

# Vorstellung des Berichtes und der Ergebnisse des 2D-Modells Elbe von Wittenberge bis Geesthacht

## Bearbeitung bei der BfG:

Dr.-Ing. Markus Promny

Dipl.-Ing. Matthias Hammer

Dipl.-Geoökol. Marcus Hatz

Dipl.-Met. Norbert Busch

## Kooperationspartner:

Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz

Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes  
Mecklenburg-Vorpommern

Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume  
des Landes Schleswig-Holstein

Ministerium für Energiewende,  
Landwirtschaft, Umwelt  
und ländliche Räume  
des Landes Schleswig-Holstein



**Mecklenburg  
Vorpommern**



Ministerium für Landwirtschaft,  
Umwelt und Verbraucherschutz



Niedersächsisches Ministerium  
für Umwelt, Energie und Klimaschutz

Anlass der Untersuchung

Werkzeug 2D-Modell und Methodik

Ergebnisse

- Wirkung der vegetationsbezogenen Maßnahmen
- Wirkung der topografiebeeinflussenden Maßnahmen
- Wirkung aller betrachteten Maßnahmen
- Freibordanalyse
- Engstellenanalyse
- Wirkung der Deichrückverlegung Lenzen

Zusammenfassung und Ausblick

# Anlass der Untersuchung

- Beobachtete Änderung der Vegetationsverhältnisse (Diskussion „Verbuschung“)
- Hochwasserereignisse 2002, 2006, 2011 ...

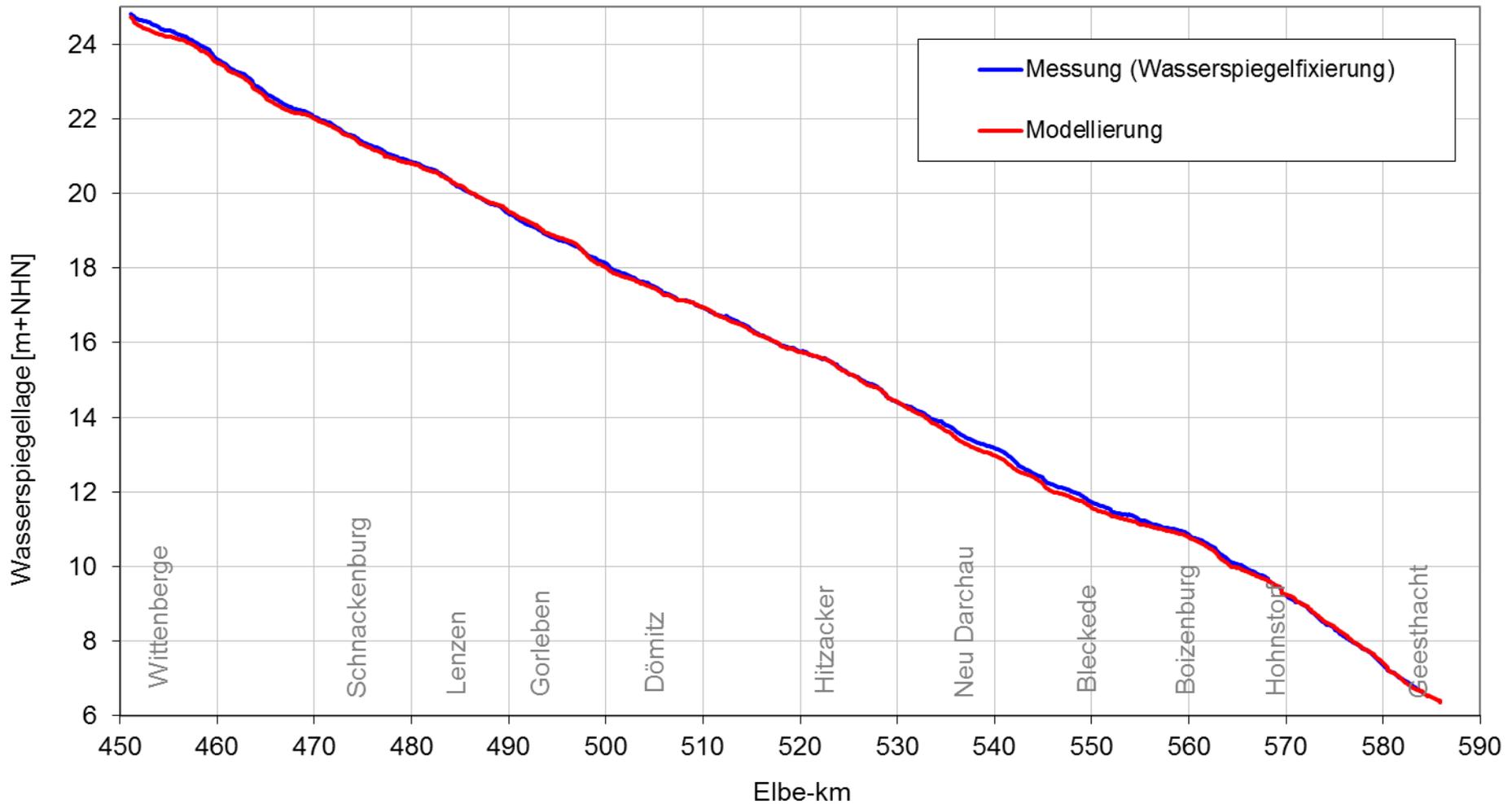


- systematische Untersuchung von abflussverbessernden Maßnahmen notwendig
- Beschluss der Kooperation am 16.08.2012

## 2D-Modell Wittenberge - Geesthacht (Elbe-km 451,1 - 585,9)

<b>Modellsystem</b>	Delft3D (tiefengemittelter 2D-Modus) derzeit nur hydraulische Modellierung				
<b>Geobasisdaten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- digitales Geländemodell des Wasserlaufs (DGM-W) von 2006</li> <li>- WSV-Buhnenkataster</li> <li>- lokale Aktualisierung (Lenzen, Neu Bleckede, Mahnkenwerder, Walmsburg, Alt Garge)</li> </ul>				
<b>hydraulische Rauheiten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ATKIS-Datensatz (Referenzjahr 2009 )</li> <li>- Biotopkartierungen (2009 bis 2012)</li> <li>- Luftbildauswertungen (2009 bis 2012)</li> <li>- Gehölzrückschnitt 2013/14 Lüchow-Dannenberg</li> </ul>				
<b>Rechengitter</b>	mittlere Auflösung: 25x25 m (Typ: gekrümmtes Rechteckgitter)				
<b>Rechenzeiten</b>	ca. 1/12 Naturzeit auf PC				
<b>Kalibrierung stationäre Wasserspiegellagen</b>		Abweichungen [%]		mittlere Abweichung [m]	Standardabweichung [m]
		kleiner 0,1 m	kleiner 0,2 m		
	HW 2011	95,9	100,0	0,00	0,05
MW 2005	66,2	92,9	0,08	0,06	
<b>Validierung Wasserspiegellagen + Q, v, t(HQ)</b>		Abweichungen [%]		mittlere Abweichung [m]	Standardabweichung [m]
		kleiner 0,1 m	kleiner 0,2 m		
	HW 2013	71,7	97,2	-0,06	0,07
MW 2007	85,5	100,0	0,01	0,07	
<b>Einsatzrahmen</b>	<p>Gewässerkundliche Ist-Beschreibung, großräumige Szenarienberechnungen stationär / instationär (alle Abflussbereiche)</p> <p>nicht: detaillierte Projektierung von Bauwerken und Maßnahmen</p>				

# Nachrechnung des Hochwassers vom Juni 2013 (Modelvalidierung)



HW 2013

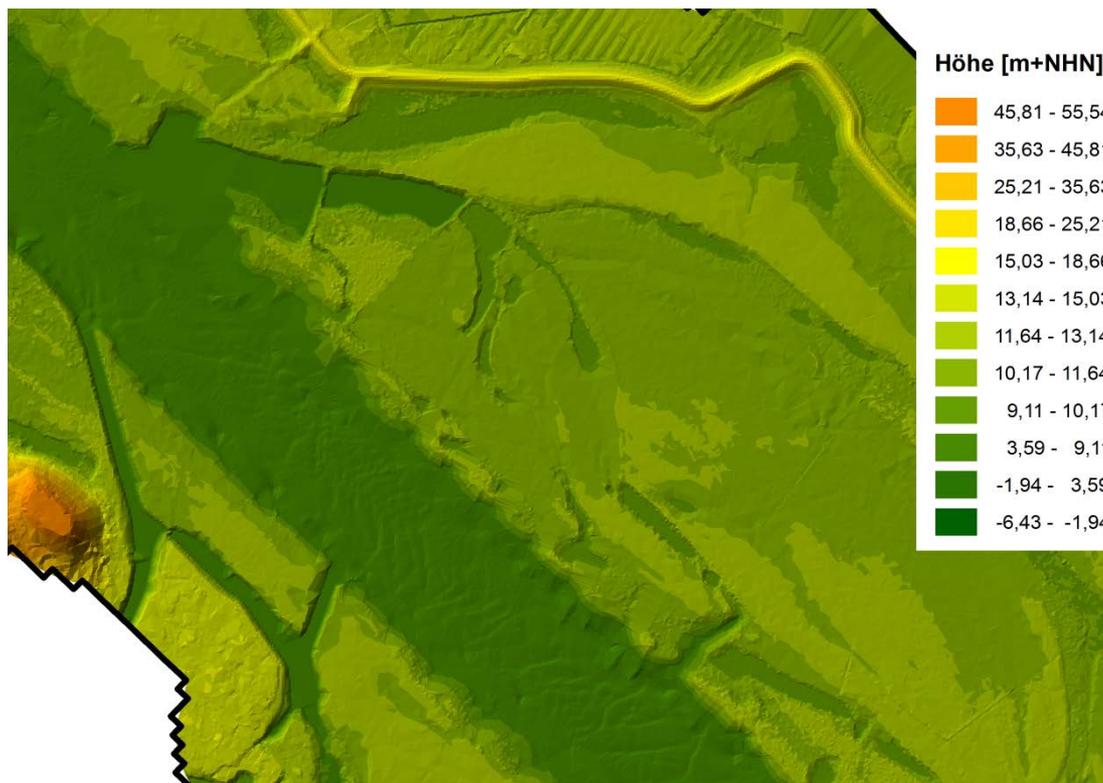
Abbildungsfehler: < 10 cm: auf 72 % der Strecke  
< 20 cm: auf 97 % der Strecke

Standardabweichung: 7 cm

# Werkzeug 2D-Modell

## Ausschnitt bei Hitzacker

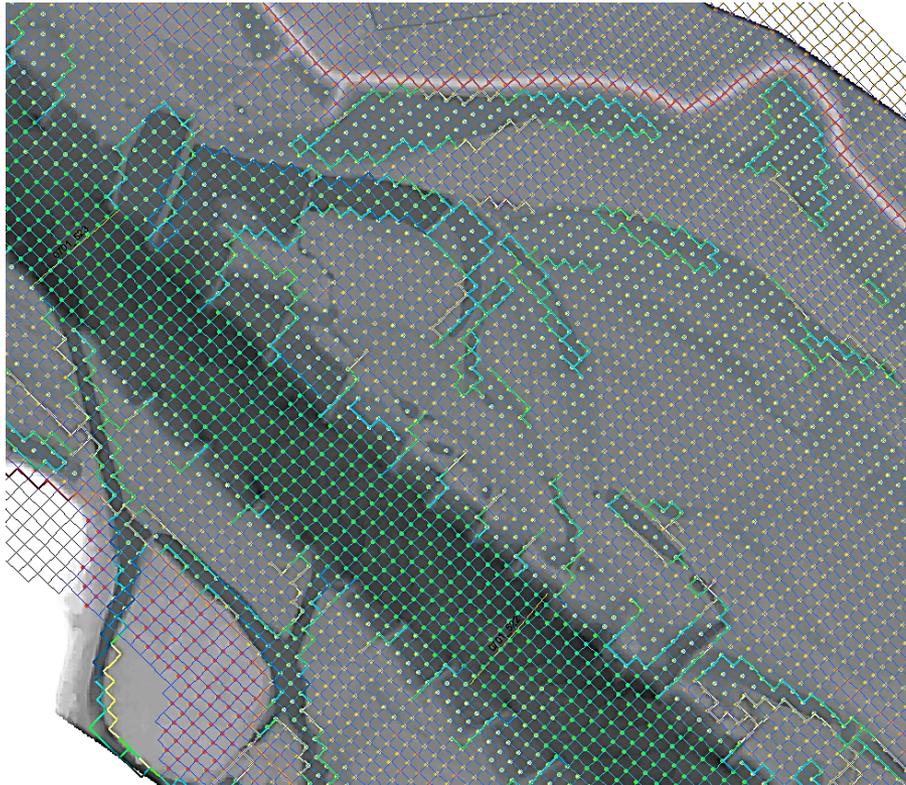
### Höhenmodell



# Werkzeug 2D-Modell

## Ausschnitt bei Hitzacker

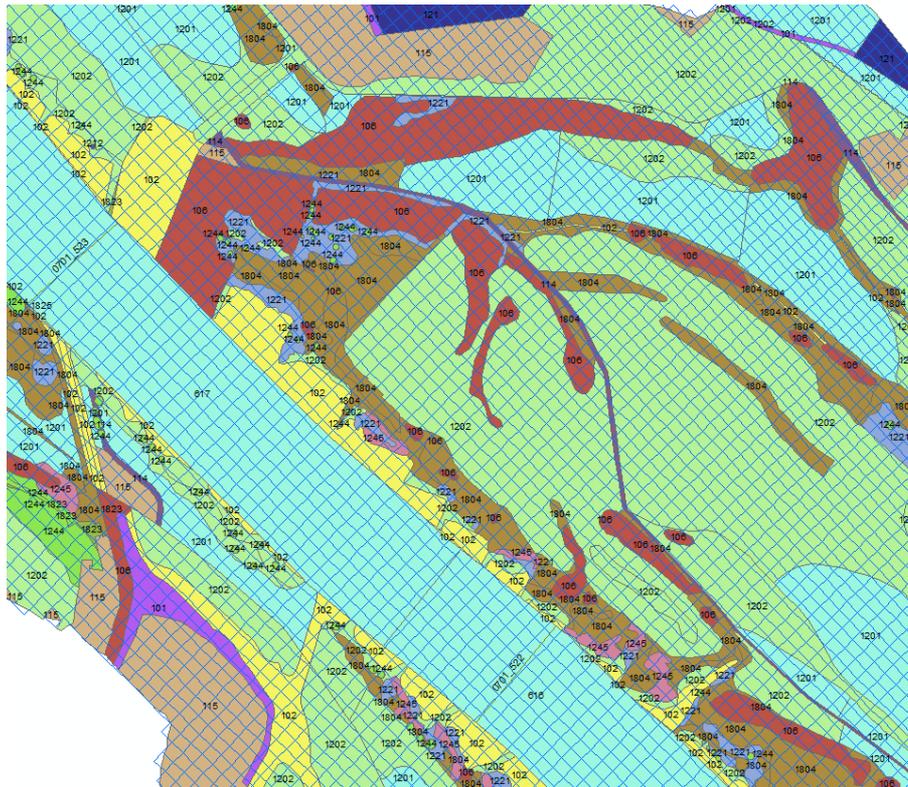
Berechnungsgitter



# Werkzeug 2D-Modell

## Ausschnitt bei Hitzacker

### Rauheitsdatensatz

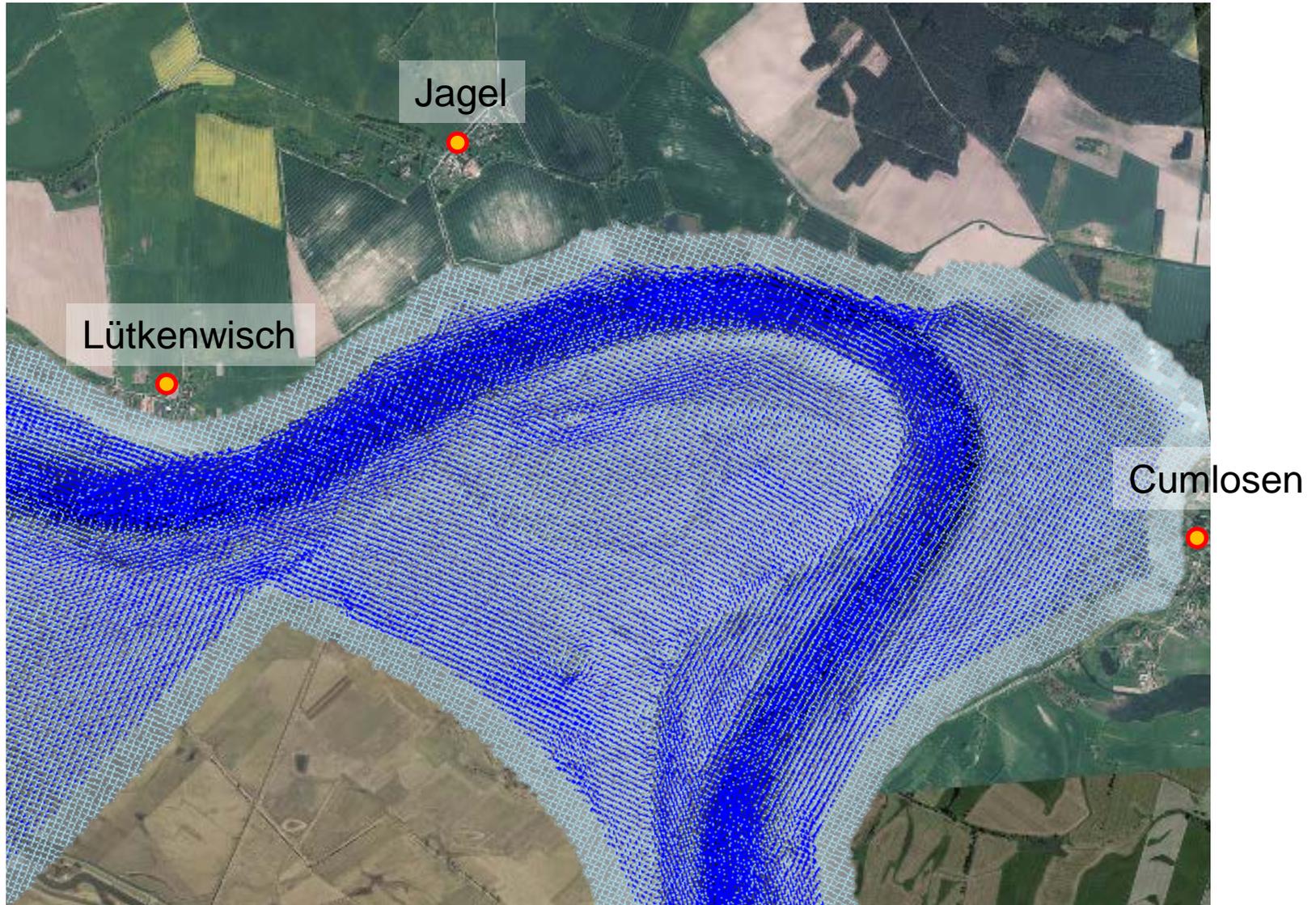


Bewuchsrauhheiten  
abgebildet durch  
strömungsbasierten  
Ansatz, basierend auf:

- Wassertiefe  $h$  [m]
- Bewuchshöhe  $h_V$  [m]
- Bewuchsdichte  $n$  [1/m]
- Chezy-Rauheitsbeiwert der Geländesohle  $C_b$  [ $m^{1/2}/s$ ]
- Strömungswiderstand  $C_D$

# 2D-Modell Wittenberge – Geesthacht

Bsp.: Modellausschnitt Garbe-Alandniederung



# Beurteilung der Wirkung von Maßnahmen bei HQ<sub>100</sub>

## Methode

Vergleich der Modellergebnisse von:

### Referenzzustand

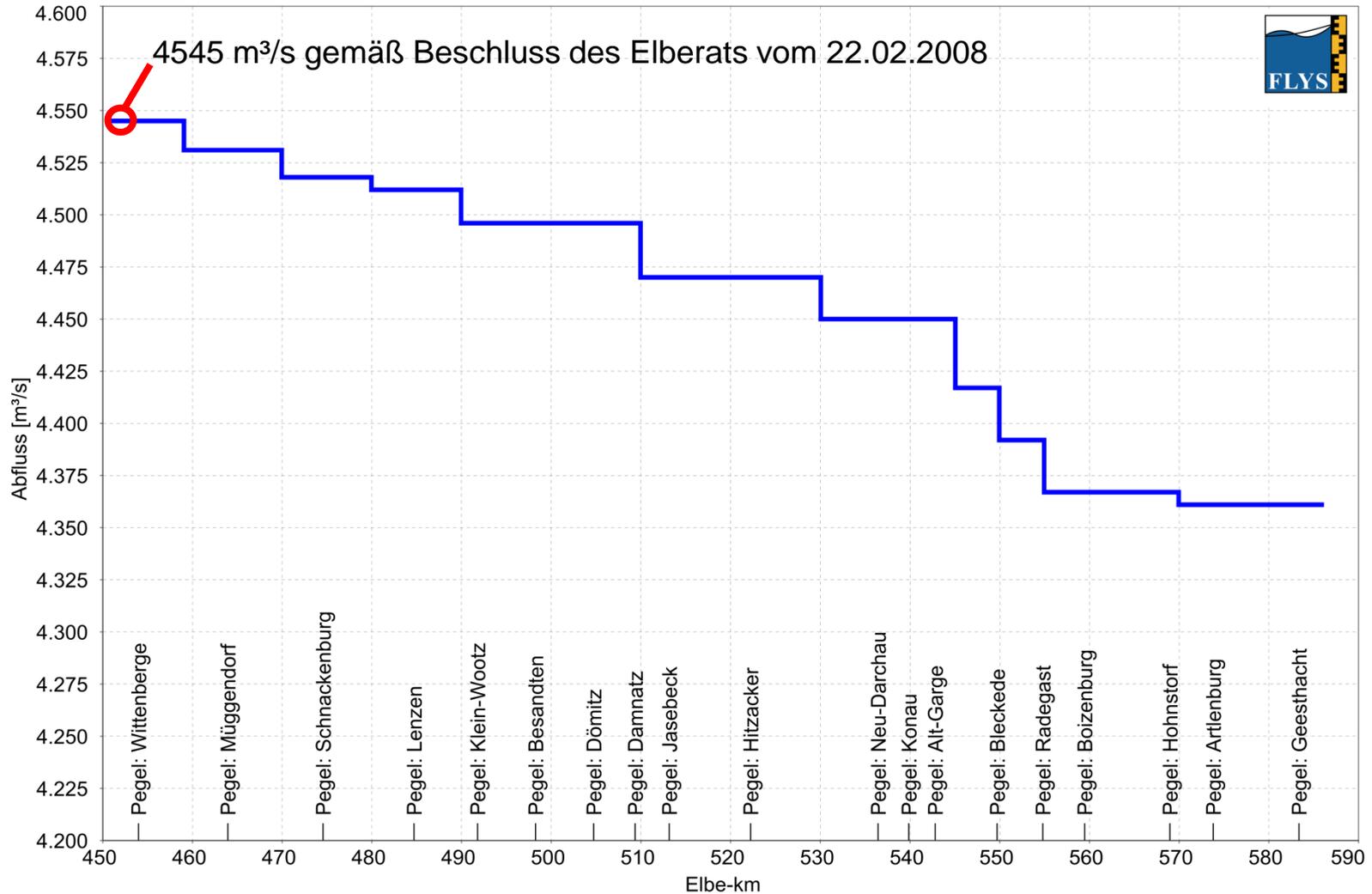
- Validierter Modellzustand
- zusätzlich: Anpassung der Deichlinien  
Walmsburg und Alt Garge
- Gehölzrückschnitt 2013/14 im Bereich  
Lüchow-Dannenberg



### Maßnahmenzustände

- veränderte Rauheiten (Bewuchs)
- geänderte Modellhöhen (Flutrinnen,  
Anschluss von Altarmen bzw.  
Vorlandabgrabungen)
- Deichrückverlegungen

# Abflusslängsschnitt entlang der Modellstrecke bei HQ<sub>100</sub>



# Wirkung der vegetationsbezogenen Maßnahmen auf Wasserspiegellagen bei HQ<sub>100</sub>

- vorgezogene Maßnahmen 2014:
  - 6 Flächen mit vollständigem Gehölzrückschnitt in NI (Suchraum 53,6 ha; effektiver Totalrückschnitt auf 15,5 ha)
  - 1 Fläche mit Bewuchsreduzierung und Aufastung auf 3,5 m in MV (5,7 ha)

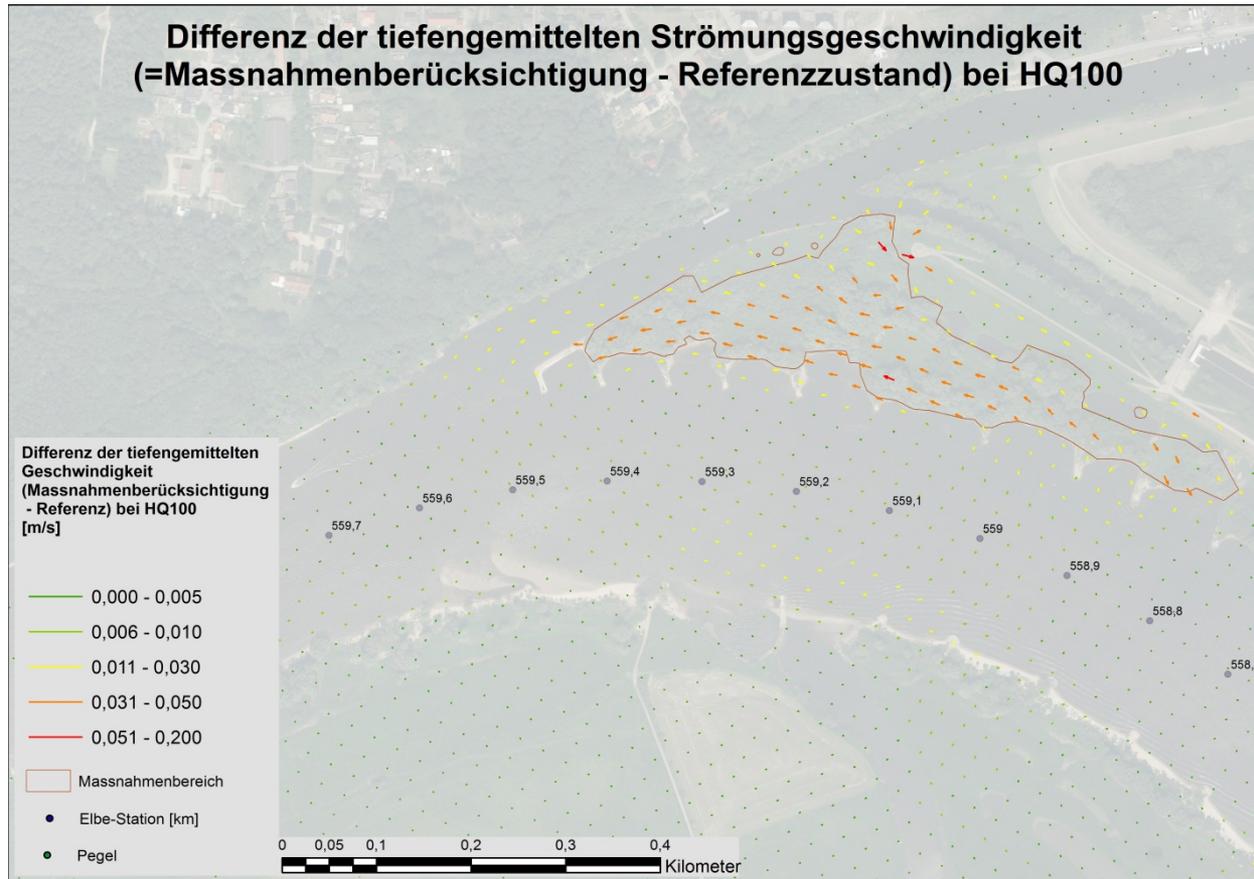
→ Flächen, die für eine Abflussverbesserung bzw. einen verbesserten Hochwasserschutz besonders geeignet erscheinen
- Gehölzrückschnitte, Bewuchsreduzierung und Aufastung
  - Niedersachsen insgesamt ca. 206 ha
  - Mecklenburg-Vorpommern insgesamt ca. 37 ha

→ insgesamt untersuchte vegetationsbezogene Maßnahmenflächen zur Abflussverbesserung

# Wirkung der vegetationsbezogenen Maßnahmen

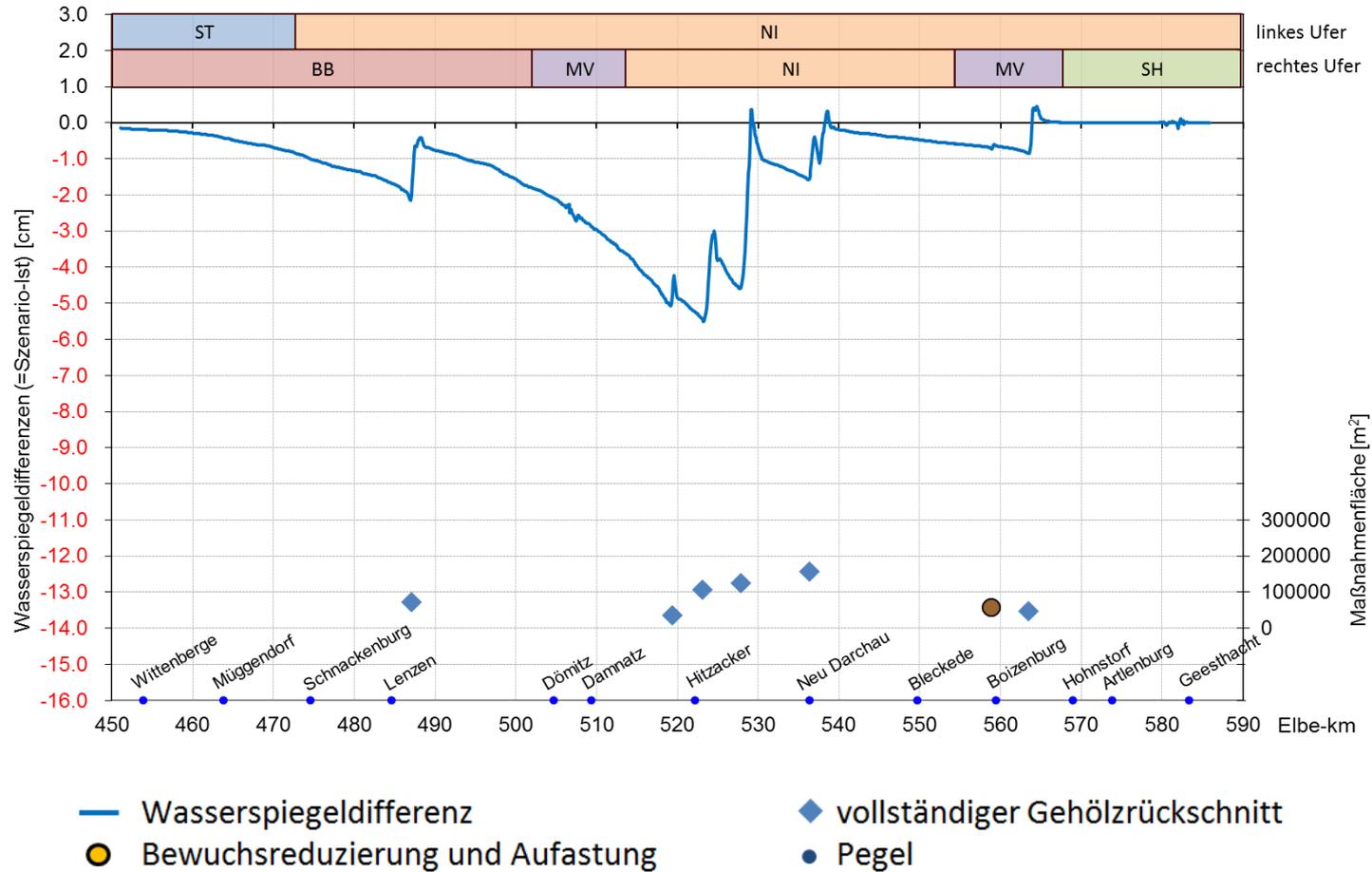
Beispiel Boizenburg

Bewuchsreduzierung und Aufastung auf 3,5 m (5,7 ha)

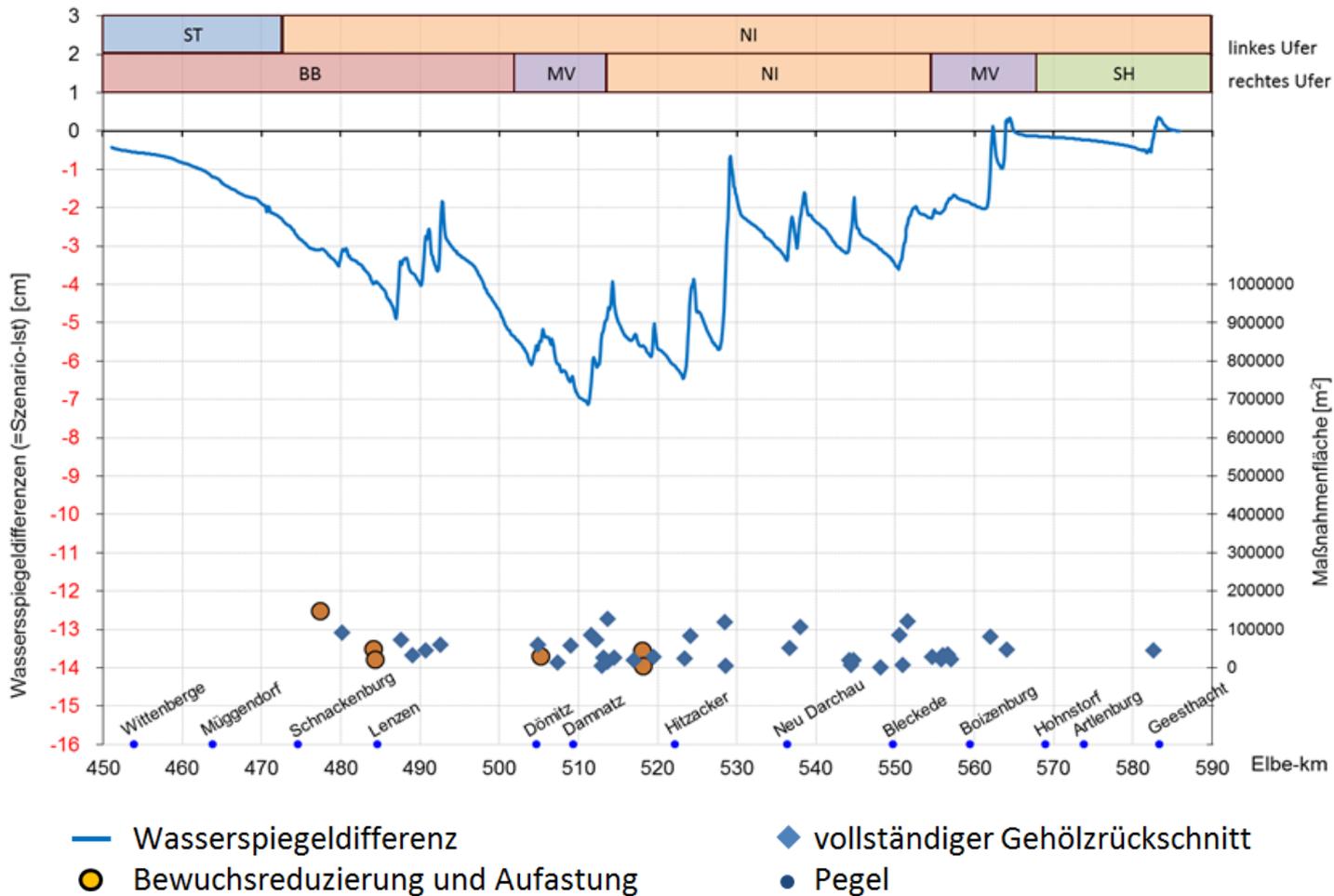


# Wirkung der vorgezogenen Maßnahmen

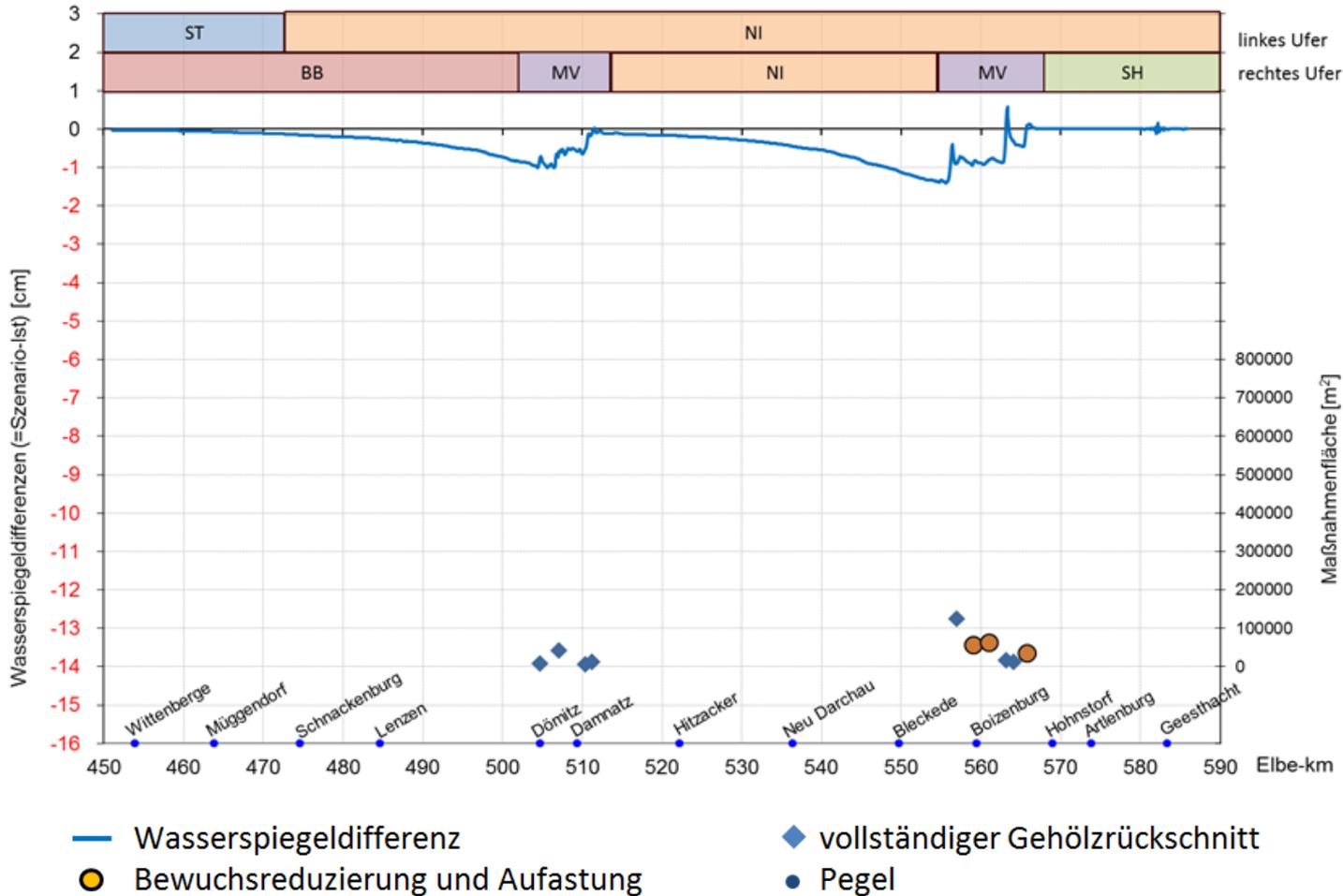
## 2014 in NI und MV (auf Wasserspiegellagen bei HQ<sub>100</sub>)



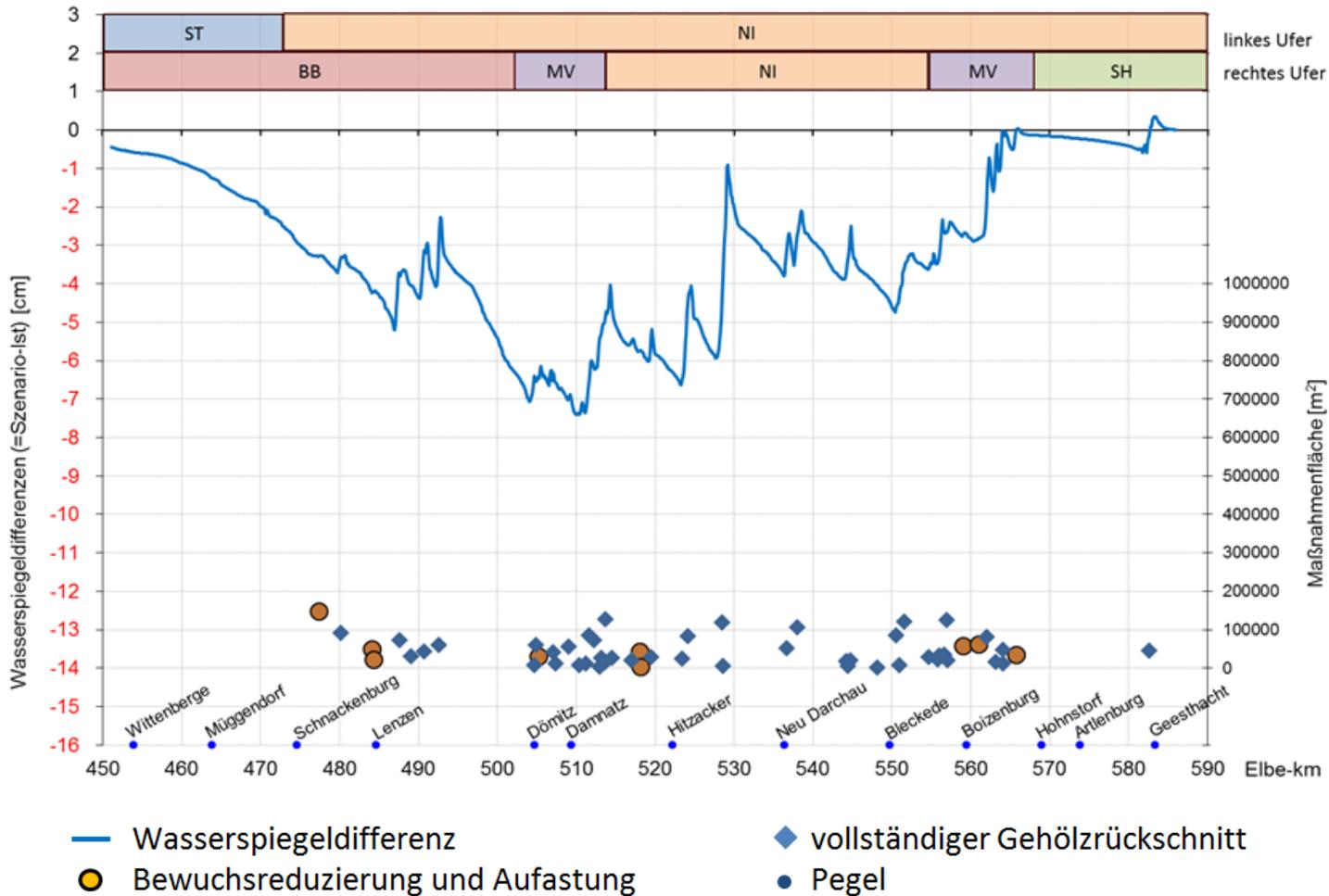
# Wirkung der vegetationsbezogenen Maßnahmen in Niedersachsen (auf Wasserspiegellagen bei HQ<sub>100</sub>)



# Wirkung der vegetationsbezogenen Maßnahmen in Mecklenburg-Vorpommern (auf Wasserspiegellagen bei HQ<sub>100</sub>)



# Wirkung der vegetationsbezogenen Maßnahmen in NI und MV (auf Wasserspiegellagen bei HQ<sub>100</sub>)



# maximale Rauheitswirkung der Vegetation

## Szenarien „nur Wald“ bzw. „nur Gras“

Änderung der Vegetation im Vorland zwischen Wittenberge und Geesthacht komplett in:

- Hartholzauwald (Szenario „nur Wald“) bzw.
- landwirtschaftliches Grünland (Szenario „nur Gras“)

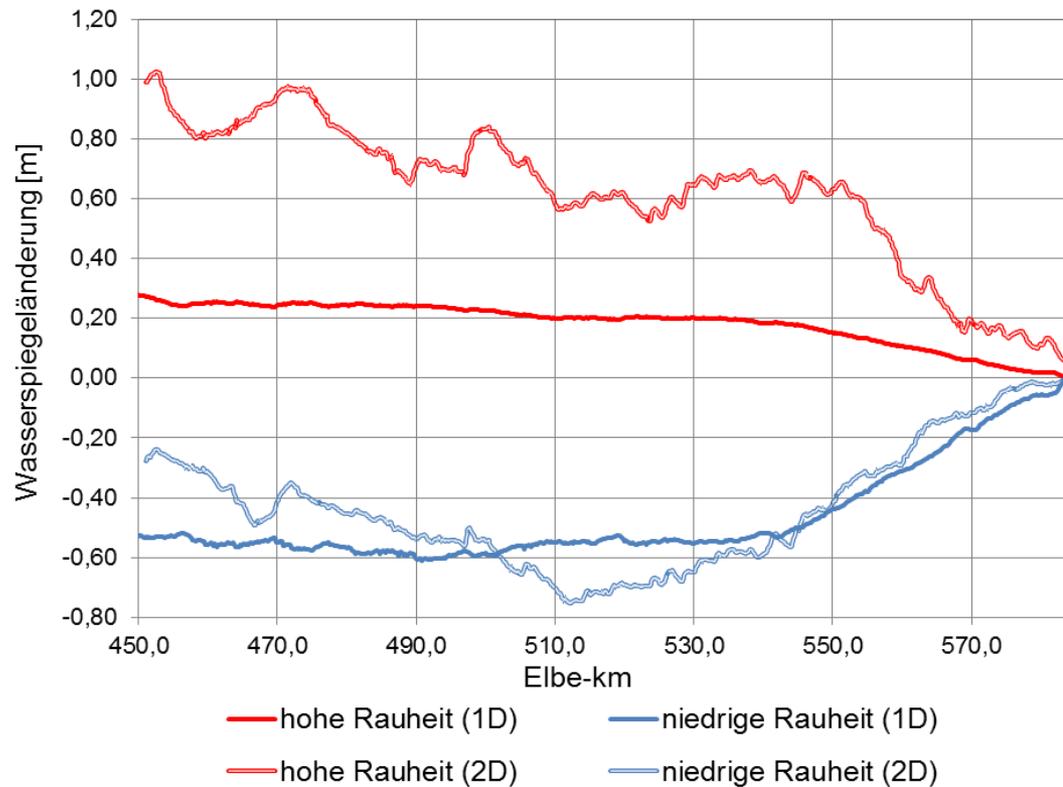
Untersuchung:

- stationär für  $HQ_{100}$  sowie
- instationär für HW 2002, HW 2006, HW 2011, HW 2013

# maximale Rauheitswirkung der Vegetation

## Szenarien „nur Wald“ bzw. „nur Gras“

stationäre Betrachtung  
Vergleich mit früheren 1D-Berechnungen (BfG, 2009)\*

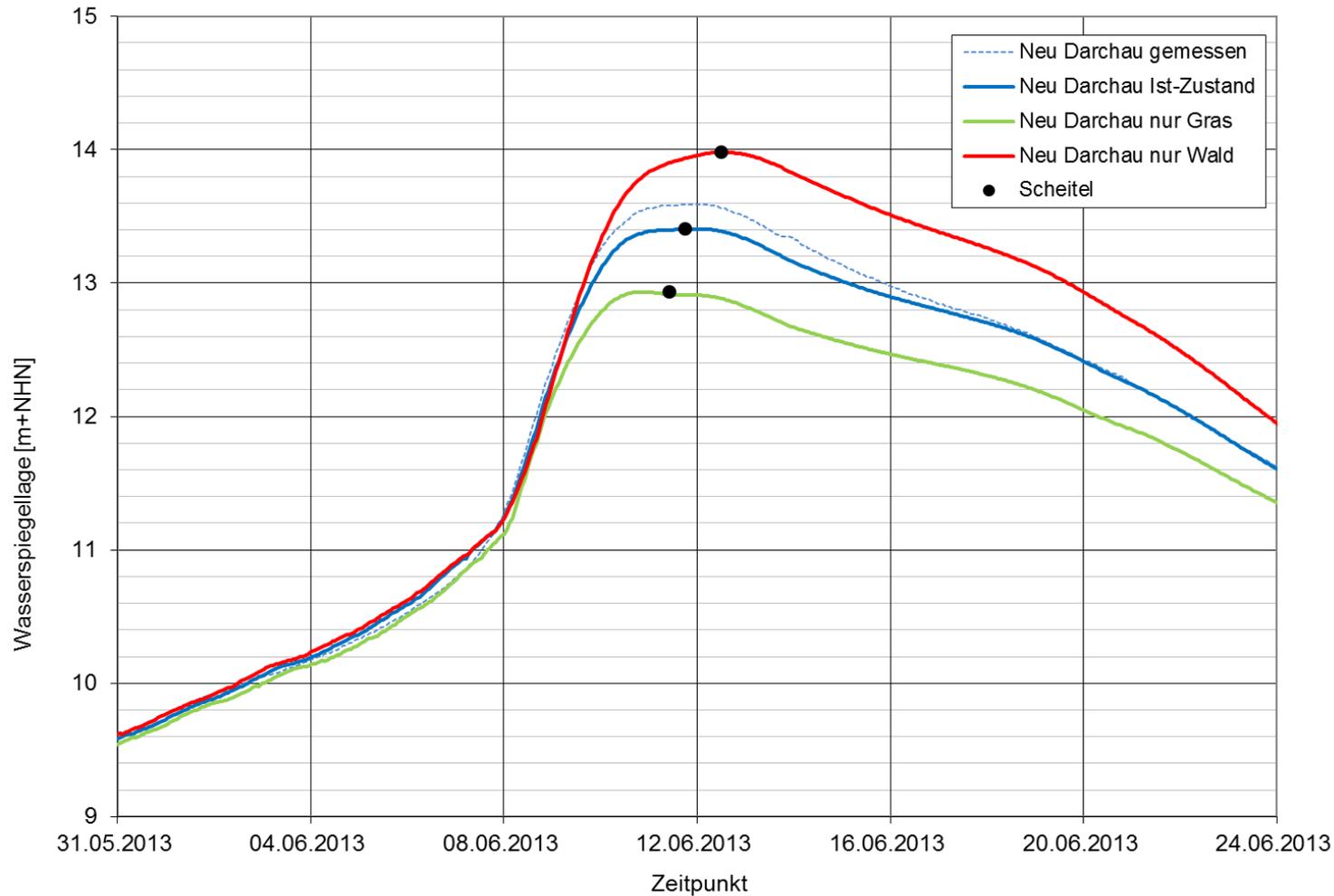


\*BfG (2009): Einheitliche Grundlage für die Festlegung der Bemessungswasserspiegellage der Elbe auf der frei fließenden Strecke in Deutschland. Bericht der Bundesanstalt für Gewässerkunde, BfG-1650, Koblenz. DOI: 10.5675/BfG-1650 abrufbar unter: <http://doi.bafg.de/BfG/2014/BfG-1650.pdf>

# maximale Rauheitswirkung der Vegetation

## Szenarien „nur Wald“ bzw. „nur Gras“

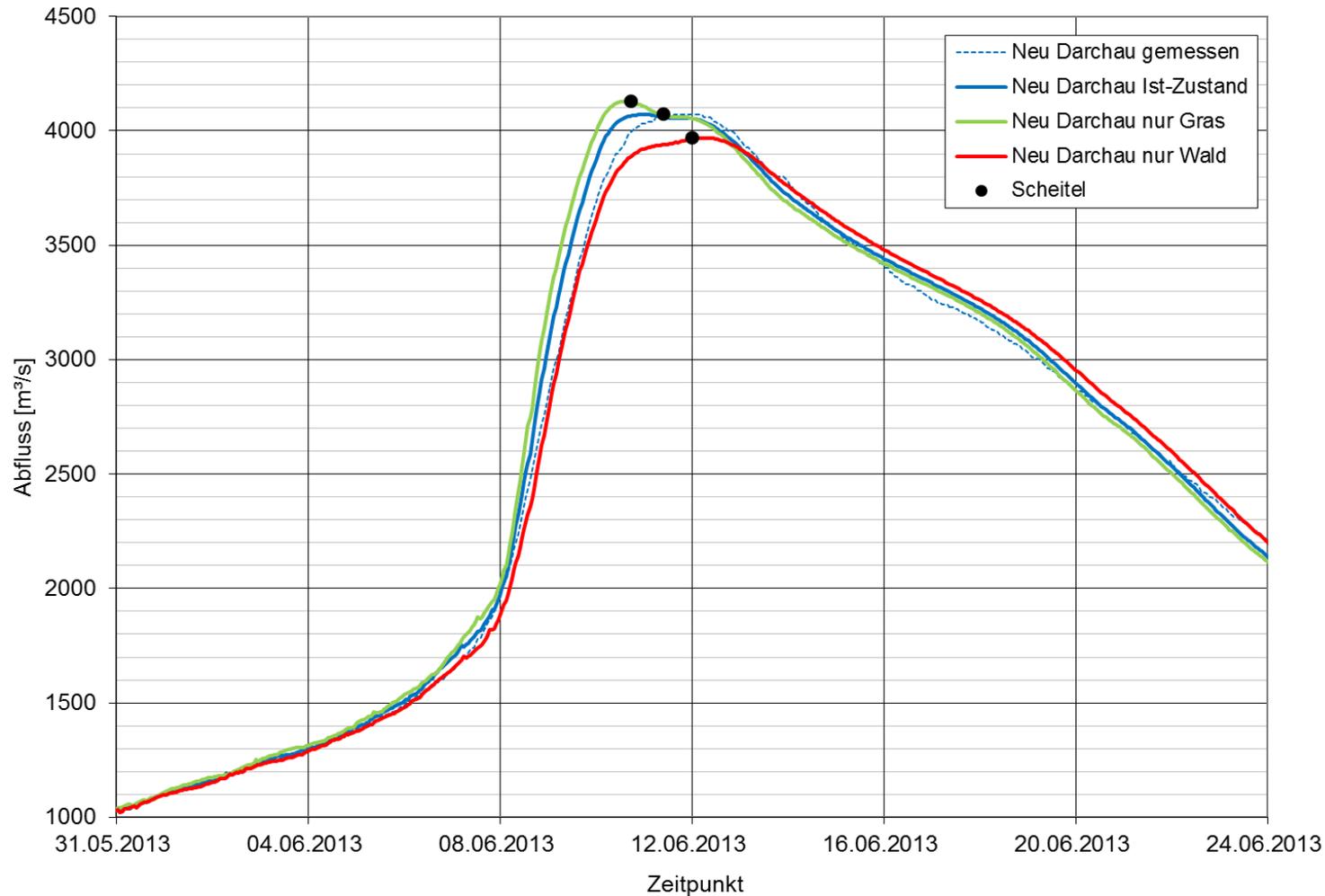
Wirkung auf den Wasserstand (instationär)



# maximale Rauheitswirkung der Vegetation

## Szenarien „nur Wald“ bzw. „nur Gras“

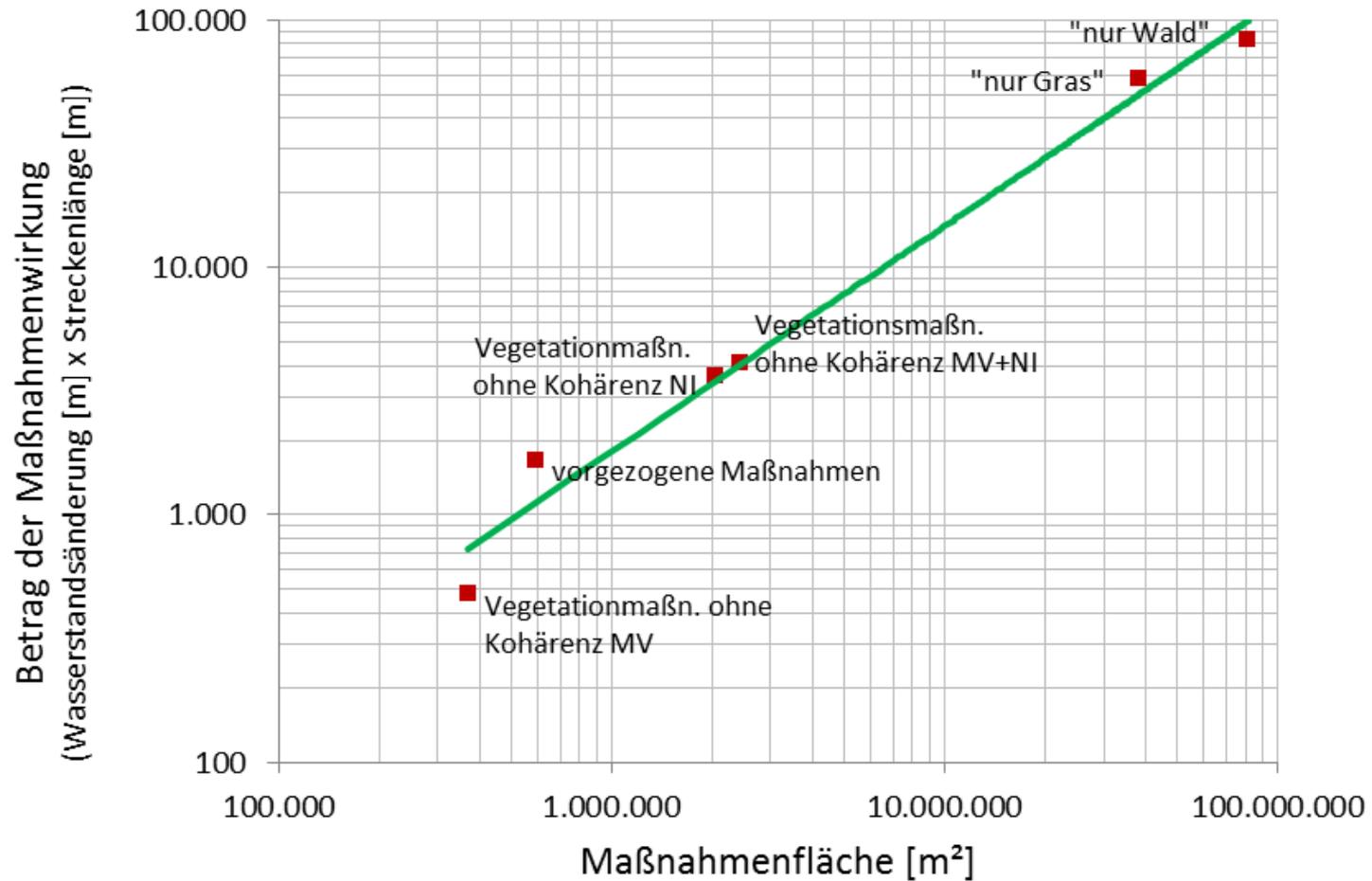
### Wirkung auf den Abfluss (instationär)



→ Extreme Rückschnitte des Vorlandbewuchses bewirken sinkende Wasserstände bei gleichzeitiger Erhöhung der Maximaldurchflüsse sowie Beschleunigung der Hochwasserwelle

# Wirkung der vegetationsbezogenen Maßnahmen

## Zusammenhang von Maßnahmenfläche und -wirkung bei HQ<sub>100</sub>

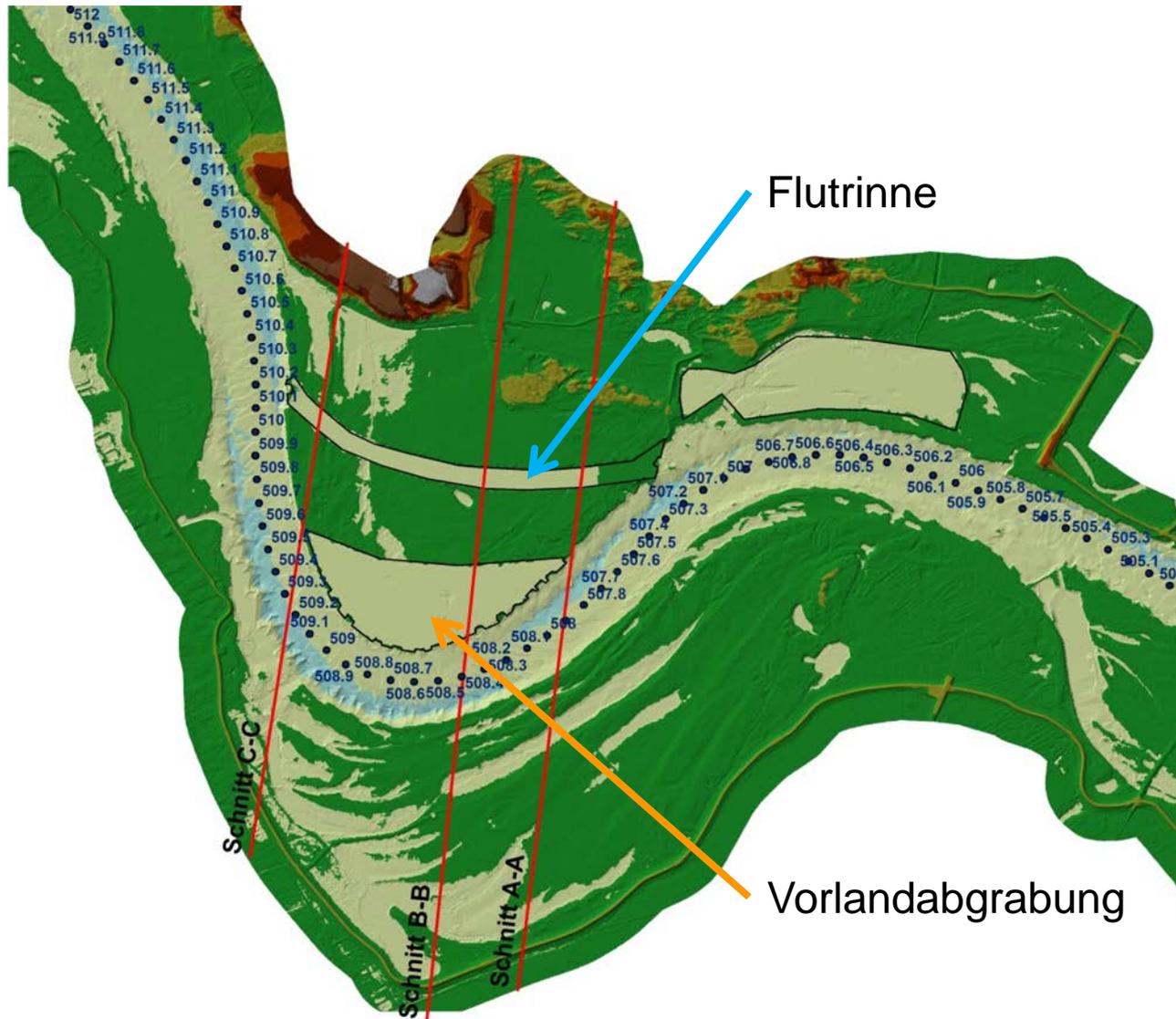


# Wirkung der topografiebeeinflussenden Maßnahmen auf Wasserspiegellagen bei HQ<sub>100</sub>

- Niedersachsen:
  - 6 Flutrinnen (153,1 ha)
  - 7 Vorlandabgrabungen (30,2 ha)
  - 19 Anschlüsse von Altarmen (127,2 ha)
  
- Mecklenburg-Vorpommern:
  - 2 Flutrinnen (29,1 ha)
  - 6 Vorlandabgrabungen (131,1 ha)

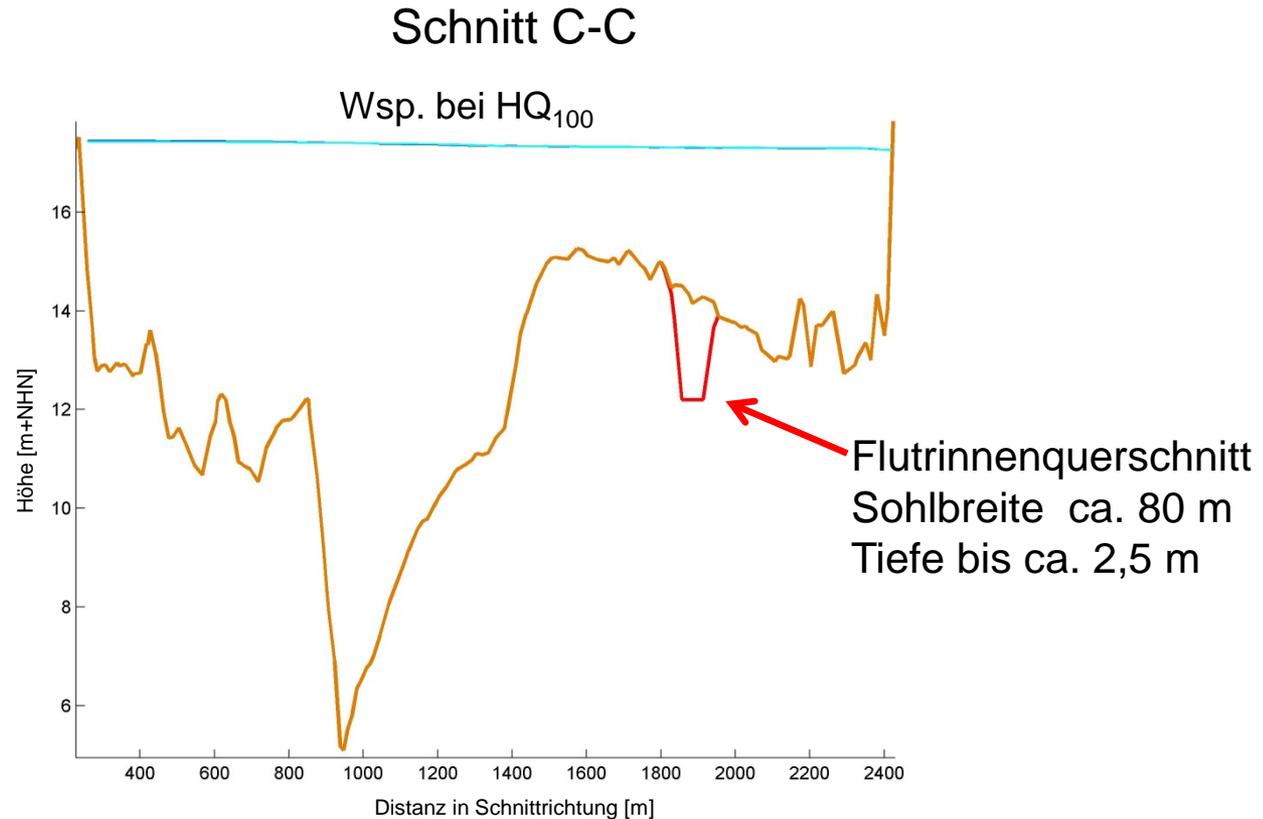
# Wirkung der topografiebeeinflussenden Maßnahmen

## Beispiel: Flutrinne im rechten Vorland bei Dömitz (Elbe-km 509)



# Wirkung der topografiebeeinflussenden Maßnahmen

## Beispiel: Flutrinne im rechten Vorland bei Dömitz (Elbe-km 509)

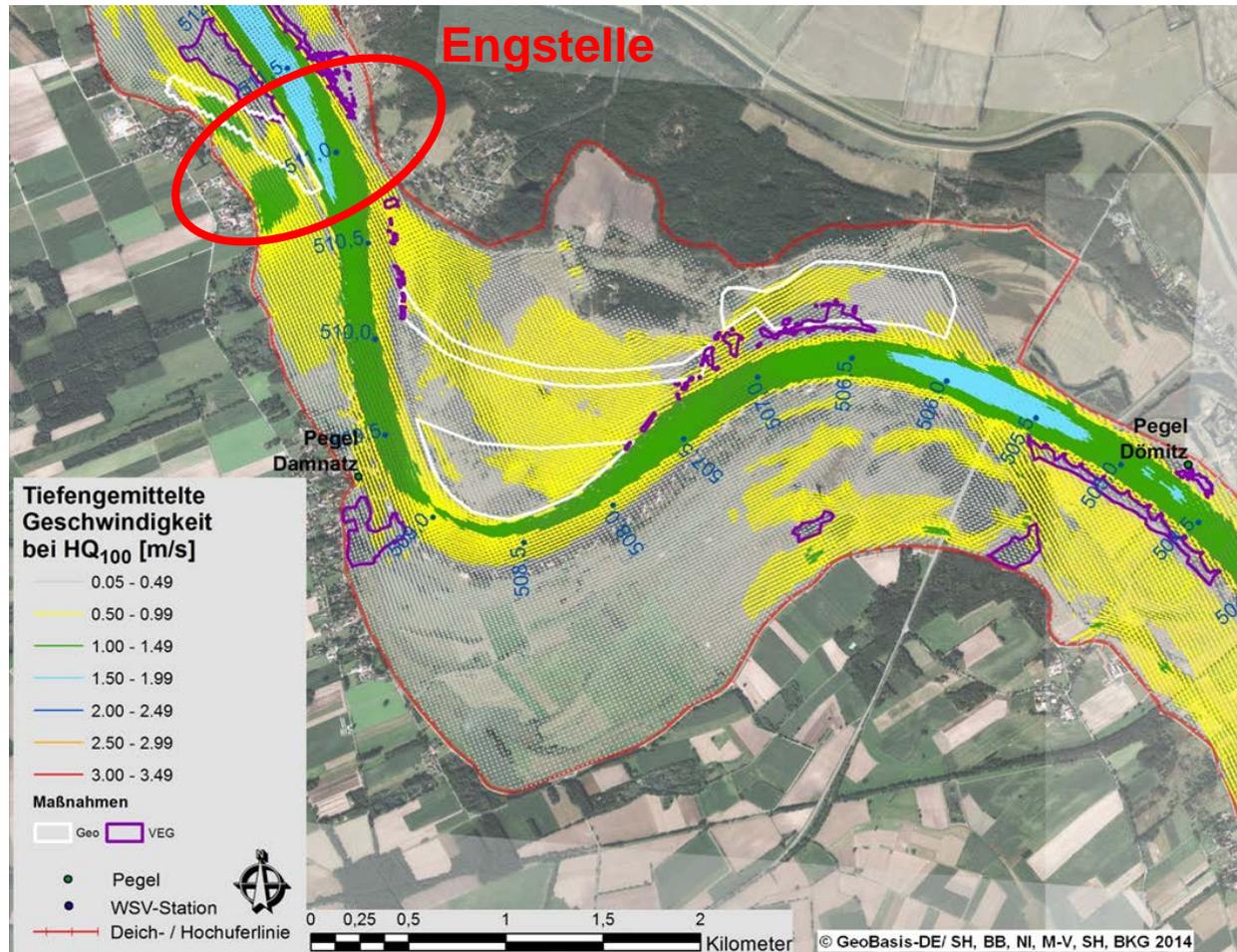


- Querschnittsfläche eher gering und nicht durchgehend vorhanden



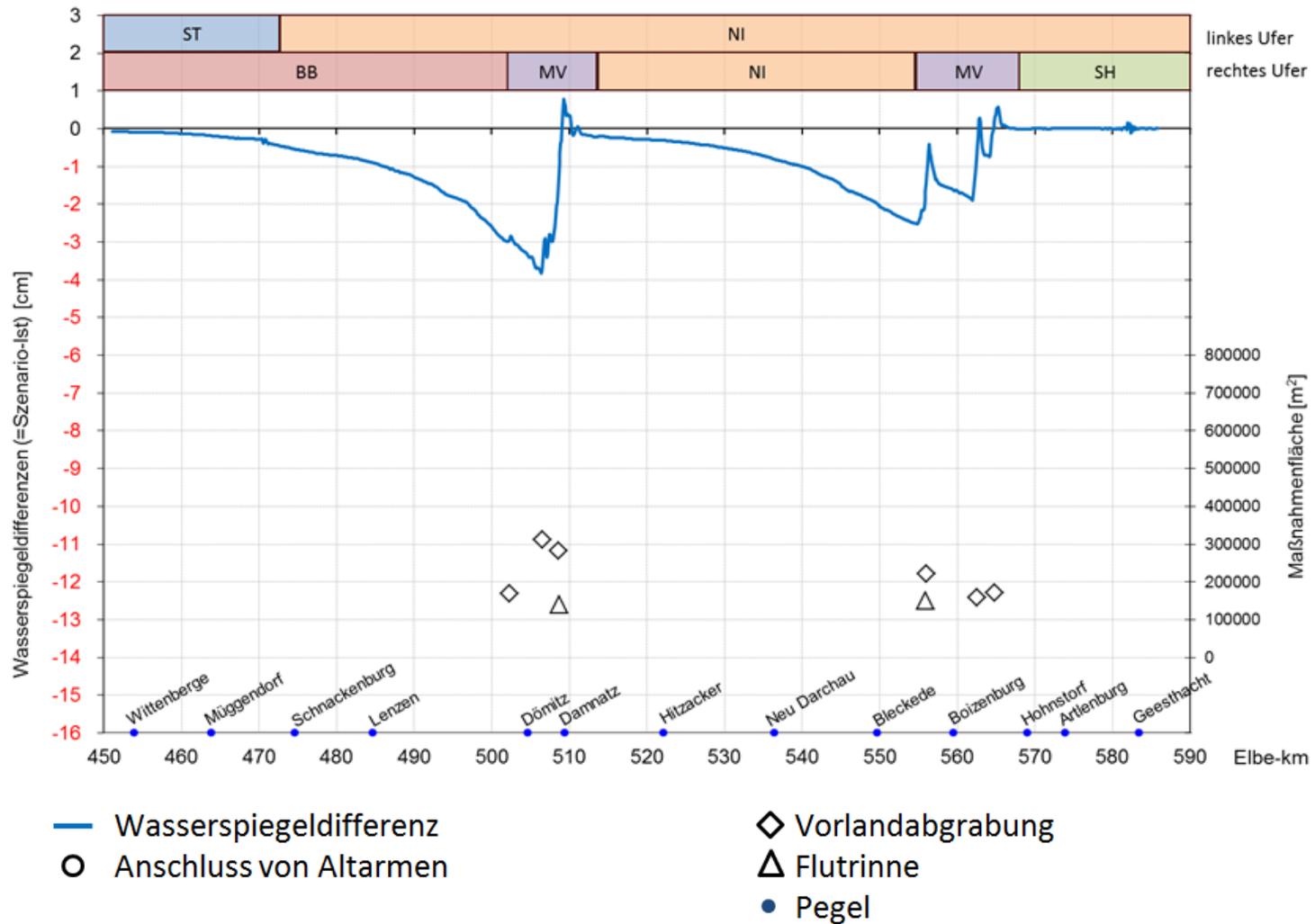
# Wirkung der topografiebeeinflussenden Maßnahmen

## Beispiel: Flutrinne im rechten Vorland bei Dömitz (Elbe-km 509)

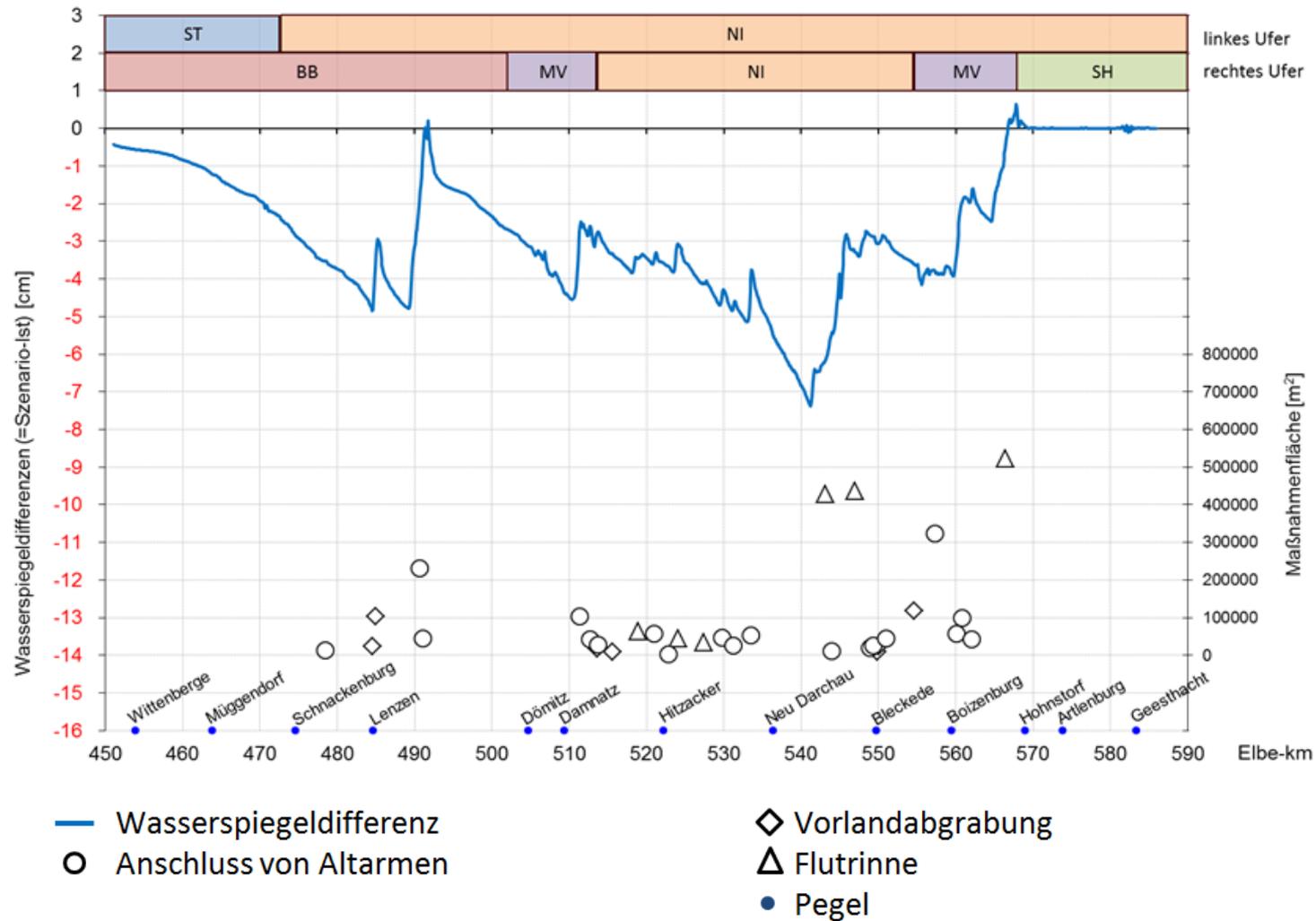


- Querschnittsfläche eher gering und nicht durchgehend vorhanden
  - Wirksamkeit durch eine Querströmung im Maßnahmenbereich verringert
  - Rückstauereffekt der Engstelle unterstrom um Elbe-km 511 bei Rüterberg
- absenkende Wirkung ca. 4 cm

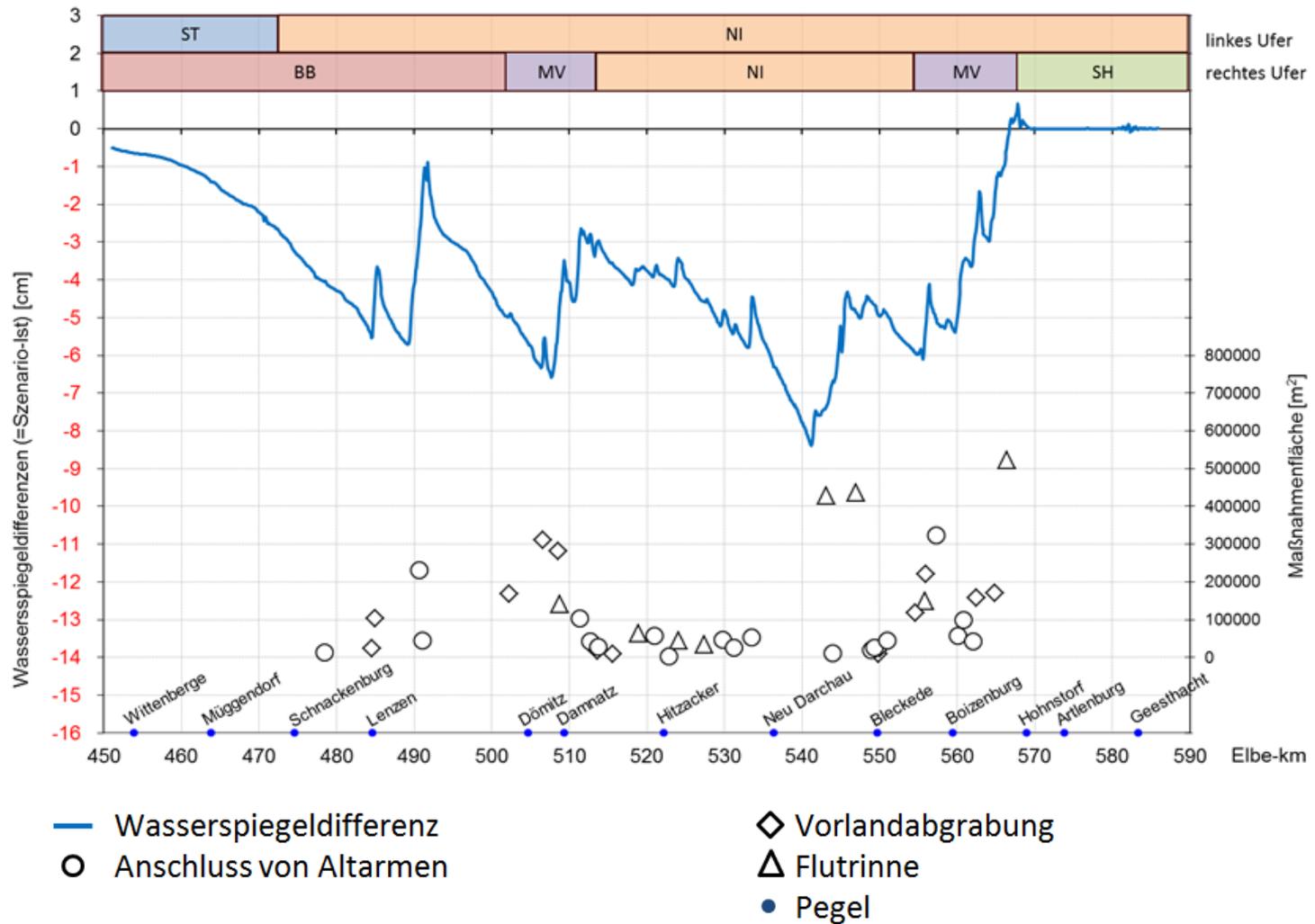
# Wirkung der topografiebeeinflussenden Maßnahmen in Mecklenburg-Vorpommern (auf Wasserspiegellagen bei HQ<sub>100</sub>)



# Wirkung der topografiebeeinflussenden Maßnahmen in Niedersachsen (auf Wasserspiegellagen bei HQ<sub>100</sub>)

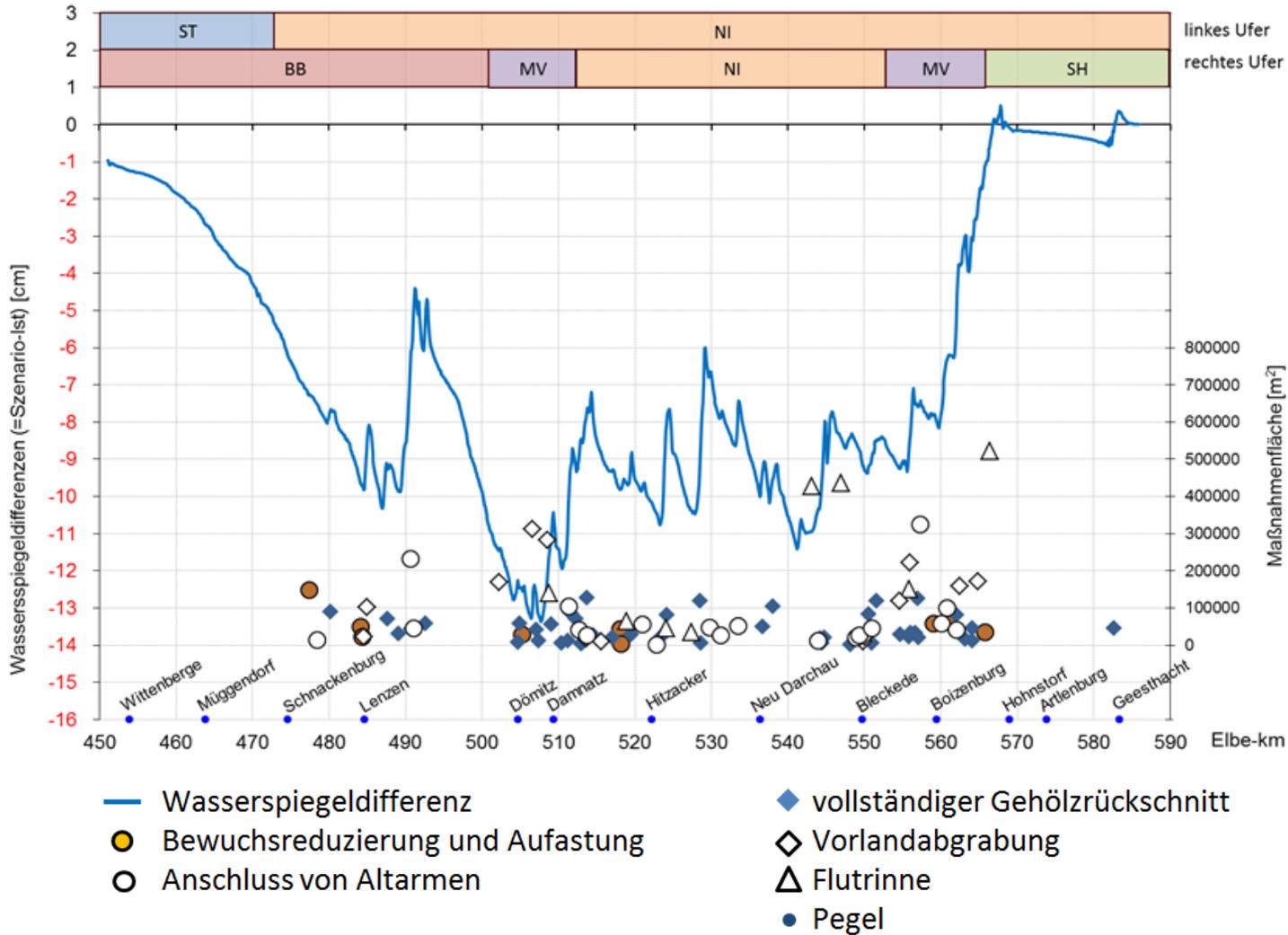


# Wirkung der topografiebeeinflussenden Maßnahmen in NI und MV (auf Wasserspiegellagen bei HQ<sub>100</sub>)



# Wirkung aller betrachteten Maßnahmen

## Vegetation und Topografie (auf Wasserspiegellagen bei HQ<sub>100</sub>)



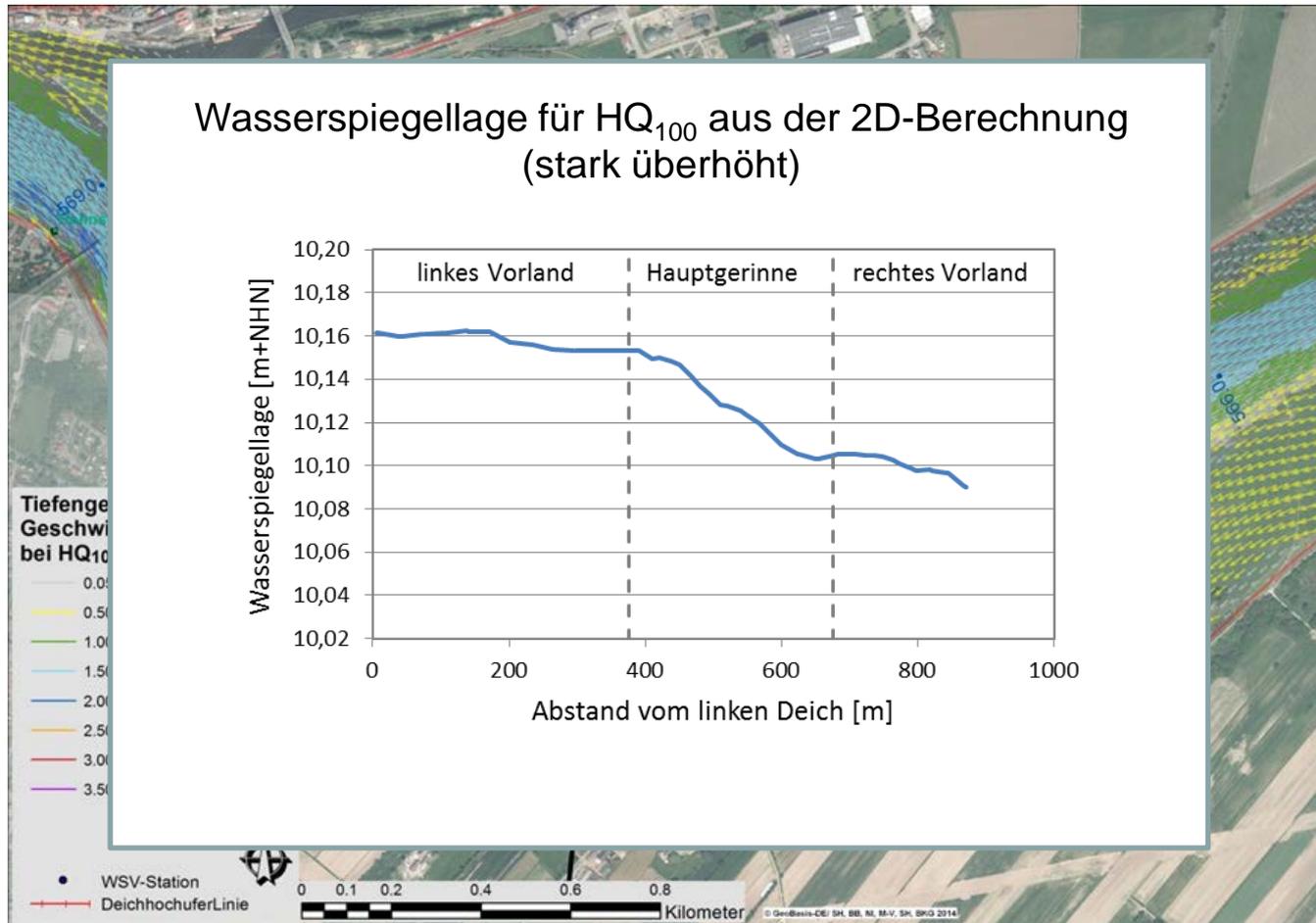
# Freibordanalyse

Wasseranschlagslinie bei  $HQ_{100}$  im Bezug zur Deichkronenhöhe

- Identifikation von Defiziten im Hochwasserschutzniveau
- exemplarisch Demonstration der Nutzungsmöglichkeit der räumlich hochaufgelösten 2D-Ergebnisse
- Wasserstandsquerneigung bei  $HQ_{100}$  bis zu 3 dm

# Freibordanalyse

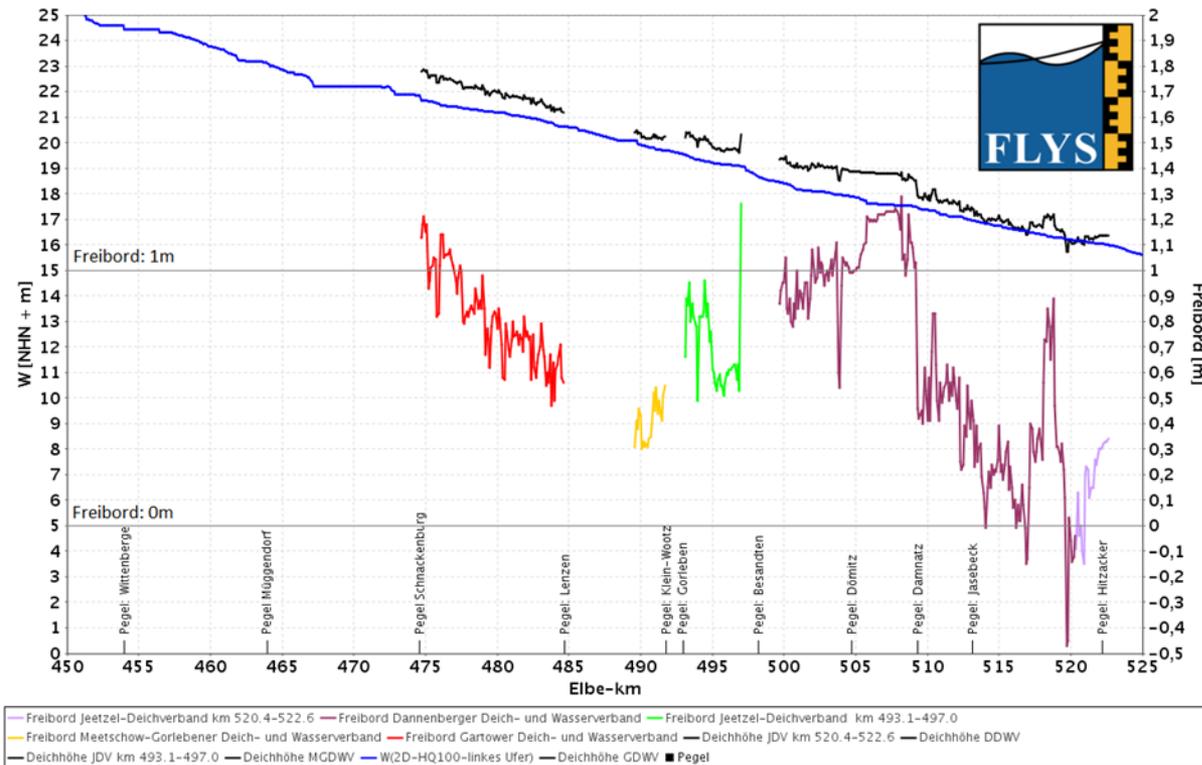
Beispiel: Querprofil bei Elbe-km 567,5 (bei Lauenburg)



# Freibordanalyse

Wasseranschlagslinie bei HQ<sub>100</sub> im Bezug zur Deichkrone

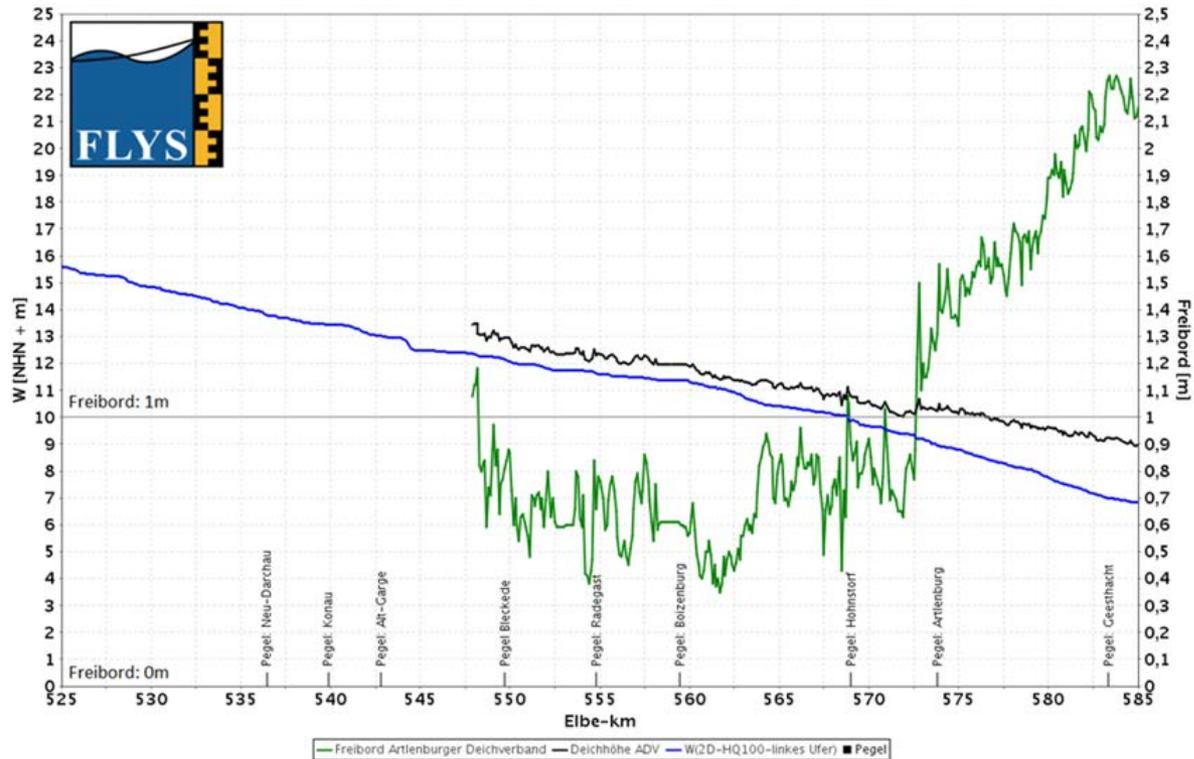
linkes Ufer (oberer Bereich)



# Freibordanalyse

Wasseranschlagslinie bei  $HQ_{100}$  im Bezug zur Deichkrone

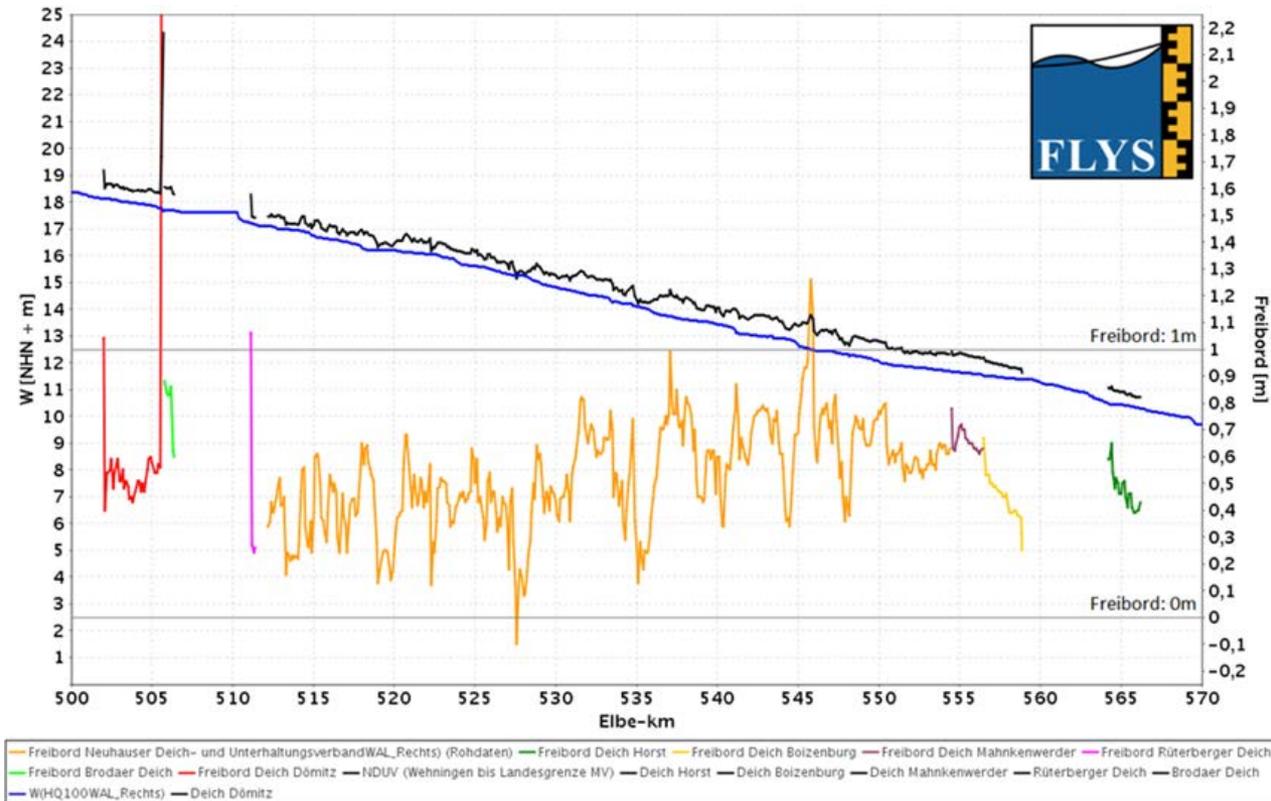
linkes Ufer (unterer Bereich)



# Freibordanalyse

Wasseranschlagslinie bei  $HQ_{100}$  im Bezug zur Deichkrone

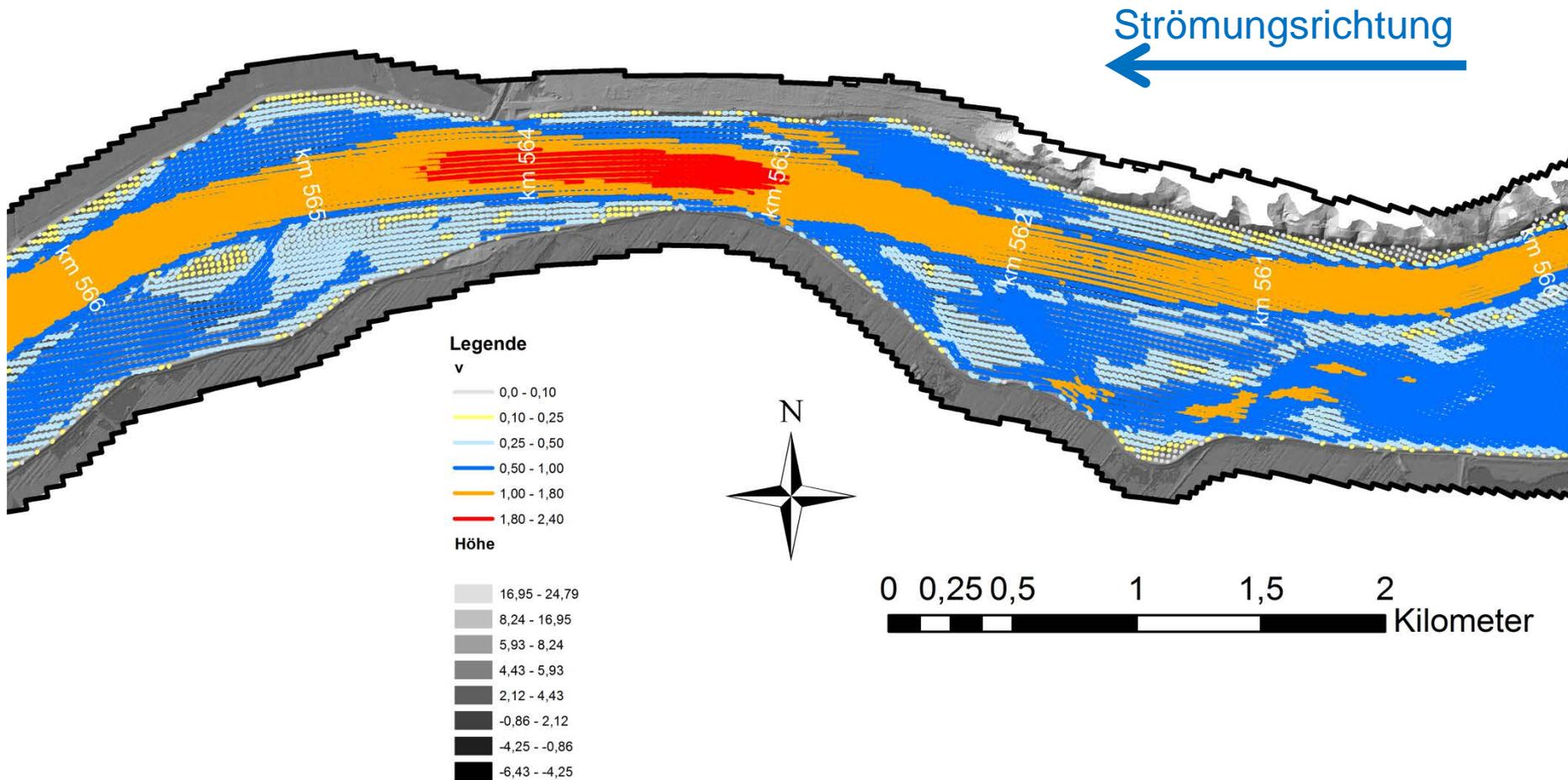
rechtes Ufer



- Identifikation und Bewertung von Engstellen hinsichtlich optimierter Planung von Maßnahmen
- basierend auf der Interpretation des erstmals für die gesamte untere Mittelelbe dargestellten Strömungszustands (Wasserstand, Fließgeschwindigkeit, Breite) für  $HQ_{100}$
- Gewichtung untereinander mit Hilfe einer neu entwickelten Methode der BfG

# Engstellenanalyse

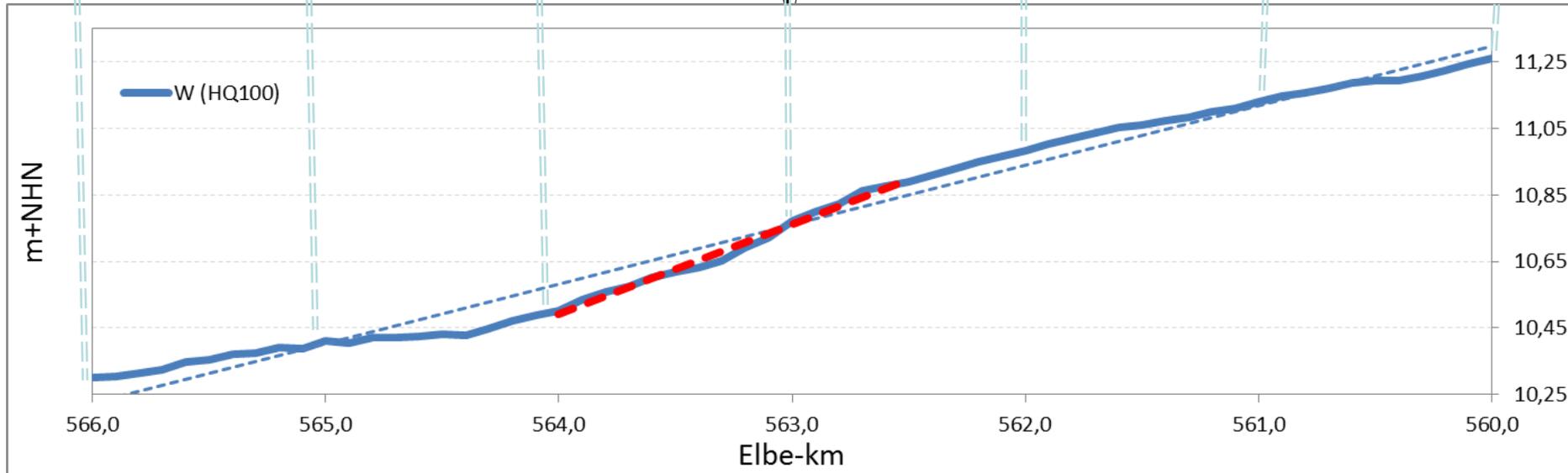
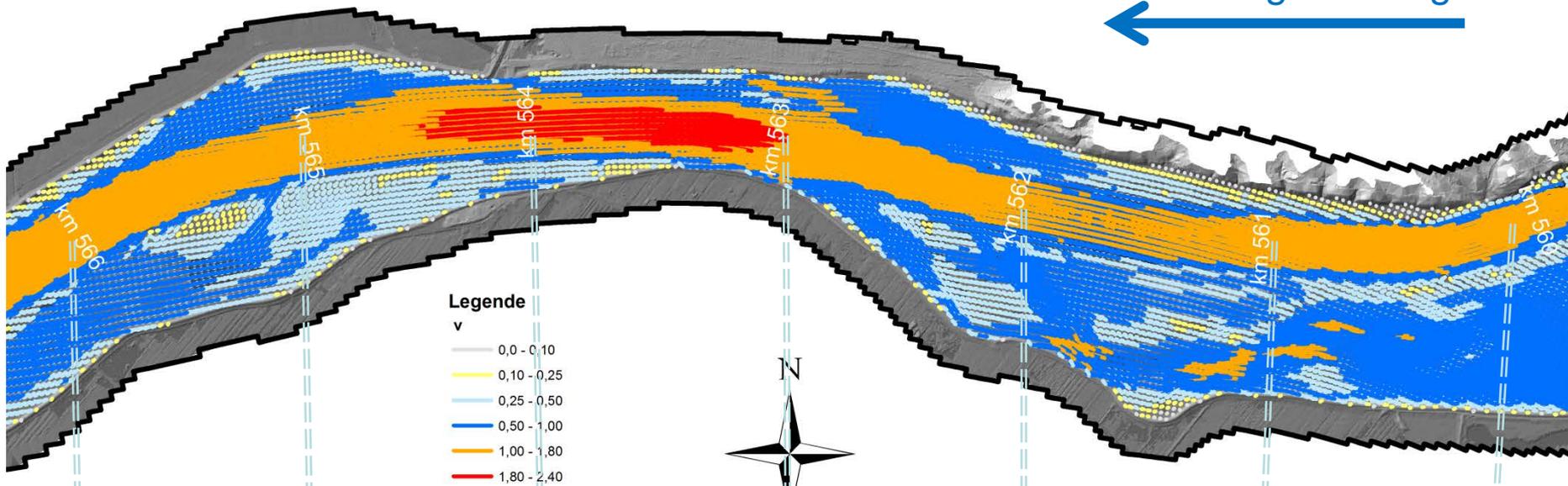
## Beispiel für Engstelle: Barförde



# Engstellenanalyse

Beispiel für Engstelle: Barförde

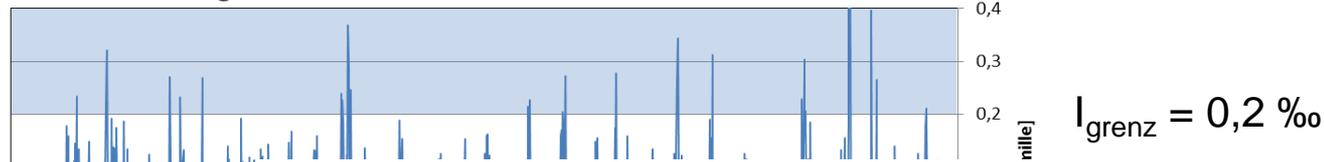
Strömungsrichtung  
←



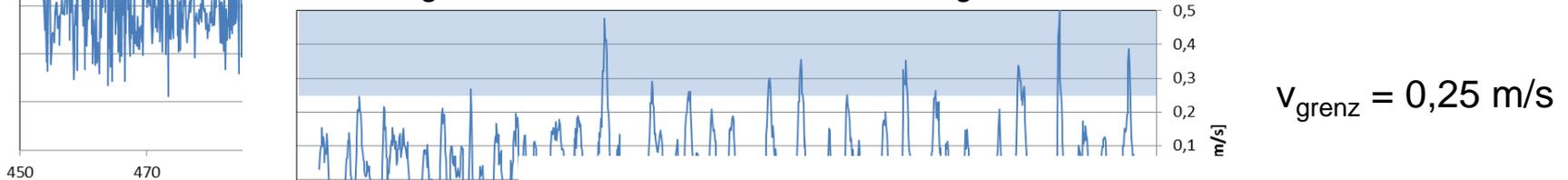
# Engstellenanalyse

## Methode

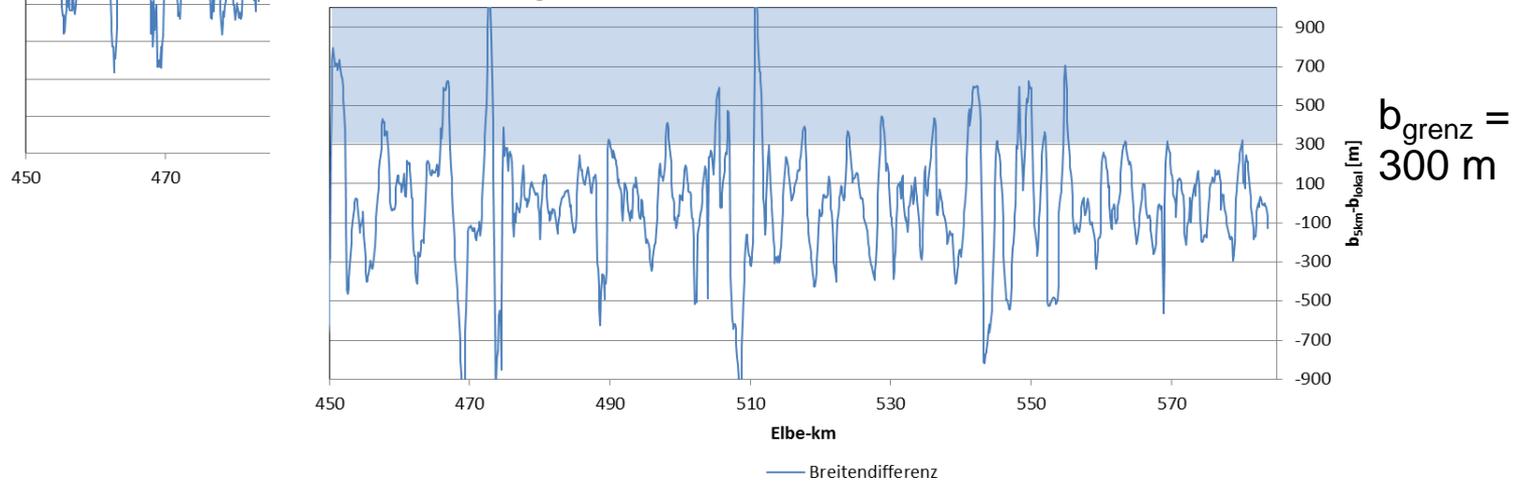
Engstellenidentifikation anhand der Gefälledifferenz



Engstellenidentifikation anhand der Geschwindigkeitsdifferenz



Engstellenidentifikation anhand der Breitendifferenz

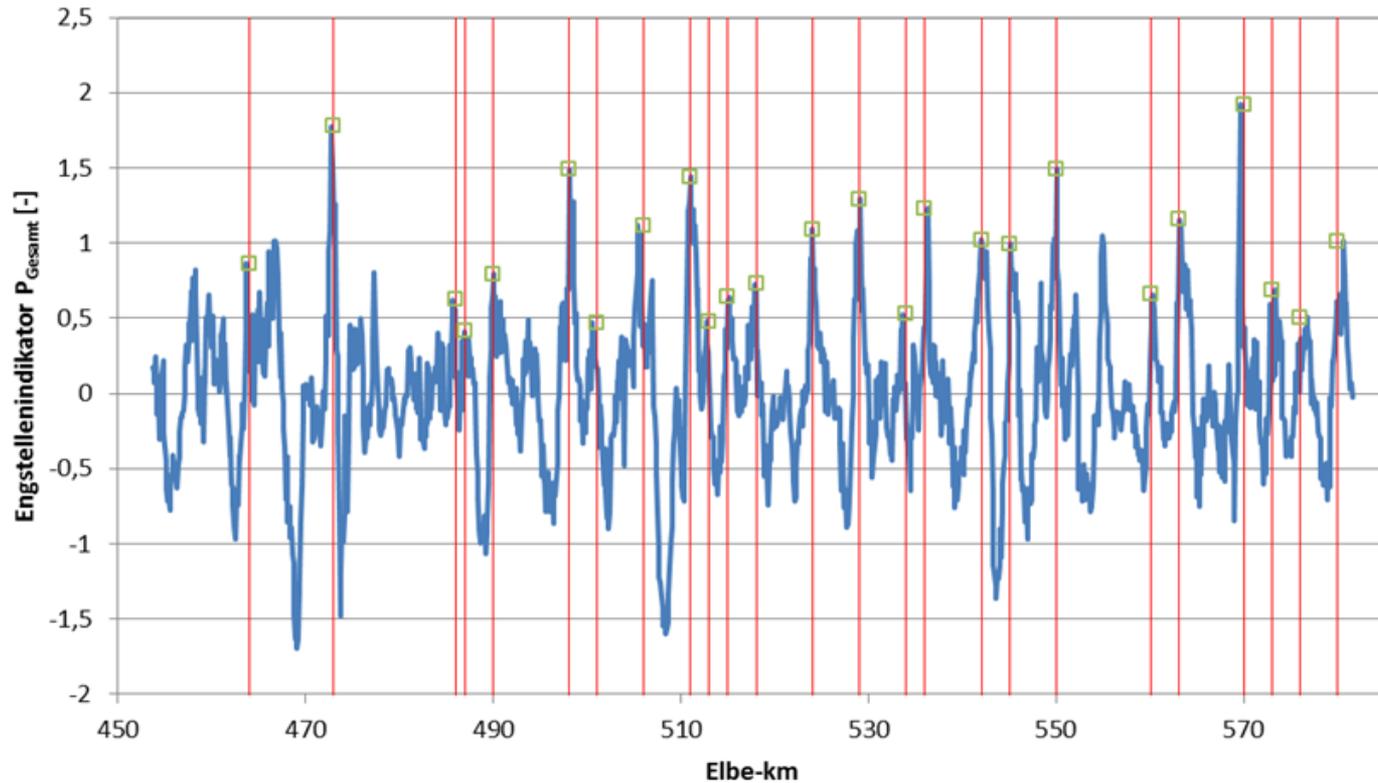


Engstellenindikator

$$P_{\text{Gesamt}} = \frac{1}{3} (P_{\text{Gefälle}} + P_{\text{Geschwindigkeit}} + P_{\text{Breite}})$$

# Engstellenanalyse

## Ergebnisse



— Engstellenindikator  $P_{Gesamt}$  — Engstelle laut Liste vom 11.09.2014 □  $P_{Gesamt}$  für Engstelle laut Liste

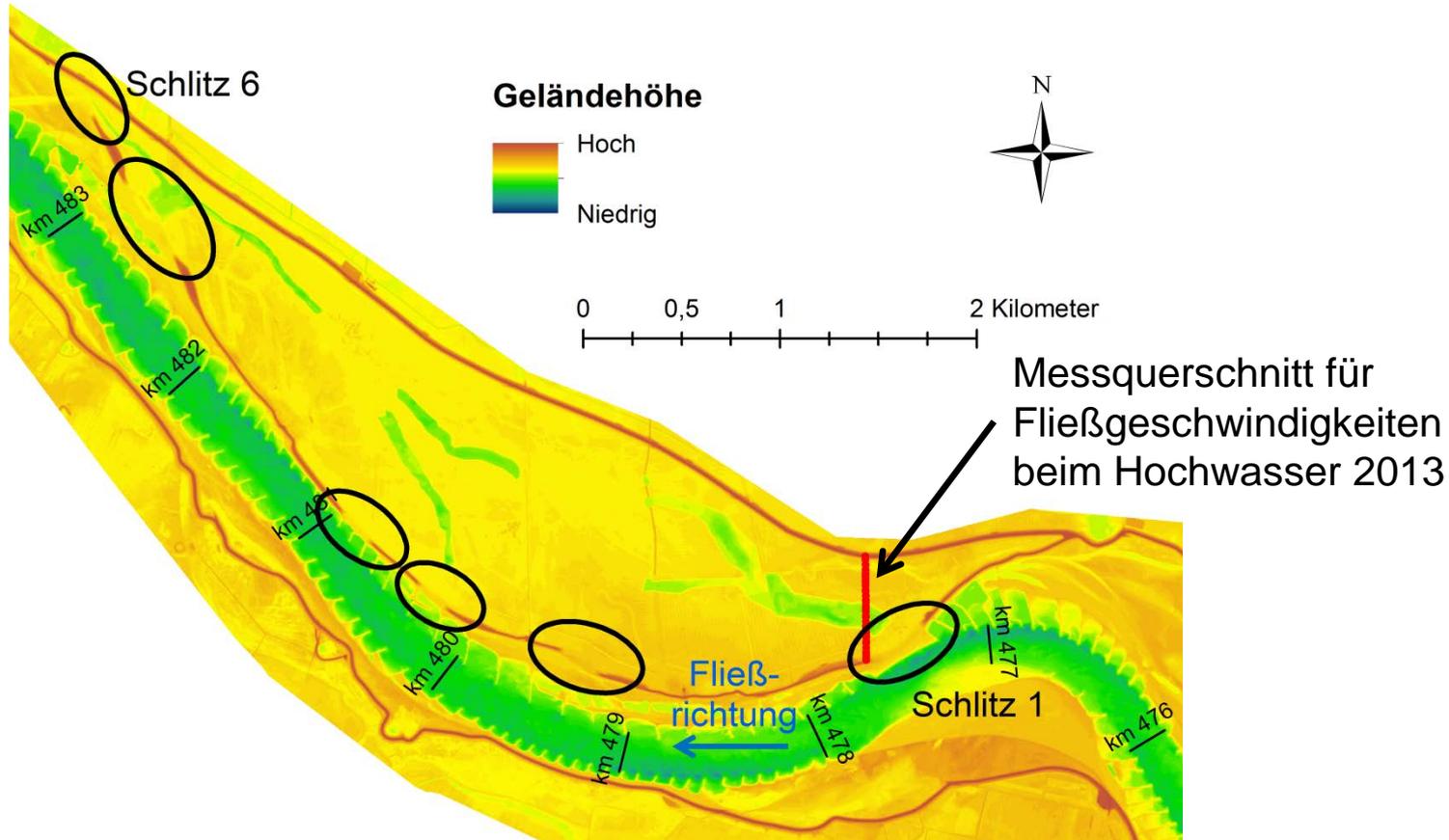
- für 13 der per visueller Inspektion identifizierten Stellen:  $P_{Gesamt} \geq 1$
- weitere 9 der visuell identifizierten Engstellen:  $0,5 < P_{Gesamt} < 1$

# Deichrückverlegung Lenzen

## Wirkung beim Hochwasser 2013

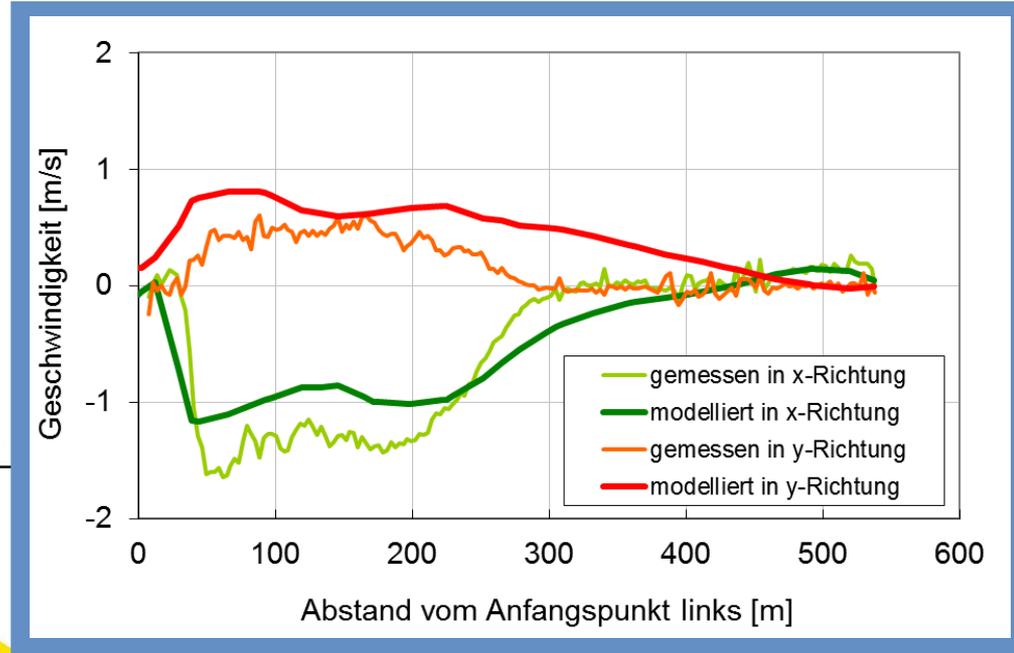
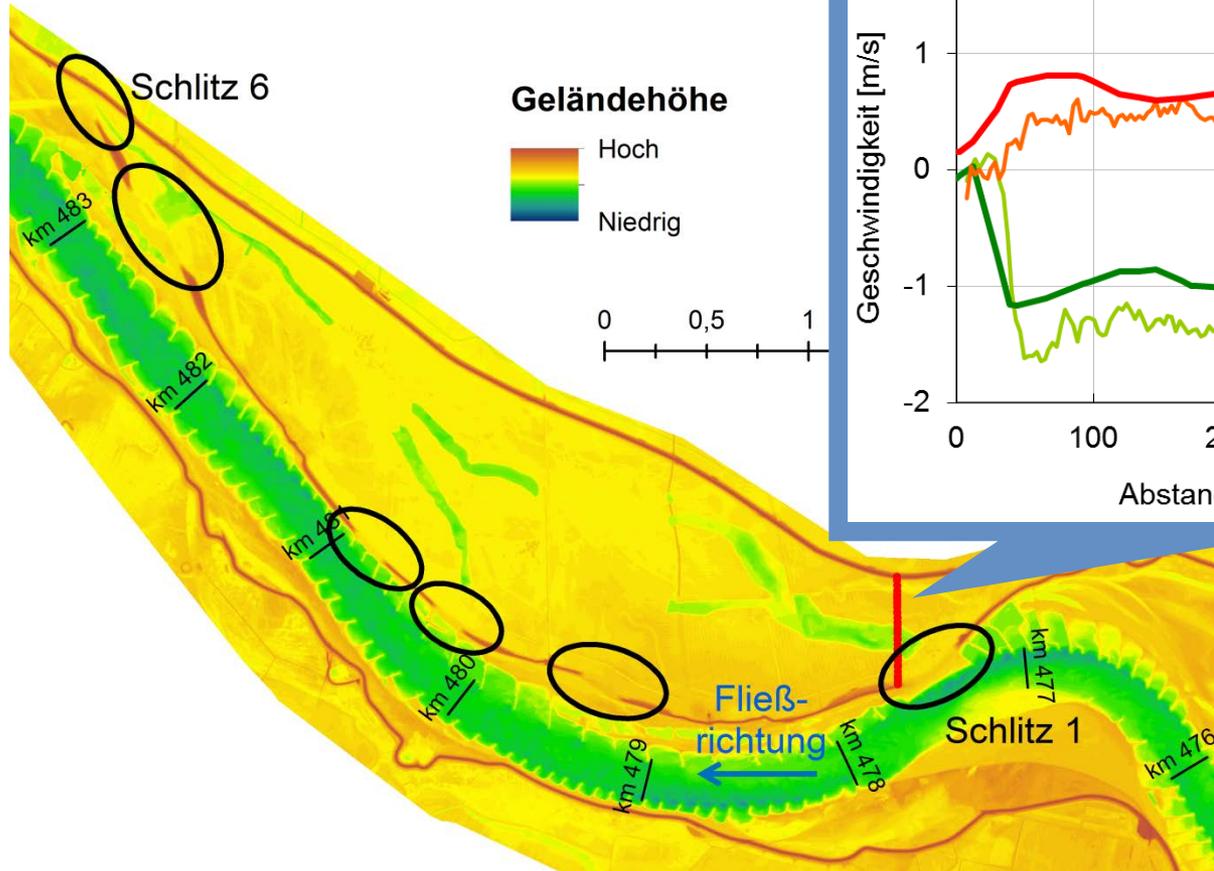
# Deichrückverlegung Lenzen

## Abbildung im digitalen Höhenmodell



# Deichrückverlegung Lenzen

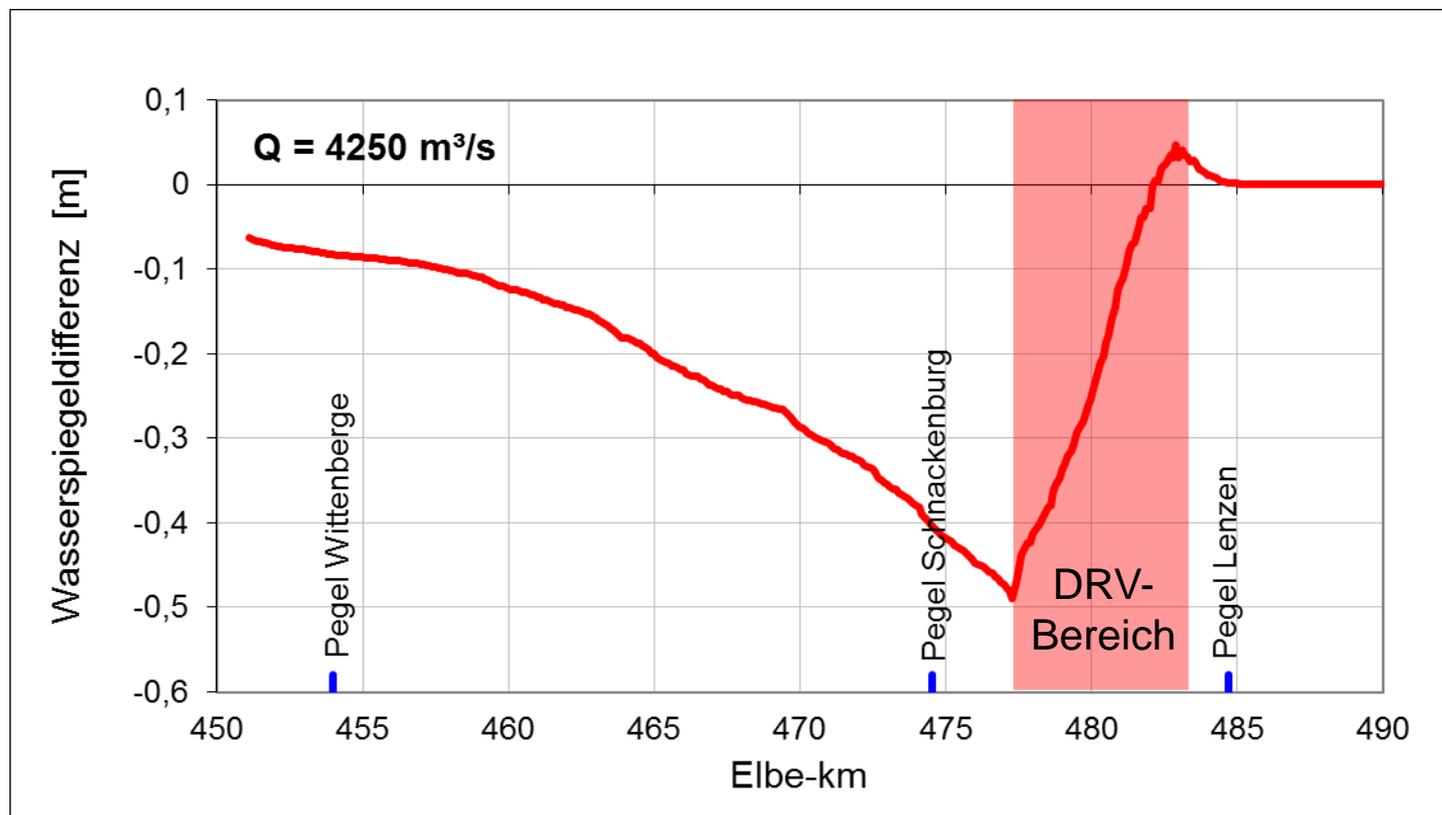
Reproduktion der Durchströmung im numerischen Modell



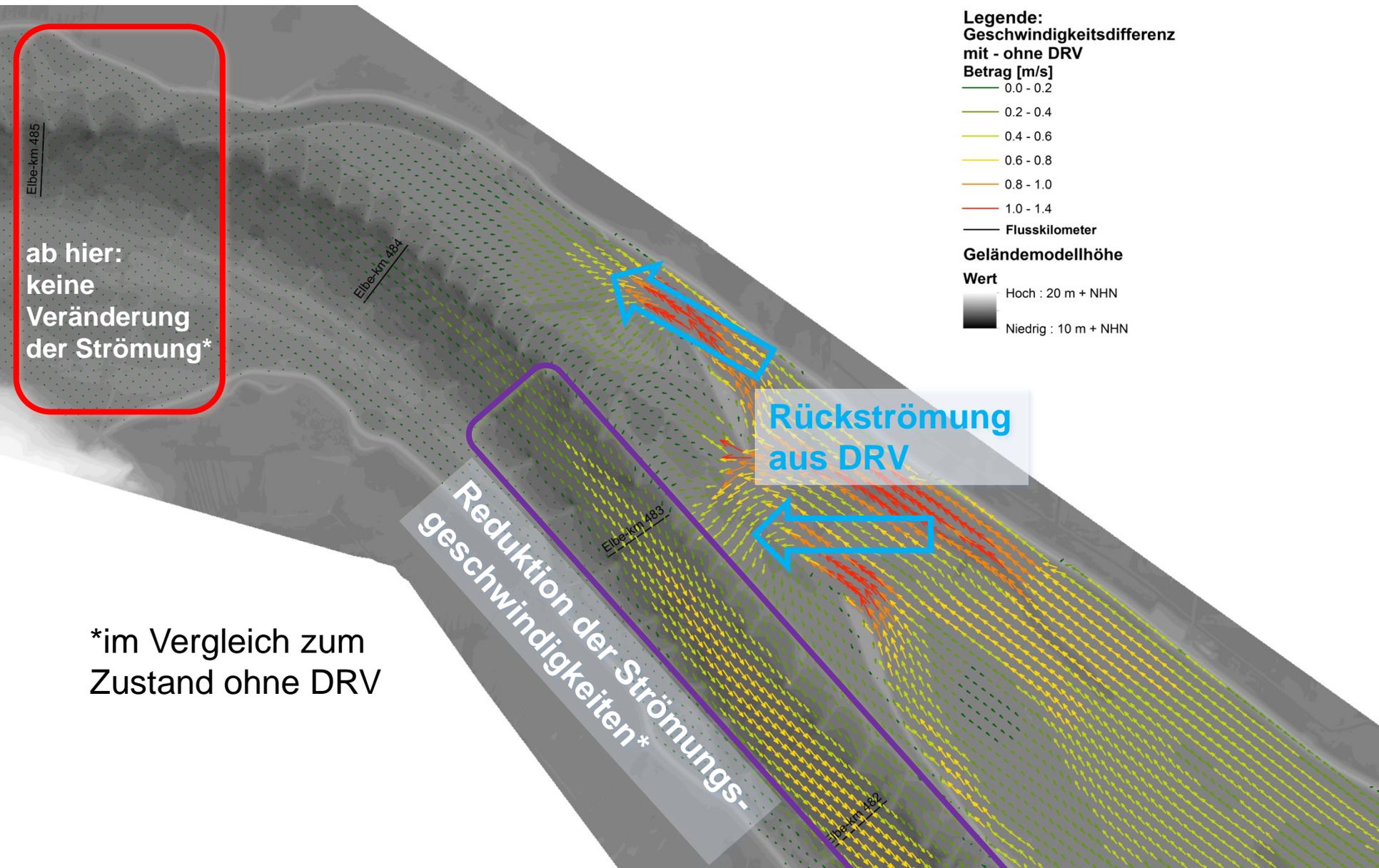
Volumenfehler des  
Durchflusses unterhalb  
Schlitz 1: ca. 10 %  
gemessen: 989 m<sup>3</sup>/s  
berechnet: 1.085 m<sup>3</sup>/s

# Modellierte Wasserspiegelabsenkung

## Vergleich der Modellzustände mit - ohne DRV Lenzen beim Maximalabfluss des HW 2013



# Beeinflussung des Strömungsfeldes am unteren Ende der DRV Lenzen



\*im Vergleich zum Zustand ohne DRV

## Zusammenfassung

1. Kooperation zur 2D-Modellierung erfolgreich abgeschlossen
2. zusätzliche Untersuchungen zu Freibord und Engstellen durchgeführt
3. neue Grundlagen zur gewässerkundlichen Beschreibung geschaffen (Nachnutzung für Bemessungszwecke)

## Ausblick

1. Fortsetzung der Kooperation ab Mitte 2016 geplant
2. Erstellung eines aktualisierten digitalen Geländemodells der Elbe
3. Betrachtung von Deichrückverlegungen und weiteren Maßnahmen
4. Evaluierung der Methode zur Engstellenbewertung
5. Extrapolation von Abflusskurven

## Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Dr.-Ing. Markus Promny  
Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)  
Am Mainzer Tor 1  
D-56068 Koblenz  
Tel: +49/261/1306-5028  
promny@bafg.de

<http://doi.bafg.de/BfG/2015/BfG-1848.pdf>

 bfg Bundesanstalt für Gewässerkunde  
BfG-1848  
Bericht  
**2D-Modellierung an der unteren Mittel-Elbe zwischen Wittenberge und Geesthacht**  
Beschreibung der Strömungsverhältnisse und Wirkung von abflussverbessernden Maßnahmen auf Hochwasser der Elbe  
Bearbeitung:  
Dr.-Ing. Markus Promny  
Dipl.-Ing. Matthias Hammer  
Dipl.-Geoökol. Marcus Hatz  
Dipl.-Met. Norbert Busch  
Kooperationspartner:  
- Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz  
- Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Mecklenburg-Vorpommern  
- Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein  
BfG-SAP-Nr.: M39610204029  
Kooperationsvertrag vom 16.08.2012 und 1. Änderungsvertrag vom 11.02.2014  
**Koblenz, den 27.07.2015**  
  
Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein  
Mecklenburg Vorpommern  
Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz  
Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz  
Der Bericht darf nur ungekürzt veröffentlicht werden. Die Veröffentlichung und eine Veröffentlichung bedürfen der schriftlichen Genehmigung der BfG.