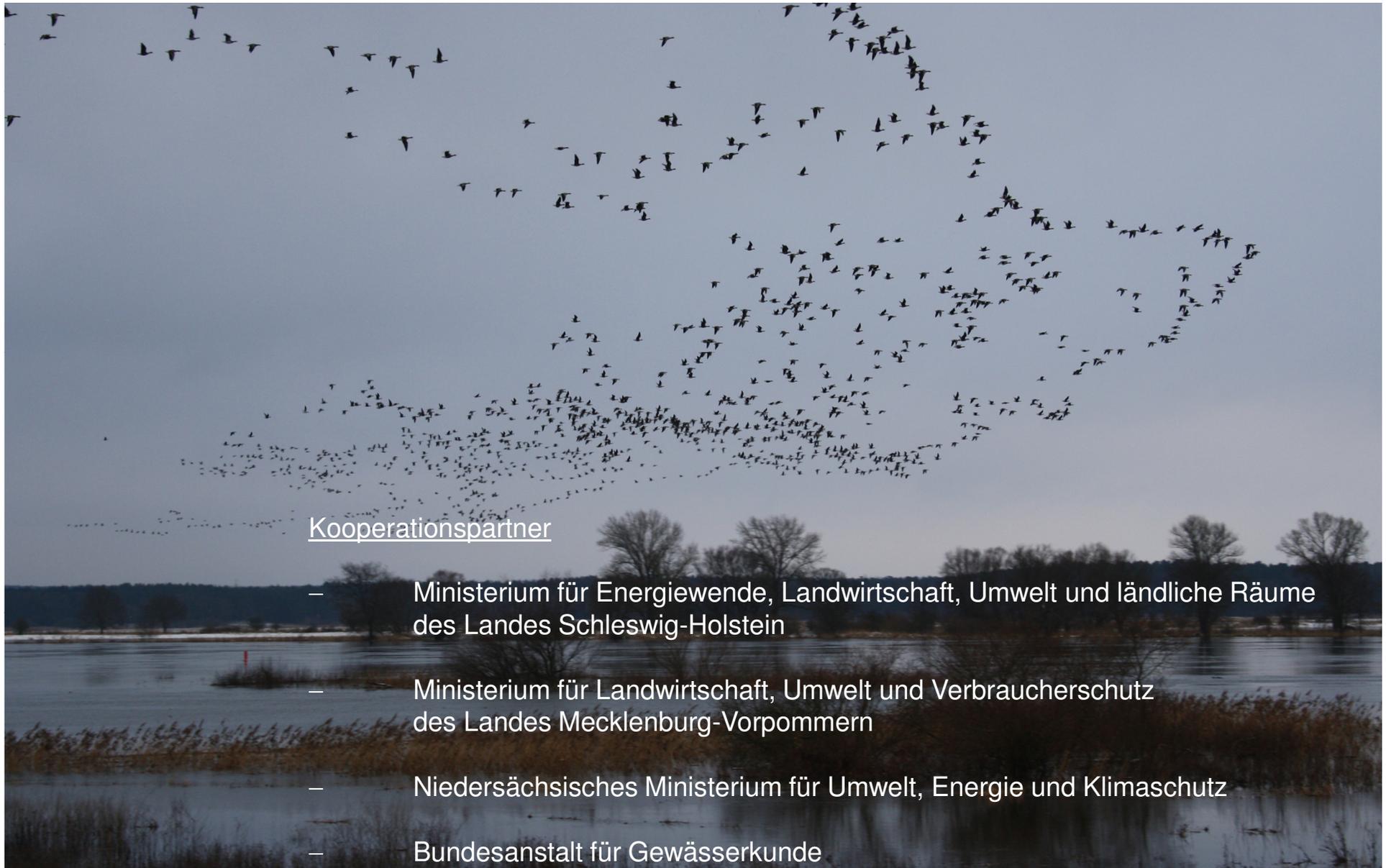


# 2D-Modell Wittenberge – Geesthacht

Bleckede, 21. Januar 2014



## Kooperationspartner

- Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein
- Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Mecklenburg-Vorpommern
- Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz
- Bundesanstalt für Gewässerkunde

# 2D-Modell Wittenberge – Geesthacht



Inhalt

## Gliederung

- Veranlassung
- Grundlagen (Software, Daten)
- Modellbeschreibung
- Zusammenfassung

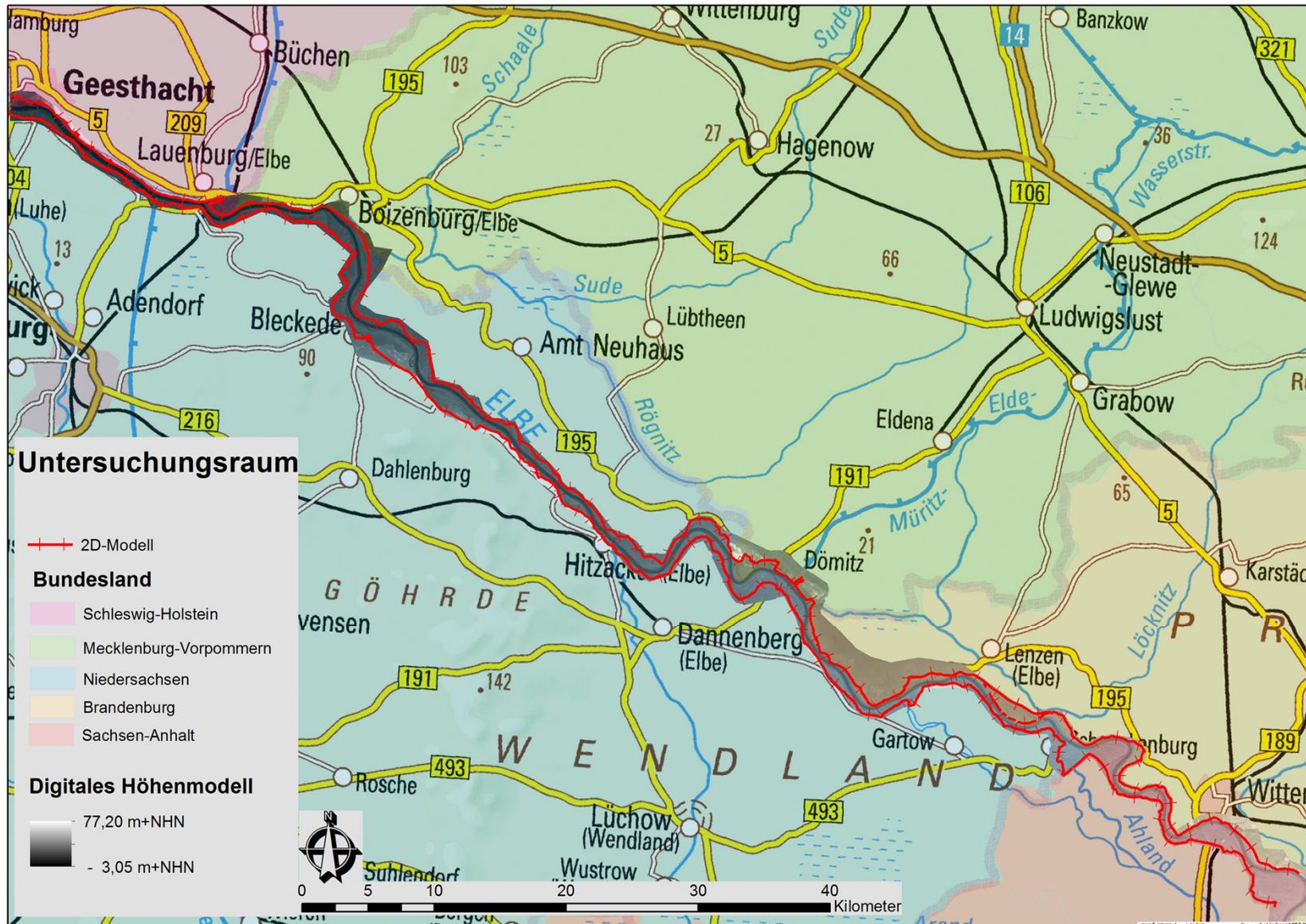
# 2D-Modell Wittenberge – Geesthacht

## Untersuchungsraum



# 2D-Modell Wittenberge – Geesthacht

## Untersuchungsraum



# 2D-Modell Wittenberge – Geesthacht

Veranlassung



Bewuchsänderungen seit 1990 („Verbuschung“) bei Dömitz



# 2D-Modell Wittenberge – Geesthacht



Veranlassung (Aufgabenstellung/Ziel)

Entscheidungshilfe für Aussagen zur Pflege des Vorlands der Elbe zwischen Wittenberge und Geesthacht für die Wasserwirtschaft.  
Abflussverbesserung (Länder) und Analyse der Strömungsverhältnisse (Bund).

16.08.2012: Kooperationsvereinbarung mit drei Bundesländern (Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen) und der BfG

# 2D-Modell Wittenberge – Geesthacht

Grundlagen (Software)

## Delft3D von Deltares

- St. Venant (Flachwassergleichung)
- Höhenabhängige Rauheiten
- Orthogonales, gekrümmtes Gitter
- Finite Differenzen
- Open Source
- Oberfläche für Pre- und Postprocessing



## ArcGIS von ESRI



# 2D-Modell Wittenberge – Geesthacht

Grundlagen

## Geometrie

DGMW-Elbe der Länder 2006 (lokale Aktualisierungen)

Deichlinienzüge, Höhenpunkte 2011 (EU-Projekt LABEL)



## Rauheitszuordnungen

ATKIS-Daten (DLM 2009)

Biotopkartierungen

Luftbilder 2009-2012

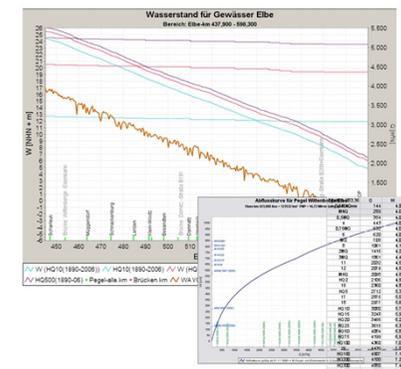


## Hydrologie

Wasserspiegelfixierungen

Abflussmessungen (Geschwindigkeiten)

Wasserstands-Abflussbeziehungen

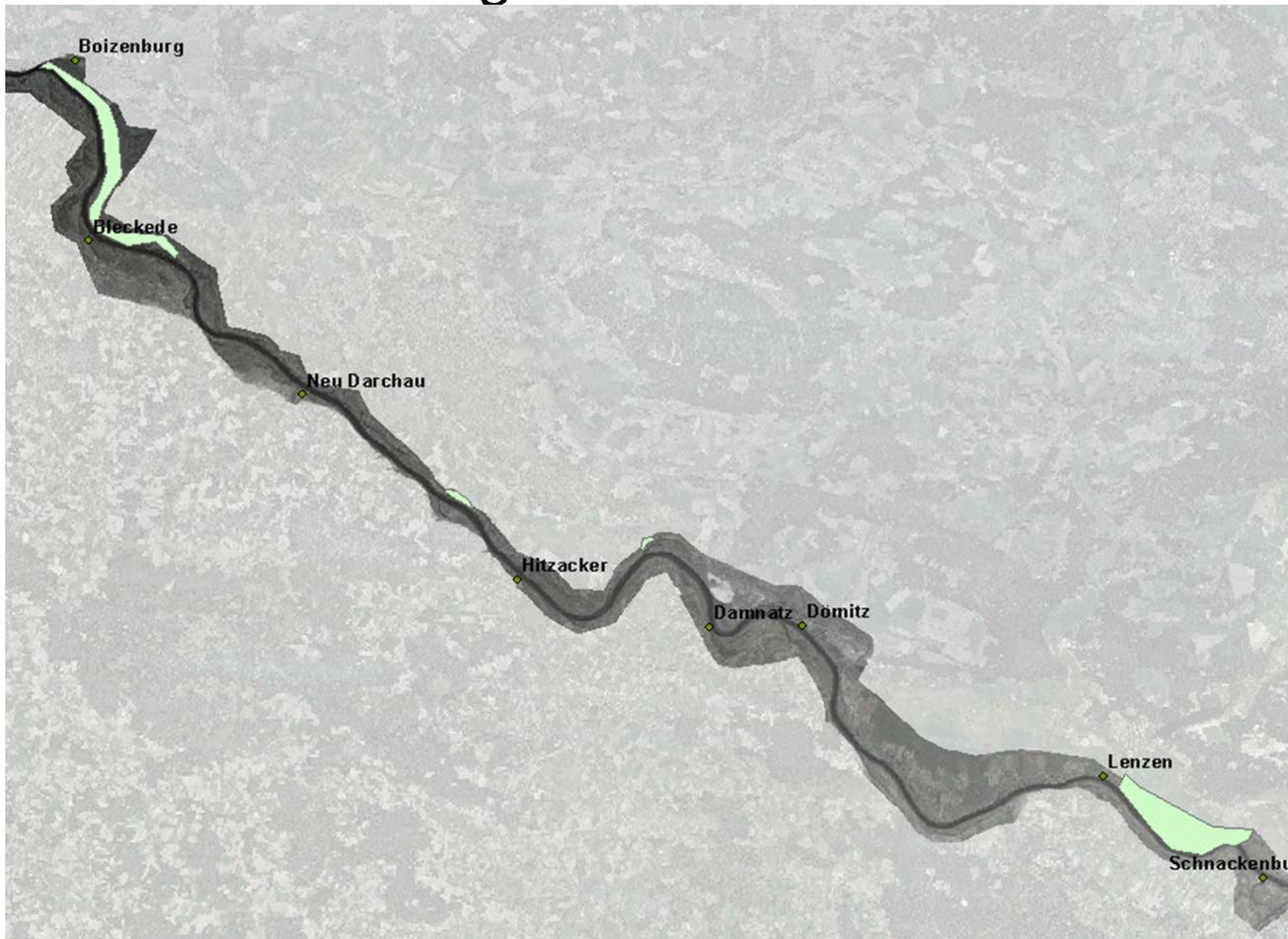


# 2D-Modell Wittenberge – Geesthacht

Grundlagen (Geometrie)

## DGM-W Elbe der Länder

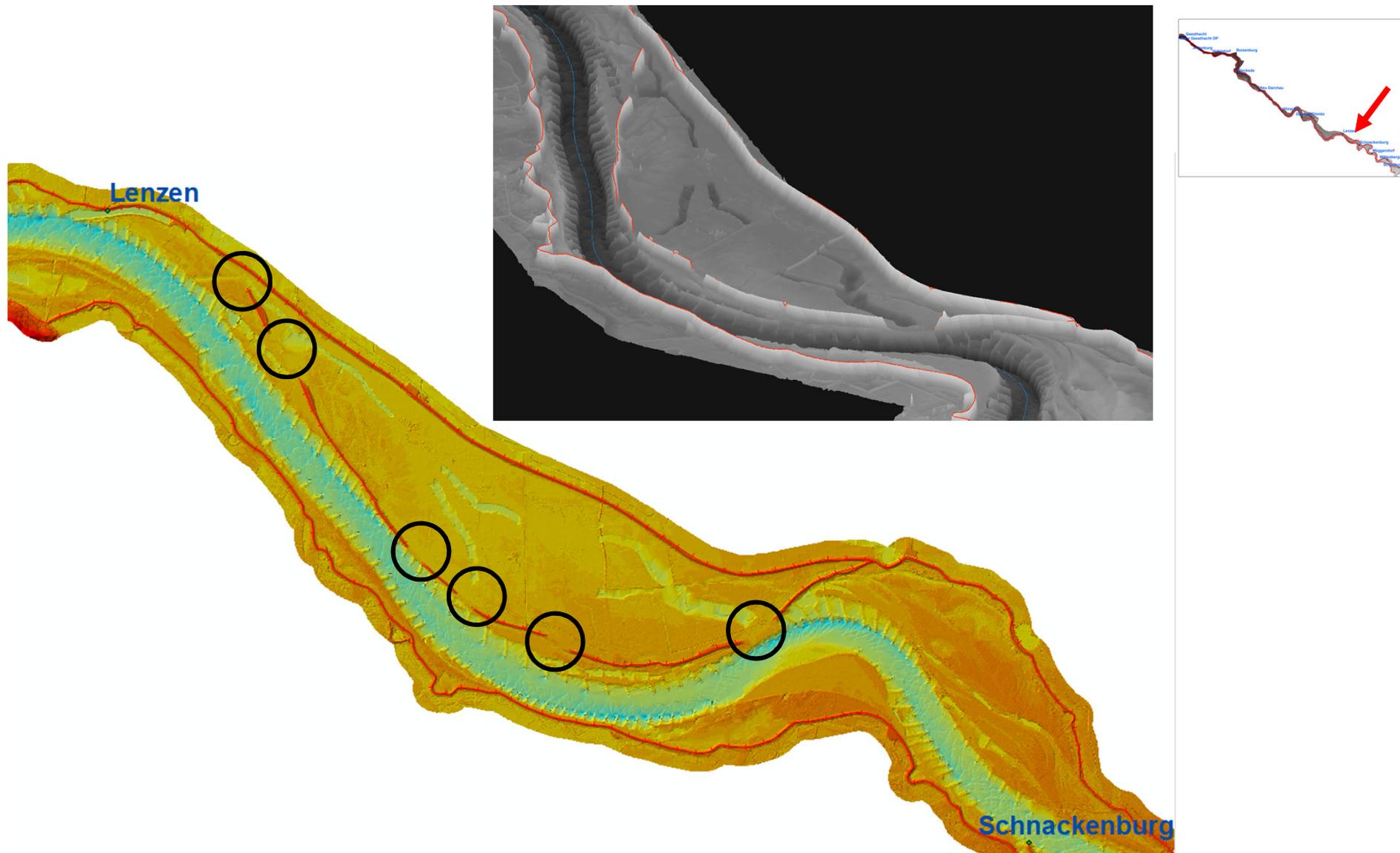
Zeitliche Zuordnung: 2006 → lokale Aktualisierungen



# 2D-Modell Wittenberge – Geesthacht

Grundlagen (Geometrie)

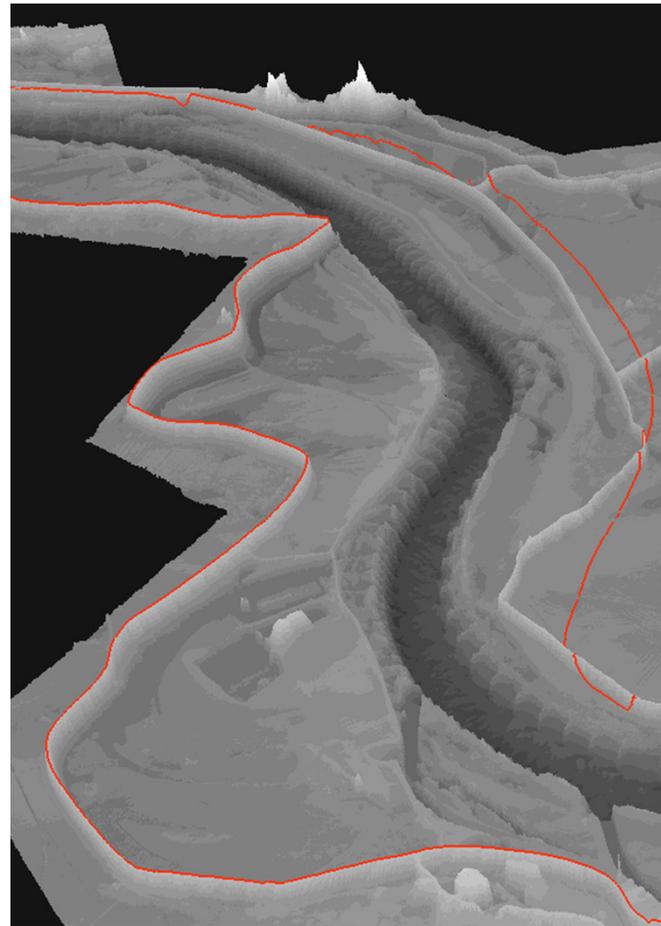
Aktualisierung auf Zustand 2008-2011 (im Bereich Lenzen, ~ Elbe-Station 476 – 485)



# 2D-Modell Wittenberge – Geesthacht

Grundlagen (Geometrie)

Aktualisierung auf Zustand ab 2010 DRV-Neu Bleckede und ab 2009 Mahnkenwerder  
(~Elbe-Station 546 – 553 - 557)





# 2D-Modell Wittenberge – Geesthacht

## Grundlagen (Rauheitszuordnung)

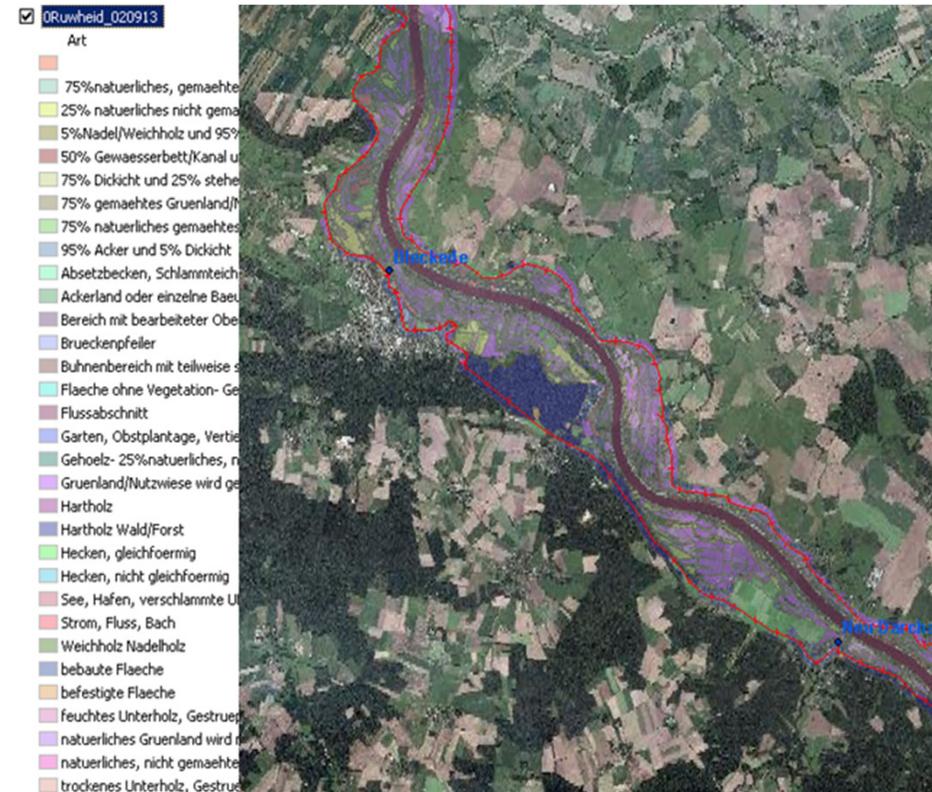
ATKIS/OBA	Umschreibung	roughness code	Beschreibung
	nicht durchströmt	1	Brückenpfeiler
4199	Fläche, z.Z. unbestimmbar	101	Standardwert
5101	Strom, Fluss, Bach	102	Gewässerbett/ Kanal
2314	Absetzbecken, Schlammteich	106	See/ Hafen/ verschlammte Ufer
5102	Kanal (Schifffahrt)		
5103	Graben, Kanal (wasserwirtschaft)		
5112	Binnensee, Stausee, Teich		
5304	Schleusenkammer	111	Fläche ohne Vegetation/ Gestein/ Kies
4120	Vegetationslose Fläche		
2201	Sportanlage	114	befestigte Fläche
2213	Friedhof		
2301	Tagebau, Grube, Steinbruch		
2111	Wohnbaufläche		
2112	Industrie- und Gewerbefläche		
2113	Fläche gemischter Nutzung		
2114	Fl. besonderer funktionaler Prägung		
2121	Bergbaubetrieb	115	bebaute Fläche
2129	Kläranlage, Klärwerk		
3103	Platz		
4101	Ackerland	121	Ackerland
		199	Ackerland
4102	Gruenland	1201	Grünland/ Nutzwiese (wird gemäht)
		1202	natürliches Grünland (wird nicht gemäht)
4104	Heide	1212	trockenes Unterholz/ Gestrüpp Buschw erk/Heide
		1221	feuchtes Unterholz/ Gestrüpp gleichförmig
		1233	Dickicht
		1241	Nutzwald/ Hartholz
4107	Wald, Forst	1244	Hartholz
		1245	Nadel/ Weichholz
4109	Sonderkultur	1246	Garten/ Obstplantage/ Vertiefung/ Mulde
		1500	Buhnen, teils starker Bewuchs
		1801	75% feuchtes, gleichförmiges Unterholz/Gestrüpp + 25% StehendesGewässer/Hafen/verschlammtes Ufer
4105	Moor, Moos	1802	5% Nadel/Weichholz + 95% (bestehend aus 25% feuchtes, gleichförmiges Unterholz/Gestrüpp + 25% StehendesGewässer/Hafen/verschlammtes Ufer)
4106	Sumpf, Ried	1804	75% Dickicht + 25% StehendesGewässer/Hafen/verschlammtes Ufer
2202	Freizeitanlage	1820	75% natürliches Grünland (nicht gemäht) + 25% Hartholz-Nutzwald
2227	Grünanlage		
2228	Campingplatz	1821	75% Grünland/Nutzwiese (wird gemäht) + 25% Hartholz-Nutzwald
4103	Gartenland	1822	95% Acker + 5% Dickicht
4108	Gehölz	1823	25% natürliches Grünland (nicht gemäht) + 75% Hartholz
		1824	50% Gewässerbett/Kanal + 50% (bestehend aus 25% natürliches Grünland (nicht gemäht) + 75% Hartholz)
		1825	75% Grünland/Nutzwiese (wird gemäht) + 25% Hartholz
		201	Hecken gleichförmig
		202	Hecken nicht gleichförmig
		121	Bäume
	Flussabschnitte	602 - 625	

33 Rauheitsbereiche

von Gerinnerrauheit

über natürliches Grasland

bis bebaute Fläche





# 2D-Modell Wittenberge – Geesthacht

Grundlagen (Hydrologie)

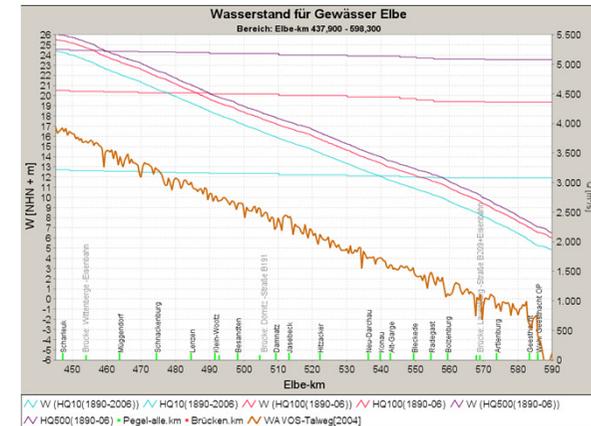
WSP-Fixierungen :

Kalibrierung: MW 2005, HW 2011

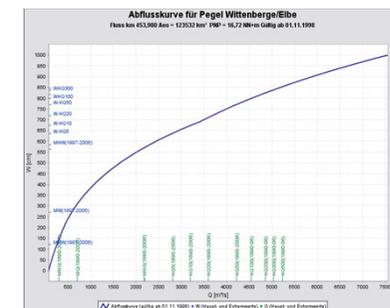
Validierung: MW 2007, HW2013



Abfluss- und Wasserstandsganglinien



Abflusskurven



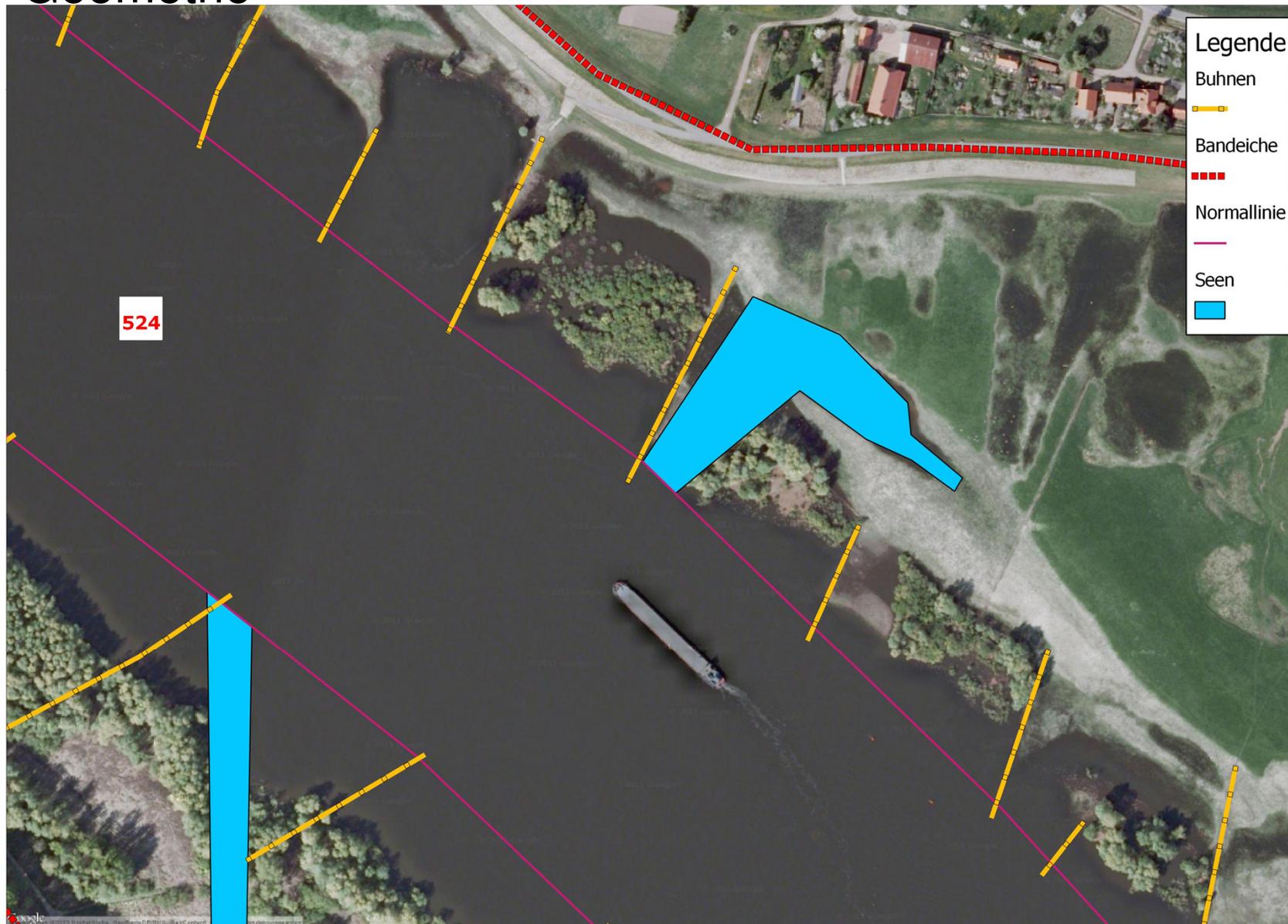
# 2D-Modell Wittenberge – Geesthacht

Modellaufbau – Berücksichtigung von Geländehöhen, Strukturen und Rauheiten  
Luftbild



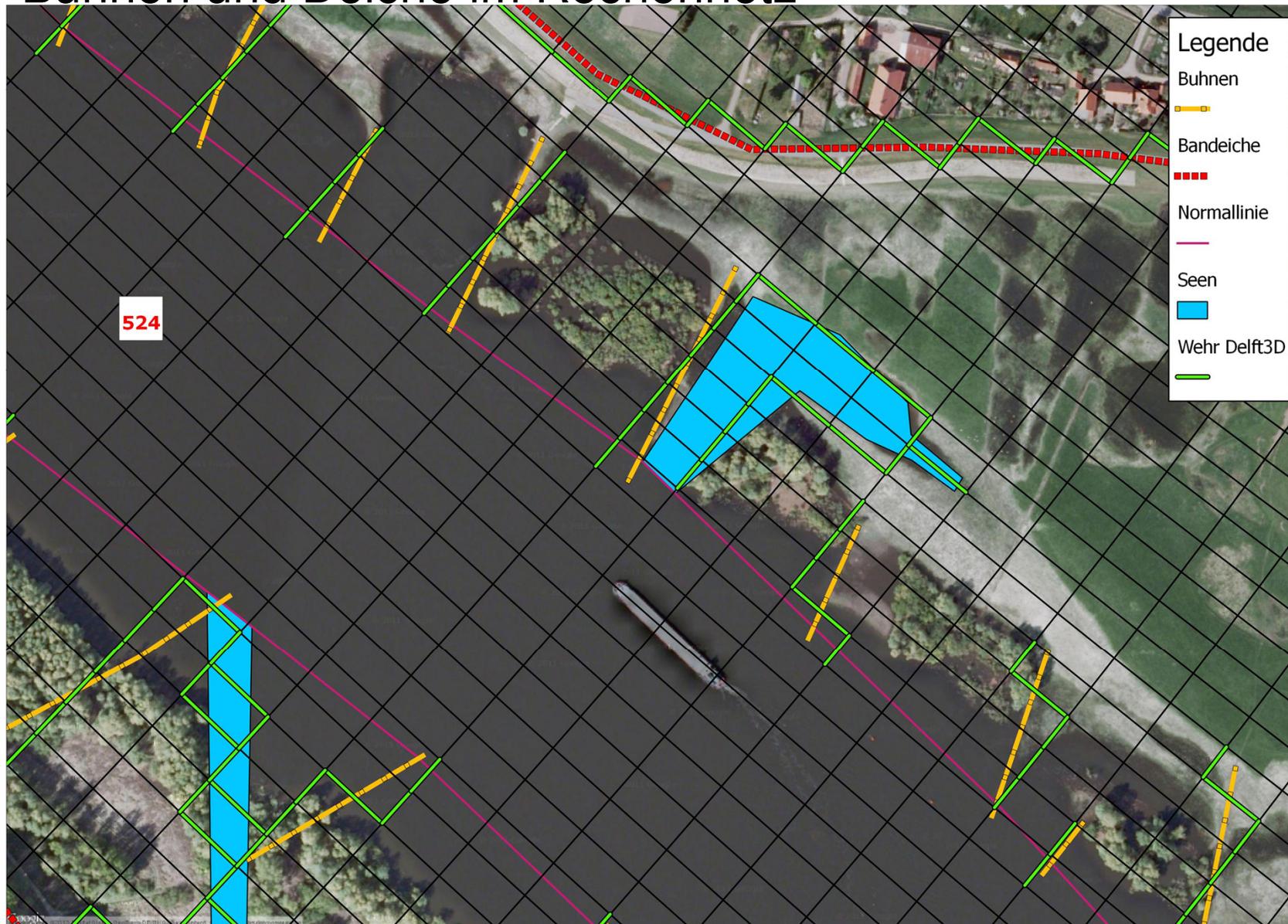
# 2D-Modell Wittenberge – Geesthacht

Modellaufbau – Berücksichtigung von Geländehöhen, Strukturen und Rauheiten  
Geometrie



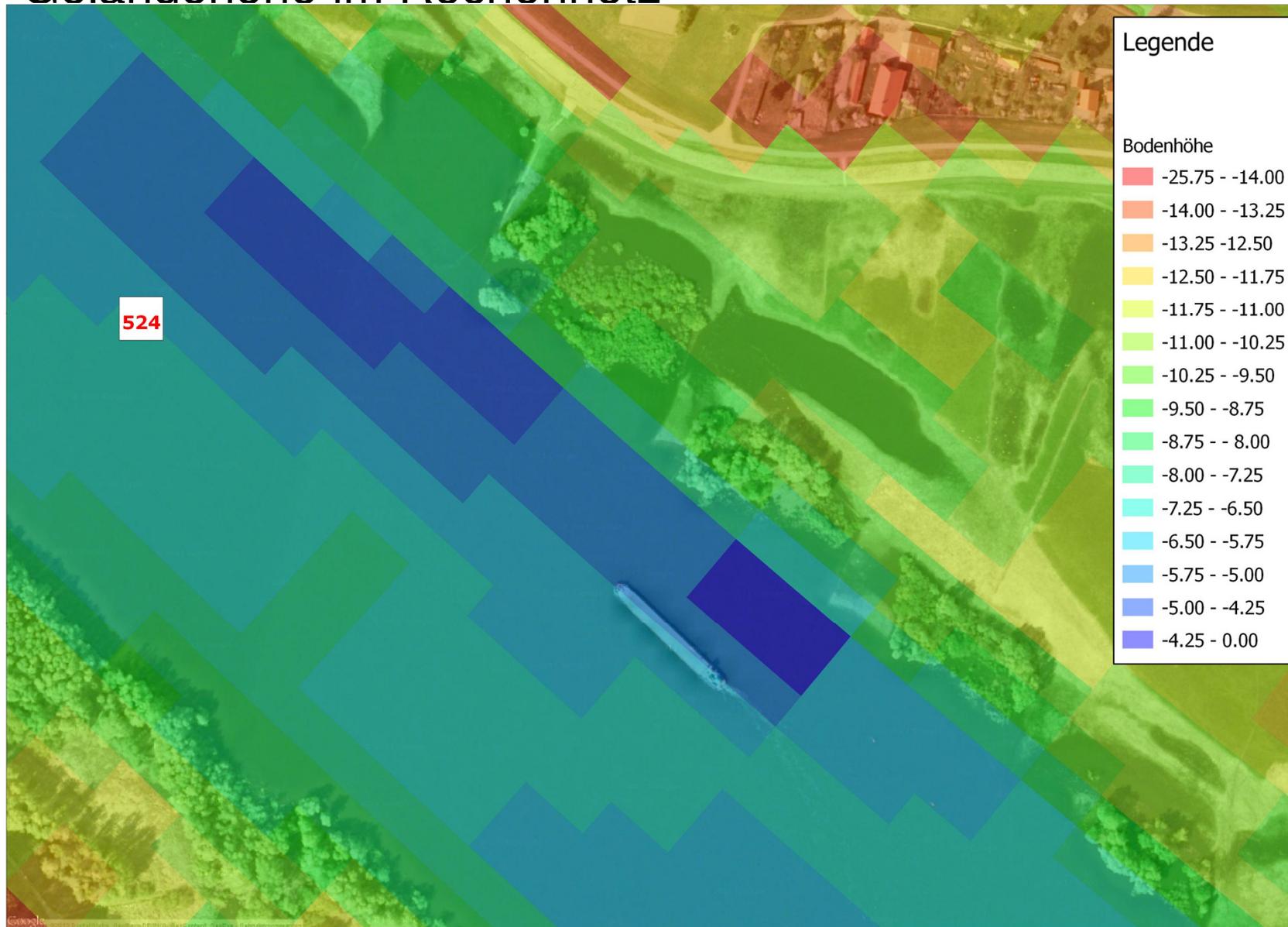
# 2D-Modell Wittenberge – Geesthacht

Modellaufbau – Berücksichtigung von Geländehöhen, Strukturen und Rauheiten  
Buhnen und Deiche im Rechnernetz



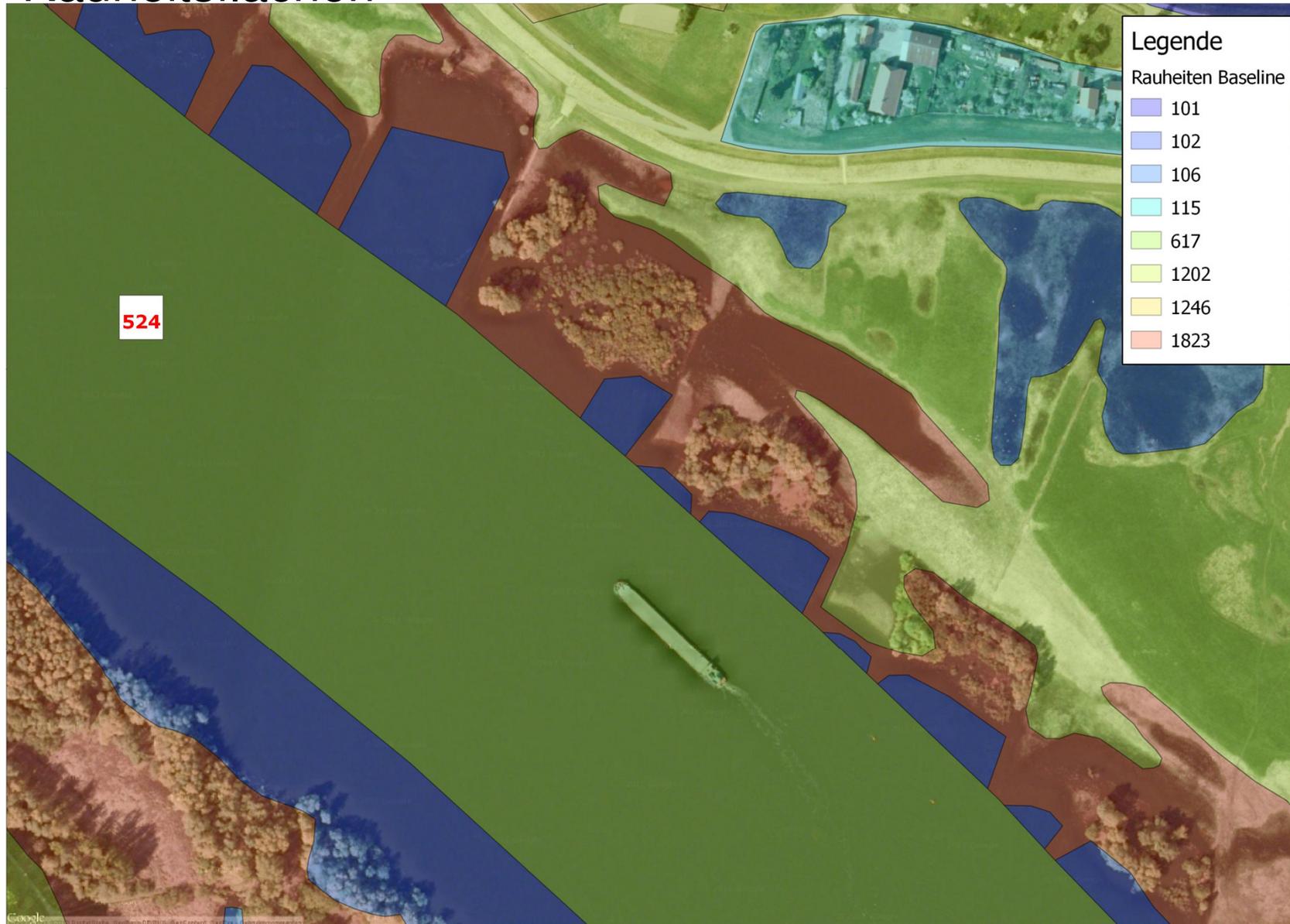
# 2D-Modell Wittenberge – Geesthacht

Modellaufbau – Berücksichtigung von Geländehöhen, Strukturen und Rauheiten  
Geländehöhe im Rechennetz



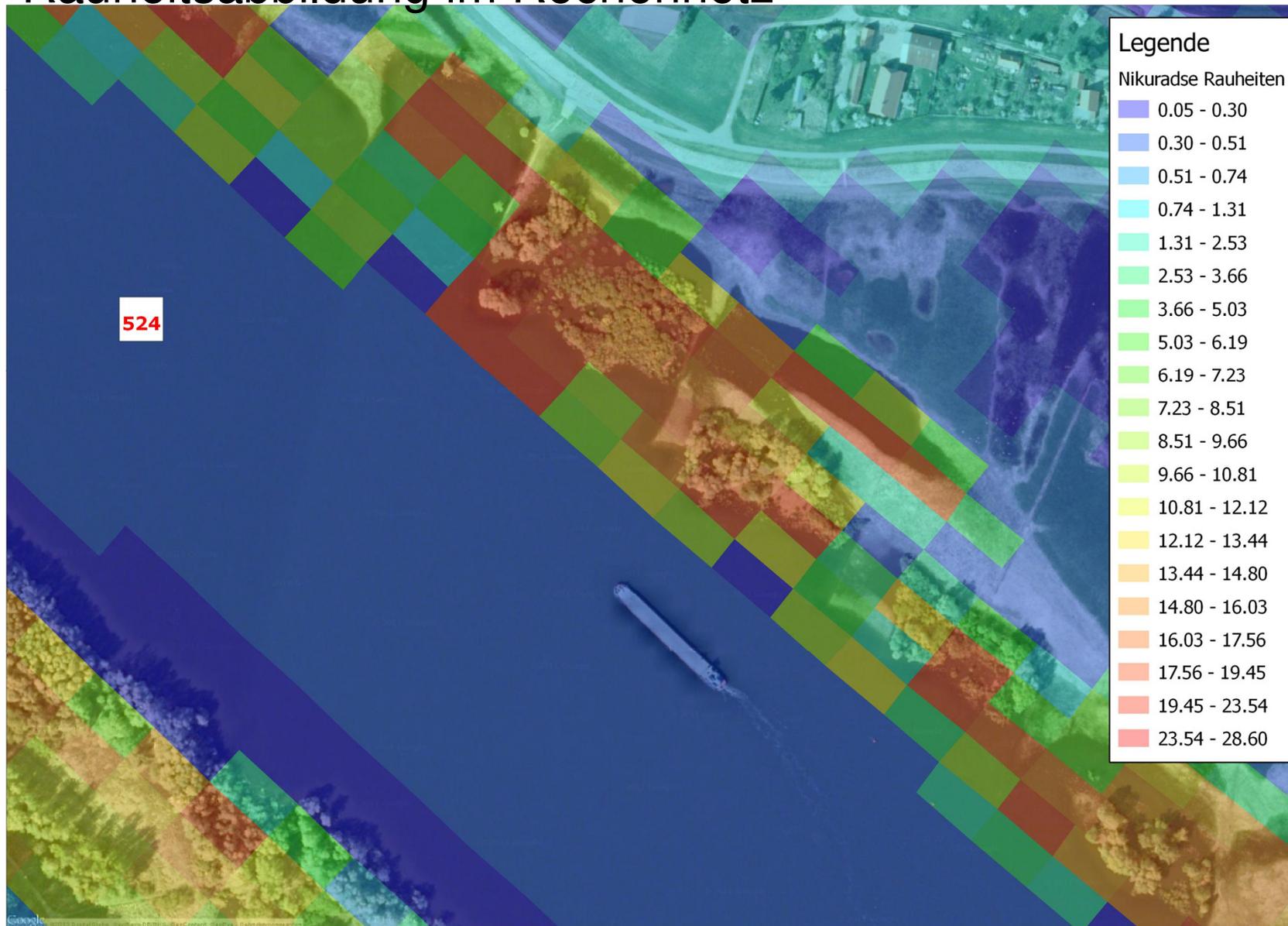
# 2D-Modell Wittenberge – Geesthacht

Modellaufbau – Berücksichtigung von Geländehöhen, Strukturen und Rauheiten  
Rauheitsflächen



# 2D-Modell Wittenberge – Geesthacht

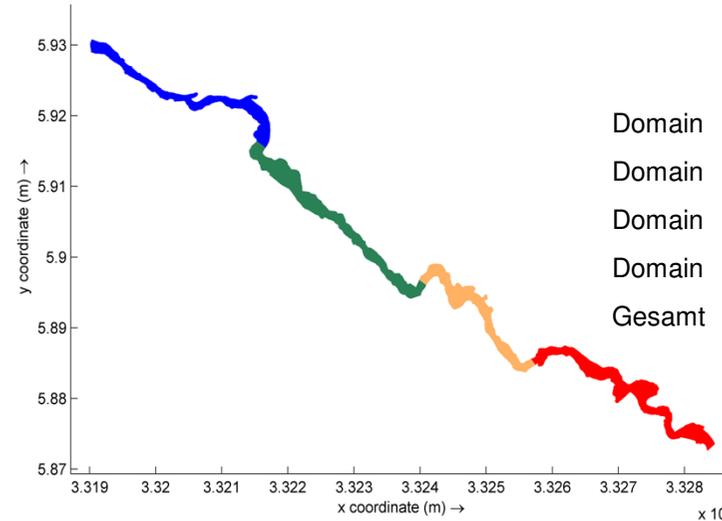
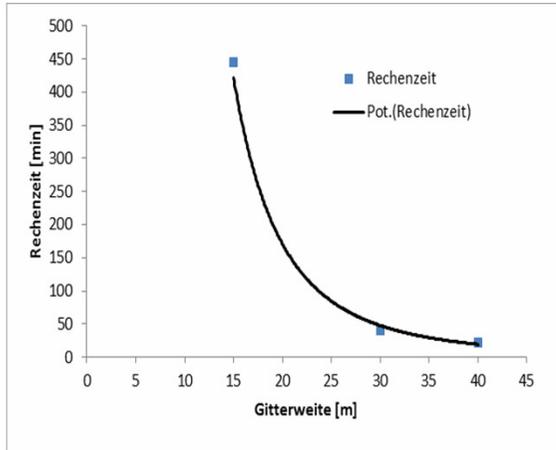
Modellaufbau – Berücksichtigung von Geländehöhen, Strukturen und Rauheiten  
Rauheitsabbildung im Rechennetz



# 2D-Modell Wittenberge – Geesthacht

## Modellbeschreibung

Rechenzeiten der Pilotstrecke für 2 Tage Naturzeit



Fließgewässerstrecke: 135 km,

Rechennetz: 25 m mittlere Auflösung (920.783 Zellen)

Rechenzeit ca. 1/12x Naturzeit

# 2D-Modell Wittenberge – Geesthacht

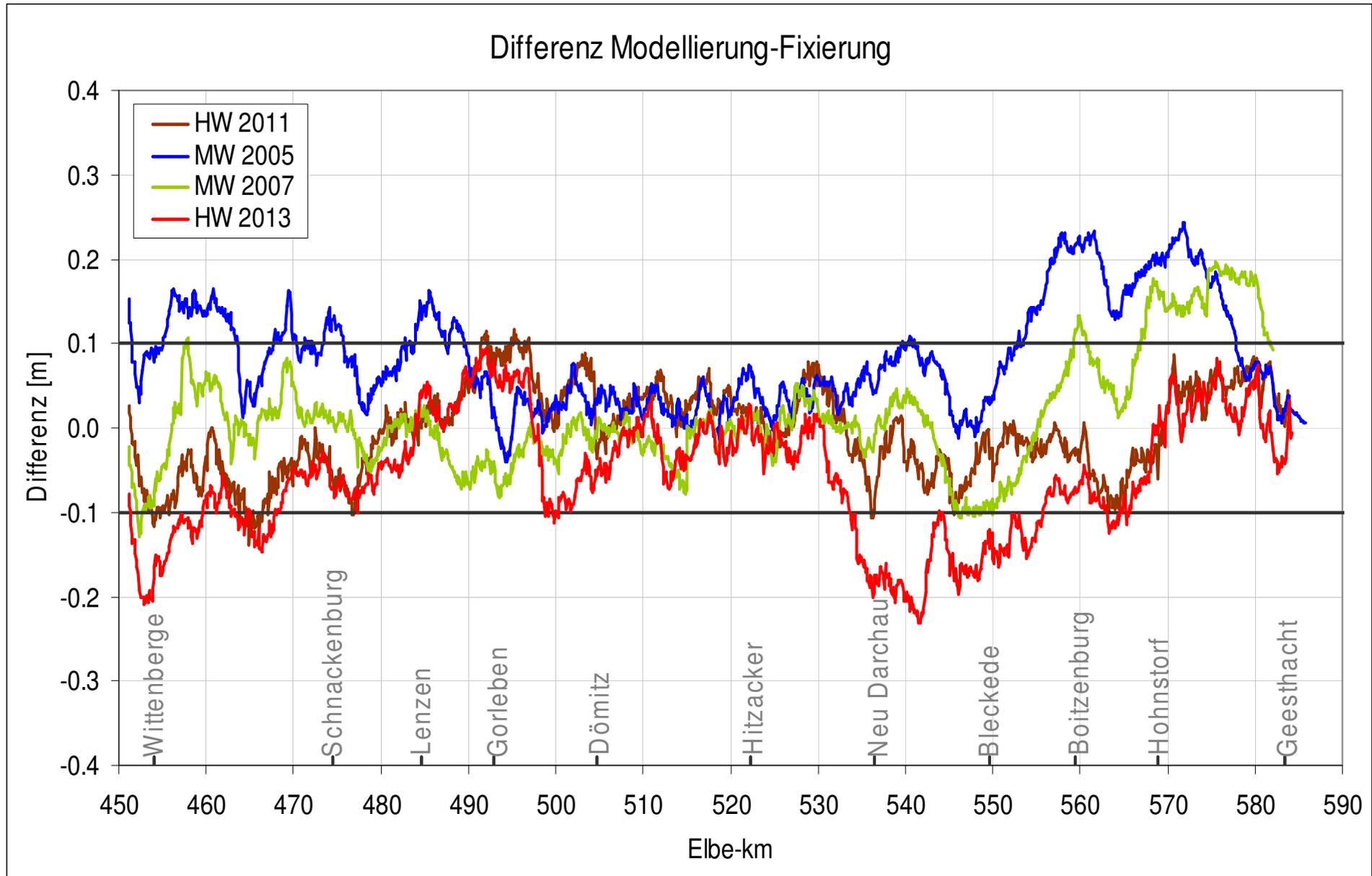
Modellgüte

## Ergebnisse der Kalibrierung und Validierung des 2D-Gesamtmodells zwischen dem Pegel Wittenberge und Geesthacht

		Abweichungen [%]		mittlere
		kleiner 0,1 m	kleiner 0,2 m	Abweichung [m]
Kalibrierung	MW 2005	66,2	92,9	0,08
	HW 2011	95,9	100	0,00

# 2D-Modell Wittenberge – Geesthacht

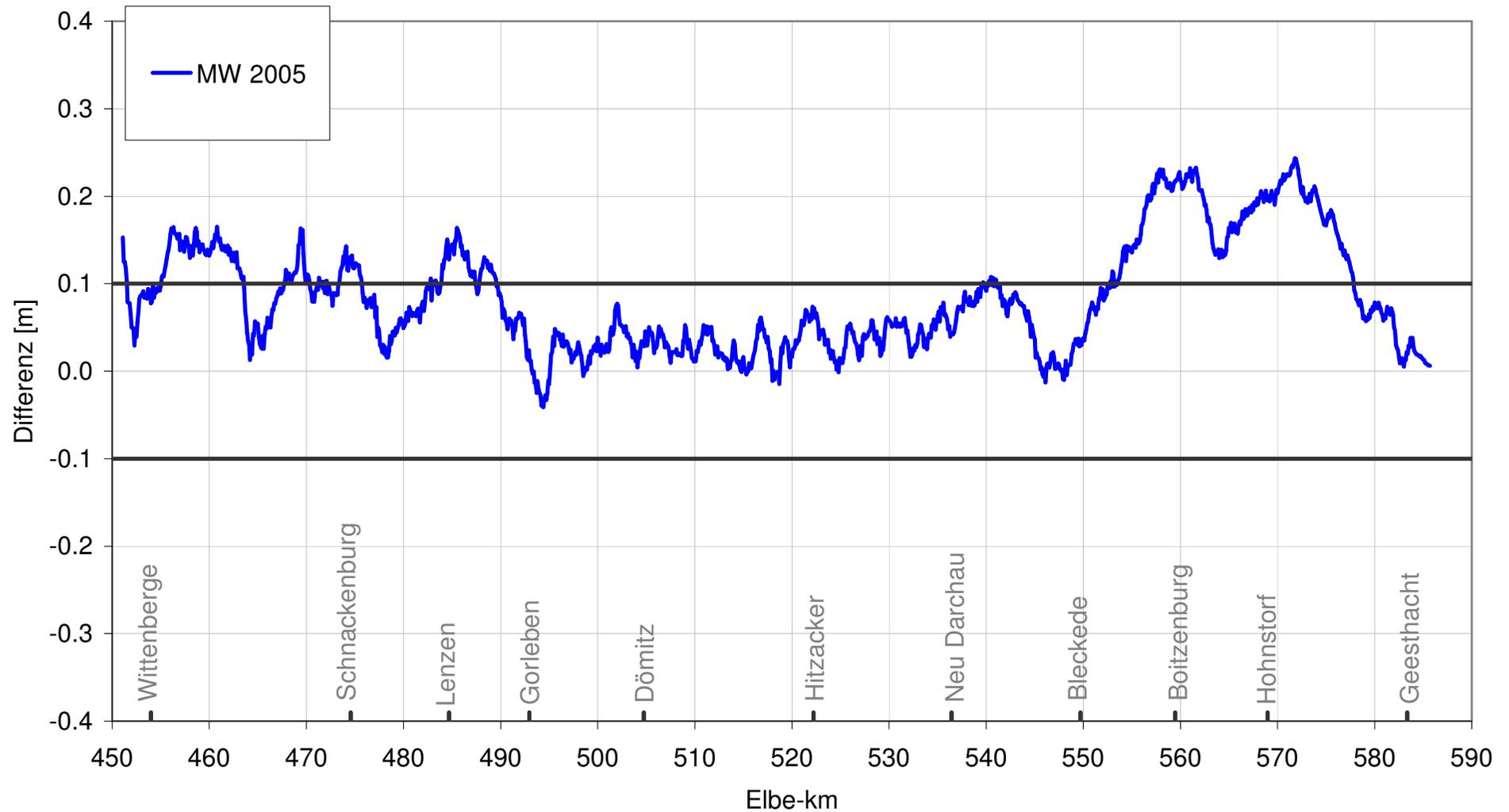
## Modellgüte



# 2D-Modell Wittenberge – Geesthacht

Modellgüte

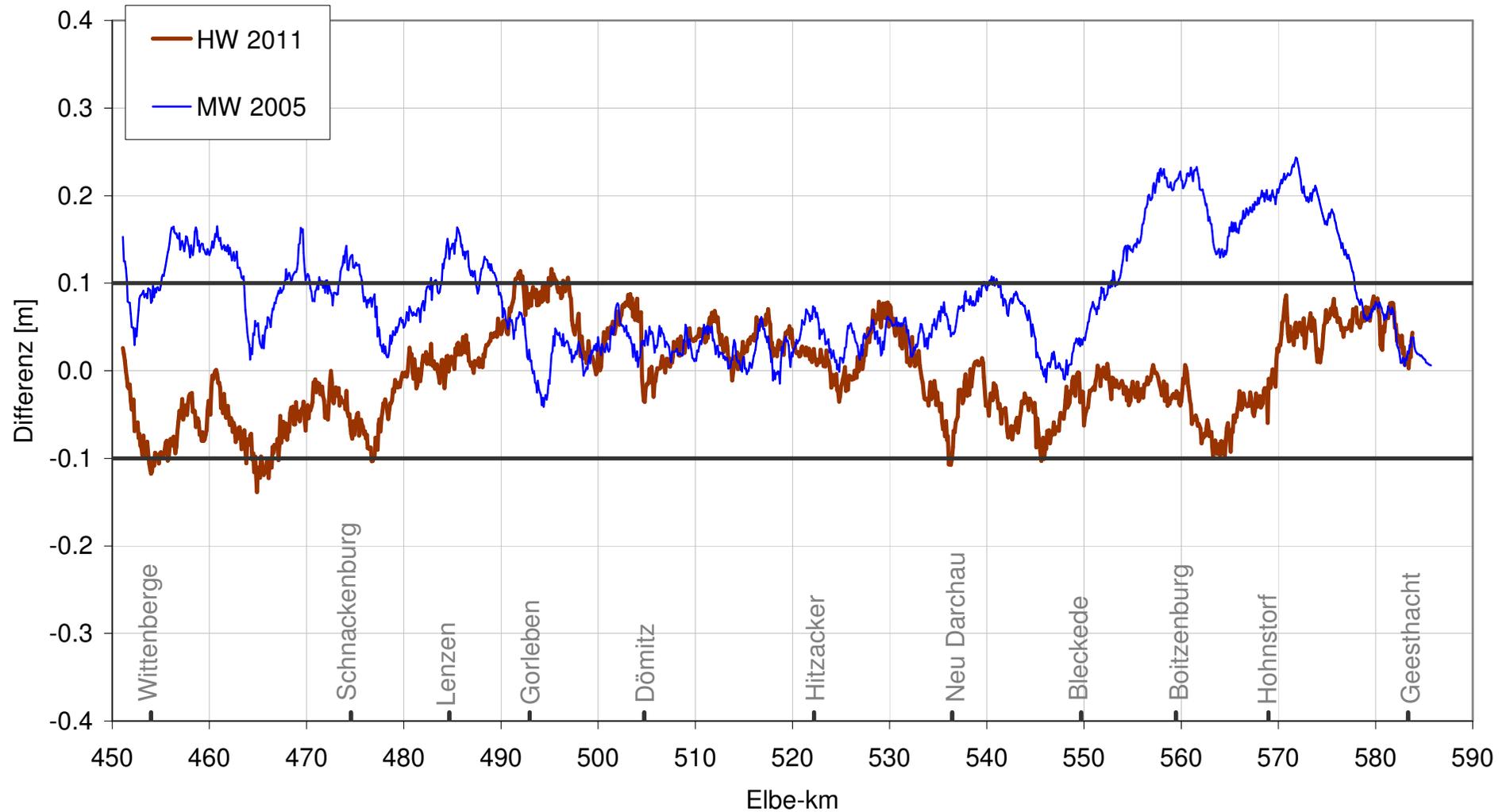
Differenz Modellierung-Fixierung



# 2D-Modell Wittenberge – Geesthacht

Modellgüte

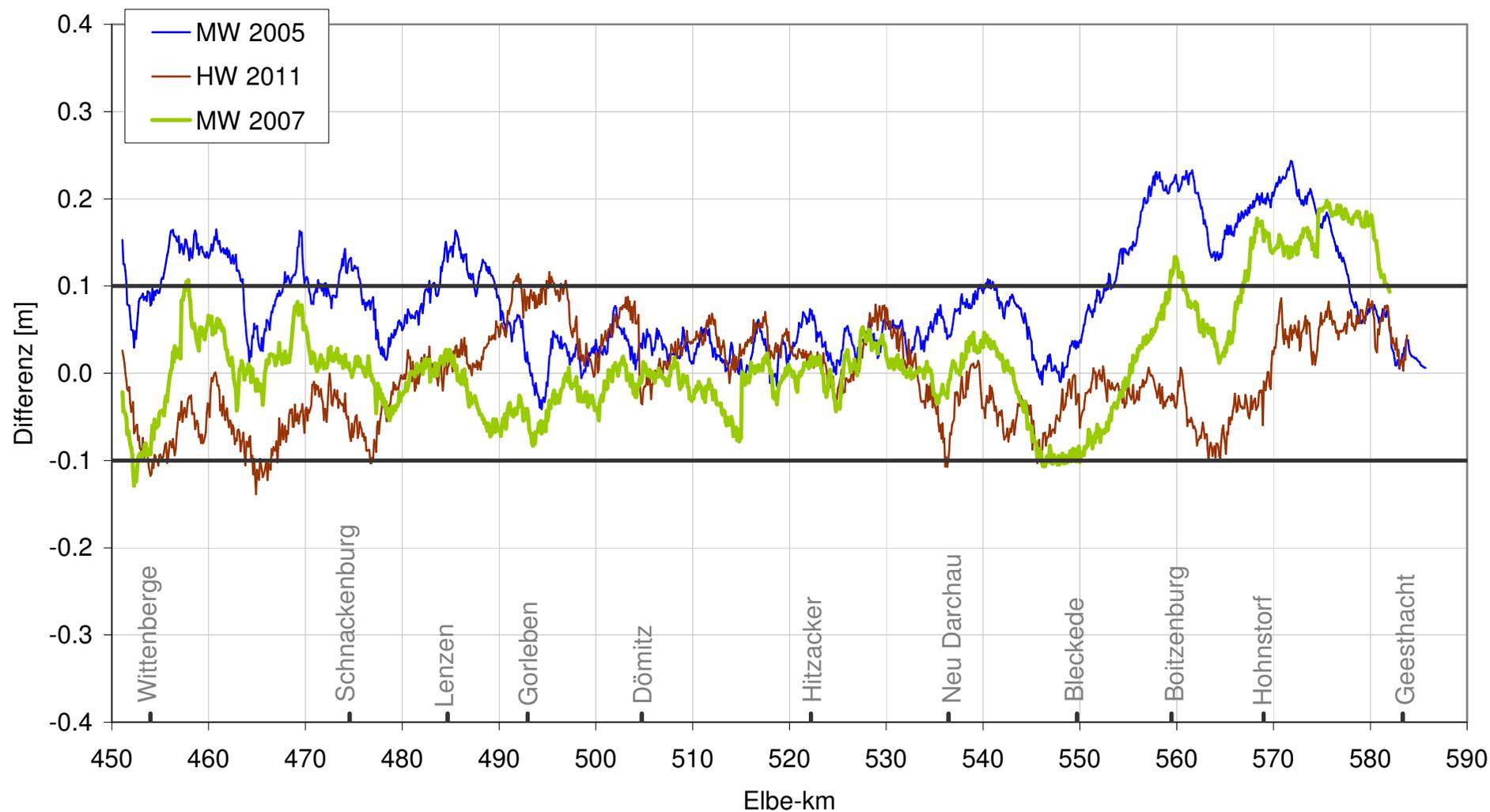
Differenz Modellierung-Fixierung



# 2D-Modell Wittenberge – Geesthacht

Modellgüte

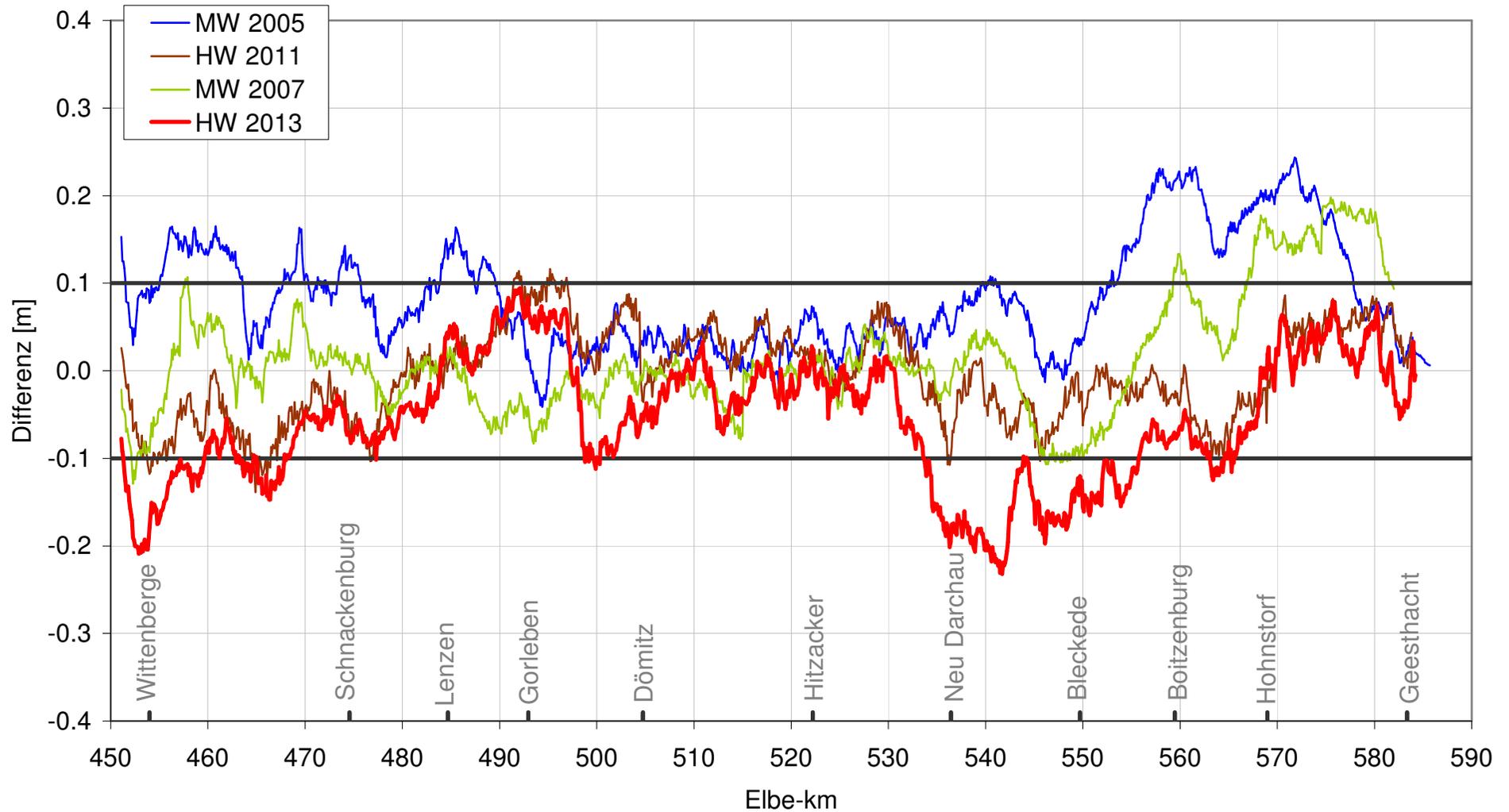
Differenz Modellierung-Fixierung



# 2D-Modell Wittenberge – Geesthacht

Modellgüte

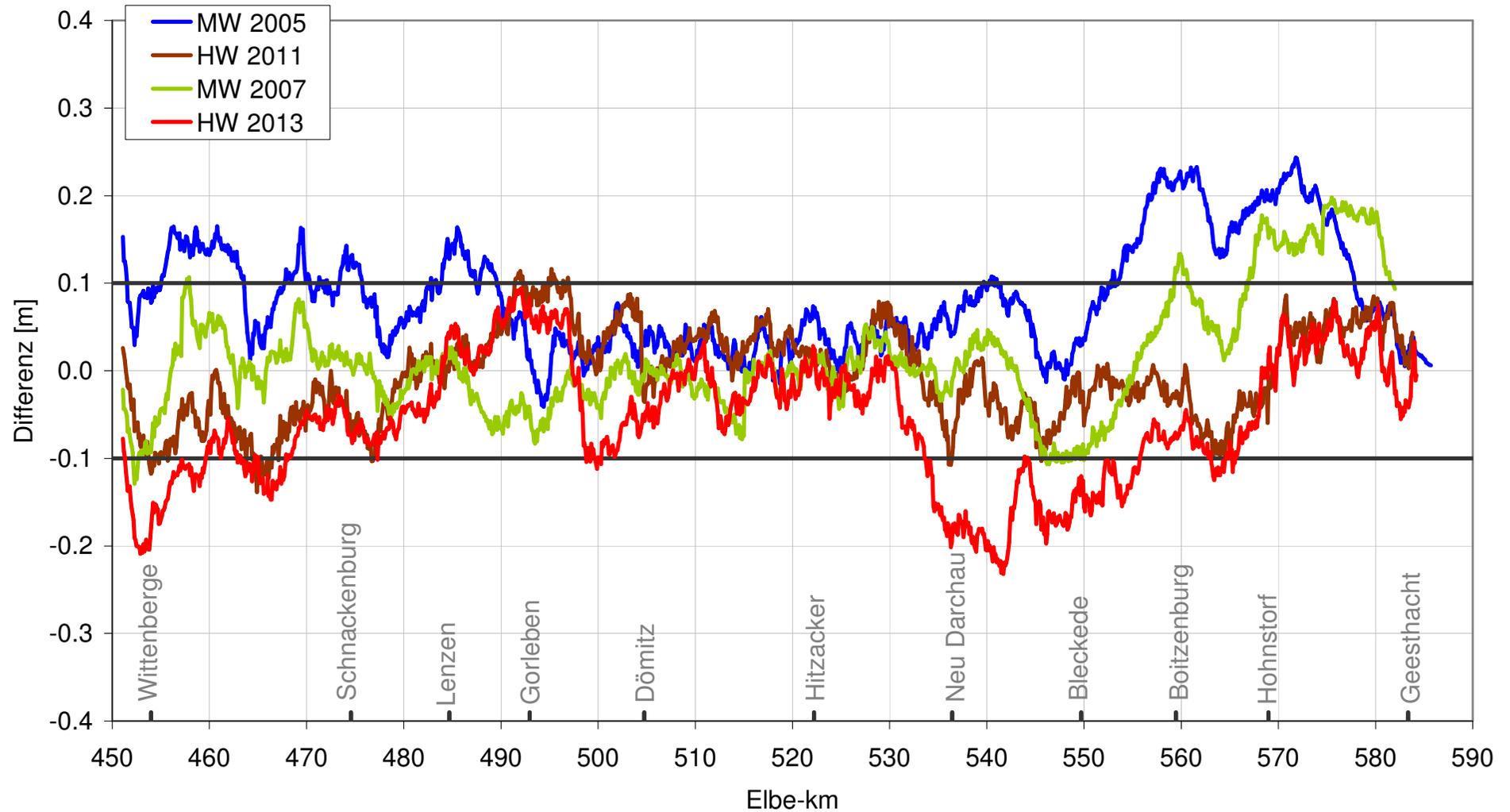
Differenz Modellierung-Fixierung



# 2D-Modell Wittenberge – Geesthacht

Modellgüte

Differenz Modellierung-Fixierung



# 2D-Modell Wittenberge – Geesthacht

## Berichte

2-dimensionale Modellierung der unteren, mittleren Elbe von Wittenberge bis Geesthacht

### Studie

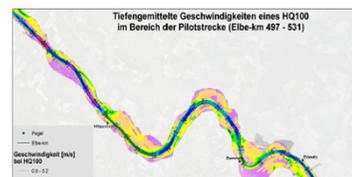
**2-dimensionale Modellierung der unteren, mittleren Elbe Wittenberge-Geesthacht**  
 hier: Tiefengemittelte Fließgeschwindigkeiten und Änderung des Wasserspiegels im Falle der Bewuchsänderung zu „artee Weier“ für einen Abfluss der Elbe bei HQ<sub>200</sub>=4545 m³/s a. P. Wittenberge

Im Rahmen des Projekts „2-dimensionale Modellierung der unteren, mittleren Elbe Wittenberge – Geesthacht“, ist vereinbarungsgemäß ein Pilotmodell zur Wahl der notwendigen Rechenauflösung erstellt worden. Die Pilotmodellstrecke umfasst den Bereich zwischen Dömitz bis unterhalb Hitzacker (Elbe-km 500-530). Das Pilotmodell wurde in 5 verschiedenen mittleren Rechenauflösungen von 15 bis 300m anhand der Wasserpegeldifferenzen des Mittelwässers 2005 und des Hochwassers vom Januar 2011 kalibriert. Die hierbei erzielenden Abweichungen zwischen simulierten und gemessenen Wasserpegelhöhen betragen beim HQ<sub>200</sub> im Mittel 2,1 cm (max. 11,8 cm). Wie auf der Sitzung der Projektpartner am 14.02.2013 beschlossen, soll das Pilotmodell mit der mittleren Rechenauflösung von 30 m eingesetzt werden, um

- Fließgeschwindigkeitsvektoren im Falle eines HQ<sub>200</sub> und
- Wasserpegeldifferenzen beim HQ<sub>200</sub> für den Fall, dass zusätzlicher Bewuchs durch Gras („artee Weier“) ersetzt wurde

### darzustellen:

Die mit dem 2D-Modell ermittelten Geschwindigkeitsvektoren für das HQ<sub>200</sub> sind in Abbildung 1 im Überblick für die Elbestrecke zwischen km 497 und 531 farblich abgestuft dargestellt. Detailabbildungen der ermittelten Stromspitzwerte für HQ<sub>200</sub> für jeweils ca. 5 km lange Streckenabschnitte zwischen km 499 und 530 sind zusätzlich im Material (25.000 auf den Seiten 3 bis 8 zusammengefasst).



Im Auftrag der Bundesanstalt für Gewässerkunde

### Delft3D-Modell für die Pilotstrecke Langendorf-Neu Darchau an der unteren mittleren Elbe und Rechnetz Wittenberge bis Geesthacht



Bild: BfG

Projektbericht PR2516.10 - 20. - 30  
 Aachen, im Januar 2014

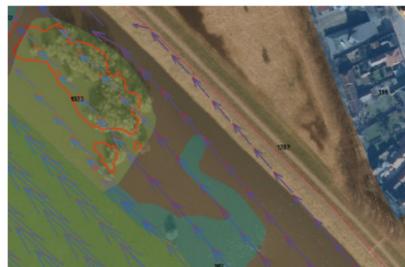
2-dimensionale Modellierung der unteren Mittelbe von Wittenberge bis Geesthacht

### Studie

#### zur Berücksichtigung von vegetationsbeeinflussenden Maßnahmen

Ergänzend zu den Ausführungen im Zwischenbericht der BfG (Promny et al., 2013) vom 13.05.2013 werden in der vorliegenden 3. Studie die im Rahmen des Projekts „2-dimensionale Modellierung der unteren Mittelbe Wittenberge – Geesthacht“ vorgesehene Umsetzung von vegetationsbeeinflussenden Maßnahmen beschrieben sowie erste Ergebnisse in der Pilotstrecke zwischen Dömitz und Hitzacker erläutert.

Aus Mecklenburg-Vorpommern sind 102 Einzelflächen mit kompletter Entfernung der Gehölze zur Untersuchung gemeldet worden. Die vollständige Abbildung der Einzelflächen ist hier nicht möglich, daher ist in Abbildung 1 beispielhaft ein im Ist-Zustand mit Blüten bewachsener Vorlandbereich bei ca. Elbe-km 504,6 dargestellt, für den der Bewuchs in drei Einzelflächen (rot umrandet) als Maßnahme entfernt werden soll. Die entsprechenden Flächen sind im Ist-Zustand mit der kombinierten Rauteckklasse (R2) belegt, welche zu 75 % die Klasse Hartholz-Auwald (Rauteckklasse 1244) und zu 25 % die Klasse 1202 – natürliches Grasland – enthält. Diese Flächen werden im Zustand „Vegetationsänderung“ zu 100 % mit der Rauteckklasse 1202 belegt. Kommen innerhalb einer Zelle mehrere Flächen zum Tragen – beispielsweise natürliches Grasland und Gewässersohle (Klasse 102) – so wird die Gesamtheit der Zelle entsprechend der Flächenanteile berechnet.



2-dimensionale Modellierung der unteren Mittelbe von Wittenberge bis Geesthacht

### Studie

#### zur Berücksichtigung der Maßnahmen Vorlandabtrag und Flutmulden im Vorlandbereich der Elbe in Mecklenburg-Vorpommern

Im Rahmen des Projekts „2-dimensionale Modellierung der unteren Mittelbe Wittenberge – Geesthacht“, ist vereinbarungsgemäß ein Pilotmodell zur Wahl der notwendigen Rechenauflösung erstellt worden. Die Pilotmodellstrecke umfasst den Bereich von Dömitz bis unterhalb Hitzacker (Elbe-km 500-530). Das den Ist-Zustand abbildende Pilotmodell kann um Maßnahmen erweitert werden.

Im Bereich des Landes Mecklenburg-Vorpommern sind neben möglichen Maßnahmen die Vegetation betreffend auch umfangreiche Vorlandmodifikationen (Vorlandabtragungen und Flutmulden) zu untersuchen. Diese Studie beschreibt den Vorschlag zur Berücksichtigung solcher Maßnahmen in der durch die BfG durchgeführten numerischen Modellierung.

Als Grundlage wurden die vom Büro Pöry bis zum 14.03.2013 bereitgestellten Polygone (ArcGIS Shape-Dateien) der Maßnahmenflächen und der Bericht: „Konzeption zur hydromorphologischen Maßnahmen im Hochwasserabflussprofil der Elbe in Mecklenburg-Vorpommern – Beschreibung der Maßnahmen, 07.03.2011“ verwendet.

In Abbildung 1 sind die betrachteten vier Maßnahmenvarianten innerhalb der Pilotstrecke dargestellt. Diese sind in Fließrichtung von Südost nach Nordwest:



- Fläche A (rot): eine 168.700 m<sup>2</sup> umfassende Vorlandabtragung zwischen Elbe-km 502,0 und 502,5. Die Schwellenhöhe für ein Einstürmen ist > 12,85 m+NNH
- Fläche B (hellgrün): eine 311.500 m<sup>2</sup> umfassende Vorlandabtragung zwischen Elbe-km 506,1 und 507,0. Die Schwellenhöhe für ein Einstürmen ist > 12,30 m+NNH
- Fläche C (dunkelgrün): eine 148.200 m<sup>2</sup> umfassende Flutmulde zwischen Elbe-km 507,7 und 510,7. Die

## Zwischenbericht

### 2D-Modellierung der unteren Mittelbe von Wittenberge bis Geesthacht – Pilotmodelle Dömitz bis Hitzacker

Dr.-Ing. M. Promny  
 Dipl.-Ing. M. Hammer  
 Dipl.-Met. N. Busch

#### Kooperationspartner:

- Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein
- Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Mecklenburg-Vorpommern
- Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz

BfG-SAP-Nr.: M39610204029

Anzahl der Seiten: 105

Koblenz, den 25.07.2013 (überarbeitete und aktualisierte Version)

Der Bericht darf nur ungekürzt vervielfältigt werden. Die Vervielfältigung und eine Veröffentlichung bedürfen der schriftlichen Genehmigung der BfG.

# 2D-Modell Wittenberge – Geesthacht



## Zusammenfassung

- Das 2D-Modell Wittenberge – Geesthacht ist gut geeignet zur Beschreibung der Wasserstands- und Strömungsverhältnisse für Abflusszustände von Mittel- bis Hochwasser der unteren Mittelelbe
- Das 2D-Modell Wittenberge – Geesthacht kann für stationäre und instationäre Untersuchungen eingesetzt werden
- Die Nachnutzung des 2D-Modells Wittenberge – Geesthacht für weitere Fragestellungen ist möglich
- Die Zusammenarbeit zwischen Bund und Ländern ergibt einen hohen Nutzwert des 2D-Modells Wittenberge – Geesthacht für alle Kooperationspartner

# 2D-Modell Wittenberge – Geesthacht

Bleckede, 21. Januar 2014

Ich bedanke mich für  
Ihre Aufmerksamkeit

Matthias Hammer

Referat M2

Bundesanstalt für Gewässerkunde

bfg  
Bundesanstalt für  
Gewässerkunde



# Rauheiten im Modell

## Vorland

abhängig von:

- Bewuchsparametern

Vegetationshöhe  $h_v$ , Strömungsbeiwert  $c_D$ , Bewuchsdichte  $n$

- Strömung

$v, h$

für jede Rauheitsklasse festgelegt

$$C = \frac{1}{h^{3/2}} \left\{ \begin{array}{l} \frac{2}{\sqrt{2A}} \left( \sqrt{C_3 e^{h_v \sqrt{2A}} + u_{v0}^2} \right) + \\ \frac{u_{v0}}{\sqrt{2A}} \ln \left( \frac{(\sqrt{C_3 e^{h_v \sqrt{2A}} + u_{v0}^2} - u_{v0})(\sqrt{C_3 + u_{v0}^2} + u_{v0})}{(\sqrt{C_3 e^{2\sqrt{2A}} + u_{v0}^2} + u_{v0})(\sqrt{C_3 + u_{v0}^2} - u_{v0})} \right) + \\ \frac{\sqrt{g(h - (h_v - a))}}{\kappa} \left( (h - (h_v - a)) \ln \left( \frac{h - (h_v - a)}{z_0} \right) - a \ln \left( \frac{a}{z_0} \right) - (h - h_v) \right) \end{array} \right\}$$

$$A = \frac{n C_D}{2\alpha} \quad C_3 = \frac{2g(h - h_v)}{\alpha \sqrt{2A} (e^{h_v \sqrt{2A}} + e^{-h_v \sqrt{2A}})} \quad z_0 = a e^{-F} \quad a = \frac{1 + \sqrt{1 + \frac{4E_1^2 \kappa^2 (h - h_v)}{g}}}{\frac{2E_1^2 \kappa^2}{g}}$$

$$E_1 = \frac{\sqrt{2A} C_3 e^{h_v \sqrt{2A}}}{2\sqrt{C_3 e^{h_v \sqrt{2A}} + u_{v0}^2}} \quad F = \frac{\kappa \sqrt{C_3 e^{h_v \sqrt{2A}} + u_{v0}^2}}{\sqrt{g(h - (h_v - a))}}$$

# Rauheiten im Modell

## Hauptabflussquerschnitt:

nach van Rijn 1984

$$k = k_{90} + 1.1h_b(1 - e^{-25h_b/L_b})$$

Transportkörperhöhe  $h_b = 0.11h \left( \frac{D_{50}}{h} \right)^{0.3} (1 - e^{-T/2})(25 - T)$

Transportkörperlänge  $L_b = 7.3h$

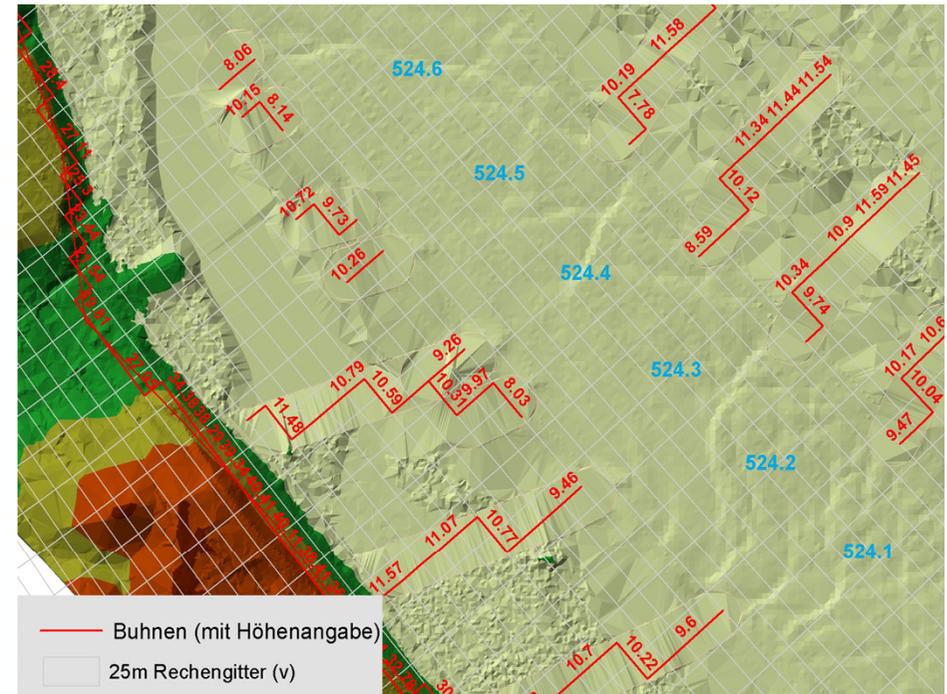
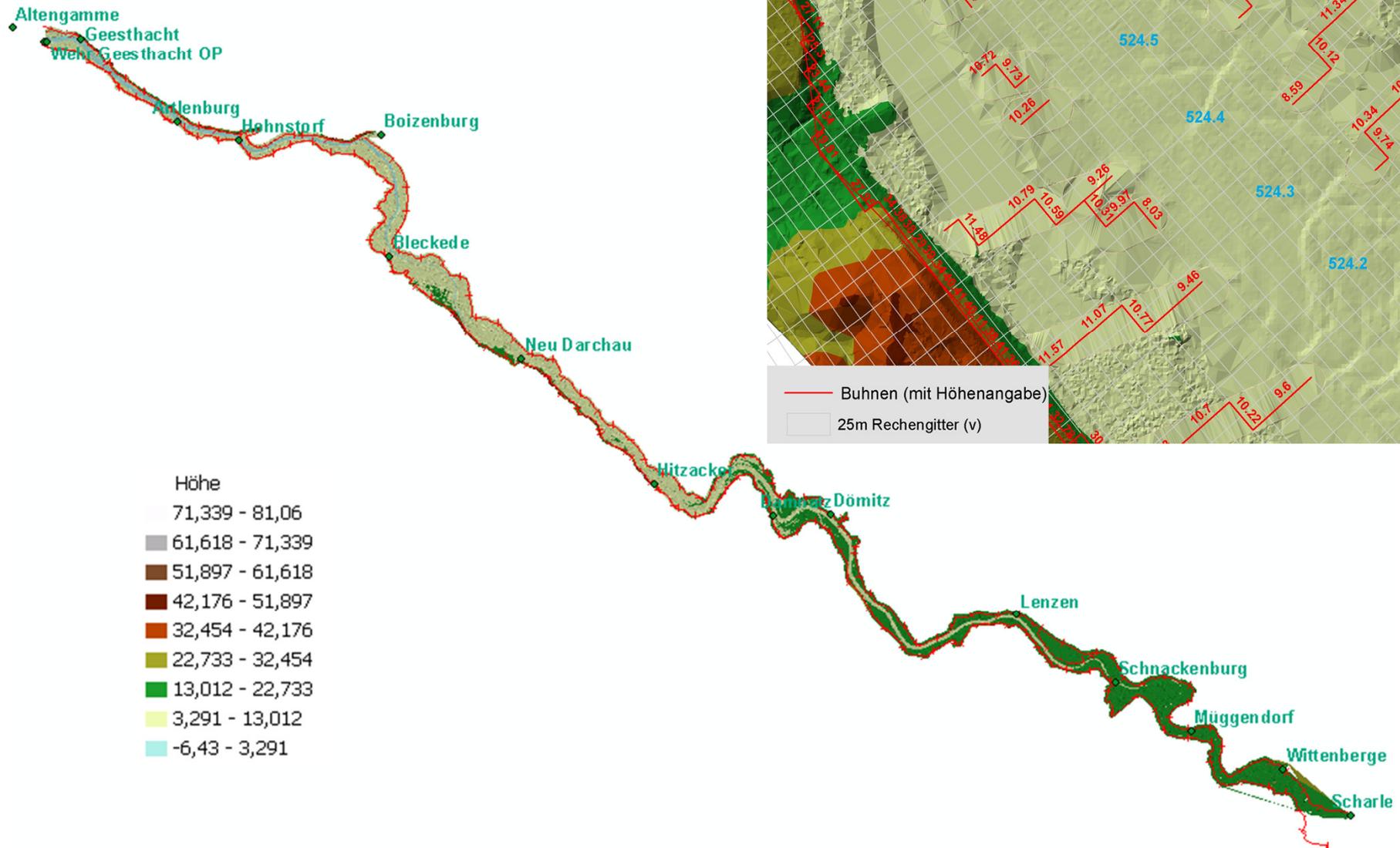
$$T = \frac{u_*'^2 - u_{*,cr}^2}{u_{*,cr}^2} \quad u_*'^2 = gu^2 / C_{g,90}^2$$

$$C_{g,90} = 18 \cdot 10^{\log(12h/k_{90})} \text{ and } k_{90} = 3D_{90}$$

vereinfacht zu:

$$k = Ah^{0.7} \left[ 1 - e^{-Bh^{-0.3}} \right]$$

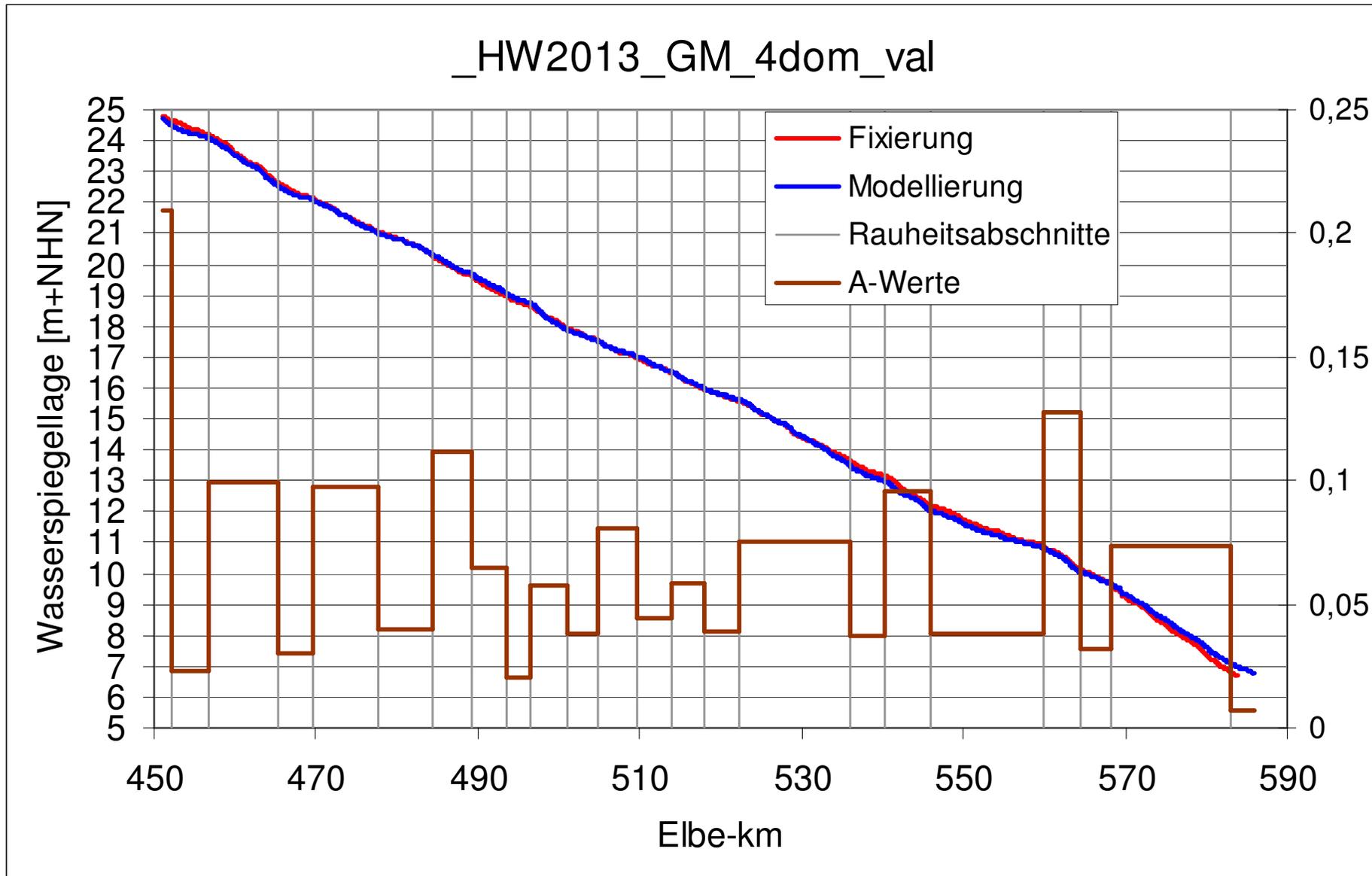
Kalibrierungsparameter, abschnittsweise konstant



Höhe
71,339 - 81,06
61,618 - 71,339
51,897 - 61,618
42,176 - 51,897
32,454 - 42,176
22,733 - 32,454
13,012 - 22,733
3,291 - 13,012
-6,43 - 3,291

# 2D-Modell Wittenberge – Geesthacht

## Modellbeschreibung



# 2D-Modell Wittenberge – Geesthacht

## Modellbeschreibung

Kalibrierung mit OpenDA:

- automatische Optimierung (Kostenfunktion)
- 23 vorbereitende Läufe (einer je Parameter)
- ca. 25 Iterationen
- für 2 Ereignisse kombiniert

→ ca. 4 Wochen Gesamtdauer

