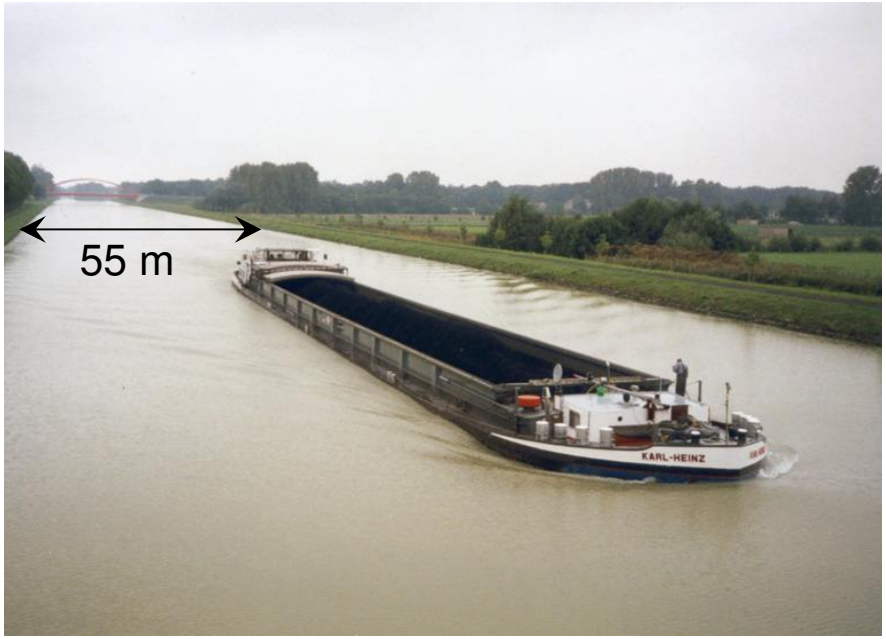
Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

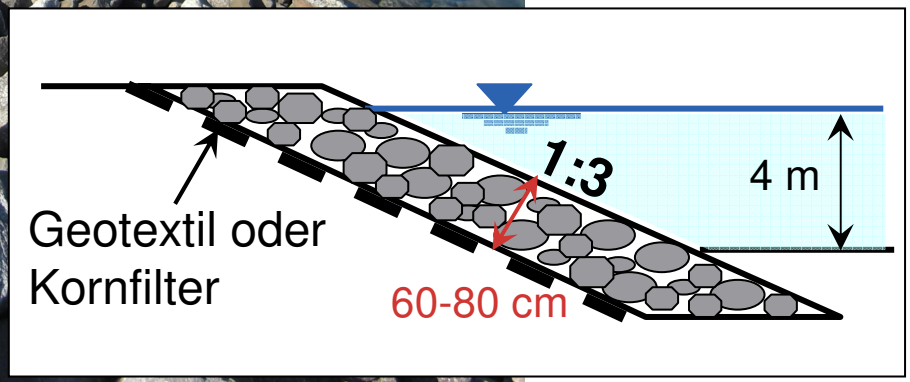
BAW Geotechnik

Möglichkeiten und Grenzen pflanzlicher Ufersicherungen an Wasserstraßen

www.baw.de

Petra Fleischer, Jeannine Eisenmann, BAW, Referat Erdbau- und Uferschutz





Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs!

Uferstabilität!

Europäische Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) - 2000

→ **Neue Anforderungen an Ufergestaltung!**

Erhalt und Schaffung von Lebensraum für Tiere und Pflanzen →

Uferstabilität <u>und</u> Ökologie!

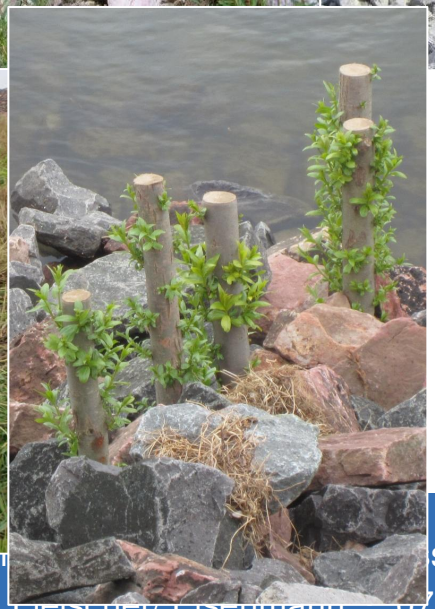
Pflanzliche Ufersicherungen

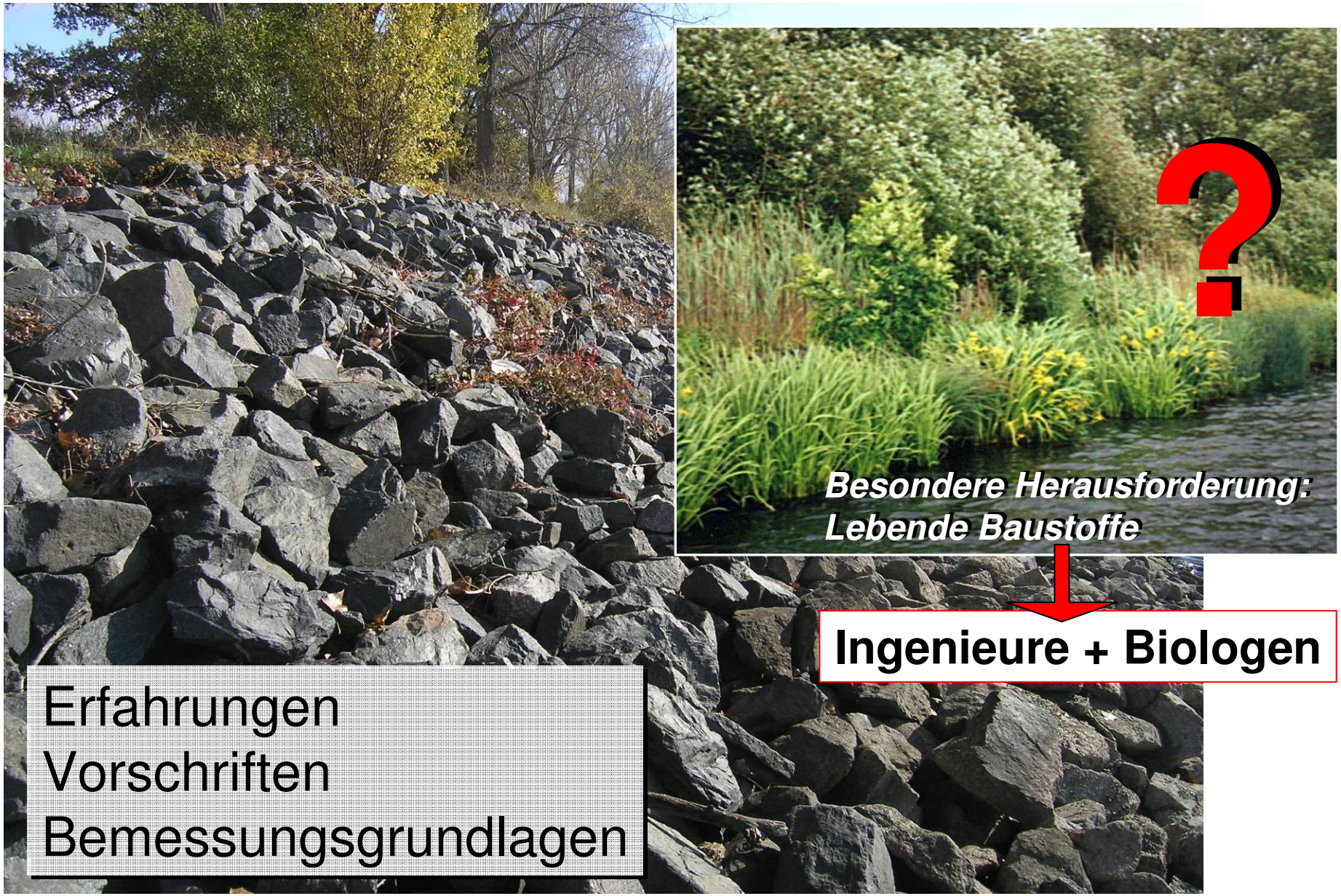
Ufersicherungsmaßnahmen

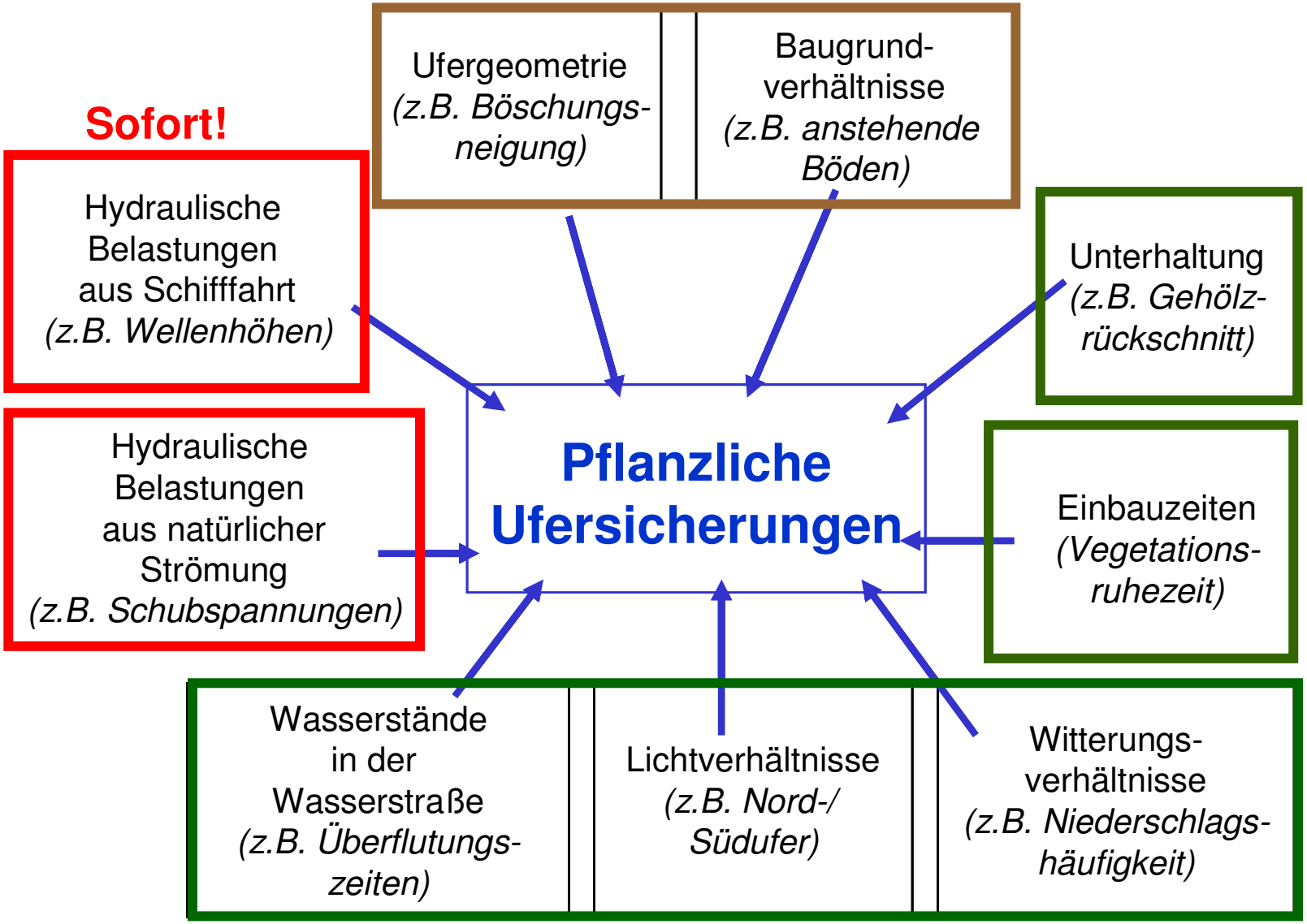
Pflanzliche Maßnahmen

Kombination aus pflanzlichen und technische Maßnahmen

Technische Maßnahmen



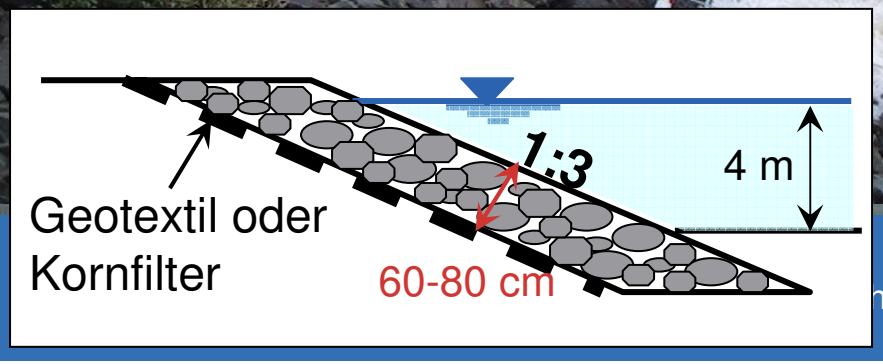

Besondere Herausforderung:
Lebende Baustoffe
Ingenieure + Biologen
Erfahrungen
Vorschriften
Bemessungsgrundlagen


Sofort!
Hydraulische Belastungen aus Schifffahrt (z.B. Wellenhöhen)
Hydraulische Belastungen aus natürlicher Strömung (z.B. Schubspannungen)
Ufergeometrie (z.B. Böschungs-neigung)
Baugrund-verhältnisse (z.B. anstehende Böden)
Unterhaltung (z.B. Gehölz-rückschnitt)
Pflanzliche Ufersicherungen
Einbauzeiten (Vegetations-ruhezeit)
Wasserstände in der Wasserstraße (z.B. Überflutungs-zeiten)
Lichtverhältnisse (z.B. Nord-/ Südufer)
Witterungs-verhältnisse (z.B. Niederschlags-häufigkeit)

Hydraulische Belastungen

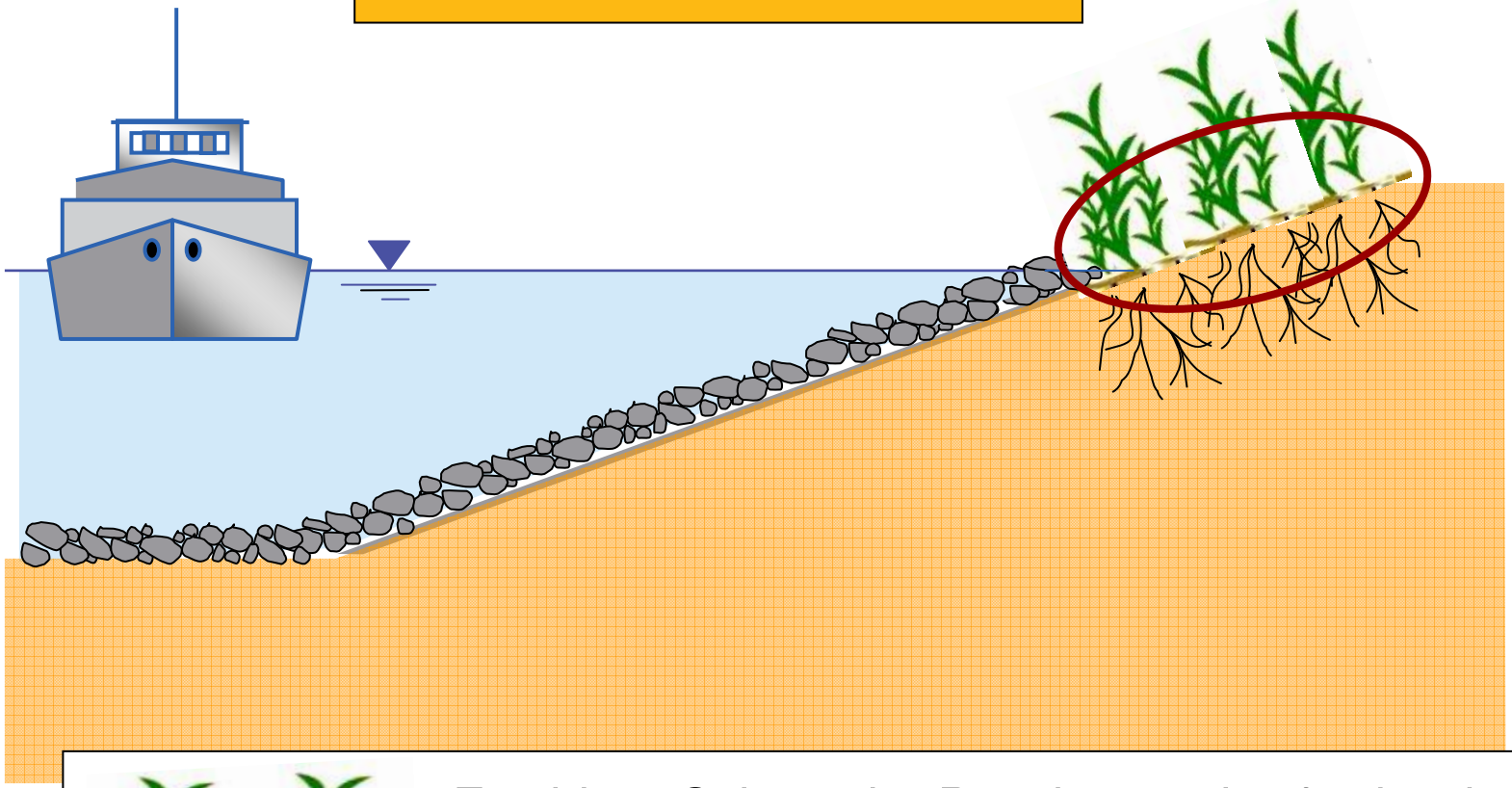
- Heckwelle
- Wiederauffüllungsströmung
- Rückströmung
- (natürliche Strömung)

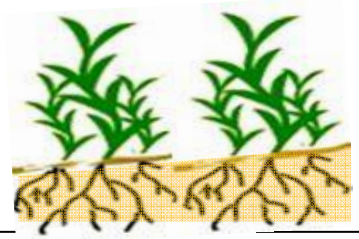
Oberflächenerosion



Pflanzliche Ufersicherungen

Oberflächenerosion

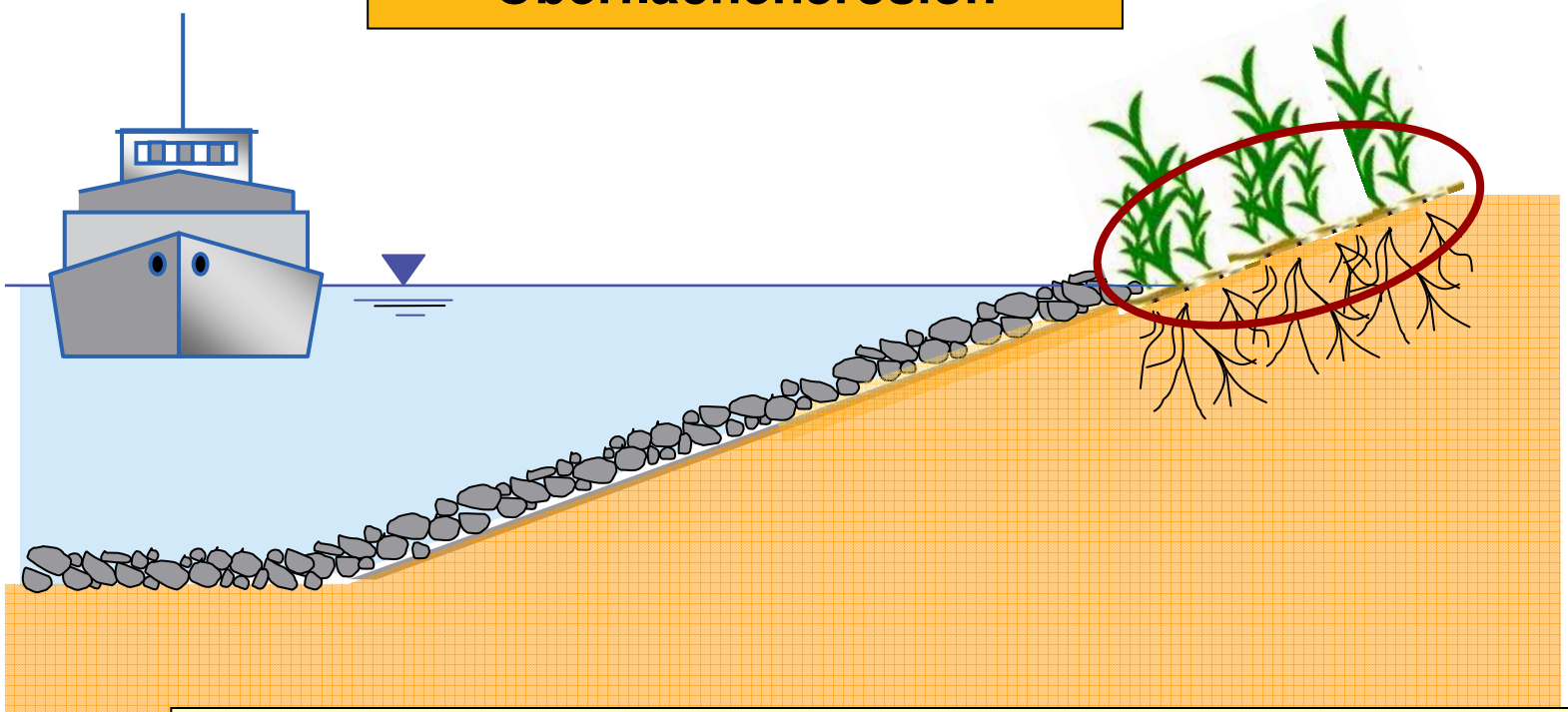




Flächiger Schutz der Böschungsoberfläche durch oberirdische Pflanzenteile und oberflächennahes Wurzelgeflecht

Pflanzliche Ufersicherungen

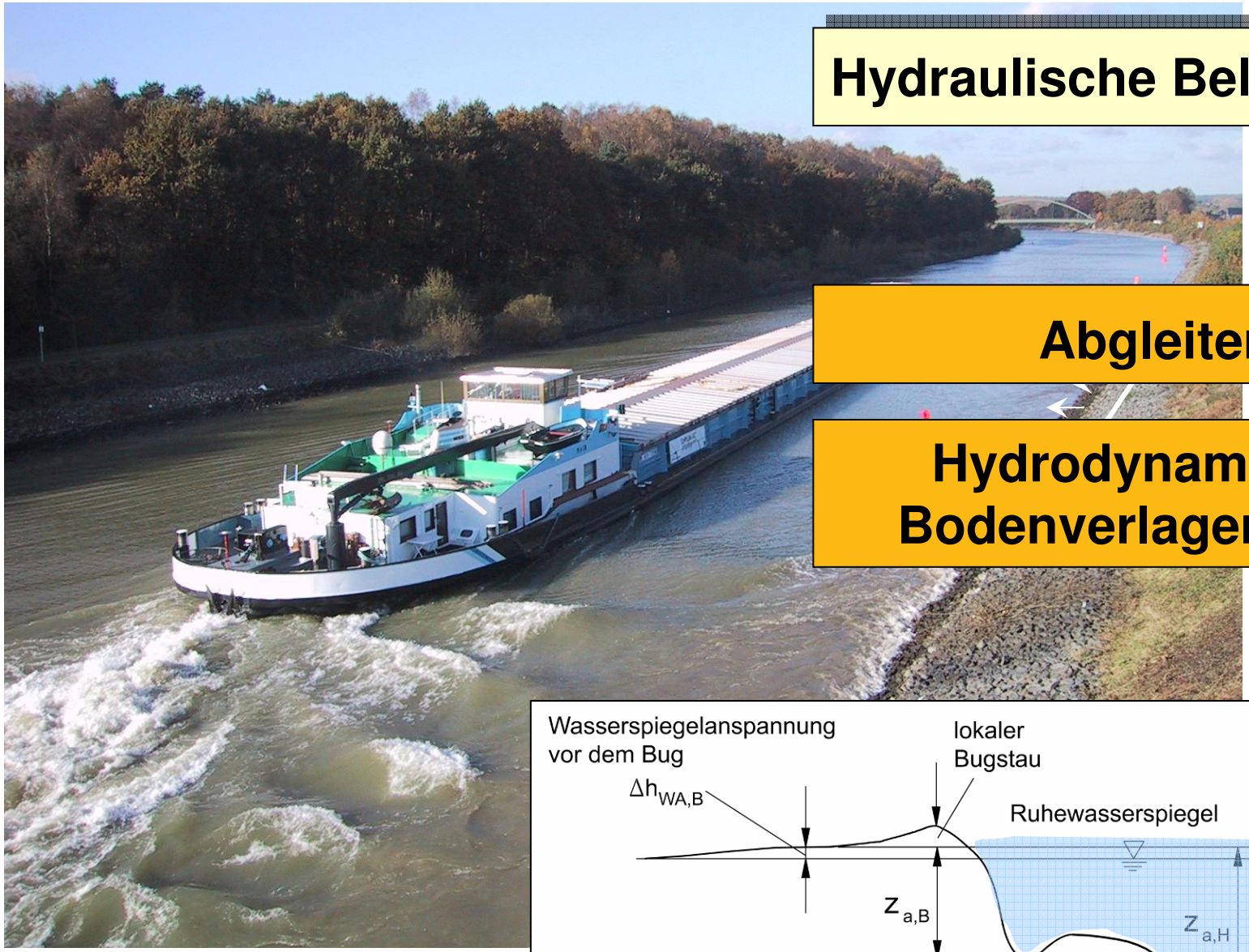
Oberflächenerosion



<u>Erfahrungen aus kleineren Fließgewässern</u>:
Zulässige Strömungsgeschwindigkeiten/ Schubspannungen für pflanzliche Ufersicherungen aus der Literatur

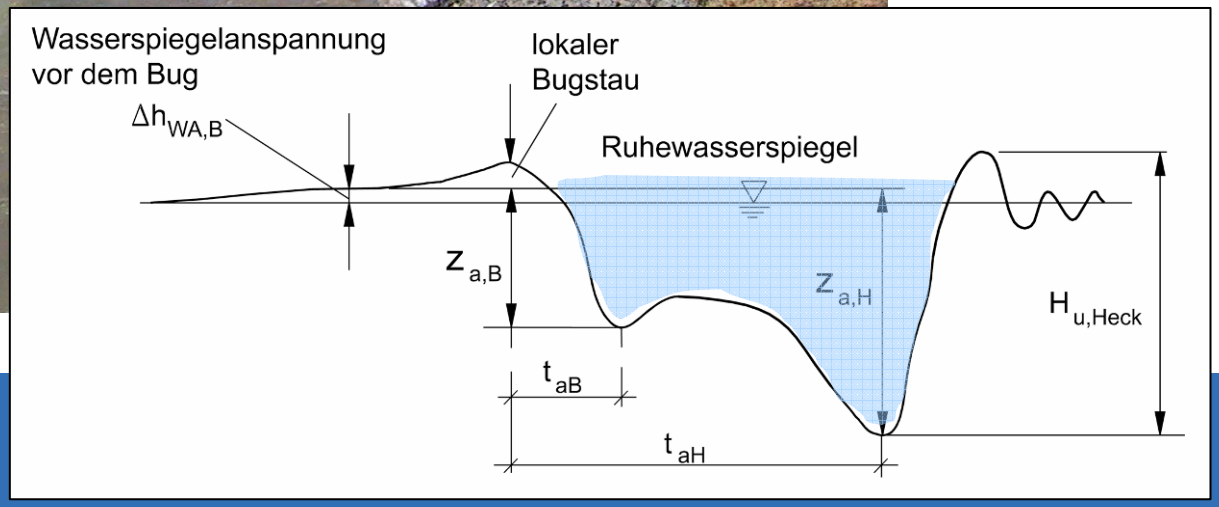
Zulässige Wellenhöhen infolge Schifffahrt??

Hydraulische Belastungen

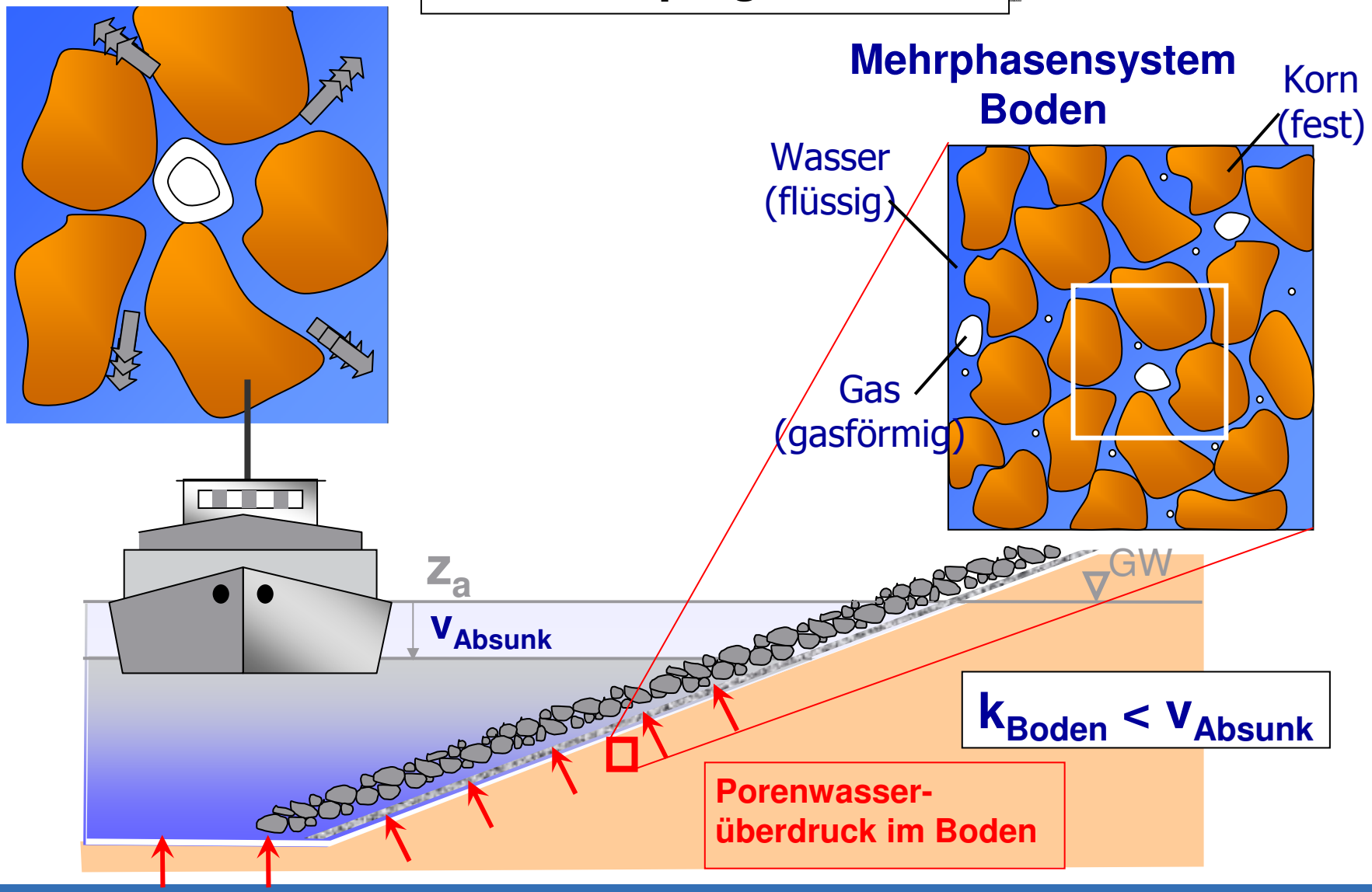


Abgleiten

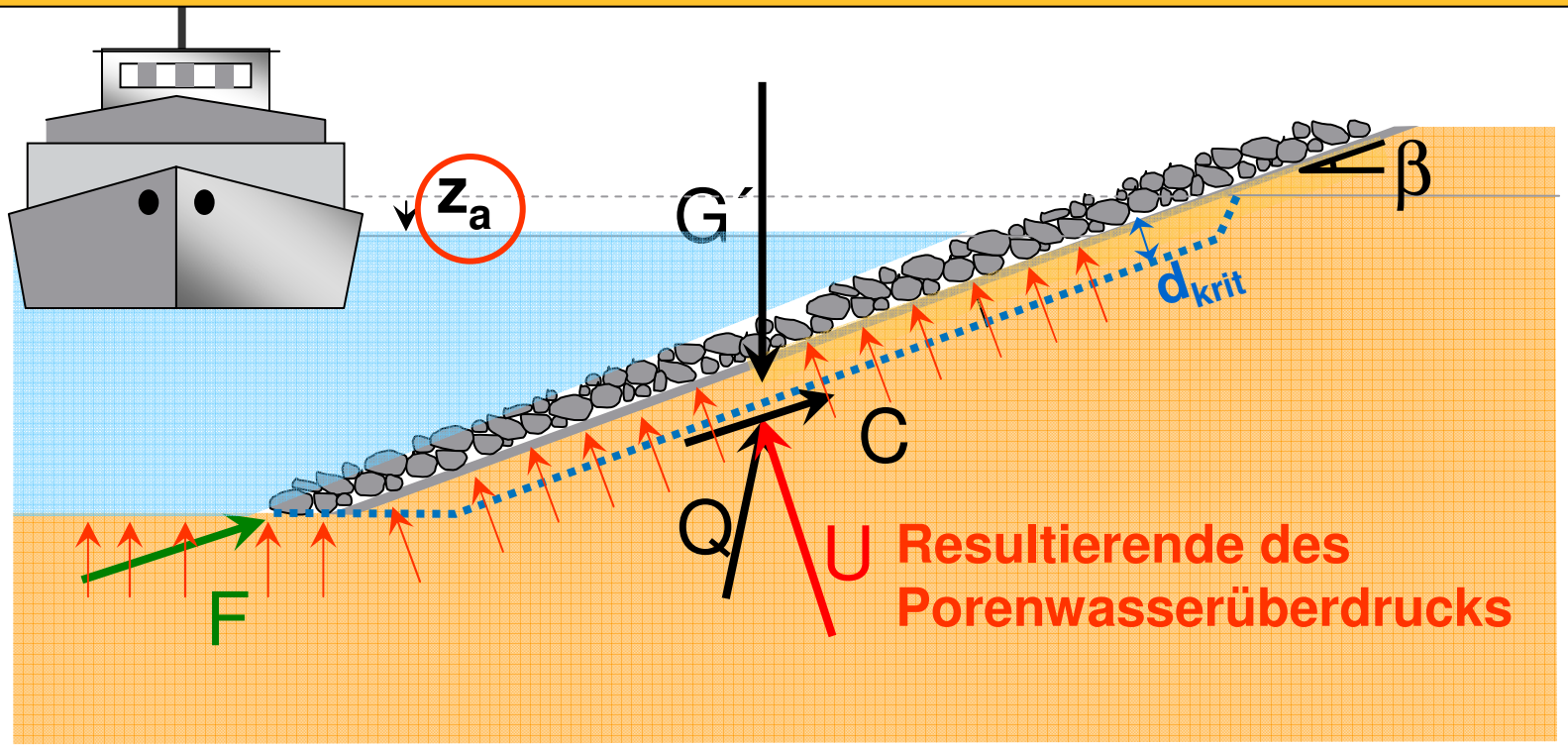
Hydrodynamische Bodenverlagerungen



Wasserspiegelabsunk



Abgleiten/ Hydrodynamische Bodenverlagerung



[GBB] $$\Delta u(z) = \gamma_W \cdot z_a \left(1 - a \cdot e^{-b \cdot z}\right)$$

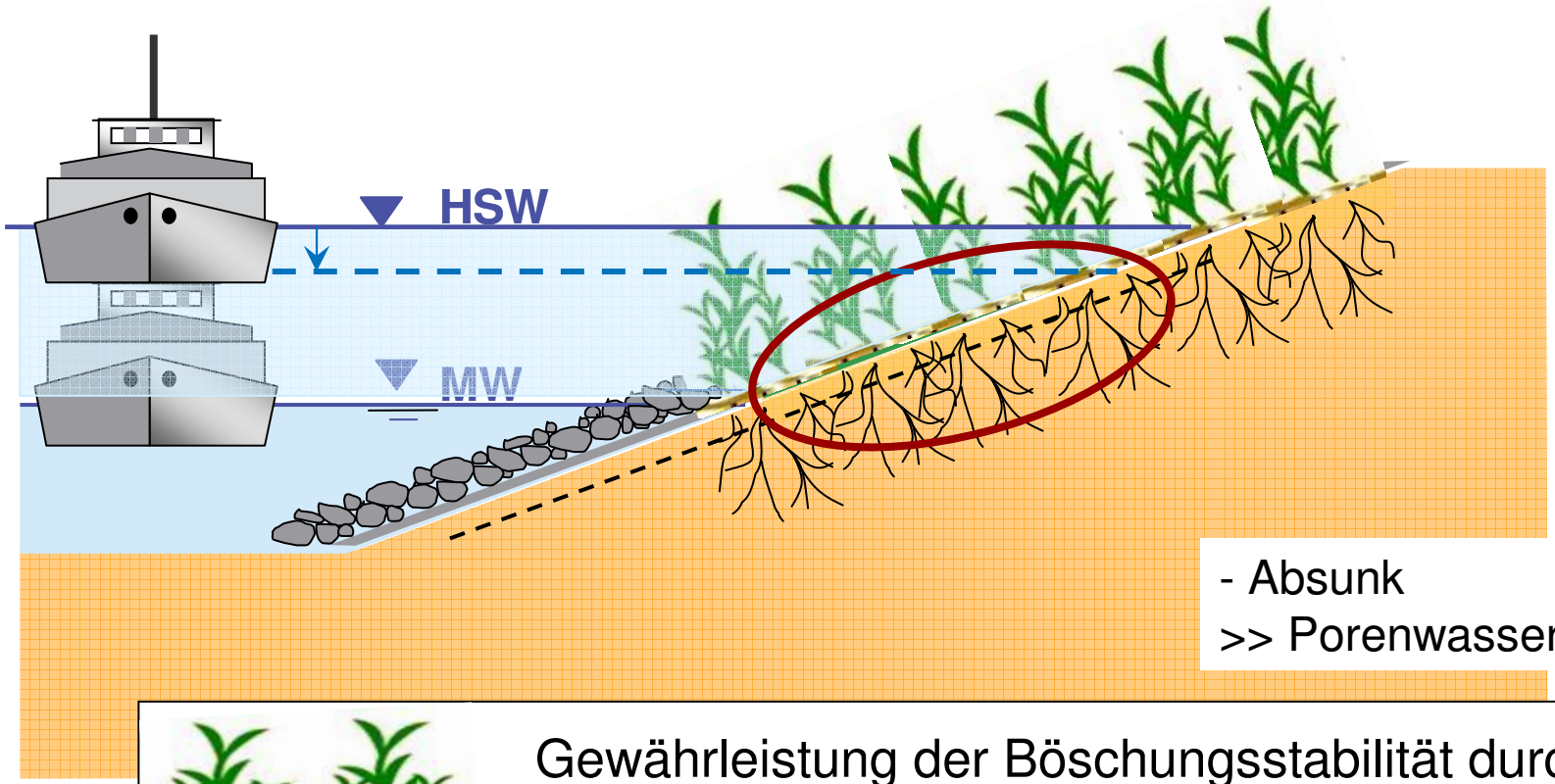
- Durchlässigkeit des Bodens
- Scherfestigkeit des Bodens

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

- Böschungswinkel

Pflanzliche Ufersicherungen

Abgleiten/ hydrodynamische Bodenverlagerung



- Absunk
>> Porenwasserüberdrücke

Gewährleistung der Böschungsstabilität durch Wurzeln (kein zusätzliches Flächengewicht)
⟶ Veränderung der Bodeneigenschaften

Wurzelgeflecht/ Wurzelkohäsion

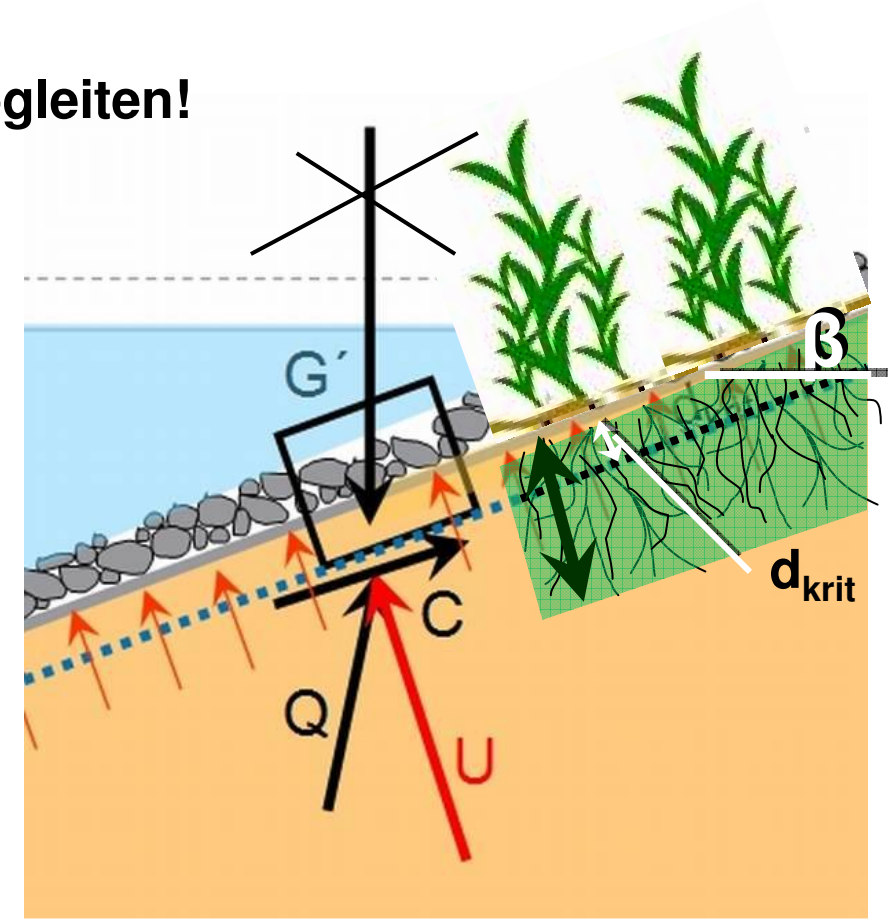
$$c' \geq \Delta u \tan\beta$$

Kein Abgleiten!
[GBB]

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

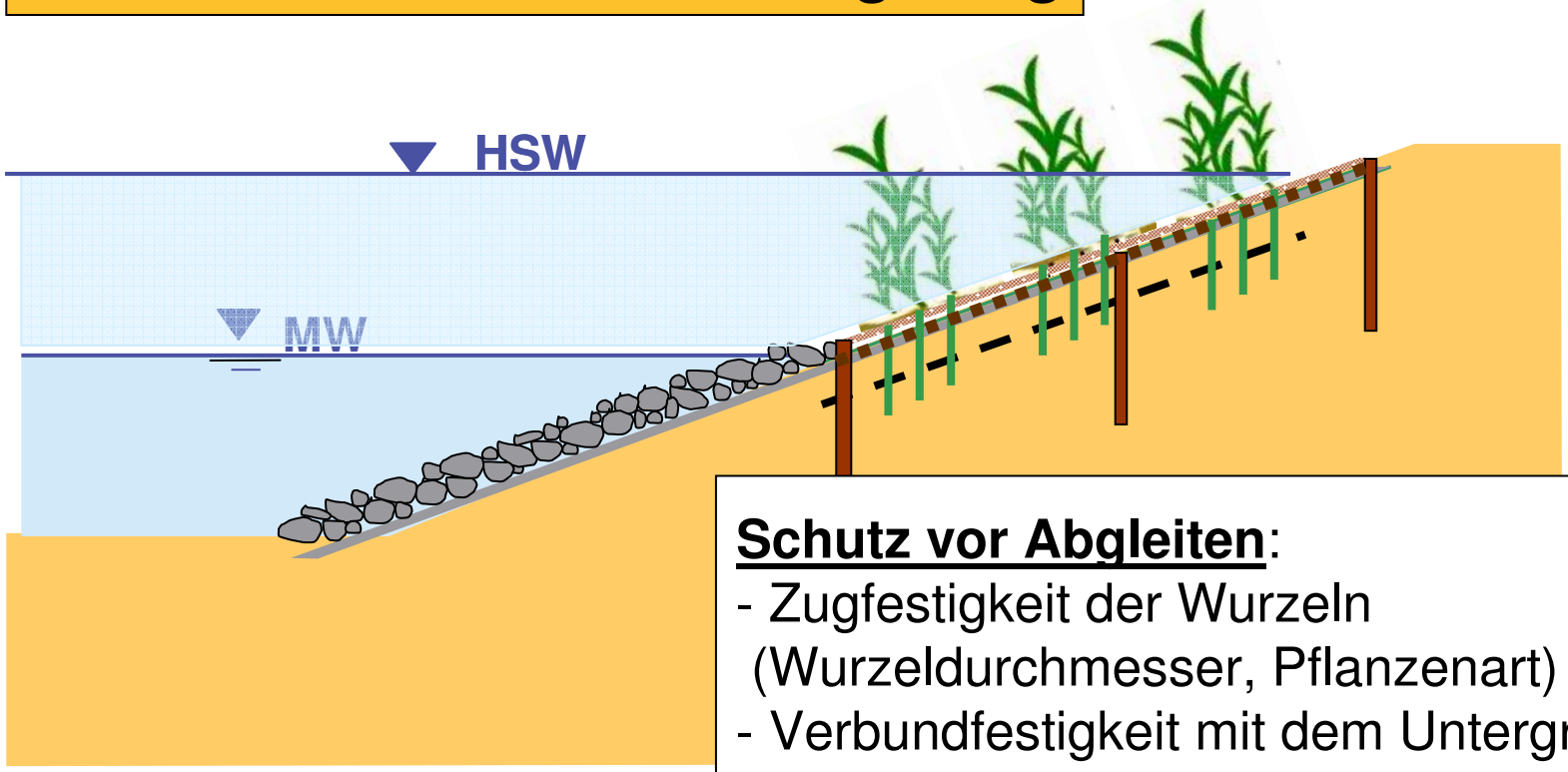
z_a = 0,90 m (MAR, 2008)

Neigung	erf. c‘
1 : 3	**3 kN/m²**
1 : 4	**2,3 kN/m²**
1 : 8	**1,1 kN/m²**



Anfangszustand: Keine Wurzeln!

Einzelwurzeln/ Bodenvernagelung



<u>Schutz vor Abgleiten</u>:
- Zugfestigkeit der Wurzeln (Wurzeldurchmesser, Pflanzenart)
- Verbundfestigkeit mit dem Untergrund (Wurzellänge)
- Anzahl und Abstand der Wurzeln

→ **Standsicherheitsnachweis**

Durch Einzelwurzeln <u>kein</u> Schutz vor hydrodynamischer Bodenverlagerung

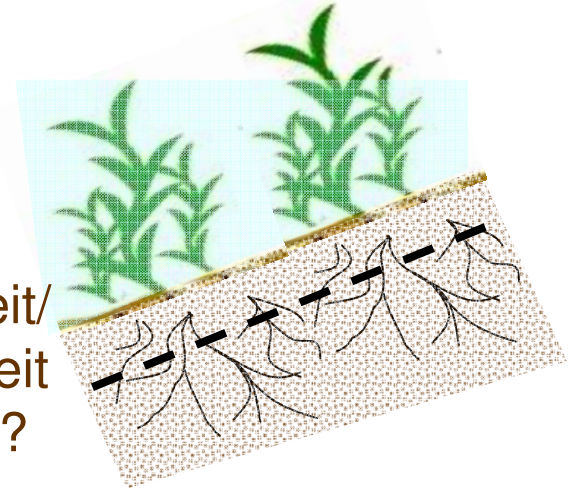
Keine definierten Abmessungen!

Anfangszustand: Keine Wurzeln!

<u>Befestigungen</u>!

Pflanzliche Ufersicherungen

1. **Sicherheit im Anfangszustand? (Befestigungen)**
2. **Wurzelentwicklung? (Wurzeldurchmesser, -länge, Durchwurzelungsgrad)**



Scherfestigkeit/ Durchlässigkeit des Bodens??

↓

Böschungsneigung

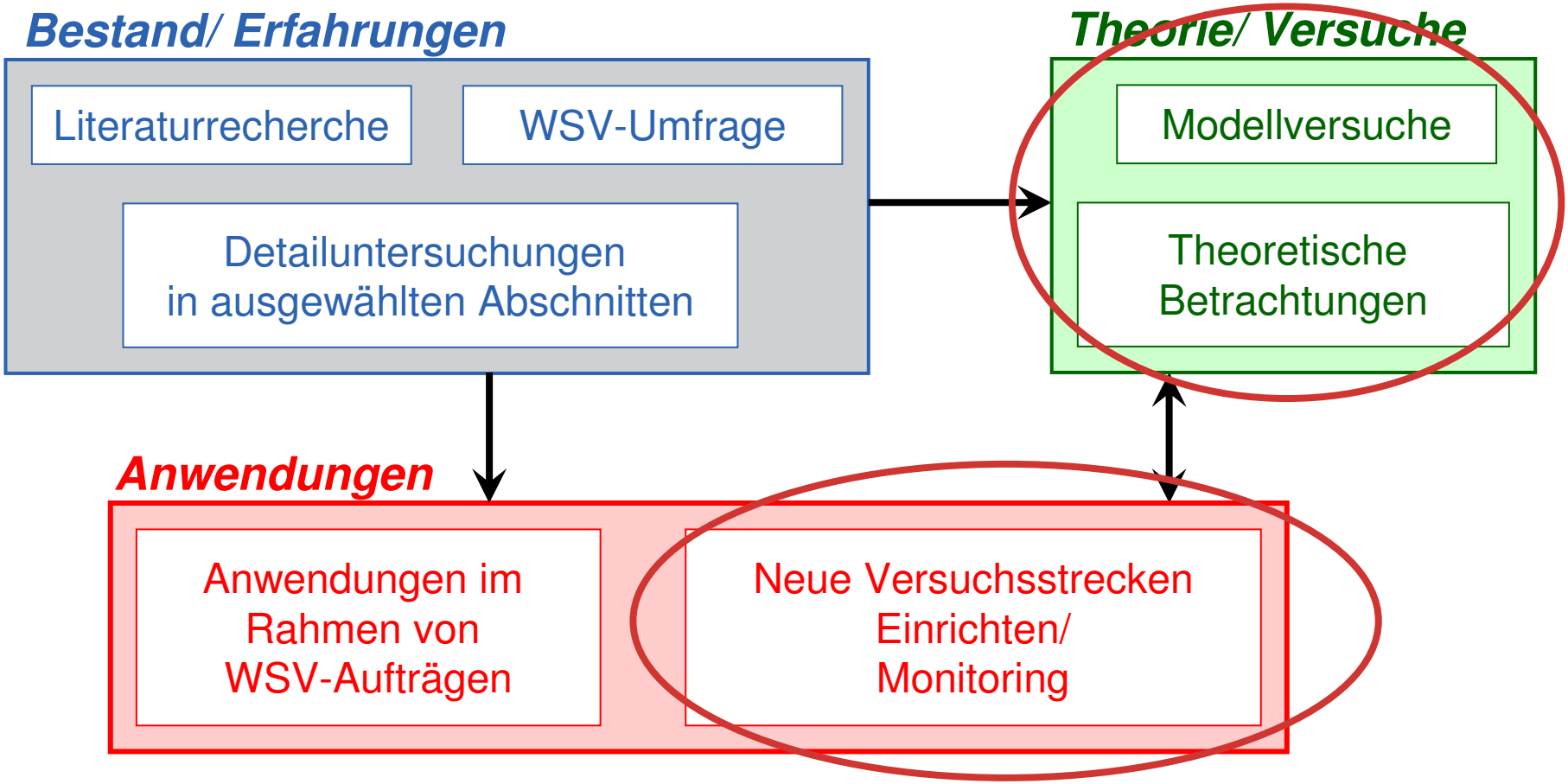
↓

Zulässige Belastungen?

- Filterstabilität?
- Oberflächenerosion?
- Einbaubedingungen?
- Witterungseinflüsse?
- Überstau?
- Pflege?
- Kosten?

Ökologie!!

Forschungsprojekt der BAW und BfG
Alternative technisch-biologische Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen



Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

Ziel: Bemessungsvorschrift

Weidenspreitlagen

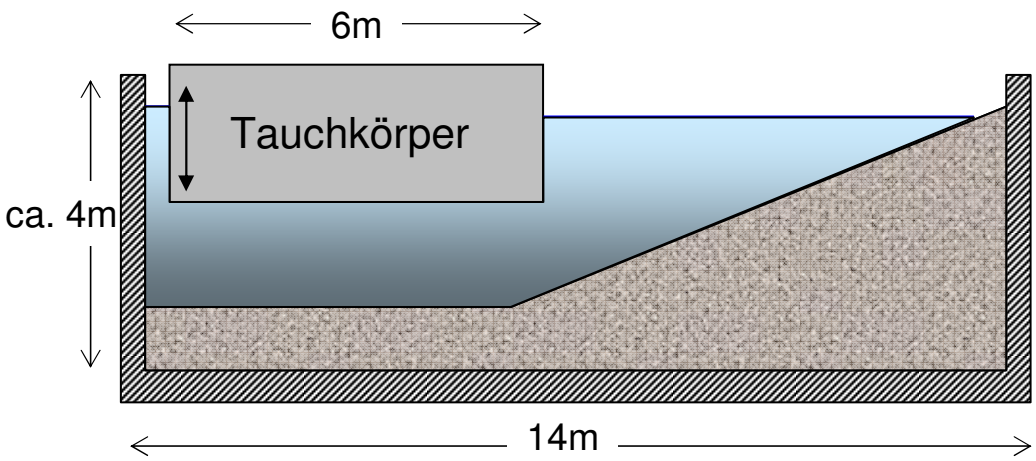
Austriebsfähige Weidenäste

Wurzelentwicklung in Abhängigkeit von der Zeit?

Scherfestigkeit/ Durchlässigkeit des Bodens??

Zulässige Belastungen

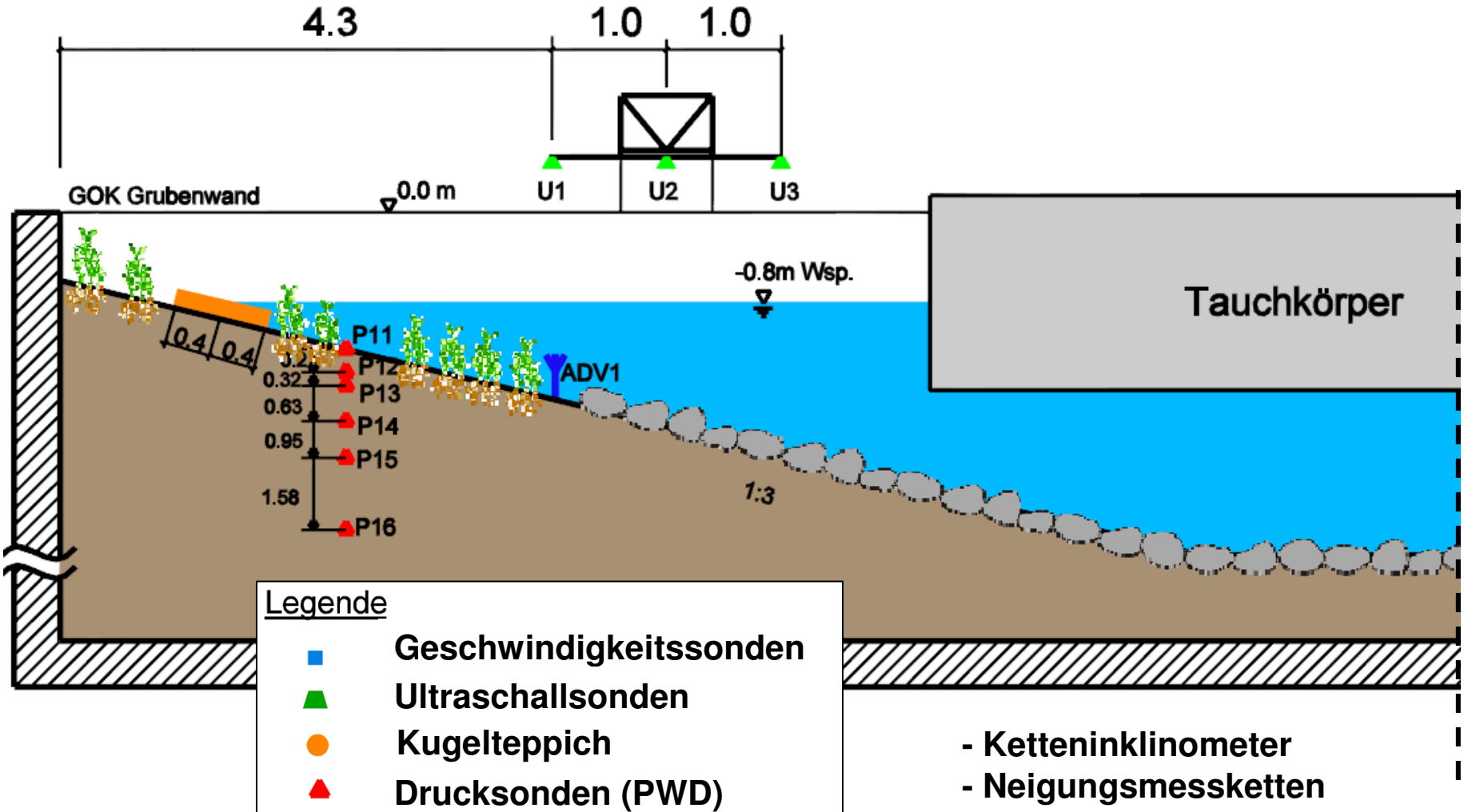
Wellenbecken



Maße:
Becken 14m x 8m x 4m (L x B x T)
Tauchkörper 6m x 7,7m

Regelung des Tauchkörpers:
- Hub- und Senkgeschwindigkeiten
- Haltezeiten
- Amplitude

Messtechnik im Wellenbecken



- Ketteninklinometer
- Neigungsmessketten

Einbau der Weidenspreitlagen - Mai 2011

Weidenspreitlagen im Versuchsfeld

Ausgrabung im Versuchsfeld am 17.11.2011

(nach 6 Monaten)

Vorbereitung Scherversuche

Versuche im Wellenbecken

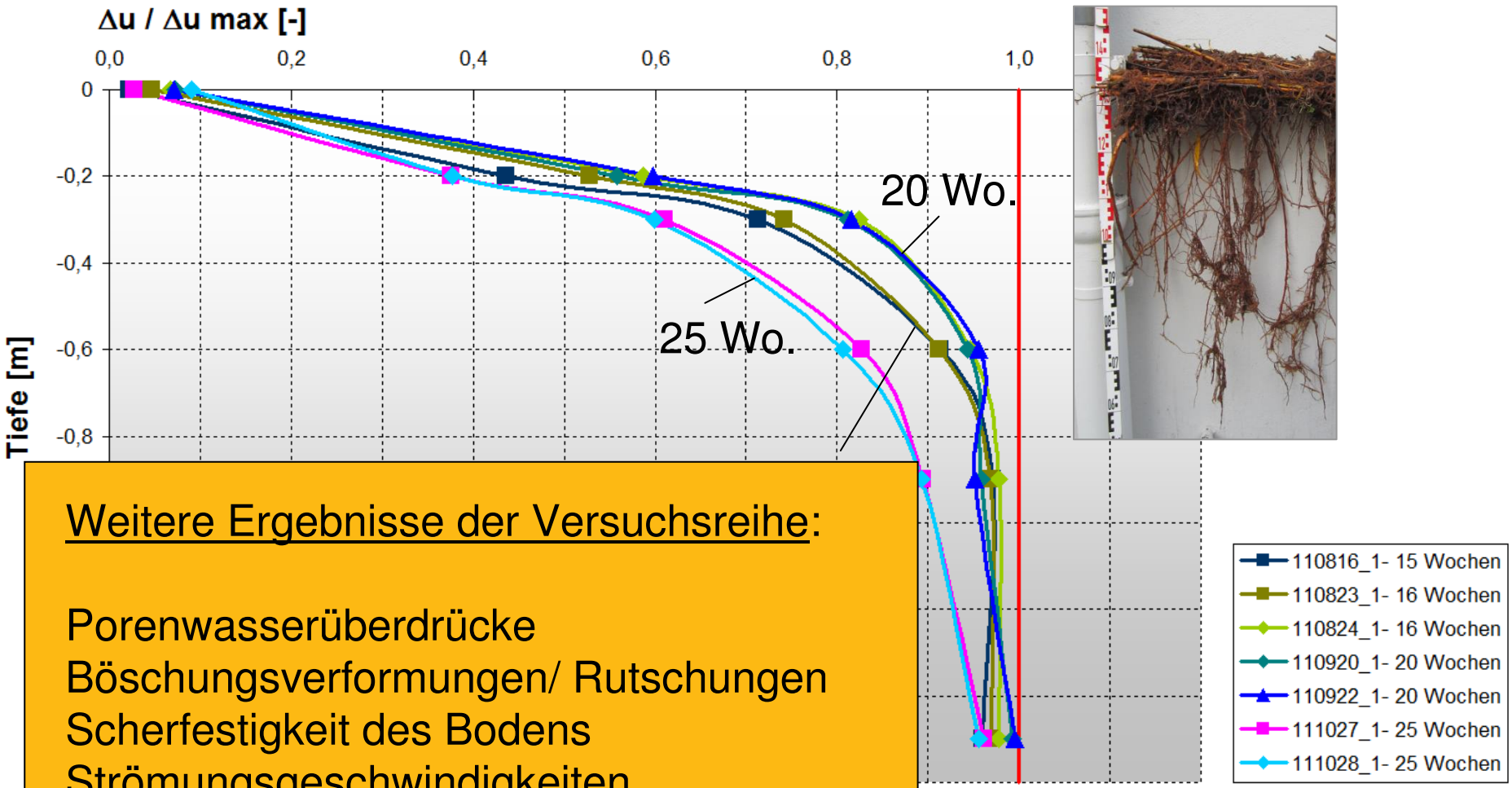
Absunktiefen: 7 … 48 cm
Absunkzeiten: 2 … 14 s

Weidenspreitlage nach 2,5 Monaten

Weidenspreitlage nach 5 Monaten

Versuche und Auswertungen noch nicht abgeschlossen

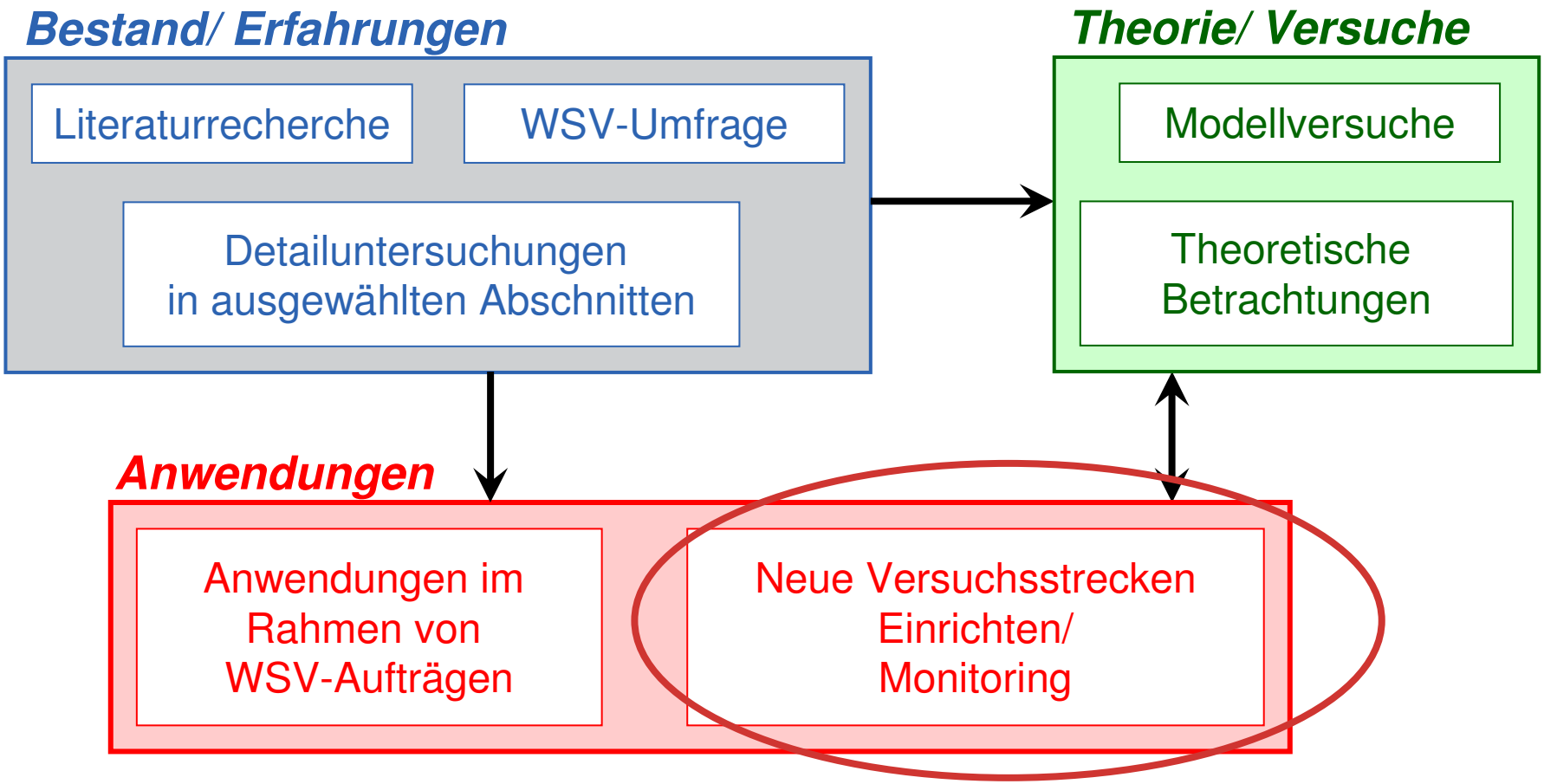
Ergebnisse - Porenwasserüberdrücke in Abhängigkeit vom Wurzelwachstum

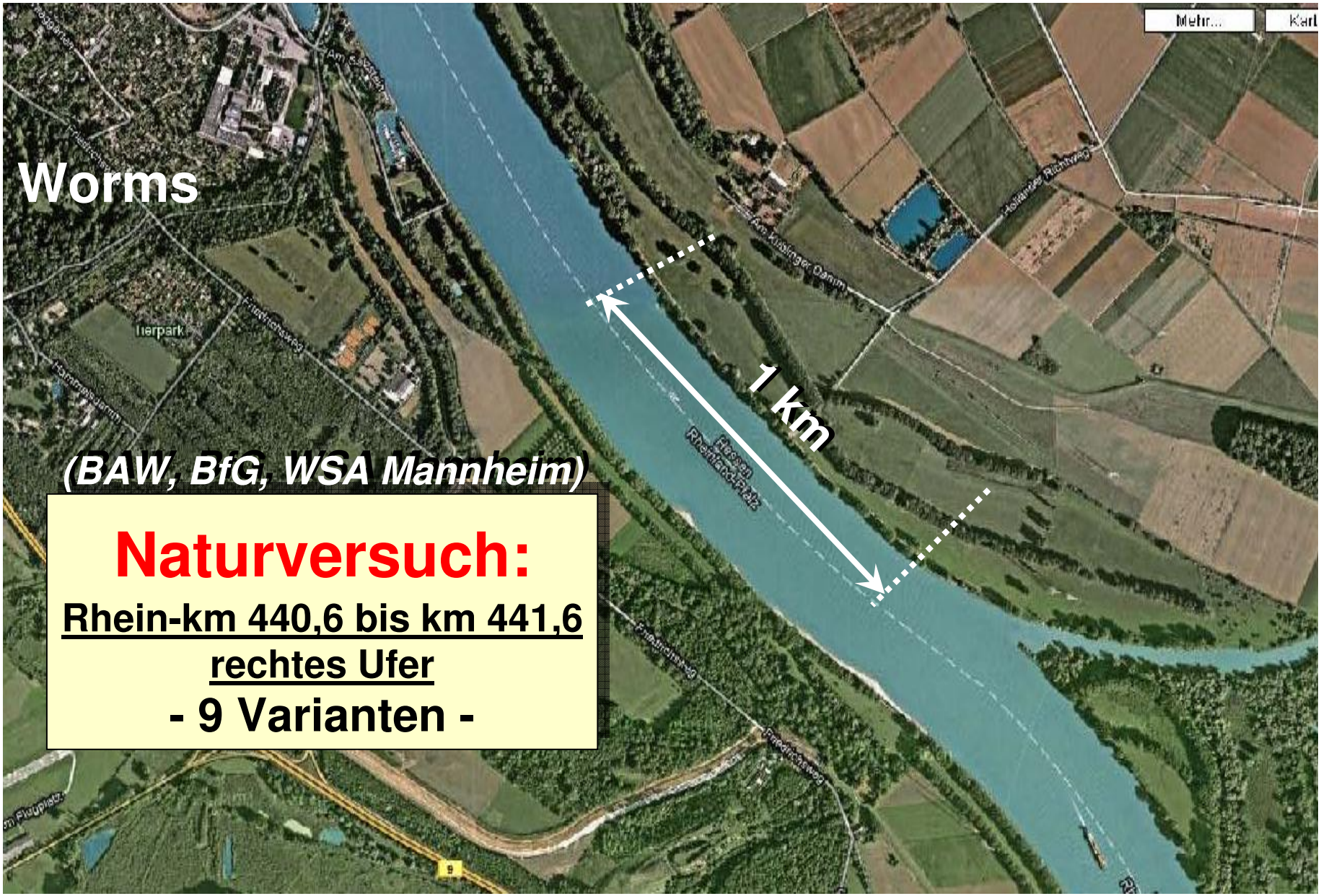


<u>Weitere Ergebnisse der Versuchsreihe</u>:

Porenwasserüberdrücke
Böschungsverformungen/ Rutschungen
Scherfestigkeit des Bodens
Strömungsgeschwindigkeiten
…..
Aufnehmbare hydraulische Belastungen

Forschungsprojekt der BAW und BfG
Alternative technisch-biologische Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen





Naturversuch:

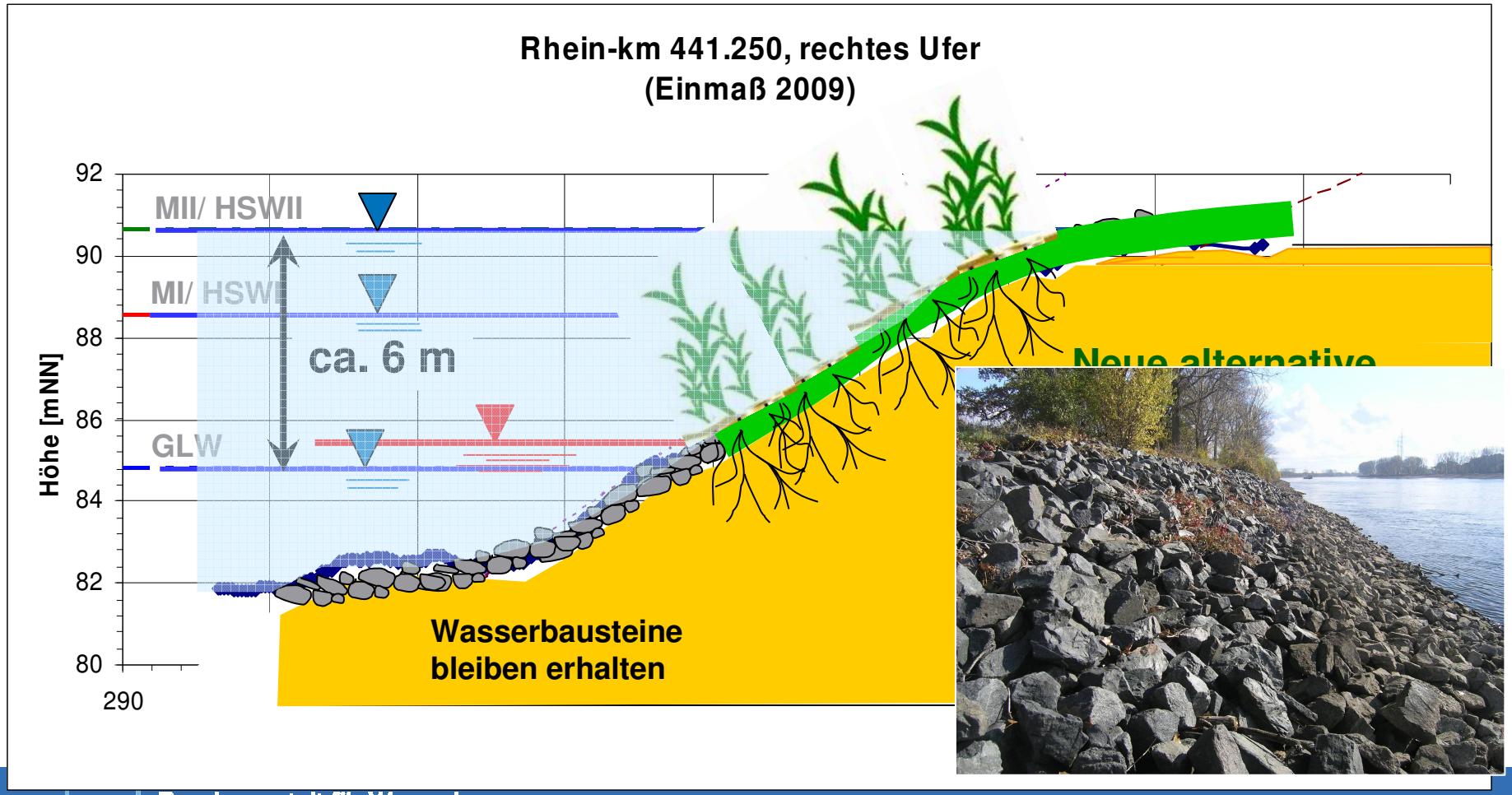
Rhein-km 440,6 bis km 441,6

rechtes Ufer

- 9 Varianten -

Neun verschiedene pflanzliche Ufersicherungsarten

5 Abschnitte: Aufnahme der Steinschüttung, neue alternative Maßnahmen
4 Abschnitte: Ökologische Verbesserung der vorhandenen Steinschüttung



Weidenspreitlagen (Varianten 2 und 3)

Befestigt mit Querriegeln und Holzpflöcken, Drahtverspannung, Reisigauflagen, Übererdung

Porenwasserdruck-messungen im Boden (Vergleich Wellenbecken)

Vorgezogene Pflanzmatten (Variante 7)

Befestigt mit Querriegeln und Holzpflöcken, verschiedene Filtermatten

Röhrichtgabionen (Variante 5)

Pflanzliche und technische Komponenten,
verlegt auf Kornfilter

Mehr Stabilität durch Eigengewicht!

<u>Erste Erfahrungen</u>:

- Einbau
- Anfangszustand
- Hochwasser
- Einflussfaktoren

Ökologische Aufwertung der Steinschüttung (Variante 4) - Kies, Einzelsteine, Totholzfaschinen -

MONITORING:

- Uferschutzmaßnahmen, Vegetation
- Ufergeometrie, Uferstabilität
- Porenwasserüberdrücke im Boden
- Hydraulische Uferbelastungen
- Einflüsse aus Wetter und Rheinwasserständen
- Fauna (Fische, Laufkäfer, Spinnen, Makrozoobenthos, Vögel)
- Ökologie
- Pflege-/ Unterhaltungsmaßnahmen
- Schäden und Instandsetzungsmaßnahmen

→ **Zunächst bis 2016**

Fazit/ Ausblick

- Untersuchungen dauern noch an
- Kritischer Anfangszustand!
- Viele Einflussfaktoren!
- Praktische Erfahrungen wichtig!
- Langzeiterfahrungen über mehrere Vegetationsperioden!
- Bereits vorliegende Erfahrungen und Ergebnisse:

http://ufersicherung.baw.de/de/index.html

- Langfristig Bemessungsgrundlagen