ECODIKE
ZUR ÖKOLOGISCHEN AUFWERTUNG VON SEE- UND ÄSTUARDEICHEN AN DER DEUTSCHEN KÜSTE

DR.-ING. DAVID SCHÜRENKAMP

TOM KRISTIAN HOFFMANN

PHILIPP JORDAN

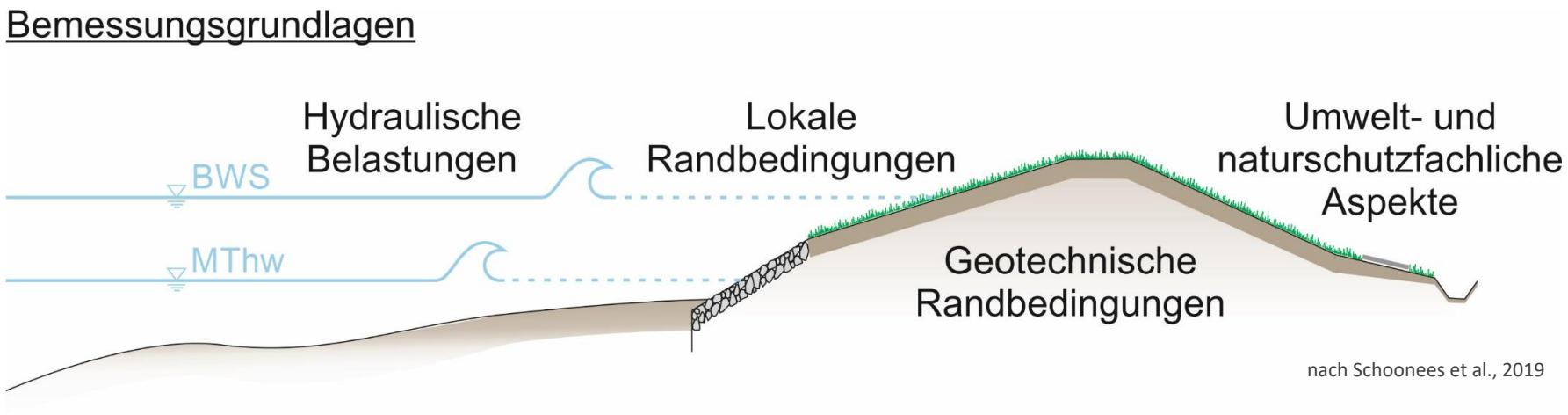
GLIEDERUNG

1. Einleitung
2. Deichvorlandvegetation
3. Deichvegetation
4. Deichunterhaltung
5. Zusammenfassung

K. Keimer, 2018

EINLEITUNG – Seedeiche als Küstenschutzelement

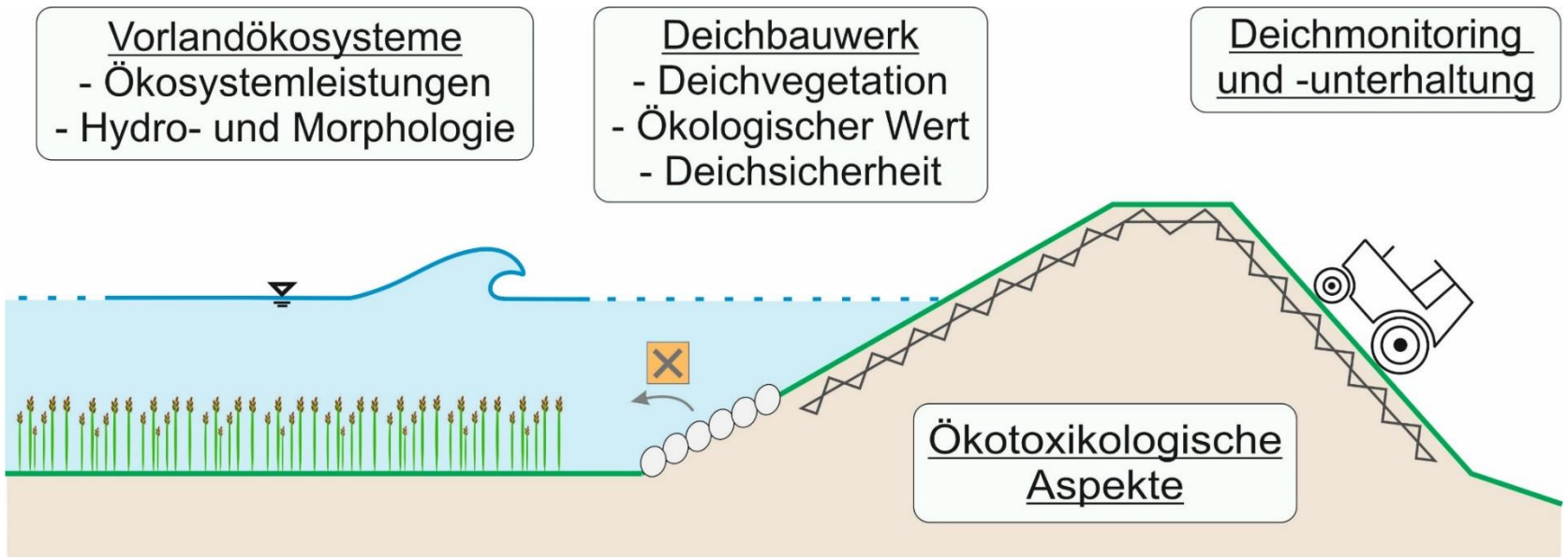
- Überflutungsschutz im Sturmflutfall
- Umwelt- und naturschutzfachliche Aspekte berücksichtigt durch
  - Nutzung lokaler Ressourcen,
  - Minimalisierung des Ressourcenverbrauchs und
  - Ausgleichsmaßnahmen
- Bislang keine/kaum Erfahrungen und Empfehlungen zur ökologischen Aufwertung des Deichsystems selbst



nach Schoonees et al., 2019

ZIELSETZUNG – Ökologische Aufwertung von Seedeichen

- Weiterentwicklung von zukunftsorientierten und nachhaltigen Konzepten im Küstenschutz
- Steigerung des ökosystemaren Wertes von Deichen, Deichbauwerken und Vorländern
- Erhaltung und Verbesserung der Deichsicherheit



Scheres et al. (under review)

DEICHVORLAND-VEGETATION

David Schürenkamp

Kara Keimer

Nils Goseberg

Felix Soltau

Marius Ulm

Arne Arns

Jürgen Jensen

Jordan, 2018

DEICHVORLANDVEGETATION - Zielsetzung

- Berücksichtigung **grüner Vorländer** als ökosystemfördernden Küstenschutz unter Einhaltung/Verbesserung der **Deichsicherheit**

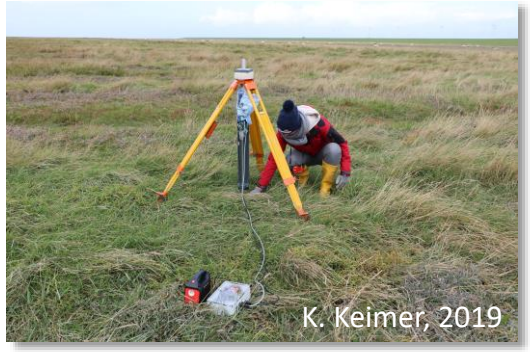
Feld-untersuchung

- Klassifizierung der Vegetation
- Ermittlung der Vegetationseigenschaften

Experimentelle Untersuchung

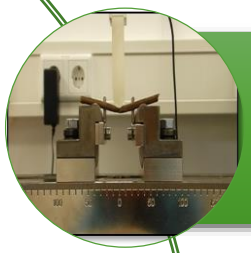
- Einfluss der Vegetation auf die Wellendämpfung
- Reduktion des Wellenauflaufs durch Vegetation

Empfehlungen für die Bemessung von Seedeichen unter Berücksichtigung der Vorlandvegetation


K. Keimer, 2019

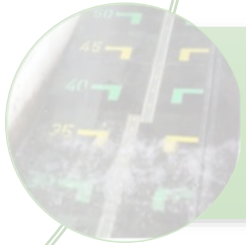
Keimer et al. (in prep.)

DEICHVORLANDVEGETATION - Biomechanische Felduntersuchungen



Ermittlung der biomechanischen Eigenschaften

Parametrisierung für idealisierte Vorlandvegetation

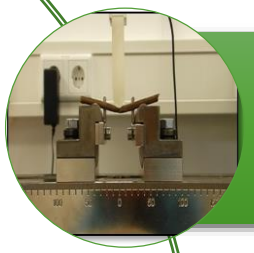


Ermittlung der hydraulischen Wirksamkeit von Salzwiesenvegetation

- Biegesteifigkeit (EI), Flächenträgheitsmoment
- Vegetationsstruktur (Vegetationshöhe, vertikale Dichteverteilung)
- Scherfestigkeit des Bodens

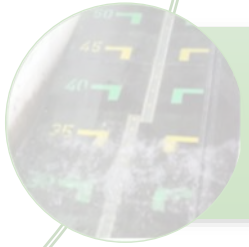
Schürenkamp et al. (in prep.)

DEICHVORLANDVEGETATION - Biomechanische Felduntersuchungen



Ermittlung der biomechanischen Eigenschaften

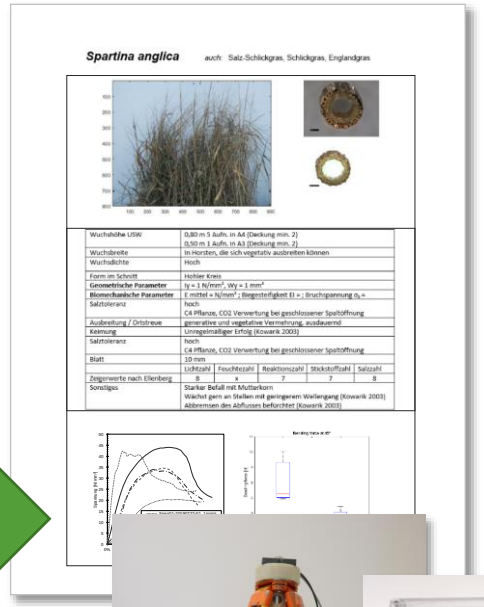
Parametrisierung für idealisierte Vorlandvegetation



Ermittlung der hydraulischen Wirksamkeit von Salzwiesenvegetation

Ergebnisse

- Ermittlung hydraulisch relevanter Parameter
  - Bewuchsdichte
  - Bewuchshöhe
  - Steifigkeit (Biegemodul, Flächenträgheitsmoment)
- Steckbriefe mit biomechanischen Parametern für ausgewählte Arten der Salzwiesenvegetation
- Mobiles Feldmessgerät für die Ermittlung des Scherwiderstands vom Boden



Spartina anglica auch: Salz-Schlickgras, Schlickgras, Englandgras

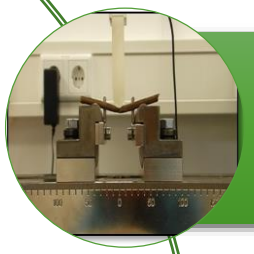
Wuchshöhe USW	0,80 m 5 Aufn. in A4 (Deckung min. 2) 0,50 m 1 Aufn. in A3 (Deckung min. 2)
Wuchsbreite	In Horsten, die sich vegetativ ausbreiten können
Wuchsdichte	Hoch
Form im Schnitt	Hohler Kreis
Geometrische Parameter	Iy = 1 N/mm², Wy = 1 mm³
Biomechanische Parameter	E mittel = N/mm² ; Biegesteifigkeit EI = ; Bruchspannung σ_b =
Salztoleranz	hoch C4 Pflanze, CO2 Verwertung bei geschlossener Spaltöffnung
Ausbreitung / Ortstreue	generative und vegetative Vermehrung, ausdauernd
Keimung	Unregelmäßiger Erfolg (Kowarik 2003)
Salztoleranz	hoch C4 Pflanze, CO2 Verwertung bei geschlossener Spaltöffnung
Blatt	10 mm

	Lichtzahl	Feuchtezahl	Reaktionszahl	Stickstoffzahl	Salzzahl
Zeigerwerte nach Ellenberg	8	4	7	7	8

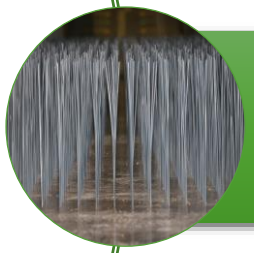
Sonstiges	Starker Befall mit Mutterkorn Wächst gern an Stellen mit geringerem Wellengang (Kowarik 2003) Abbremsen des Abflusses befürchtet (Kowarik 2003)

Schürenkamp et al. (in prep.)

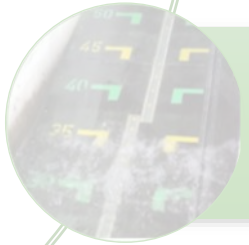
DEICHVORLANDVEGETATION - Systematische Laboruntersuchungen



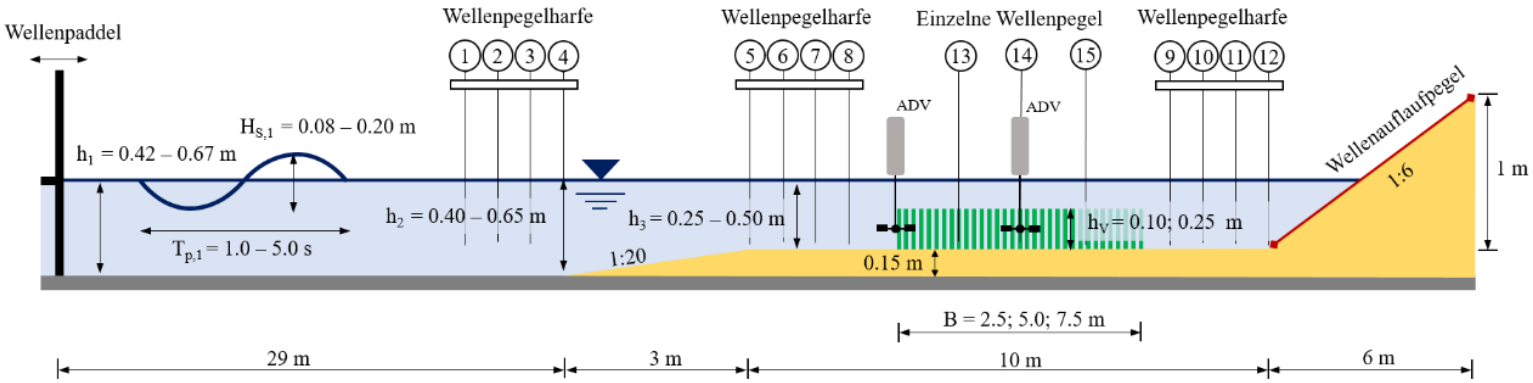
Ermittlung der biomechanischen Eigenschaften



Parametrisierung für idealisierte Vorlandvegetation

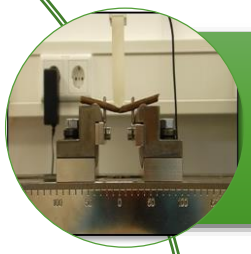


Ermittlung der hydraulischen Wirksamkeit von Salzwiesenvegetation

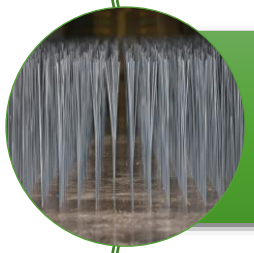


Keimer et al. (in prep.)
Scheres et al. (under review)

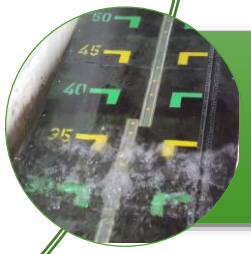
DEICHVORLANDVEGETATION - Hydraulische Wirksamkeit



Ermittlung der biomechanischen Eigenschaften



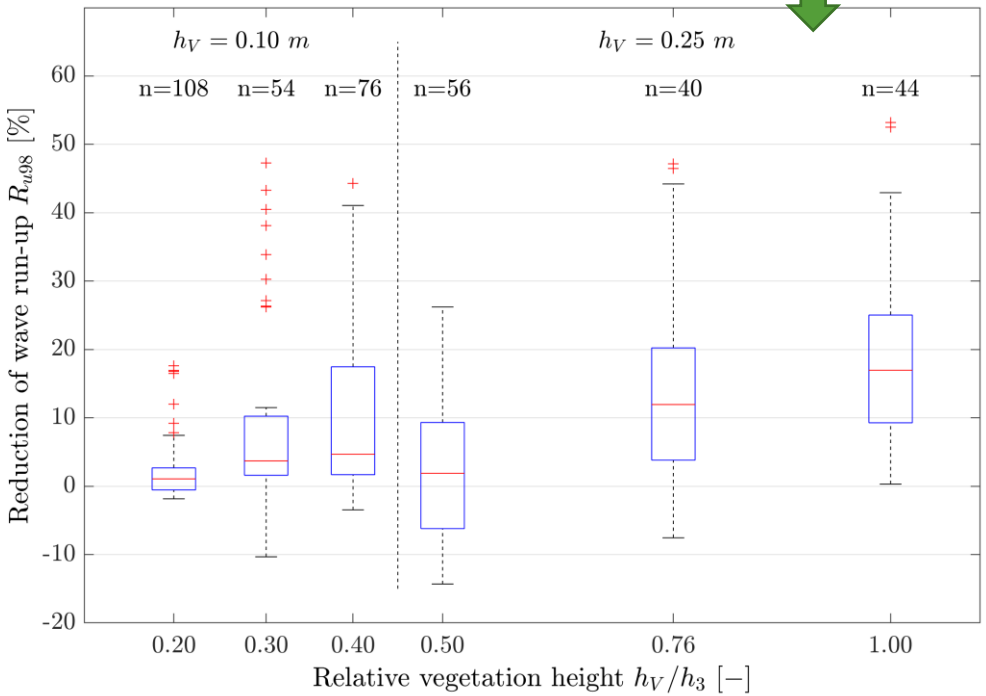
Parametrisierung für idealisierte Vorlandvegetation



Ermittlung der hydraulischen Wirksamkeit von Salzwiesenvegetation

Ergebnisse

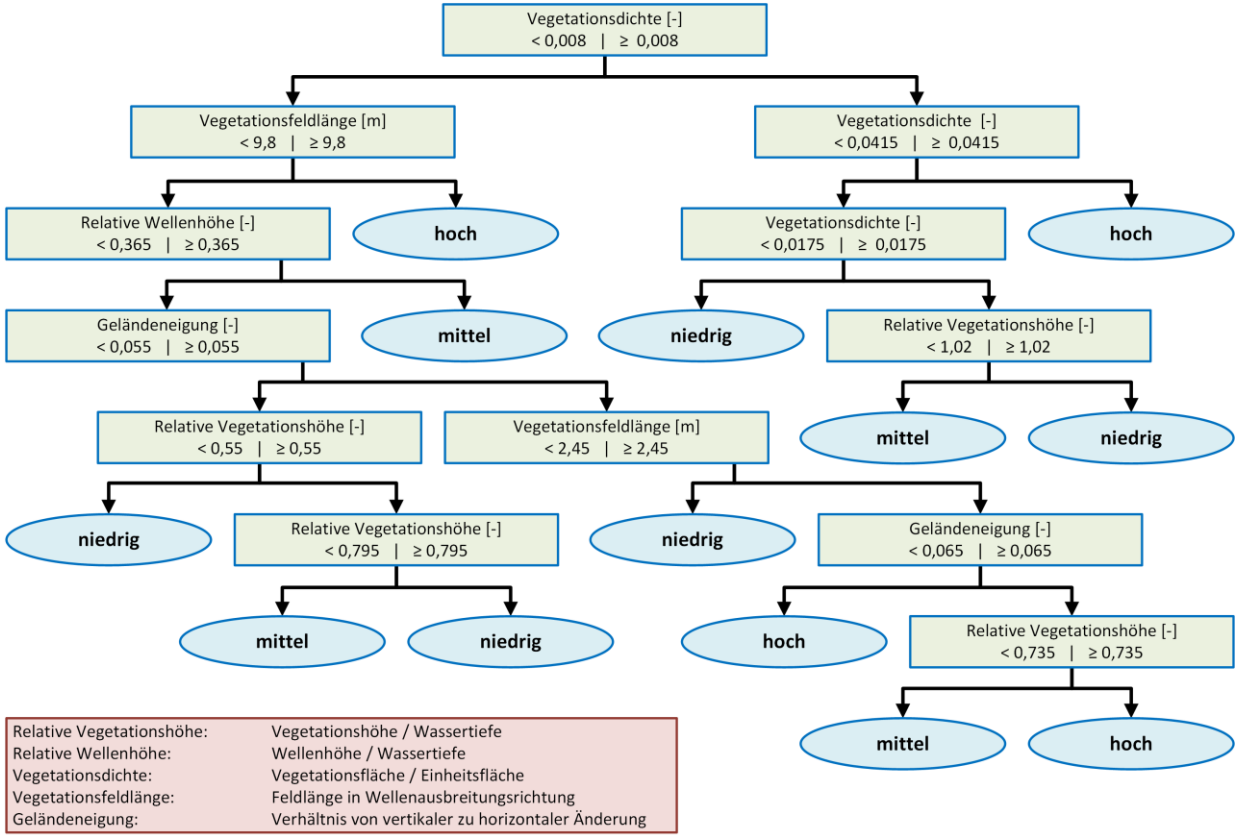
- Reduktion der Wellenenergie (verringerte Transmission) mit sinkender Wassertiefe bzw. steigender Vegetationshöhe
- Verringerung des Wellenauflaufes am Deich



Keimer et al. (in prep.)

DEICHVORLANDVEGETATION - Entscheidungsbaum

- Umfangreiche Analyse des Schrifttums und der Datenquellen zu Felduntersuchungen, experimentellen und numerischen Untersuchungen
- Abschätzung der Wellendämpfung durch Vorlandökosysteme mittels
  - Regressionsmodell
  - Entscheidungsbaum
- Klassifizierung der Wellendämpfung
- Beitrag zur numerischen Modellierung der Wellen-Vegetations-Interaktion



Soltau et al. (accepted)

DEICHVORLANDVEGETATION - Ausblick

- Erweiterung und Anwendung der entwickelten Methoden für die Ermittlung von (ökohydraulisch) relevanten Vegetations- und Bodeneigenschaften im Feld
- Entwicklung eines realitätsnahen Salzwiesenmodells für weitere experimentelle Untersuchungen
- Klassifizierung und Kartierung der Salzwiesen hinsichtlich der hydraulischen Wirksamkeit (Wellendämpfung)
- Analyse der welleninduzierten sohlnahen Strömungen auf dem Vorland und innerhalb der Vegetation
- Numerische Modellierung der Interkation von Wellen und Vegetation mit Salzwiesenmodell

DEICHVEGETATION

Tom Kristian Hoffmann

Maike Paul

Jochen Michalzik

Torsten Schlurmann

Cajus Bisgwa

Annelie Graunke

Nicole Wrage-Mönnig

Babette Scheres

Holger Schüttrumpf

Björn Deutschmann

Henner Hollert

Jordan, 2018

DEICHVEGETATION - Stand der Technik

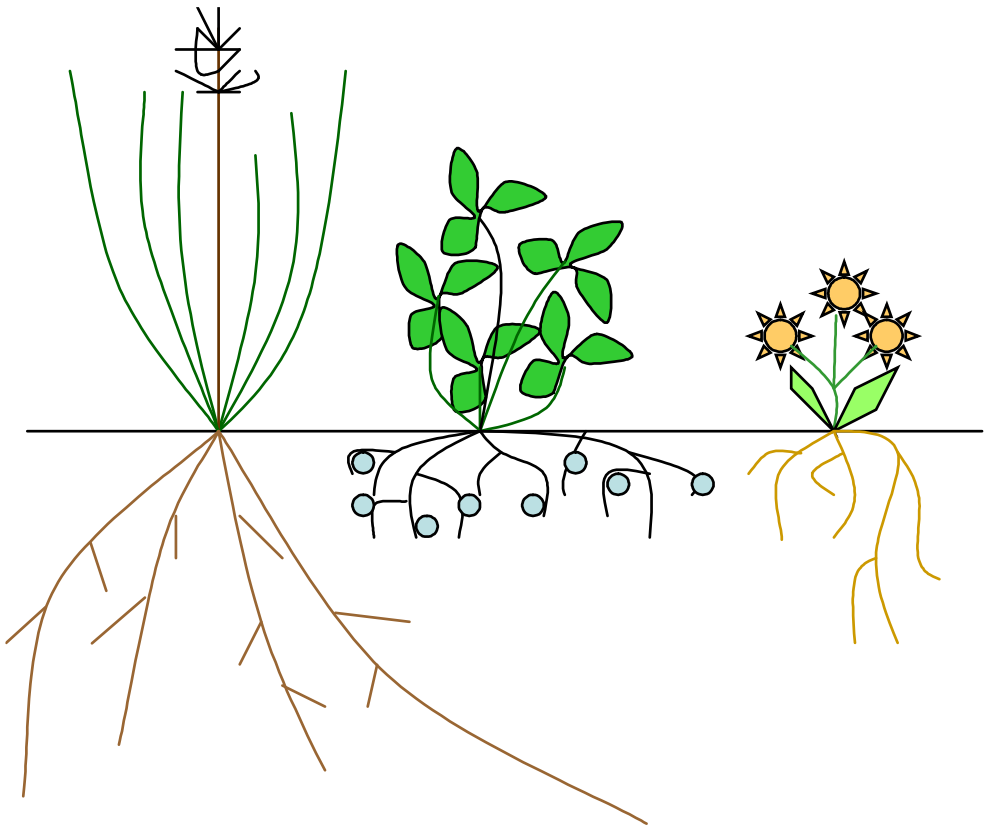
- Standard-Ansaatmischungen nach EAK (2002)
  - Verschiedene Gräser
  - Geringer Kräuteranteil (optional)

Deutsches Weidelgras | Wiesenrispe | Rotschwingel | Wiesenscharfgarbe

- Saatmischung auf Basis technischer Anforderungen gewählt
  - Schutz vor Oberflächenerosion durch mechanische Belastungen und Witterungseinflüsse
- Geringe Phytodiversität = Eingeschränkte Vielfalt der genutzten Arten und funktionellen Gruppen

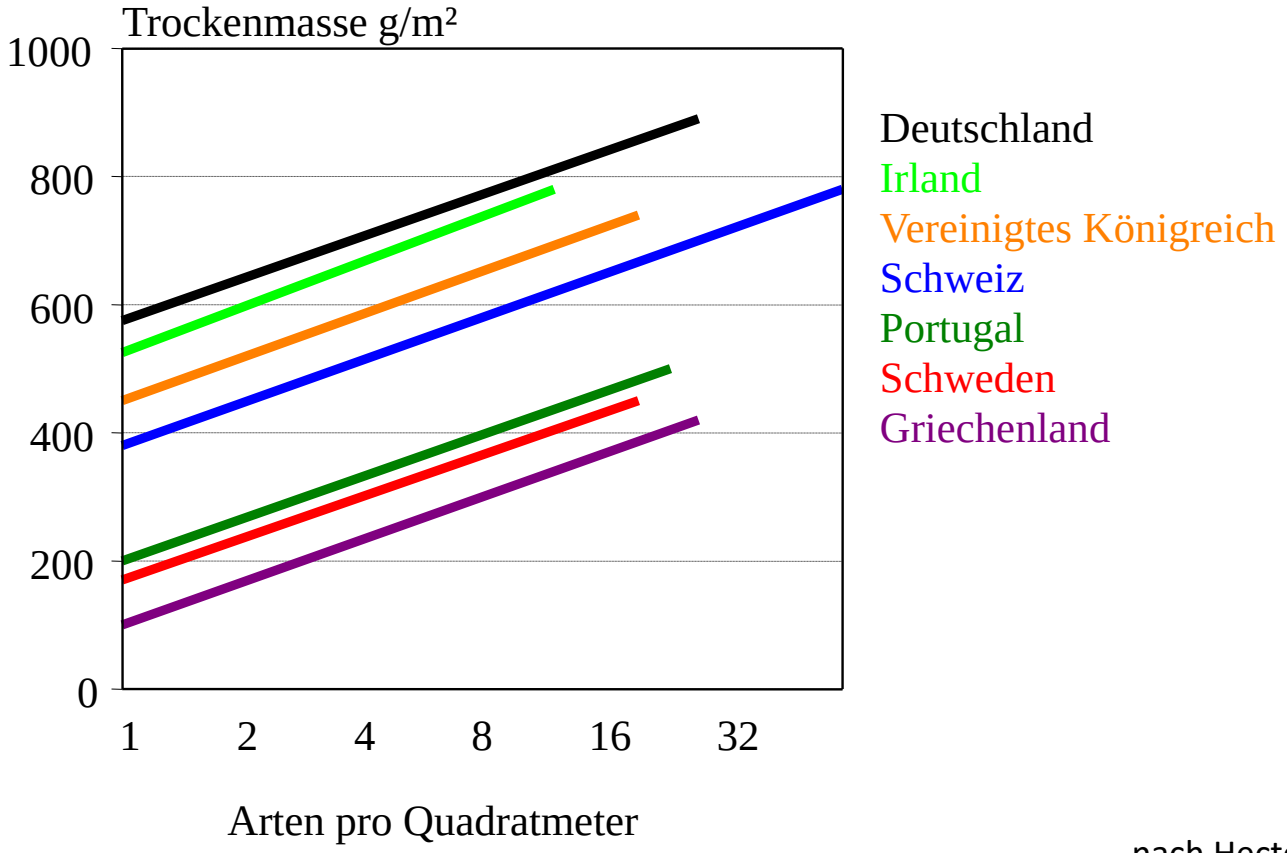
DEICHVEGETATION - Vorteile von Phytodiversität

- Verbesserte Ressourcennutzung (Wasser, Nährstoffe)
- Höhere Produktivität
- Verbesserte Resilienz
- Stabilere Produktion
- Verbesserte Produktqualität
- Höhere Biodiversität allgemein
- Höherer ökosystemarer Wert



DEICHVEGETATION - Auswirkungen von Phytodiversität

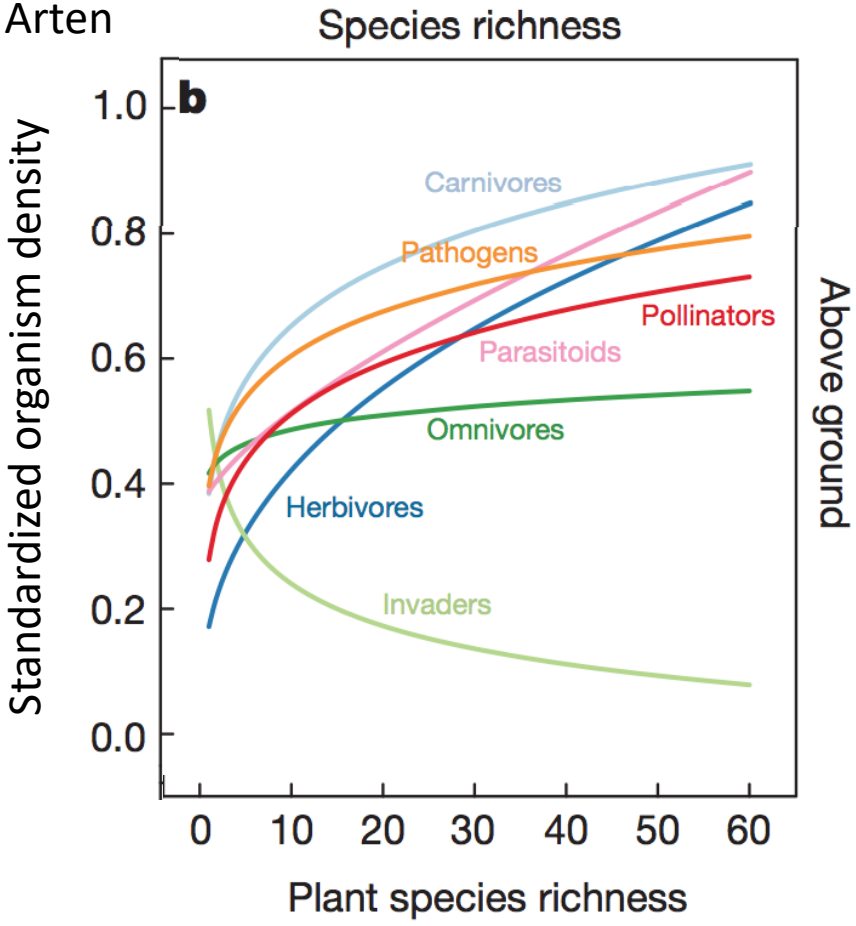
- Heuproduktion im europäischen Grünland steigt mit Artenreichtum (Biodepth-Projekt)

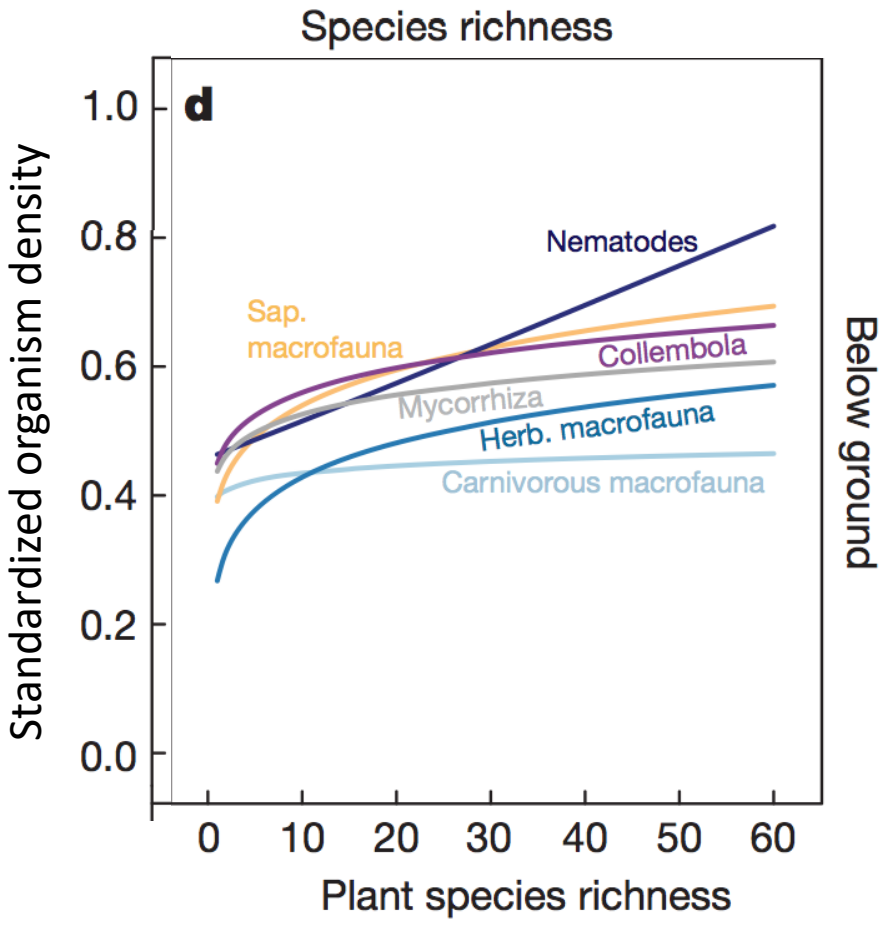


nach Hector et al. 1999

DEICHVEGETATION - Auswirkungen von Phytodiversität

- Höhere Phytodiversität bewirkt höhe Artenzahl in allen Organismengruppen im Ökosystem
- Ausnahme: Invasive Arten





nach Scherber et al. 2010

EcoDike

DEICHVEGETATION - Zusammenfassung der Diversitätsforschung

- Kann zu erhöhter Produktivität führen
- Aufnahme von mehr Stickstoff
- Weniger Auswaschung u.a. Verluste
- Bessere Wassernutzung

- Ist es agronomisch nutzbar?
- Welche Ökosystemleistungen können genutzt werden?

MEA 2005

DEICHVEGETATION - Testvegetationen

- Definition von Testvegetationen
  - Anforderungen: Schutz vor Oberflächenerosion, Widerstand gegen mechanische Belastungen, Stressresistenz

	Beschreibung	Arten-zahl	Anzahl Gräser	Anzahl Kräuter	Anzahl Leguminosen
TV1	Standardvegetation nach EAK (2002)	4	3	1	0
TV2	Standard nach EAK (2002), andere Gräser	6	5	1	0
TV3	Standard nach EAK (2002), mehr Kräuter	8	3	2	3
TV4	Gräser nach TV2 und Kräuter nach TV3	10	5	2	3
TV5	Bienenweide, eigene Mischung	18	1	11	6
TV6	Bienenweide, Fertigmischung	20	0	17	3

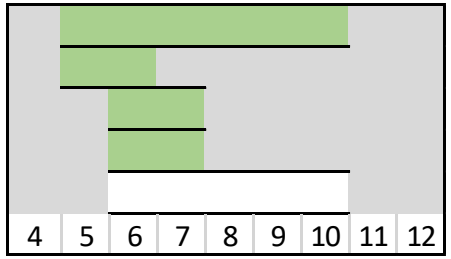
Scheres et al. (under review)

Graunke, 2018

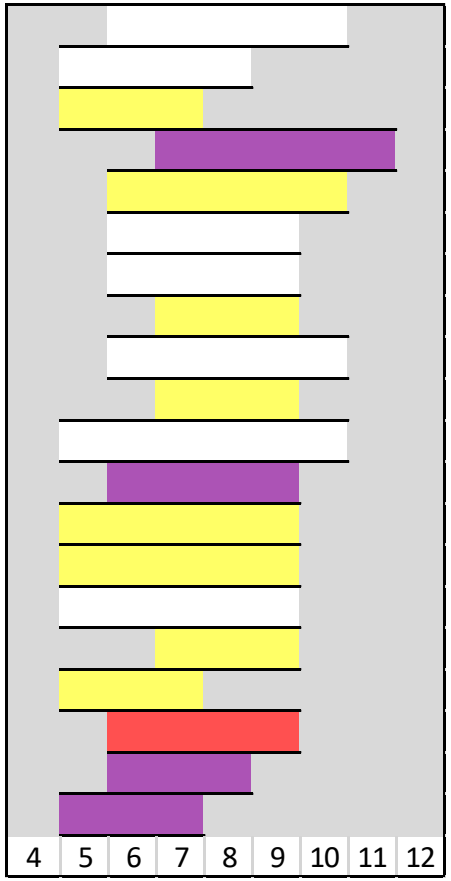
DEICHVEGETATION - Testvegetationen

- Definition von Testvegetationen
  - Anforderungen: Verlängerung der Blühzeiten, Diversität der Blühfarben, Steigerung des ökosystemaren Werts

TV1
Gräser: 97 %
Kräuter: 3 %



TV6
Kräuter: 100 %



Graunke, 2018

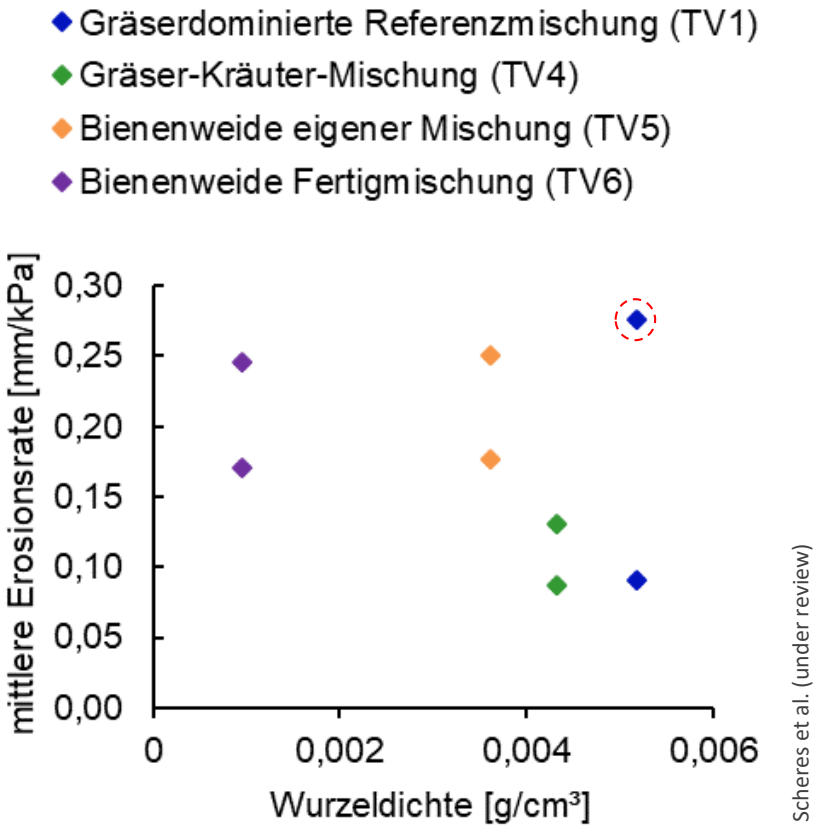
DEICHVEGETATION - Testvegetationen

- Definition von Testvegetationen
  - Anforderungen: Schutz vor Oberflächenerosion, Widerstand gegen mechanische Belastungen, Stressresistenz, Verlängerung der Blühzeiten, Diversität der Blühfarben, Steigerung des ökosystemaren Werts

Graunke, 2018

DEICHVEGETATION - Deichsicherheit

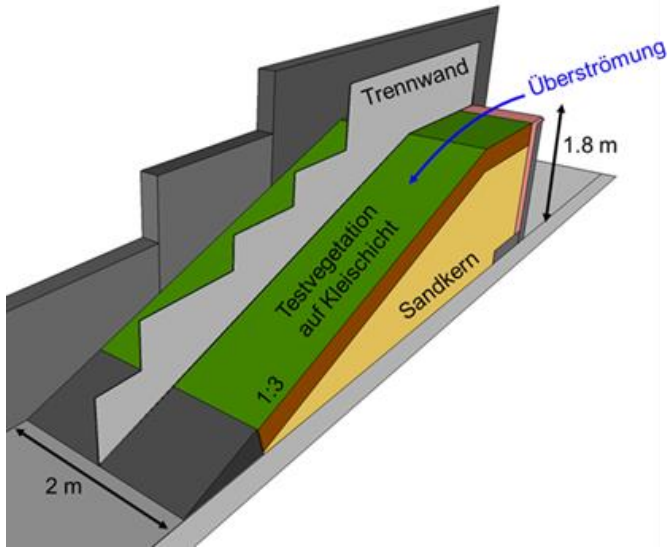
- Erosionswiderstand gegen Wellendruckschläge

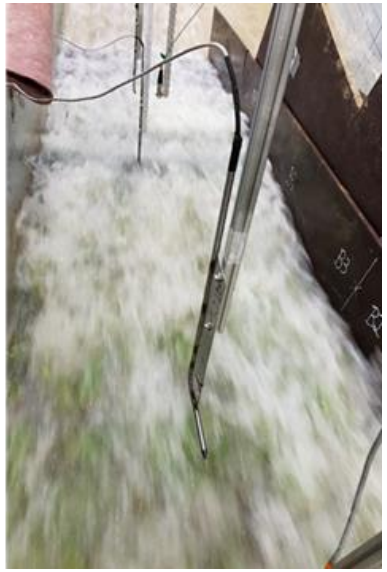


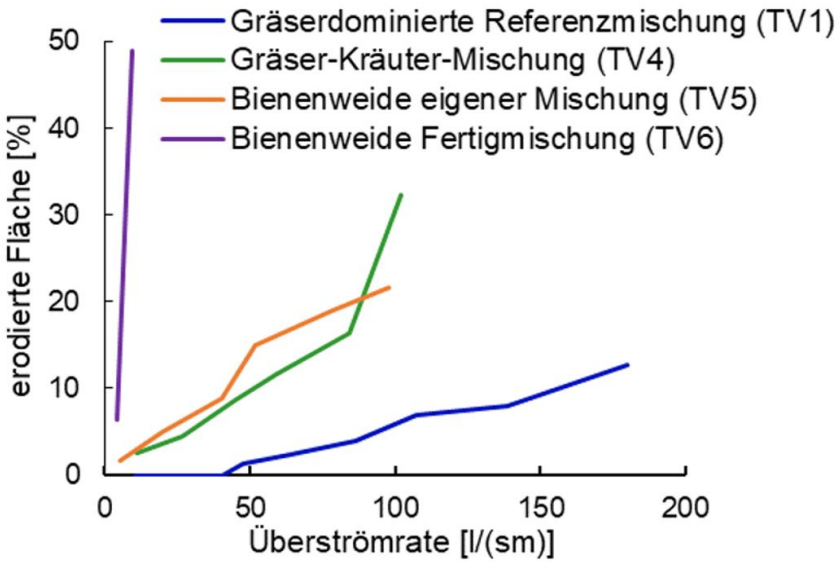
Scheres et al. (under review)

DEICHVEGETATION - Deichsicherheit

- Erosionswiderstand gegen Überströmen







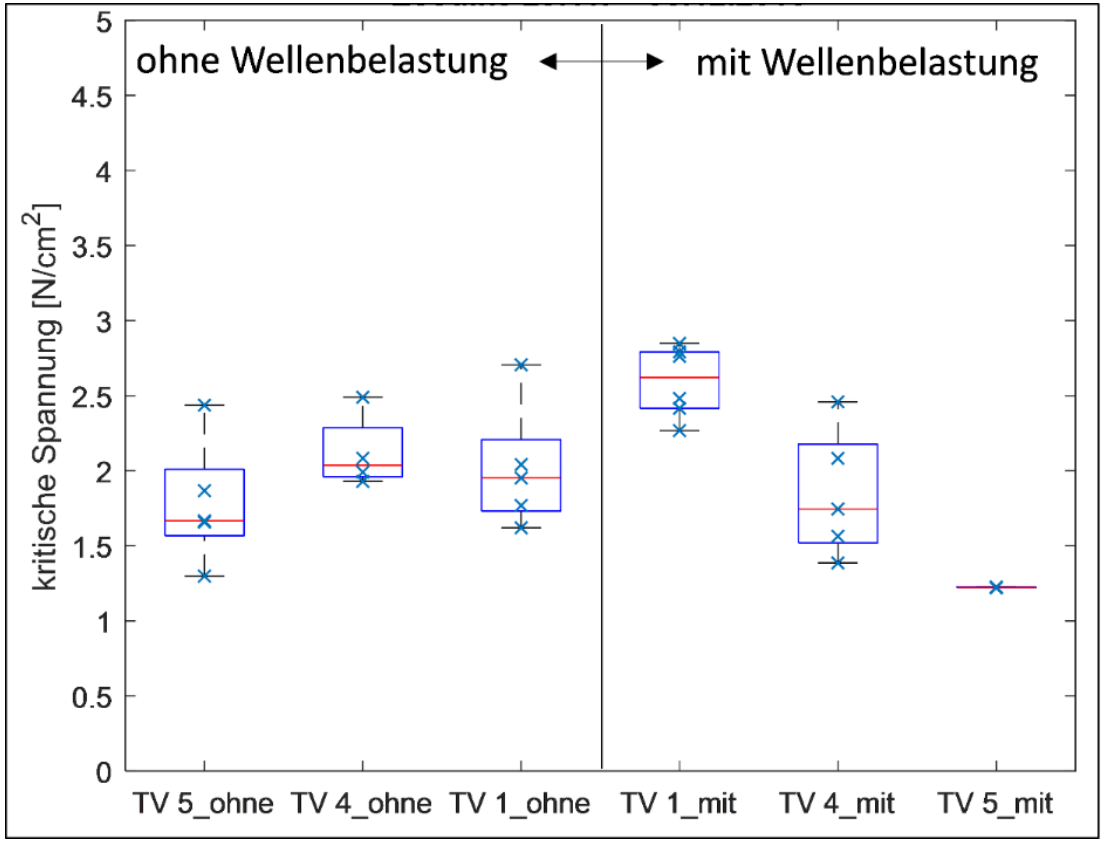
Scheres et al. (under review)

- Kein Deckschichtversagen beobachtet. Maximale Belastungen:
  - TV1 mit Überströmraten bis 180 l/(sm) und Fließgeschwindigkeiten bis 3,7 m/s
  - TV4 mit Überströmraten bis 102 l/(sm) und Fließgeschwindigkeiten bis 2,5 m/s
  - TV5 mit Überströmraten bis 98 l/(sm) und Fließgeschwindigkeiten bis 2,4 m/s

DEICHVEGETATION - Deichsicherheit

- Vegetationswiderstand gegen Wellenbelastung
- Erschwerte Etablierungsphase durch extreme Trockenheit
- Kein belastbarer Zusammenhang zwischen Wellenbelastung und Deckungsgrad erkennbar
- Schadstellen steigerten lokale Erosion unabhängig von umgebender TV

DEICHVEGETATION - Scherkraft

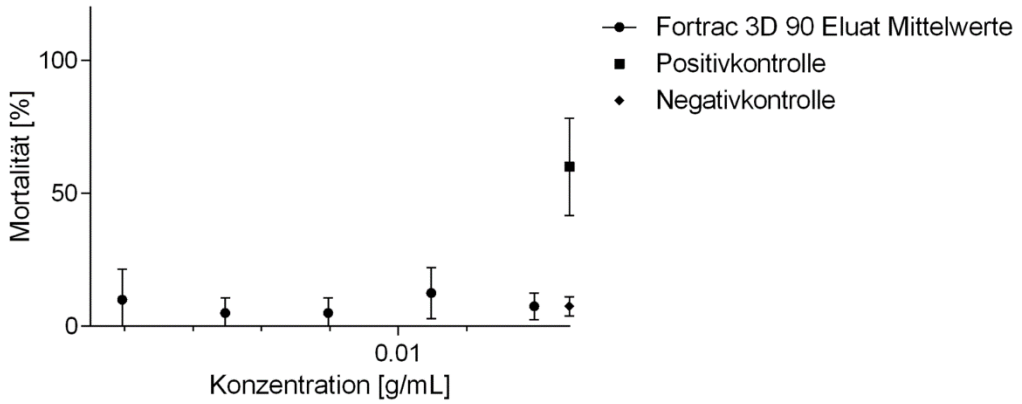


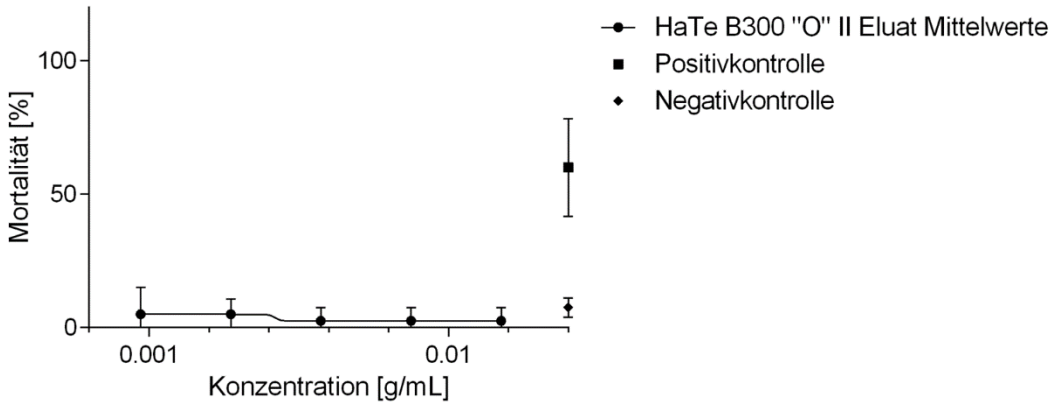
Scheres et al. (under review)

DEICHVEGETATION - Deichverstärkung

- Ökotoxikologische Untersuchung von Geotextilien (Vliesstoff HaTe B 300 O II, 3D-Geotextilgitter Fortrac© 3D 90)
  - Auslaugprüfung nach DIN CEN/TS 16637-2 (realistisches Expositionsszenarium)
  - Soxhlet-Extraktion (*worst-case-szenario*)

- Ergebnis der Fischeitests mit den Eluaten der Auslaugprüfung: Eluate der Geotextilien zeigen kein teratogenes Schädigungspotenzial auf Fischeier von *Danio rerio* (Zebrabärbling)
- Jedoch weiterer Untersuchungsbedarf zur Belastung mit Mikroplastik





Scheres et al. (under review)

DEICHVEGETATION - Ausblick

- Analyse der Widerstandskraft in Abhängigkeit vom Etablierungsgrad über die erste Vegetationsperiode hinaus
- Verbesserung der Scherkraftmessung in Abhängigkeit von Bedeckungsgrad und Bodenfeuchte
- Vergrößerung der Datenbasis für eine robuste Auswertung

DEICHUNTERHALTUNG

Philipp Jordan

Natasa Manojlovic

Peter Fröhle

Jordan, 2018

DEICHUNTERHALTUNG - Zielsetzung

Risiko-basierte Unterhaltungsstrategie

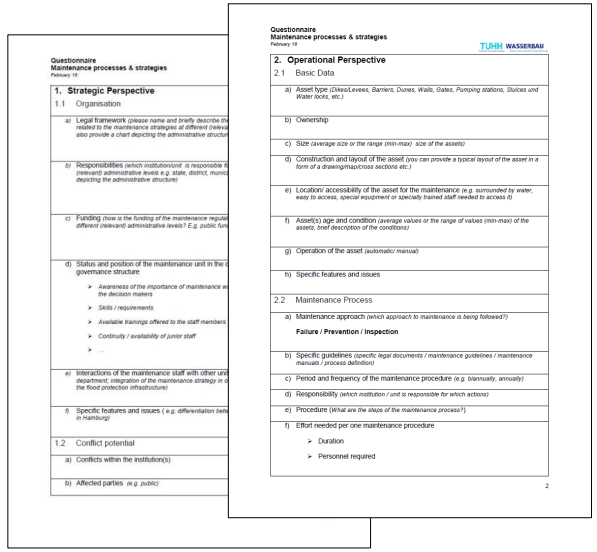
Analyse des Ist-Zustands

- Durchführung von Experteninterviews im ND Raum
- Analyse hinsichtlich definierter Kriterien

Entwicklung der Strategie & Methoden

- In situ Tests & Bewertung
  - Konzipierung einfacher in situ Tests
  - Objektivierung der Zustandsbewertung

Empfehlungen für die Risiko-basierte Unterhaltung grüner Deiche & eine objektivere, vergleichbarere Zustandsbewertung


Questionnaire
Maintenance processes & strategies
February 18

1. Strategic Perspective
1.1 Organisation
a) Legal framework (please name and briefly describe the related to the maintenance strategies at different (releva also provide a chart depicting the administrative structur
b) Responsibilities (which institution/unit is responsible fo (relevant) administrative levels e.g. state, district, munic depicting the administrative structure)
c) Funding (how is the funding of the maintenance regula different (relevant) administrative levels? E.g. public fun
d) Status and position of the maintenance unit in the governance structure
➢ Awareness of the importance of maintenance w the decision makers
➢ Skills / requirements
➢ Available trainings offered to the staff members
➢ Continuity / availability of junior staff
➢ ...
e) Interactions of the maintenance staff with other uni department; integration of the maintenance strategy in o the flood protection infrastructure)
f) Specific features and issues (e.g. differentiation betw in Hamburg)
1.2 Conflict potential
a) Conflicts within the institution(s)
b) Affected parties (e.g. public)

Questionnaire
Maintenance processes & strategies
February 18
TUHH WASSERBAU

2. Operational Perspective
2.1 Basic Data
a) Asset type (Dikes/Levees, Barriers, Dunes, Walls, Gates, Pumping stations, Sluices und Water locks, etc.)
b) Ownership
c) Size (average size or the range (min-max) size of the assets)
d) Construction and layout of the asset (you can provide a typical layout of the asset in a form of a drawing/map/cross sections etc.)
e) Location/ accessibility of the asset for the maintenance (e.g. surrounded by water; easy to access; special equipment or specially trained staff needed to access it)
f) Asset(s) age and condition (average values or the range of values (min-max) of the assets; brief description of the conditions)
g) Operation of the asset (automatic/ manual)
h) Specific features and issues
2.2 Maintenance Process
a) Maintenance approach (which approach to maintenance is being followed?)
Failure / Prevention / Inspection
b) Specific guidelines (specific legal documents / maintenance guidelines / maintenance manuals / process definition)
c) Period and frequency of the maintenance procedure (e.g. biannually, annually)
d) Responsibility (which institution / unit is responsible for which actions)
e) Procedure (What are the steps of the maintenance process?)
f) Effort needed per one maintenance procedure
➢ Duration
➢ Personnel required
2

Jordan 2019

DEICHUNTERHALTUNG - Risiko-basierte Unterhaltungsstrategie

Risiko-basierte Unterhaltung grüner Deiche

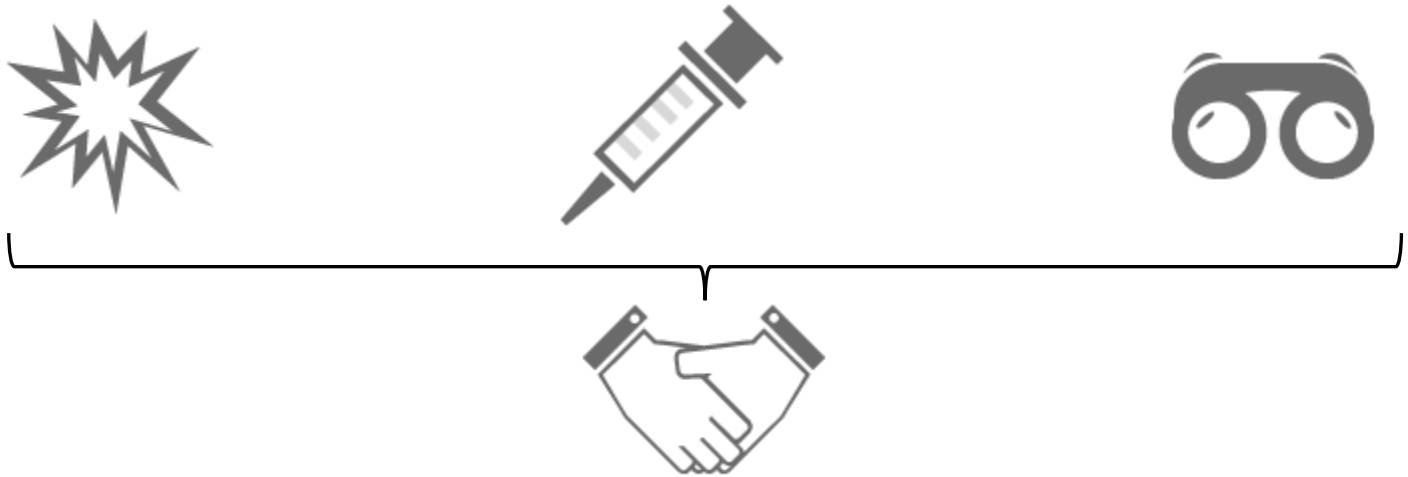
„Das Ziel des risiko-basierten Ansatzes ist das Risiko von unerwartetem Versagen der Anlage zu reduzieren“

Schritt	Ziel/ Beschreibung
1. Risikoanalyse	Identifikation und Analyse der Kritischen/Schwachstellen
2. Risikobewertung;	Risiko wird anhand definierten messbaren Kriterien bewertet
3. Entwicklung der Risikobasierte Unterhaltungsstrategie:	Definition von Unterhaltungsmaßnahmen, um das Risiko auf das akzeptable Niveau kosteneffizient langfristig zu reduzieren
4. Integration in die Anlagemanagement Strategie	Optimierung von Planung, Unterhaltung und Betrieb der Hochwasserschutz-Anlagen

DEICHUNTERHALTUNG - Einordnung

- Unterhaltung in Regelwerken und Empfehlungen
  - Vielzahl an Regelwerken, aber nur in wenigen wird die Unterhaltung gesondert erwähnt
  - Unterteilung der Instandhaltung gemäß DIN 31051 → Wartung, Inspektion, Instandsetzung & Verbesserung
- Instandhaltungsstrategien im Wasserbau
  - Nach Glimm et al. (2009) existieren im Bereich der Bauwerksunterhaltung drei unterschiedliche Instandhaltungsstrategien:

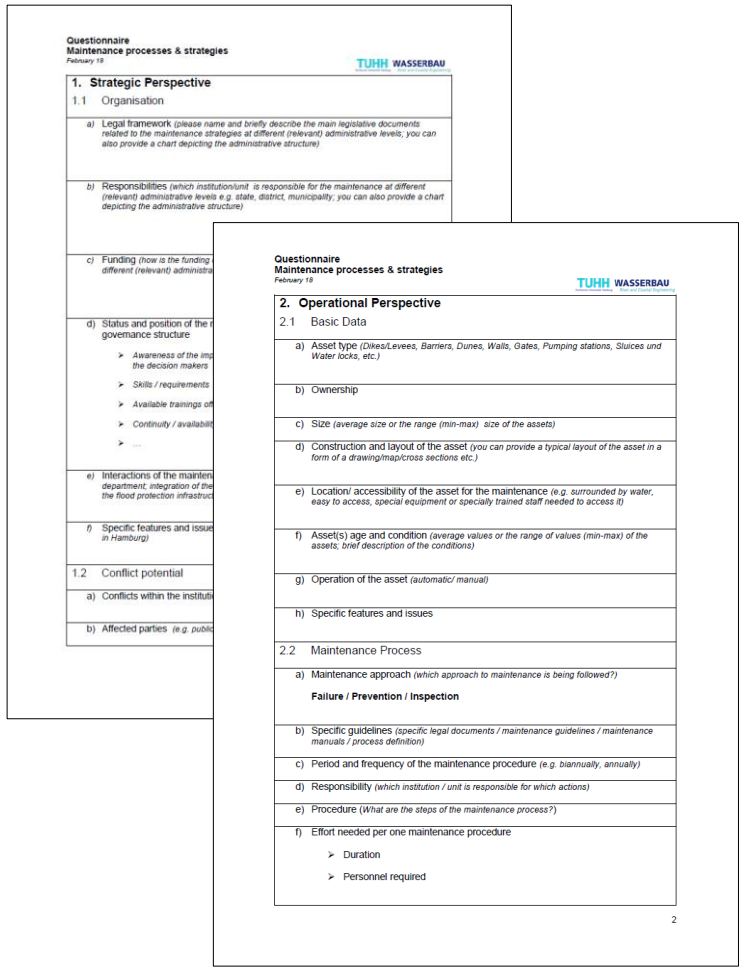
Ausfallstrategie *Präventivstrategie* *Inspektionsstrategie*



DEICHUNTERHALTUNG - Analyse des Ist-Zustandes

Analyse der existierenden Unterhaltungsstrategien

- Rechtliche Grundlagen
- Umsetzung der Unterhaltungsstrategien in der Praxis
  - Hamburg
  - Niedersachsen
  - Schleswig-Holstein
  - Mecklenburg-Vorpommern
  - Bremen
- Anpassungsbereitschaft im Bezug auf ‚Ökodeiche‘



Questionnaire
Maintenance processes & strategies
February 18

TUHH WASSERBAU

1. Strategic Perspective
1.1 Organisation
a) Legal framework (please name and briefly describe the main legislative documents related to the maintenance strategies at different (relevant) administrative levels; you can also provide a chart depicting the administrative structure)
b) Responsibilities (which institution/unit is responsible for the maintenance at different (relevant) administrative levels e.g. state, district, municipality; you can also provide a chart depicting the administrative structure)
c) Funding (how is the funding
different (relevant) administra
d) Status and position of the
governance structure
Awareness of the imp
the decision makers
Skills / requirements
Available trainings of
Continuity / availabilit
...
e) Interactions of the mainten
department; integration of the
the flood protection infrastruc
f) Specific features and issue
in Hamburg)
1.2 Conflict potential
a) Conflicts within the institut
b) Affected parties (e.g. public

Questionnaire
Maintenance processes & strategies
February 18

TUHH WASSERBAU

2. Operational Perspective
2.1 Basic Data
a) Asset type (Dikes/Levees, Barriers, Dunes, Walls, Gates, Pumping stations, Sluices und Water locks, etc.)
b) Ownership
c) Size (average size or the range (min-max) size of the assets)
d) Construction and layout of the asset (you can provide a typical layout of the asset in a form of a drawing/map/cross sections etc.)
e) Location/ accessibility of the asset for the maintenance (e.g. surrounded by water, easy to access, special equipment or specially trained staff needed to access it)
f) Asset(s) age and condition (average values or the range of values (min-max) of the assets; brief description of the conditions)
g) Operation of the asset (automatic/ manual)
h) Specific features and issues
2.2 Maintenance Process
a) Maintenance approach (which approach to maintenance is being followed?)
Failure / Prevention / Inspection
b) Specific guidelines (specific legal documents / maintenance guidelines / maintenance manuals / process definition)
c) Period and frequency of the maintenance procedure (e.g. biannually, annually)
d) Responsibility (which institution / unit is responsible for which actions)
e) Procedure (What are the steps of the maintenance process?)
f) Effort needed per one maintenance procedure
Duration
Personnel required

2

DEICHUNTERHALTUNG - aktuell

Unterhaltungsmaßnahmen auf Deichen

- Fremdvergabe oder Eigenpersonal
- Wichtigste Maßnahme: ***Pflege der Grasnarbe***

Jordan et al., 2019

View Fotocommunity, 2017

Jordan 2018

DEICHUNTERHALTUNG - aktuell

Unterhaltungsstrategie

- Inspektionsstrategie
- Jährliche oder halbjährliche ***Deichschauen (‚empirische' Methode)***

Jordan 2018

Jordan 2018

Jordan et al., 2019

DEICHUNTERHALTUNG - Zusammenfassend & im Ergebnis

- Durchführung der Unterhaltungsmaßnahmen ist Ländersache
- Nach eigene gesetzliche Grundlagen, Normen und Richtlinien
- Viele Gemeinsamkeiten mit kleinen aber feinen Unterschieden
- Ein klarer Ablauf der Unterhaltungsmaßnahmen ist erkennbar
    - **Inspektionsstrategie**
- Dokumentation vorhanden aber nicht einheitlich
    - Checkliste, Unterhaltungsliste
- Sehr oft sind es Erfahrungen der Unterhalter, die über Schäden/ Mängel entscheiden
- Kriterien zur Einstufung von Mängel/ Schäden sind nur teilweise vorhanden

→ Wichtigstes/ Empfindlichstes Element an einem Deich ist die Grasnarbe

DEICHUNTERHALTUNG - Entwicklung der Strategie & Methoden

Entwicklung der Strategien und Methoden

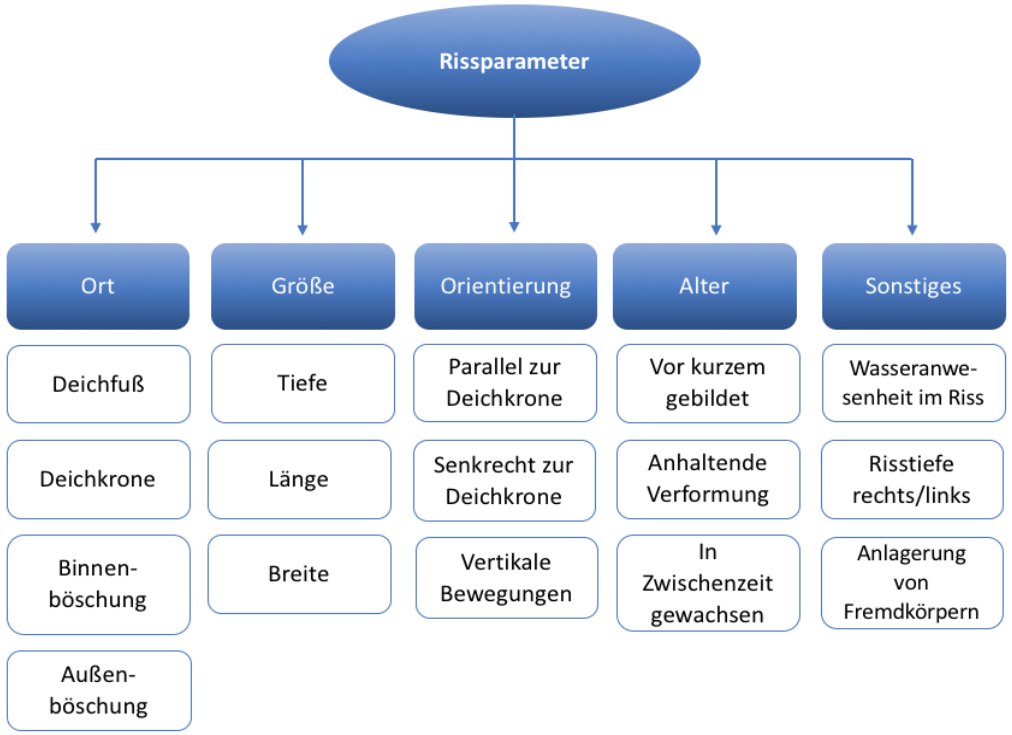
- 1. Schritt: Risikoanalyse → Identifikation und Analyse der kritischen/Schwachstellen
- 2. Schritt: Risikobewertung → Risiko anhand definierter, messbarer Kriterien bewerten

Entwicklung von in situ Tests

DEICHUNTERHALTUNG - In situ Tests & Bewertung

- Untersuchung von Rissen im Deich

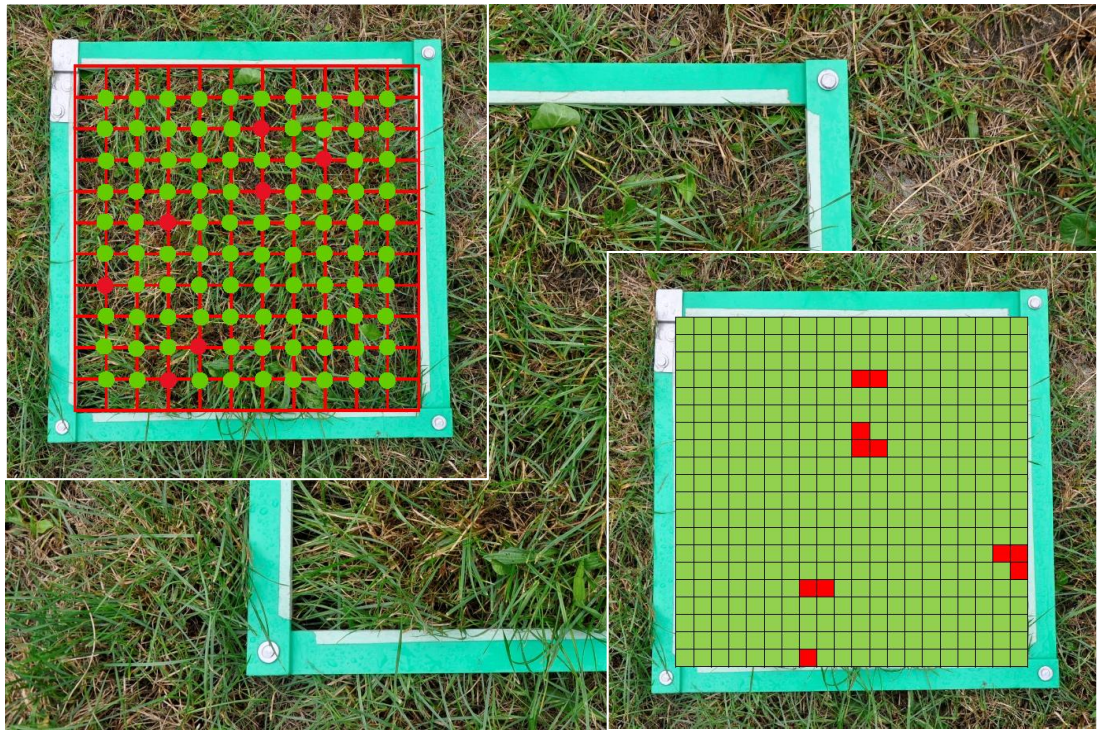
Jordan 2018



A	B	C
Klein Tiefen bis 10 cm / Breiten bis 5 cm	Mittelgroß Tiefen bis 50 cm / Breiten bis 15 cm	Groß Tiefen > 50 cm / Breiten > 15 cm
vereinzelt oder mehrere	vereinzelt	vereinzelt
keine vertikalen Bewegungen	keine vertikalen Bewegungen	vertikale Bewegungen
Längen bis 100 cm	Längsrisse nicht länger als Deichhöhe	Längsrisse länger als Deichhöhe
an allen Bereichen des Deiches	Keine Risse kontinuierlich durch die Deichkrone	Querrisse durch die gesamte Deichbreite
keine Wasser-anwesenheit im Riss	Wasser-anwesenheit im Riss möglich	Wasser-anwesenheit im Riss
evtl. selbstheilend	Instandhaltung erforderlich	Instandsetzung erforderlich

DEICHUNTERHALTUNG - In situ Tests & Bewertung

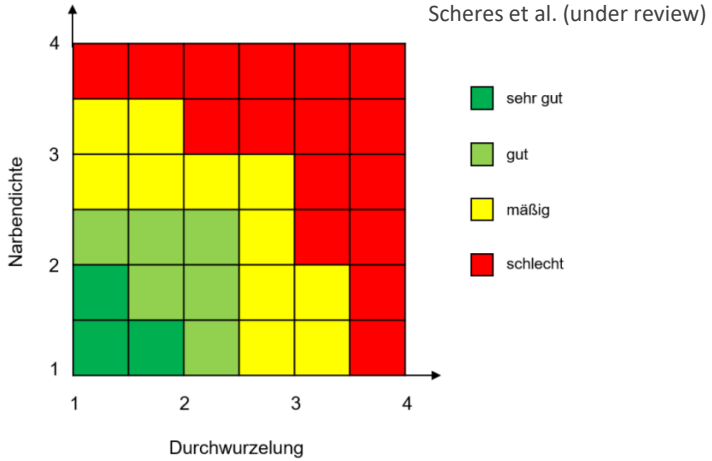
- Visuelle Untersuchung der Grasnarbe
  - Basierend auf Liebrand (1999)



Jordan 2019

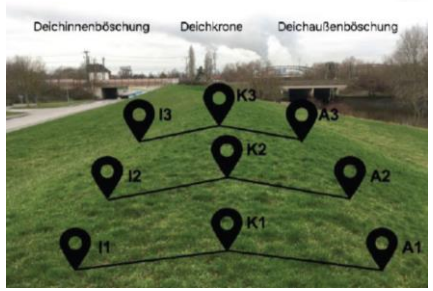
Qualitätsmerkmale		Sehr gut Note: 1	Gut Note: 2	Mäßig Note: 3	Schlecht Note: 4
Narbendichte	Bodenbedeckung [%]	> 75	60 – 75	45 – 60	< 45
	Fehlstellengröße [cm^2]	< 32	32 – 64	64 – 96	> 96
Durchwurzelung	Wurzellänge [$m/5dm^3$]	> 900	750 – 900	600 – 750	< 600
	Wurzelgewicht [$g/5dm^3$]	> 14	12 – 14	10 – 12	< 10

Scheres et al. (under review)



DEICHUNTERHALTUNG - In situ Tests & Bewertung

- Untersuchung der Scherfestigkeit der Grasnarbe



Jordan 2018

Klasse	Scherfestigkeit [kN/m²]	Bewertung
1	> 70	Sehr gut
2	55-70	Gut
3	45-55	Mäßig
4	35-45	Schlecht
5	< 35	Sehr schlecht

nach Liebrand, 1999

DEICHUNTERHALTUNG - In situ Tests & Bewertung

- Untersuchung der Erosionsstabilität gegen Schubspannungen

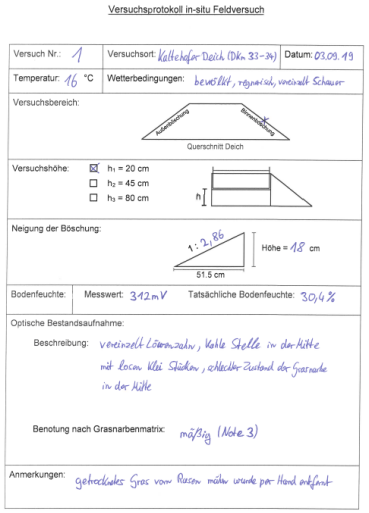
Jordan 2019

Korrelation zwischen visuellem Zustand und Erosionsstabilität der Grasnarbe?

DEICHUNTERHALTUNG - In situ Tests & Bewertung

- Testergebnisse
  - Korrelation zwischen visuellem Zustand und Erosionsstabilität der Grasnarbe (siehe Graphik oben rechts)
  - Erste Bewertungstabelle konnte entwickelt werden
  - Ausgespültes Sedimentgewicht abhängig von der Fließgeschwindigkeit des Wassers

Jordan 2019



Versuchsprotokoll in-situ Feldversuch

Versuch Nr.: 1	Versuchsort: Kalteklofer Deich (Dkm 33-34)	Datum: 03.09.19
Temperatur: 16 °C	Wetterbedingungen: bewölkt, regnerisch, vereinzelt Schauer	

Versuchsbereich: Außenböschung, Binnenböschung; Querschnitt Deich

Versuchshöhe: ☒ h_1 = 20 cm; ☐ h_2 = 45 cm; ☐ h_3 = 80 cm; h

Neigung der Böschung: 1 : 2,86; Höhe = 18 cm; 51.5 cm

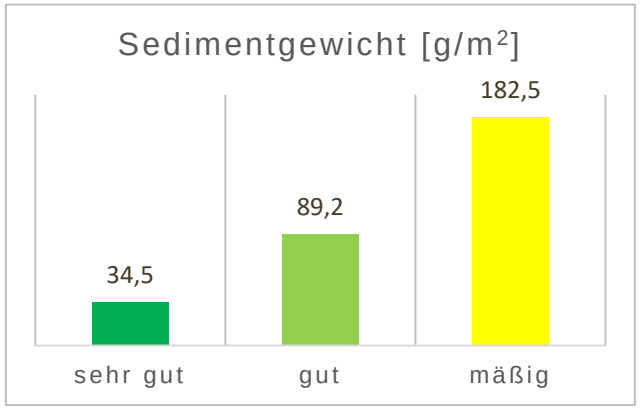
Bodenfeuchte: Messwert: 342 mV; Tatsächliche Bodenfeuchte: 30,4 %

Optische Bestandsaufnahme:

Beschreibung: vereinzelt Löwenzahn, kahle Stelle in der Mitte mit kaum Klei Stücken, schlechter Zustand der Grasnarbe in der Mitte

Benotung nach Grasnarbenmatrix: mäßig (Note 3)

Anmerkungen: gebrochenes Gras vom Rasen mähen wurde per Hand entfernt



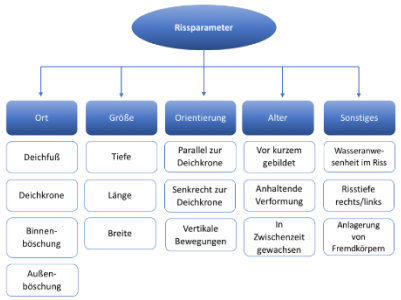
Qualitätsmerkmal	Sehr gut Note: 1	Gut Note: 2	Mäßig Note: 3	Schlecht Note: 4
Sedimentgewicht [g/m²]	< 50	50 – 100	100 – 200	> 200

DEICHUNTERHALTUNG – Risiko-basierter Ansatz

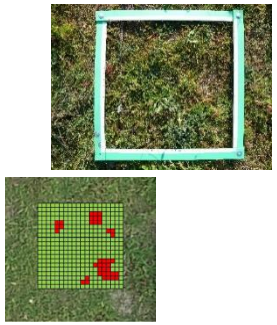
1. Risikoanalyse
   → Kritische Elemente/Prozesse definieren
2. Risikobewertung
   → Quantitative Bewertungskriterien
3. Risikobasierte Strategie
4. Integration in die Anlagenmanagement Strategie (LifeCycle Management)

1. Risikoanalyse → Kritische Elemente/ Prozesse identifizieren

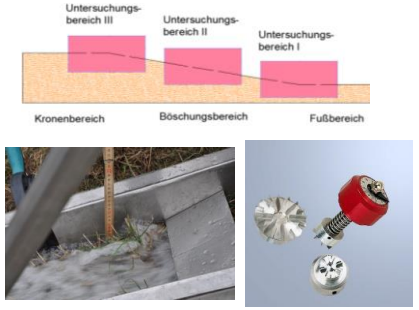
1. Risse



2. Grasnarbe



3. Erosionsstabilität gegen Schubspannung

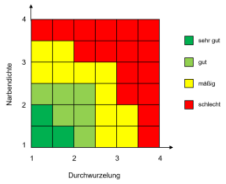


2. Risikobewertung → Quantitative Kriterien zur Risikobewertung

Einheitliche Klassifizierung

A	B	C
Klein	**Mittelgroß**	**Groß**
Tiefen bis 10 cm / Breiten bis 5 cm	Tiefen bis 50 cm / Breiten bis 15 cm	Tiefen > 50 cm / Breiten > 15 cm

Grasnarbenindex



Bewertungsschemata

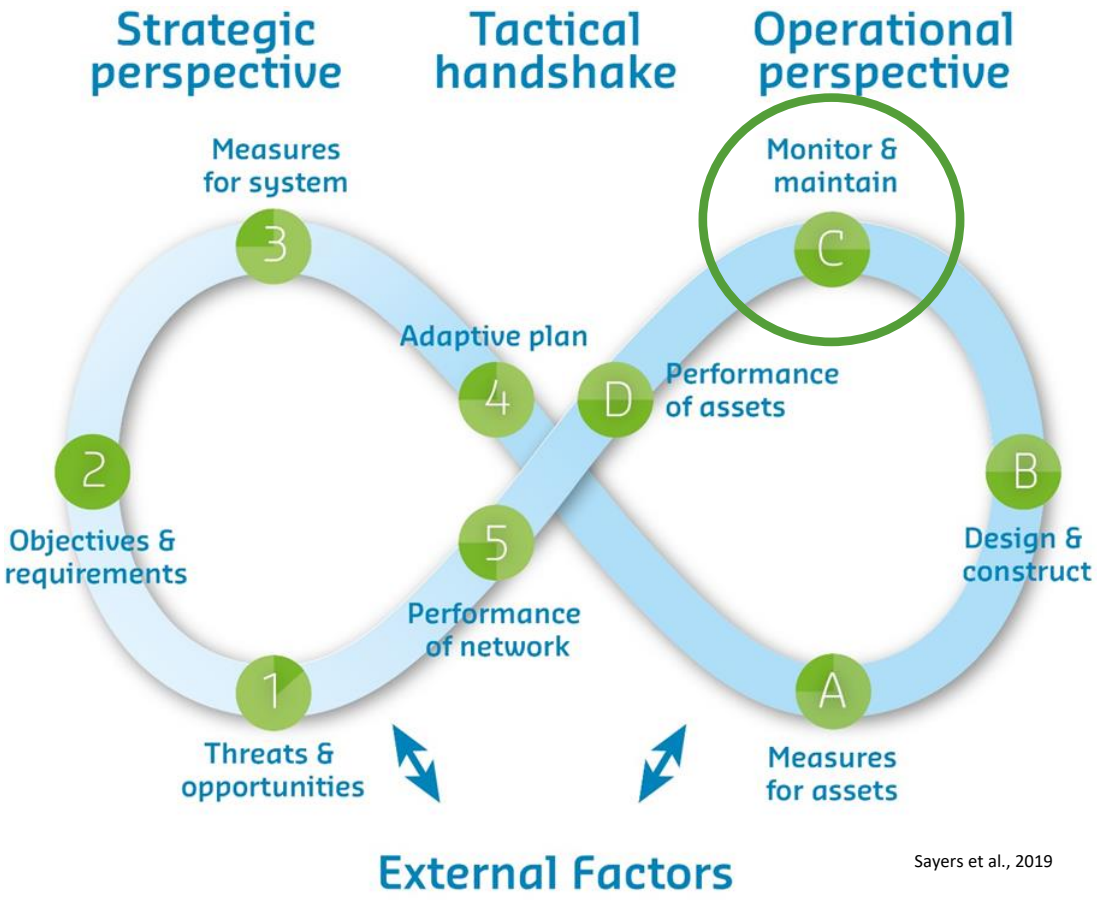
Qualitätsmerkmal	Sehr gut Note: 1	Gut Note: 2	Mäßig Note: 3	Schlecht Note: 4
Sedimentgewicht [g/m²]	< 50	50 – 100	100 – 200	> 200

	Einheitliche Klassifizierung	Grasnarbenindex	Bewertungsschemata
Standard Deich	x	x	x
Öko-Deich		x	

Scheres et al. (under review)

DEICHUNTERHALTUNG - Anlagenmanagement-Strategie

- Integration des Risiko-basierten Unterhaltungsansatzes in die Anlagenmanagement-Strategie der Deiche



Sayers et al., 2019

„Öko-Deiche“

Optimierung von
→ Kosten
→ Leistung
→ Risiko

DEICHUNTERHALTUNG - Ausblick

- Weiterführende Beobachtungen der Rissentwicklung über die Sturmflutsaison
- Durchführung zusätzlicher Versuche zur Erosionsstabilität, um eine größere Datenbasis aufzubauen
- Automatisierung der Auswertung der Grasnarbenmatrix
- Erweiterung und Anwendung der entwickelten Methoden und Bewertungsschemata auf ökologisch gestaltete Deiche
- (Weiter-)Entwicklung eines „Maintenance Toolkit“ für Unterhalter und Betreiber

Jordan, 2019

ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

- Steigerung des ökosystemaren Werts von Deichsystemen durch
  - Förderung von Vorlandökosystemen
  - ökologische Aufwertung des Deichbauwerks selbst
- Deichsicherheit und Küstenschutz haben weiterhin höchste Priorität
- Erste Planungsempfehlungen als Ergebnis des EcoDike-Projektes
- Antrag auf Förderung eines Folgeprojektes “EcoDikeFuture” im Forschungsprogramm MARE:N

VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT

Wir danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und dem Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen (KFKI) für die finanzielle und fachliche Unterstützung.

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung

KFKI

PtJ Projektträger Jülich Forschungszentrum Jülich

IWW | RWTH AACHEN UNIVERSITY

Institute for Environmental Research

fwu Forschungsinstitut Wasser und Umwelt | UNIVERSITÄT SIEGEN

Universität Rostock Traditio et Innovatio

Leibniz Universität Hannover

Ludwig-Franzius-Institut für Wasserbau, Ästuar- und Küsteningenieurwesen

Technische Universität Braunschweig

Leichtweiß-Institut

TUHH Technische Universität Hamburg WASSERBAU River and Coastal Engineering

Quellenverzeichnis

- **Glimm et al**. 2009. *Integrierte Konzepte, Modelle und Techniken für bestehende und neue Bauwerke*. In: Unsere Gewässer – Forschungsbedarf aus Sicht der Praxis, Eine Dokumentation von HTG und DGGT. Hafentechnische Gesellschaft e.V. und Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V.
- **Hector et al.** 1999. *Plant diversity and productivity experiments in European grasslands*. Science 286: 1123-1127
- **Jordan, Manojlovic, Fröhle**. 2019. *Unterhaltung grüner Seedeiche im deutschen Küstenraum - Eine Analyse der bestehenden Unterhaltungsstrategien*. In: Tagungsband HTG Kongress Lübeck, 11. bis 13. September 2019, Hafentechnische Gesellschaft e.V.
- **Keimer, Miescke, Schürenkamp, Goseberg**. (in prep.). *Ecosystem services of salt marshes for coastal protection: Laboratory study of hydrodynamic processes on the foreshore and at sea dikes using inflexible idealized vegetation*. In: Coastal Engineering.
- **Liebrand**. 1999. *Restoration of Species-Rich Grasslands on Reconstructed River Dikes*. Dissertation. Wageningen Agricultural University, Wageningen, Niederlande.
- **Millennium Ecosystem Assessment** 2005. *"Ecosystems and Human Well-being."* Classic Edition Sources: Environmental Studies. Thomas A. Easton. 4th ed. New York: McGraw-Hill, 2012. 41-47. Print.
- **Sayers et al.** 2019. *A perspective on the future of asset management for flood protection*, A Policy Brief from the Interreg North Sea Region FAIR Project.
- **Scherber et al.** 2010. *Bottom-up effects o f plant diversity on multitrophic interactions in a biodiversity experiment* Nature 468: 553-556
- **Scheres, Arns, Bisgwa, Deutschmann, Fröhle, Goseberg, Graunke, Hoffmann, Hollert, Jensen, Jordan, Keimer, Manojlovic, Michalzik, Paul, Schlurmann, Schürenkamp, Soltau, Ulm, Wrage-Mönnig, Schüttrumpf**. (under review). *EcoDike – Grüne Seedeiche und Deckwerke für den Küstenschutz*. In: Die Küste.
- **Schoonees, Gijón Mancheño, Scheres, Bouma, Silva, Schlurmann, Schüttrumpf**. 2019. *Hard structures for coastal protection, towards greener designs*. In: Estuaries and Coasts 21 (7), S. 755. doi: 10.1007/s12237-019-00551-z.
- **Schürenkamp, Keimer, Kosmalla, Freund, Goseberg**. (in prep.). *Biomechanics of salt marsh vegetation for ecosystem-based coastal protection*. In: Coastal Engineering.
- **Soltau, Arns, Ulm, Jensen**. Accepted. Classifying wave attenuation by vegetation using a decision tree model. Coastal Structures Conference 2019, 30.09.-02.10.2019, Hannover, Deutschland.