

Feinsediment in norddeutschen Fließgewässern – ein ökologisches Problem. Methoden der Erfassung

Jens Kiesel^{1,2}, Britta Schmalz³, Sonja Jähnig¹,
Daniel Hering⁴, Nicola Fohrer²

¹ IGB Berlin, Abteilung Ökosystemforschung

² CAU Kiel, Abteilung für Hydrologie und Wasserwirtschaft

³ TU Darmstadt, IHWB

⁴ Universität Duisburg-Essen, Aquatische Ökologie



Motivation und Hintergrund



Veränderungen...

...der Landnutzung

...des Sedimenteintrages

...der Morphologie

...des aquatischen Habitates

wirken auf

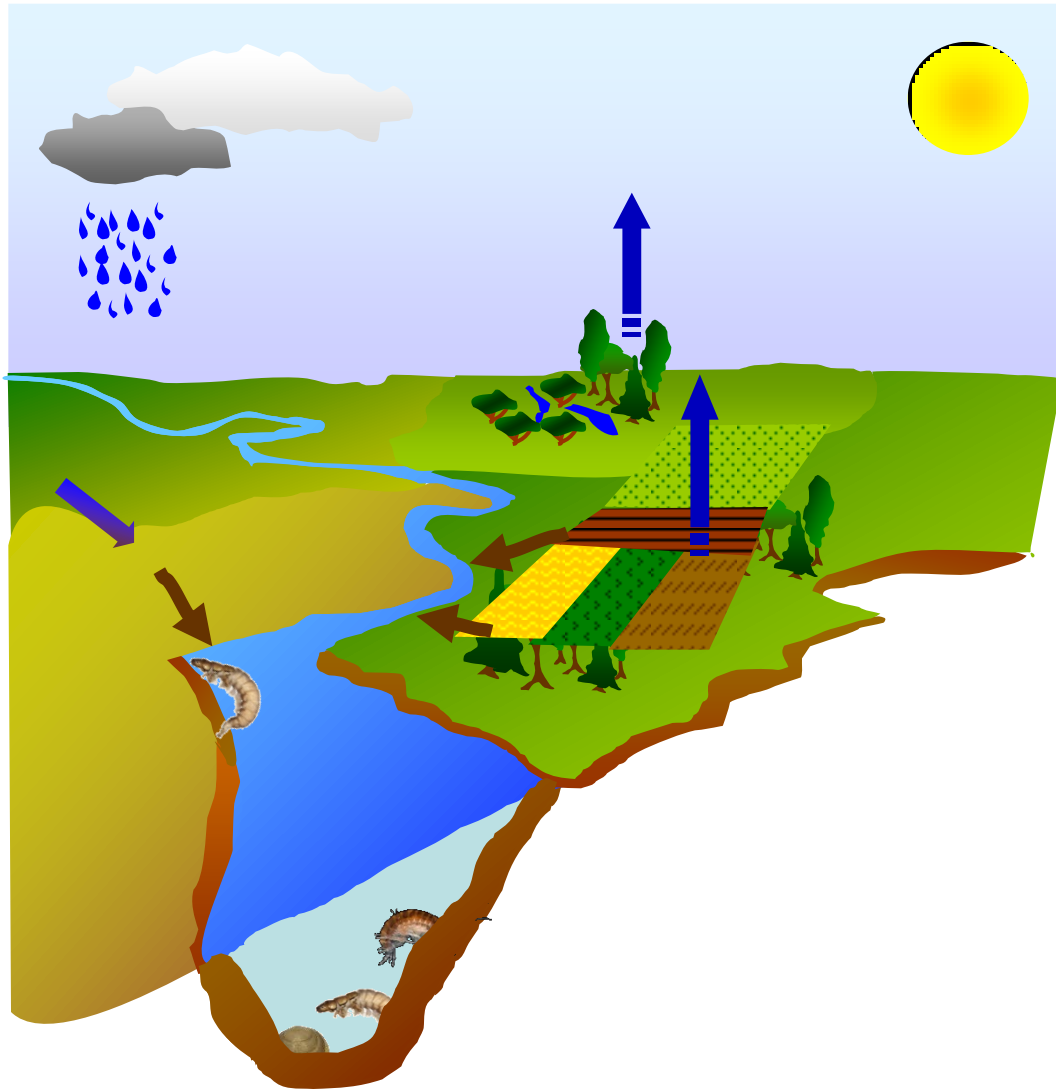
...die Artengemeinschaft

Regenerationsmaßnahmen durch

Modellierungen testen



Feinsediment und die Artengemeinschaft



Wasserkreislauf **Klima**

Einzugsgebiet Erosion

Fließgewässer

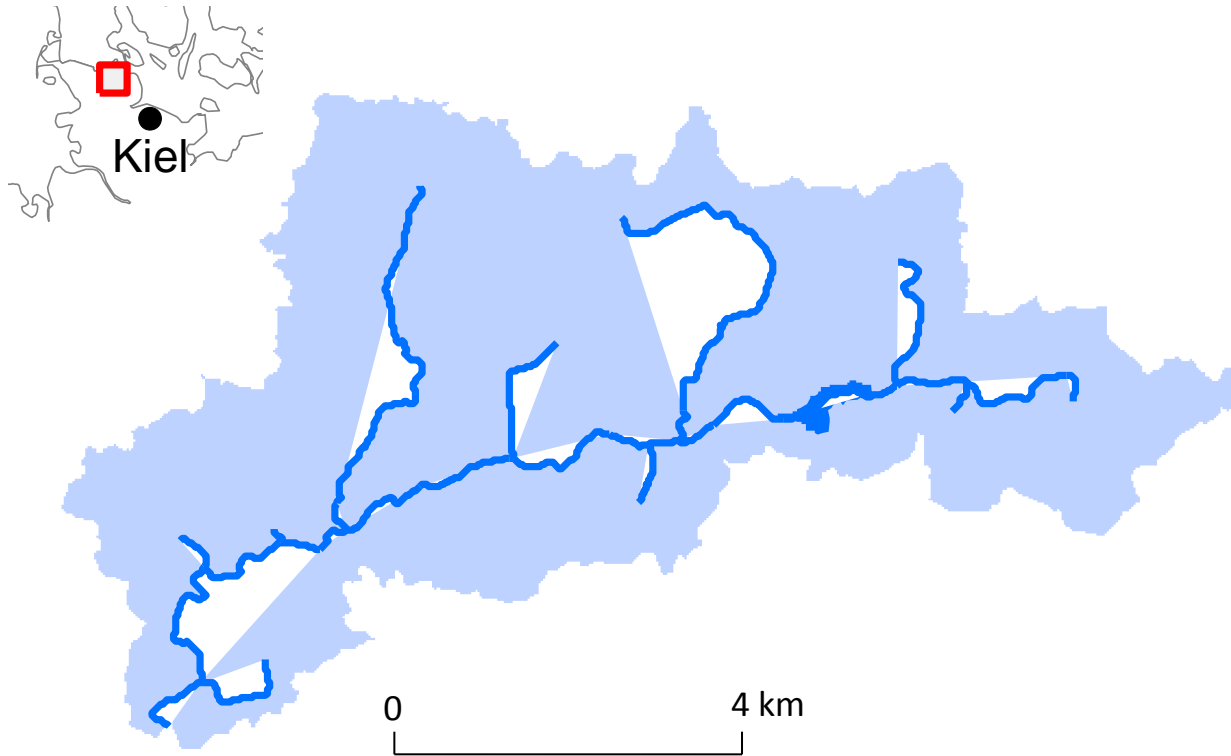
Dynamik & Regulation

Habitat	Bedeckung & Entstehung
---------	------------------------

Arten Artenänderung

Diese Wirkungskette muss modelliert werden, wenn man Maßnahmen testen möchte, die den Lebensraum Fließgewässer verbessern sollen

Das Tieflandeinzugsgebiet der Kielstau



- Östliches Hügelland von Schleswig-Holstein
- 50 km², 1 See, 16 km Fließweg
- Kiesgeprägter Tieflandbach
- Niedrige hydraulische Gradienten
- ca. 80 % landwirtschaftlich genutzt
- Seit 2010 UNESCO Ökohydrologie-Referenzgebiet



3



4



5



1b



6



1a



2a



2b

1. Methodische Abbildung der Wirkungskette

Modellierung der abiotisch-biotischen Wirkungskette

DPSI – Konzept (EEA, 1999)

Antrieb

Belastung

Zustand

Auswirkung

Modellbildung

Daten

Modell

Ergebnisse

Bewertung

Daten

Modell

Ergebnisse

Bewertung

Ökohydrologisches Modell

Hydrologischer Stress

Sediment-eintrag

Hydrologische Ereignisse

Landwirtschaft

Urbanisierung

Klima

Hydraulische Modelle

Hydraulischer Stress

Profil-veränderung

Begradigung

Substrat-stabilität

Hydraulische Parameter Φ_1

Sediment-parameter Φ_2

Schluff Φ_3

Sand Φ_4

Kies Φ_5

GIS Kartierung

Substrat-degradation

Räumung

Ufer- und Sohlbefestigung

Steine Φ_6

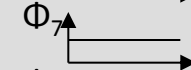
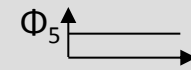
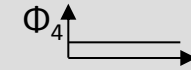
Totholz Φ_7

Vegetation Φ_8

Detritus Φ_9

Eignungsfunktion
 $\Phi = f(\Phi_1 \Phi_2 \dots \Phi_n)$

Habitatmodelle



2. Modellierung der Wirkungskette

Kiesel J, Schmalz B, Fohrer N. 2009. Advances in Geosciences 21(3).

Kiesel J, Fohrer N, Schmalz B, White MJ. 2010. Hydrological Processes 24.

Kiesel J, Schmalz B, Savant G, Fohrer N. 2012. TuTech Innovation. ISBN: 978-3-941492-45-5

Kiesel J, Schmalz B, Brown G, Fohrer N. 2013. Journal of Hydrology and Hydromechanics 61(4).

Daten

Modell

Ergebnisse

Bewertung

Ökohydrologisches Modell

Hydrologischer Stress

Sediment-eintrag

Hydrologische Ereignisse

Hydraulische Modelle

Hydraulischer Stress

Profil-veränderung

Begradigung

Substrat-stabilität

Hydraulische Parameter Φ_1

Sediment-parameter Φ_2

Schluff Φ_3

Sand Φ_4

Kies Φ_5

GIS Kartierung

Substrat-degradation

Räumung

Ufer- und Sohlbefestigung

Steine Φ_6

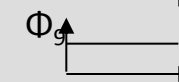
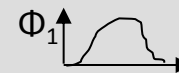
Totholz Φ_7

Vegetation Φ_8

Detritus Φ_9

Eignungsfunktion
 $\Phi = f(\Phi_1 \Phi_2 \dots \Phi_n)$

Habitatmodelle

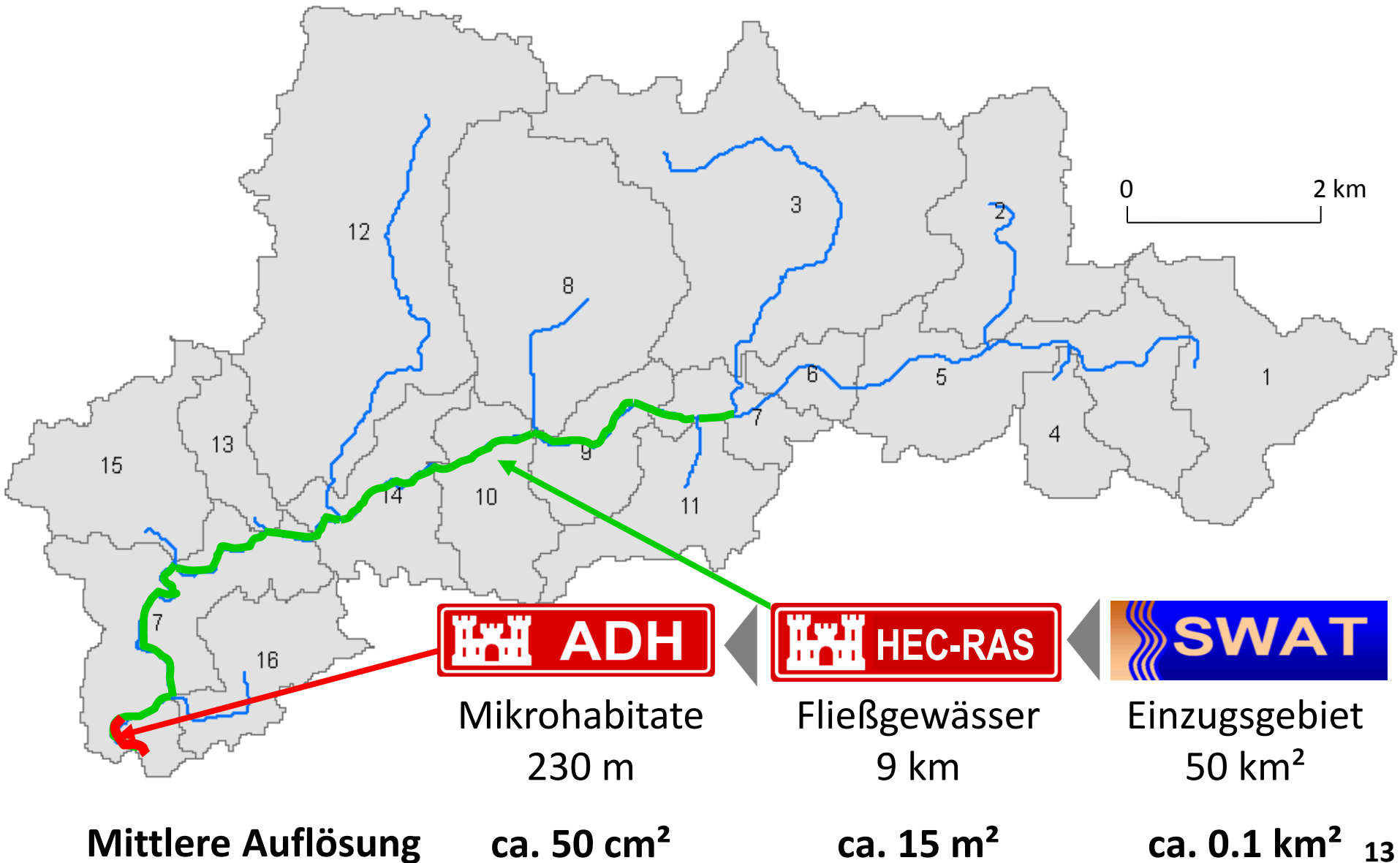


Landwirtschaft

Urbanisierung

Klima

Verknüpfung von Prozessen auf drei Skalen



Daten

Modell

Ergebnisse

Bewertung

Ökohydrologisches Modell

Hydrologischer
Stress

Sediment-
eintrag

Hydrologische
Ereignisse

Eignungsfunktion
 $\Phi = f(\Phi_1 \Phi_2 \dots \Phi_n)$

Landwirtschaft

Urbanisierung

Klima

Hydraulische Modelle

Hydraulischer
Stress

Profil-
veränderung

Begradigung

Substrat-
stabilität

Hydraulische Φ_1
Parameter

Sediment-
parameter Φ_2

Schluff Φ_3

Sand Φ_4

Kies Φ_5

GIS Kartierung

Substrat-
degradation

Räumung

Ufer- und
Sohlbefestigung

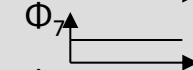
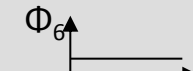
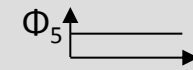
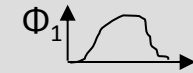
Steine Φ_6

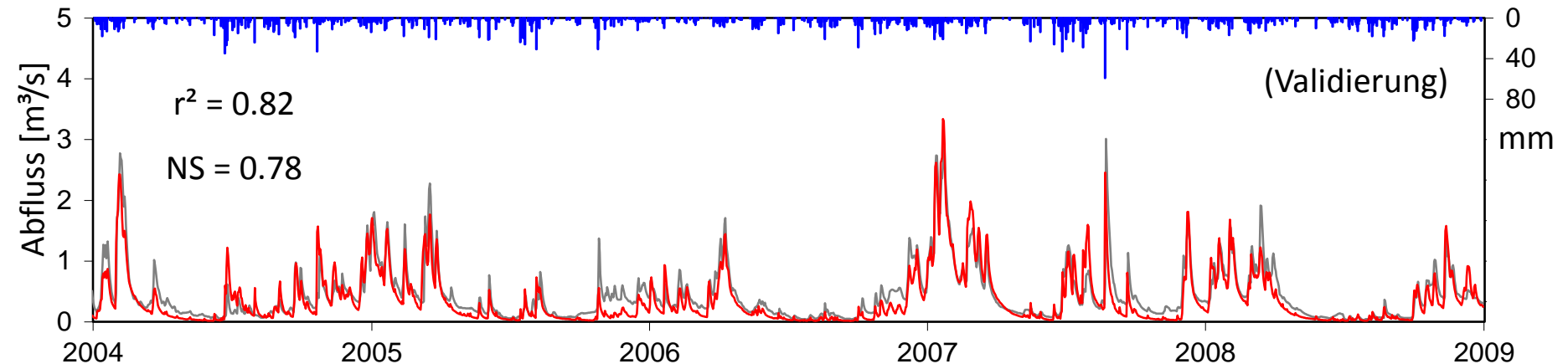
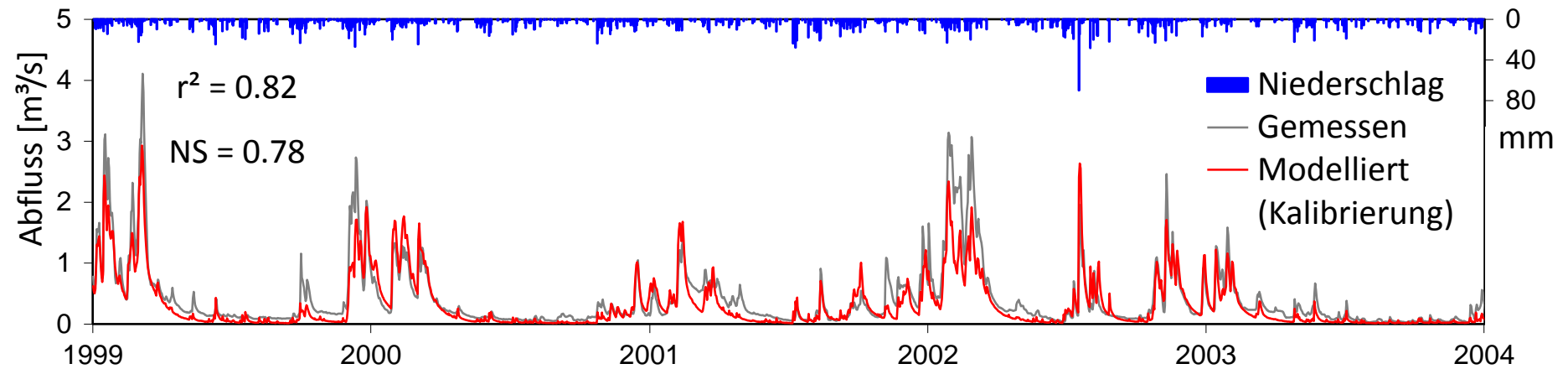
Totholz Φ_7

Vegetation Φ_8

Detritus Φ_9

Habitatmodelle





Daten

Modell

Ergebnisse

Bewertung

Ökohydrologisches Modell

Hydrologischer
Stress

Sediment-
eintrag

Hydrologische
Ereignisse

Landwirtschaft

Urbanisierung

Klima

Hydraulische Modelle

Hydraulischer
Stress

Profil-
veränderung

Begradigung

Substrat-
stabilität

Hydraulische
Parameter Φ_1

Sediment-
parameter Φ_2

Schluff Φ_3

Sand Φ_4

Kies Φ_5

GIS Kartierung

Substrat-
degradation

Räumung

Ufer- und
Sohlbefestigung

Steine Φ_6

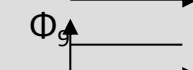
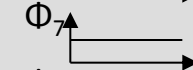
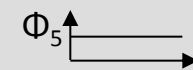
Totholz Φ_7

Vegetation Φ_8

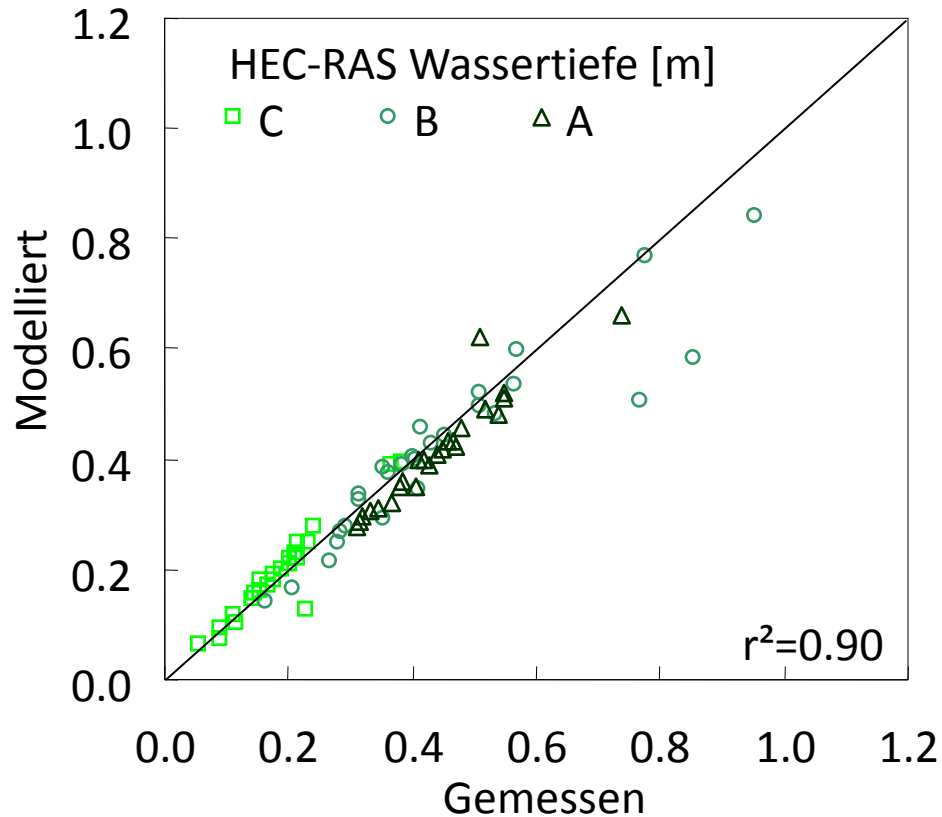
Detritus Φ_9

Eignungsfunktion
 $\Phi = f(\Phi_1 \Phi_2 \dots \Phi_n)$

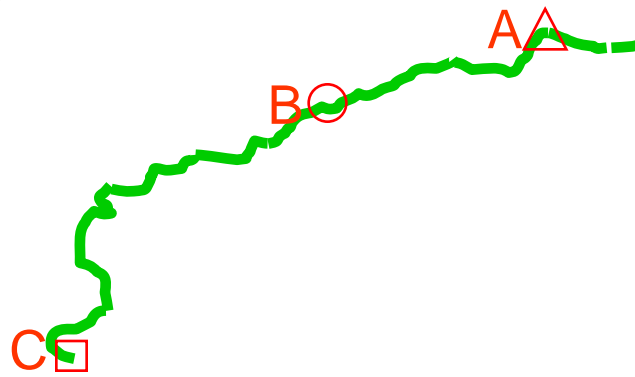
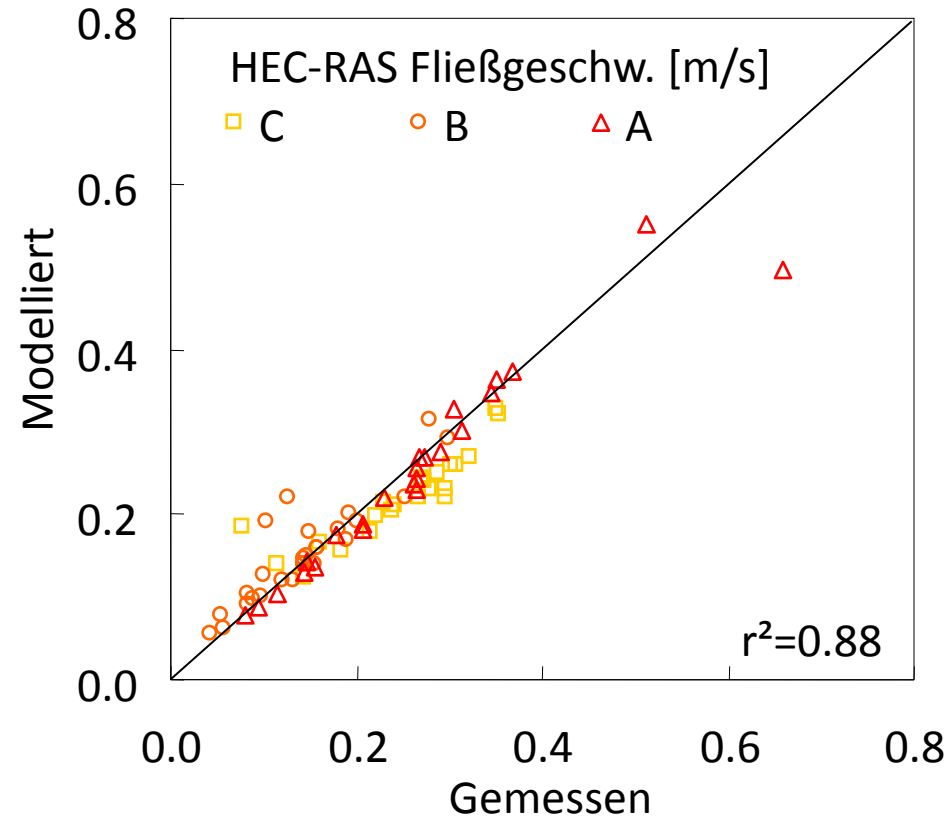
Habitatmodelle



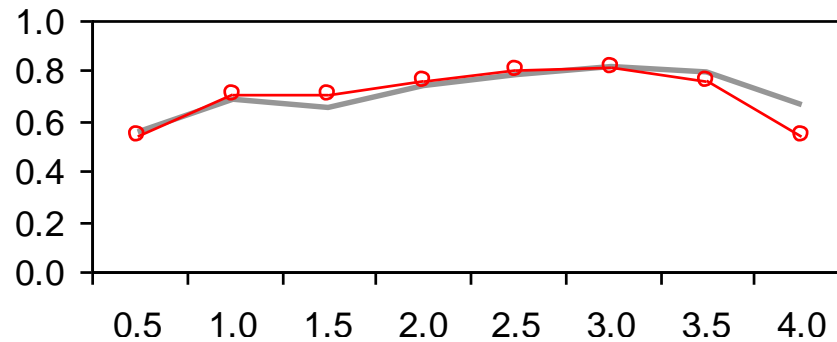
Wassertiefe



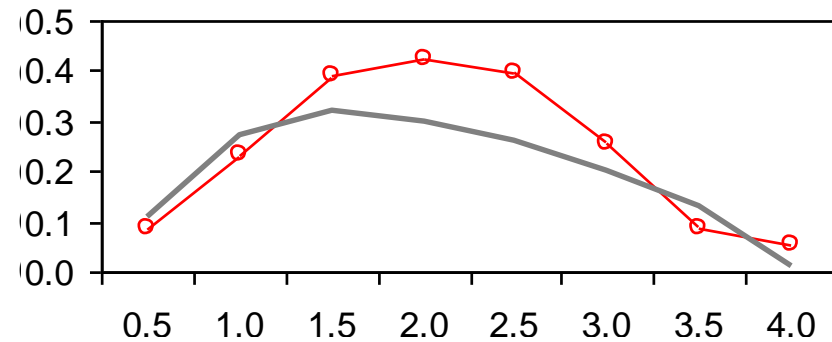
Fließgeschwindigkeit



Wassertiefe



Fließgeschwindigkeit



modelliert



gemessen

0 30 m

Daten

Modell

Ergebnisse

Bewertung

Ökohydrologisches Modell

Hydrologischer
Stress

Sediment-
eintrag

Hydrologische
Ereignisse

Landwirtschaft

Urbanisierung

Klima

Hydraulische Modelle

Hydraulischer
Stress

Profil-
veränderung

Begradigung

Substrat-
stabilität

Hydraulische Φ_1
Parameter

Sediment-
parameter Φ_2

Schluff Φ_3

Sand Φ_4

Kies Φ_5

GIS Kartierung

Substrat-
degradation

Räumung

Ufer- und
Sohlbefestigung

Steine Φ_6

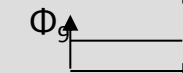
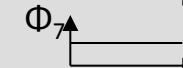
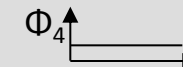
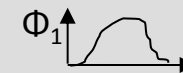
Totholz Φ_7

Vegetation Φ_8

Detritus Φ_9

Eignungsfunktion
 $\Phi = f(\Phi_1 \Phi_2 \dots \Phi_n)$

Habitatmodelle



Sedimenteintragspfade im Tiefland

Fläche



Drainagen



Fließgewässer

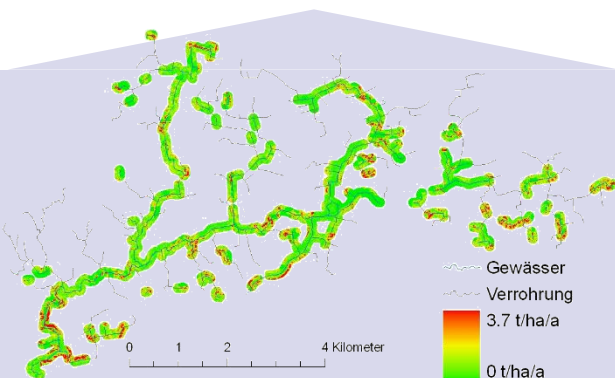


Sedimenteintragspfade im Tiefland

Fläche



17%



ABAG

Drainagen



15%

Study	% drained area	% Sediment from drainage
KRONVANG et al. 1997	50 100	13 26
WALLING et al. 2002	90 100	53 58.9
WALLING et al. 2002	90 100	28.5 31.7

Fließgewässer

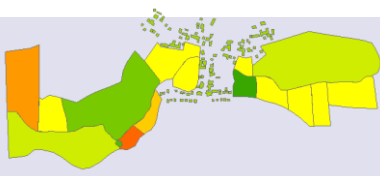


68%

DICKINSON et al. 1989
Angrenzende Landnutzung
Physikalische Bodeneigenschaften

h_{crit}

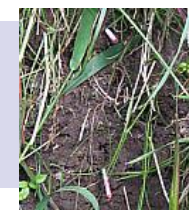
Kartierung



Messungen

1500.5 mg/L
107.2 mg/L
3.3 mg/L

Erosionsstäbe



Messmethoden Geschiebetransport

Geschiebefalle

- Höhe: 10 cm
- Breite: 45 + 45 cm, von 224 cm Gewässersohle
- Länge 60 cm
- Maschenweite 200 μm
- 44 Wochen
2 Wochen Messintervall
- auf die Gesamtsohle extrapoliert

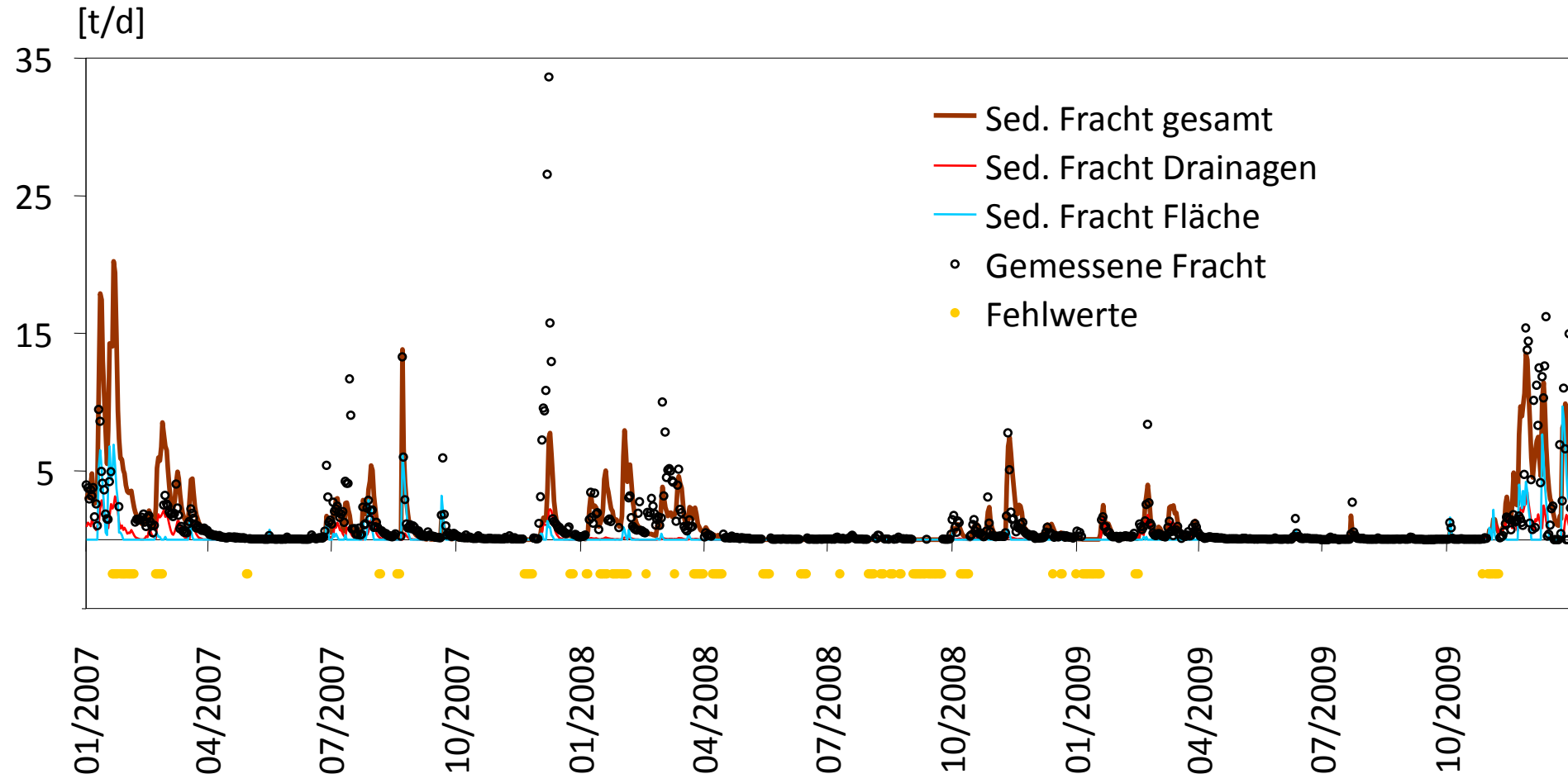


Messmethoden suspendiertes Sediment

- 1L Tagesmischproben in automatischem Sammler
- Filtration an einer Unterdruckapparatur mit $0,45\mu\text{m}$ Cellulose-Acetat Filtern
- Trocknung des Filters und wiegen der Gewichts Differenz ergibt Sedimenttransport in mg/L



Modellierung Sedimenteintragspfade



$r^2 = 0.31$, monatlich $r^2 = 0.68$

Daten

Modell

Ergebnisse

Bewertung

Ökohydrologisches Modell

Hydrologischer
Stress

Sediment-
eintrag

Hydrologische
Ereignisse

Landwirtschaft

Urbanisierung

Klima

Hydraulische Modelle

Hydraulischer
Stress

Profil-
veränderung

Begradigung

Substrat-
stabilität

Hydraulische Φ_1
Parameter

Sediment-
parameter Φ_2

Schluff Φ_3

Sand Φ_4

Kies Φ_5

GIS Kartierung

Substrat-
degradation

Räumung

Ufer- und
Sohlbefestigung

Steine Φ_6

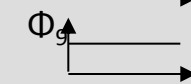
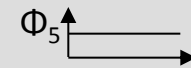
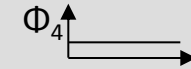
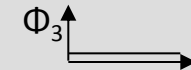
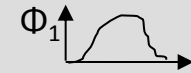
Totholz Φ_7

Vegetation Φ_8

Detritus Φ_9

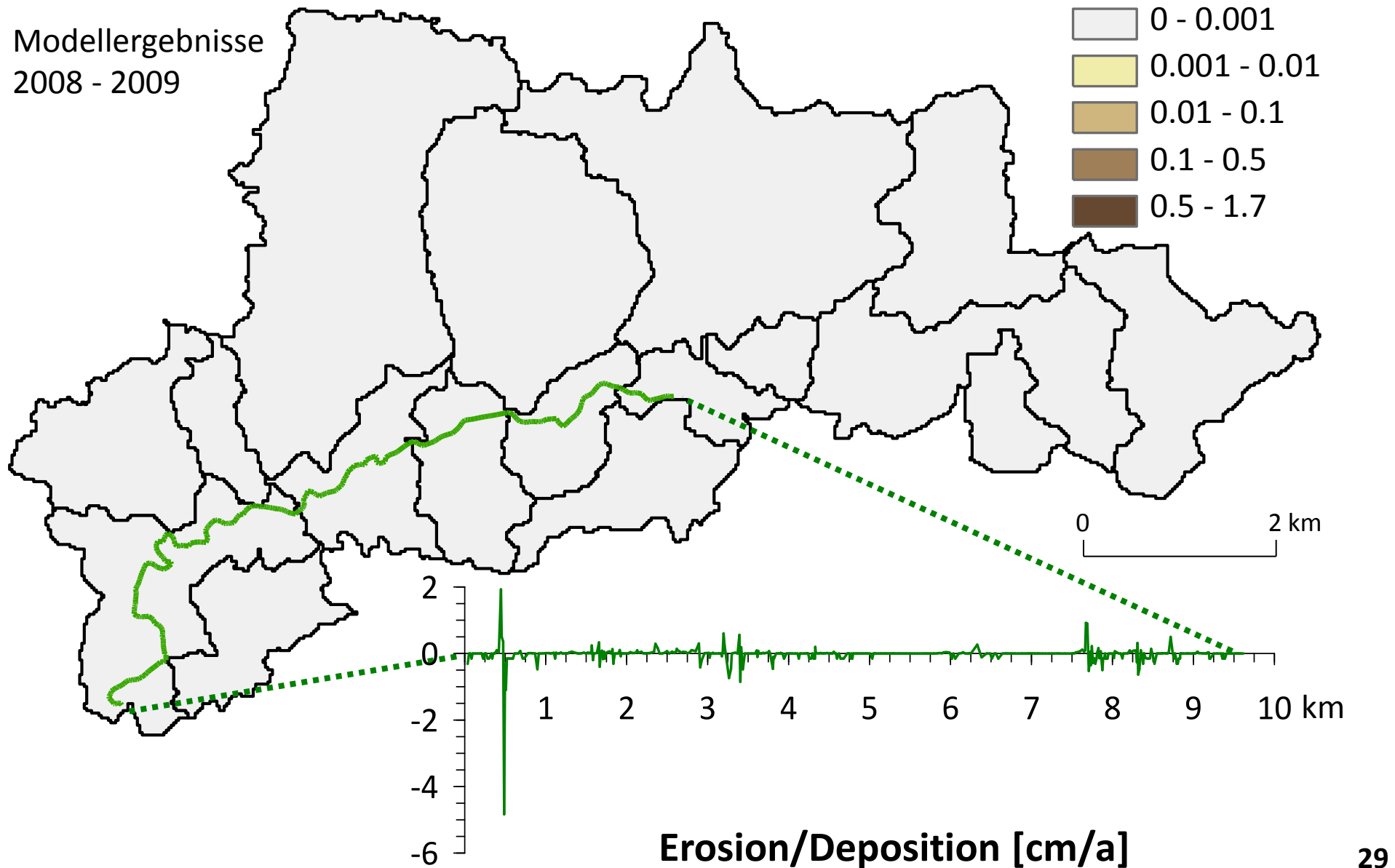
Eignungsfunktion
 $\Phi = f(\Phi_1 \Phi_2 \dots \Phi_n)$

Habitatmodelle



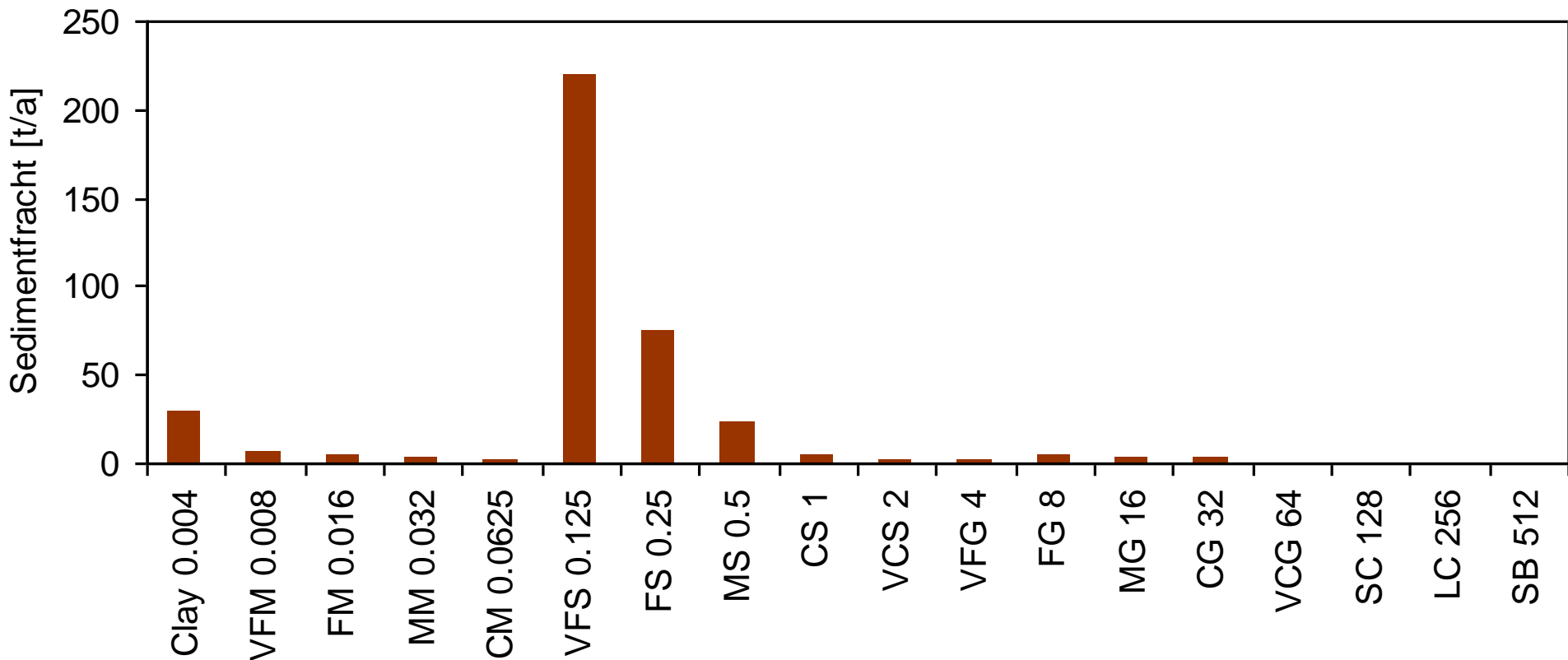
Sediment: Einzugsgebiet und Fließgewässer

Teileinzugsgebiete HEC-RAS Gerinne Einzugsgebiet See Flächenerosion [t/ha]



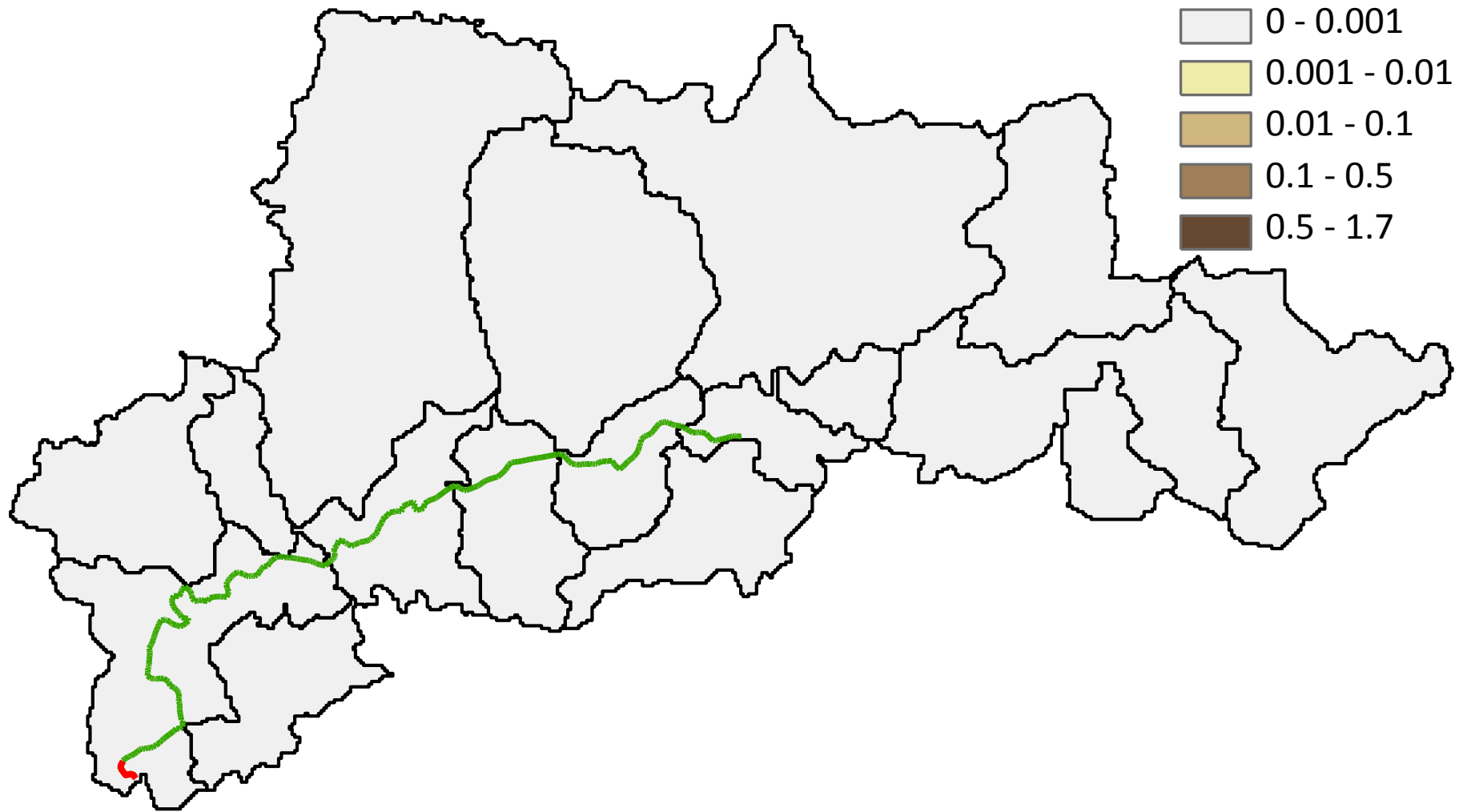
Modellierung Sedimentfracht im Gerinne

Sedimentfracht nach Korngrößen

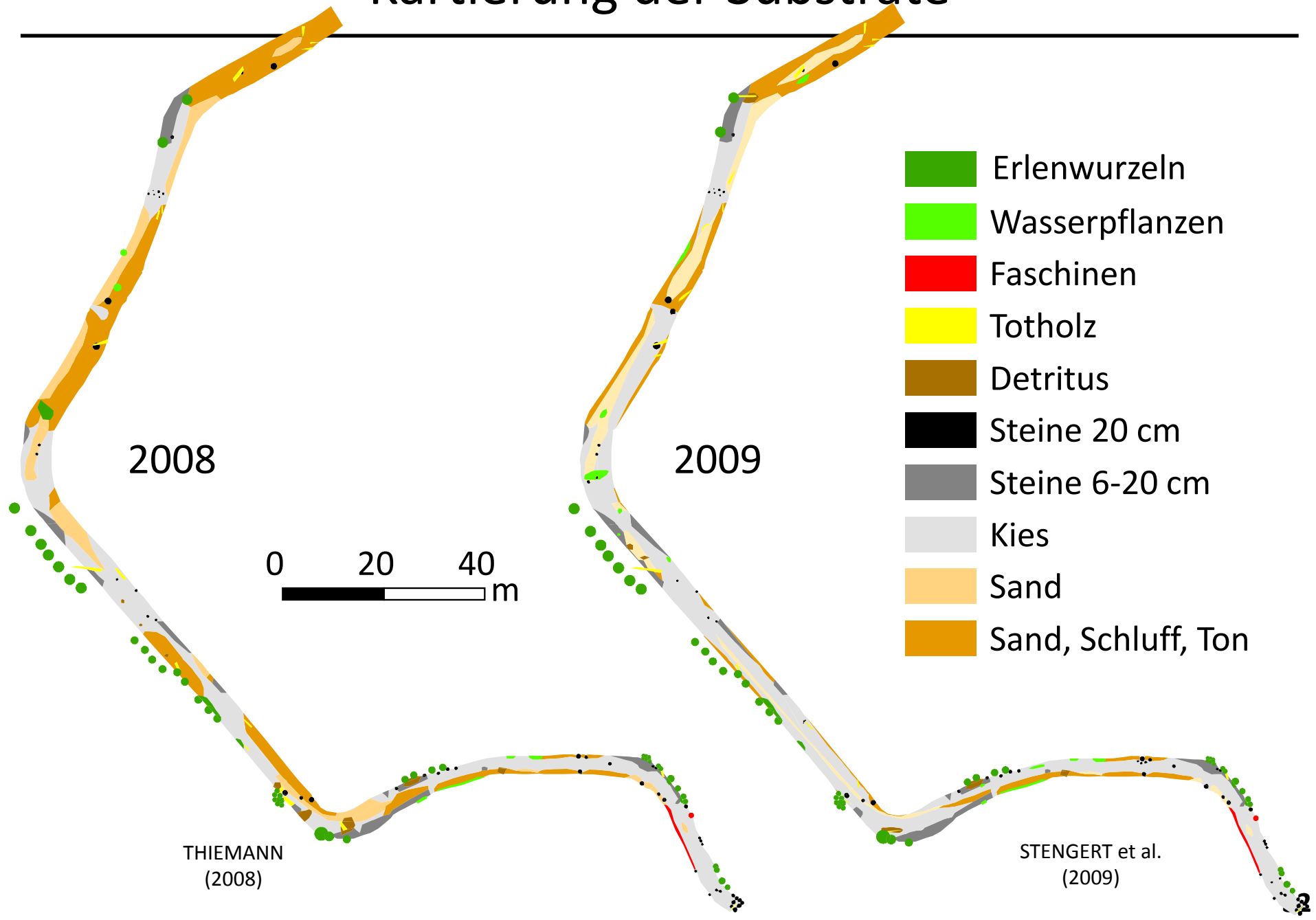


Sehr feiner Sand und Feinsand (0.125-0.5mm): **78%**

Teileinzugsgebiete HEC-RAS Gerinne Einzugsgebiet See **Flächenerosion [t/ha]**



Kartierung der Substrate



Sedimentmodellierung: Mikrohabitate

Kartiert
2009

Modelliert
2009

Ausgangs-
daten
2008

365
Simulationstage

d90 [cm]

max: 3.5

min: 0

Holz, Steine, Pflanzen

Ufergrenze

0 20 m

3. Modellierung der ökologischen Auswirkung

Jähnig SC, Kuemmerlen M, Kiesel J, Domisch S, Cai Q, Schmalz B, Fohrer N. 2012.
Journal of Biogeography 39(12).

Schröder M, Kiesel J, Schattmann A, Jähnig SC, Lorenz AW, Kramm S, Keizer-Vlek H, Rolauffs P,
Graf W, Leitner P, Hering D. 2013. Ecological Indicators 30.

Kiesel J, Schröder M, Hering D, Schmalz B, Hörmann G, Jähnig SC, Fohrer N. 2015.
Fundamental and Applied Limnology.

Daten

Modell

Ergebnisse

Bewertung

Ökohydrologisches Modell

Hydrologischer
Stress

Sediment-
eintrag

Hydrologische
Ereignisse

Landwirtschaft

Urbanisierung

Klima

Hydraulische Modelle

Hydraulischer
Stress

Profil-
veränderung

Begradigung

Substrat-
stabilität

Hydraulische Φ_1
Parameter

Sediment-
parameter Φ_2

Schluff Φ_3

Sand Φ_4

Kies Φ_5

GIS Kartierung

Substrat-
degradation

Räumung

Ufer- und
Sohlbefestigung

Steine Φ_6

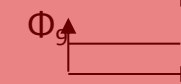
Totholz Φ_7

Vegetation Φ_8

Detritus Φ_9

Eignungsfunktion
 $\Phi = f(\Phi_1 \Phi_2 \dots \Phi_n)$

Habitatmodelle



Simulation von *Sphaerium corneum*



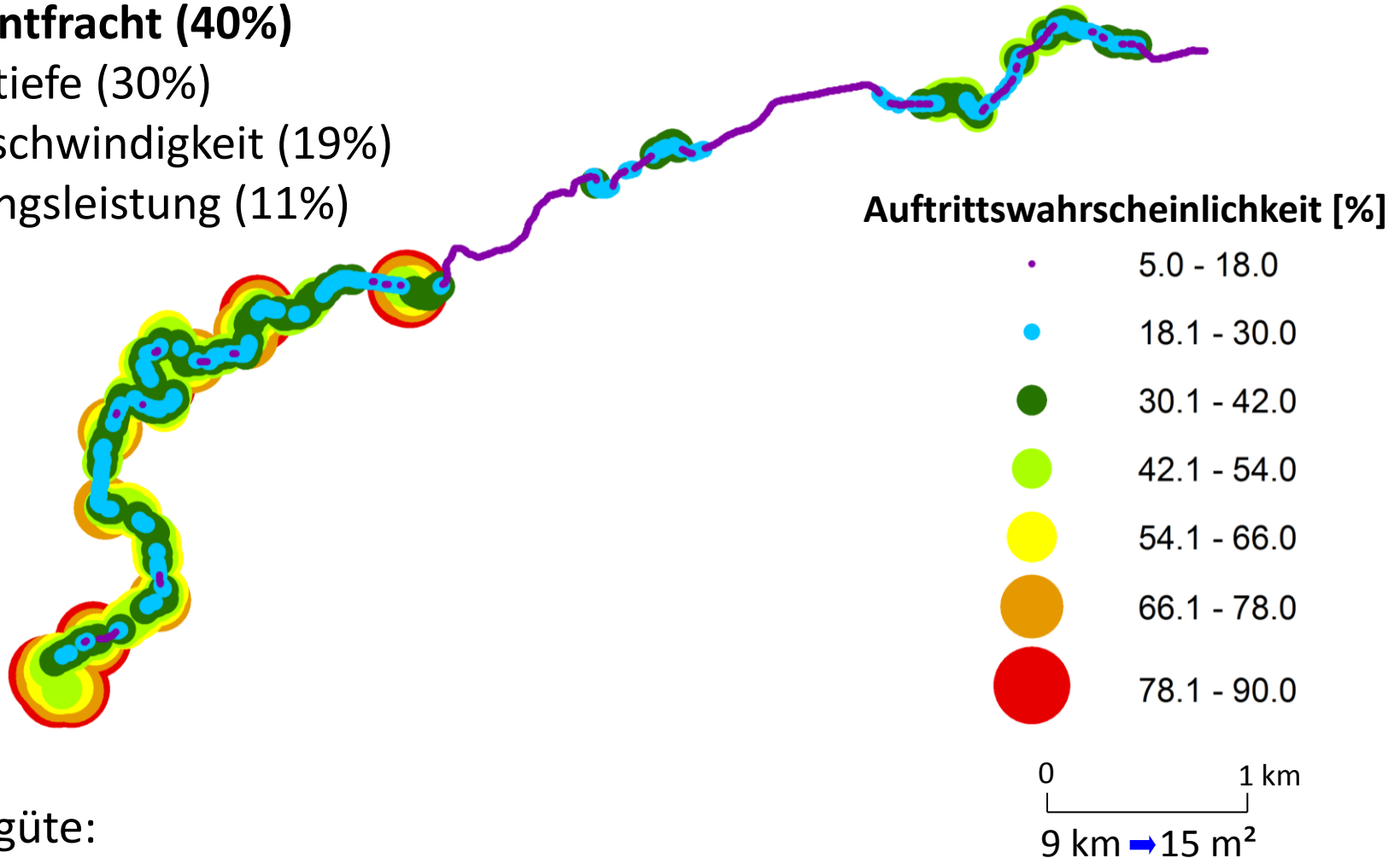
Evaluierte Parameter:

Sedimentfracht (40%)

Wassertiefe (30%)

Fließgeschwindigkeit (19%)

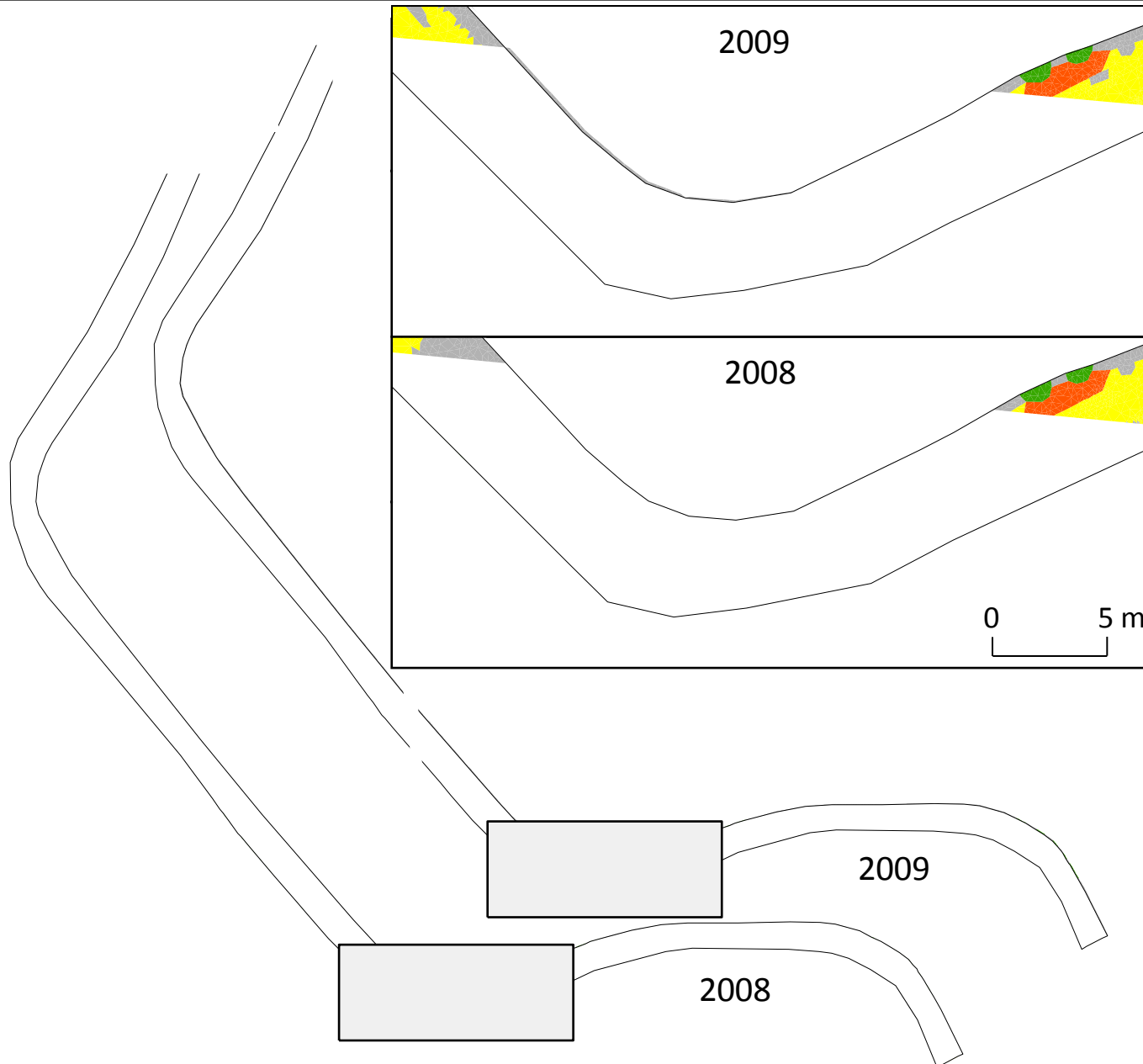
Strömungsleistung (11%)



Modellgüte:

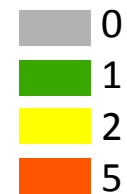
Sehr gute Übereinstimmung, AUC 0.96, kappa 0.86
(basierend auf 30% der Probenahmedaten)

Simulation von *Hydropsyche*



Individuendichte

Anzahl (25x25cm)



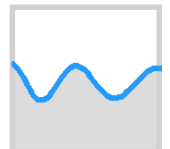
0 20 m

230 m → 50 cm²

Zusammenfassung

Zusammenfassung

- Erfassung und Modellierung von Sedimenteintrag und Transportprozessen auf Einzugsgebietsebene und im Gerinne
- Messungen notwendig zum Verständnis der Prozesse, zur Erfassung der Quellen und Eintragspfade und zur Kalibrierung und Validierung der Modelle
- Modelle sind nützliche Werkzeuge zur Abbildung von Sedimentaustrag/-transport mit hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung und zur Vorhersage
- Verringerung / Auswaschung des Feinsandsubstrates erhöht die Artendichte





Danke für die Datenbereitstellung und Kooperation

Brinkmann (2002), Lorenz et al. (2009), Schattmann (2013), Kramm (2002), Vlek et al. (2006),
DWD (Offenbach),
Landesamt für Vermessung und Geoinformation S.-H. (Kiel),
LKN (Husum/Schleswig),
LLUR (Flintbek),
soilAQUA (Sterup),
Stiftung Naturschutz (Molfsee),
Wasser- und Bodenverband Obere Treene (Satrup),
Winderatter See-Kielstau e.V. (Ausacker)



Danke für die Aufmerksamkeit