Bundesanstalt für Wasserbau
Kompetenz für die Wasserstraßen

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

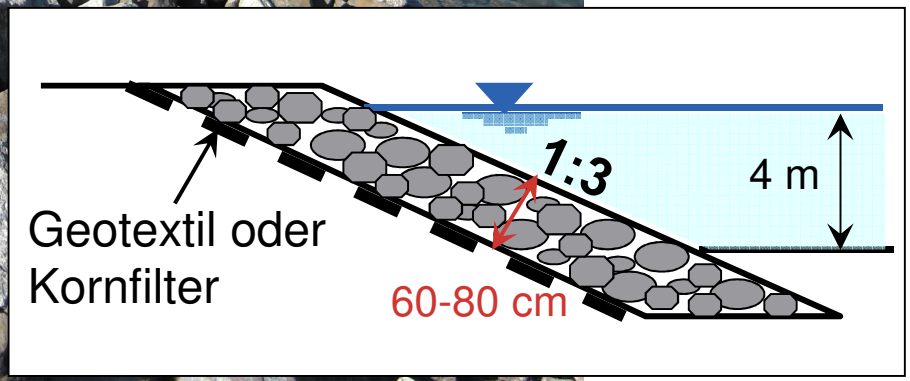
21. und 22. November 2013
Bundesanstalt für Wasserbau in Karlsruhe

# Geotechnische Grundlagen und aktuelle Forschungsergebnisse der BAW

www.baw.de

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

**21.11.2013**




**Wie können Pflanzen den Uferschutz an Wasserstraßen gewährleisten?**

**Welche Anforderungen sind zu stellen?**

## Merkblätter

- MAR - Regelbauweisen
- MAK - Kornfilter
- MAG - Geotextil

....

## Richtlinien/ DIN

- TLW / TLG Technische Lieferbeding.
- DIN EN 13383 - - Wasserbausteine

....

## Berechnungs-grundlagen/ Software

- GBB *(BAW-Mitt. Nr. 87)* - Bemessung Böschungs-sicherungen (GBB-Soft)

**Erfahrungen!!**

# Ufersicherungsmaßnahmen: Erforderliche Nachweise

Gesamtstand-sicherheit

(DIN 4084, DIN 1054)

Porenwasserüberdruck infolge Wasserspiegelabsunk

Lokale Sicherheit gegen Abgleiten (GBB)

Lokale Sicherheit gegen hydrodynamische Bodenverlagerung (GBB)

Strömungsgeschwindigkeiten, Wellenhöhen, Hydraulisches Gefälle

Sicherheit gegen Oberflächenerosion (äußere Erosion) (GBB, DWA-Merkblatt)

Sicherheit gegen innere Erosion, Kontakterosion (Filterstabilität) MAG, MAK, MMB (neu)

| Maßnahme nur mit Pflanzen | Kombination aus Pflanzen und technische Komponenten | Technische Maßnahme |
|---|---|---|

**Ökologie**

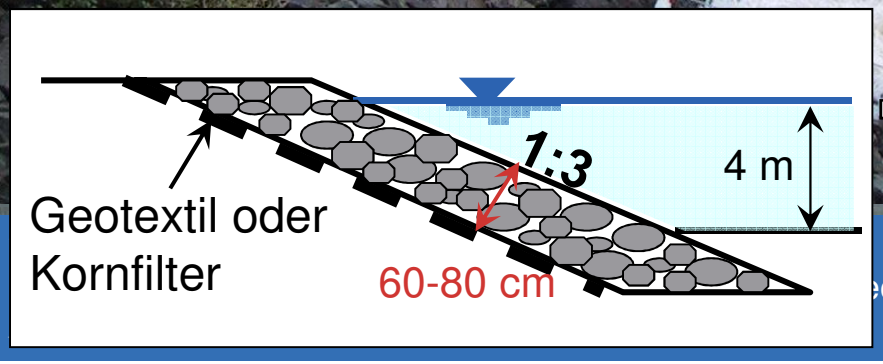
**Uferschutz/ Belastbarkeit**

**Hydraulische Belastungen sind maßgebend!**

# Hydraulische Belastungen

- Rückströmung
- Heckwelle
- Wiederauffüllungsströmung
- (natürliche Strömung)

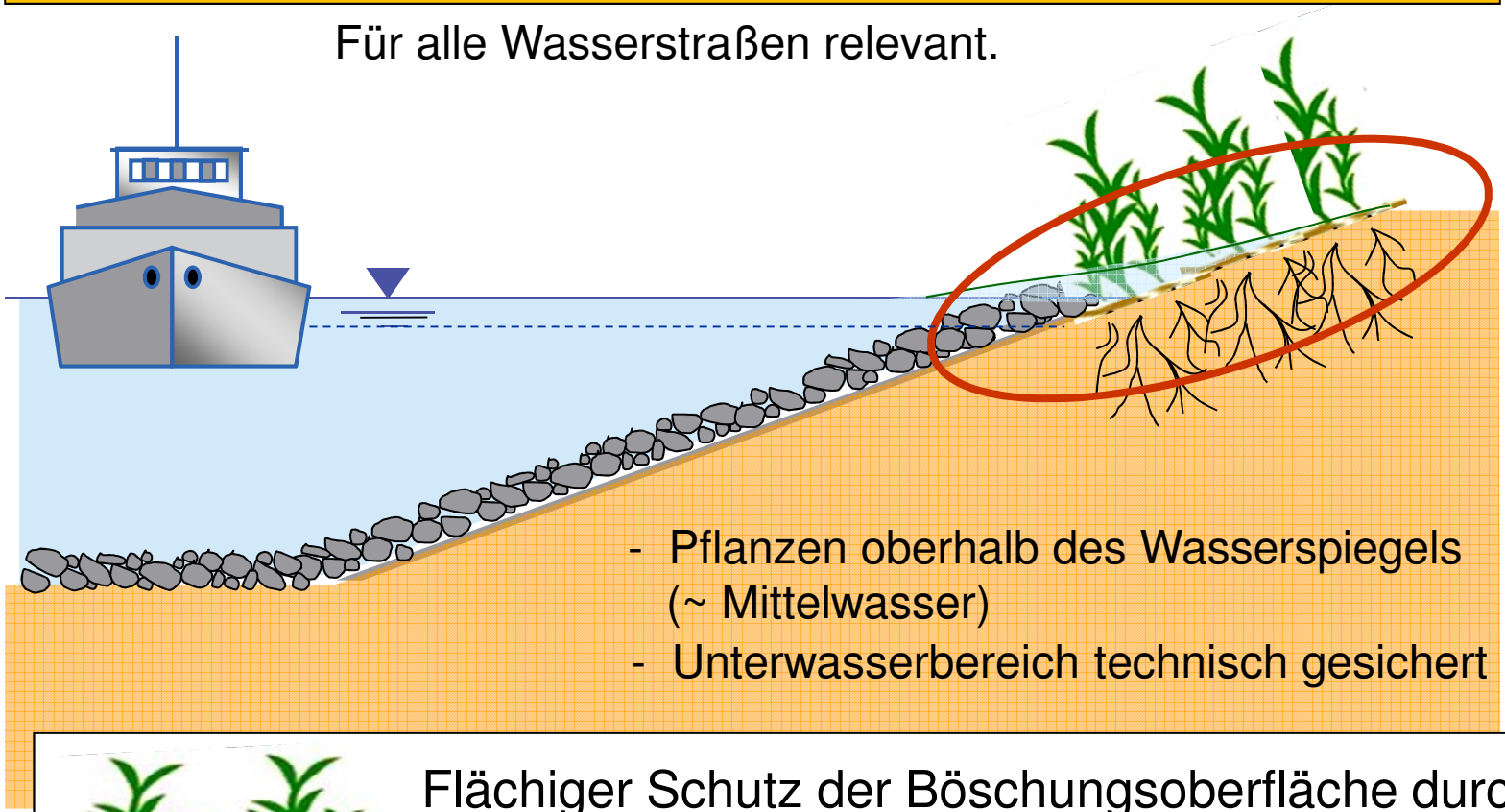
**Oberflächenerosion**




⇨ Ausreichende Einzelsteingröße

# Schutz vor Oberflächenerosion durch Pflanzen?

Für alle Wasserstraßen relevant.



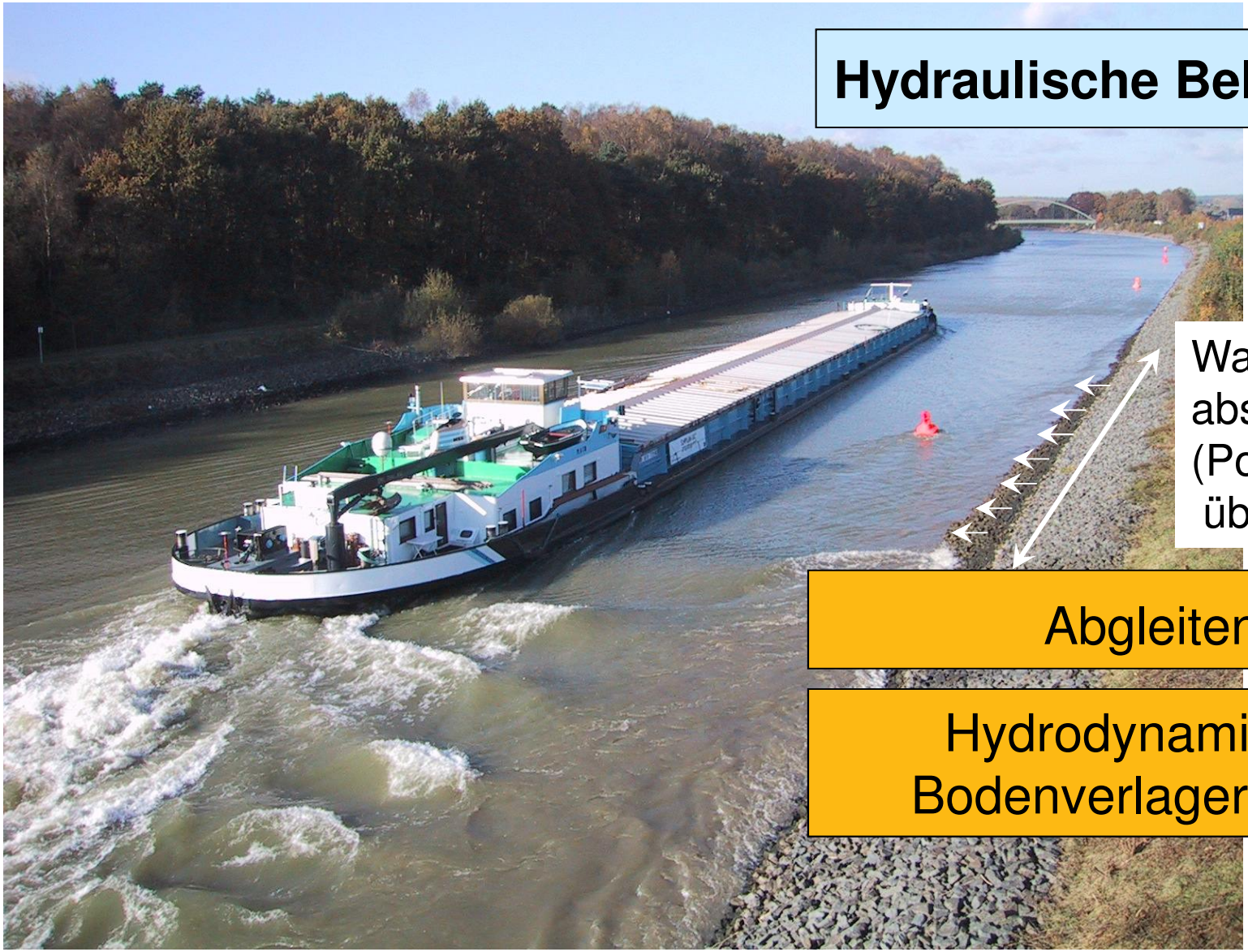
- Pflanzen oberhalb des Wasserspiegels (~ Mittelwasser)
- Unterwasserbereich technisch gesichert

<u>Flächiger</u> Schutz der Böschungsoberfläche durch oberirdische Pflanzenteile und oberflächennahes, enges Wurzelgeflecht

**Erfahrungen aus kleineren Fließgewässern (zul. v, $\tau$)**
*(Vortrag Söhngen)*

→ Vorgehensweise im Merkblatt

# Hydraulische Belastungen

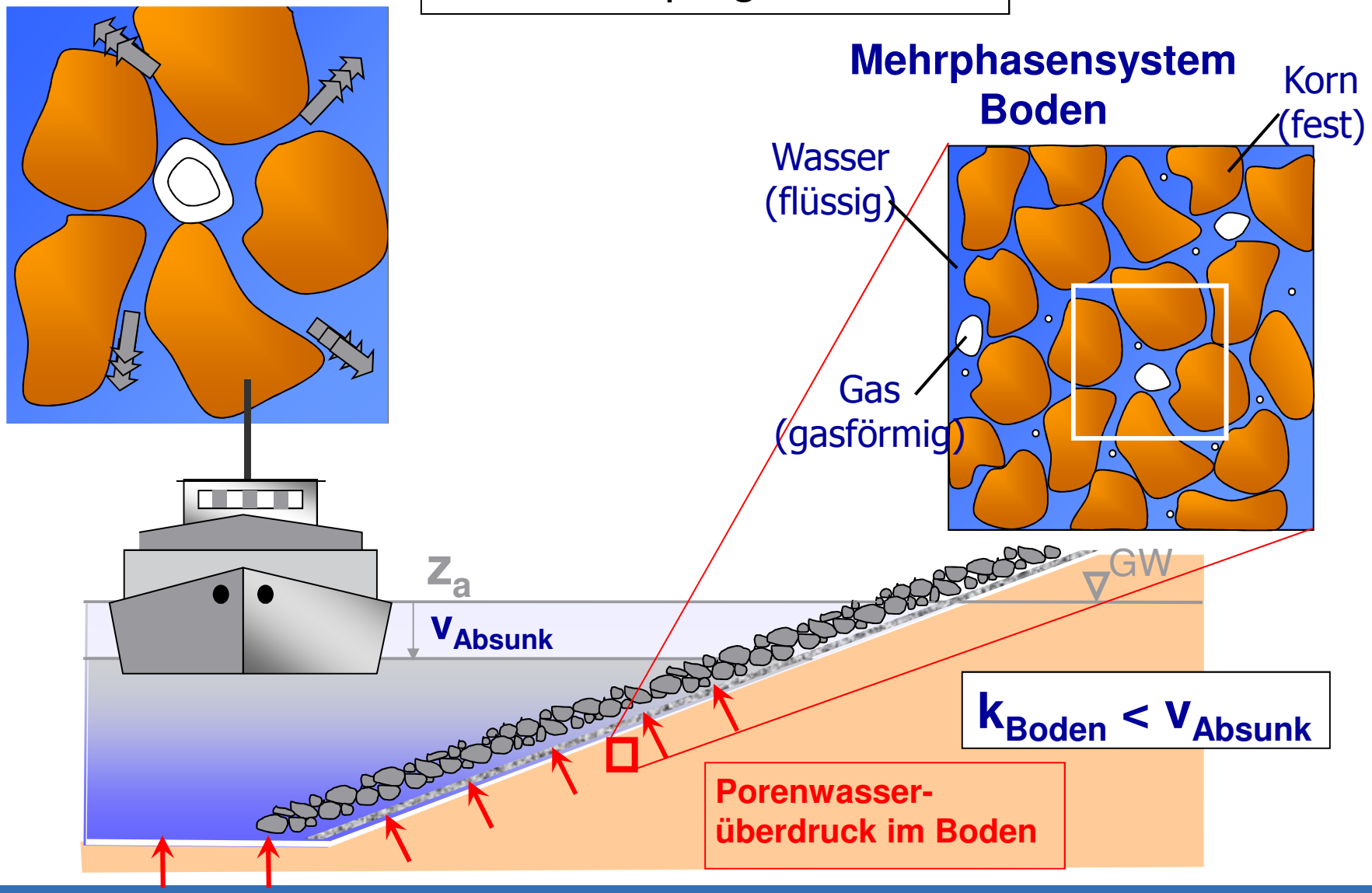


Wasserspiegel-
absunk
(Porenwasser-
überdruck)

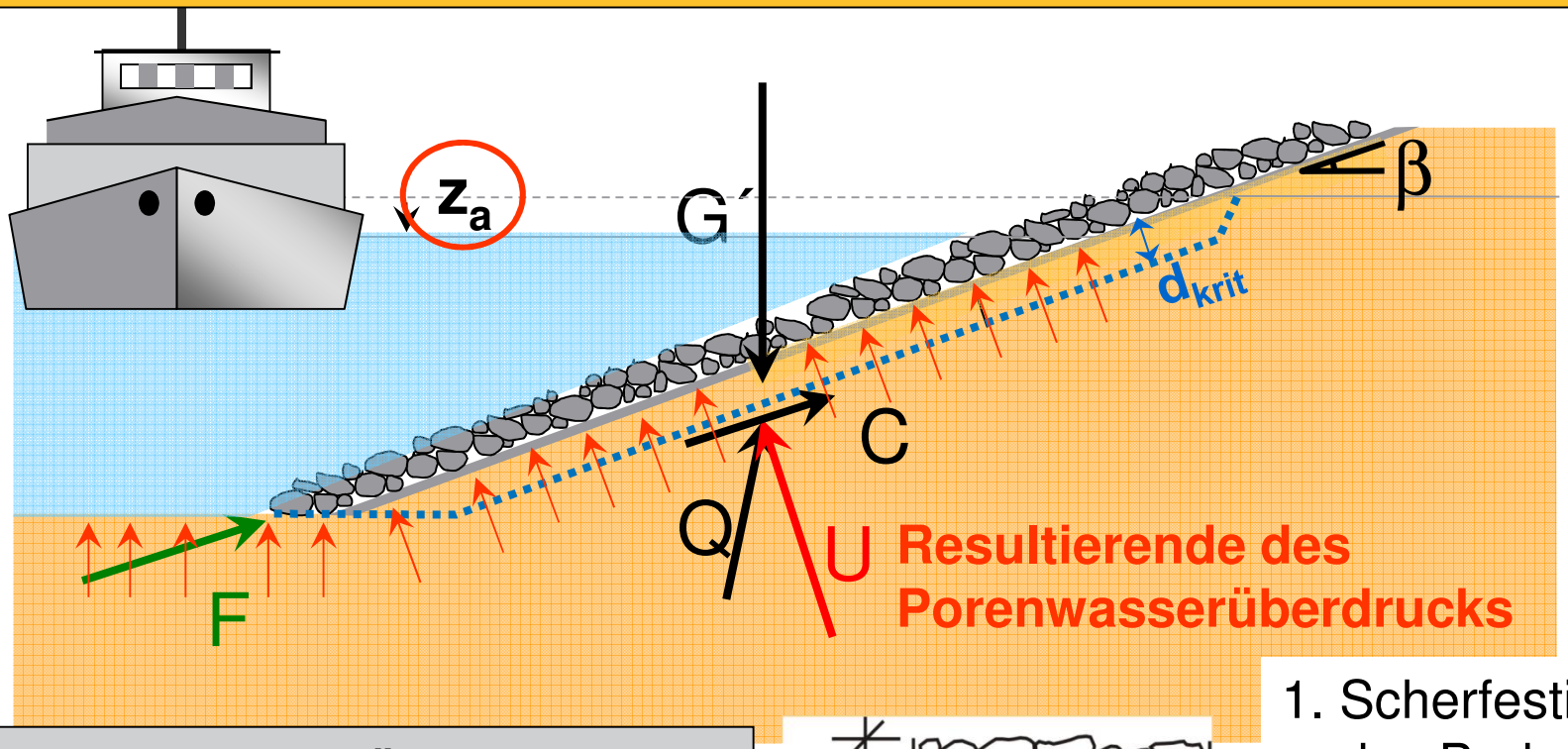
Abgleiten

Hydrodynamische
Bodenverlagerungen

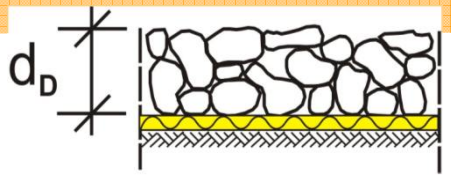
# Wasserspiegelabsunk



# Abgleiten/ Hydrodynamische Bodenverlagerung




**Ausreichendes Flächengewicht**




1. Scherfestigkeit des Bodens
2. Böschungs-winkel
3. Durchlässigkeit des Bodens
4. Hydraulische Belastung

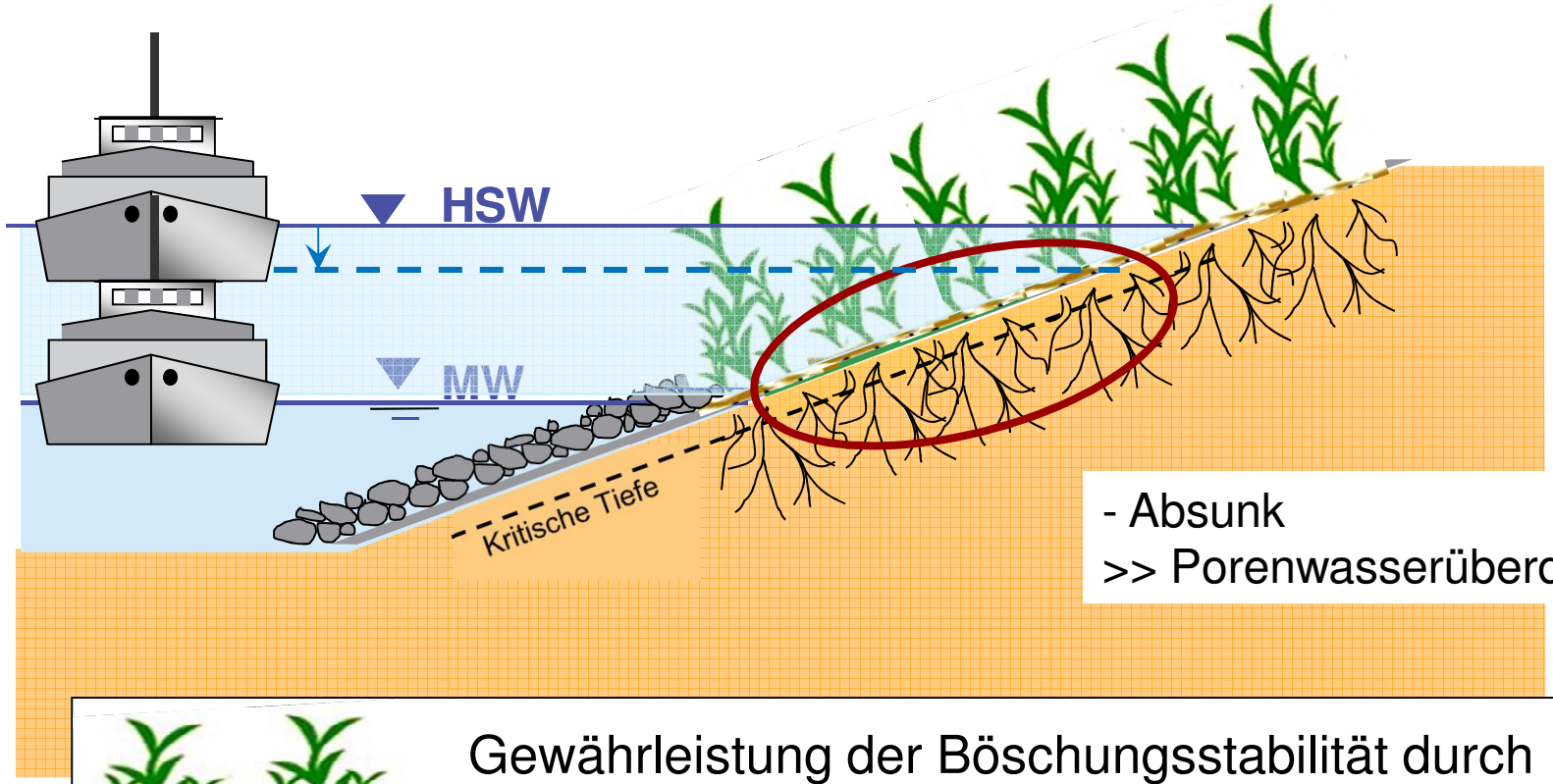
[GBB]

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

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

# Gewährleistung der Standsicherheit (Abgleiten)?

Nur für Wasserstraßen mit Wasserspiegelschwankungen relevant.



Gewährleistung der Böschungsstabilität durch tiefe Wurzeln (kein zusätzliches Flächengewicht)

→ Veränderung der Bodeneigenschaften

Scherfestigkeit/ Durchlässigkeit

→ Untersuchungen noch nicht abgeschlossen
Konservative Vorgehensweise im Merkblatt

# Erforderliche Kohäsion des durchwurzelten Bodens

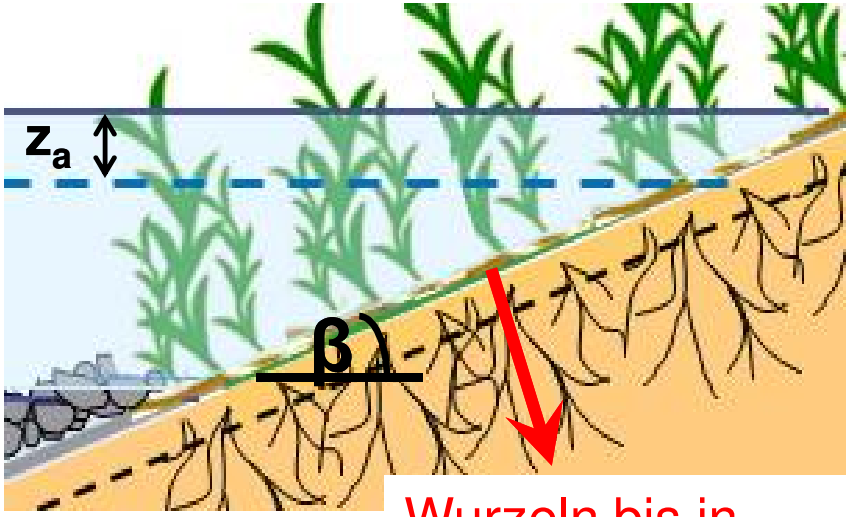
$$c' \geq \Delta u \tan\beta$$

**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** |




Wurzeln bis in erforderliche Tiefe

**Anfangszustand: Keine Wurzeln!**

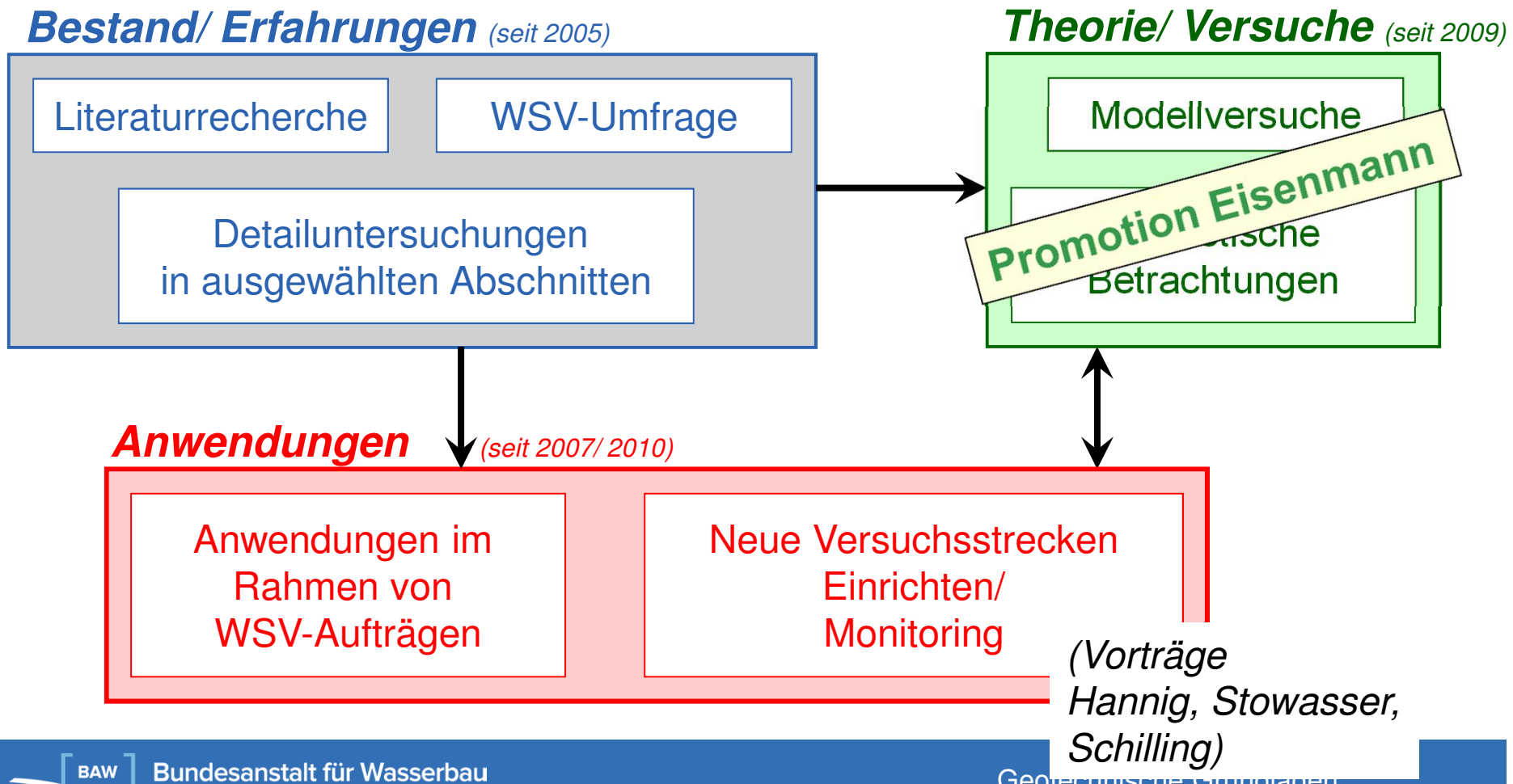
## Hauptfragestellungen

- Scherfestigkeit/ Durchlässigkeit des Bodens in Abhängigkeit von der Wurzelentwicklung (quantitativ)? (Lokale Sicherheit ohne Flächengewicht?)
- Welche hydraulischen Belastungen infolge Schifffahrt sind aufnehmbar – sofort und langfristig?
- Ökologische Wirksamkeit?

**<u>Forschungsprojekt</u>: Technisch-biologische Ufersicherungen**
**Quantifizierung ihrer Belastbarkeit und Möglichkeiten der Anwendung an Binnenwasserstraßen**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **BAW** | Erdbau und Uferschutz (G4) (Federführung) | Schiff/ Wasserstraße Naturuntersuchungen (W4) | → Technische Fragestellungen |
| **BfG** | Vegetationskunde, Landschaftspflege (U3) | Tierökologie (U4) | → Biologische und ökologische Fragestellungen |

# BAW/ BfG - Forschungsprojekt: Technisch-biologische Ufersicherungen Quantifizierung ihrer Belastbarkeit und Möglichkeiten der Anwendung an Binnenwasserstraßen

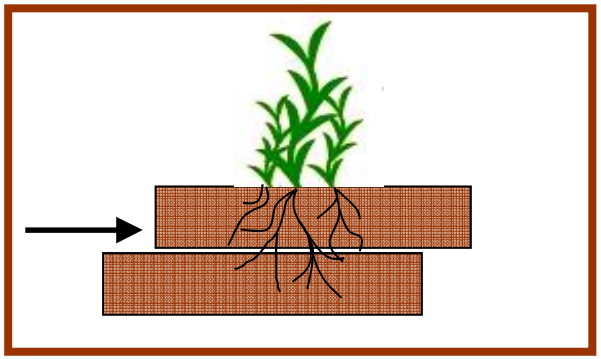


# Versuche mit Weiden (salix purpurea und salix viminalis)

## Wachstumsversuche

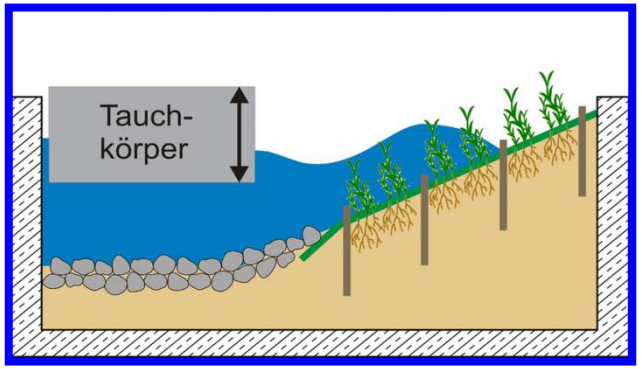
- Wurzel- und Sprossentwicklung
- Durchwurzelungsgrad
- Einfluss Filtervlies

## Laborversuche



- Eigenschaften des durchwurzelten Bodens (Kohäsion, Durchlässigkeit)

## Modellversuche




- Aufnehmbare hydraulische Belastung
- Erosionsstabilität
- Porenwasserüber-drücke im Boden

**→ In Abhängigkeit vom Wurzelwachstum/ von der Zeit**

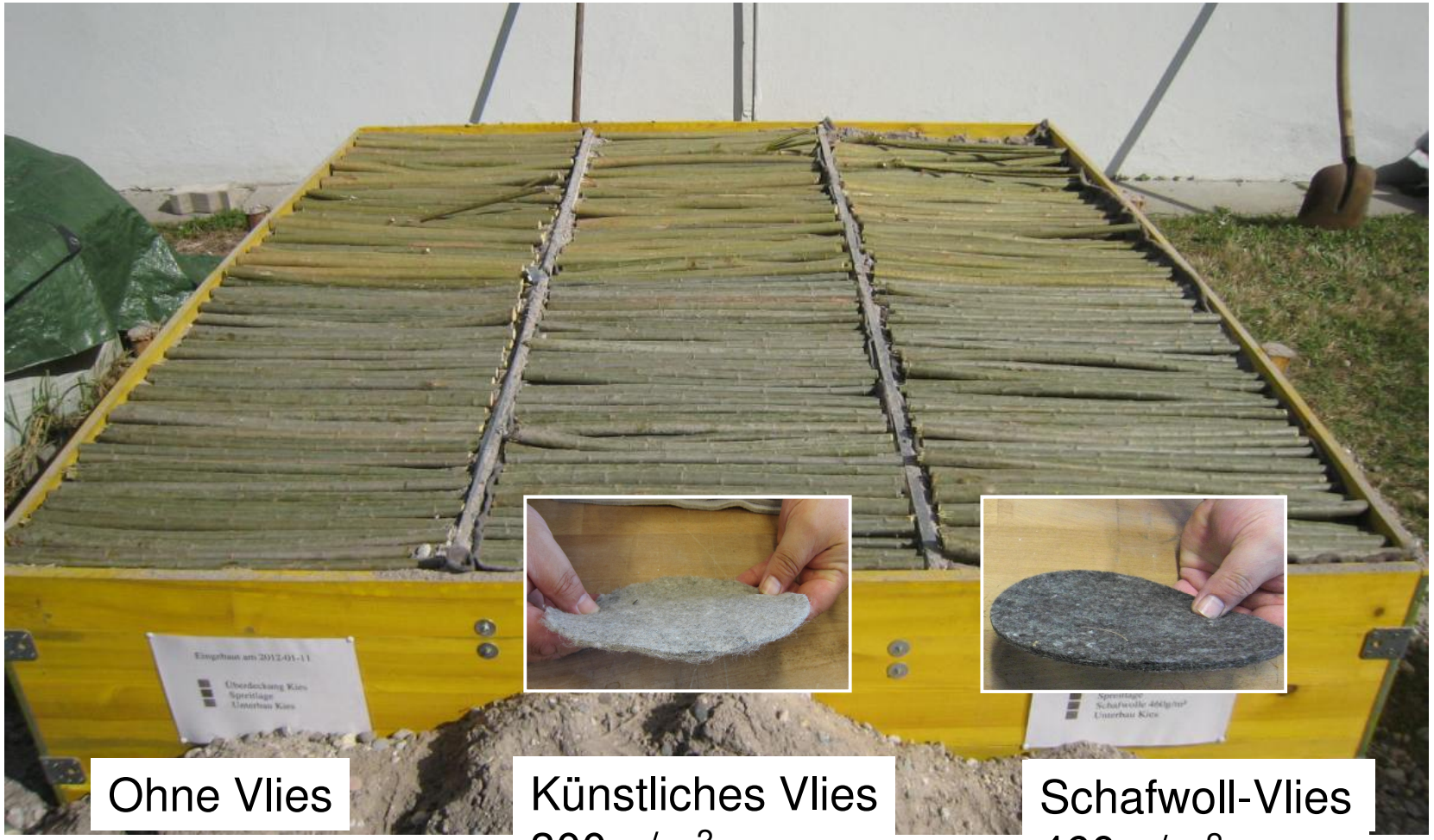
# Wachstumsversuche: Weidenspreitlagen im Versuchsfeld

# Ausgrabung im Versuchsfeld am 17.11.2011 (nach 6 Monaten)

Erfassung:
- Sprosslänge, -durchmesser
- Wurzellängen, -durchmesser
- Durchwurzelungsgrad

**- Wurzellängen > 60 cm**
**- Feines Wurzelgeflecht an der Oberfläche**

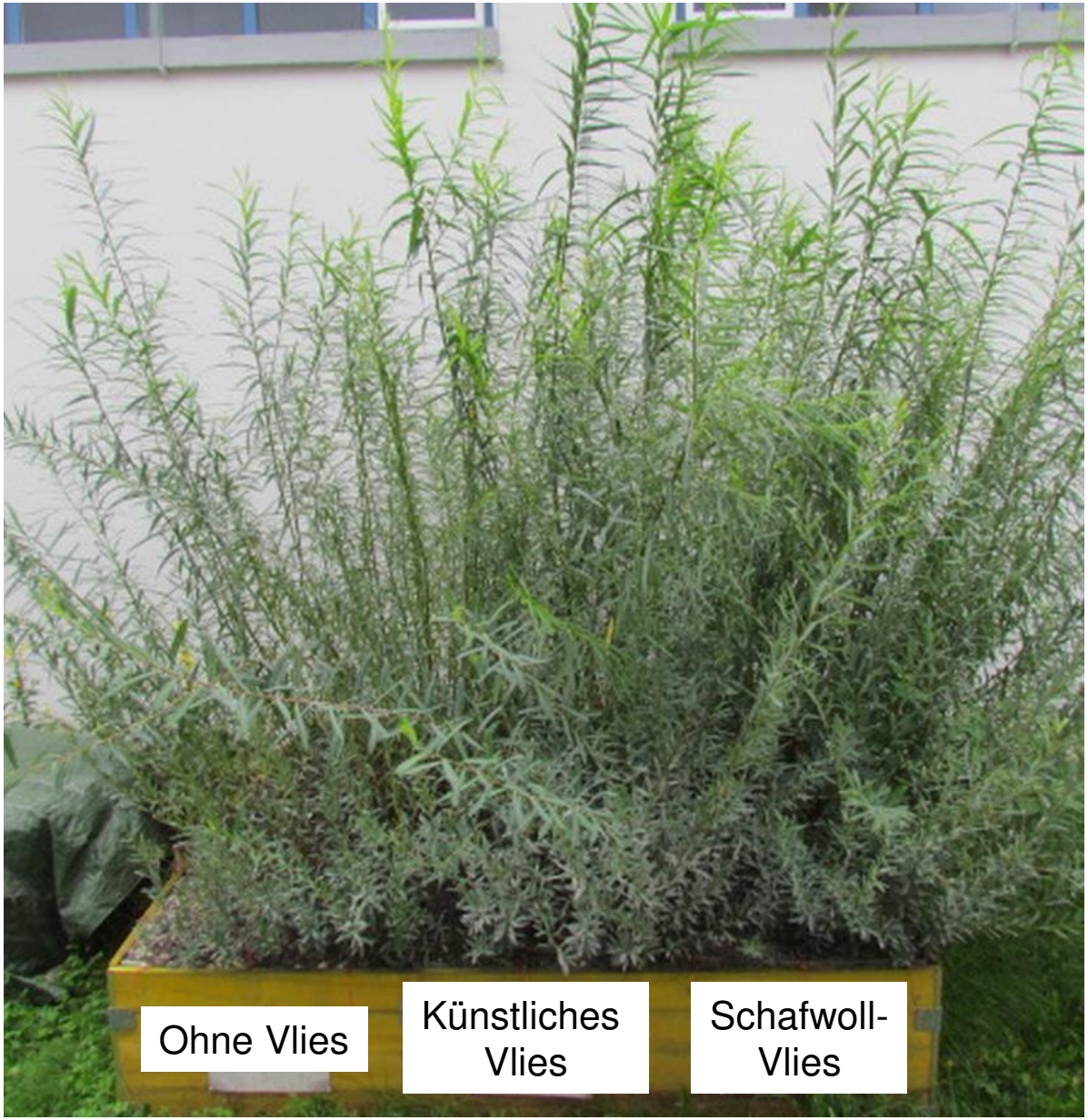
# Durchwurzelbarkeit von verschiedenen Filtervliesen



Ohne Vlies

Künstliches Vlies
300 g/m²

Schafwoll-Vlies
460 g/m²


Ohne Vlies
Künstliches Vlies
Schafwoll-Vlies

# Wurzelausgrabung nach einer Vegetationsperiode

Künstliches Vlies
300 g/m²

sehr gut durchwurzelbar

Schafwoll-Vlies
460 g/m²

zu schnell biologisch abbaubar

# Laborversuche: Vorbereitung Scherversuche

15.03.2012

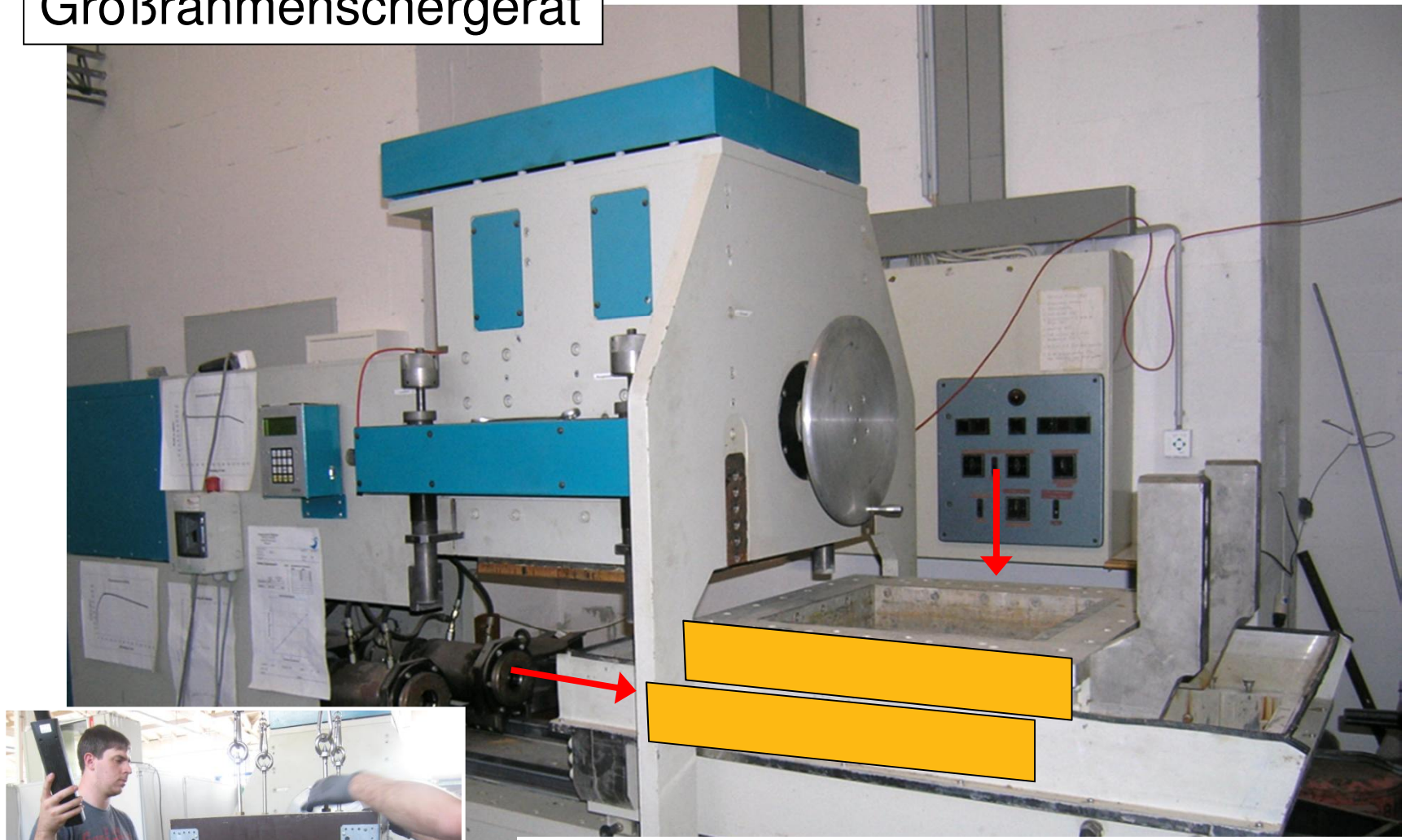
18.7.2012

17.04.2012

29.10.2012

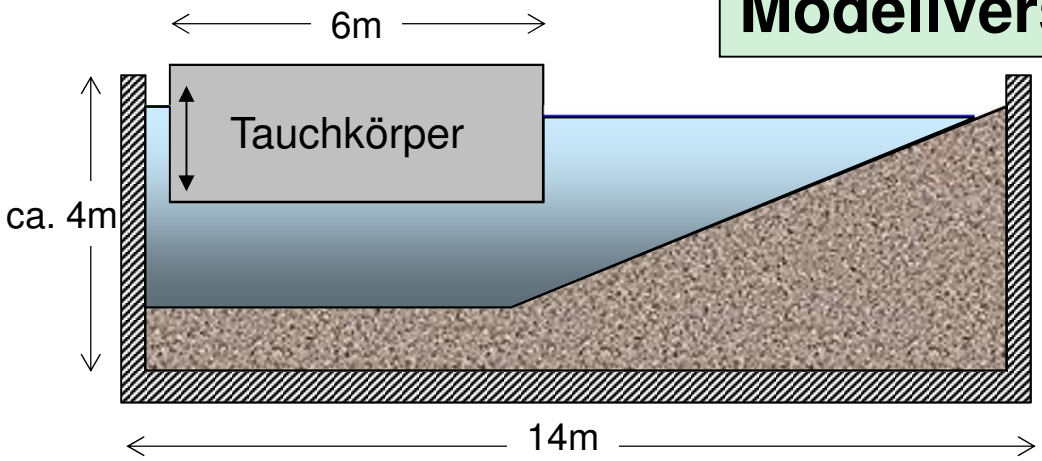
**Salix viminalis**
**(nach einem Jahr)**

# Großrahmenschergerät

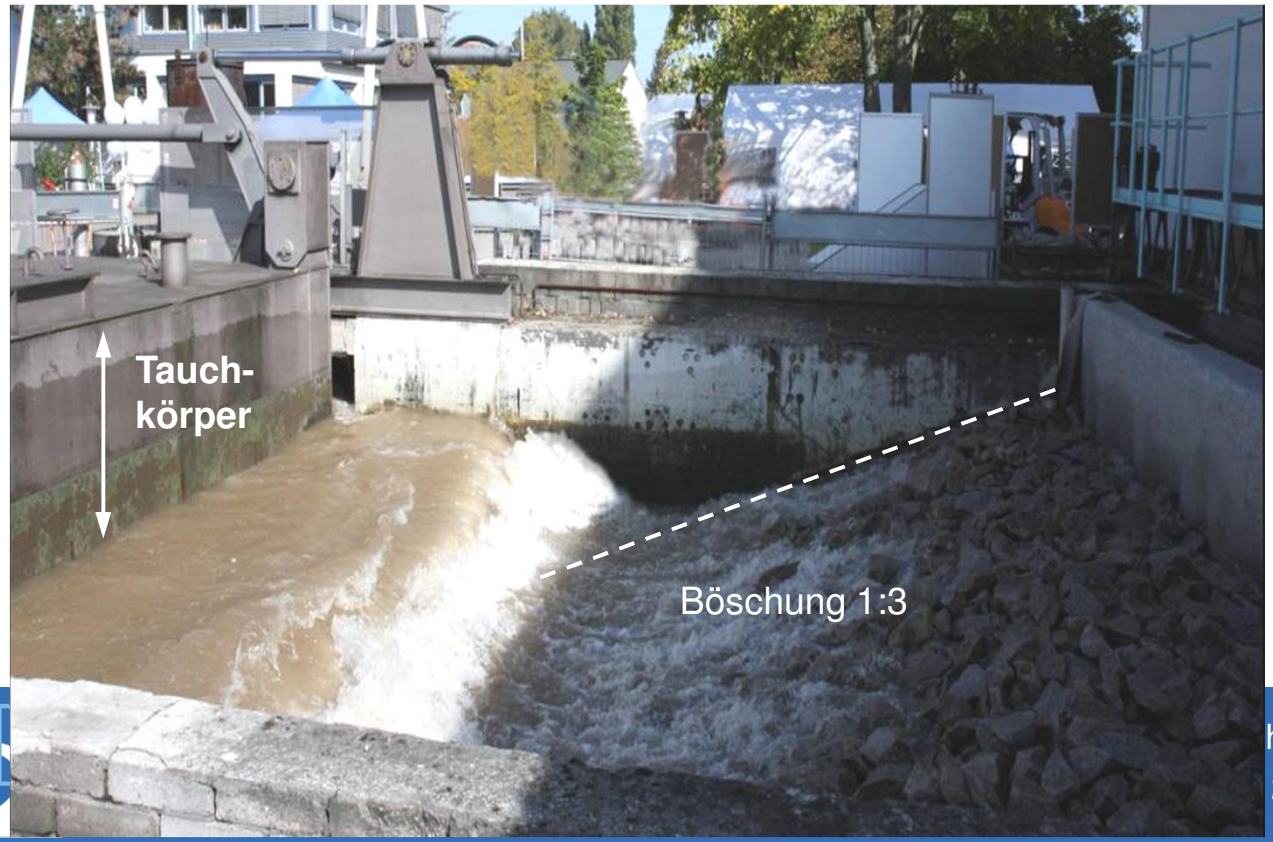


- **Scherfestigkeit des durchwurzelten Bodens**
- **Durchwurzelungsgrad (Wurzelmasse pro m²) (für Korrelationen)**

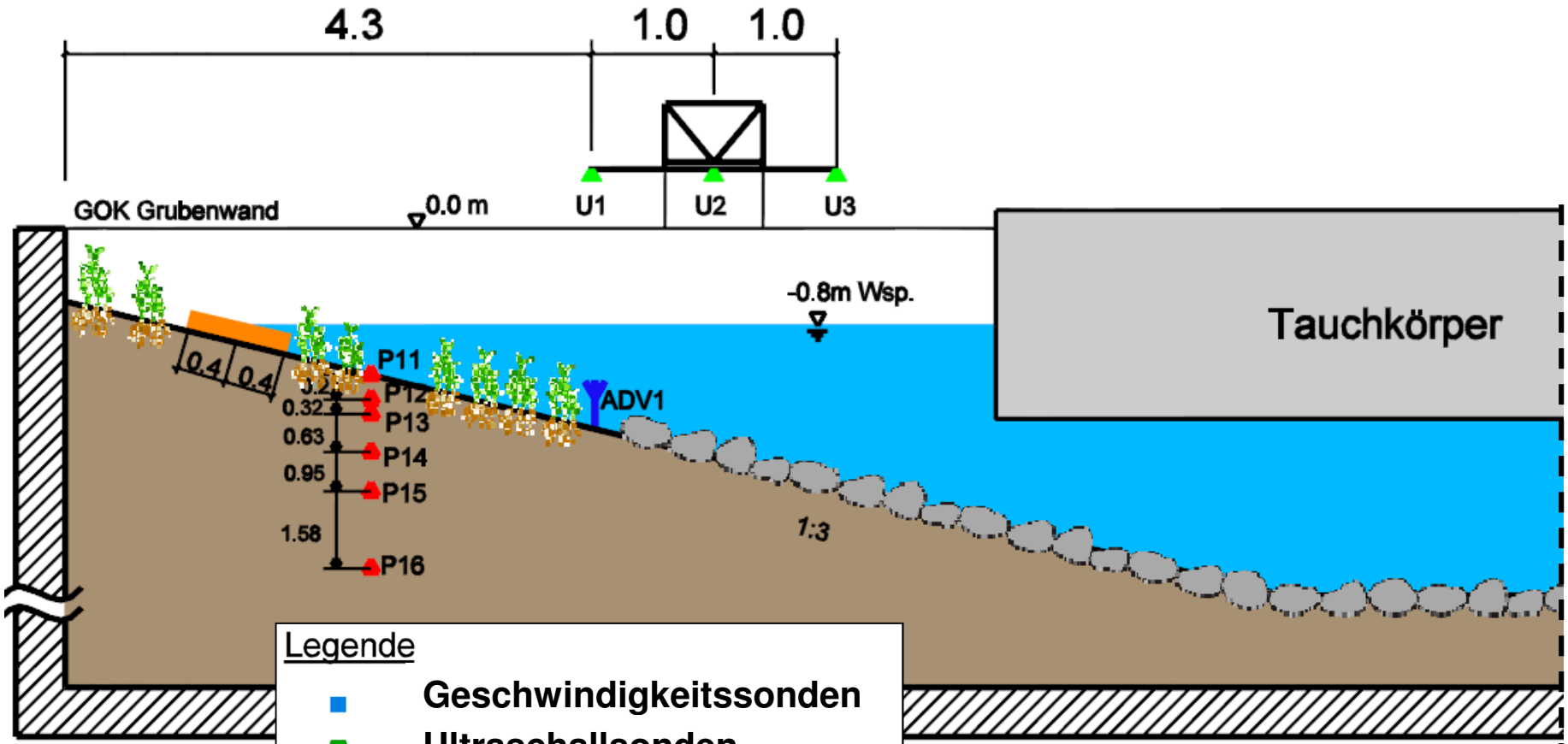
# Modellversuche in der Wellenanlage




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



# Messtechnik im Wellenbecken




Legende

- Geschwindigkeitssonden
- Ultraschallsonden
- Kugelteppich
- Drucksonden (PWD)

- Ketteninklinometer
- Neigungsmessketten

# Vorversuche

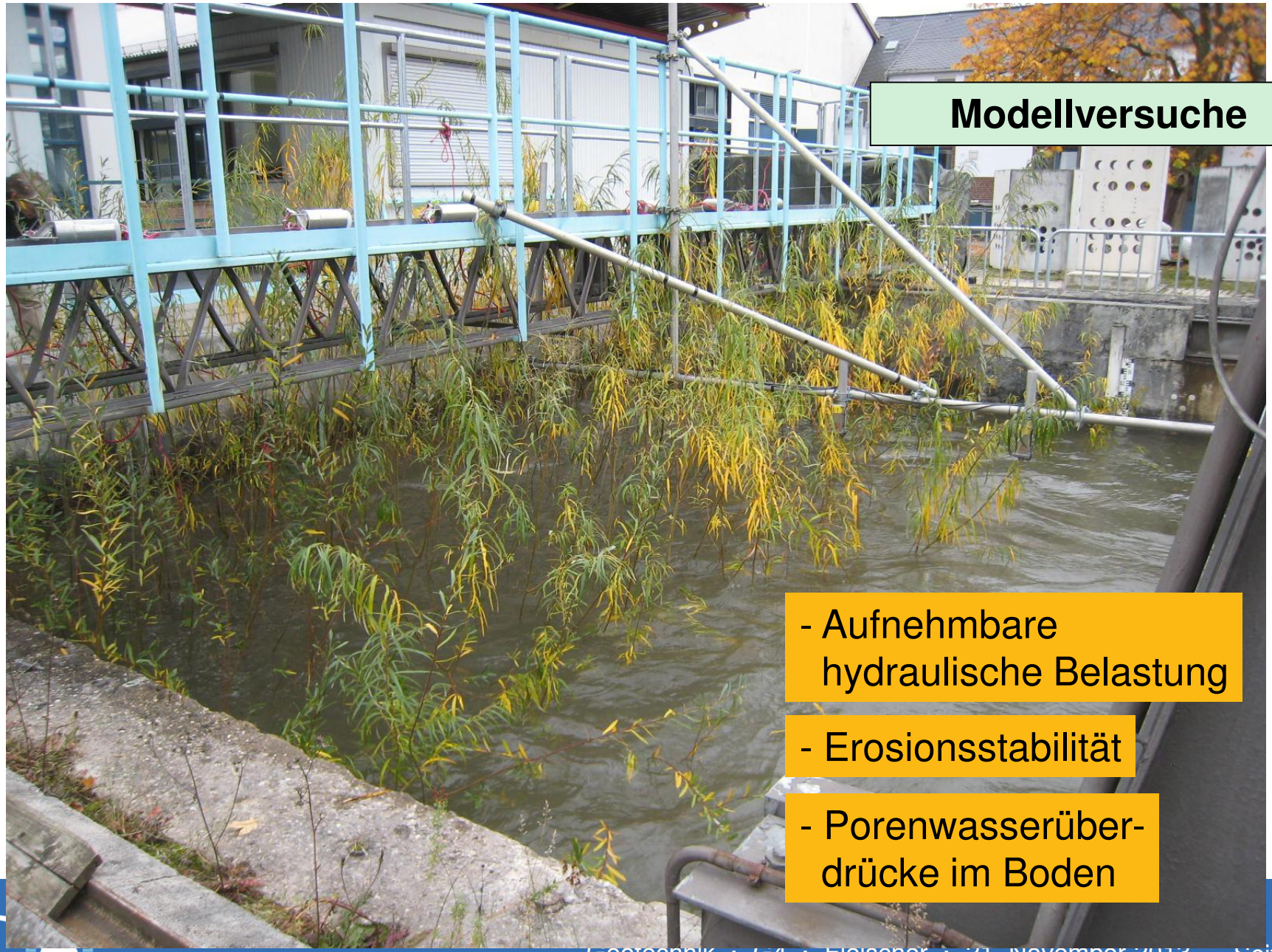
mit Erosionsschutzmatten
und Steckhölzern

# Einbau der Weidenspreitlagen - Mai 2011

# Versuche im Wellenbecken

Weidenspreitlage
nach 2,5 Monaten

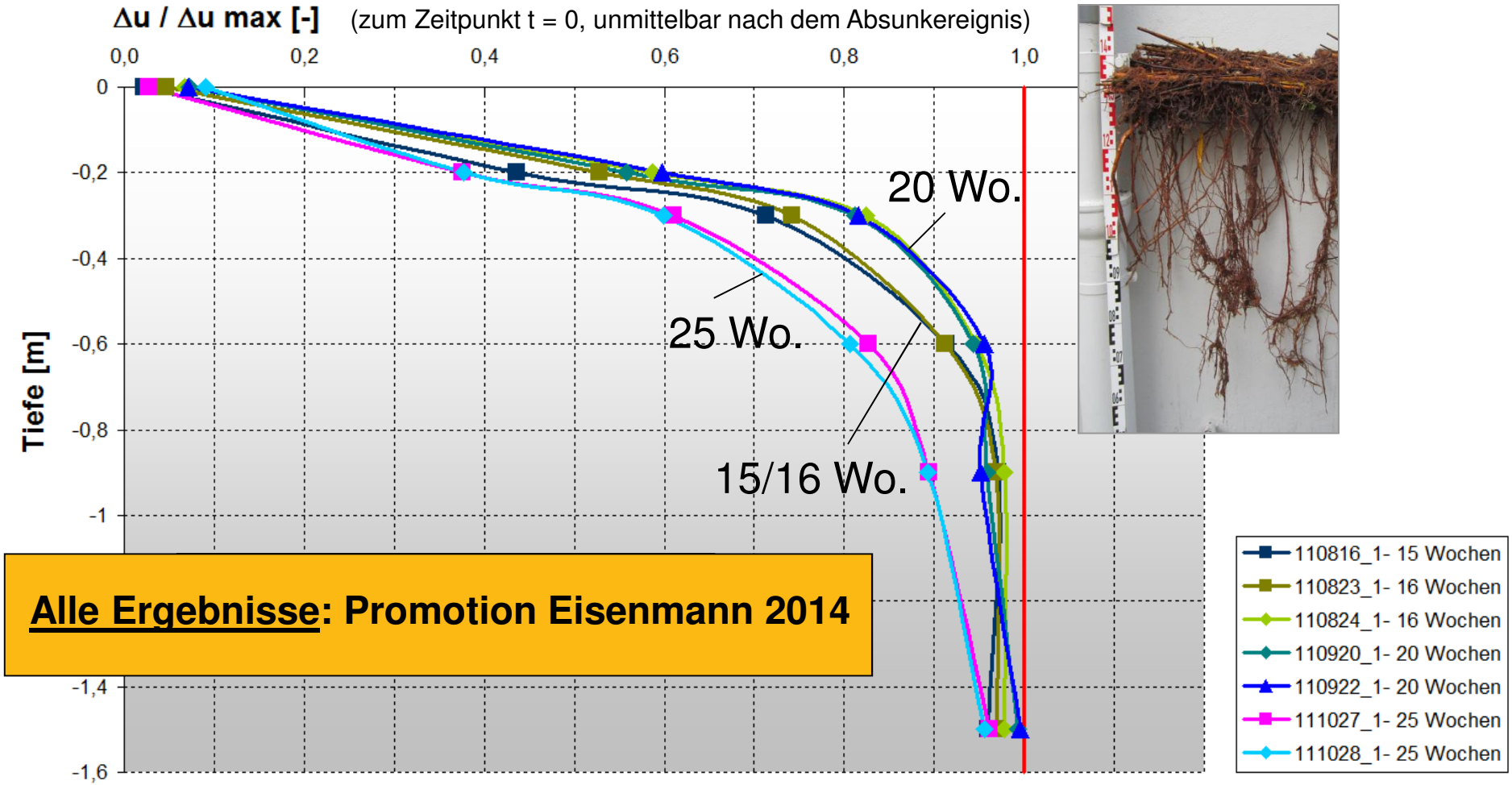
Weidenspreitlage nach 5 Monaten



# Modellversuche

- Aufnehmbare hydraulische Belastung
- Erosionsstabilität
- Porenwasserüber-drücke im Boden

# Erste Ergebnisse - Porenwasserüberdrücke in Abhängigkeit vom Wurzelwachstum




**Alle Ergebnisse: Promotion Eisenmann 2014**

# Ausblick

**Bisherige Erfahrungen**
(WSV-Umfrage 2013)

**Theorie Labor- und Modellversuche**
(weitere Forschungen)

**Naturversuche (Versuchsstrecke)**
(Monitoring)

Fundierte Bemessungs-grundlagen für die Anwendung technisch-biologischer Ufersicherungen an Binnenwasserstraßen

DWA-Merkblatt M 519:
- Zwischenschritt
- Bemessung auf Grundlage des GBB
- kein Verzicht auf Flächenlast, wenn rechnerisch erforderlich
- Aktualisierung in den nächsten Jahren

*Ergebnisse unter http://ufersicherung.baw.de/de/index.html*

Dipl.-Ing. Petra Fleischer
Bundesanstalt für Wasserbau
Karlsruhe
0049/721/97263570
petra.fleischer@baw.de