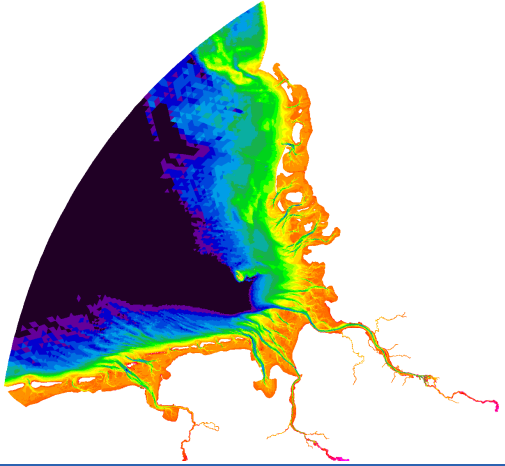




Quelle: BAW



Quelle: Deutscher Wetterdienst/ALR Husum

Elisabeth Rudolph
Tabea Brodhagen

EXTREMENESS-C

Analyse von extremen Sturmfluten in den Ästuaren von Ems und Elbe
und mögliche Verstärkung

24. KFKI Seminar

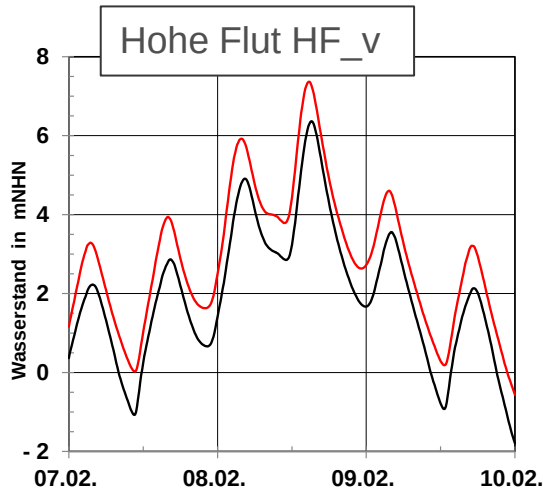
Katholische Akademie Hamburg, 21. November 2019

- suche extreme Sturmflutereignisse die zum einen **extrem unwahrscheinlich**, zum anderen aber trotzdem **physikalisch plausibel und möglich** sind und mit **extremen Schäden oder Auswirkungen** verbunden sind
- suche nach “**sturmflutgeeigneten**” Situationen in Reanalysen, Hindcasts und Projektionen zukünftiger Klimaentwicklungen
- modelliere extreme Sturmflutereignisse in der **Nordsee** und betrachte möglich Verstärkungen
- modelliere extreme Sturmflutereignisse in den **Ästuaren von Ems und Elbe** und
- betrachte mögliche Verstärkungen der extremen Sturmflutereignisse durch
 - möglichen Meeresspiegelanstieg **SLR**
 - veränderten Abfluss **Q**
- untersuche die Auswirkungen für die Fokusregion **Emden/ Ems**
- Projektlaufzeit: 01.10.2016 bis 30.09.2019, link: [EXTREMENESS](#)

- Projektpartner



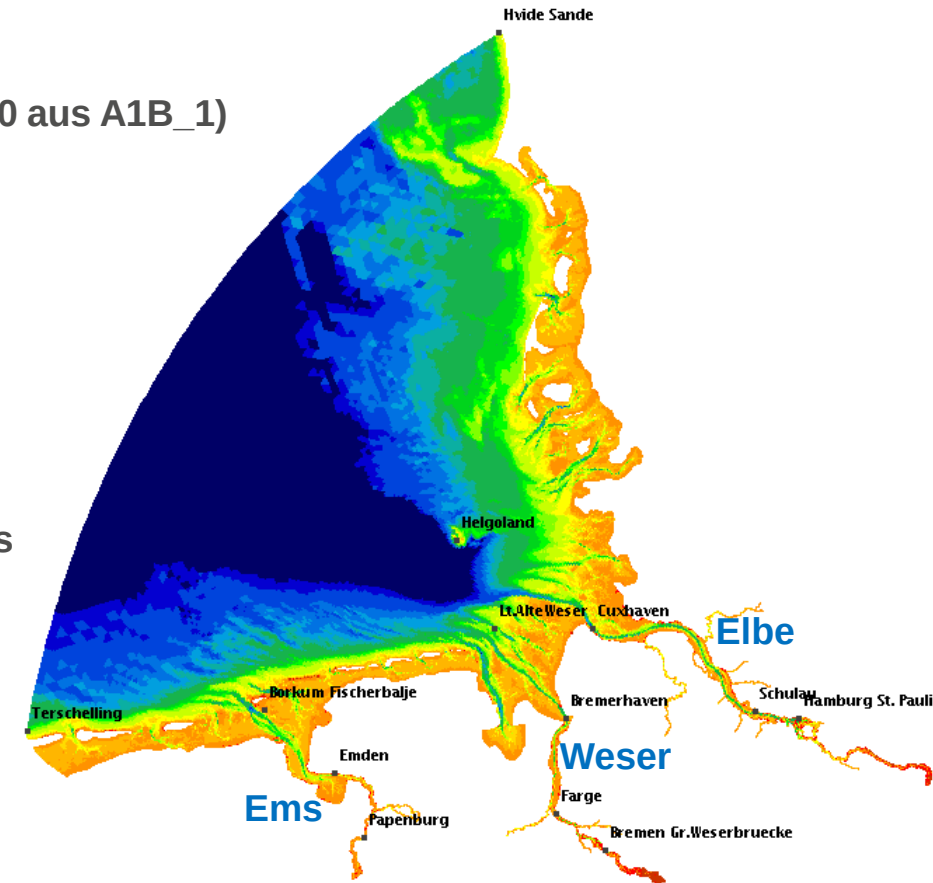
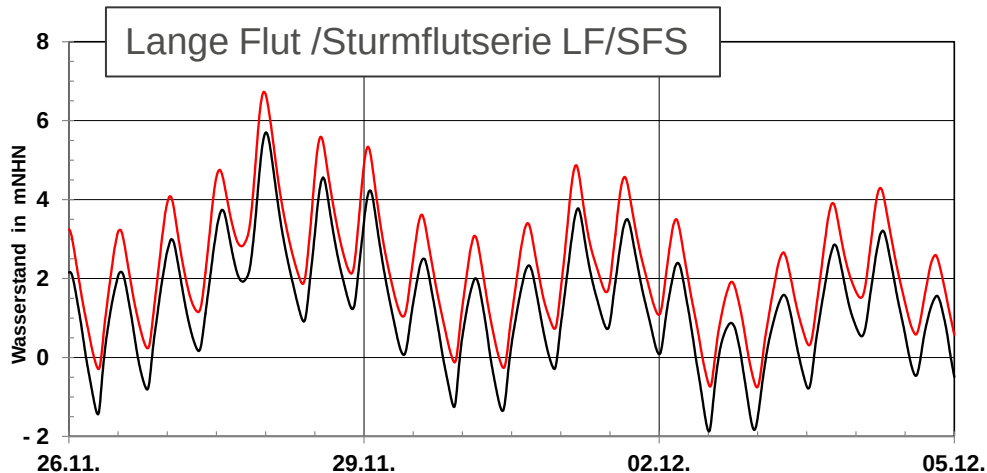
Extreme Sturmflutereignisse und mögliche Verstärkung



- **Hohe Flut HF_v** (08.02.2030 aus B1_2)
- **Lange Flut /Sturmflutserie LF/SFS** (27.11. – 5.12.2030 aus A1B_1)

Mögliche Verstärkung

- **Meeresspiegelanstieg SLR** (Deutsche Bucht):
 - 0 cm / 50 cm / 100 cm
- **Abfluss Q** in Ems und Elbe:
 - MQ (Ems) = 80 m³/s, MQ(Elbe) = 714 m³/s
 - HHQ (Ems) = 1200 m³/s, HHQ(Elbe) = 4080 m³/s



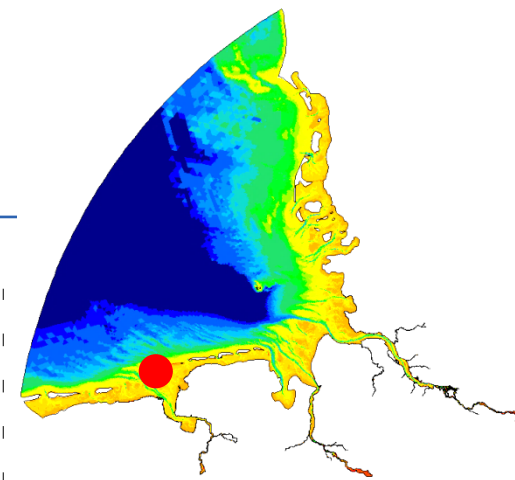
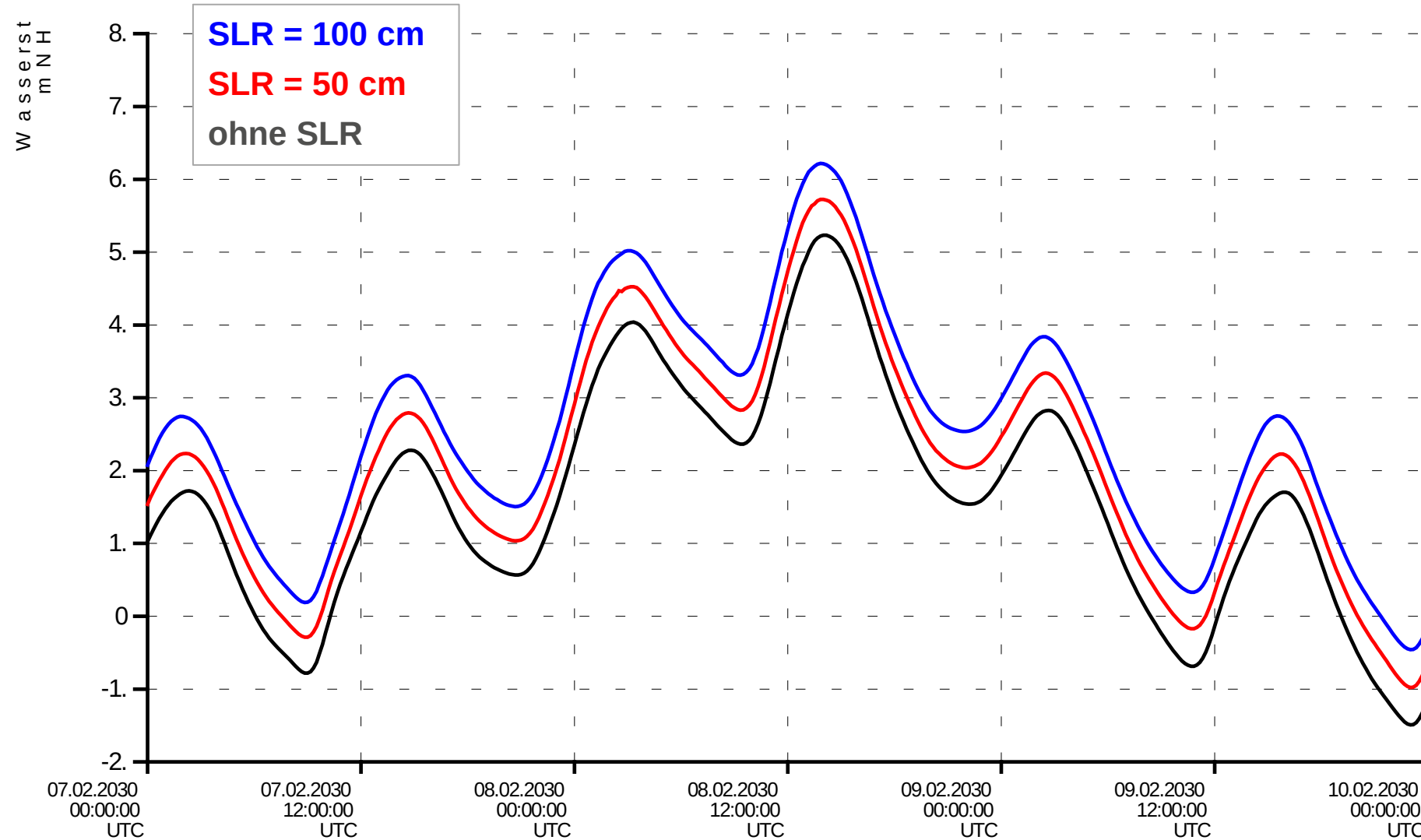
Modellgebiet: Deutschen Bucht mit Ems-, Jade-Weser- und Elbeästuar
d.h. enthält alle Gebiete die bei Sturmflut beeinflusst oder überflutet werden

HN-Verfahren: UnTRIM² (Casulli 2008, [BAWiki](#))

Gitter: unstrukturiertes orthogonales Gitter mit Subgrid

Ems mit Meeresspiegelanstieg SLR

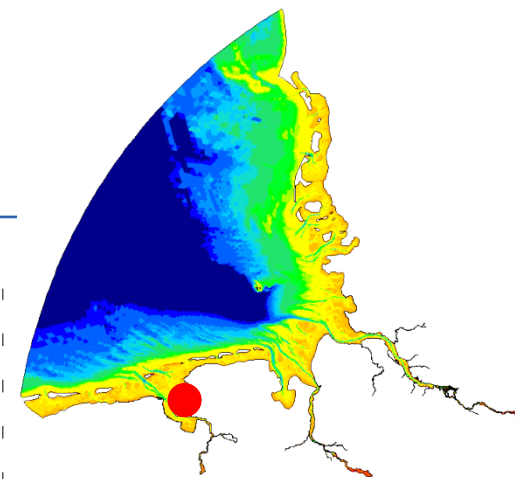
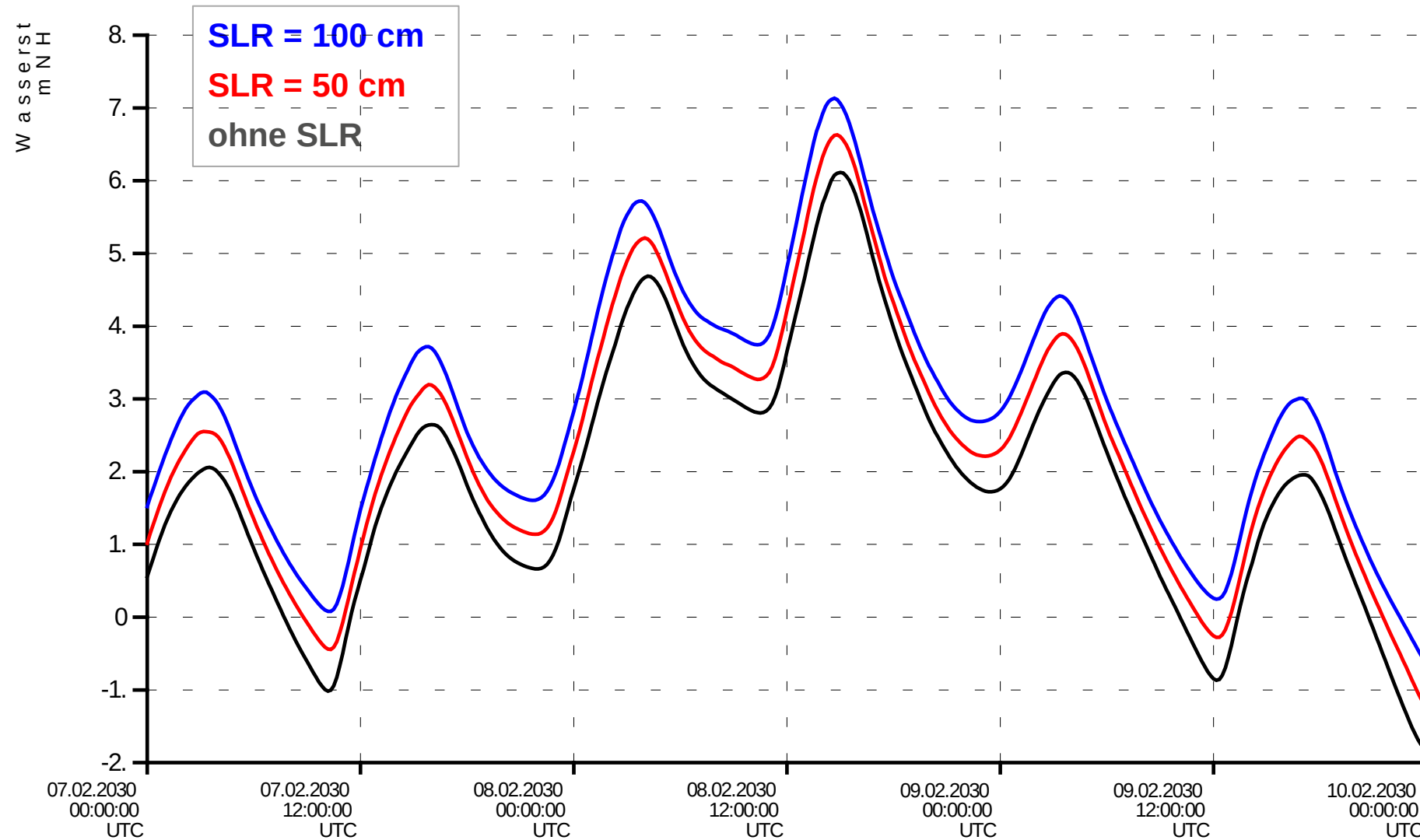
HF_v: Wasserstandszeitreihe Borkum Fischerbalje



$Q = 80 \text{ m}^3/\text{s}$
SPW offen

Ems mit Meeresspiegelanstieg SLR

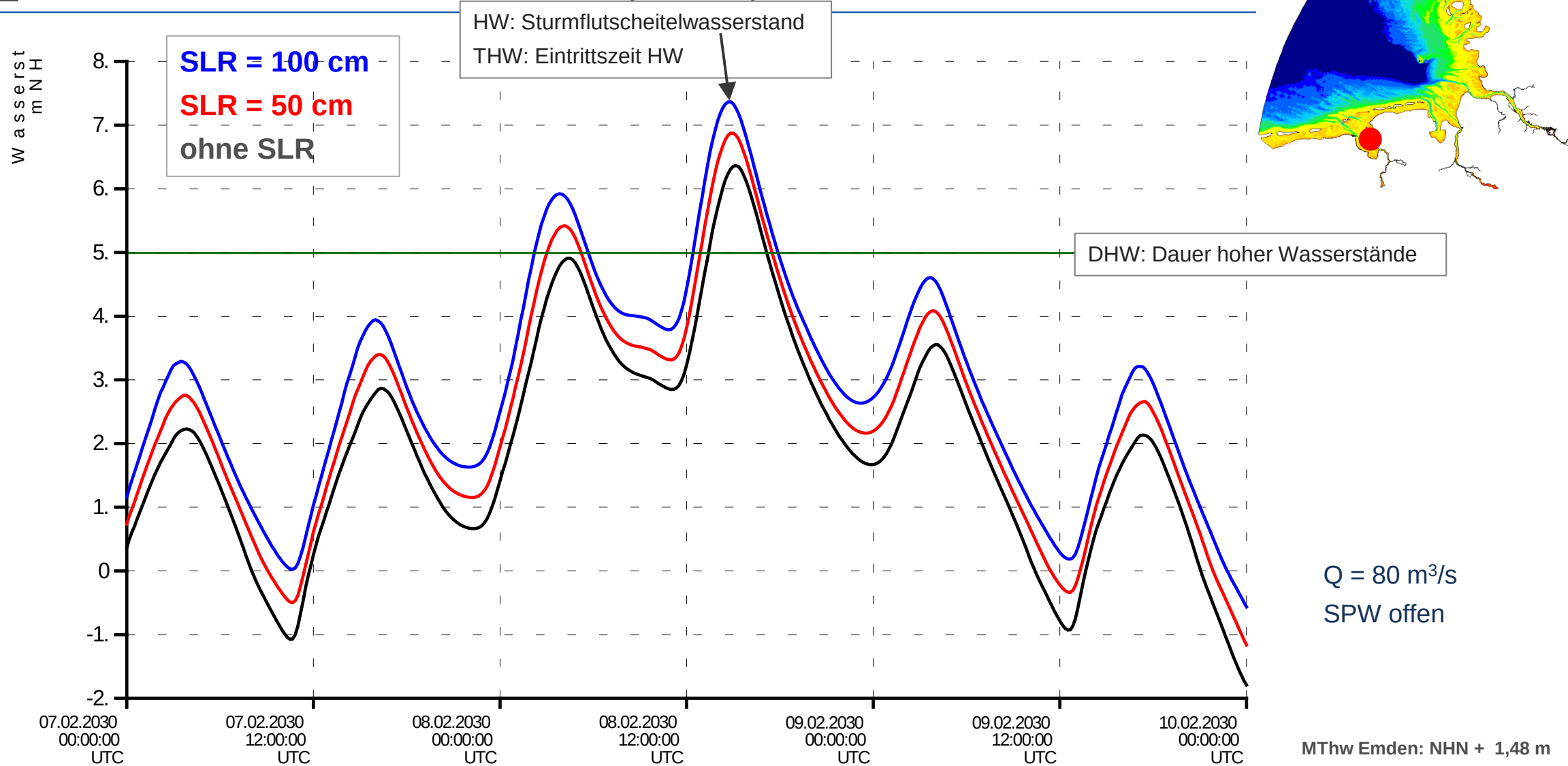
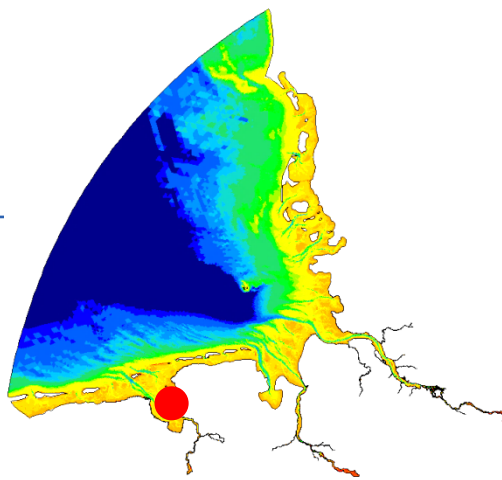
HF_v: Wasserstandszeitreihe Ems km 50 (Knock)



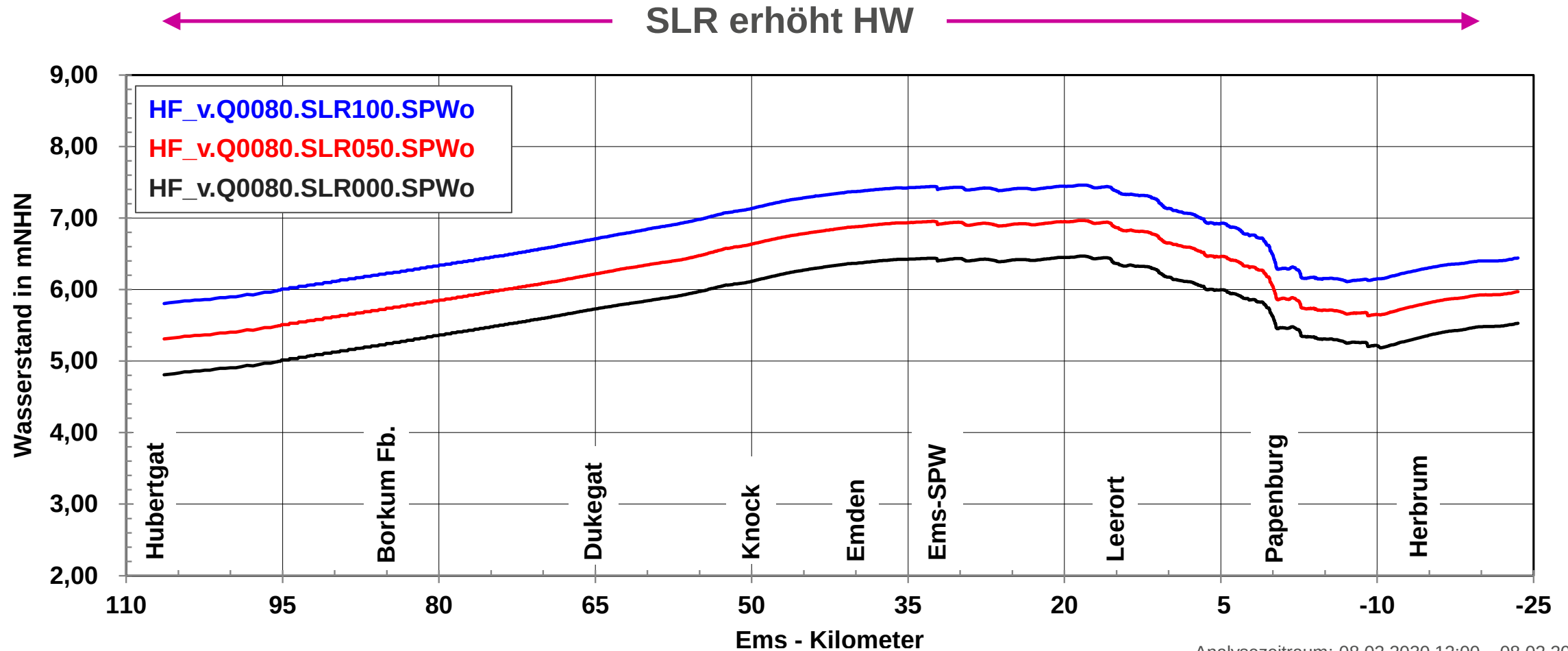
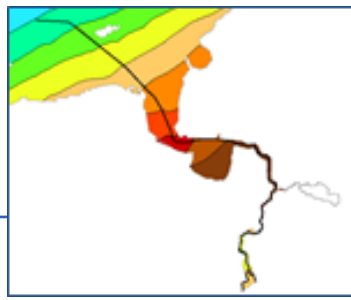
$Q = 80 \text{ m}^3/\text{s}$
SPW offen

Ems mit Meeresspiegelanstieg SLR

HF_v: Wasserstandszeitreihe Ems km 40 (Emden)



Ems: HF_v mit Meeresspiegelanstieg SLR (ohne, 50 cm, 100 cm)
HW: Sturmflutscheitelwasserstand

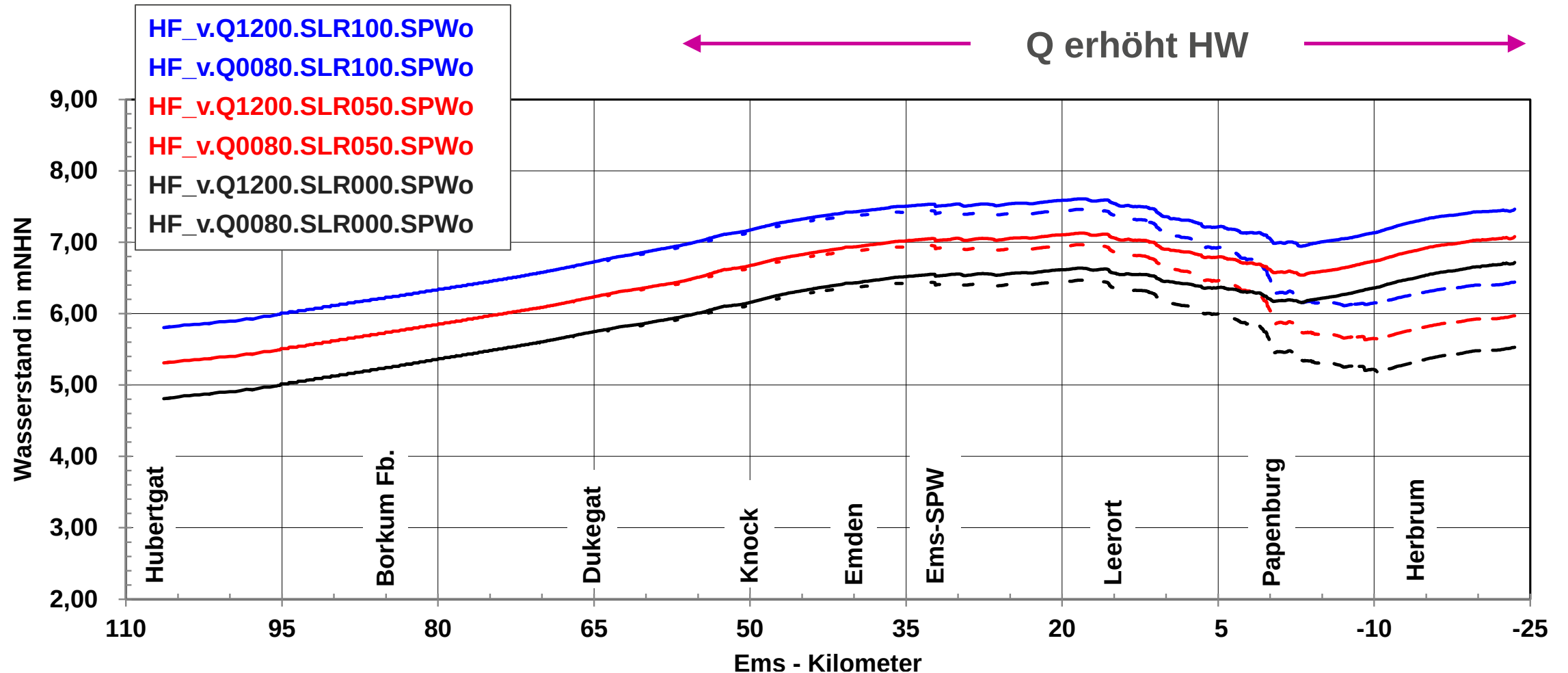
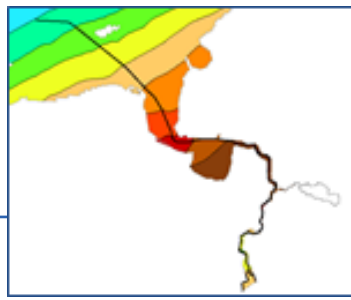


Analysezeitraum: 08.02.2030 12:00 – 08.02.2030 22:00

Ems: HF_v mit Meeresspiegelanstieg SLR und Zunahme des Abfluss Q

(MQ gestrichelt, HHQ durchgezogen)

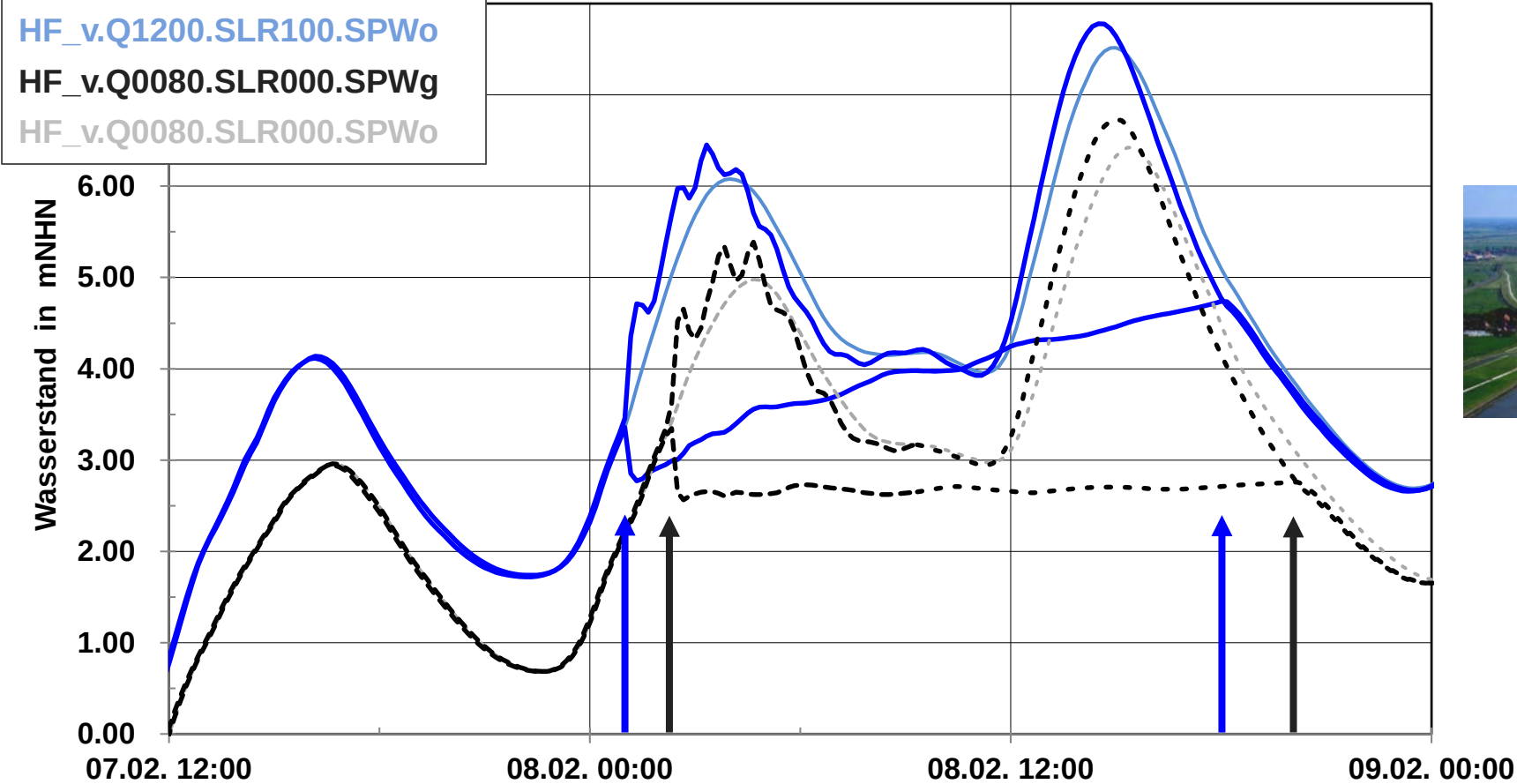
HW: Sturmflutscheitelwasserstand



Ems: HF_v mit Meeresspiegelanstieg SLR und Zunahme des Abfluss Q

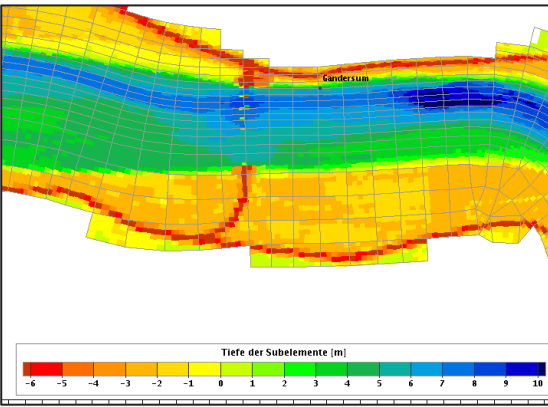
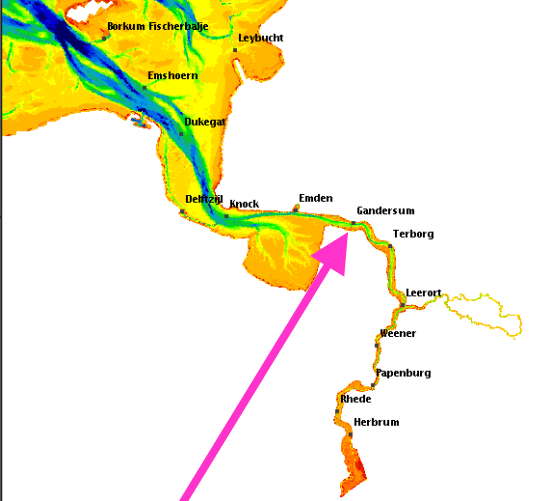
Wasserstandszeitreihe: Schließen des Sturmflutsperrwerks Ems

HF_v.Q1200.SLR100.SPWg
HF_v.Q1200.SLR100.SPWo
HF_v.Q0080.SLR000.SPWg
HF_v.Q0080.SLR000.SPWo



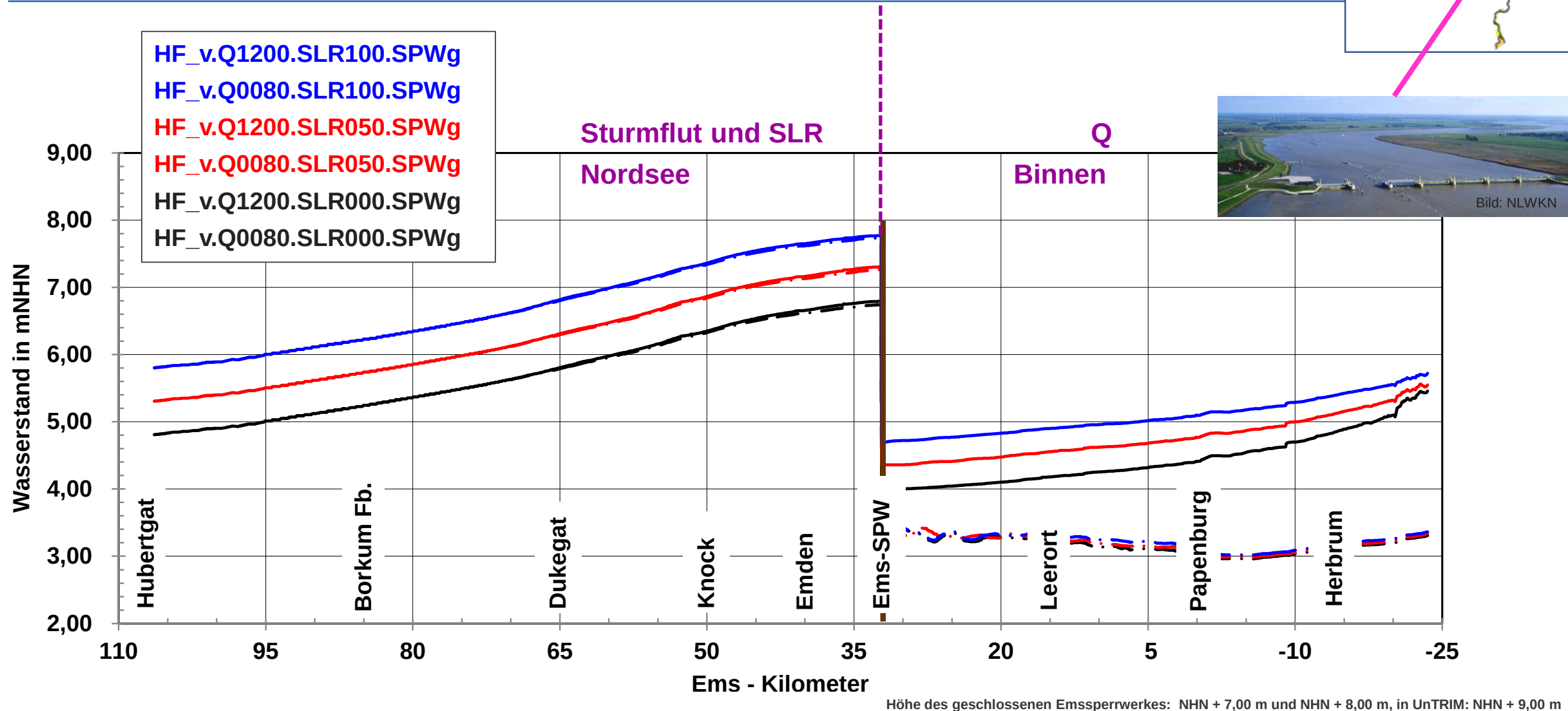
SPW schließen bei
NHN + 3,50 m

SPW öffnen bei ausgeglichenem
Wasserstand Binnen und Außen



Ems: HF_v mit Meeresspiegelanstieg SLR und Zunahme des Abfluss Q

HW: Sturmflutscheitelwasserstand mit geschlossenem Emssperrwerk



Hohe Flut HF_v: Sturmflutscheitelwasserstand an ausgewählten Orten in Ems und Elbe mögliche Verstärkung SLR und Q

Abfluss	SLR	Ems-SPW	Borkum Ems km 85	Emden Ems km 40	Papenburg Ems km 0	Cuxhaven Elbe km725	Glückstadt Elbe km 675	Hamburg Elbe km 623N
MQ	0	offen	5,25	6,36	5,62	6,01	6,20	6,89
MQ	0	gesteuert	5,25	6,61	3,00			
HHQ	0	offen	5,25	6,43	6,20	6,07	6,33	7,25
HHQ	0	gesteuert	5,25	6,65	4,41			
MQ	50	offen	5,74	6,88	6,04	6,55	6,76	7,46
MQ	50	gesteuert	5,74	7,13	3,03			
HHQ	50	offen	5,74	6,93	6,61	6,60	6,89	7,80
HHQ	50	gesteuert	5,74	7,16	4,77			
MQ	100	offen	6,23	7,37	6,48	7,07	7,31	8,02
MQ	100	gesteuert	6,23	7,61	3,10			
HHQ	100	offen	6,23	7,42	7,05	7,12	7,43	8,33
HHQ	100	gesteuert	6,23	7,65	5,10			
HHThw ⁴			4,03 ¹⁹⁰⁶	5,18 ¹⁹⁰⁶	4,56 ¹⁹⁹⁴	5,10 ¹⁹⁷⁶	5,83 ¹⁹⁷⁶	6,45 ¹⁹⁷⁶
Bemessungswasserstand			5,20 ¹	5,80 ¹ (6,77 ²)	5,40 ¹	6,28 ³	7,20 ³	8,10 ³

HF_v ohne Meeresspiegelanstieg: höher als HHThw, so hoch wie heutiger Bemessungswasserstand

¹ Generalplan Küstenschutz Niedersachsen-Bremen 2007 ² Generalplan Küstenschutz update FSK ³ BAW, 2018 ⁴ Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch

Hohe Flut HF_v: Sturmflutscheitelwasserstand an ausgewählten Orten in Ems und Elbe mögliche Verstärkung SLR und Q

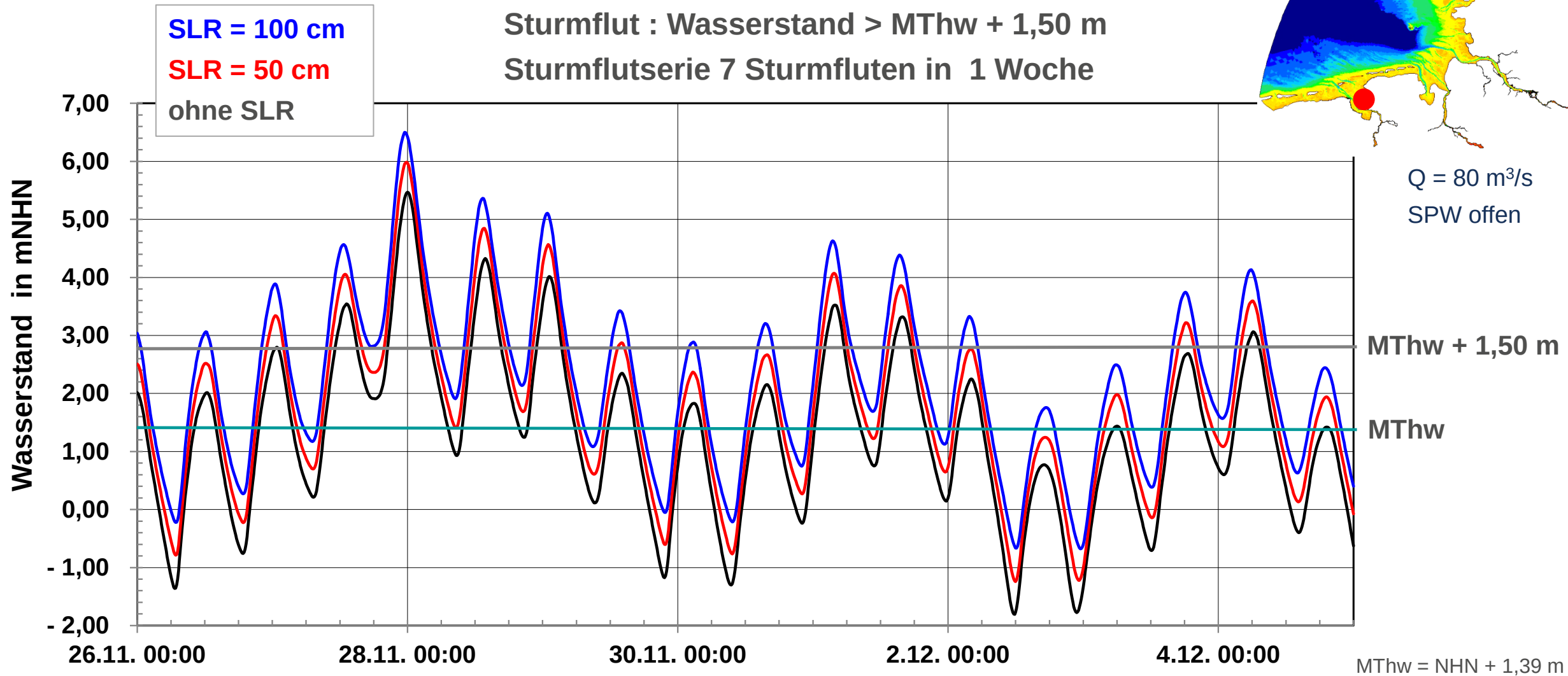
Abfluss	SLR	Ems-SPW	Borkum Ems km 85	Emden Ems km 40	Papenburg Ems km 0	Cuxhaven Elbe km 725	Glückstadt Elbe km 675	Hamburg Elbe km 623N
MQ	0	offen	5,25	6,36	5,62	6,01	6,20	6,89
MQ	0	gesteuert	5,25	6,61	3,00			
HHQ	0	offen	5,25	6,43	6,20	6,07	6,33	7,25
HHQ	0	gesteuert	5,25	6,65	4,41			
MQ	50	offen	5,74	6,88	6,04	6,55	6,76	7,46
MQ	50	gesteuert	5,74	7,13	3,03			
HHQ	50	offen	5,74	6,93	6,61	6,60	6,89	7,80
HHQ	50	gesteuert	5,74	7,16	4,77			
MQ	100	offen	6,23	7,37	6,48	7,07	7,31	8,02
MQ	100	gesteuert	6,23	7,61	3,10			
HHQ	100	offen	6,23	7,42	7,05	7,12	7,43	8,33
HHQ	100	gesteuert	6,23	7,65	5,10			
HHThw ⁴			4,06 ¹⁹⁰⁶	5,18 ¹⁹⁰⁶	4,56 ¹⁹⁹⁴	5,10 ¹⁹⁷⁶	5,83 ¹⁹⁷⁶	6,45 ¹⁹⁷⁶
Bemessungswasserstand			5,20 ¹	5,80 ¹ (6,77 ²)	5,40 ¹	6,28 ³	7,20 ³	8,10 ³

HF_v ohne Meeresspiegelanstieg: höher als HHThw, so hoch wie heutiger Bemessungswasserstand

¹ Generalplan Küstenschutz Niedersachsen-Bremen 2007 ² Generalplan Küstenschutz update FSK ³ BAW, 2018 ⁴ Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch

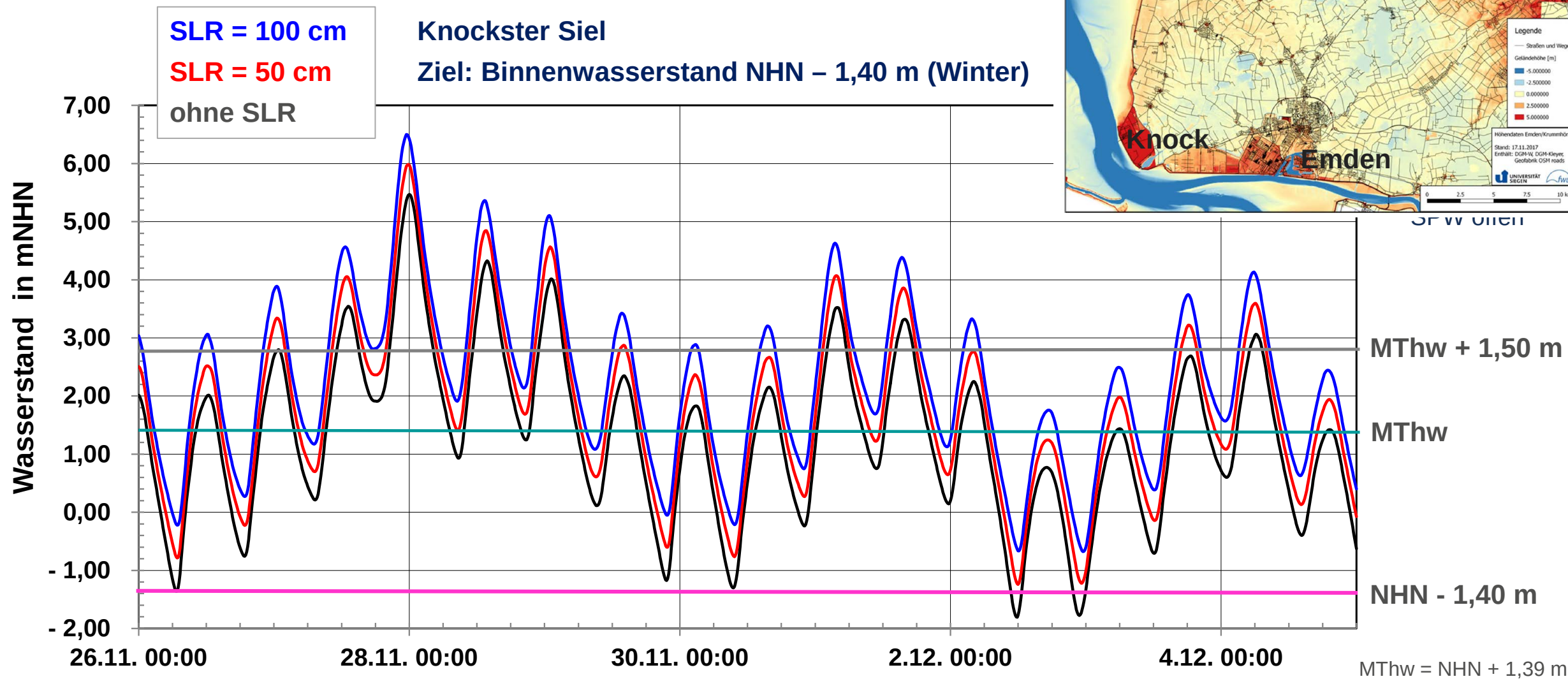
Ems mit Meeresspiegelanstieg SLR

LF/SFS: Wasserstandszeitreihe Ems km 50 (Knock)



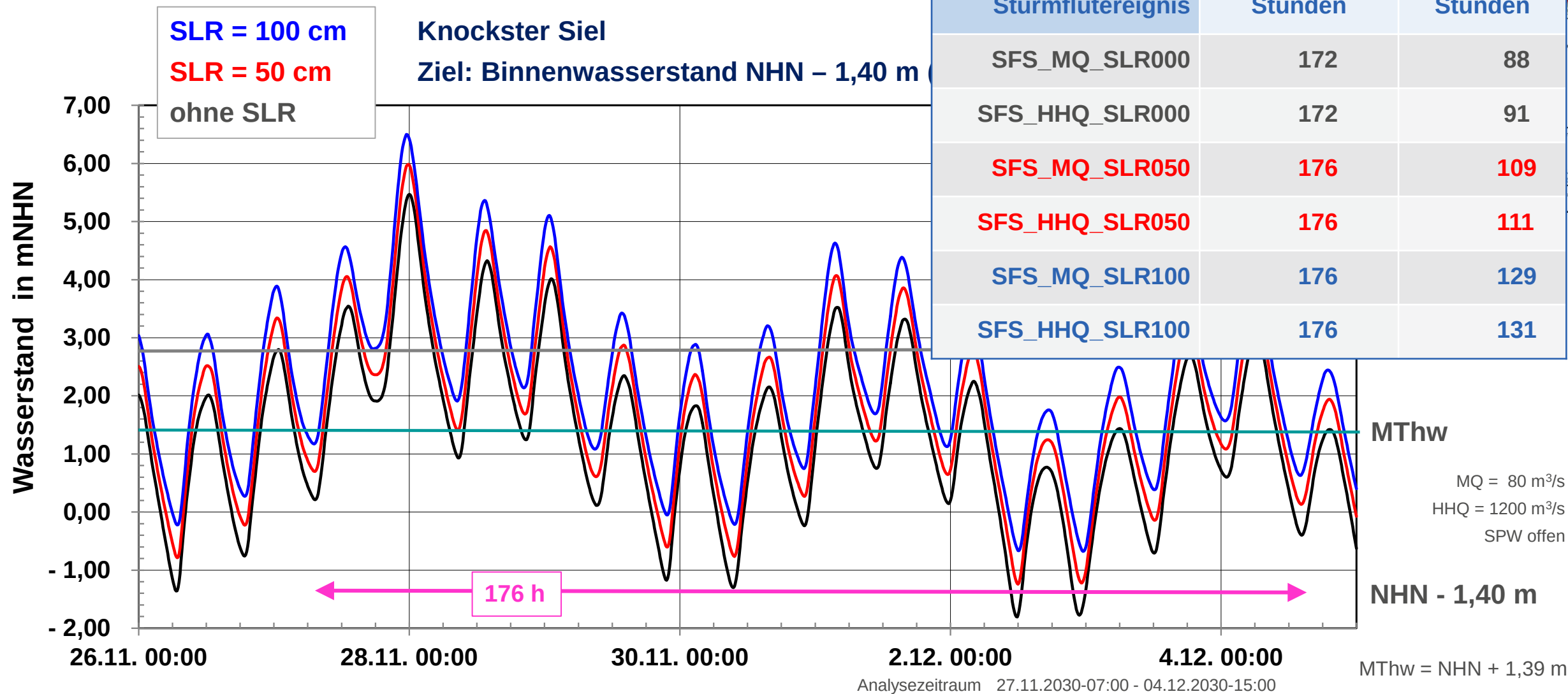
Ems mit Meeresspiegelanstieg SLR

LF/SFS: Wasserstandszeitreihe Ems km 50 (Knock)



Ems mit Meeresspiegelanstieg SLR

LF/SFS: Dauer hoher Wasserstände Ems km 50 (Knock)



Zusammenfassung

- EXTREMENESS sucht extreme Sturmflutereignisse, die zum einen **extrem unwahrscheinlich**, zum anderen aber trotzdem **physikalisch plausibel und möglich** sind und mit **extremen Schäden oder Auswirkungen** verbunden sind
- **3 extreme Sturmfluten**
 - **Hohe Flut HF_v**: Sturmflut mit höchstem Wasserstand bei Borkum
 - **Lange Flut LF**: längste Dauer von Wasserständen über MThw Borkum
 - **Sturmflutserie SFS**: größte Anzahl von Sturmfluten in einer Woche
- **Sturmflutmodellierung**: HN-Modell der Deutschen Bucht mit den Ästuaren von Ems, Jade-Weser und Elbe
- **weitere Verstärkung**: Meeresspiegelanstieg SLR von 50 cm und 100 cm und Abflusszunahme von MQ auf HHQ
- **Bedeutung für Sturmflutscheitelwasserstand und Entwässerungssituation**
 - Einfluss **Meeresspiegelanstieg** SLR auf HW: hebt HW bis tief in das Ästuar hinein um den Betrag des SLR an
 - Einfluss **Abfluss** Q auf HW: hebt HW im oberen Teil der Ästuar um mehrere Dezimeter an
 - Schutzfunktion **Emssperrwerk**, Bereich stromauf des Emssperrwerkes ausreichend auch bei sehr hohem Abfluss
 - Sturmflutserie SFS mit Meeresspiegelanstieg zeigt zusätzliche Herausforderungen für die **Binnenentwässerung** in Norddeutschland
- Datenweitergabe an EXTREMENSS D und EXTREMENESS E: Narrative Szenarien und Versagenskaskaden -> **Jürgen Schaper**

für Die Küste in Vorbereitung:

EXTREMENESS Gruppe (R. Weisse, I. Grabemann, L. Gaslikova, E. Meyer, B. Tinz, N. Fery, T. Möller, E. Rudolph, T. Brodhagen, A. Arns, J. Jensen, M. Ulm, B. Ratter, J. Schaper): Extreme Nordseesturmfluten und mögliche Auswirkungen: Das EXTREMENESS Projekt.

E. Rudolph, T. Brodhagen, N. Fery, L. Gaslikova, I. Grabemann, E. Meyer, T. Möller, B. Tinz, R. Weisse: Analyse extremer Sturmfluten an der deutschen Nordseeküste und ihrer möglichen Verstärkung.

J. Schaper, M. Ulm, A. Arns, J. Jensen, B. Ratter, R. Weisse: Transdisziplinäres Risikomanagement im Umgang mit extremen Nordsee-Sturmfluten: Vom Modell zur Wissenschafts-Praxis-Kooperation.

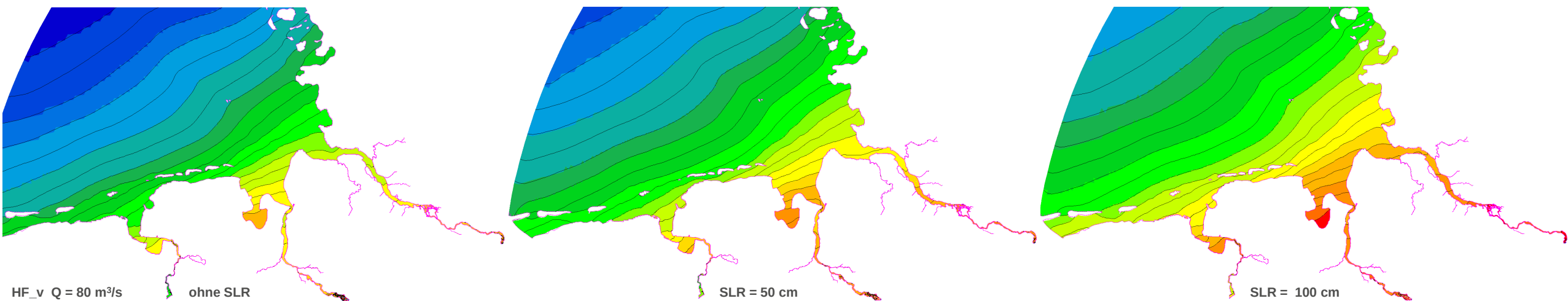
GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Die EXTREMENESS Gruppe dankt dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Finanzierung im Rahmen der Fördermaßnahme „Küstenmeerforschung in Nord- und Ostsee“ im Rahmenprogramm FONA 3 (Förderkennzeichen 03F0758A-E).

Die EXTREMENESS Gruppe dankt dem KFKI, allen Mitgliedern der Projektbegleitenden Gruppe und allen Mitgliedern des Wissenschafts-Praxis-Kooperationsforum.



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Bundesanstalt für Wasserbau
22559 Hamburg

www.baw.de