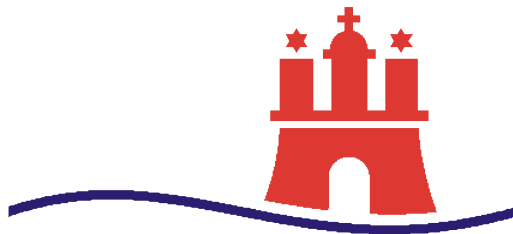


KFKI-Statusseminar

28.10.2002

KFKI-Projekt

Charakterisierung der Tidekurve



K. Isert, A. Plüß



Amt für Strom- und Hafenbau Hamburg

Bundesanstalt für Wasserbau -DH



⇒ Einleitung

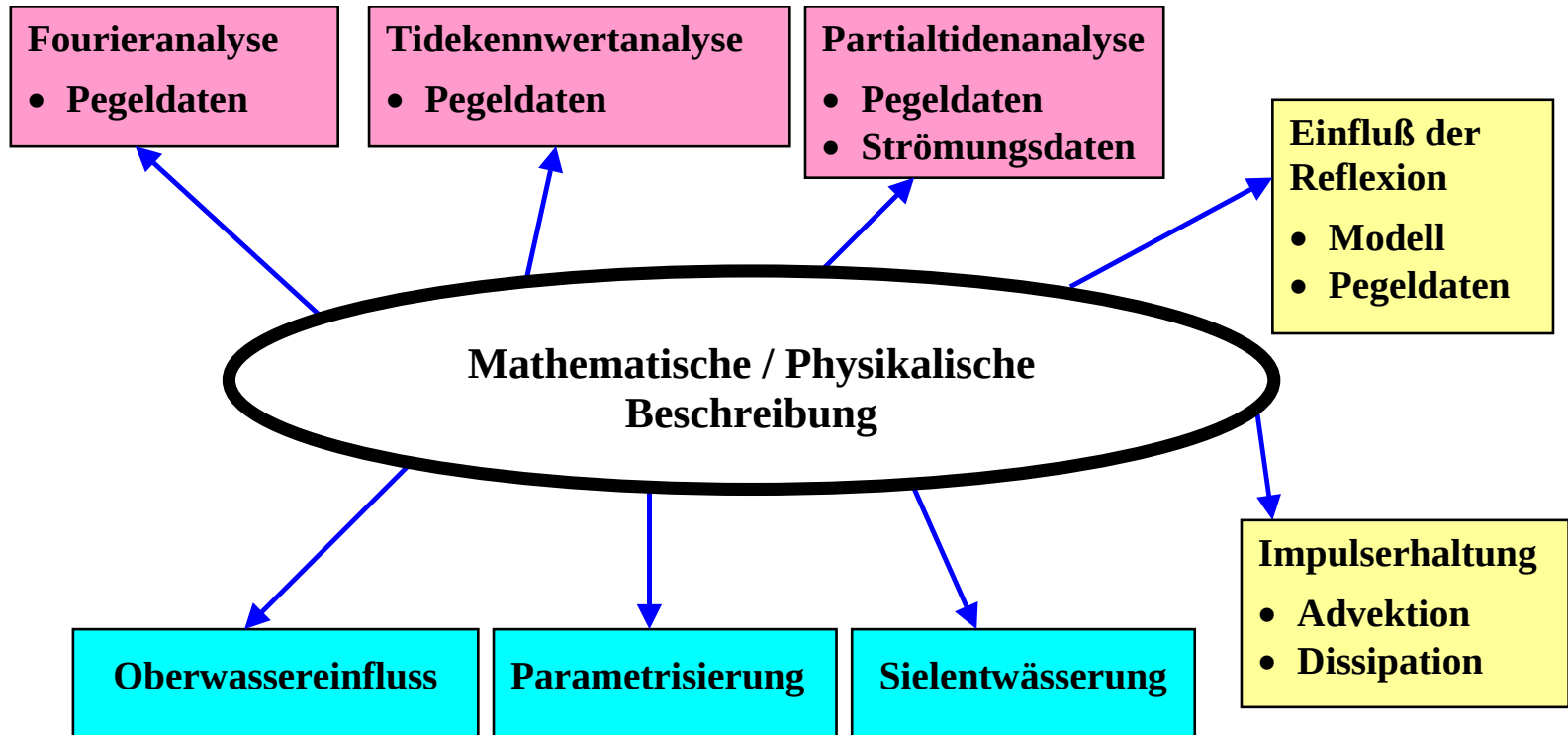
⇒ Ergebnisse der Tidekennwertanalyse

⇒ Ergebnisse der Fourieranalyse

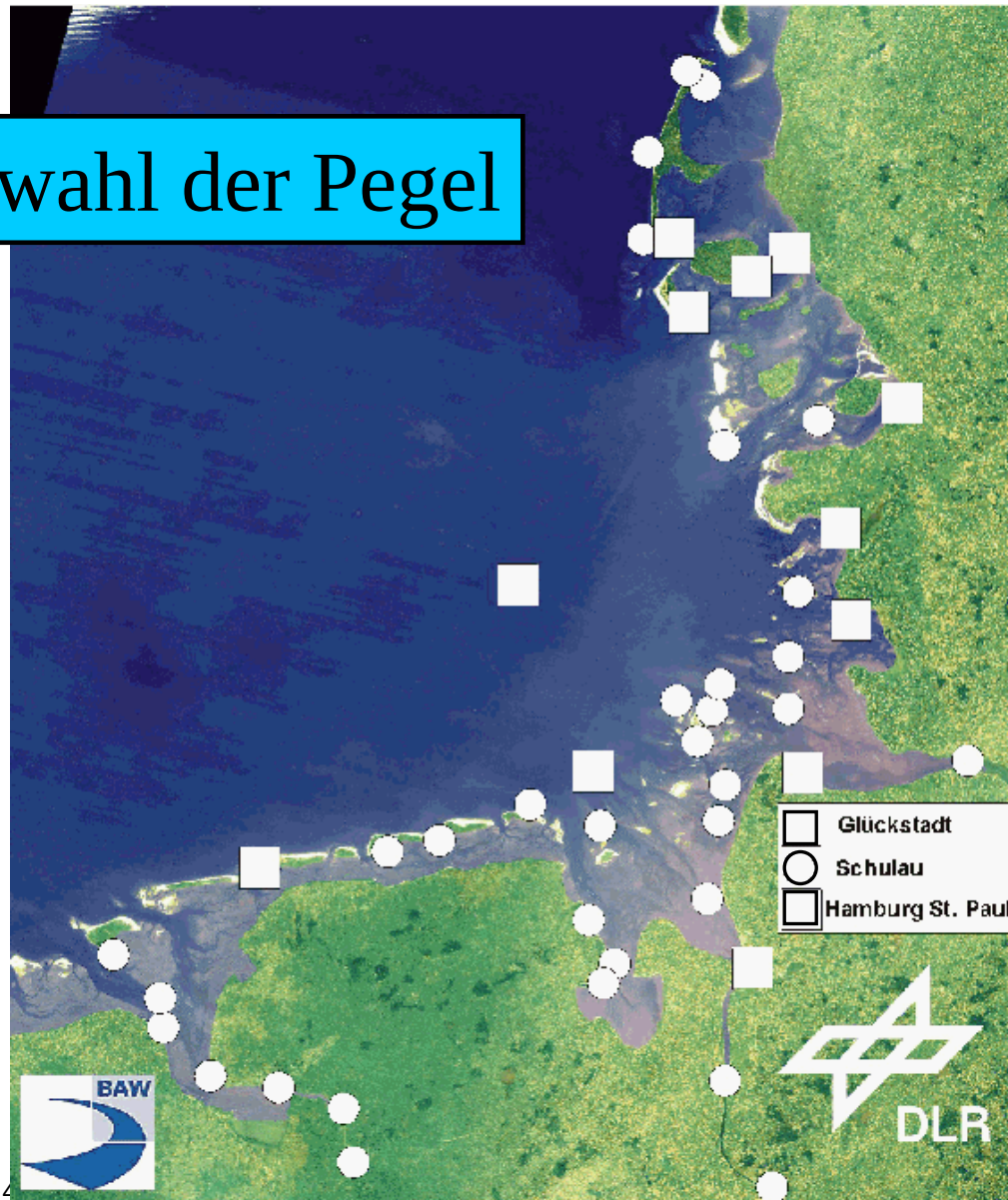
⇒ Ergebnisse der Partialtidenanalyse

⇒ Zusammenfassung/Ausblick

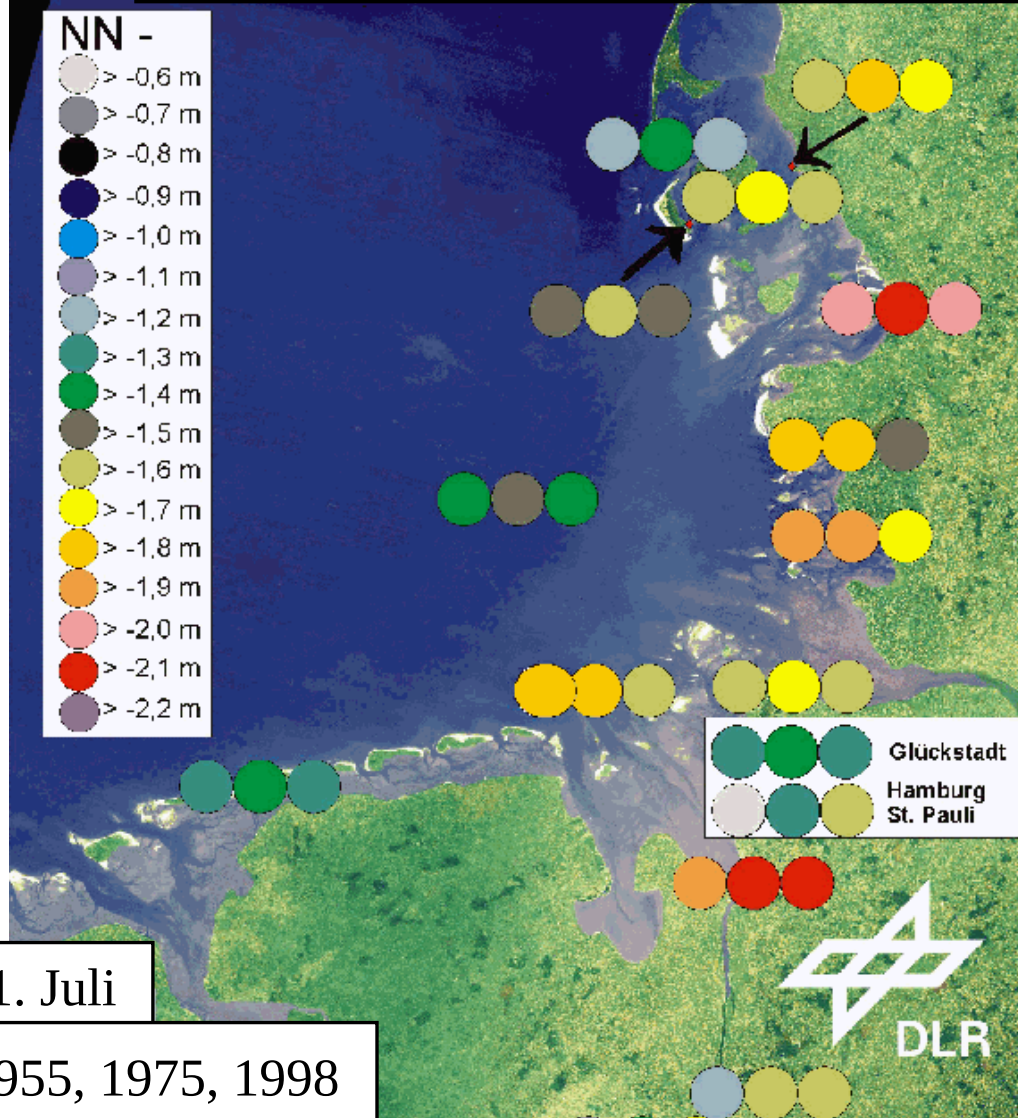
⇒ Ergebnisse der numerischen Simulation



Auswahl der Pegel



Mittleres Tideniedrigwasser



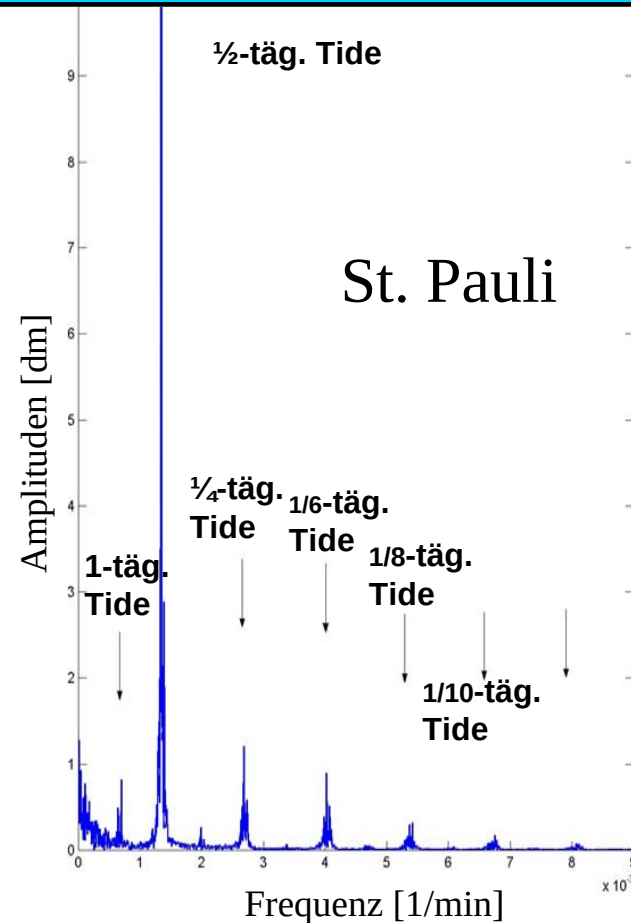
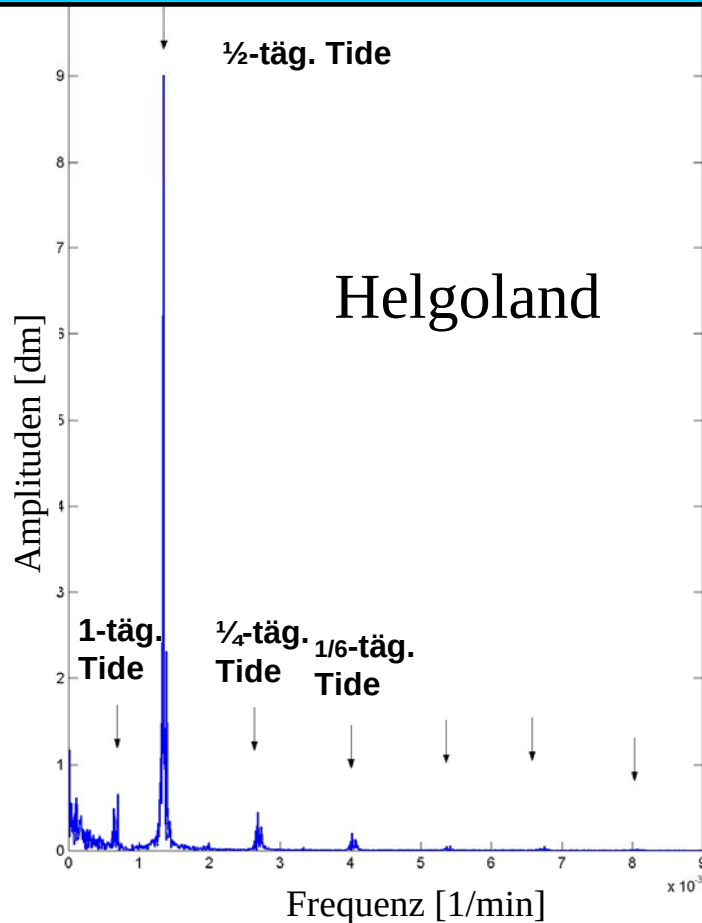
1. April-31. Juli

○○○ 1955, 1975, 1998

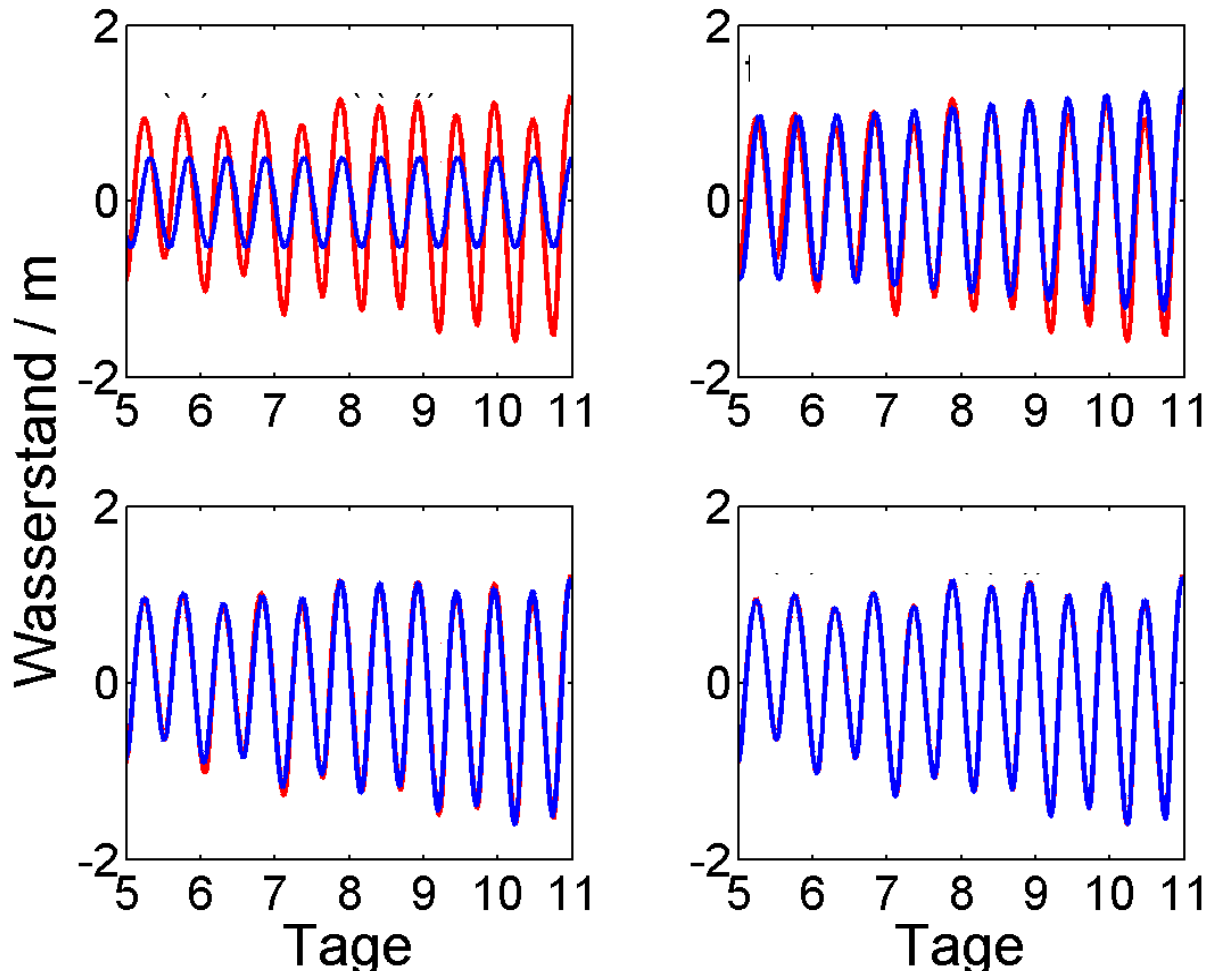
AK - K3



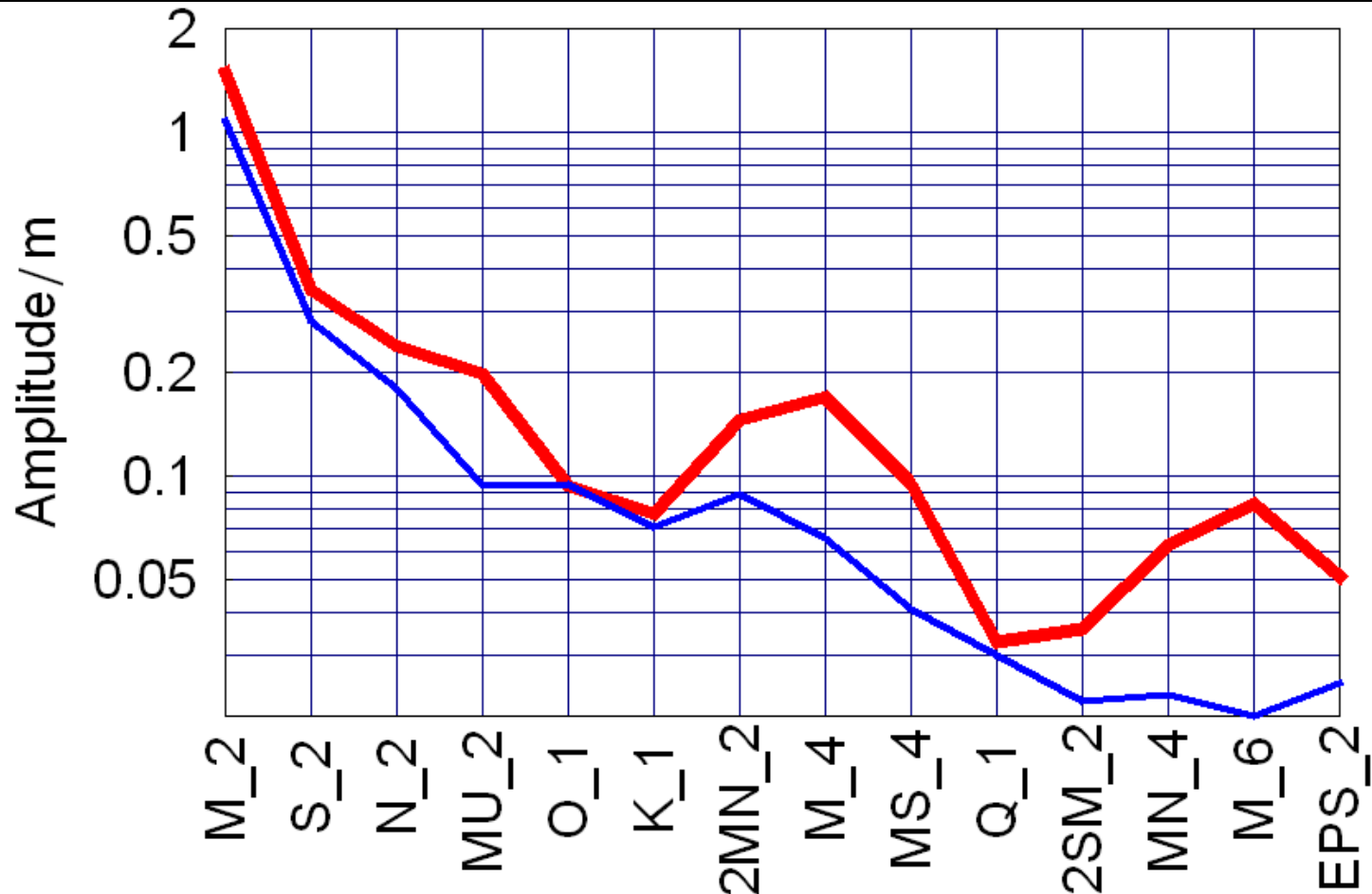
Amplitudenspektrum der Fouriertransformierten des Wasserstandes an den Pegeln Helgoland und Hamburg St. Pauli (1. Juni-31. Juli 1998)



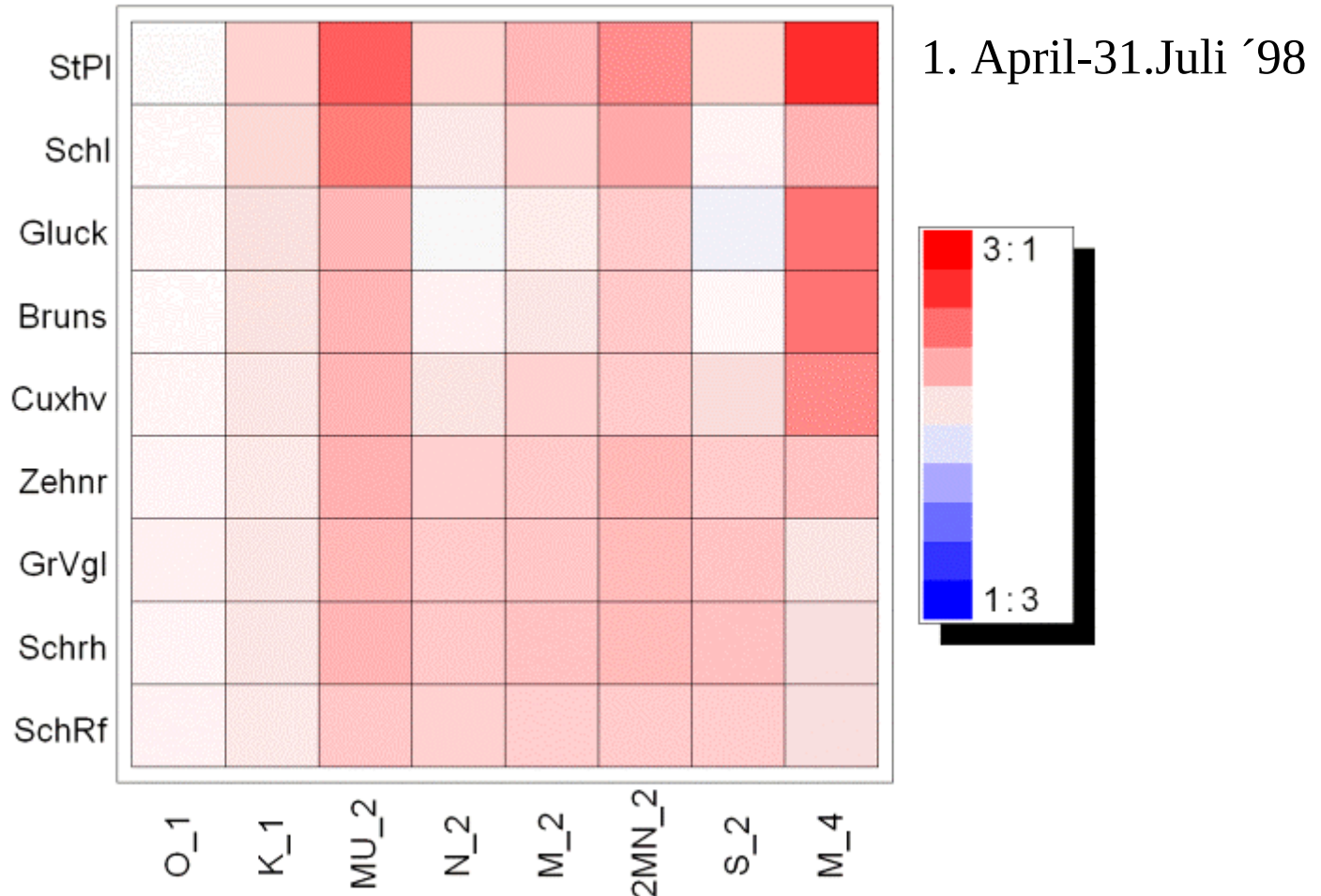
Gemessener und rekonstruierter Wasserstand am Pegel Helgoland (5.-11. April 1998)



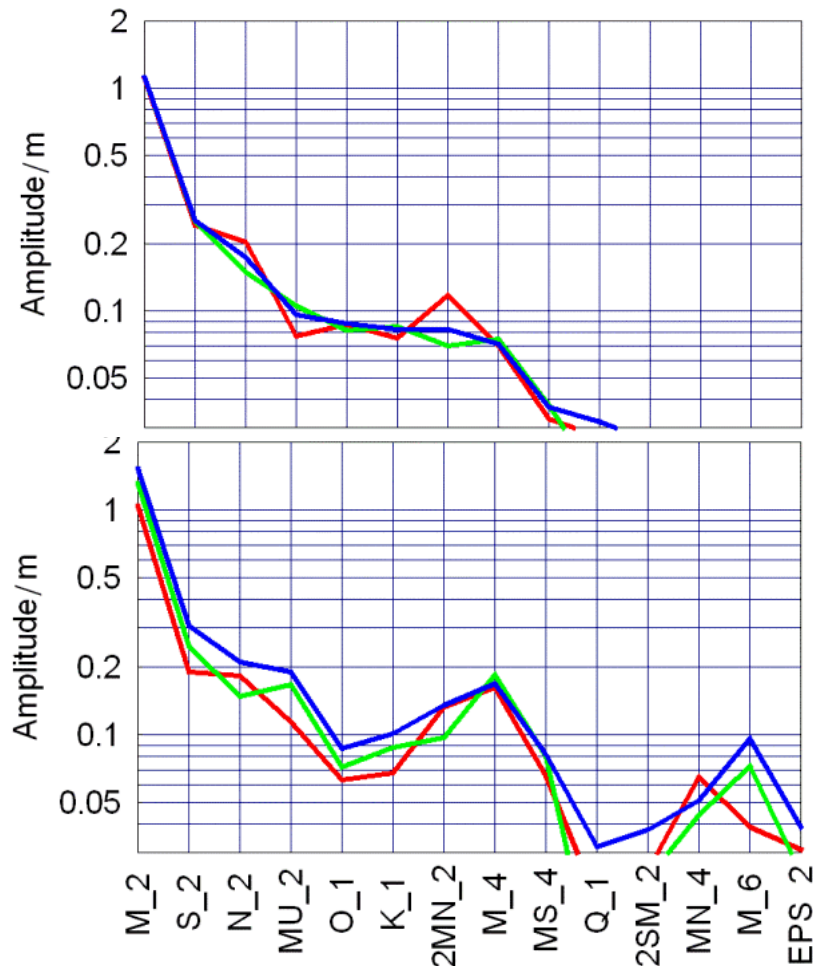
Amplituden der ersten 14 Partialtiden von **Helgoland** im Vergleich zu **Hamburg St. Pauli** (1. April-31. Juli 1998)



Amplitudenverhältnis an verschiedenen Standorten entlang der Elbe im Vergleich zu Helgoland



Amplituden von 14 Partialtiden in Helgoland und in Hamburg
St. Pauli für die Jahre 1955, 1975 und 1998 (1. April-31. Juli)



Helgoland

St. Pauli

Zusammenfassung

- ⇒ Geringe Unterschiede der MTnw '55, '75 und '98 in Hörnum Hafen, Wittdün, Wyk, Husum, Helgoland u. Norderney
- ⇒ Deutliche Unterschiede des MTnw der Jahre '55, '75 und '98 in Gebieten mit starken natürlichen und anthropogenen topografischen Veränderungen
- ⇒ Obertiden finden sich in Fourier- und Partialtidenanalysen wieder:
 - Regionaler Übergang von See ins Ästuar gekennzeichnet durch starken Anstieg der Amplituden der Obertiden
 - M_2 Stärkstes Signal im gesamten Amplitudenspektrum des Wasserstandes
- ⇒ Fourieranalyse: im Bereich langer Perioden keine eindeutige Zuordnung physikalischer Prozesse möglich
- ⇒ Vereinfachte Rekonstruktion der Tidekurve durch inverse FFT mit wenigen Schwingungen nicht möglich

Ausblick

- ⇒ Weiterentwicklung der aufgezeigten theoretischen Ansätze
- ⇒ Weiterer Ausbau der ansatzweise dargestellten anwenderbezogenen Lösungen für einfache Verfahren für die praktische Umsetzung vor Ort
- ⇒ Zusätzliche wavelet-Analyse
- ⇒ Kopplung von Fourier-, wavelet- und Partialtidenanalyse

Numerische Simulation

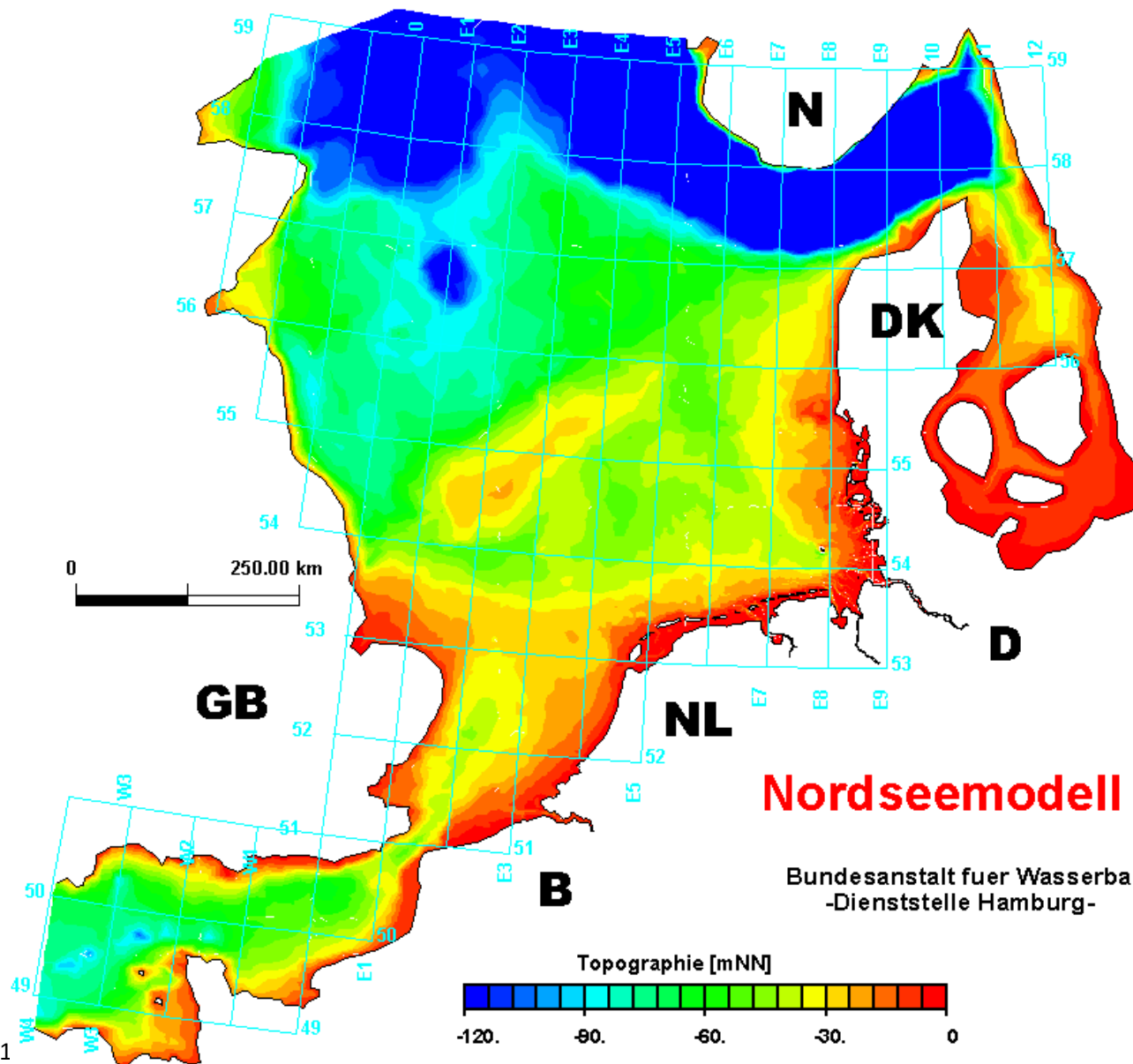
AUFGABE:

Flächenhafte Beschreibung der Tideverhältnisse durch Partialtidenanalyse und Darstellung der harmonischen Konstanten im gesamten Bereich der Deutschen Bucht und der Ästuarmündungen.

Harmonische Analyse der Geschwindigkeiten -damit auch Charakterisierung der Tidewelle.

LÖSUNG:

Einsatz des Nordsee/Deutsche Buchtmodells der BAW -DH.

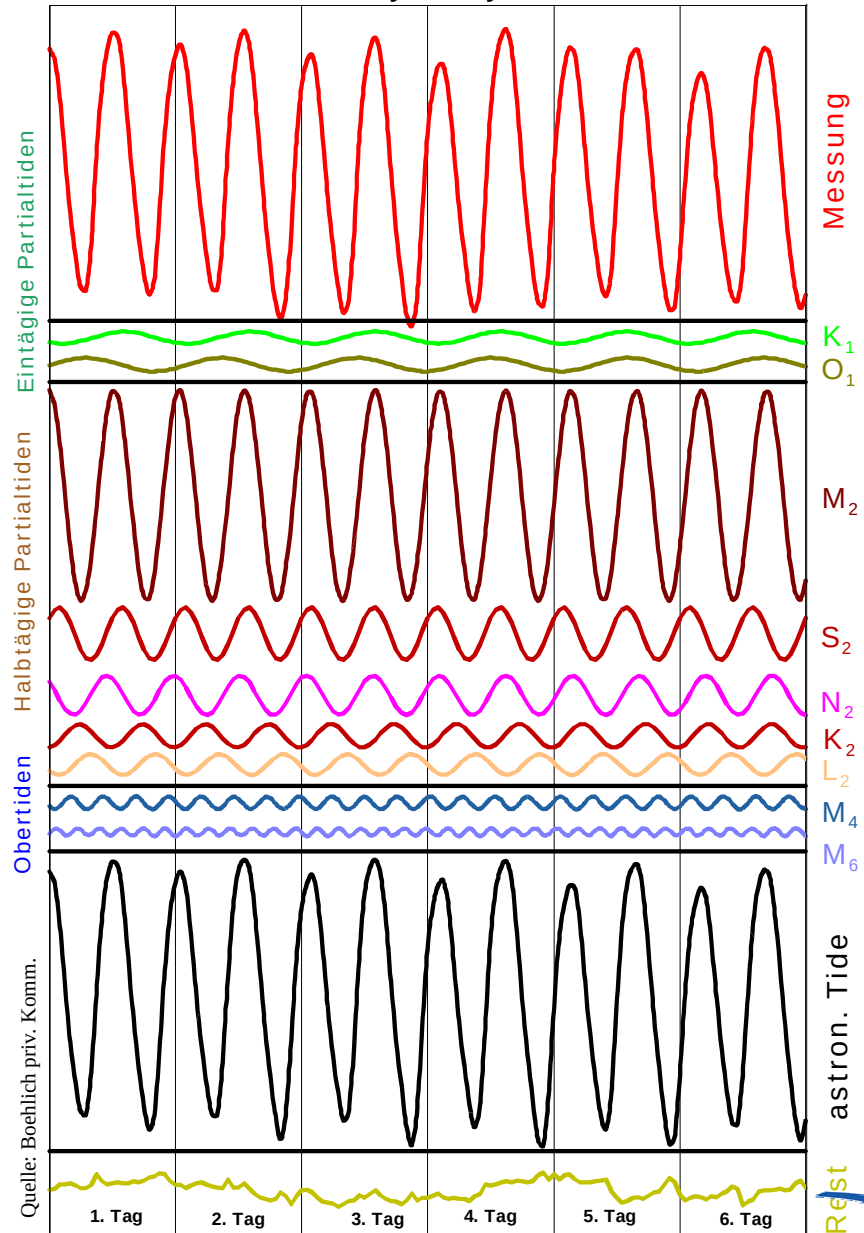


Die **Partialtidenanalyse** einer Tide bedeutet die Zerlegung der Zeitreihe in verschiedene Sinuskurven, deren ortsabhängige **Amplitude** und **Phase** (harmonische Konstante) auf Grund vorgegebener (astronomischer) **Perioden** bestimmt werden.

$$h_{(t)} = a_0 + \sum j * H * \cos(\sigma t + (V_0 + v) - g) + r$$

Die Addition der verschiedenen Partialtiden ergibt die **astronomische Tide**. Durch die Partialtidenanalyse werden die wesentlichen Merkmale einer Tide an einem bestimmten Ort (harmonische Konstanten) berechnet. Der Vergleich von Amplituden und Phasen mehrerer Partialtiden zwischen einer Messung und einer numerischen Simulation stellt eine gute Vergleichsgröße für längere Zeiträume dar.

Harmonische Analyse/Synthese der Tide

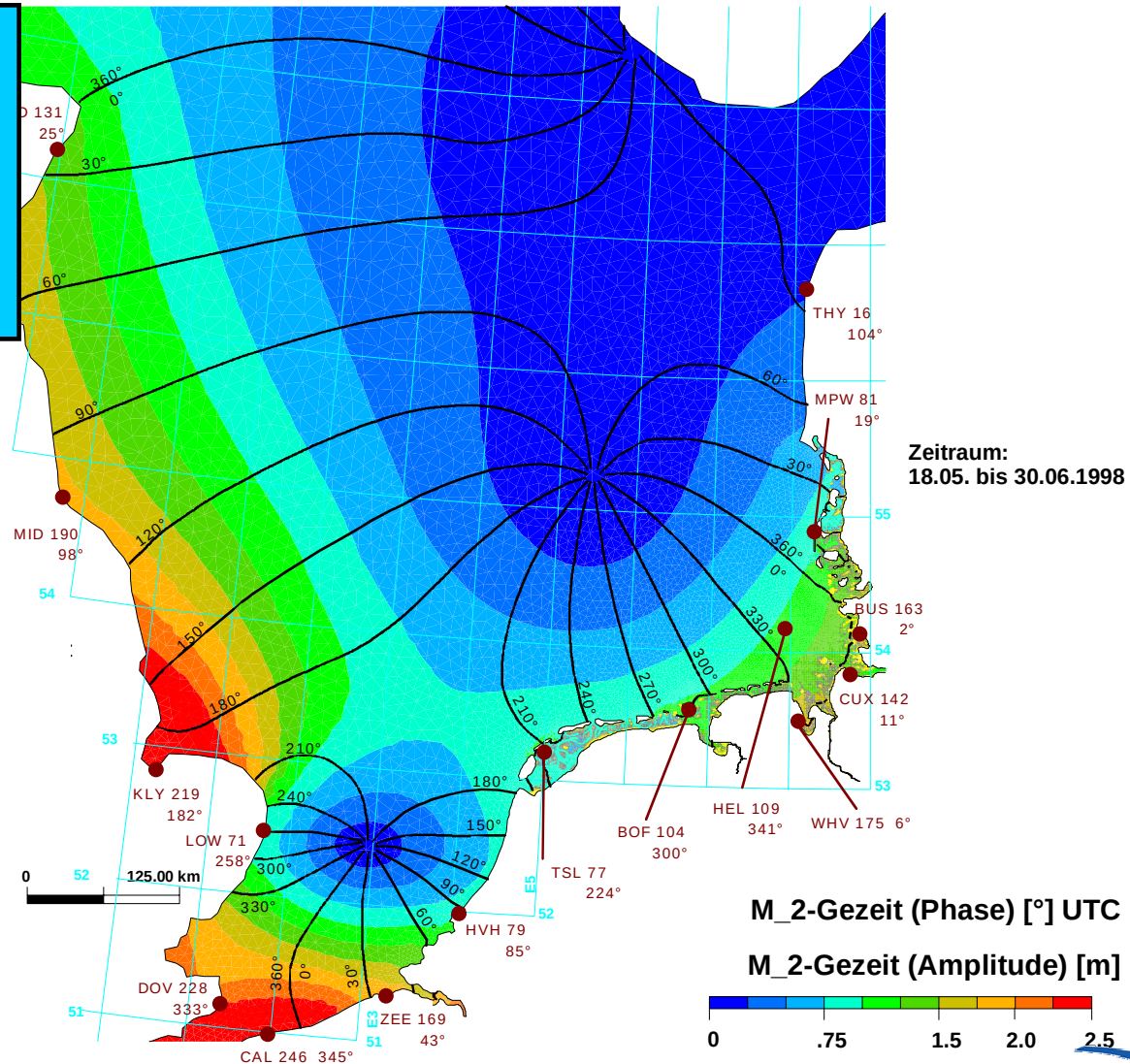


Lokaler Vergleich der harmonischen Konstanten (**H**, **g**) verschiedener Partialtiden zwischen Messung und Berechnung

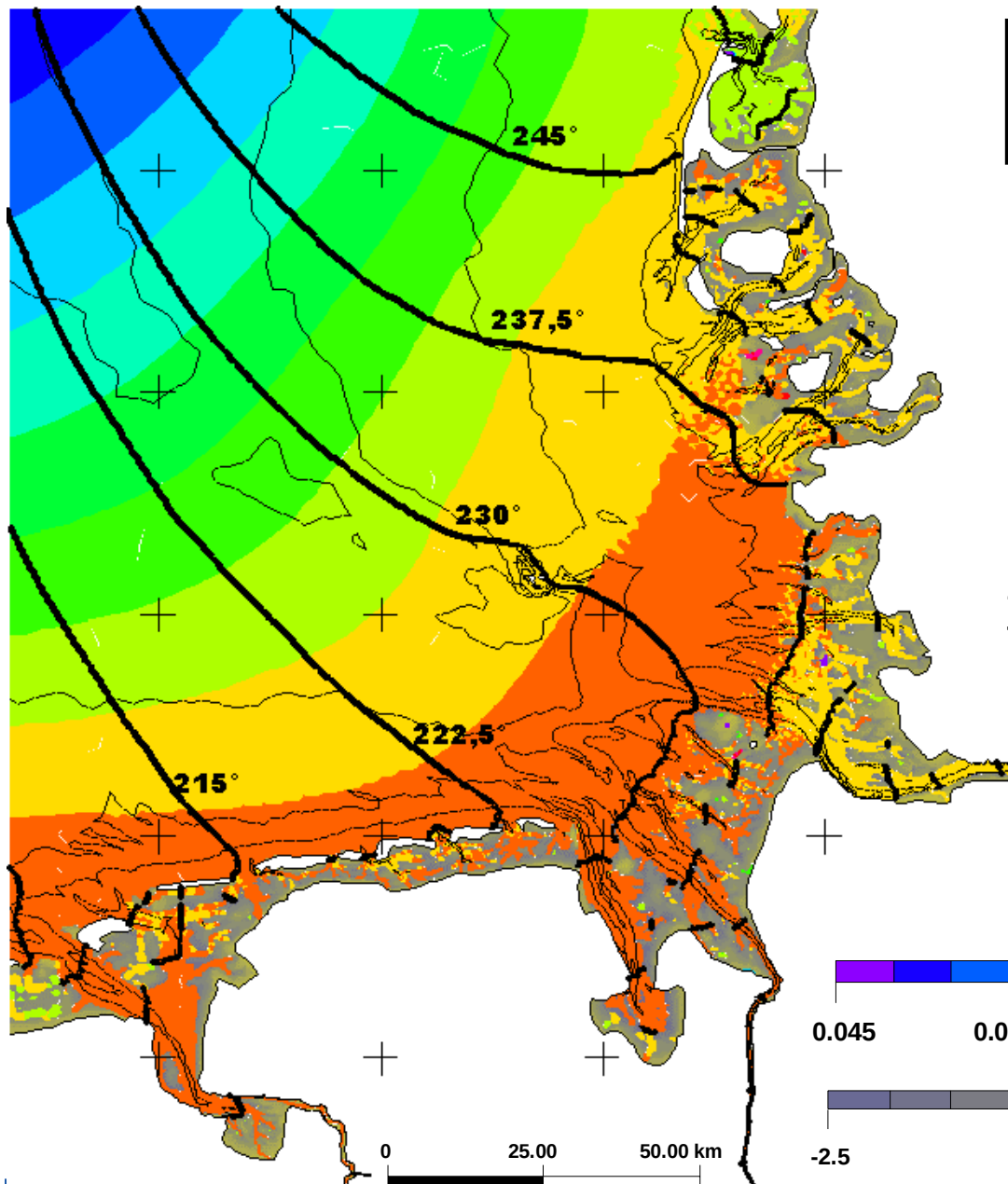
Astronomische Konstanten (Amplitude [m] / Phase [°]) Messung/Rechnung													
Partialtide		O1		K1		M2		S2		M4		M6	
Ort	Quelle	Amp.	Phas	Amp.	Phas	Amp.	Phas	Amp.	Phas	Amp.	Phas	Amp.	Phas
Helgoland	Messung	0,09	231	0,08	15	1,12	312	0,26	15	0,07	144	0,02	287
	Rechnung	0,09	226	0,10	17	1,07	312	0,26	18	0,09	138	0,01	6
Borkum	Messung	0,09	215	0,09	4	1,10	278	0,26	340	0,07	7	0,04	189
	Rechnung	0,09	215	0,09	3	1,11	276	0,26	342	0,06	76	0,03	170
Alte Weser	Messung	0,09	231	0,09	14	1,34	312	0,31	17	0,07	140	0,05	310
	Rechnung	0,09	224	0,10	15	1,31	309	0,32	17	0,10	144	0,04	311
Bake A	Messung	0,09	230	0,09	13	1,39	314	0,32	17	0,08	148	0,05	341
	Rechnung	0,09	226	0,10	16	1,32	313	0,33	20	0,10	147	0,04	342
Wyk	Messung	0,09	262	0,08	37	1,25	10	0,27	79	0,11	221	0,05	75
	Rechnung	0,08	251	0,09	44	1,31	5	0,31	77	0,11	224	0,05	48
List Hafen	Messung	0,08	266	0,07	48	0,81	24	0,18	88	0,06	216	0,02	93
	Rechnung	0,08	259	0,08	51	0,89	16	0,21	84	0,02	234	0,03	65
		7,5°=32 min		7,5°=30 min		15°=31 min		15°=30 min		30°=31 min		30°=21 min	

Differenzen: <2cm < 10 min | 2-8cm 10-30 min | >8 cm >30 min

Darstellung von berechneter Phase und Amplitude der M_2 -Gezeit in der Nordsee



O_1 -Gezeit



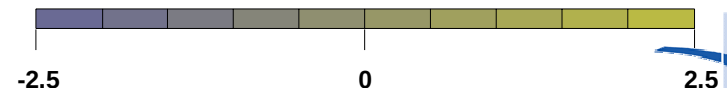
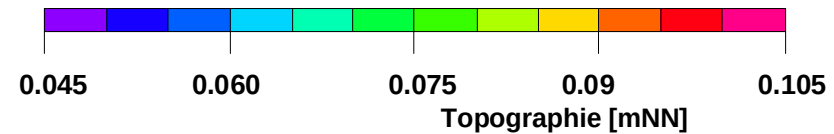
Zeitraum: 18.05. bis 29.06.1998

Tiefenisolinien 0, -10, -20, -30, -40 mNN

Phasen [°] MEZ

7,5° = 32 Minuten

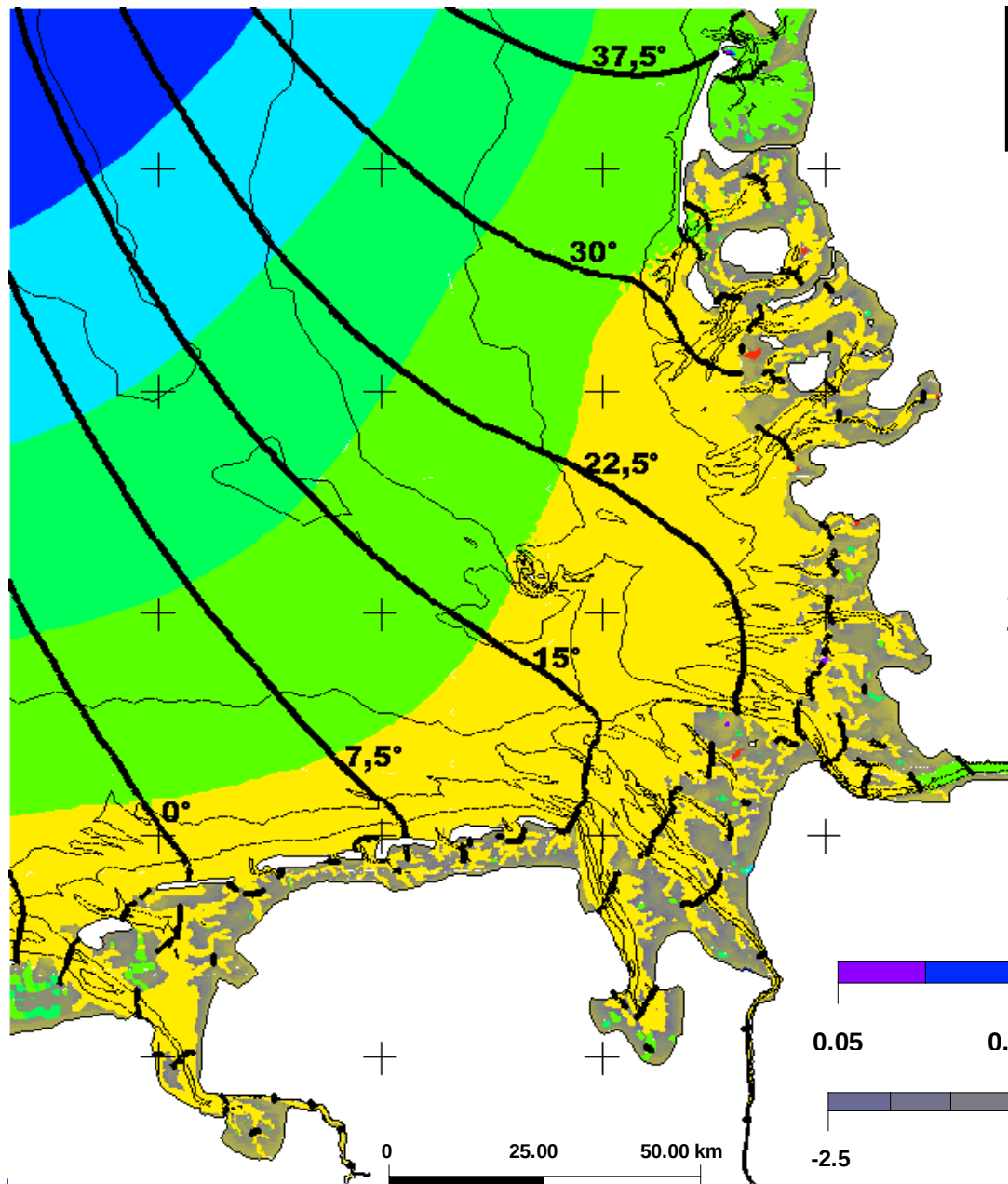
Amplituden [m]



BAW



K₁-Gezeit



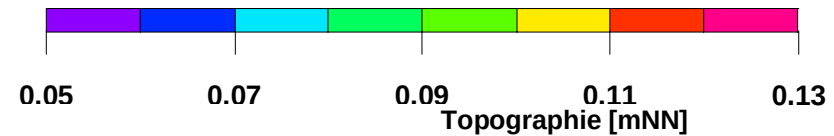
Zeitraum: 18.05. bis 29.06.1998

Tiefenisolinien 0, -10, -20, -30, -40 mNN

Phasen [°] MEZ

7,5° = 30 Minuten

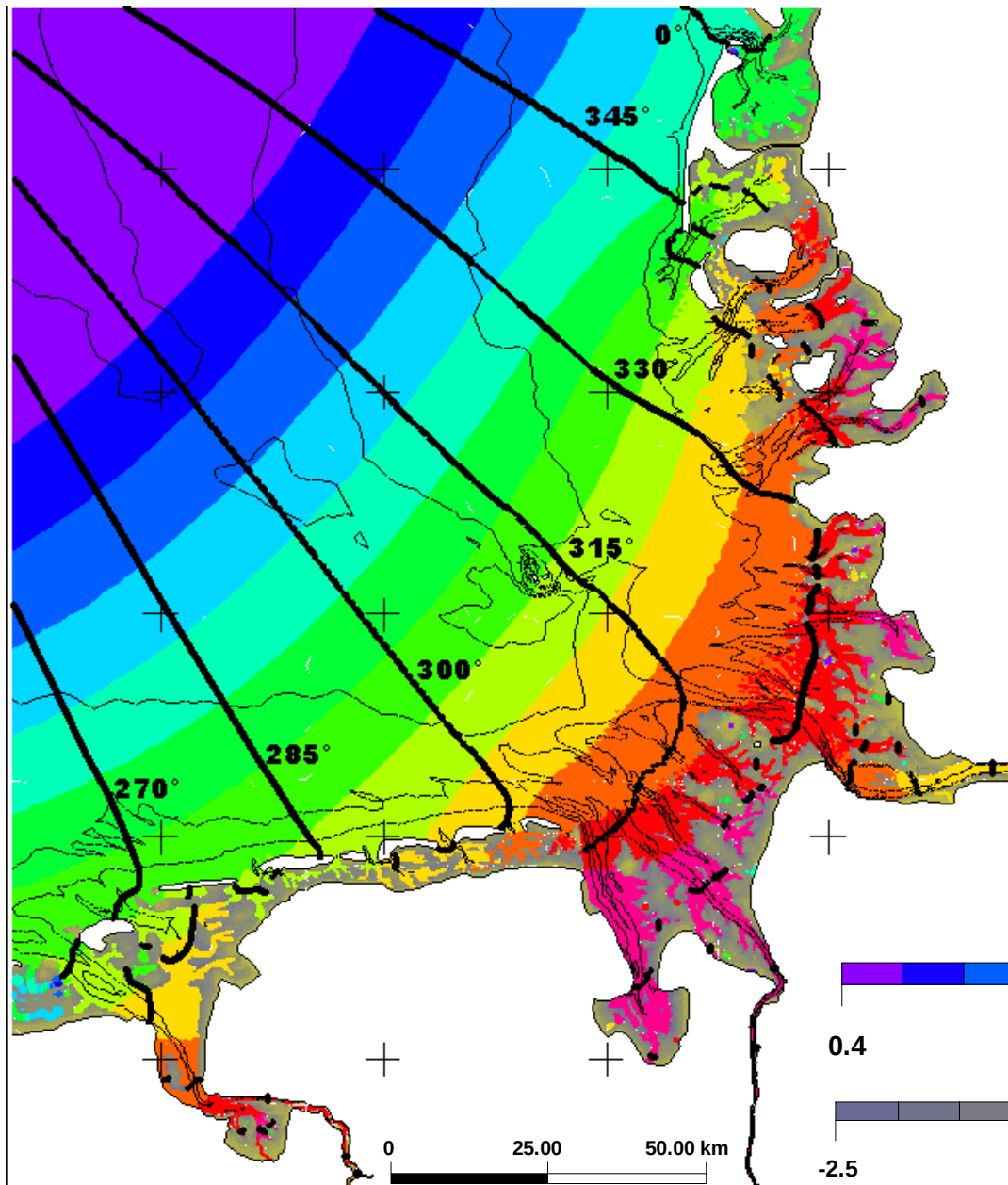
Amplituden [m]



BAW



M₂-Gezeit



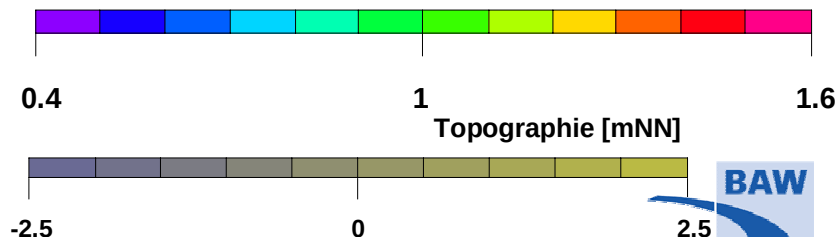
Zeitraum: 18.05. bis 29.06.1998

Tiefenisolinien 0, -10, -20, -30, -40 mNN

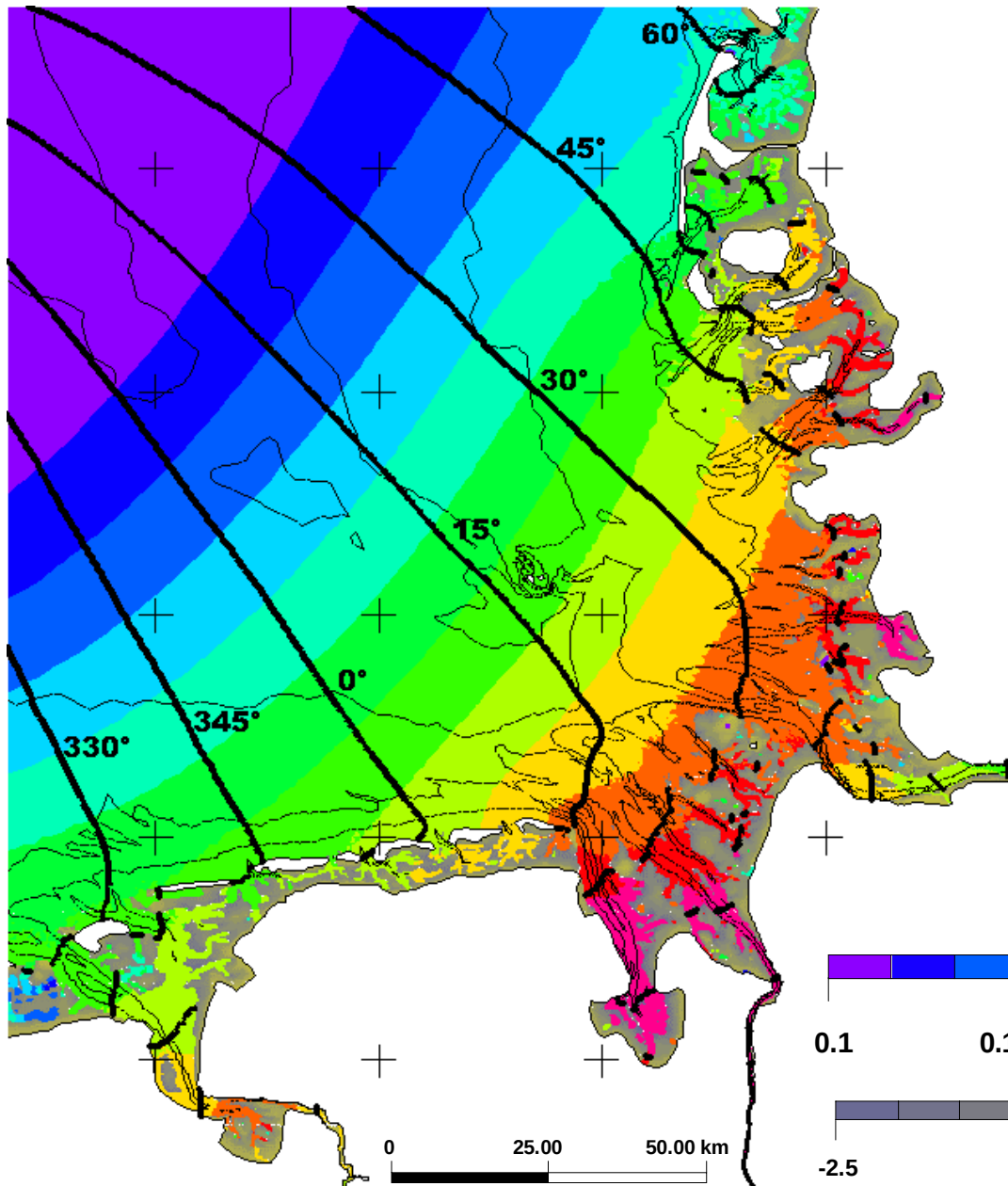
Phasen [°] MEZ

15° = 31 Minuten

Amplituden [m]



S_2 -Gezeit



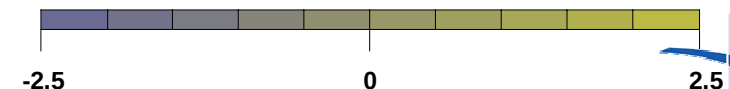
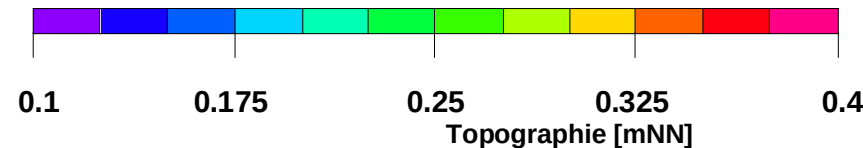
Zeitraum: 18.05. bis 29.06.1998

Tiefenisolinien 0, -10, -20, -30, -40 mNN

Phasen [°] MEZ

15° = 30 Minuten

Amplituden [m]



BAW



M₄-Gezeit

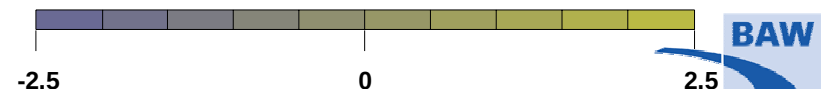
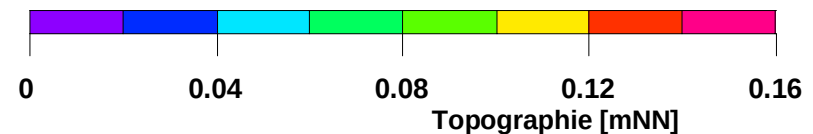
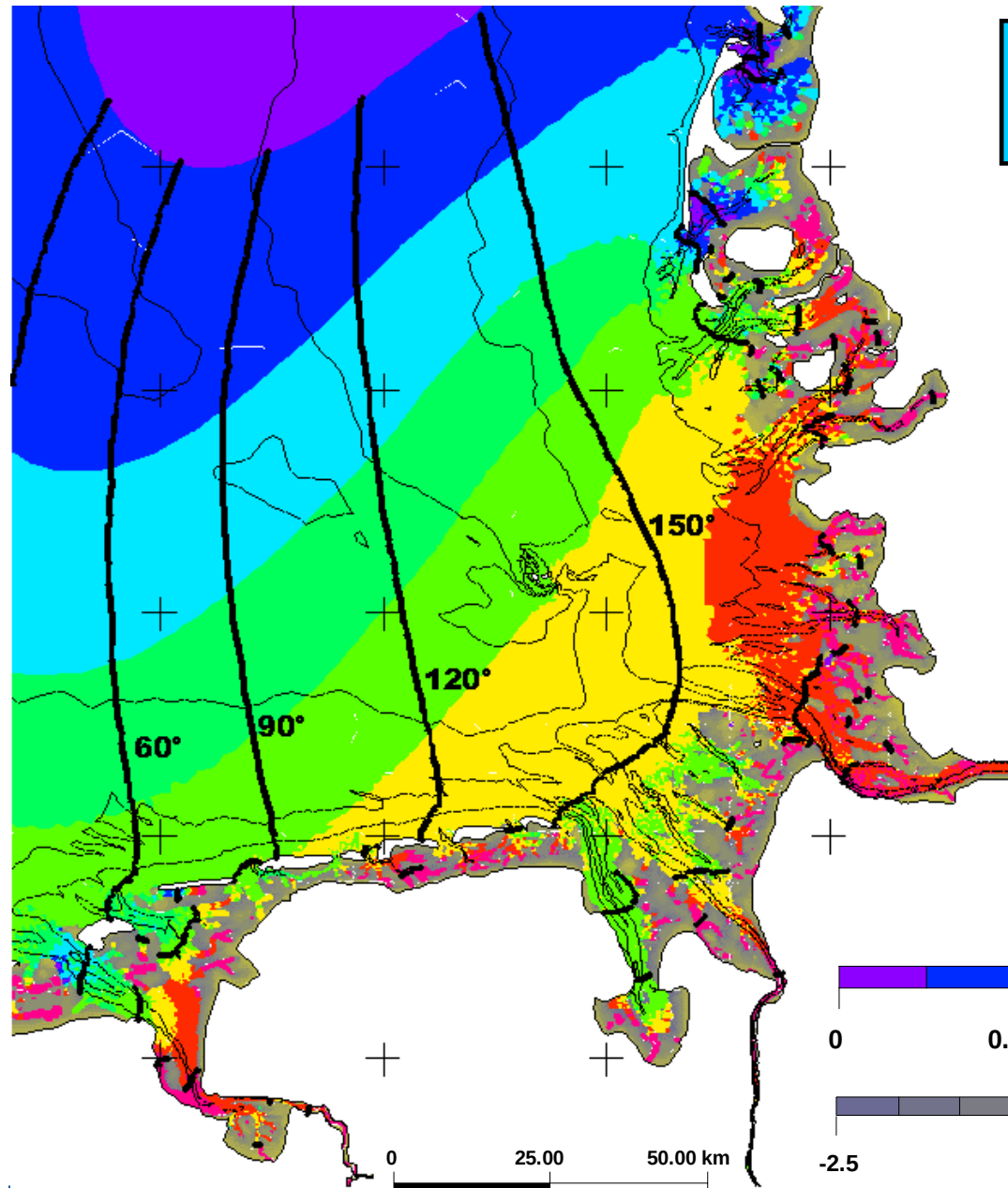
Zeitraum: 18.05. bis 29.06.1998

Tiefenisolinien 0, -10, -20, -30, -40 mNN

Phasen [°] MEZ

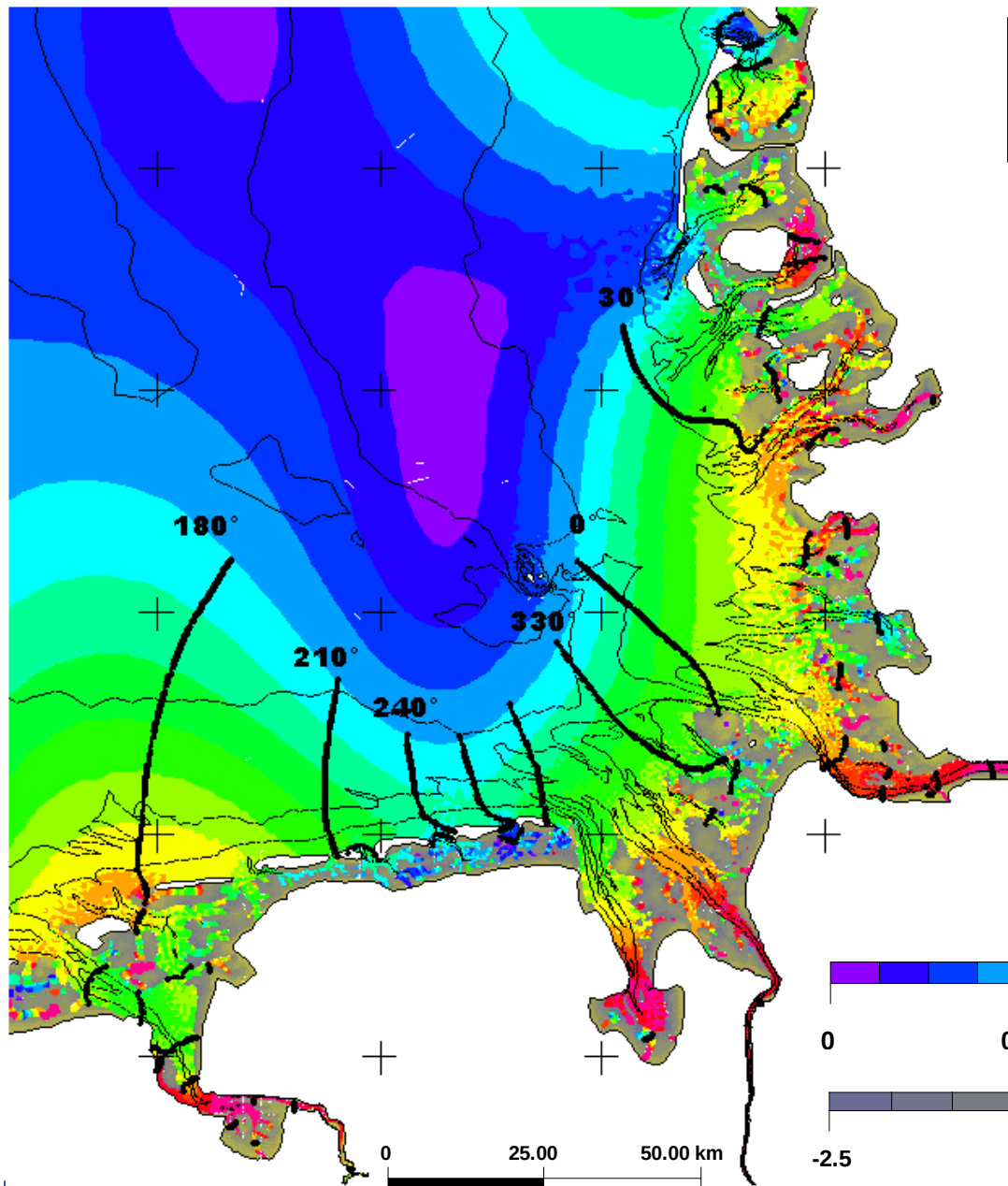
30° = 31 Minuten

Amplituden [m]



BAW

M₆-Gezeit



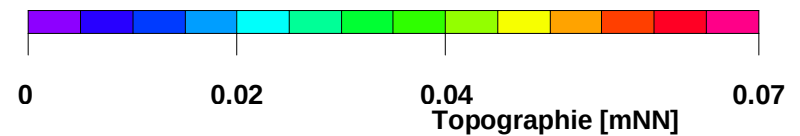
Zeitraum: 18.05. bis 29.06.1998

Tiefenisolinien 0, -10, -20, -30, -40 mNN

Phasen [°] MEZ

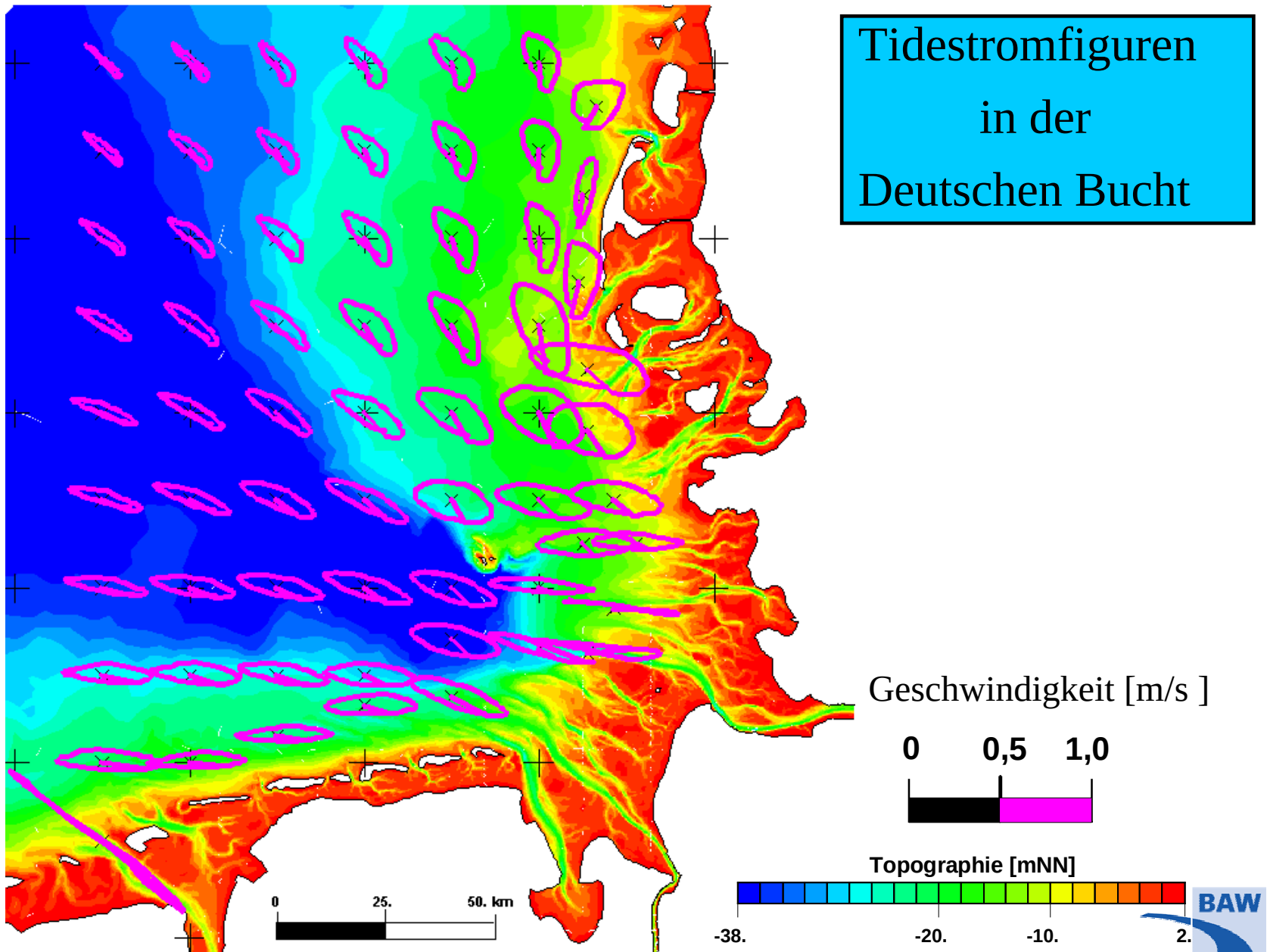
30° = 21 Minuten

Amplituden [m]

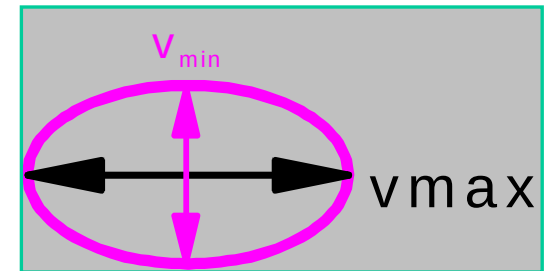
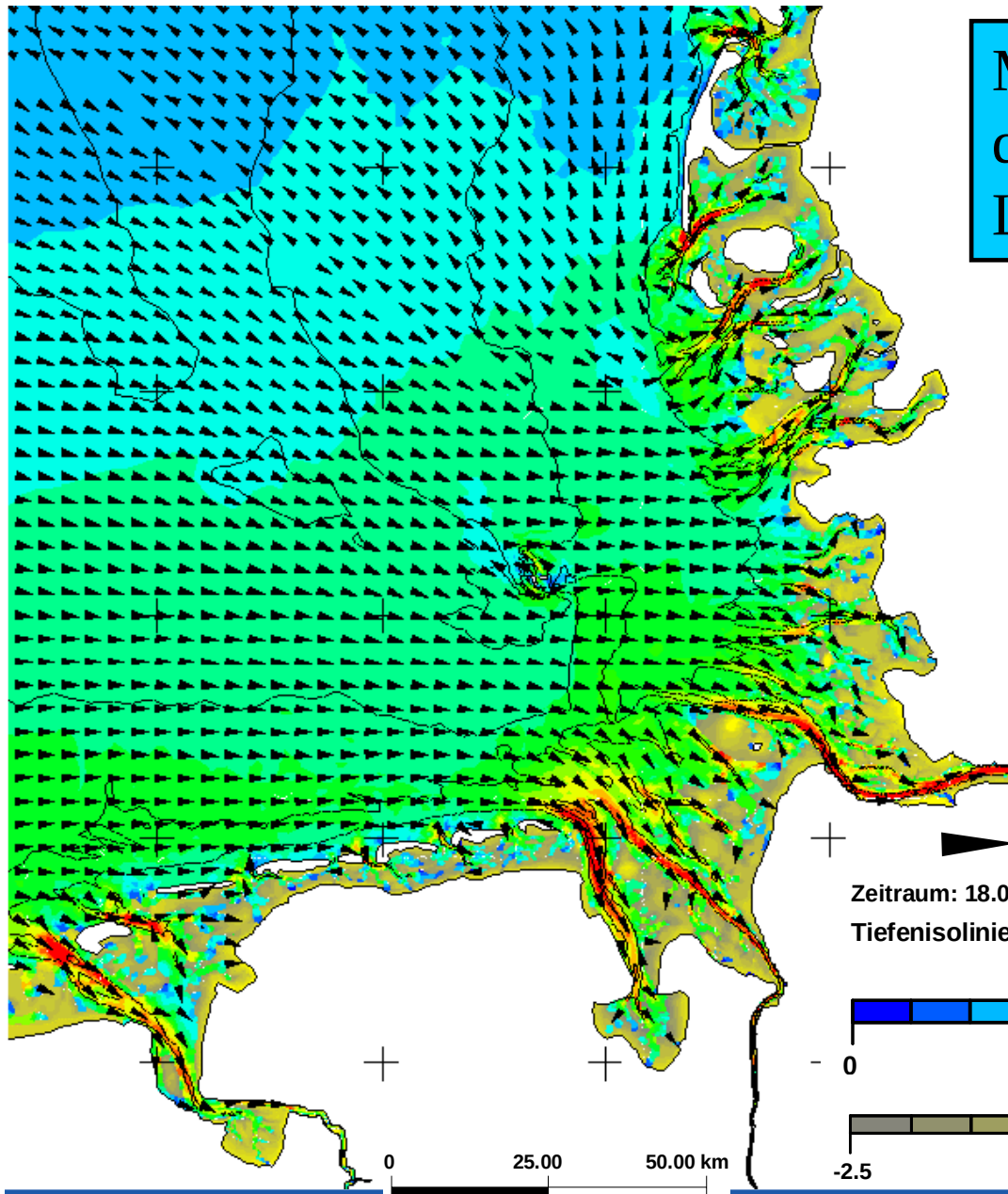


BAW

Tidestromfiguren in der Deutschen Bucht



Maximale Strömung der M_2 -Gezeit mit Lage der Hauptachsen

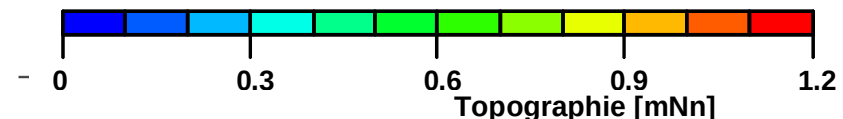


➤ Hauptachsenlage der Stromellipse

Zeitraum: 18.05. bis 29.06.1998

Tiefenisolinien 0, -10, -20, -30, -40 mNN

Max. Stroemung (M_2 -Gezeit) [m/s]



Topographie [mNn]



BAW

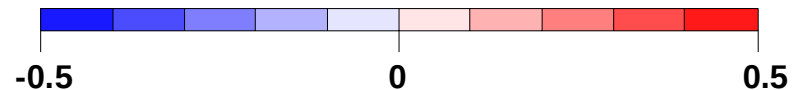


Minimale/maximale Strömung der M_2 (Neben-/ Hauptachse)

Zeitraum: 18.05. bis 29.06.1998

Tiefenisolinien 0, -10, -20, -30, -40 mNN

Min/Max Strömung M_2



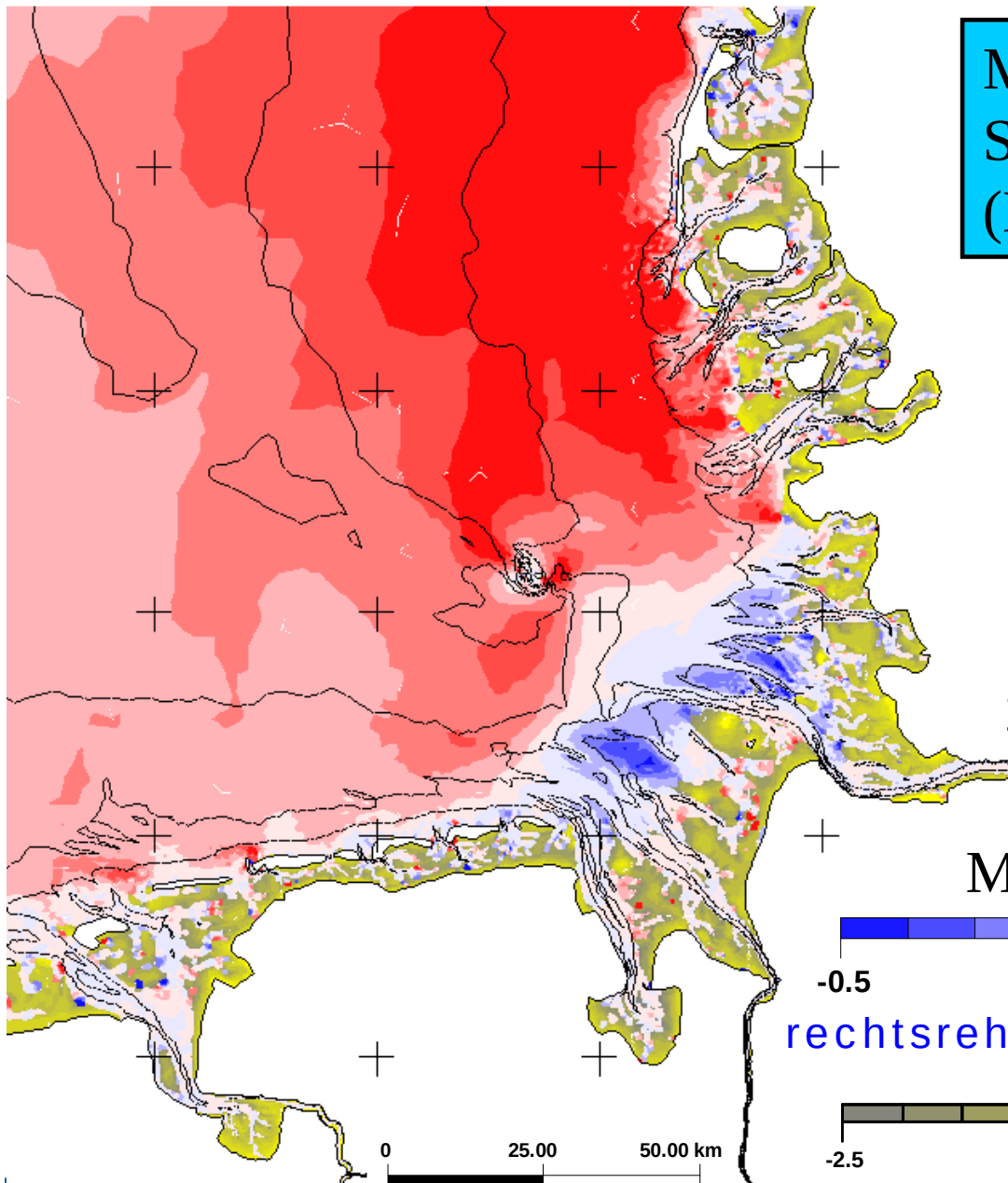
rechtsrehend

linksdrehend

Topographie [mNn]



BAW

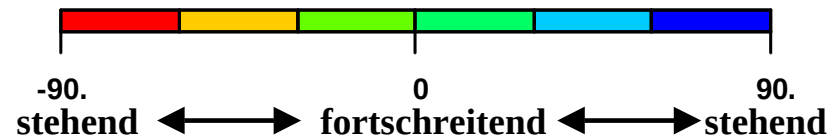


Phasendifferenz zwischen
max. Strömung und max.
Amplitude (M_2 -Gezeit)

Zeitraum: 18.05. bis 29.06.1998

Tiefenisolinien 0, -10, -20, -30, -40 mNN

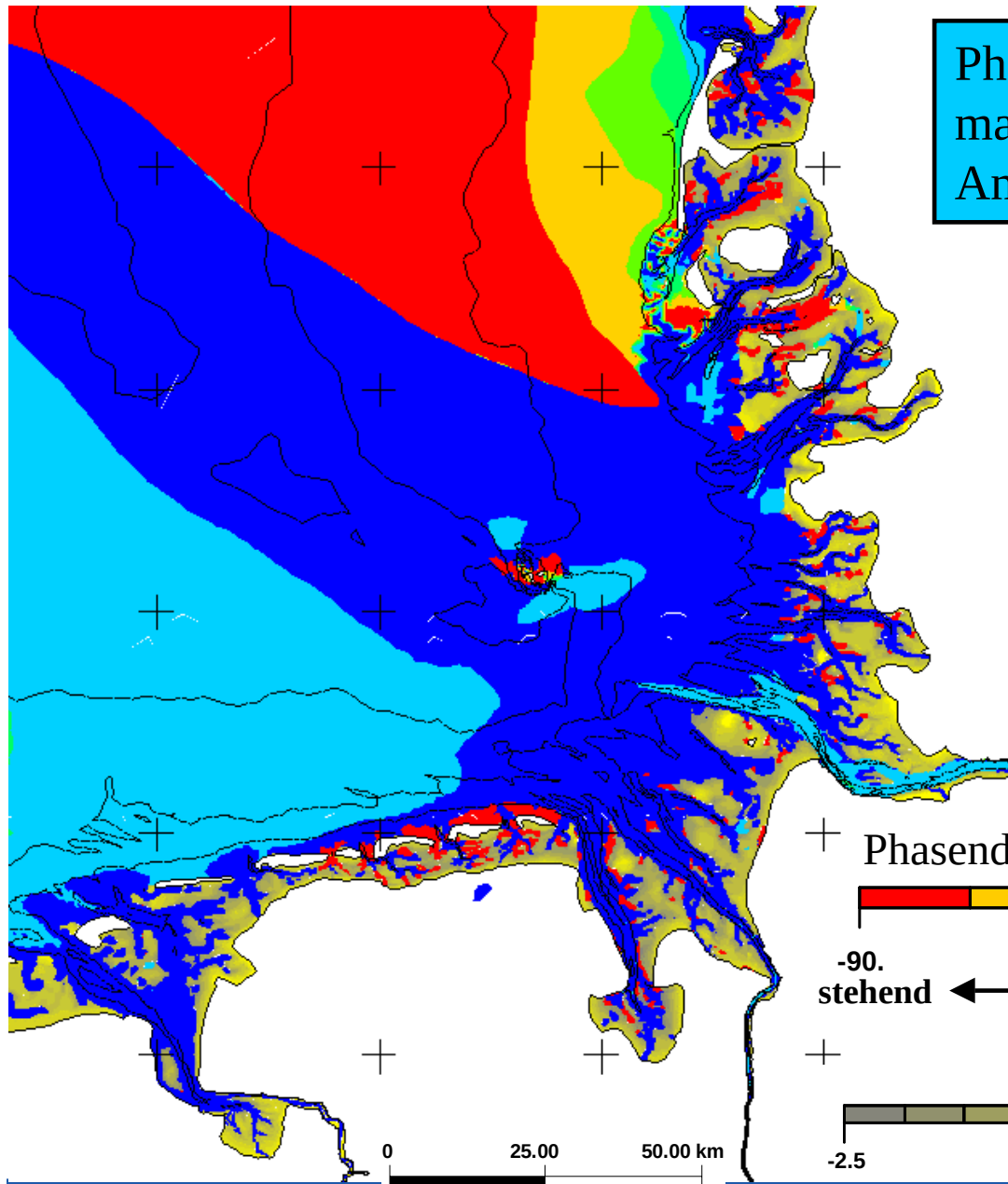
Phasendiff. Strömung/ Amplitude [°]



Topographie [mNn]



BAW



Zusammenfassung der Modellergebnisse

- Gute Reproduktion der Tideschwingungen in Nordsee und Deutscher Bucht
- Flächenhafte Darstellung von Partialtiden und Vergleich mit Pegelauswertungen
- Berechnung und Darstellung der Obertiden zur M_2 : M_4 / M_6
- Harmonische Analyse der Geschwindigkeiten in Form von Stromellipsen
- Durch Phasendifferenz zur Tide Charakterisierung der Tidewelle
- Verbesserung der Modellverifikation durch Charakterisierung gemessener Tidekurven

