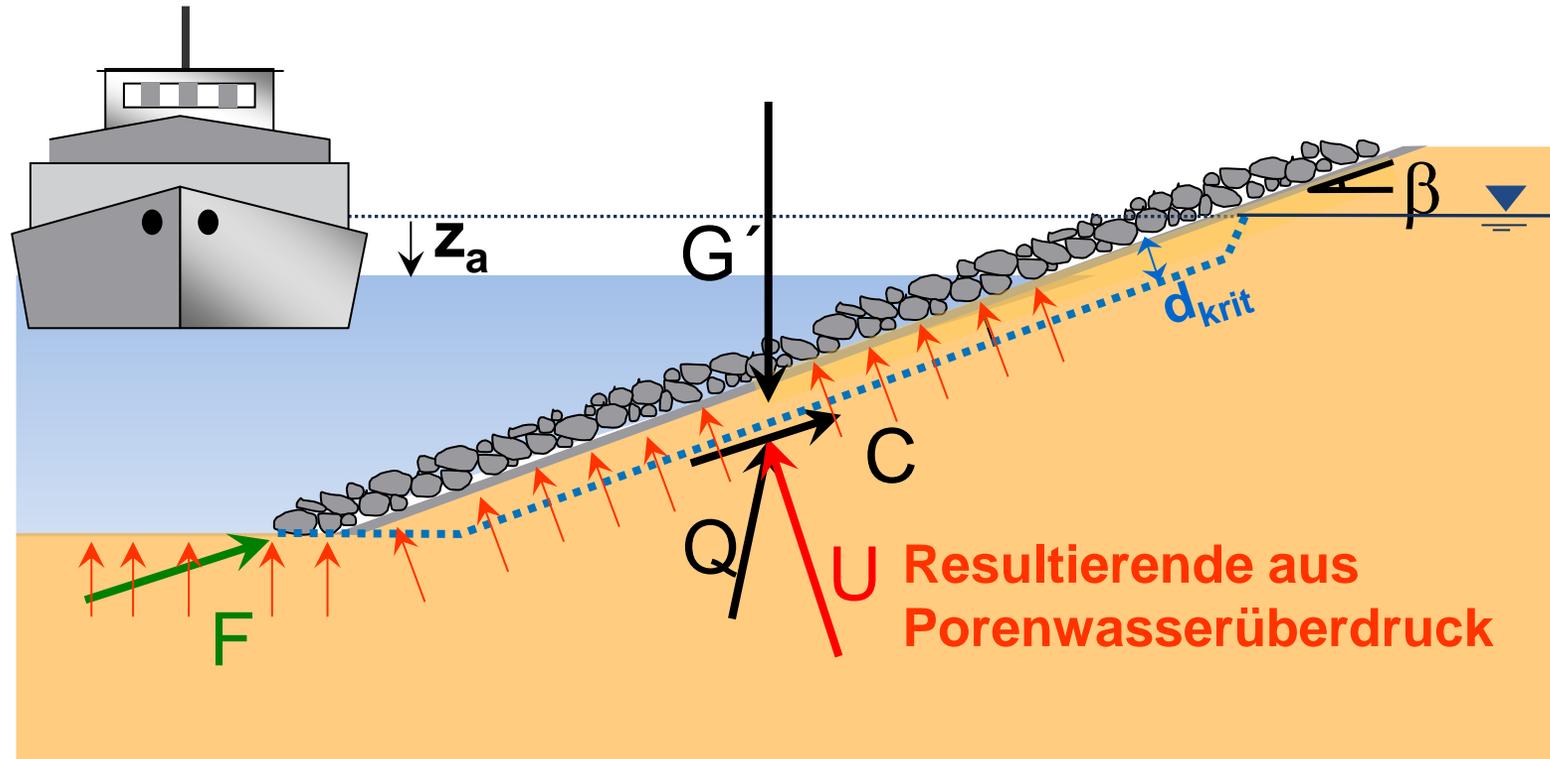
Abgleiten

Hydrodynamische
Bodenverlagerungen

**Lokale Standsicherheit
(Abgleiten, hydrodynamische
Bodenverlagerung)**





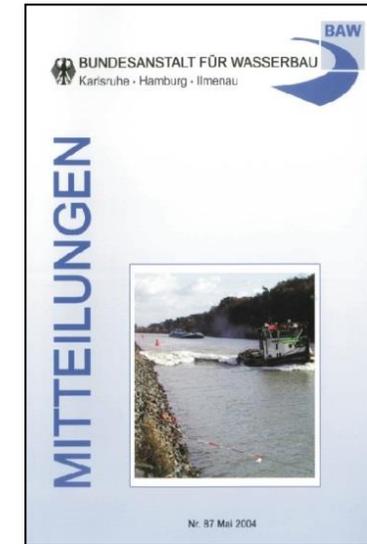


Ausreichendes Flächengewicht

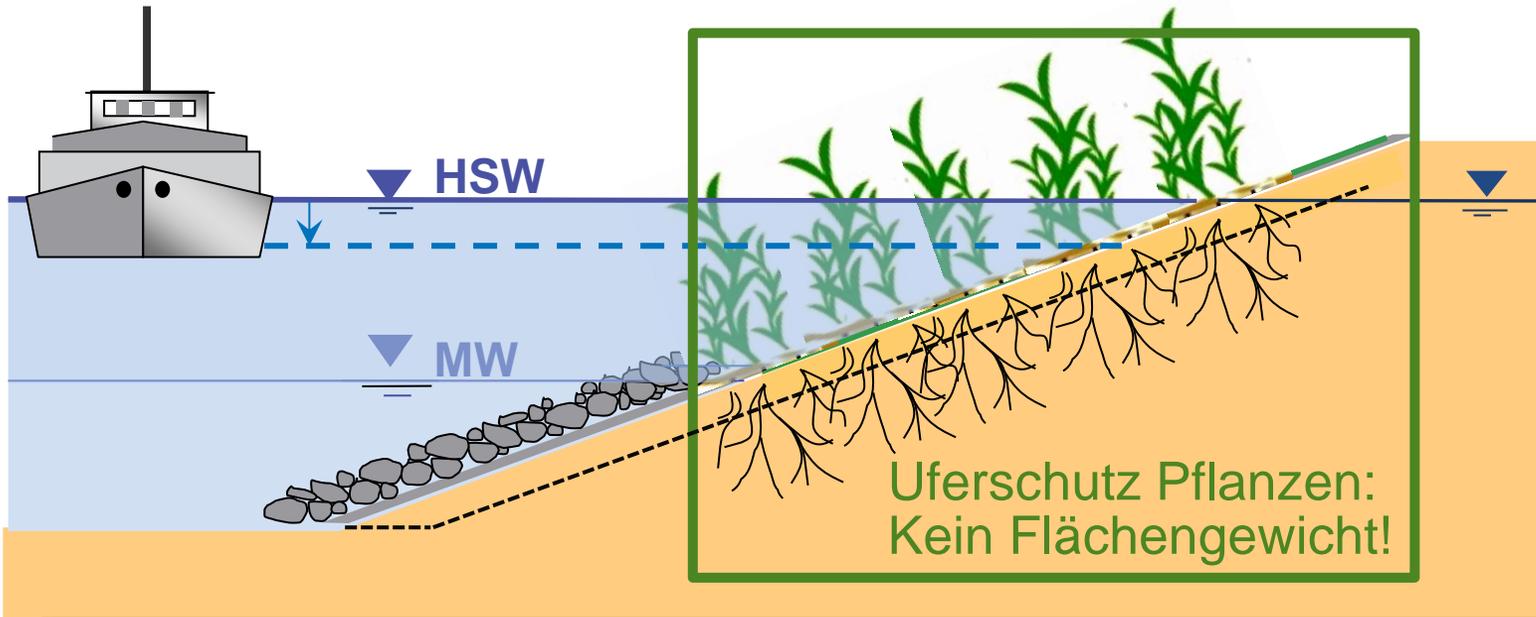


$$\gamma'_D d_D \geq \frac{\Delta u \tan \varphi' - c' - \tau_F}{\cos \beta \tan \varphi' - \sin \beta} - \gamma'_F d_F - \gamma' d_{krit}$$

$$\Delta u(z) = \gamma_w \cdot z_a (1 - a \cdot e^{-b \cdot z})$$



Regelwerk
GBB, 2010
GBBSoft



Speziellen Randbedingungen:

- Besondere Belastungen sofort nach Einbau
- Schiffsinduzierte Belastungen
- Wasserspiegelschwankungen
- Überstau/ Trockenzeiten...
- Sofortiger Uferschutz erforderlich
- **Anfangszustand** ohne Wurzeln



Gewährleistung der lok. Standsicherheit durch verzweigtes, tiefreichendes Wurzelsystem

Veränderung der Bodeneigenschaften

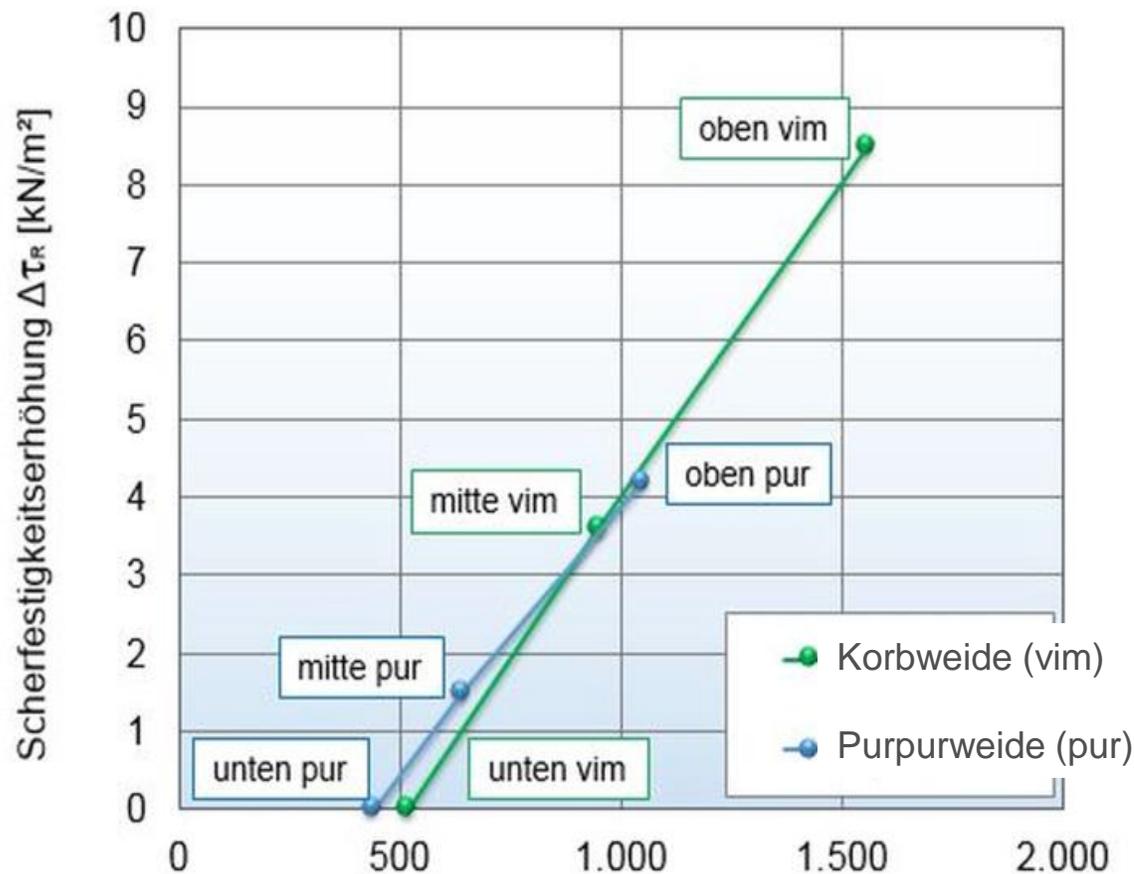
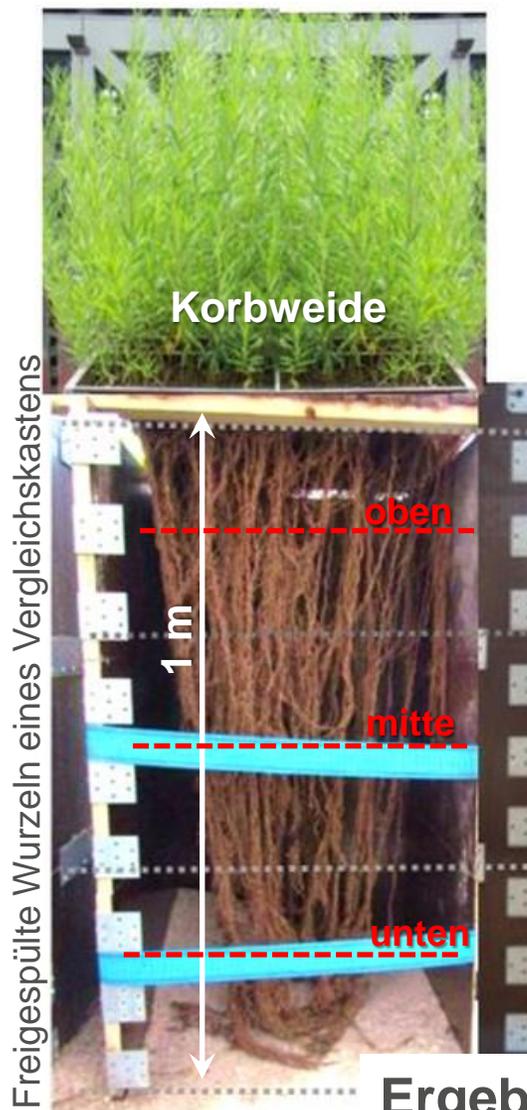
- Erhöhung der Scherfestigkeit
- Bodenrückhalt durch Wurzelgeflecht

Entscheidend: Wurzelwachstum und Langzeitentwicklung unter den Bedingungen der Wasserstraße

**Forschungsprojekt
BAW/ BfG**

Labor-, Modell-,
Naturversuche, ...

Weidenspreitlage aus Korb-/Purpurweide (nach einer Vegetationsperiode)



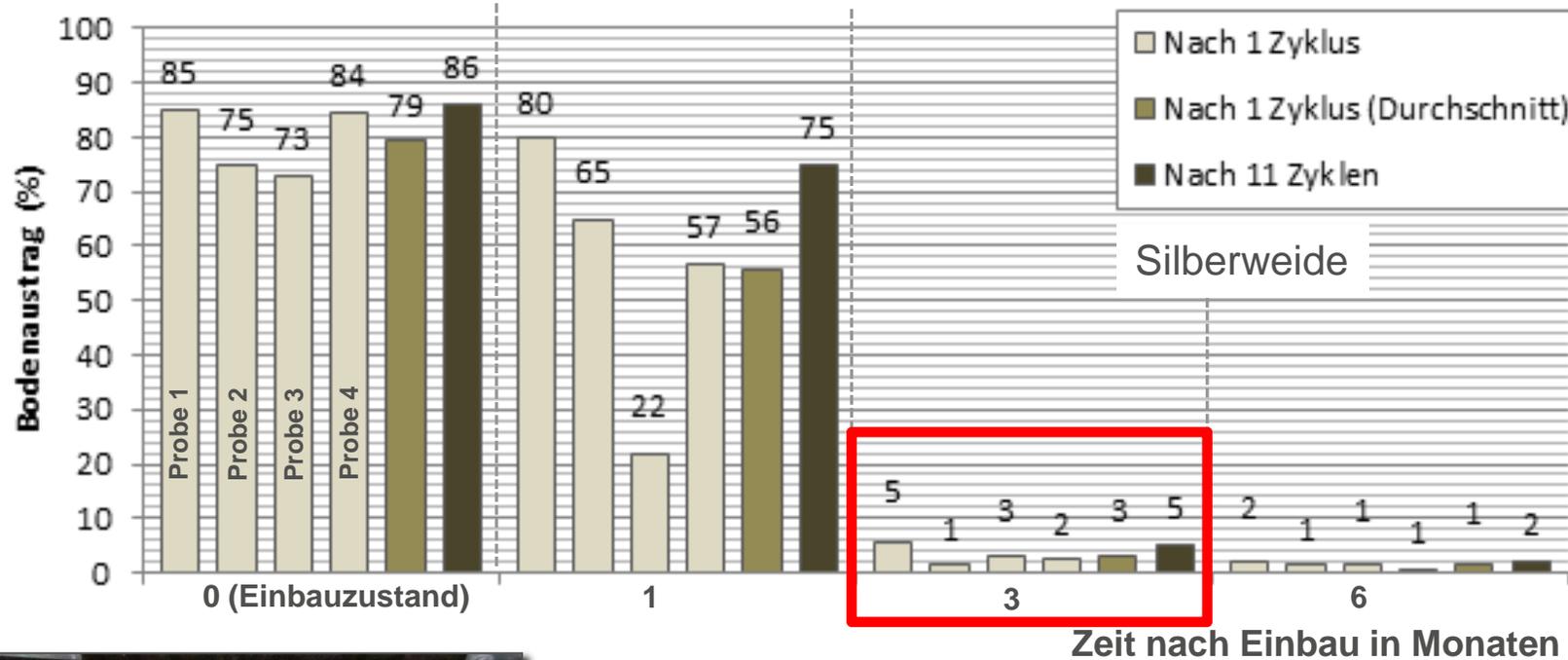
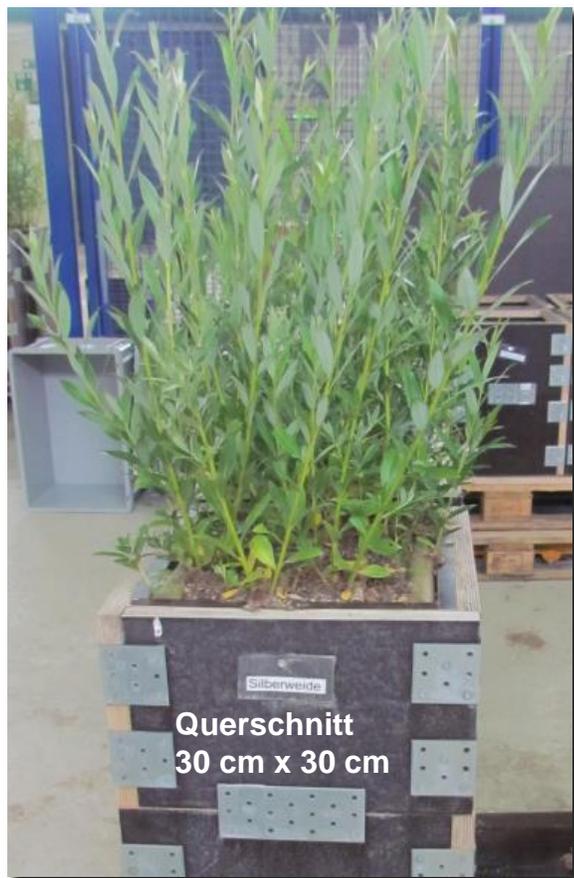
Ergebnis: Deutliche Scherfestigkeitserhöhung nach einer Vegetationsperiode

Scherversuche



Scherfestigkeitserhöhung
des Bodens in Abhängigkeit
der Wurzelrockenmasse
[Eisenmann, 2015]

Filterversuche



[Sokopp,2017]

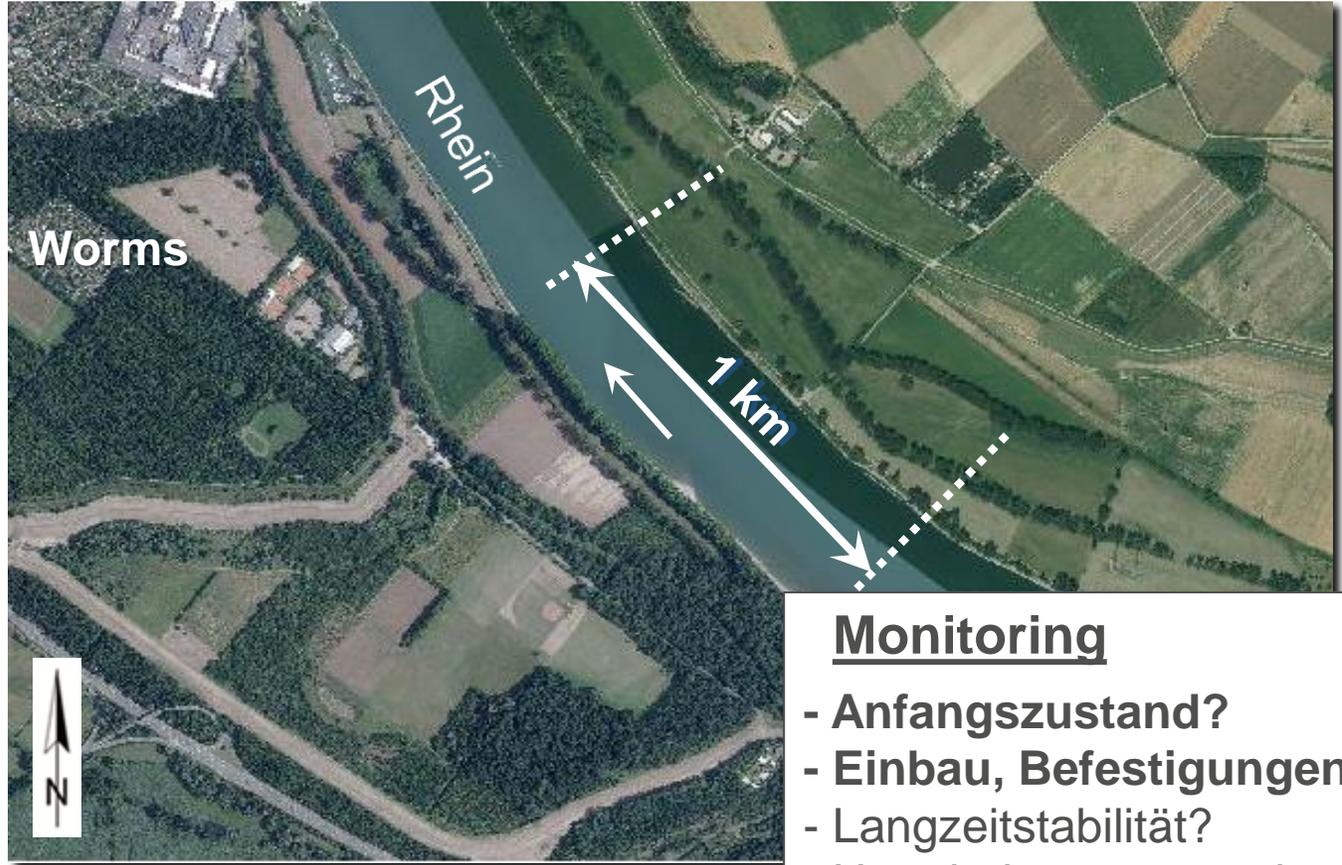
Bodenrückhalt durch Weidenäste und deren Wurzeln zu verschiedenen Zeiten nach Einbau (verschiedene Stadien der Wurzelentwicklung)

Ergebnis: Deutlicher Bodenrückhalt bereits nach 3 Monaten



Rhein, km 440,6 - km 441,6
rechtes Ufer (seit 2011)

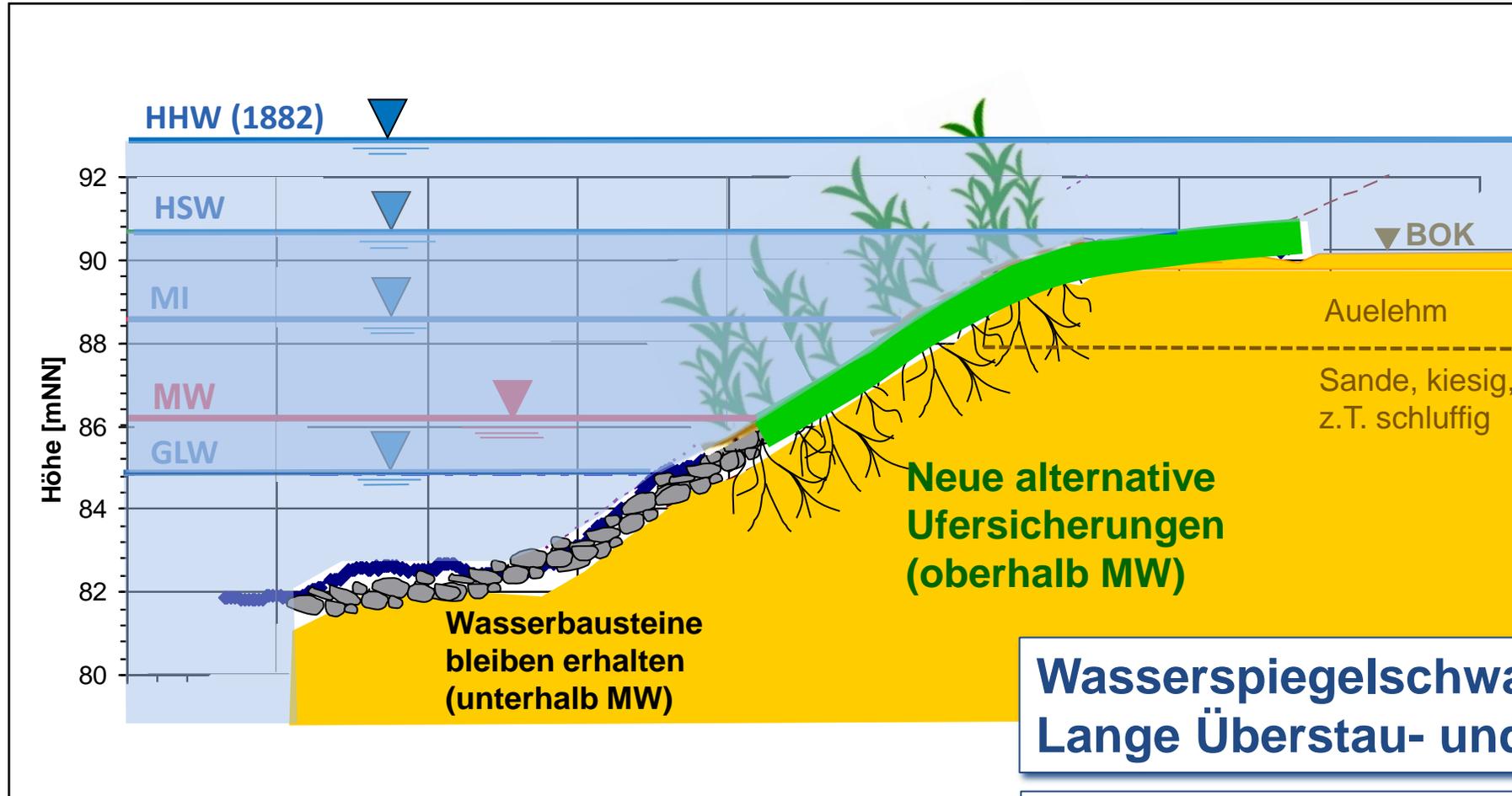
Naturversuch



- Monitoring**
- Anfangszustand?
 - Einbau, Befestigungen?
 - Langzeitstabilität?
 - Unterhaltungsstrategien?
 - Kosten? Ökologie?

In Zusammenarbeit mit dem WSA Mannheim

Böschungsneigung 1 : 2,5 bis 1 : 3



**Wasserspiegelschwankungen > 6 m!
Lange Überstau- und Trockenzeiten!**

Ca. 120 Güterschiffe pro Tag!

Versuchsfelder 2 und 3: Ersatz der Steinschüttung durch Weidenspreitlagen

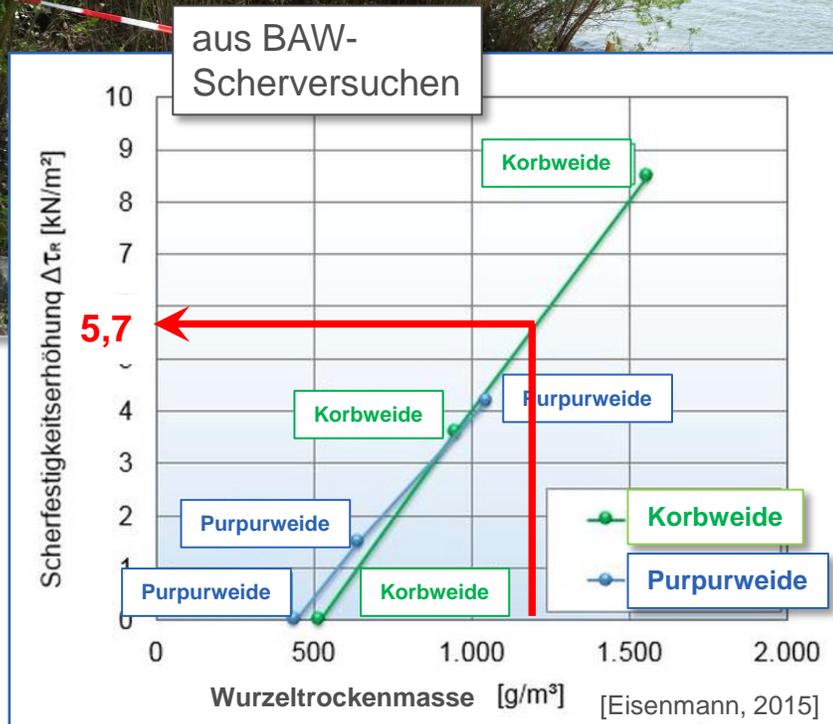
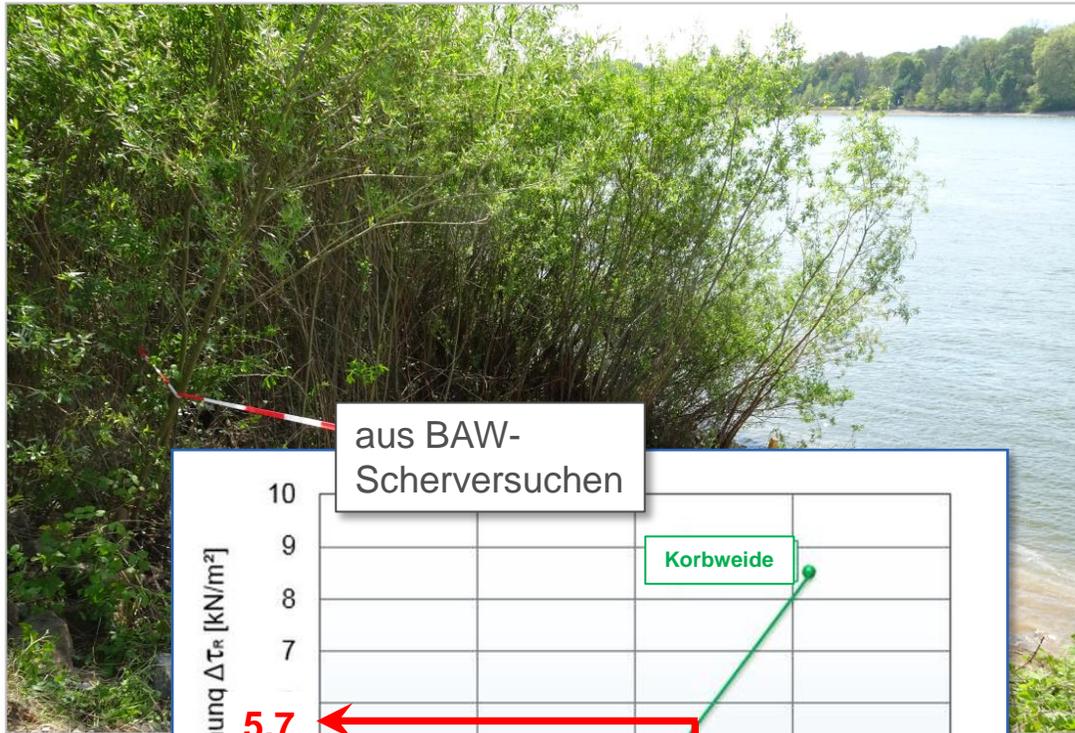


**Weiden müssen Uferschutz
gewährleisten!
(kein Flächengewicht)**

Kritischer Anfangszustand!

- Flächendeckende Verlegung (Erosion!)
- Filterstabiler Aufbau (ggf. temporärer Filter)
- Ausreichende (engere) Befestigungen
(Flächiger Bodenkontakt für Wurzelentwicklung)

Untersuchungen - Naturversuch am Rhein



Wurzelaufgrabung 2017
(Masterarbeit Leibniz-Uni Hannover)
[Ziegenhorn, 2017]

Gute Entwicklung!
Bodenstabilisierung
durch Wurzeln nach 5 Jahren.
Uferstabilität gewährleistet!

Versuchsfeld 7: Ersatz der Steinschüttung durch vorkultivierte Pflanzmatten



Schlank-Segge,
Sumpf-Segge,
Sumpf-Schwertlilie,
Rohr-Glanzgras,
Rohrschwengel,
Weißes Straußgras,
Quecke, ...

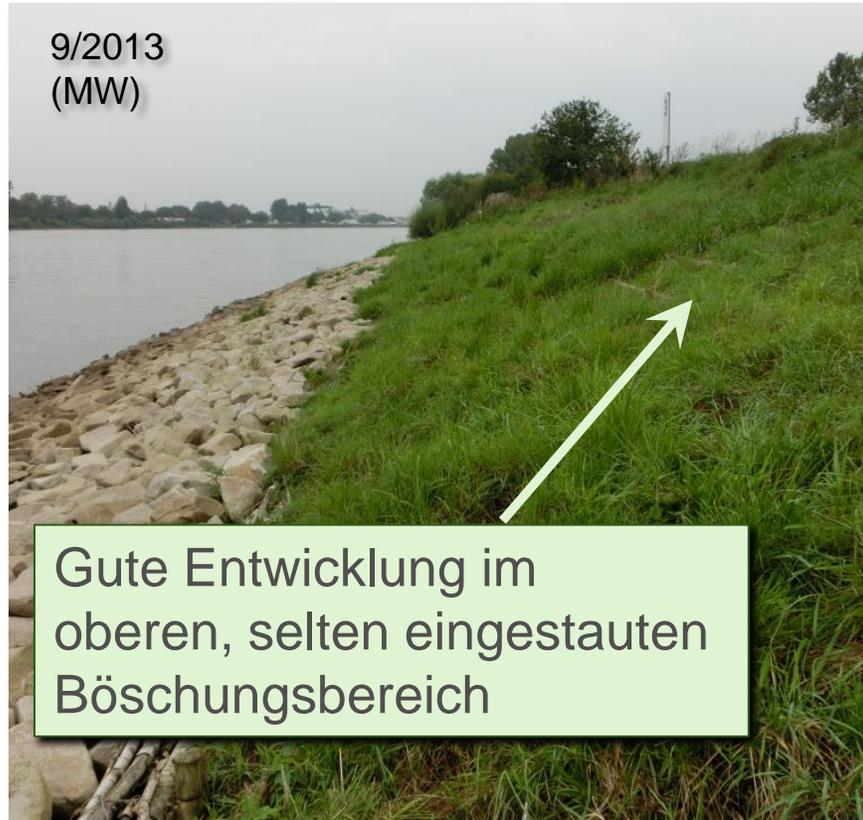
**Pflanzen müssen
Uferschutz gewährleisten!
(kein Flächengewicht)**



Kritischer Anfangszustand!

- Flächiger Bodenkontakt (Wurzelentwicklung!)
- Geeignete Befestigungen
- Filterstabiler Aufbau (temporäre Filtervliese)

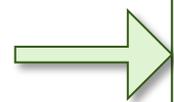
Untersuchungen - Naturversuch am Rhein



Kein Anwachsen im häufig eingestauten unteren Böschungsbereich
- Sanierung mit einer Steinlage -



Wachstum aus alten Pflanzmatten durch stabile Lage unter der Wasserbausteinschicht



**- Erfolg der Maßnahmen abhängig vom Wurzelwachstum am Anfang!
- Randbedingungen sind entsprechend zu gewährleisten!**

Untersuchungen - Naturversuch am Rhein



Wurzelaufgrabungen 2017
Masterarbeit [Heinzner, 2017]



**Geotextil als Filter anwendbar (Sicherung im Anfangszustand)!
Definiert biologisch abbaubare Vliese - Neues Forschungsprojekt!**



Untersuchungen - Naturversuch am Rhein



VF 1: Begrünte Steinschüttung mit Setzstangen und Faschinen



VF 5: Vorkultivierte Röhrichtgabionen



VF 8: Steinschüttung und Pflaster, Steinwall zur Förderung der Röhrichte

2017/18: Bewertung der getesteten Maßnahmen nach 5-jähriger Betriebszeit
18./19.06.2018: BAW/ BfG - Kolloquium in Worms zur Verstellung der Ergebnisse



VF 4: Steinschüttung, strukturell aufgewertet



VF 6: Steinschüttung, mit Alginat zur Begrünung



VF 9: Ohne Böschungssicherung, natürliche Sukzession



HOME KONTAKT IMPRESSUM  

 **Bundesanstalt für Wasserbau**
Kompetenz für die Wasserstraßen

 **bfg** Bundesanstalt für
Gewässerkunde

**TECHNISCH-BIOLOGISCHE
UFERSICHERUNGEN AN
BINNENWASSERSTRASSEN**

PUBLIKATIONEN **ARBEITSHILFEN** MASSNAHMEN VERANSTALTUNGEN



Technisch-biologische Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen

Im Rahmen eines gemeinsamen Forschungsprojektes der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) und der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) wird erstmals die Anwendbarkeit technisch-biologischer Ufersicherungen an Wasserstraßen unter technischen, ökologischen und naturschutzfachlichen Gesichtspunkten untersucht.

Langfristiges Ziel ist es, den planenden Mitarbeitern der WSV fundierte Grundlagen und Empfehlungen zur Anwendung technisch-biologischer Ufersicherungen an Bundeswasserstraßen zur Verfügung zu stellen.

Seit Inkrafttreten der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL) im Jahr 2000 erhalten ökologische Gesichtspunkte bei allen Aus- und Neubaumaßnahmen an Bundeswasserstraßen zunehmend einen größeren Stellenwert. Auch im Rahmen der Unterhaltung sind technische und

Ansprechpartner

BAW - Referat Erdbau und Uferschutz (G4)
Petra Fleischer
Federführung
Telefon 0721 9726-3570
E-Mail petra.fleischer@baw.de

BfG - Referat Vegetationskunde, Landschaftspflege (U3)
Hubert Liebenstein
Telefon 0261 1306-5445
E-Mail liebenstein@bafg.de

Weitere Informationen über die Initiatoren des Forschungsprojektes finden Sie unter [Kontakt](#).

Technisch-biologische Ufersicherung ← 1/5 →

<http://ufersicherung.baw.de/de>

Kennblätter

Auf dieser Seite sind Kennblätter zu verschiedenen technisch-biologischen Ufersicherungen als Planungshilfe zur Anwendung an Wasserstraßen zusammengestellt.

Diese beschreiben für jede Ufersicherungsmaßnahme die einzelnen Bauelemente und geben Hinweise zum Einbau sowie zur Belastbarkeit und Wirksamkeit hinsichtlich Uferschutz und Ökologie. Vor- und Nachteile sowie ggf. Grenzen der Anwendung werden aufgezeigt. Die Kennblätter basieren auf ersten Erfahrungen an Wasserstraßen, die im Rahmen des Forschungsprojektes bisher an der Weser und während des seit 2011 laufenden Naturversuches am Rhein bei Worms gesammelt werden konnten (mehr dazu siehe "Publikationen"). Sie werden mit zunehmendem Erkenntnisgewinn aktualisiert und durch weitere Bauweisen ergänzt.

Weidenspreitlagen [PDF](#)

04.04.2017

Begrünung vorhandener Steinschüttung [PDF](#)

04.04.2017

Vegetationsgabionen (Röhrichtgabionen) [PDF](#)

04.04.2017

Vorkultivierte Pflanzmatten [PDF](#)

04.04.2017

KENNBÄTTER

MONITORING

FACHWORTLISTEN

LINKS

Bilder



Weidenspreitlage, Rhein-km, 440,900, 7/16

<http://ufersicherung.baw.de/de>

Kennblätter

Erfahrungen aus dem Naturversuch
(Konstruktion, Bauausführung,
Sicherung Anfangszustand, ...)

Empfehlungen zur Anwendung an
Binnenwasserstraßen

Kennblatt – Weidenspreitlagen (2017) - <http://ufersicherung.baw.de/de> -

		2) Bauelemente und Einbau		3) Wirkungsweise und Belastbarkeit	
Weidenspreitlagen		Bauelemente	Einbau	Wirkungsweise	Anlage 1
1) Überblick		Filter	Einbauhinweise	Aufnehmbare Belastungen	Schematische Darstellung
Kurzbeschreibung	Bodendeckende Lage, die durch Verlegung und Drahtverspannung an der Böschung angebracht wird. Zielvegetation: Gehölz- und/oder Sträucher.	Befestigungen	Bei Gefahr von Bodenerosion zwischen Weidenästen. Ideal ist ein gut durchwurzeltes Material, das nur für den Anfang der Filterfunktion zur Verfügung steht ($\geq 300 \text{ g/m}^2$) verwendet werden kann.	Schutz vor Oberflächenabtrag unmittelbar nach Einbau langfristig Schutz vor Böschungsdruck unmittelbar nach Einbau langfristig Schutz vor hydrostatischem Überdruck unmittelbar nach Einbau langfristig Allgemein: Oberirdische Spreitlagen sind sprunghaft einwirkend.	Konstruktion
Gewährleistung des Uferschutzes	Sofortflächig wirksam gegen Wellen und Filterstabilität durch Anordnung einer Weidenastmatte. Anwendbar auf Böschungen im Einflussbereich von Uferbauwerken, die keine die Uferstabilität gefährdenden Absinkwerte, sondern Schutzneigungen aufweisen.	Bedeckung	Pflöcke und Riegel austriebsfähig (gerade gewachsen) und dichtere Anordnung nicht austriebsfähig. $\varnothing_{\text{Pflock}}$: 8 - 10 cm L_{Pflock} : mindestens 100 cm $\varnothing_{\text{Riegelholz}}$: ca. 10 - 12 cm	flächig ca. 40 cm Anordnungsdicke Wasserunterdruck obere mehrschichtig Überdruck bei Flut - Fuß - Zwischenlagen	Fotos
Ökolog. Potenzial	Förderung/Entwicklung der Vegetation - Erhöhung der Strukturvielfalt - Verhinderung/Minimierung von Erosion - Schaffung von Lebensräumen, insbesondere bei Anbindung an Gewässer - Lebensraum und Uferzustand der Maßnahmen im Bereich	Gewinnung und Einbauzeiten	Spanndraht (für das Zusammenhalten) Stärke: 0,3 cm, gebleicht	- Wellenhöhe: - Ufernahe Strömungsgeschwindigkeit	Verlegeverfahren
Vor-/ Nachteile	Vorteile - Lebendmaterialien, ggf. vor Ort zu gewinnen	Boden Aufbringen von gezieltem Bodenkontakt und Oberkante der Überlagerung	Gewinnung der Weidenäste Vegetationsruhezeit beachten (Schutzfachlicher Vorschlag)	Arbeitschritte (vgl. Anlage 2)	Spreitlagen in Böschung fallrichtung verlegt
					(1) Einbaumaterial: lange und möglichst gerade gewachsene Weidenäste gebietsheimischer Arten; Nov. 2011 (2) Aushub von ca. 1 m tiefen Gräben, in die die basalen Enden der Weidenäste gesteckt werden; Nov. 2011 (3) In die Gräben eingelegte Weidenäste (mehrschichtig in Böschung fallrichtung verlegt); Nov. 2011 (4) Ca. 1 m tiefe Einbindung der untersten Astlage in die Steinschüttung; Nov. 2011

Empfehlungen – Erstes Bemessungskonzept

Erkenntnisse aus dem
Forschungsprojekt BAW/ BfG
(Wasserstraßen)



www.dwa.de



DWA-Regelwerk

**Technisch-biologische Ufersicherungen
an großen und schiffbaren Gewässern**

März 2016

**Bemessungskonzept,
umgesetzt in GBBSOft+**

*DWA-Arbeitsgruppe WW1.5/2.5
„Alternative Ufersicherungen“
(2008 bis 2016)*

Erfahrungen an
kleineren Fließgewässern
ohne Schifffahrt

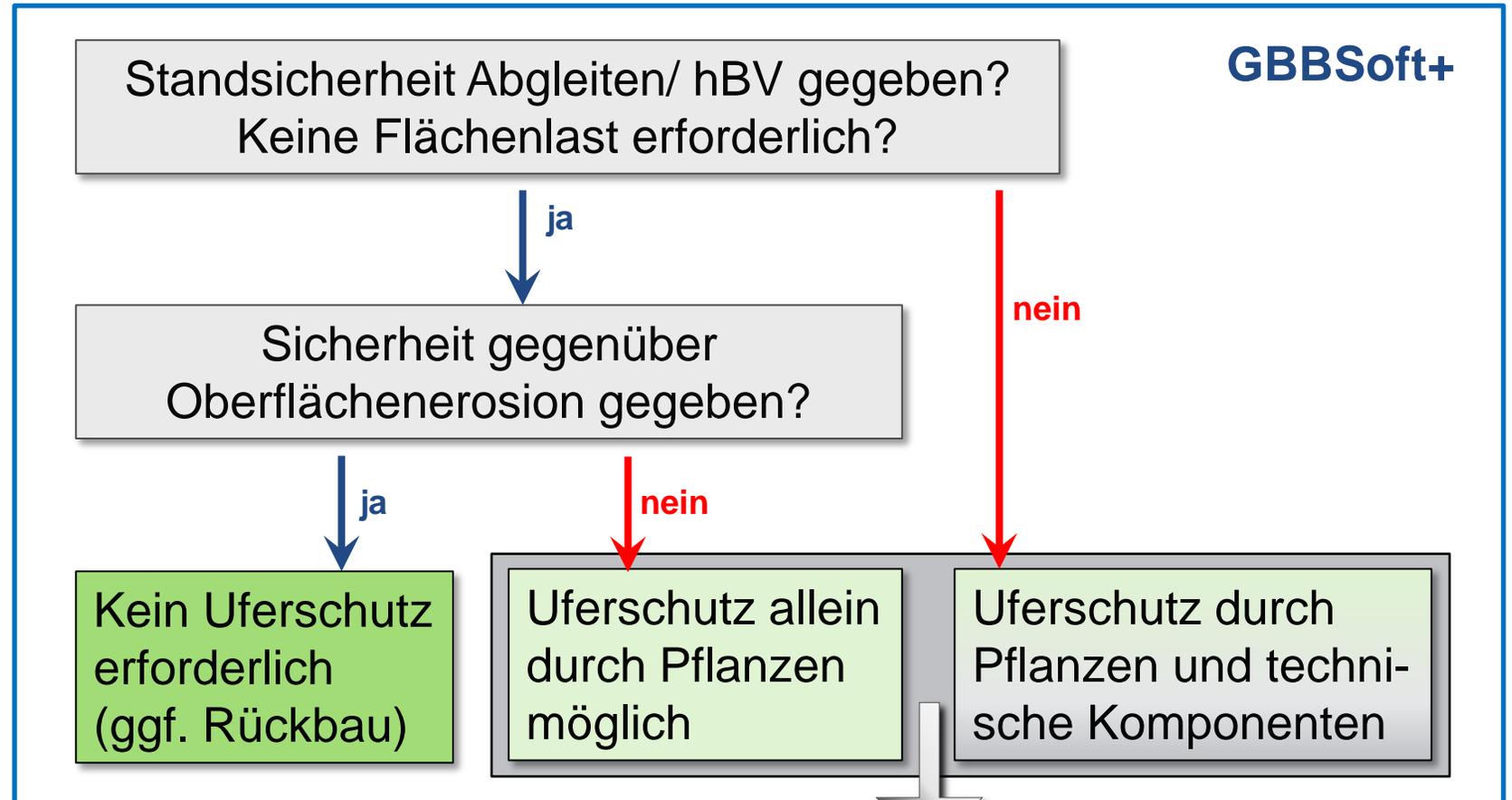


2017: Einführung in der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung per Erlass des Verkehrsministeriums

Technische Kriterien

- In welchem Umfang ist theoretisch eine Ufersicherung nötig?
 - Ist ein Flächengewicht erforderlich?
- (Analog zur Bemessung technischer Schüttsteindeckwerke)

Erforderliches Flächengewicht ist zu gewährleisten!



Empfehlungen – Erstes Bemessungskonzept

Uferschutz allein durch Pflanzen möglich

Uferschutz durch Pflanzen und technische Komponenten



Nachweis der Sicherheit gegenüber Oberflächenerosion (GBBSoft+)

Bauweisen gemäß Steckbriefen (siehe Anhang A.2)	Belastungsgrenzen der Bauweise gegenüber Oberflächenerosion (Durchflüssen)			Bemerkungen
	Fließgeschwindigkeit, Rückströmung, Wiederauffüllungsströme [v]	Schubspannung τ [N/m^2]	Höhe schiffserzeugter, überwiegend mitlaufender Wellen H [m] – Heckwellen- bzw. Wellenhöhe (nach GBB (2010), siehe auch Bild 11)	
Tabelle 5 (DWA-M519)	V_{zul}	τ_{zul}	H_{zul}	
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	Größtwert: Äquivalenz zum Geotextil auf Buschlage, 16 Monate alt
8. Spreitlage mit Steinschüttung als Fußsicherung	2,0 – 2,5 2,3, 2,4	50 – 240 120, 100	0,40 – 1,1 0,65, 0,55	sehr große Streuung der Angaben
9. Begrünte Steinschüttung	2,1 – 2,6 (Berechnung mit GBBSOft für $LMB_{5/40}$)	70 – 110 90 (aus Vergleich mit v - und τ -Daten)	0,9 – 1 1,0 (Berechnung mit GBBSOft für $LMB_{5/40}$)	Belastungsgrenzen je nach Steingröße, siehe GBB (2010)
10. Nachträglich begrünte Steinschüttung	siehe 9. Begrünte Steinschüttung	siehe 9. Begrünte Steinschüttung	siehe 9. Begrünte Steinschüttung	siehe 9. Begrünte Steinschüttung

GBBSoft+

Technische Kriterien

*Flächengewicht
Oberflächenerosion*

Kennblätter

Konstruktion
Bauausführung
*(Befestigungen,
Filterstabilität, ...)*
Erfahrungen
(Anwendungsgrenzen)

Ingenieurbiologische Kriterien

*Erfahrungen aus
Fließgewässer
ohne Schifffahrt*

Technisch- biologische Ufersicherung



Ökologische Kriterien

*Ökologische Wirksamkeit
(Vegetation, Fauna)*

- ▶ *Wichtige Erkenntnisse zur Ausführung, Konstruktion und Belastbarkeit technisch-biologischer Ufersicherungsmaßnahmen an Binnenwasserstraßen*
- ▶ *Erste ökologische Bewertungen der Maßnahmen (BfG)*
- ▶ *Erstes Bemessungskonzept (DWA-M 519) einschließlich Bemessungssoftware „GBBSoft+“ und Planungshilfen auf Basis bisheriger Erkenntnisse*
- ▶ *Gegenwärtig Anwendung bei Pilotprojekten im Rahmen des Bundesprogramms „Blaues Band“ (Ersatz von technischen Deckwerken)*
- ▶ *Weitere Forschungen (technisch und ökologisch) erforderlich*
- ▶ *Internationale Erfahrungen - Austausch über PIANC-WG 128*
- ▶ *Praktische Erfahrungen und weitere Forschungsergebnisse – Grundlage für Präzisierung und Optimierung des Regelwerkes*

Mehr Informationen unter <http://ufersicherung.baw.de/de>



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Bundesanstalt für Wasserbau
76187 Karlsruhe

www.baw.de petra.fleischer@baw.de