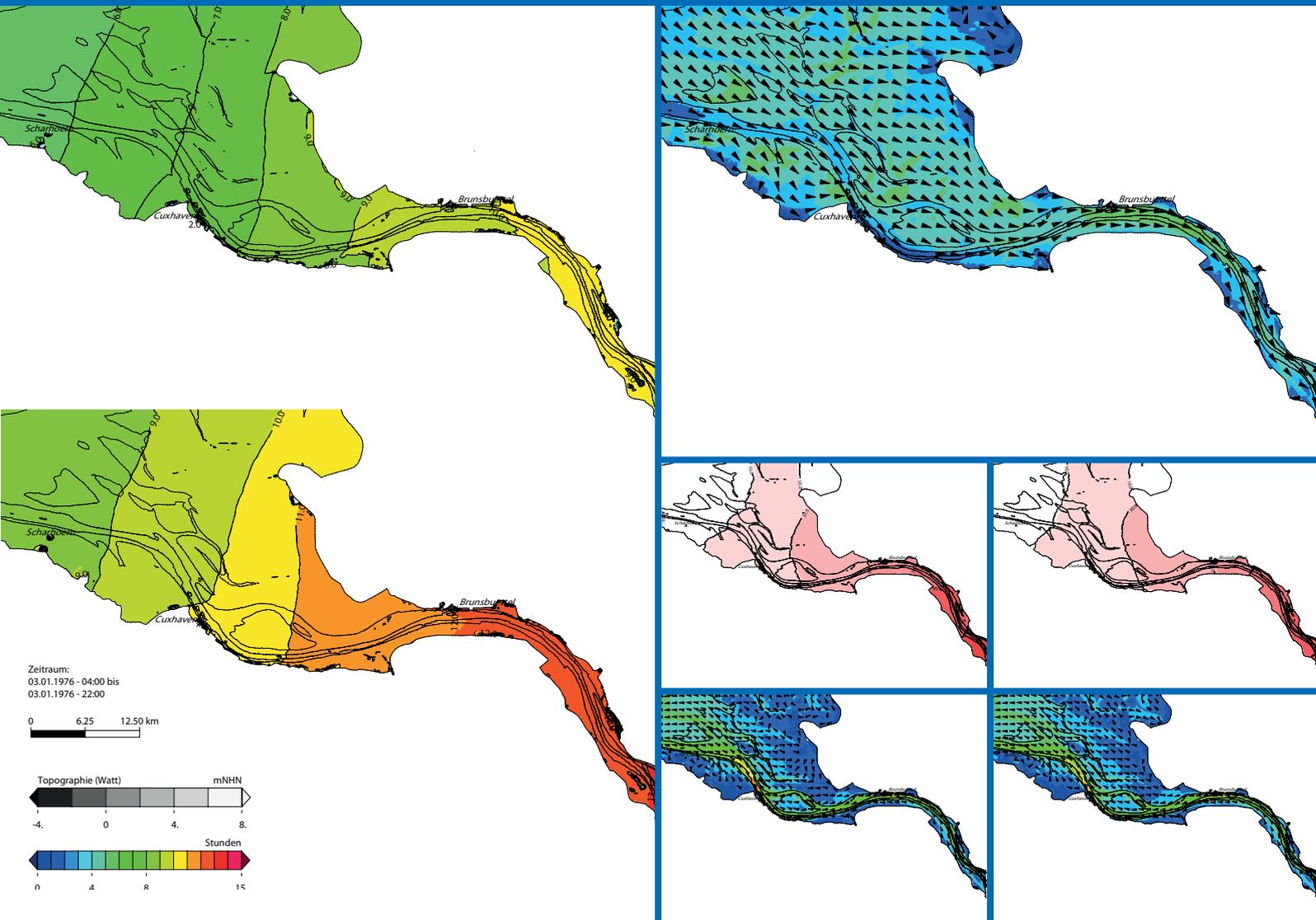




BAWBildatlas

Ergebnisse aus KLIWAS und KLIMZUG-NORD

Band 2 - Dezember 2015



BAWBildatlas Band 2

Sensitivitätsstudien zum Meeresspiegelanstieg bei Sturmflut im Elbe-Ästuar

Bearbeiter:

E. Rudolph, A. Bockelmann, A. Büscher, B. Fricke,
F. Hesser, I. Holzwarth, A. Johannsen, A. Schüßler,
A. Sehili, R. Seiffert, G. Seiß, N. Winkel

Impressum

Herausgeber (im Eigenverlag):
Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)
Kußmaulstraße 17, 76187 Karlsruhe
Postfach 21 02 53, 76152 Karlsruhe
Telefon: +49 (0) 721 9726-0
Telefax: +49 (0) 721 9726-4540
E-Mail: info@baw.de, www.baw.de

Übersetzung, Nachdruck oder sonstige Vervielfältigung – auch auszugsweise
– ist nur mit Genehmigung des Herausgebers gestattet.

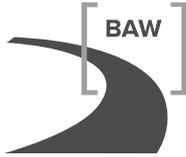
ISBN 978-3-939230-47-2

© BAW 2015

Titelbild: Kennwerte des Wasserstands und der Strömung im Mündungsbereich der Elbe
für die Sturmflutszenarien SF76 und SF76slr+80cm.

Inhaltsverzeichnis

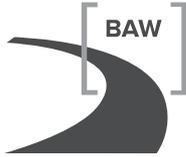
1	Einleitung	1
2	Sensitivitätsstudie zu Sturmfluten	1
2.1	Vergleich Elbe, Weser und Ems: LP Sturmflutscheitelwasserstand	7
2.2	Modellierung und Analyse des Sturmflutszenarios SF76 in der Elbe	13
2.2.1	Das mathematische Modell des Elbe – Ästuars	13
2.2.2	Modellgebiet Elbe	14
2.2.3	Gitternetz	17
2.2.4	Modellsteuerung	17
2.2.5	Analyse der Modellergebnisse	17
3	Verzeichnis der Sturmflutszenarien Elbe	21
3.1	Darstellung der Untersuchungsergebnisse	24
4	Sturmflutszenario SF76 mit Meeresspiegelanstieg	25
4.1	Zeitreihen an Orten von Interesse	25
4.2	Kennwerte von Wasserstand und Strömung entlang der Elbe	29
4.3	Kennwerte Wasserstand und Strömung im Mündungsbereich der Elbe	37
4.3.1	Sturmflutszenario SF76 Referenzszenario: Elbe Tg West	37
4.3.2	Sturmflutszenario SF76 slr+25 cm: Elbe Tg West	45
4.3.3	Sturmflutszenario SF76 slr+80 cm: Elbe Tg West	53
4.3.4	Sturmflutszenario SF76 slr+115 cm: Elbe Tg West	61
5	Sturmflutszenario SF76 Abfluss Q500	69
5.1	Zeitreihen an Orten von Interesse	69
5.2	Kennwerte von Wasserstand und Strömung entlang der Elbe	73
6	Sturmflutszenario SF76 Abfluss Q2000 mit Meeresspiegelanstieg	81
6.1	Zeitreihen an Orten von Interesse	81
6.2	Zeitreihen an Orten von Interesse Q500, Q2000, ohne slr, slr+80cm	85
6.3	Kennwerte von Wasserstand und Strömung entlang der Elbe	89
7	Sturmflutszenario SF76 Abfluss Q3000 mit Meeresspiegelanstieg	95
7.1	Zeitreihen an Orten von Interesse	95
7.2	Zeitreihen an Orten von Interesse Q500, Q3000, ohne slr, slr+80cm	99
7.3	Kennwerte von Wasserstand und Strömung entlang der Elbe	103
7.4	Kennwerte von Wasserstand und Strömung im Mündungsbereich der Elbe	109
7.4.1	Sturmflutszenario SF76 Q3000: Elbe Tg West	109
7.4.2	Sturmflutszenario SF76 Q3000 slr+25 cm: Elbe Tg West	117
7.4.3	Sturmflutszenario SF76 Q3000 slr+80 cm: Elbe Tg West	125
7.4.4	Sturmflutszenario SF76 Q3000 slr+115 cm: Elbe Tg West	133



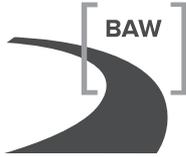
8	Sturmflutszenario SF76 Abfluss Q4000 mit Meeresspiegelanstieg	141
8.1	Zeitreihen an Orten von Interesse	141
8.2	Zeitreihen an Orten von Interesse Q500, Q4000, ohne slr, slr+80cm	145
8.3	Kennwerte von Wasserstand und Strömung entlang der Elbe	149
9	Sturmflutszenario SF76 Wind+10% mit Meeresspiegelanstieg	155
9.1	Zeitreihen an Orten von Interesse	155
9.2	Zeitreihen an Orten von Interesse Wind, Wind+10%, ohne slr, slr+80cm	159
9.3	Kennwerte von Wasserstand und Strömung entlang der Elbe	163
9.4	Kennwerte von Wasserstand und Strömung im Mündungsbereich der Elbe	169
9.4.1	Sturmflutszenario SF76 Wind+10%: Elbe Tg West	169
9.4.2	Sturmflutszenario SF76 Wind+10% slr+25cm: Elbe Tg West	177
9.4.3	Sturmflutszenario SF76 Wind+10% slr+80cm: Elbe Tg West	185
9.4.4	Sturmflutszenario SF76 Wind+10% slr+115cm: Elbe Tg West	193
	Literaturverzeichnis	201

Bildverzeichnis

1	h(t) Elbe-km 640 SF76Q (Q500, Q2000, Q3000, Q4000)	3
2	h(t), v(t) Elbe-km 640 SF76slr	3
3	h(t) Elbe-km 640 SF76Wind	3
4	HW slr Elbe, Weser, Ems Längsprofil	8
5	HW slrQ2000 Elbe, Weser, Ems Längsprofil	9
6	HW slrQ3000 Elbe, Weser, Ems Längsprofil	10
7	HW slrQ4000 Elbe, Weser, Ems Längsprofil	11
8	Topographie Elbe, Weser, Ems Längsprofil	12
9	Topographie des HN – Modells des Elbe – Ästuars PIZ2003	15
10	Tiefenlängsprofil Elbe PIZ2003	16
11	Wasserstandsentwicklung SF76: Cuxhaven	18
12	Lage der Querprofile entlang der Elbe	20
13	Topographie Elbe PIZ2003 Teilgebiet West	24
14	h(t), v(t) Elbe-km 725 SF76slr	26
15	h(t), v(t) Elbe Brunsbüttel SF76slr	26
16	h(t), v(t) Elbe Glückstadt SF76slr	27
17	h(t), v(t) Elbe-km 640 SF76slr	27
18	h(t), v(t) Elbe-km 623N SF76slr	28
19	h(t), v(t) Elbe Zollenspieker SF76slr	28
20	HW SF76slr PIZ2003 Elbe Längsprofil	30
21	tHW SF76slr PIZ2003 Elbe Längsprofil	31
22	DHW300 SF76slr PIZ2003 Elbe Längsprofil	32
23	Vfx SF76slr PIZ2003 Elbe Längsprofil	33
24	Vfm SF76slr PIZ2003 Elbe Längsprofil	34
25	Vex SF76slr PIZ2003 Elbe Längsprofil	35
26	Vem SF76slr PIZ2003 Elbe Längsprofil	36
27	HW SF76 PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	38
28	tHW SF76 PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	39
29	DHW300 SF76 PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	40
30	Vfx SF76 PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	41
31	Vfm SF76 PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	42
32	Vex SF76 PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	43
33	Vem SF76 PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	44
34	HW SF76slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	46
35	dHW SF76slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	46
36	tHW SF76slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	47
37	dtHW SF76slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	47
38	DHW300 SF76slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	48
39	dDHW300 SF76slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	48
40	Vfx SF76slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	49



41	dVfx SF76slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	49
42	Vfm SF76slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	50
43	dVfm SF76slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	50
44	Vex SF76slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	51
45	dVex SF76slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	51
46	Vem SF76slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	52
47	dVem SF76slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	52
48	HW SF76slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	54
49	dHW SF76slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	54
50	tHW SF76slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	55
51	dtHW SF76slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	55
52	DHW300 SF76slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	56
53	dDHW300 SF76slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	56
54	Vfx SF76slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	57
55	dVfx SF76slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	57
56	Vfm SF76slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	58
57	dVfm SF76slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	58
58	Vex SF76slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	59
59	dVex SF76slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	59
60	Vem SF76slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	60
61	dVem SF76slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	60
62	HW SF76slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	62
63	dHW SF76slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	62
64	tHW SF76slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	63
65	dtHW SF76slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	63
66	DHW300 SF76slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	64
67	dDHW300 SF76slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	64
68	Vfx SF76slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	65
69	dVfx SF76slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	65
70	Vfm SF76slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	66
71	dVfm SF76slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	66
72	Vex SF76slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	67
73	dVex SF76slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	67
74	Vem SF76slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	68
75	dVem SF76slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	68
76	h(t), v(t) Elbe-km 725 SF76slr	70
77	h(t), v(t) Elbe Brunsbüttel SF76slr	70
78	h(t), v(t) Elbe Glückstadt SF76slr	71
79	h(t), v(t) Elbe-km 640 SF76slr	71
80	h(t), v(t) Elbe-km 623N SF76slr	72
81	h(t), v(t) Elbe Zollenspieker SF76slr	72
82	HW SF76Q PIZ2003 Elbe Längsprofil	74



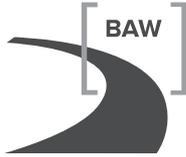
83	tHW SF76Q PIZ2003 Elbe Längsprofil	75
84	DHW300 SF76Q PIZ2003 Elbe Längsprofil	76
85	Vfx SF76Q PIZ2003 Elbe Längsprofil	77
86	Vfm SF76Q PIZ2003 Elbe Längsprofil	78
87	Vex SF76Q PIZ2003 Elbe Längsprofil	79
88	Vem SF76Q PIZ2003 Elbe Längsprofil	80
89	h(t), v(t) Elbe-km 725 SF76Q2000slr	82
90	h(t), v(t) Elbe Brunsbüttel SF76Q2000slr	82
91	h(t), v(t) Elbe Glückstadt SF76Q2000slr	83
92	h(t), v(t) Elbe-km 640 SF76Q2000slr	83
93	h(t), v(t) Elbe-km 623N SF76Q2000slr	84
94	h(t), v(t) Elbe Zollenspieker SF76Q2000slr	84
95	h(t), v(t) Elbe-km 725 SF76Q500Q2000slr	86
96	h(t), v(t) Elbe Brunsbüttel SF76Q500Q2000slr	86
97	h(t), v(t) Elbe Glückstadt SF76Q500Q2000slr	87
98	h(t), v(t) Elbe-km 640 SF76Q500Q2000slr	87
99	h(t), v(t) Elbe-km 623N SF76Q500Q2000slr	88
100	h(t), v(t) Elbe Zollenspieker SF76Q500Q2000slr	88
101	HW SF76Q2000slr PIZ2003 Elbe Längsprofil	90
102	tHW SF76Q2000slr PIZ2003 Elbe Längsprofil	90
103	DHW300 SF76Q2000slr PIZ2003 Elbe Längsprofil	91
104	Vfx SF76Q2000slr PIZ2003 Elbe Längsprofil	92
105	Vfm SF76Q2000slr PIZ2003 Elbe Längsprofil	92
106	Vex SF76Q2000slr PIZ2003 Elbe Längsprofil	93
107	Vem SF76Q2000slr PIZ2003 Elbe Längsprofil	93
108	h(t), v(t) Elbe-km 725 SF76Q3000slr	96
109	h(t), v(t) Elbe Brunsbüttel SF76Q3000slr	96
110	h(t), v(t) Elbe Glückstadt SF76Q3000slr	97
111	h(t), v(t) Elbe-km 640 SF76Q3000slr	97
112	h(t), v(t) Elbe-km 623N SF76Q3000slr	98
113	h(t), v(t) Elbe Zollenspieker SF76Q3000slr	98
114	h(t), v(t) Elbe-km 725 SF76Q500Q3000slr	100
115	h(t), v(t) Elbe Brunsbüttel SF76Q500Q3000slr	100
116	h(t), v(t) Elbe Glückstadt SF76Q500Q3000slr	101
117	h(t), v(t) Elbe-km 640 SF76Q500Q3000slr	101
118	h(t), v(t) Elbe-km 623N SF76Q500Q3000slr	102
119	h(t), v(t) Elbe Zollenspieker SF76Q500Q3000slr	102
120	HW SF76Q3000slr PIZ2003 Elbe Längsprofil	104
121	tHW SF76Q3000slr PIZ2003 Elbe Längsprofil	104
122	DHW300 SF76Q3000slr PIZ2003 Elbe Längsprofil	105
123	Vfx SF76Q3000slr PIZ2003 Elbe Längsprofil	106
124	Vfm SF76Q3000slr PIZ2003 Elbe Längsprofil	106



125	Vex SF76Q3000slr PIZ2003 Elbe Längsprofil	107
126	Vem SF76Q3000slr PIZ2003 Elbe Längsprofil	107
127	HW SF76Q3000 PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	110
128	dHW SF76Q3000 PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	110
129	tHW SF76Q3000 PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	111
130	dtHW SF76Q3000 PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	111
131	DHW300 SF76Q3000 PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	112
132	dDHW300 SF76Q3000 PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	112
133	Vfx SF76Q3000 PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	113
134	dVfx SF76Q3000 PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	113
135	Vfm SF76Q3000 PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	114
136	dVfm SF76Q3000 PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	114
137	Vex SF76Q3000 PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	115
138	dVex SF76Q3000 PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	115
139	Vem SF76Q3000 PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	116
140	dVem SF76Q3000 PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	116
141	HW SF76Q3000slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	118
142	dHW SF76Q3000slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	118
143	tHW SF76Q3000slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	119
144	dtHW SF76Q3000slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	119
145	DHW300 SF76Q3000slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	120
146	dDHW300 SF76Q3000slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	120
147	Vfx SF76Q3000slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	121
148	dVfx SF76Q3000slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	121
149	Vfm SF76Q3000slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	122
150	dVfm SF76Q3000slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	122
151	Vex SF76Q3000slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	123
152	dVex SF76Q3000slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	123
153	Vem SF76Q3000slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	124
154	dVem SF76Q3000slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	124
155	HW SF76Q3000slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	126
156	dHW SF76Q3000slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	126
157	tHW SF76Q3000slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	127
158	dtHW SF76Q3000slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	127
159	DHW300 SF76Q3000slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	128
160	dDHW300 SF76Q3000slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	128
161	Vfx SF76Q3000slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	129
162	dVfx SF76Q3000slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	129
163	Vfm SF76Q3000slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	130
164	dVfm SF76Q3000slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	130
165	Vex SF76Q3000slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	131
166	dVex SF76Q3000slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	131



167	Vem SF76Q3000slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	132
168	dVem SF76Q3000slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	132
169	HW SF76Q3000slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	134
170	dHW SF76Q3000slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	134
171	tHW SF76Q3000slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	135
172	dtHW SF76Q3000slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	135
173	DHW300 SF76Q3000slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	136
174	dDHW300 SF76Q3000slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	136
175	Vfx SF76Q3000slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	137
176	dVfx SF76Q3000slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	137
177	Vfm SF76Q3000slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	138
178	dVfm SF76Q3000slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	138
179	Vex SF76Q3000slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	139
180	dVex SF76Q3000slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	139
181	Vem SF76Q3000slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	140
182	dVem SF76Q3000slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	140
183	h(t), v(t) Elbe-km 725 SF76Q4000slr	142
184	h(t), v(t) Elbe Brunsbüttel SF76Q4000slr	142
185	h(t), v(t) Elbe Glückstadt SF76Q4000slr	143
186	h(t), v(t) Elbe-km 640 SF76Q4000slr	143
187	h(t), v(t) Elbe-km 623N SF76Q4000slr	144
188	h(t), v(t) Elbe Zollenspieker SF76Q4000slr	144
189	h(t), v(t) Elbe-km 725 SF76Q500Q4000slr	146
190	h(t), v(t) Elbe Brunsbüttel SF76Q500Q4000slr	146
191	h(t), v(t) Elbe Glückstadt SF76Q500Q4000slr	147
192	h(t), v(t) Elbe-km 640 SF76Q500Q4000slr	147
193	h(t), v(t) Elbe-km 623N SF76Q500Q4000slr	148
194	h(t), v(t) Elbe Zollenspieker SF76Q500Q4000slr	148
195	HW SF76Q4000slr PIZ2003 Elbe Längsprofil	150
196	tHW SF76Q4000slr PIZ2003 Elbe Längsprofil	150
197	DHW300 SF76Q4000slr PIZ2003 Elbe Längsprofil	151
198	Vfx SF76Q4000slr PIZ2003 Elbe Längsprofil	152
199	Vfm SF76Q4000slr PIZ2003 Elbe Längsprofil	152
200	Vex SF76Q4000slr PIZ2003 Elbe Längsprofil	153
201	Vem SF76Q4000slr PIZ2003 Elbe Längsprofil	153
202	h(t), v(t) Elbe-km 725 SF76Wind+10%slr	156
203	h(t), v(t) Elbe Brunsbüttel SF76Wind+10%slr	156
204	h(t), v(t) Elbe Glückstadt SF76Wind+10%slr	157
205	h(t), v(t) Elbe-km 640 SF76Wind+10%slr	157
206	h(t), v(t) Elbe-km 623N SF76Wind+10%slr	158
207	h(t), v(t) Elbe Zollenspieker SF76Wind+10%slr	158
208	h(t), v(t) Elbe-km 725 SF76Wind+10%slr	160



209	h(t), v(t) Elbe Brunsbüttel SF76Wind+10%slr	160
210	h(t), v(t) Elbe Glückstadt SF76Wind+10%slr	161
211	h(t), v(t) Elbe-km 640 SF76Wind+10%slr	161
212	h(t), v(t) Elbe-km 623N SF76Wind+10%slr	162
213	h(t), v(t) Elbe Zollenspieker SF76Wind+10%slr	162
214	HW SF76Wind+10%slr PIZ2003 Elbe Längsprofil	164
215	tHW SF76Wind+10%slr PIZ2003 Elbe Längsprofil	164
216	DHW300 SF76Wind+10%slr PIZ2003 Elbe Längsprofil	165
217	Vfx SF76Wind+10%slr PIZ2003 Elbe Längsprofil	166
218	Vfm SF76Wind+10%slr PIZ2003 Elbe Längsprofil	166
219	Vex SF76Wind+10%slr PIZ2003 Elbe Längsprofil	167
220	Vem SF76Wind+10%slr PIZ2003 Elbe Längsprofil	167
221	HW SF76Wind+10% PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	170
222	dHW SF76Wind+10% PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	170
223	tHW SF76Wind+10% PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	171
224	dtHW SF76Wind+10% PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	171
225	DHW300 SF76Wind+10% PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	172
226	dDHW300 SF76Wind+10% PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	172
227	Vfx SF76Wind+10% PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	173
228	dVfx SF76Wind+10% PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	173
229	Vfm SF76Wind+10% PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	174
230	dVfm SF76Wind+10% PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	174
231	Vex SF76Wind+10% PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	175
232	dVex SF76Wind+10% PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	175
233	Vem SF76Wind+10% PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	176
234	dVem SF76Wind+10% PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	176
235	HW SF76Wind+10%slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	178
236	dHW SF76Wind+10%slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	178
237	tHW SF76Wind+10%slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	179
238	dtHW SF76Wind+10%slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	179
239	DHW300 SF76Wind+10%slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	180
240	dDHW300 SF76Wind+10%slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	180
241	Vfx SF76Wind+10%slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	181
242	dVfx SF76Wind+10%slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	181
243	Vfm SF76Wind+10%slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	182
244	dVfm SF76Wind+10%slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	182
245	Vex SF76Wind+10%slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	183
246	dVex SF76Wind+10%slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	183
247	Vem SF76Wind+10%slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	184
248	dVem SF76Wind+10%slr+25cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	184
249	HW SF76Wind+10%slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	186
250	dHW SF76Wind+10%slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	186



251	tHW SF76Wind+10%slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	187
252	dtHW SF76Wind+10%slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	187
253	DHW300 SF76Wind+10%slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	188
254	dDHW300 SF76Wind+10%slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	188
255	Vfx SF76Wind+10%slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	189
256	dVfx SF76Wind+10%slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	189
257	Vfm SF76Wind+10%slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	190
258	dVfm SF76Wind+10%slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	190
259	Vex SF76Wind+10%slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	191
260	dVex SF76Wind+10%slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	191
261	Vem SF76Wind+10%slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	192
262	dVem SF76Wind+10%slr+80cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	192
263	HW SF76Wind+10%slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	194
264	dHW SF76Wind+10%slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	194
265	tHW SF76Wind+10%slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	195
266	dtHW SF76Wind+10%slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	195
267	DHW300 SF76Wind+10%slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	196
268	dDHW300 SF76Wind+10%slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	196
269	Vfx SF76Wind+10%slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	197
270	dVfx SF76Wind+10%slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	197
271	Vfm SF76Wind+10%slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	198
272	dVfm SF76Wind+10%slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	198
273	Vex SF76Wind+10%slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	199
274	dVex SF76Wind+10%slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	199
275	Vem SF76Wind+10%slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	200
276	dVem SF76Wind+10%slr+115cm PIZ2003 Elbe Teilgebiet West	200

Tabellenverzeichnis

1	Simulationszeitraum	4
2	Zusammenfassung der Ergebnisse HW der Sensitivitätsstudie	5
3	Zusammenfassung der Ergebnisse tHW der Sensitivitätsstudie	6
4	Übersicht Oberwasserereignisse	19
5	Analysezeiträume	19
6	Übersicht Untersuchungsvarianten	21

Verzeichnis der Abkürzungen

Abkürzung	Vollständige Bezeichnung bzw. Erläuterung
BAW	Bundesanstalt für Wasserbau http://www.baw.de/
BAW – DH	Bundesanstalt für Wasserbau – Dienststelle Hamburg
BAWiki	Methoden-Wiki der BAW http://www.baw.de/methoden/index.php5/Hauptseite
DGJ	Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch
DGM	Digitales Geländemodell
DHW	Dauer hoher Wasserstände
dHW	Änderung des höchsten Wasserstands HW
dDHW	Änderung der Dauer hoher Wasserstände DHW
dtHW	Änderung der Eintrittszeit des Hochwassers tHW
DWD	Deutscher Wetterdienst
HHQ	höchster bekannter Wert des Oberwasserzufluss (DIN 4049-3)
HHThw	höchster bekannter Wert des Tidehochwassers (DIN 4049-3)
HN – Modell	hydrodynamisch – numerisches Modell
HW	höchster Wasserstand in einem Zeitraum (DIN 4049-3)
KLIMZUG-Nord	Strategische Anpassungsansätze zum Klimawandel in der Metropolregion Hamburg http://klimzug-nord.de/
KLIWAS	Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt in Deutschland http://www.kliwas.de/
LP	Längsprofil
LP – Elbe	Längsprofil entlang des Elbefahrwassers
Lzkwf	Analyseverfahren zur Ermittlung der tideunabhängigen Kennwerte des Wasserstands http://www.baw.de/methoden/index.php5/LZKWF
MKW	Massenkonsistentes Windfeld, Name des meteorologischen numerischen Modells
NN	Normalnull
NHN	Normalhöhennull (hier identisch zu NN)
PIZ2003	Ist – Zustand (2003)
prf	Profil
Q	Abfluss
QP	Querprofil
qsi	querschnittsintegriert
qsm	querschnittsgemittelt



Abkürzung	Vollständige Bezeichnung bzw. Erläuterung
SF	Sturmflut
SF76	Sturmflutszenario 3. 1. 1976
slr	sea level rise, Meeresspiegelanstieg
Tdkwf	Analyseverfahren zur Ermittlung der tideabhängigen Kennwerte des Wasserstands <i>http://www.baw.de/methoden/index.php5/TDKWF</i>
Tdkvf	Analyseverfahren zur Ermittlung der tideabhängigen Kennwerte der Strömung <i>http://www.baw.de/methoden/index.php5/TDKVF</i>
tHW	Eintrittszeit des HW (DIN 4049-3)
UnTRIM	Unstructured TRIM, Name des hydrodynamischen numerischen Modells <i>http://www.baw.de/Mathematisches_Verfahren_UNTRIM</i>
Vem	mittlere Ebbestromgeschwindigkeit (DIN 4049-3)
Vex	maximale Ebbestromgeschwindigkeit (DIN 4049-3)
Vfm	mittlere Flutstromgeschwindigkeit (DIN 4049-3)
Vfx	maximale Flutstromgeschwindigkeit (DIN 4049-3)

1 Einleitung

Dieser Bildband zur *Sensitivitätsstudie Sturmflut Elbe* stellt die Ergebnisse der in den Projekten KLIWAS und KLIMZUG-NORD durchgeführten Sturmflutuntersuchungen für die Tiefebene vor. Er ist zum einen eine Ergänzung zum Kapitel 5.7 "Sturmfluten in den Ästuaren Elbe, Jade-Weser und Ems" des KLIWAS-Abschlussberichts der Projekte 2.04/3.02 (Seiffert, R. et al., 2014). Der Abschlussbericht ist in der KLIWAS Schriftenreihe als Bericht KLIWAS-36/2014 veröffentlicht und steht auf der KLIWAS Internetseite <http://www.kliwas.de/> zur Verfügung. Zum anderen ergänzt der Bildband das im Rahmen von KLIMZUG-NORD entstandene *Kursbuch Klimaanpassung - Handlungsoptionen für die Metropolregion Hamburg* (KLIMZUG-NORD Verbund, 2014) sowie den Bericht *Wilhelmsburg im Klimawandel - Ist-Situation und zukünftige Veränderungen* (Schlünzen, K.H. and Linde, M., 2014). Diese Berichte sind über die KLIMZUG-NORD Internetseite <http://klimzug-nord.de/> erhältlich.

Im Rahmen der Projekte KLIWAS (Laufzeit: März 2009 bis Dezember 2013) und KLIMZUG-NORD (Laufzeit: April 2009 bis März 2014) werden von der BAW mithilfe dreidimensionaler hydrodynamisch-numerischer Modelle der Ästuare von Elbe, Jade-Weser und Ems in verschiedenen Szenarien zentrale Aspekte möglicher Zukünfte untersucht. In den hier dargestellten Modellrechnungen zu Sturmfluten in der Elbe wird der Meeresspiegel, der Wind und der Abfluss variiert. Alle anderen Parameter werden nicht verändert. Dadurch lassen sich klare Wenn-Dann Aussagen formulieren und mögliche Betroffenheiten ableiten. Die Ergebnisse stellen keine Projektionen dar, sondern vermitteln prinzipiell, welche Auswirkungen z.B. ein Meeresspiegelanstieg auf die Höhe des Sturmflutscheitelwasserstandes hat. In Kapitel 4 ("Methoden") des KLIWAS-Abschlussberichts der Projekte 2.04/3.02 wird die Vorgehensweise allgemein beschrieben. Zudem sind alle im Rahmen von KLIWAS durchgeführten Studien nach NOKIS-Standard mit Metadaten beschrieben und z. B. über <http://www.geoportal.de/> abrufbar.

2 Sensitivitätsstudie zu Sturmfluten

Sturmfluten in den Ästuaren von Elbe, Jade-Weser und Ems werden nicht nur durch die Gezeitendynamik und den Windstau in der Deutschen Bucht beeinflusst, sondern auch Prozesse in den bis zu 100 km tief in die Norddeutsche Tiefebene hineinreichenden Flussmündungsgebieten prägen das Erscheinungsbild einer Sturmflut. So beeinflussen die Wasserstandsentwicklung in der Deutschen Bucht, die lokale Windwirkung über dem Ästuar, der Oberwasserzufluss sowie die Topographie des Ästuars den Sturmflutscheitelwasserstand HW (höchster im Sturmflutzeitraum aufgetretener Wasserstand) entlang des Ästuars.

Im Rahmen einer Sensitivitätsstudie zu Sturmfluten in Zeiten des Klimawandels werden Szenarien untersucht, die zentrale Elemente einer möglichen Zukunft hervorheben. Als zentrale Elemente einer möglichen Zukunft werden z. B. eine Zunahme der Niederschläge im Winter (Becker, 2012) und die daraus resultierenden höheren Abflüsse (Horsten, T. et al., 2012) in der Sturmflutsaison, eine Zunahme der Windgeschwindigkeiten oder ein Meeresspiegelanstieg in der Deutschen Bucht (Heinrich, H. et al., 2012) genannt.

In einer Sensitivitätsstudie wird der Einfluss folgender Parameter auf den Sturmflutscheitelwasserstand entlang der Ästuar untersucht:

- Zunahme des Oberwasserzuflusses: Sturmflutszenarien werden mit dem gemessenen Abfluss sowie mit jeweils drei erhöhten Abflüssen (2000 m³/s, 3000 m³/s und 4000 m³/s für Elbe und Weser sowie 350 m³/s, 700 m³/s und 1200 m³/s für die Ems) kombiniert. Der höchste untersuchte Wert entspricht dem heutigen HHQ (höchste bekannter Wert; siehe Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch DGJ, 2011 bzw. DGJ, 2012) des jeweiligen Ästuares;
- Erhöhung des lokalen Windes über dem Ästuar um 5 % und 10 %;
- Meeresspiegelanstieg in der Nordsee: Sturmflutszenarien werden mit einem Meeresspiegelanstieg von 25 cm, 80 cm und 115 cm kombiniert (zur Einordnung der Werte siehe Gönnert, G. et al., 2009).

Das Ziel dieser Sensitivitätsstudie ist es, ein besseres Verständnis für die Variationsbreite der Sturmflutscheitelwasserstände unter heutigen und möglichen zukünftigen Randbedingungen zu erhalten. Dabei wird davon ausgegangen, dass sich die Charakteristik zukünftiger Sturmfluten durch einen Klimawandel nicht grundsätzlich ändert (Seiffert, R. et al., 2014). Deswegen kann die Sensitivitätsstudie auf der Grundlage von historischen, sehr hohen Sturmfluten (Sturmflut 3. Januar 1976 (SF76) in Elbe und Jade-Weser, Sturmflut 1. November 2006 (SF06) in der Ems) durchgeführt werden.

Der Einsatz von hydrodynamisch numerischen (HN-) Modellen (hier UnTRIM siehe Casulli, V. and Walters, R.A., 2000 bzw. BAW, 2004c) ermöglicht es, den Einfluss der genannten Prozesse auf den Wasserstandsverlauf bei Sturmflut jeweils einzeln zu untersuchen.

Die Modellgebiete von Elbe, Jade-Weser und Ems umfassen den bei Sturmflut betroffenen Bereich der Ästuar. Landseitig werden sie durch die heutige Deichlinie begrenzt. Bei Sturmflut sowie bei hohen Oberwasserzuflüssen werden die Wehre Geesthacht (Elbe), Hemelingen (Weser), Herbrum (Ems) und Bollingerfähr (Ems) gelegt und begrenzen somit nicht mehr den tidebeeinflussten Bereich der genannten Flüsse. Die Modelltopographien beschreiben den Zustand 2003 (Elbe und Jade-Weser) bzw. 2006 (Ems).

Die Wasserstandsentwicklung am offenen Rand zur Nordsee wird für den heutigen Zustand (Referenzszenario) aus gemessenen Wasserstandszeitreihen erzeugt. Der Anstieg des Meeresspiegels (slr) in der Deutschen Bucht wird durch ein Anheben der Wasserstandsrandwerte im Simulationszeitraum (siehe Tabelle 1 auf Seite 4) um 25 cm, 80 cm und 115 cm berücksichtigt.

Für die Referenzszenarien wird der während der zugrunde liegenden historischen Sturmfluten (SF76 und SF06) herrschende Abfluss vorgegeben. Für die Oberwasserzuflusszenarien werden die angegebene erhöhten Abflüsse im gesamten Simulationszeitraum (siehe Tabelle 1 auf Seite 4) im HN-Modell berücksichtigt.

Die Windfelder für die untersuchten Sturmflutzeiträume wurden vom DWD bereit gestellt. Für die Windszenarien werden die Beträge der Windgeschwindigkeiten im Simulationszeitraum (siehe Tabelle 1 auf Seite 4) um 5 % bzw. 10 % erhöht.

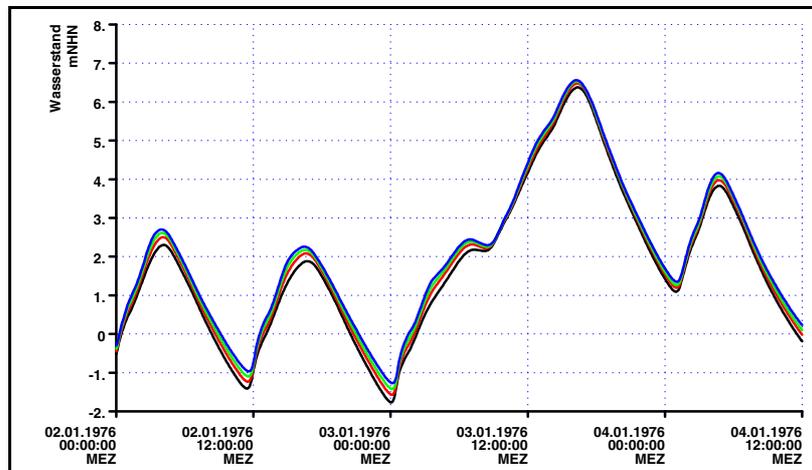


Bild 1: Zeitreihe des Wasserstandes bei Elbe - km 640 (Schulau) für die Sturmflutszenarien SF76 Q500 (schwarz, as01), Q2000 (rot, v83q2), Q3000 (grün, v83q3) und Q4000 (blau, v83q4).

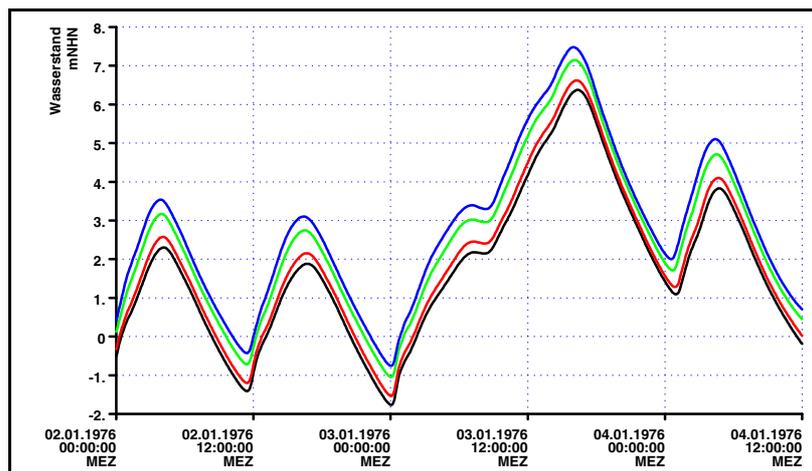


Bild 2: Zeitreihe des Wasserstandes bei Elbe - km 640 (Schulau) für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (schwarz, as01), slr+25 cm (rot, as02), slr+80 cm (grün, as04) und slr+115 cm (blau, as05).

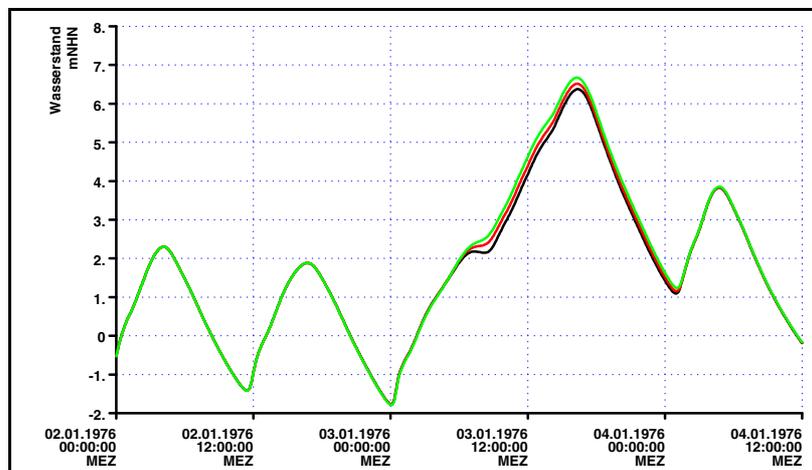


Bild 3: Zeitreihe des Wasserstandes bei Elbe - km 640 (Schulau) für die Sturmflutszenarien SF76 ohne Windveränderung (schwarz, as01), Wind+5% (rot, as17) und Wind+10% (grün, as21).

Ästuar	Szenario	Simulationszeitraum		
Elbe	SF76	1. 1. 1976 2:00 Uhr	bis	4. 1. 1976 13:00 Uhr
Jade-Weser	SF76	1. 1. 1976 1:30 Uhr	bis	4. 1. 1976 18:00 Uhr
Ems	SF06	28. 10. 2006 0:00 Uhr	bis	2. 11. 2006 13:00 Uhr

Tabelle 1: *Simulationszeiträume für die Sturmflutszenarien SF76 (Elbe und Jade-Weser) bzw. SF06 (Ems)*

Die Bilder 1 bis 3 auf der vorherigen Seite zeigen beispielhaft die Wasserstandsentwicklung bei Schulau in der Unterelbe (Elbe - km 640) für ausgewählte Oberwasserzufluss-, lokaler Wind- und Meeresspiegelanstiegsszenarien basierend auf dem Sturmflutszenario SF76. Man erkennt, dass sowohl der Abfluss Q als auch der Meeresspiegelanstieg slr die Höhe und die Eintrittszeit des Tideniedrigwassers T_{nw} und des Tidehochwassers T_{hw} am Tag vor der Sturmflut beeinflussen. Die Höhe des Sturmflutscheitelwasserstandes HW und die Eintrittszeit des Sturmflutscheitelwasserstandes t_{HW} sowie die Dauer hoher Wasserstände DHW werden vom Abfluss, vom lokalen Wind über der Elbe und vom Meeresspiegelanstieg in der Deutschen Bucht beeinflusst. Der Sturmflutscheitelwasserstand wird höher und tritt früher ein. Hohe Wasserstände, z.B. höher als $NHN + 3,00$ m treten länger auf.

Die Sturmflutscheitelwasserstände HW entlang der Ästuar von Elbe, Weser und Ems für das Szenario Meeresspiegelanstieg sind in Bild 4 auf Seite 8 dargestellt. Bei der Modellierung der Szenarien für die Ems wird von einem geöffneten Sturmflutsperrwerk bei Gandersum (Ems-km 32) ausgegangen. Der Einfluss eines Meeresspiegelanstieges um 25 cm, 80 cm und 115 cm auf die Sturmflutscheitelwasserstände ist bis tief in die Ästuar von Elbe, Weser und Ems hinein zu erkennen.

Erhöht sich zusätzlich im Sturmflutzeitraum der Abfluss, so verändert dies zusätzlich die Höhe des Sturmflutscheitelwasserstandes. Beispielhaft sind in Bild 6 auf Seite 10 die Sturmflutscheitelwasserstände für einen Abfluss in Elbe und Weser von $3000 \text{ m}^3/\text{s}$ bzw. in der Ems von $700 \text{ m}^3/\text{s}$ eingetragen. Im Mündungsbereich verändert ein erhöhter Abfluss die Sturmflutscheitelwasserstände um weniger als ± 1 cm. Im mittleren Bereich der Ästuar wird der Sturmflutscheitelwasserstand zusätzlich um mehrere Zentimeter und im oberen Bereich um mehrere Dezimeter erhöht. Es zeigt sich, dass bei Sturmflut die Wasserstände im Mündungsbereich durch das Geschehen in der Nordsee, d.h. Sturmflut und Meeresspiegelanstieg geprägt sind, während die Wasserstände im oberen Bereich der Ästuar durch das Geschehen im Binnenland, d.h. den Abfluss, geprägt sind.

Zusammenfassend sind die Ergebnisse der Sensitivitätsstudie zum Sturmflutscheitelwasserstand in Tabelle 2 dargestellt. Im Mündungsbereich der Ästuar wird der Sturmflutscheitelwasserstand durch das Geschehen in der Nordsee beeinflusst. Eine Erhöhung des Meeresspiegels führt zu einer Erhöhung des Sturmflutscheitelwasserstandes in der gleichen Größenordnung. Eine Zunahme des Oberwasserzuflusses beeinflusst die Sturmflutscheitelwasserstände im Mündungsbereich nur geringfügig (± 1 cm). Bei einer Kombination von Meeresspiegelanstieg mit einer Zunahme des Oberwasserzuflusses dominiert der Effekt des Mee-

resspiegelanstieges. Eine Zunahme der lokalen Windgeschwindigkeit über den Ästuaren um 5 % bzw. 10 % erhöht die Sturmflutscheitelwasserstände um bis zu 30 cm. Bei einer Kombination von Meeresspiegelanstieg mit einer Zunahme der Windgeschwindigkeit summieren sich die Effekte von Meeresspiegelanstieg und Windgeschwindigkeitszunahme. Im oberen Bereich der Ästuar wird der Sturmflutscheitelwasserstand durch das Geschehen im Binnenland beeinflusst. Eine Zunahme des Oberwasserzuflusses kann den Sturmflutscheitelwasserstand um mehrer Dezimeter anheben. Im Binnenbereich, z.B. in der Elbe bei Bleckede, ist der Wasserstand lediglich durch den Abfluss bestimmt. Der Einfluss des Meeresspiegelanstieges nimmt z.B. stromauf des Wehres Geesthacht (Elbe-km 585) deutlich ab (siehe Bild 4 auf Seite 8 oben). Im mittleren Bereich der Ästuar wird der Sturmflutscheitelwasserstand sowohl durch das Geschehen über der Nordsee (Meeresspiegelanstieg), das Geschehen über dem Ästuar (Zunahme der lokalen Windgeschwindigkeit) als auch dem Geschehen im Binnenland (Oberwasserzufluss) beeinflusst.

Szenarien	Ästuarmündung	mittleres Ästuar	oberes Ästuar
Oberwasserzufluss Q	$\pm 1 \text{ cm}$	5 cm bis 30 cm	10 cm bis 100 cm
Meeresspiegelanstieg slr	+ slr	+ slr $\pm 10 \text{ cm}$	+ slr $\pm 10 \text{ cm}$
Kombination Q und slr	+ slr	$\leq (\text{slr} + Q)$	$\leq (\text{slr} + Q)$
Windgeschwindigkeit	bis zu 10 cm	bis zu 30 cm	bis zu 30 cm
Kombination Wind und slr	$\sim(\text{slr} + \text{Wind})$	$\sim(\text{slr} + \text{Wind})$	$\sim(\text{slr} + \text{Wind})$

Tabelle 2: Bedeutung der untersuchten Variation der Einflussgrößen bzw. ihrer Kombination für die Höhe der Sturmflutscheitelwasserstände HW entlang der Ästuar von Elbe, Weser und Ems.

Zusätzlich zur Höhe des Sturmflutscheitelwasserstandes verändert sich durch den Meeresspiegelanstieg auch die Eintrittszeiten des Sturmflutscheitelwasserstandes. Bezogen auf einen Ort in der Mündung der Ästuar treten die Sturmflutscheitelwasserstände bei einem Meeresspiegelanstieg im zentralen Ästuar früher ein.

Beispielhaft sind für Hamburg (Elbe-km 623), Bremen (Weser-km 0) und Emden (Ems-km 40) die Eintrittszeiten im Referenzszenario mit heutigem Meeresspiegel bezogen auf die Elbmündung (Elbe-km 748), die Wesermündung (Weser-km 126) und die Emsmündung (Ems-km 107) in Tabelle 3 dargestellt. Erhöht sich der Meeresspiegel um 25 cm, 80 cm oder 115 cm so treten die Sturmflutscheitelwasserstände 3 Minuten bis 27 Minuten früher ein. In Elbe und Ems treten die Sturmflutscheitelwasserstände in Hamburg bzw. Emden mit zunehmendem Meeresspiegelanstieg früher ein. In der Weser ist diese systematische Veränderung nicht zu beobachten. Hier beeinflusst zusätzlich die je nach Meeresspiegelanstieg unterschiedliche Wirkung der von den Sommerdeichen gebildeten Polder die Eintrittszeit des Sturmflutscheitelwasserstandes in Bremen. Bei einem Meeresspiegelanstieg ist bei Sturmflut mit einer Verkürzung der Vorwarnzeiten für die Bevölkerung und die Deichverteidigung sowie das Räumen von überflutungsgefährdeten Hafengebieten zu erwarten.

Durch einen Meeresspiegelanstieg verändert sich die Dauer hoher Wasserstände. Entwässerungssystem und Siele ohne Pumpen sind auf Wasserstandsgefälle zum Ästuar ange-

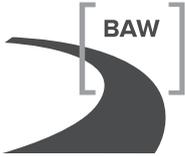
Szenario	SF76	SF76	SF06
	Hamburg (Elbe)	Bremen (Weser)	Emden (Ems)
	tHW [min]	tHW [min]	tHW [min]
SF_ref	182	239	101
	dtHW [min]	dtHW [min]	dtHW [min]
slr + 25 cm	3	19	7
slr + 80 cm	9	5	21
slr + 115 cm	13	7	27

Tabelle 3: Eintrittszeit tHW des Sturmflutscheitelwasserstandes sowie Änderung der Eintrittszeit des Sturmflutscheitelwasserstandes auf Grund eines Meeresspiegelanstieges (slr).

wiesen. Auch Hafenanlagen können bei extrem hohen Wasserständen nicht genutzt werden. Schleusen und Sperrwerke werden bei Sturmflut geschlossen und bilden so Einschränkungen für den Schiffsverkehr.

In einer Sensitivitätsstudie zu Sturmfluten in Elbe, Jade-Weser und Ems werden systematische Variationen der Parameter durchgeführt, die sich durch den Klimawandel ändern können. Die Sturmflutscheitelwasserstände im Mündungsbereich der Ästuare werden durch das Geschehen in der Nordsee, d.h. die Sturmflut und der Meeresspiegelanstieg, bestimmt. Im Ästuar wird der Sturmflutscheitelwasserstand sowohl durch das Geschehen in der Nordsee, das Geschehen über dem Ästuar (lokaler Wind) als auch das Geschehen im Binnenbereich (Abfluss) geprägt. Die betrachteten Szenarien führen zu einer Zunahme der Sturmflutscheitelwasserstände, einer früheren Eintrittszeit der Sturmflutscheitelwasserstände sowie einer längeren Dauer hoher Wasserstände. Es ist davon auszugehen, dass die bekannten Probleme bei Sturmfluten durch den Klimawandel verstärkt werden.

Im Falle eines Meeresspiegelanstieges sollte die Wirksamkeit des Küstenschutzes entlang des gesamten Ästuars überprüft werden. Bei einer zusätzlichen Erhöhung des Abflusses bei Sturmflut sollte besonders auf die Wirksamkeit des Küstenschutzes in den oberen Bereichen der Ästuare geachtet werden. Der frühere Eintritt des Sturmflutscheitels durch einen Meeresspiegelanstieg verkürzt die Vorwarnzeit für z.B. das Räumen überflutunggefährdeter Hafengebiete. Die durch einen Meeresspiegelanstieg verursachte längere Dauer hoher Wasserstände kann z.B. zu Problemen bei der Entwässerung in die Ästuare führen. Die Ergebnisse dieser Sensitivitätsstudie tragen dazu bei, Betroffenheiten entlang der Ästuare zu finden und dann geeignete Anpassungsmaßnahmen zu entwickeln.



2.1 Vergleich Elbe, Weser und Ems: Sturmflutscheitelwasserstand entlang der Ästuare bei einem Meeresspiegelanstieg

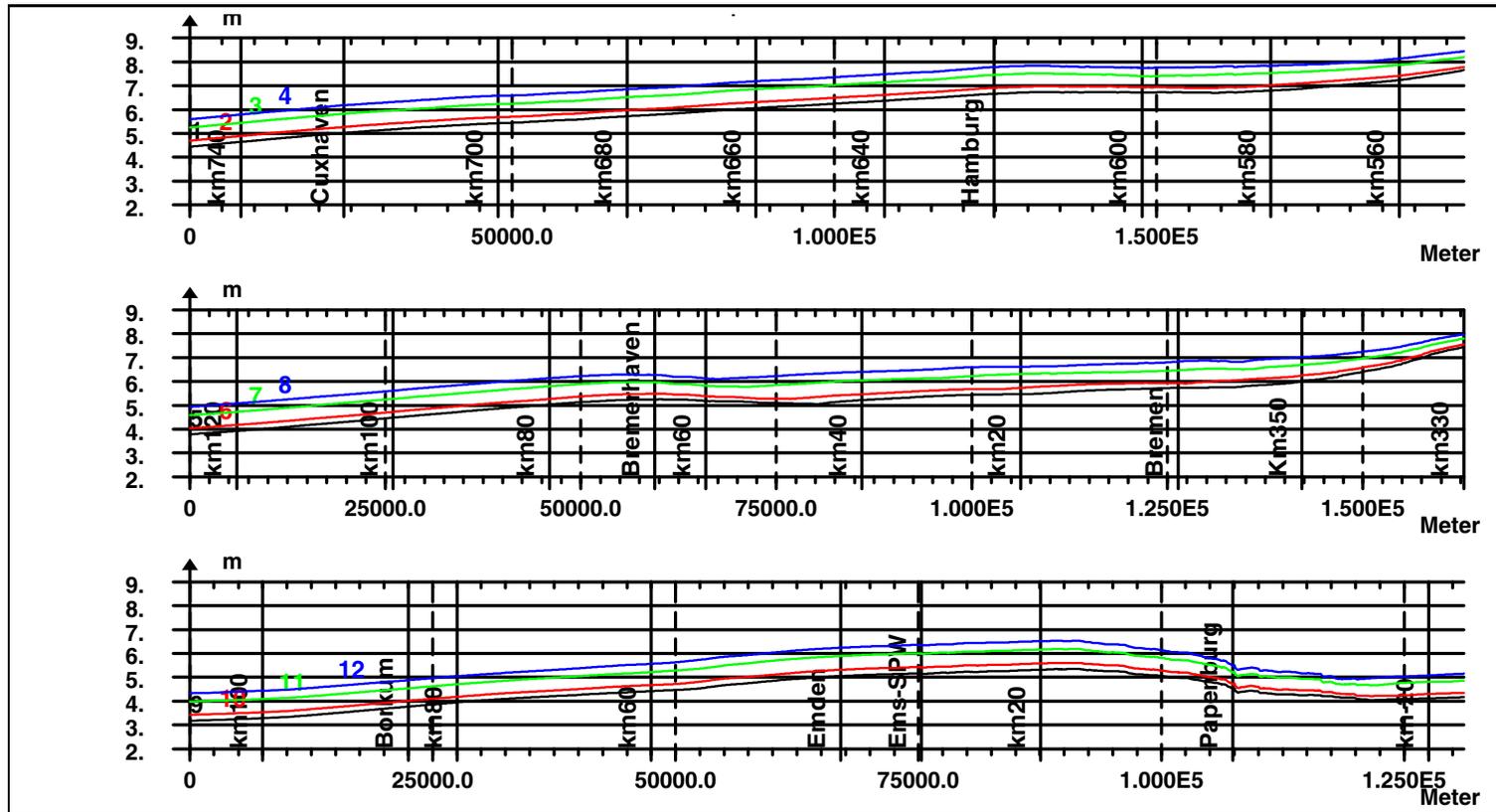


Bild 4: Vergleich Sturmflutscheitelwasserstand HW Elbe, Weser und Ems mit Meeresspiegelanstieg.

Elbe (Q500, oben): für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04) und slr+115 cm (as05) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 748 bis Elbe-km 550.

Weser (Q250, Mitte): für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (er011), slr+25 cm (aj14), slr+80 cm (aj15) und slr+115 cm (er31) entlang des Weserfahrwassers von Weser-km 126 bis Weser-km 330.

Ems (Q32, unten): für die Sturmflutszenarien SF06 ohne slr (v10), slr+25 cm (smp25), slr+80 cm (mslp80) und slr+115 cm (mslp115) entlang des Emsfahrwassers von Ems-km 107 bis Ems-km 23.



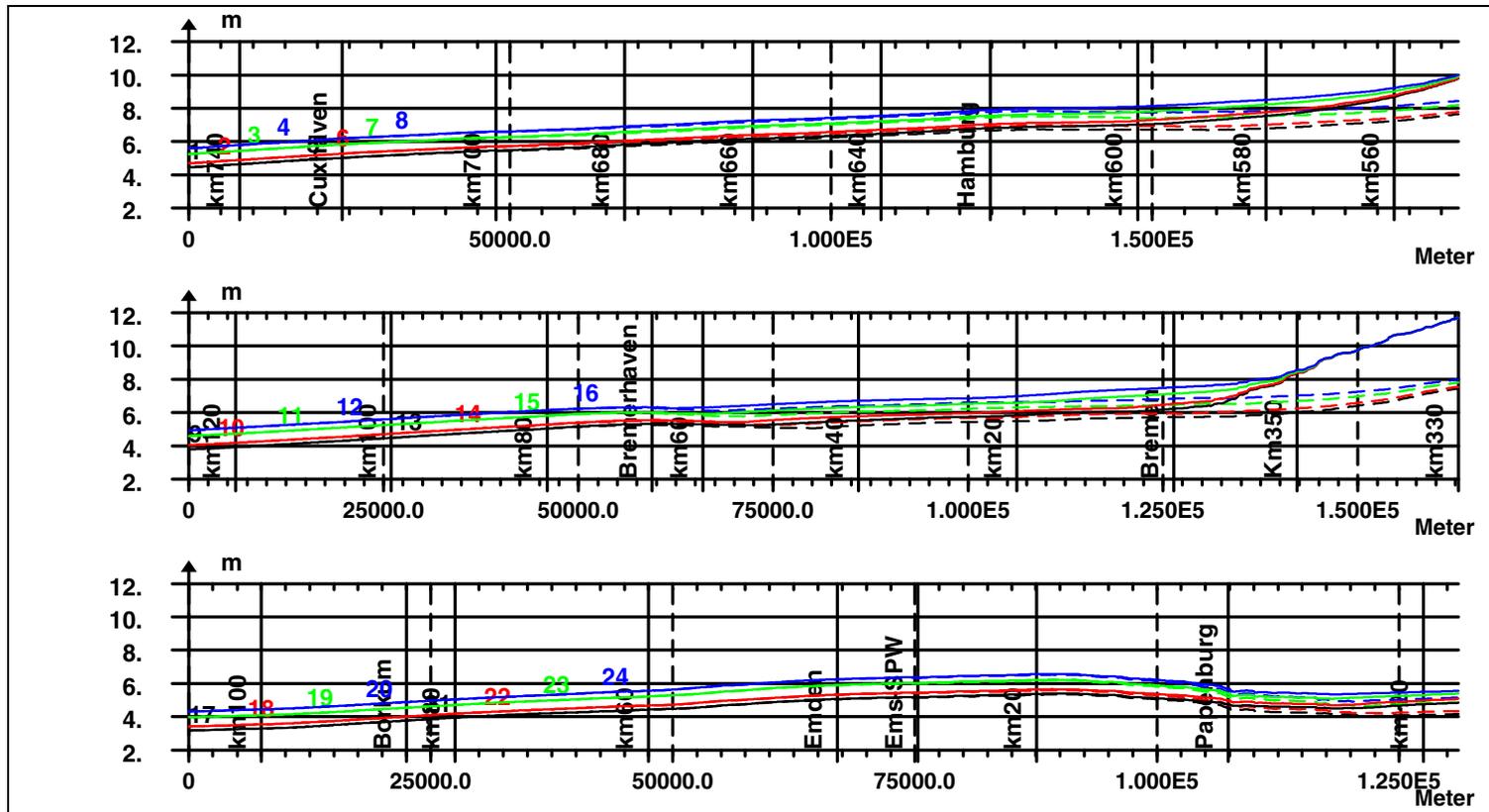


Bild 5: Vergleich Sturmflutcheitelwasserstand HW Elbe, Weser und Ems mit Meeresspiegelanstieg und erhöhtem Abfluss.
 Elbe (oben): für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04) und slr+115 cm (as05) (gestrichelt), Q2000 (v83q2), Q2000slr+25 cm (as25), Q2000slr+80 cm (as08) und Q2000slr+115 cm (er33) (durchgezogen) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 748 bis Elbe-km 550.
 Weser (Mitte): für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (er011), slr+25 cm (aj14), slr+80 cm (aj15) und slr+115 cm (er31), Q2000 (aj111a), Q2000slr+25 cm (aj20), Q2000slr+80 cm (aj21) und Q2000slr+115 cm (er33) (durchgezogen) entlang des Weserfahrwassers von Weser-km 126 bis Weser-km 330.
 Ems (unten): für die Sturmflutszenarien SF06 ohne slr (v10), slr+25 cm (smp25), slr+80 cm (mslp80) und slr+115 cm (mslp115), Q350 (q350), Q350slr+25 cm (q3sm25), Q350slr+80 cm (q3m80) und Q350slr+115 cm (q3m115) (durchgezogen) entlang des Emsfahrwassers von Ems-km 107 bis Ems-km-23.

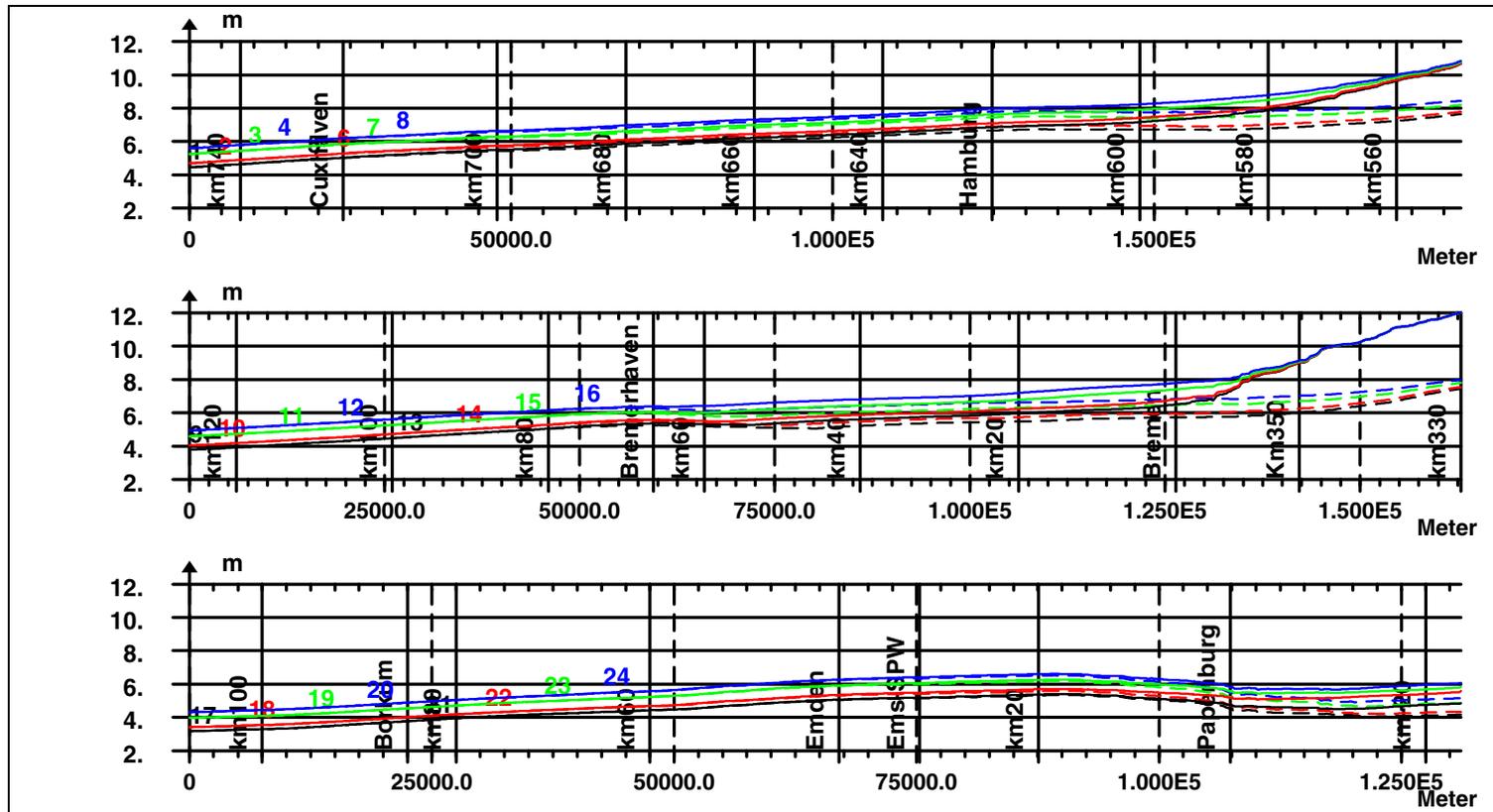


Bild 6: Vergleich Sturmflutscheitelwasserstand HW Elbe, Weser und Ems mit Meeresspiegelanstieg und erhöhtem Abfluss.

Elbe (oben): für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04) und slr+115 cm (as05) (gestrichelt), Q3000 (v83q3), Q3000slr+25 cm (as26), Q3000slr+80 cm (as11) und Q3000slr+115 cm (er34) (durchgezogen) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 748 bis Elbe-km 550.

Weser (Mitte): für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (er011), slr+25 cm (aj14), slr+80 cm (aj15) und slr+115 cm (er31), Q3000 (aj121), Q3000slr+25 cm (aj23), Q3000slr+80 cm (aj24) und Q3000slr+115 cm (er34) (durchgezogen) entlang des Weserfahrwassers von Weser-km 126 bis Weser-km 330.

Ems (unten): für die Sturmflutszenarien SF06 ohne slr (v10), slr+25 cm (smp25), slr+80 cm (mslp80) und slr+115 cm (mslp115), Q700 (q700), Q700slr+25 cm (q7sm25), Q700slr+80 cm (q7m80) und Q700slr+115 cm (q7m115) (durchgezogen) entlang des Emsfahrwassers von Ems-km 107 bis Ems-km-23.



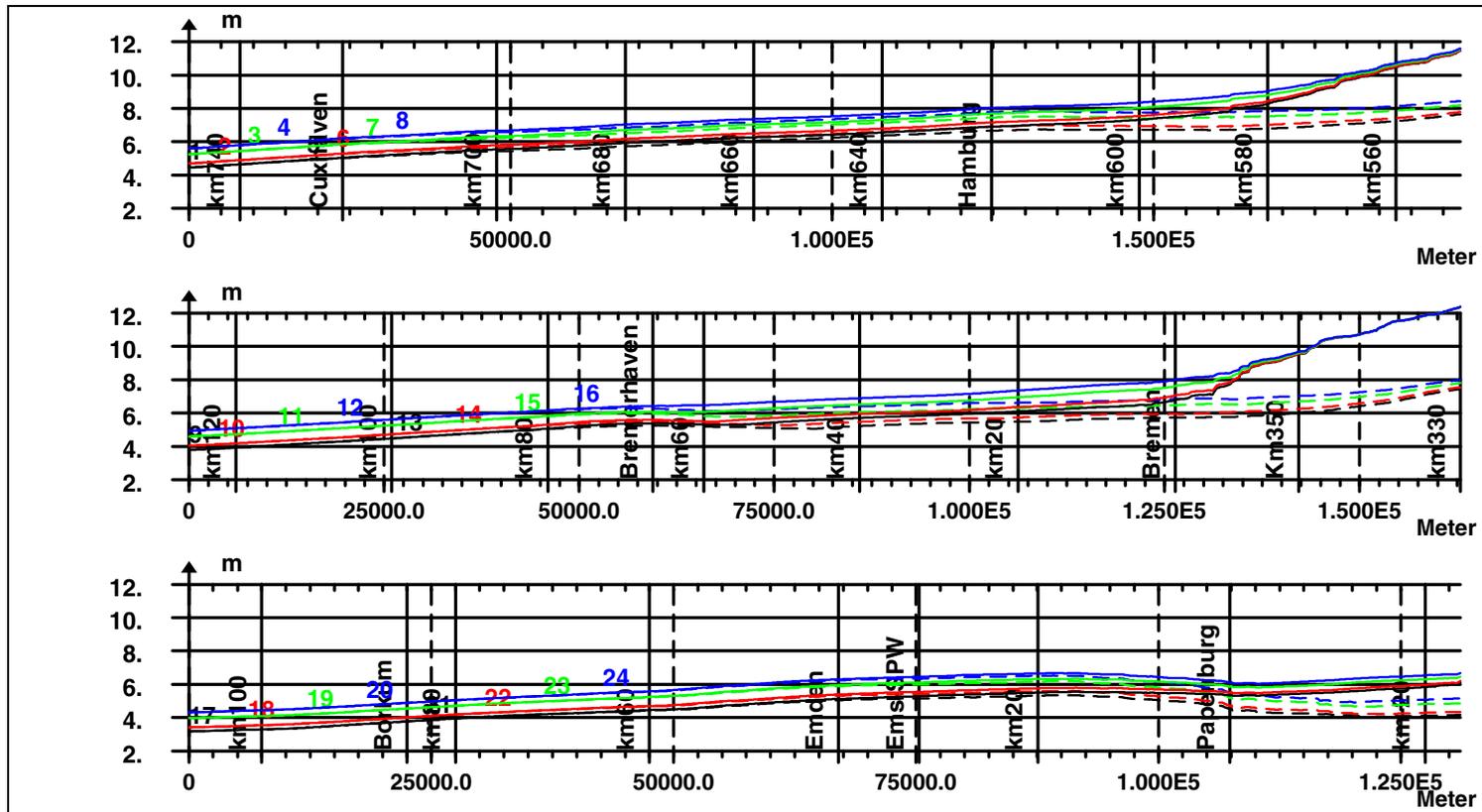


Bild 7: Vergleich Sturmflutsscheitelwasserstand HW Elbe, Weser und Ems mit Meeresspiegelanstieg und erhöhtem Abfluss.

Elbe (oben): für die Sturmflutsszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04) und slr+115 cm (as05) (gestrichelt), Q4000 (v83q4), Q4000slr+25 cm (as27), Q4000slr+80 cm (as14) und Q4000slr+115 cm (er35) (durchgezogen) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 748 bis Elbe-km 550.

Weser (Mitte): für die Sturmflutsszenarien SF76 ohne slr (er011), slr+25 cm (aj14), slr+80 cm (aj15) und slr+115 cm (er31), Q4000 (aj131), Q4000slr+25 cm (aj26), Q4000slr+80 cm (aj27) und Q4000slr+115 cm (er35) (durchgezogen) entlang des Weserfahrwassers von Weser-km 126 bis Weser-km 330.

Ems (unten): für die Sturmflutsszenarien SF06 ohne slr (v10), slr+25 cm (smp25), slr+80 cm (mslp80) und slr+115 cm (mslp115), Q700 (q700), Q700slr+25 cm (q7sm25), Q700slr+80 cm (q7m80) und Q700slr+115 cm (q7m115) (durchgezogen) entlang des Emsfahrwassers von Ems-km 107 bis Ems-km-23.

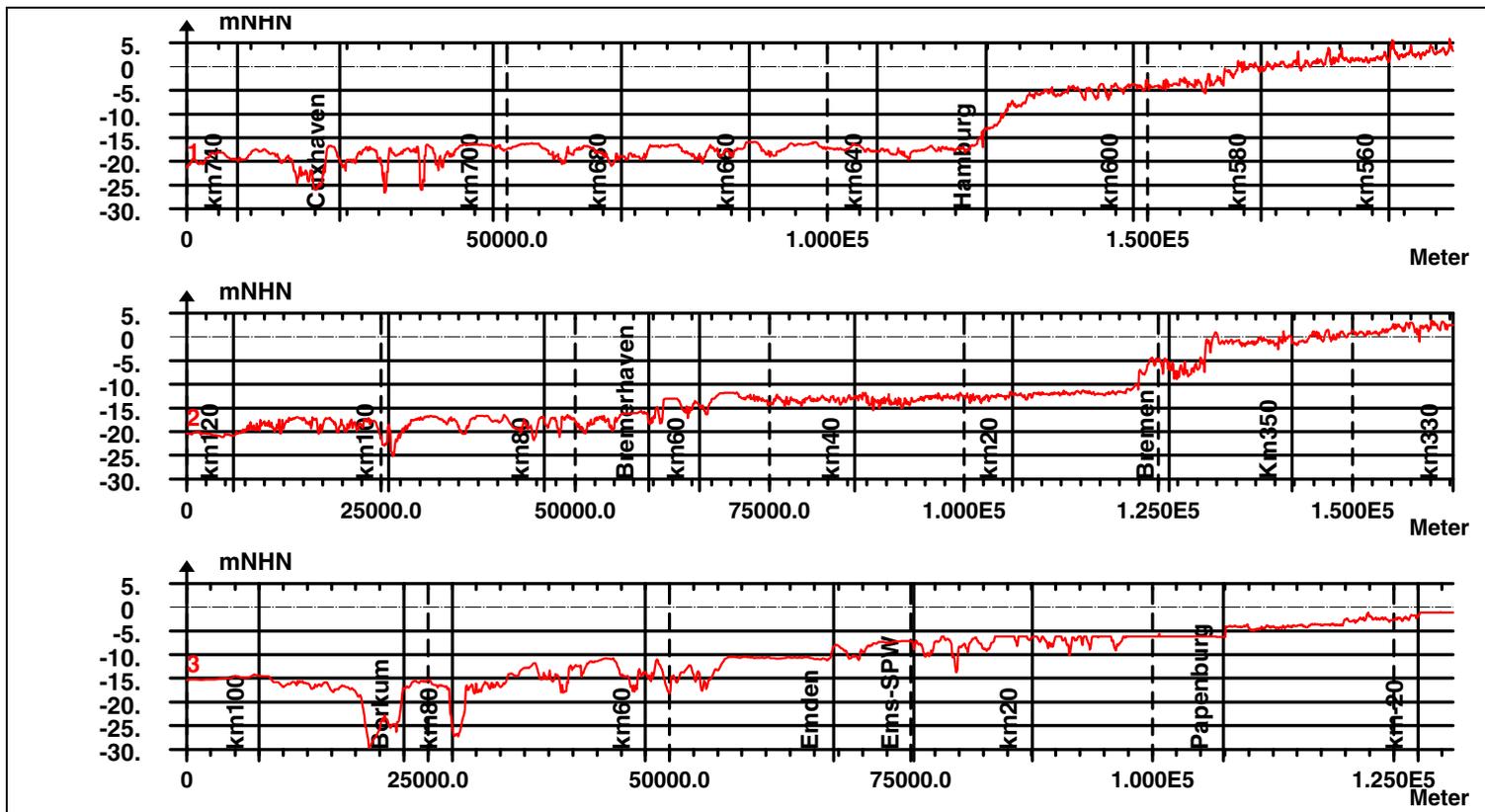


Bild 8: Topographie der HN-Modelle für das Elbe-Ästuars entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 748 bis Elbe-km 550 (oben), des Weser-Ästuars entlang des Weserfahrwassers von Weser-km 126 bis Weser-km 330 (Mitte) und des Ems-Ästuars entlang des Emsfahrwassers von Ems-km 107 bis Ems-km-23 (unten)



2.2 Modellierung und Analyse des Sturmflutszenarios SF76 in der Elbe

2.2.1 Das mathematische Modell des Elbe – Ästuars

Für die in diesem Bildatlas vorgestellten Untersuchungen im Rahmen von KLIWAS und KLIMZUG-NORD wird das hydronumerischen Modellverfahrens *UnTRIM* (Casulli, V. and Walters, R.A., 2000) eingesetzt. Das auf der Methode der Finiten Differenzen / Finiten Volumen basierende drei - dimensional mathematische Verfahren *UnTRIM* dient der Simulation stationärer und instationärer Strömungs- und Transportprozesse in Gewässern mit freier Wasseroberfläche. *UnTRIM* verwendet ein unstrukturiertes orthogonales Gitter. Auf der Grundlage des genannten HN – Verfahrens wird unter Berücksichtigung der Topographie des Elbe – Ästuars ein Modell der Elbe gebildet.

Eine detaillierte Beschreibung des Verfahrens findet sich im *Mathematical Model UnTRIM – Validation Document* (BAW, 2004c). Grundlage des Verfahrens *UnTRIM* sind Differentialgleichungen, die eine mathematische Formulierung der physikalischen Erhaltungssätze für das Wasservolumen und den Impuls der Strömung darstellen.

Mit diesem Berechnungsverfahren können flächendeckend für jeden aktiven Gitterpunkt und Zeitschritt u. a. folgende physikalische Größen berechnet und ausgegeben werden:

- Wasserspiegelauslenkung (bezüglich NHN) und
- Strömungsgeschwindigkeit (tiefengemittelt).

Bei der Berechnung der aufgezählten physikalischen Größen berücksichtigt das mathematische Modell des Elbe – Ästuars folgende, die Tidedynamik beeinflussende Prozesse:

- Gezeiten,
- Oberwasserzufluss,
- Trockenfallen und Überfluten von Wattflächen,
- Sohlreibung,
- Impulseintrag durch Wind,
- turbulente Diffusion des Strömungsimpulses,
- Corioliskraft sowie den
- advektiven Impulstransport.

Die räumliche und zeitliche Variabilität des lokalen Windfeldes erzeugt einen zusätzlichen räumlich und zeitlich variablen Impulseintrag aus der Atmosphäre, der Strömung und Wasserstand von Flüssen und Ästuaren kleinräumig beeinflusst. Dieser Effekt ist bei Extremereignissen wie Sturmfluten nicht zu vernachlässigen und muss deshalb im Rahmen dieser Untersuchungen im HN – Modell berücksichtigt werden.

Der Impulseintrag aus der Atmosphäre wird parametrisiert und durch die Windschubspannung $\vec{\tau}_{wind}$ beschrieben:

$$\vec{\tau}_{Wind} = \rho_{Luft} C_D \vec{v}_{10, Wind} |\vec{v}_{10, Wind}|.$$

Hierbei bezeichnet ρ_{Luft} die Dichte der Luft und $\vec{v}_{10, Wind}$ die Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe über Grund. Für die vorliegenden Untersuchungen wird der Impulsaustauschkoeffizient C_D mit den von Smith und Banke (Smith, S.D. and Banke, E.G, 1975) vorgeschlagenen Koeffizienten berechnet:

$$C_D = (0.63 + 0.066 |\vec{v}_{10, Wind}|) 10^{-3}.$$

2.2.2 Modellgebiet Elbe

Das Modellgebiet des verwendeten HN-Modells umfasst die folgenden Gebiete:

- Außenelbe bis Elbe – km 756,
- Untere Elbe und
- Mittlere Elbe bis Bleckede (Elbe – km 550).

Bei der Festlegung der Grenzen (Berandung) des Simulationsgebietes werden folgende Kriterien beachtet:

- Da bei hohem Oberwasserzufluss ($> 1100 \text{ m}^3/\text{s}$) oder Sturmflut das Wehr Geesthacht gelegt wird, reicht das Modellgebiet bis Bleckede.
- Da bei Sturmflut die Nebenflüsse der Elbe durch Sperrwerke von der Elbe getrennt sind, werden diese im Modell nicht berücksichtigt.

Ausgehend von den vorstehend ausgeführten Kriterien wurde das in Bild 9 auf der nächsten Seite dargestellte Modellgebiet gewählt. Der seeseitige Rand des Modellgebietes wird durch die gedachte Linie von Cuxhaven – Sahlenburg über Neuwerk, Scharhörn, Bake A, Bake Z bis Blauortsand und dann nach Osten zur Schleswig – Holsteinischen Küste gebildet. Landseitig endet das Modell bei Bleckede. Das Gebiet des Elbe – Ästuars ist bis zur Deichlinie nachgebildet.

Bild 10 auf Seite 16 zeigt in Rot das Längsprofil der Sohlage entlang des Elbefahrwassers für den *Ist-Zustand 2003* (PIZ2003) zwischen Elbe – km 748 in der Außenelbe und Elbe – km 550 bei Bleckede.

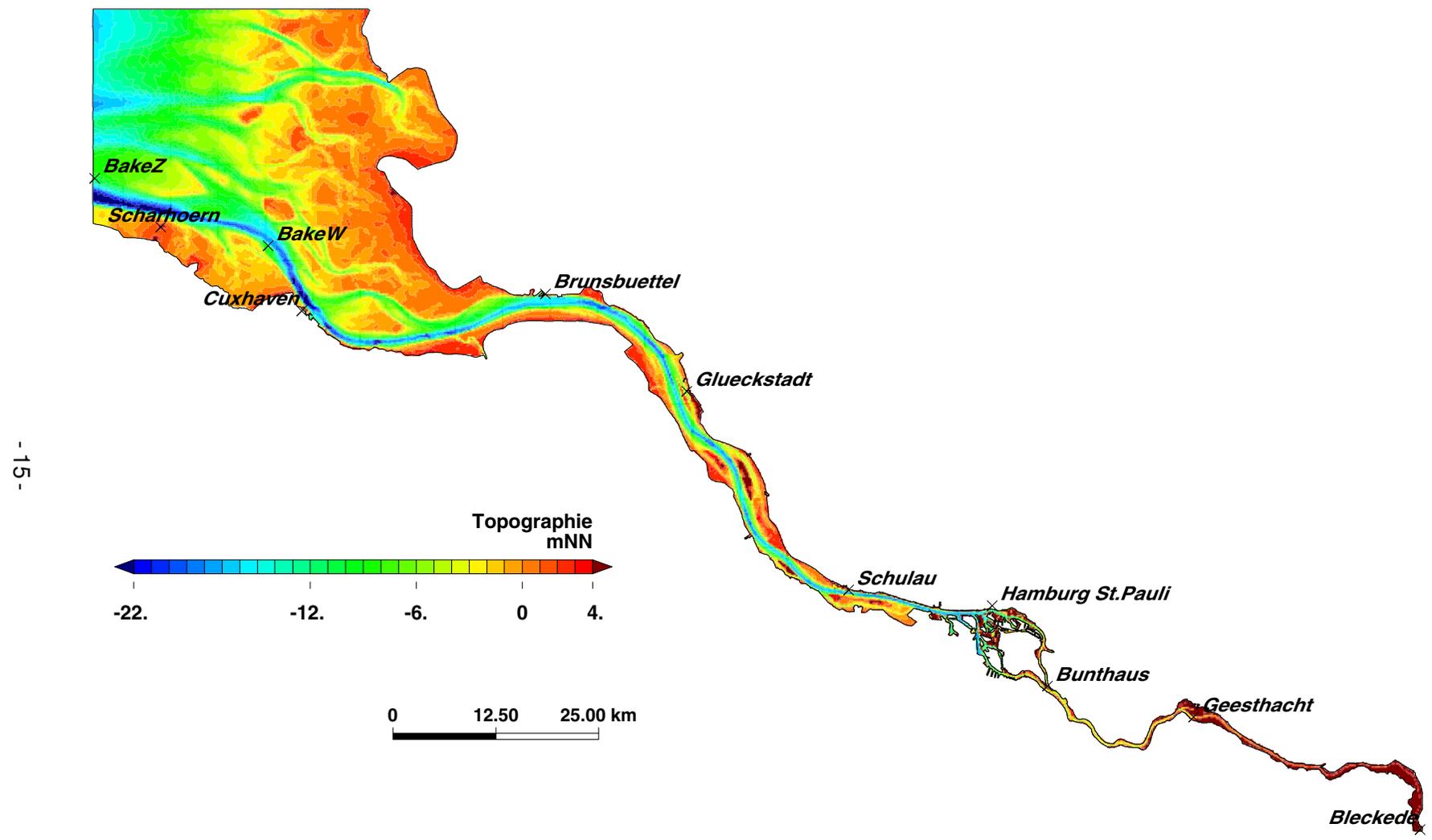


Bild 9: Topographie des HN-Modells des Elbe-Ästuars für Sturmflutuntersuchungen (Ist-Zustand PIZ2003) mit ausgewählten Pegelorten.

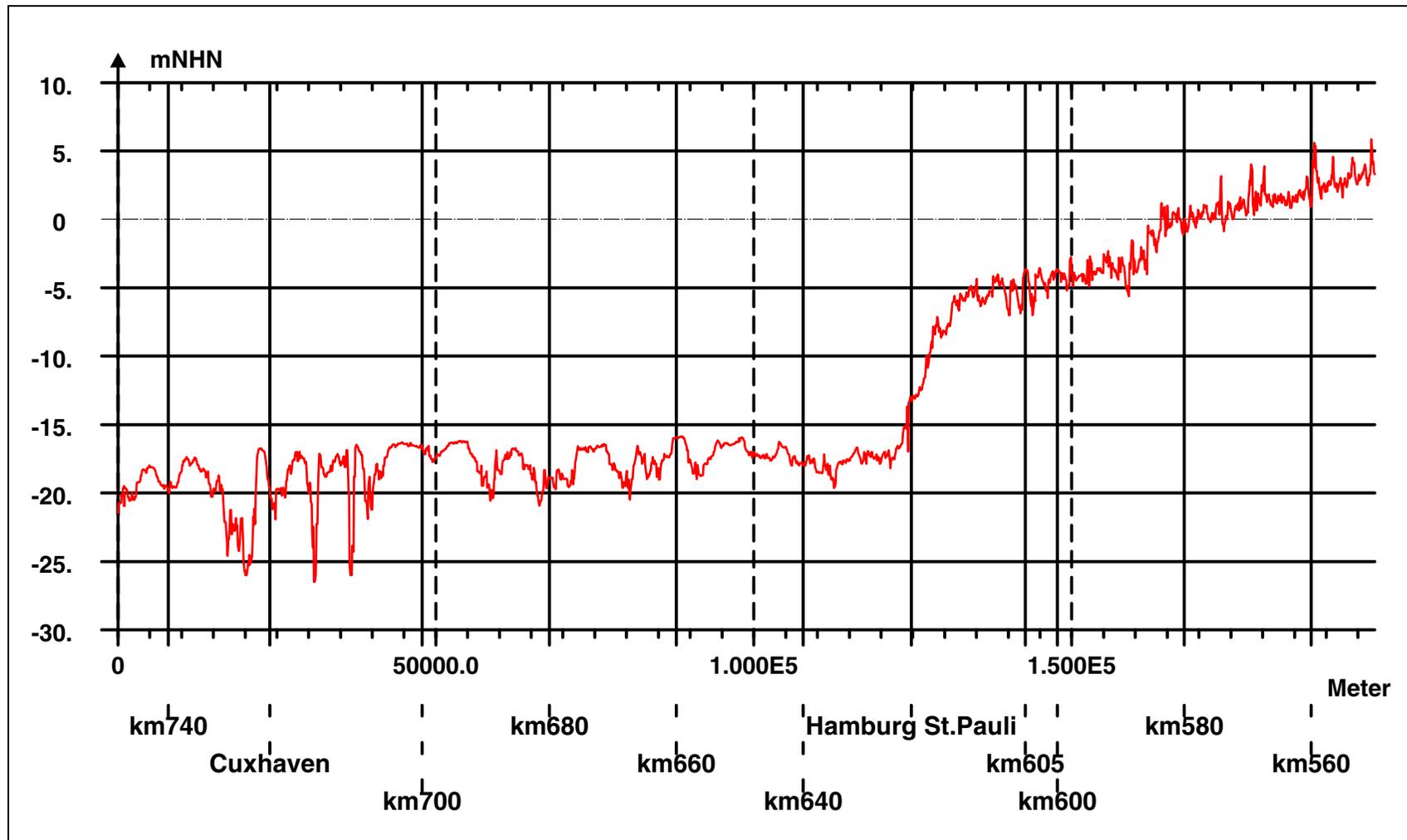


Bild 10: Längsprofil der auf NHN bezogenen Sohlage der Fahrrinnenachse der Elbe in der Topographie des HN-Modells für den Ist-Zustand 2003 (PIZ2003, rot) zwischen Elbe – km 748 und Elbe – km 550.

2.2.3 Gitternetz

Das dem HN – Modell zugrunde liegende unstrukturierte orthogonale Gitternetz ist im vorliegenden Fall aus dreieckigen Gitterelementen aufgebaut und überdeckt das Modellgebiet vollständig. Gitternetz und räumliche Diskretisierung werden wie folgt näher beschrieben:

- Anzahl der Knoten: 77083
- Anzahl der Kanten: 223891
- Anzahl der Polygone: 146783
- Kantenlänge: 5 m bis 820 m
- Elementflächen: 47 m² bis 0,62 km².

2.2.4 Modellsteuerung

Für die Steuerung des mathematischen Modells wird am offenen seeseitigen Rand der zeitliche Verlauf des Wasserstandes für jedes auf dem offenen Rand liegende Polygon vorgegeben.

Für die Sturmflut vom 3. 1. 1976 (SF76) wird aus den Pegelaufzeichnungen der Bake W (Zehnerloch) unter Berücksichtigung einer Übertragungsfunktion der Wasserstandsverlauf auf dem seeseitigen Modellrand bestimmt.

Am landseitigen offenen Modellrand bei Bleckede werden für das auf einer historischen Sturmflut beruhende Sturmflutszenario SF76 die am Pegel Neu Darchau gemessenen Abflüsse (siehe hierzu DGJ, 1976 mit einem Zeitversatz von + 7 Stunden (ermittelt aus Laufzeit der Hochwasserwelle zwischen Neu Darchau und Bleckede, pers. Mitteilung WSA Lauenburg)) vorgegeben. Eine Einordnung der gewählten Abflussszenarien bietet Tabelle 4 auf Seite 19.

Zur Berechnung des Impulseintrages aus der Atmosphäre während des Sturmflutszenarios SF76 wird die Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe aus modellierten hochaufgelösten lokalen Windfeldern über dem gesamten Modellgebiet vorgegeben. Im Abstand von zwei Stunden liegen für den Zeitraum 1. 1. 1976 bis 4. 1. 1976 vom DWD mit MKW (Schmidt, H. and Pätsch, J., 1992) modellierte Windfelder mit einer räumlichen Auflösung von 450 m x 450 m vor.

2.2.5 Analyse der Modellergebnisse

Im Rahmen einer sich an die Modellrechnung anschließenden Auswertung wird aus den Zeitreihen der Wasserstände für jeden Simulationslauf im gesamten Modellgebiet der

- Sturmflutscheitelwasserstand (höchster aufgetretener Wasserstand HW) im Analysezeitraum (vgl. Tabelle 5 auf Seite 19), die
- Eintrittszeit des Sturmflutscheitelwasserstandes (tHW) bezogen auf Elbe – km 748 sowie die

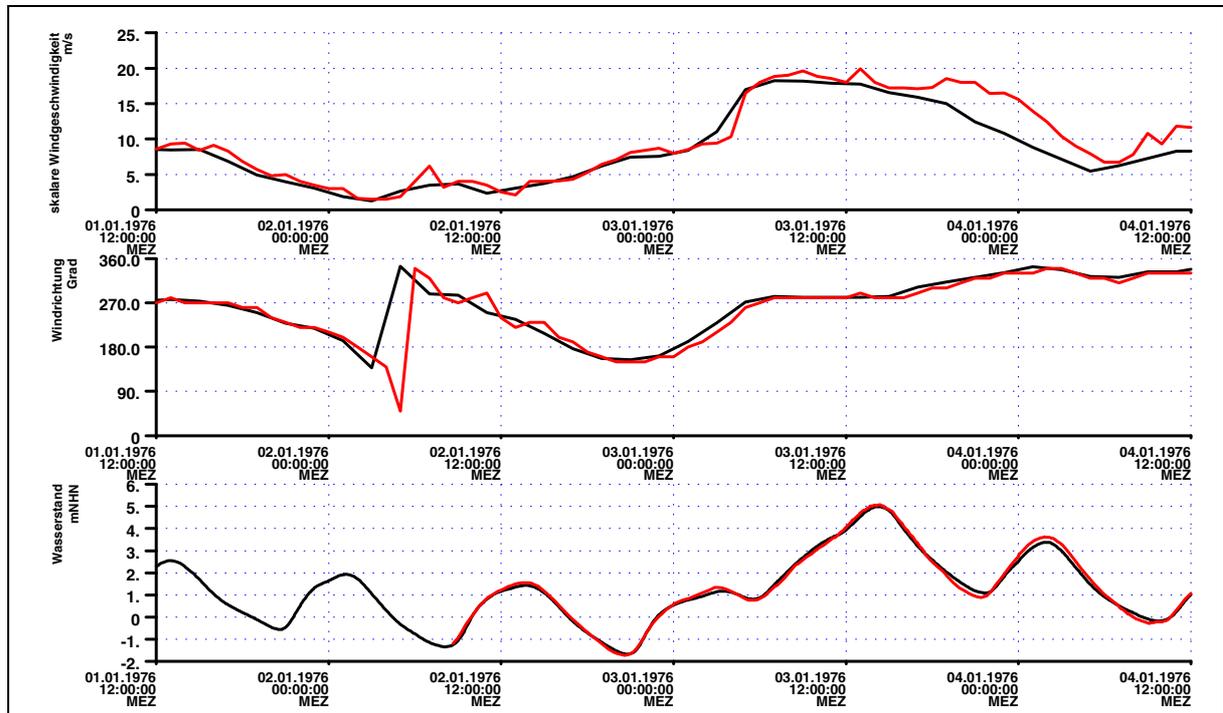


Bild 11: SF76, oben: Windgeschwindigkeit und Windrichtung vom 1. 1. bis 4. 1. 1976 bei Cuxhaven. Die Messung ist rot und die Rechnung (MKW) schwarz gekennzeichnet. unten: Wasserstandsentwicklung vom 1. 1. bis 4. 1. 1976 für den Pegel Cuxhaven. Die Messung ist rot und die Rechnung (HN-Modell der Elbe, PIZ2003) schwarz gekennzeichnet.

- Dauer von Wasserständen (DHW) höher als $\text{NHN} + 3,00 \text{ m}$ im Analysezeitraum (vgl. Tabelle 5)

berechnet. Zusätzliche Informationen zu den aus den berechneten Wasserstandszeitreihen abgeleiteten Kenngrößen HW, tHW und DHW findet man im Bericht *Tideunabhängige Kennwerte des Wasserstandes* (BAW, 2002).

Aus den Zeitreihen der Wasserstände und der Strömungsgeschwindigkeiten werden für jeden Simulationslauf entlang der Elbe

- die mittlere und maximale Flutstromgeschwindigkeit (V_{fm} und V_{fx}),
- die mittlere und maximale Ebbestromgeschwindigkeit (V_{em} und V_{ex}),

bestimmt. Betrachtet wird lediglich ein Ereignis: die Flut vor Erreichen des Sturmflutscheitelwasserstandes bzw. die Ebbe nach dem Sturmflutscheitelwasserstand. Die Analysezeiträume sind in Tabelle 5 auf der nächsten Seite angegeben. Zusätzliche Informationen zu den abgeleiteten Kenngrößen findet man im Bericht *Tidekennwerte der Strömungsgeschwindigkeit* (BAW, 2004a und BAW, 2004b). Zur Ermittlung dieser Analysegrößen werden die Zeitreihen des Wasserstandes und der Strömungsgeschwindigkeit auf Querschnitten im Abstand von 5 km entlang der Elbe querschnittsgemittelt. Die Lage dieser Querprofile ist in Bild 12 auf Seite 20 eingezeichnet. Man erhält so die für den jeweiligen Querschnitt charakteristischen Strömungsgeschwindigkeiten.

MNQ (mittlerer niedrigster Abfluss)	277 m ³ /s
MQ (mittlerer Abfluss)	710 m ³ /s
MHQ (mittlerer höchster Abfluss)	1940 m ³ /s
HHQ (höchster bekannter Abfluss, 31. 3. 1940)	3620 m ³ /s
HQ ₁₀₀ (Neu Darchau – Geesthacht)	4000 m ³ /s
Elbehochwasser 2002: 23. 8. 2002	3420 m ³ /s
Elbehochwasser 2006: 9. 4. 2006	3600 m ³ /s
Elbehochwasser 2013: 11. 6. 2013	4060 m ³ /s
Abfluss während der Sturmflut 3. 1. 1976	500 m ³ /s
Abfluss während der Sturmflut 28. 1. 1994	1350 m ³ /s
Abfluss während der Sturmflut 3. 12. 1999	350 m ³ /s
Abfluss während der Sturmflut 1. 11. 2006	295 m ³ /s
Abfluss während der Sturmflut 6. 12. 2013	610 m ³ /s
Abfluss während der Bemessungssturmflut	2200 m ³ /s

Tabelle 4: Oberwasserereignisse der Elbe bei Neu Darchau (Elbe – km 536) bezogen auf den Zeitraum 1926/2006 (aus: DGJ, 2011, Internationale Kommission zum Schutz der Elbe, 2001 sowie pers. Mitteilung WSA Lauenburg).

Die gewählten Analysezeiträume für die Kennwerte des Wasserstandes und der Strömungsgeschwindigkeit sind in Tabelle 5 angegeben.

Sturmflut	physikalische Größe	von	bis
SF76	Wasserstand (HW, tHW, DHW)	03.01.1976 04:00	03.01.1976 22:00
	Strömung (Vfm, Vfx, Vem, Vex)	03.01.1976 04:30	04.01.1976 00:00

Tabelle 5: Analysezeiträume der Sturmflutszenarien Elbe für die unterschiedlichen physikalischen Größen. Die tideunabhängigen Kennwerte des Wasserstandes (BAW, 2002) werden für den jeweiligen Tag der Sturmflut analysiert. Die Tidekennwerte der Strömung werden (BAW, 2004a) für die Flut vor dem Sturmflutscheitelwasserstand und die Ebbe nach dem Sturmflutscheitelwasserstand bestimmt.

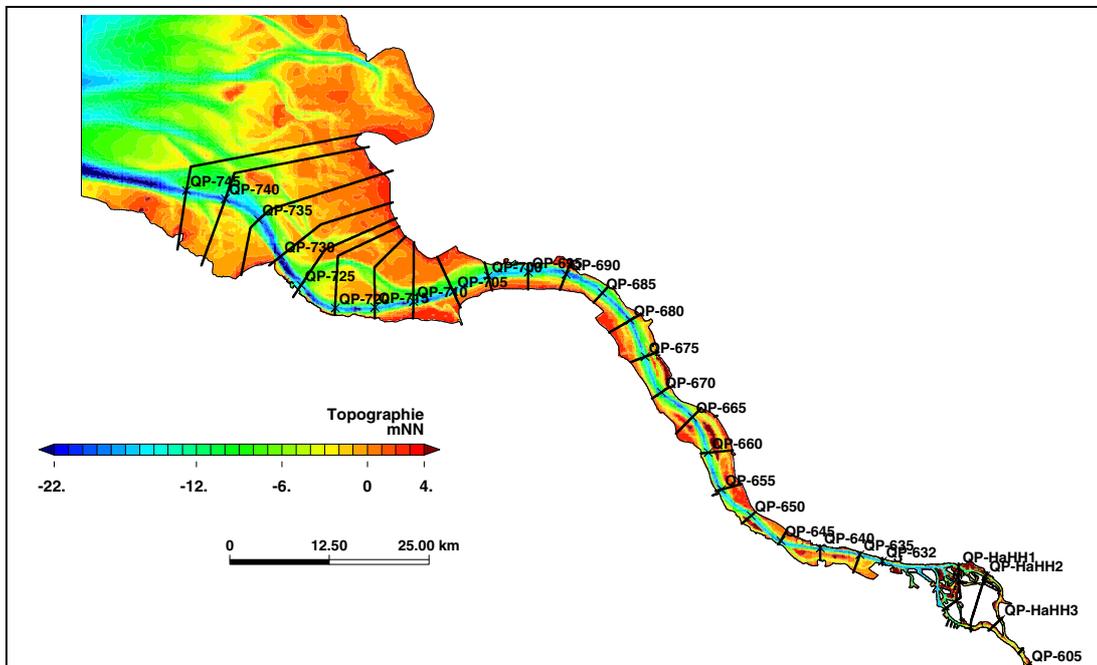


Bild 12: *Topographie des HN-Modells des Elbe-Ästuares zwischen der Elbmündung und Elbe–km 605 (Over) mit der Lage der zur Querschnittsmittelung bzw. -integration der Wasserstands- und Strömungszeitreihen verwendeten Querprofile.*

3 Verzeichnis der Sturmflutszenarien Elbe

Tabelle 6: Untersuchungsvarianten bzw. Simulationsläufe mit dem HN-Modell des Elbe-Ästuars.

Sturmflutszenario	Parameter	Wert
SF76 (as01)	Ästuar:	Elbe (Bake A bis Bleckede)
	Topographie:	PIZ2003
	Meeresspiegelanstieg:	ohne
	Abfluss:	gemessen, 500 m ³ /s
	Wind:	MKW-Windfelder auf Grundlage Messung
SF76slr+25cm (as02)	Ästuar:	Elbe (Bake A bis Bleckede)
	Topographie:	PIZ2003
	Meeresspiegelanstieg:	slr + 25 cm
	Abfluss:	gemessen, 500 m ³ /s
	Wind:	MKW-Windfelder auf Grundlage Messung
SF76slr+80cm (as04)	Ästuar:	Elbe (Bake A bis Bleckede)
	Topographie:	PIZ2003
	Meeresspiegelanstieg:	slr + 80 cm
	Abfluss:	gemessen, 500 m ³ /s
	Wind:	MKW-Windfelder auf Grundlage Messung
SF76slr+80cm (as05)	Ästuar:	Elbe (Bake A bis Bleckede)
	Topographie:	PIZ2003
	Meeresspiegelanstieg:	slr + 115 cm
	Abfluss:	gemessen, 500 m ³ /s
	Wind:	MKW-Windfelder auf Grundlage Messung
SF76Q2000 (v83q2)	Ästuar:	Elbe (Bake A bis Bleckede)
	Topographie:	PIZ2003
	Meeresspiegelanstieg:	ohne
	Abfluss:	2000 m ³ /s
	Wind:	MKW-Windfelder auf Grundlage Messung
SF76Q3000 (v83q3)	Ästuar:	Elbe (Bake A bis Bleckede)
	Topographie:	PIZ2003
	Meeresspiegelanstieg:	ohne
	Abfluss:	3000 m ³ /s
	Wind:	MKW-Windfelder auf Grundlage Messung
SF76Q4000 (v83q4)	Ästuar:	Elbe (Bake A bis Bleckede)
	Topographie:	PIZ2003
	Meeresspiegelanstieg:	ohne
	Abfluss:	4000 m ³ /s
	Wind:	MKW-Windfelder auf Grundlage Messung

Sturmflutszenario	Parameter	Wert
SF76Q2000slr+25cm (as25)	Ästuar:	Elbe (Bake A bis Bleckede)
	Topographie:	PIZ2003
	Meeresspiegelanstieg:	slr + 25 cm
	Abfluss:	2000 m ³ /s
	Wind:	MKW-Windfelder auf Grundlage Messung
SF76Q2000slr+80cm (as08)	Ästuar:	Elbe (Bake A bis Bleckede)
	Topographie:	PIZ2003
	Meeresspiegelanstieg:	slr + 80 cm
	Abfluss:	2000 m ³ /s
	Wind:	MKW-Windfelder auf Grundlage Messung
SF76Q2000slr+115cm (er33)	Ästuar:	Elbe (Bake A bis Bleckede)
	Topographie:	PIZ2003
	Meeresspiegelanstieg:	slr + 115 cm
	Abfluss:	2000 m ³ /s
	Wind:	MKW-Windfelder auf Grundlage Messung
SF76Q3000slr+25cm (as26)	Ästuar:	Elbe (Bake A bis Bleckede)
	Topographie:	PIZ2003
	Meeresspiegelanstieg:	slr + 25 cm
	Abfluss:	3000 m ³ /s
	Wind:	MKW-Windfelder auf Grundlage Messung
SF76Q3000slr+80cm (as11)	Ästuar:	Elbe (Bake A bis Bleckede)
	Topographie:	PIZ2003
	Meeresspiegelanstieg:	slr + 80 cm
	Abfluss:	3000 m ³ /s
	Wind:	MKW-Windfelder auf Grundlage Messung
SF76Q3000slr+115cm (er34)	Ästuar:	Elbe (Bake A bis Bleckede)
	Topographie:	PIZ2003
	Meeresspiegelanstieg:	slr + 115 cm
	Abfluss:	3000 m ³ /s
	Wind:	MKW-Windfelder auf Grundlage Messung
SF76Q4000slr+25cm (as27)	Ästuar:	Elbe (Bake A bis Bleckede)
	Topographie:	PIZ2003
	Meeresspiegelanstieg:	slr + 25 cm
	Abfluss:	4000 m ³ /s
	Wind:	MKW-Windfelder auf Grundlage Messung

Sturmflutszenario	Parameter	Wert
SF76Q4000slr+80cm (as14)	Ästuar:	Elbe (Bake A bis Bleckede)
	Topographie:	PIZ2003
	Meeresspiegelanstieg:	slr + 80 cm
	Abfluss:	4000 m ³ /s
	Wind:	MKW-Windfelder auf Grundlage Messung
SF76Q4000slr+115cm (er35)	Ästuar:	Elbe (Bake A bis Bleckede)
	Topographie:	PIZ2003
	Meeresspiegelanstieg:	slr + 115 cm
	Abfluss:	4000 m ³ /s
	Wind:	MKW-Windfelder auf Grundlage Messung
SF76Wind+10% (as21)	Ästuar:	Elbe (Bake A bis Bleckede)
	Topographie:	PIZ2003
	Meeresspiegelanstieg:	ohne
	Abfluss:	gemessen, 500 m ³ /s
	Wind:	MKW-Windfelder auf Grundlage Messung, um 10 % erhöht
SF76Wind+10%slr+25cm (er66)	Ästuar:	Elbe (Bake A bis Bleckede)
	Topographie:	PIZ2003
	Meeresspiegelanstieg:	slr + 25 cm
	Abfluss:	gemessen, 500 m ³ /s
	Wind:	MKW-Windfelder auf Grundlage Messung, um 10 % erhöht
SF76Wind+10%slr+80cm (as22)	Ästuar:	Elbe (Bake A bis Bleckede)
	Topographie:	PIZ2003
	Meeresspiegelanstieg:	slr + 80 cm
	Abfluss:	gemessen, 500 m ³ /s
	Wind:	MKW-Windfelder auf Grundlage Messung, um 10 % erhöht
SF76Wind+10%slr+115cm (er67)	Ästuar:	Elbe (Bake A bis Bleckede)
	Topographie:	PIZ2003
	Meeresspiegelanstieg:	slr + 115 cm
	Abfluss:	gemessen, 500 m ³ /s
	Wind:	MKW-Windfelder auf Grundlage Messung, um 10 % erhöht

3.1 Darstellung der Untersuchungsergebnisse

Für die in Tabelle 6 auf Seite 21 genannten Sturmflutzszenarien sind in diesem Bericht

- Zeitreihen des Wasserstandes und der Strömungsgeschwindigkeit an Orten von Interesse (siehe Bild 9 auf Seite 15),
- Analyseergebnisse (HW, tHW, DHW300, Vfx, Vfm, Vex, Vem) auf einem Längsprofil entlang des Fahrwassers der Elbe (siehe Bild 10 auf Seite 16), sowie
- Analyseergebnisse (HW, tHW, DHW300, Vfx, Vfm, Vex, Vem) im Mündungsbereich der Elbe (siehe Bild 13) dargestellt.

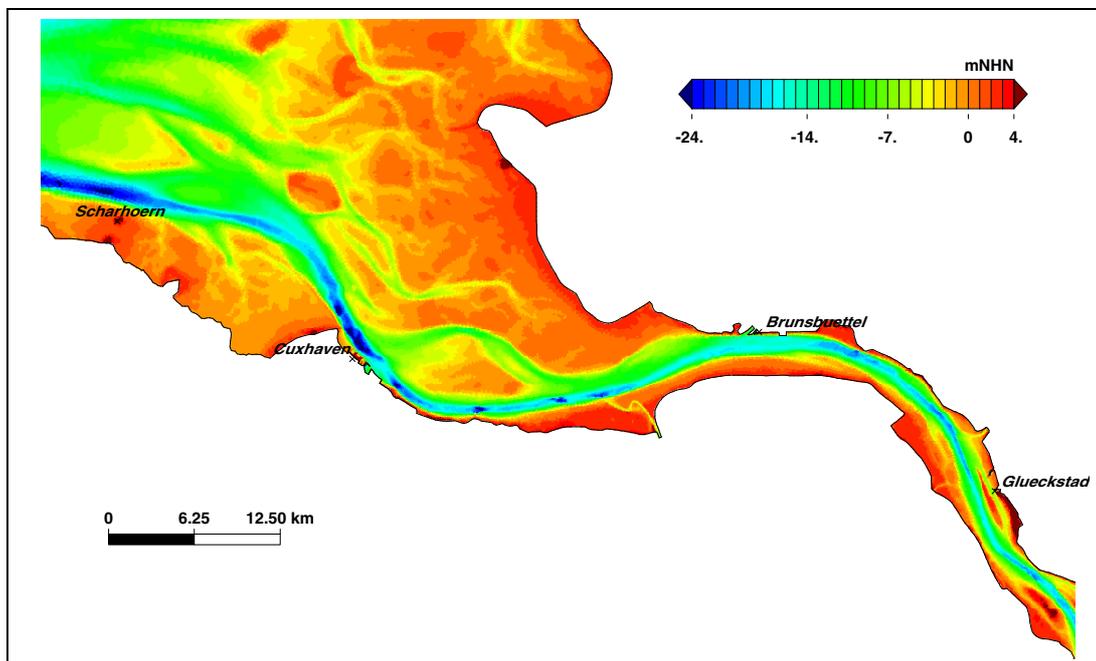
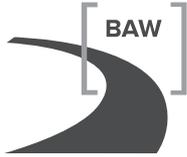


Bild 13: Topographie des HN-Modells des Elbeästuares für den Ist-Zustand (PIZ2003) im Teilgebiet West. Die Klassenbreite einer Farbstufe entspricht einem Tiefenunterschied von 1 m.



4 Sturmflutszenario SF76 mit Meeresspiegelanstieg

Die Liste der Untersuchungsvarianten in Tabelle 6 in Kapitel 3 enthält eine Charakterisierung der untersuchten Sturmflutszenarien und gibt Erläuterungen zu den im folgenden Abschnitt verwendeten Bezeichnungen.

4.1 Zeitreihen an Orten von Interesse

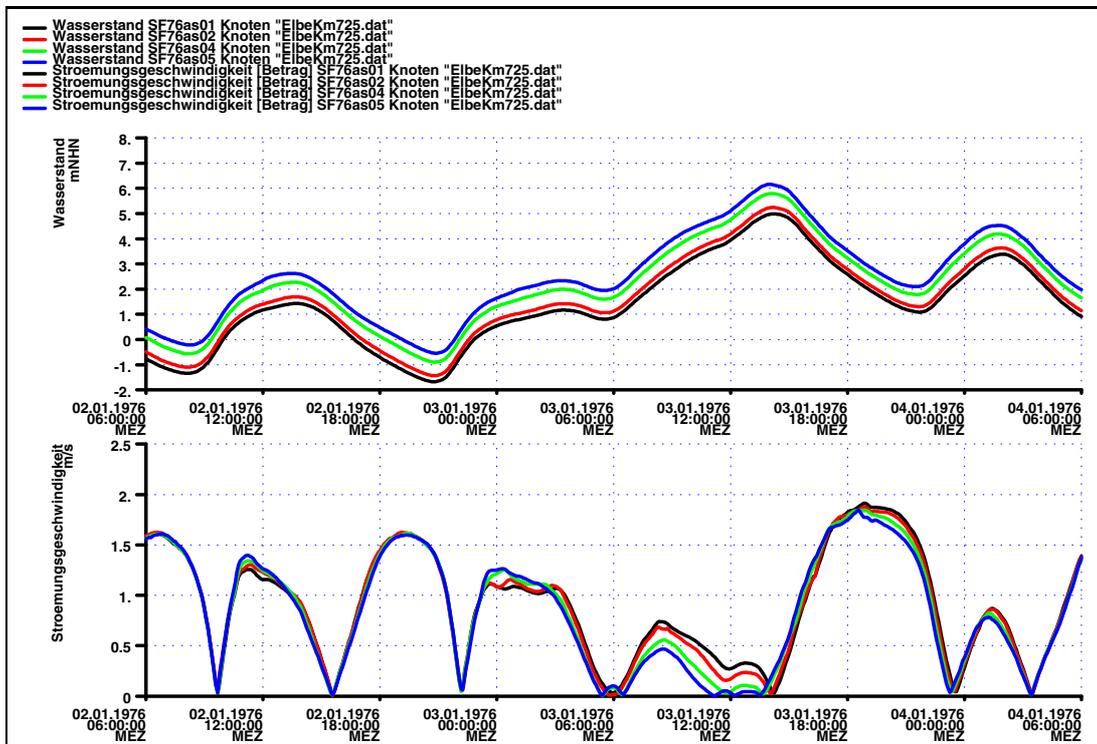


Bild 14: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit bei Elbe - km 725 für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04) und slr+115 cm (as05).

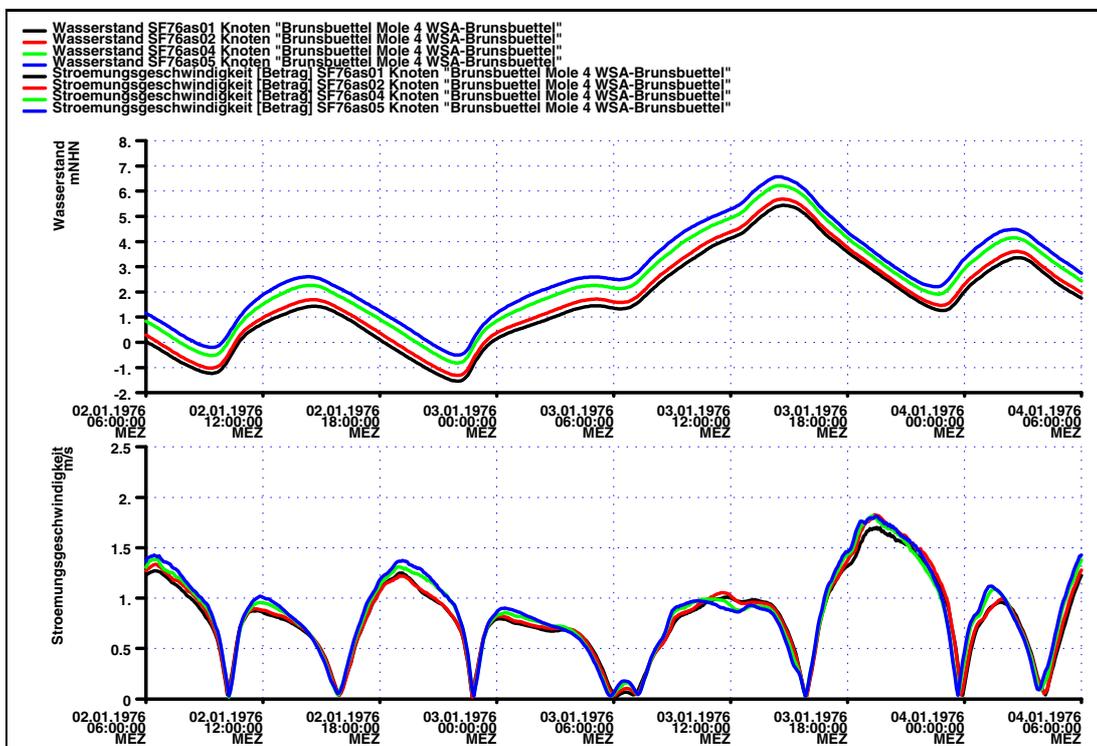


Bild 15: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit am Pegel Brunsbüttel Mole 4 für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04) und slr+115 cm (as05).

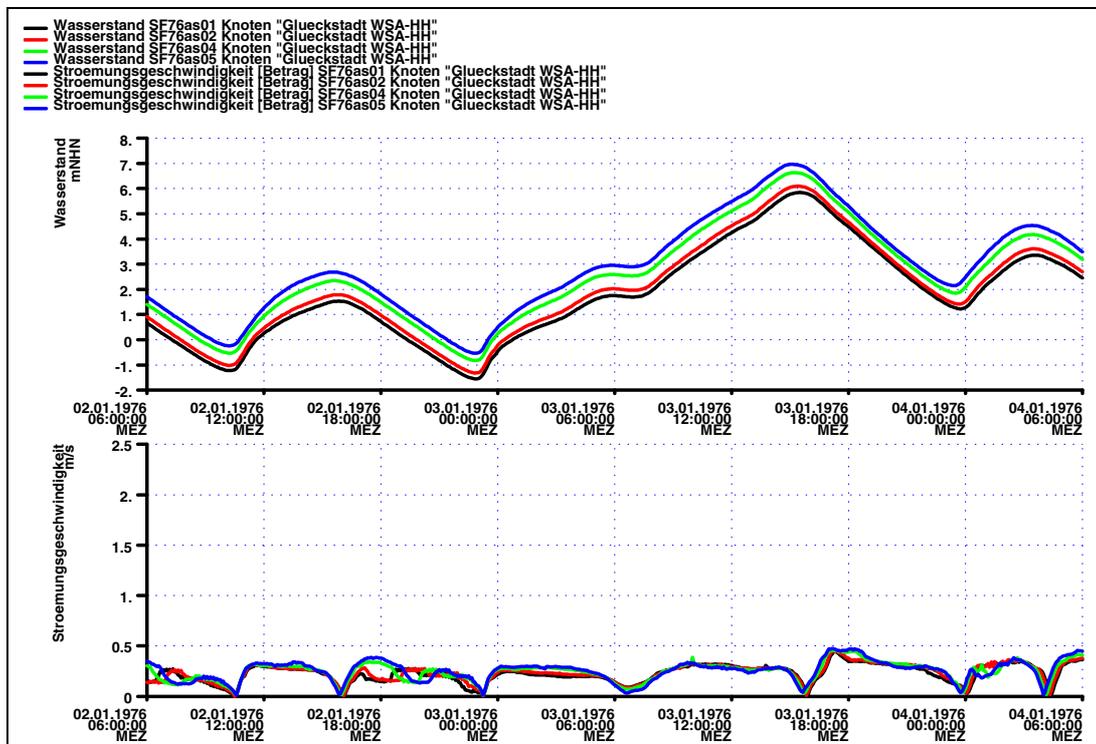


Bild 16: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit am Pegel Glückstadt für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04) und slr+115 cm (as05).

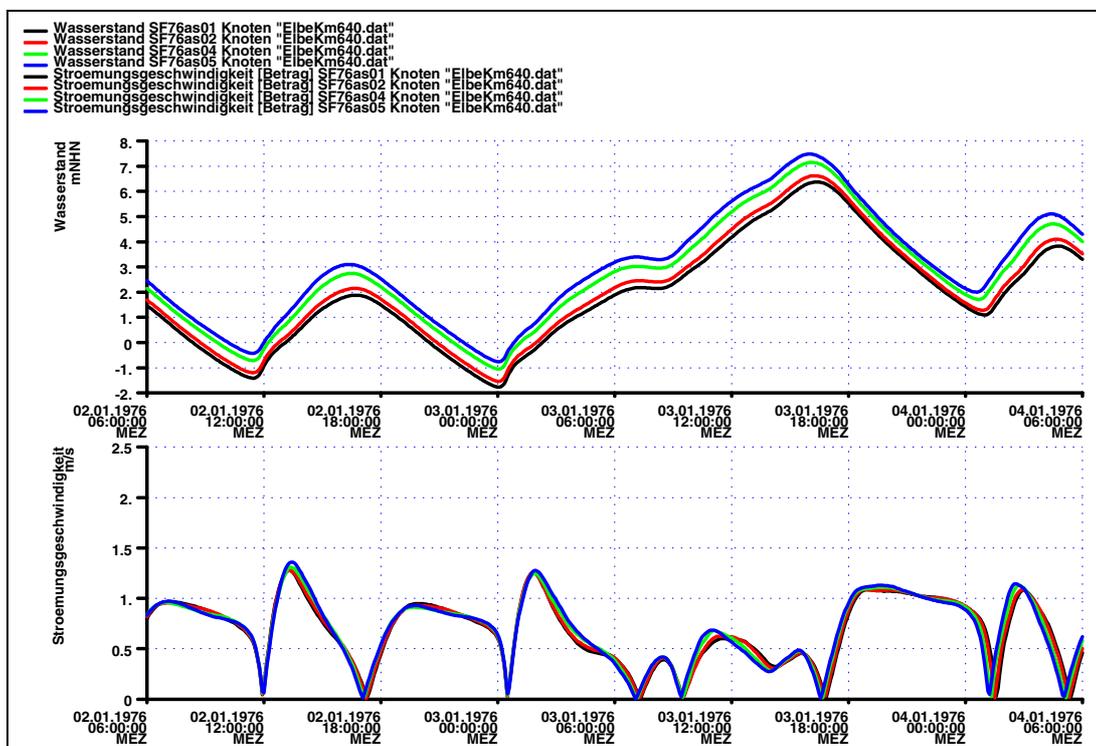


Bild 17: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit bei Elbe-km 640 für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04) und slr+115 cm (as05).

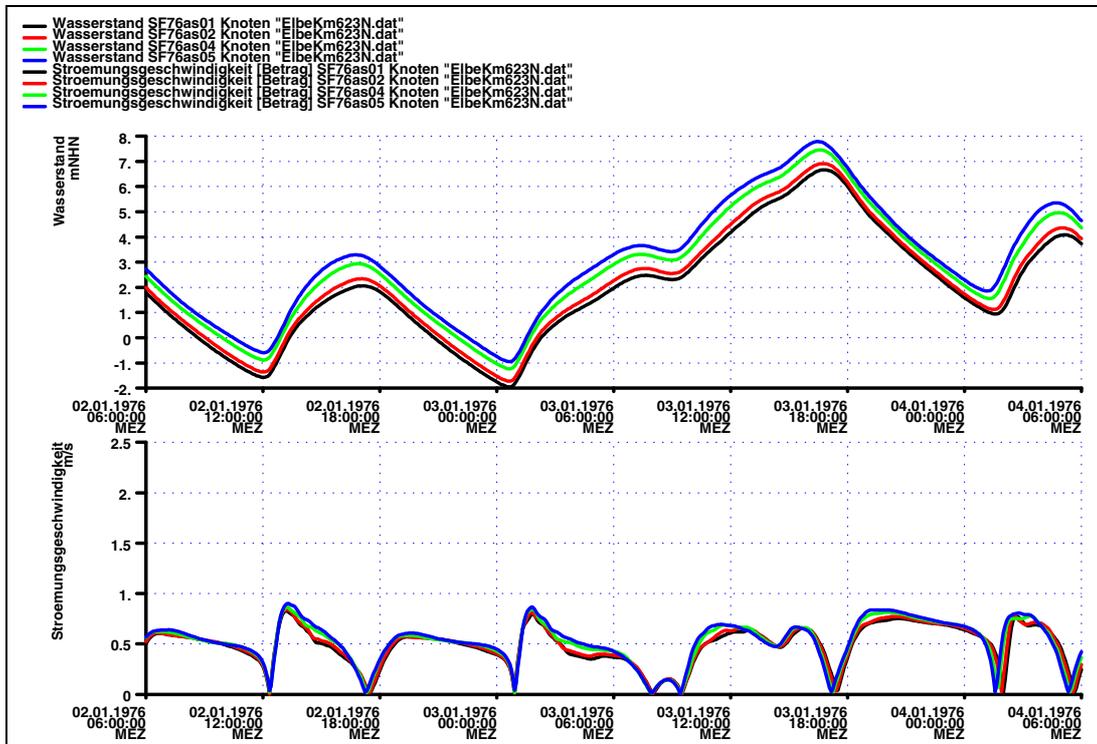


Bild 18: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit bei Elbe-km 623N für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04) und slr+115 cm (as05).

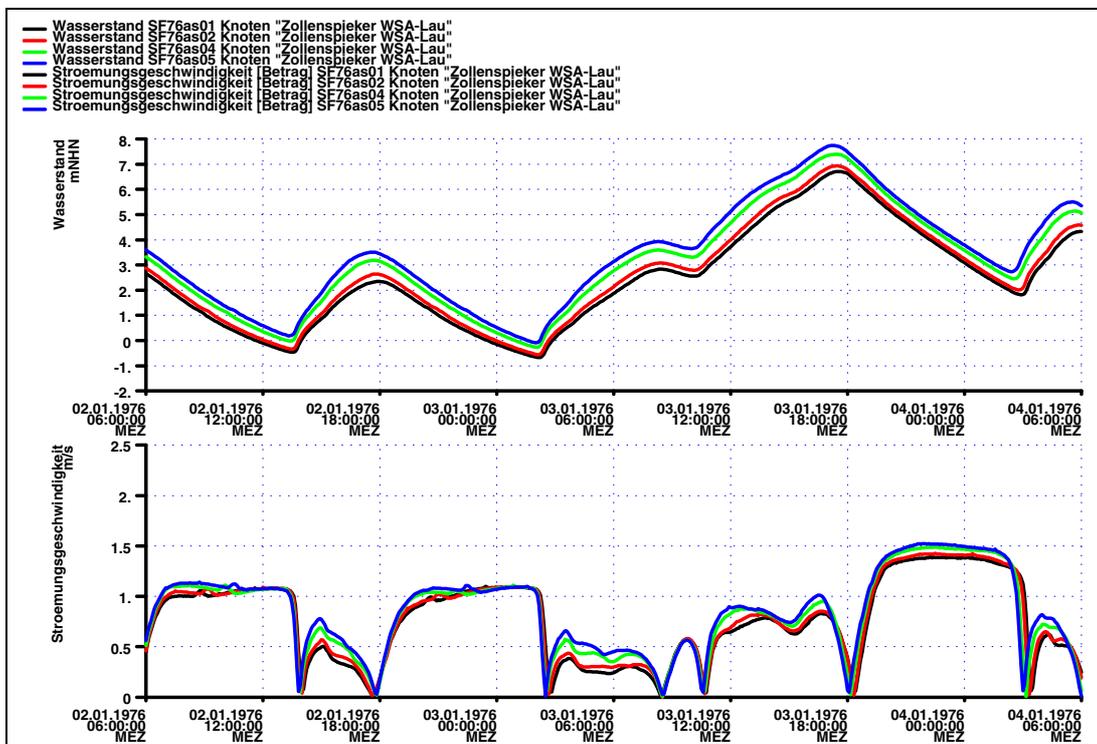
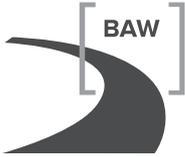


Bild 19: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit am Pegel Zollenspieker für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04) und slr+115 cm (as05).



4.2 Kennwerte von Wasserstand und Strömung entlang der Elbe

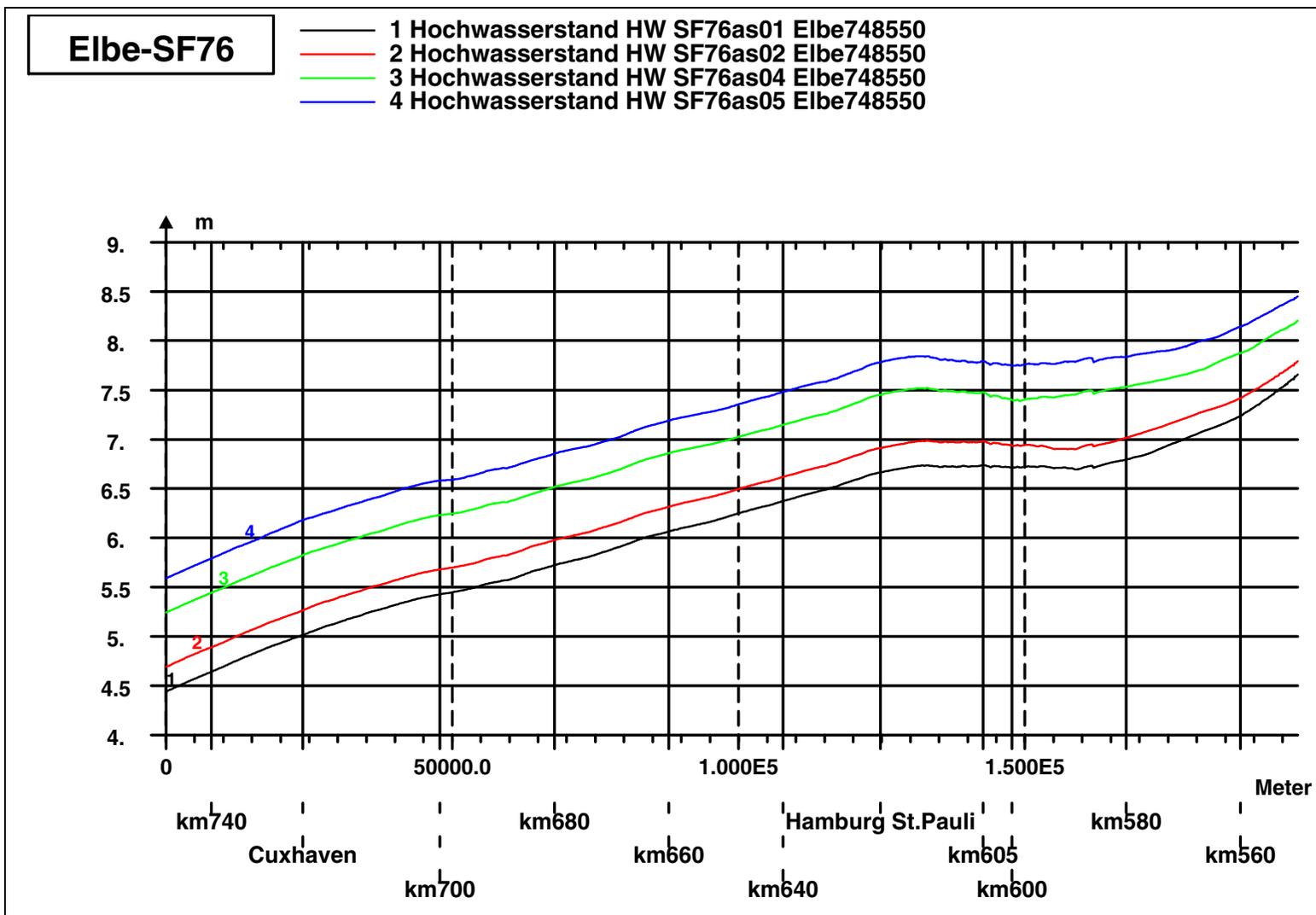


Bild 20: Sturmflutscheitelwasserstand HW für für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04) und slr+115 cm (as05) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 748 bis Elbe-km 550.

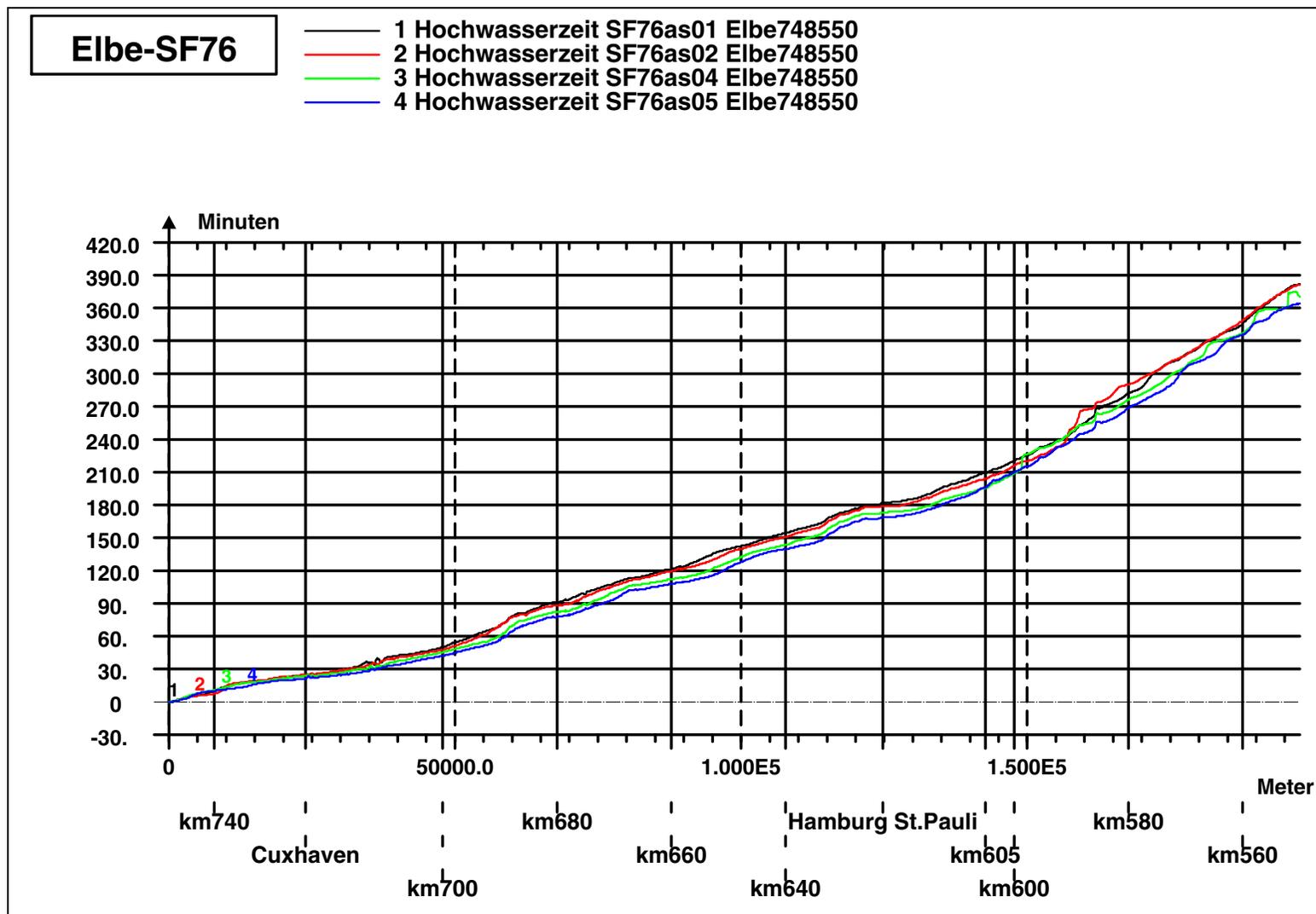


Bild 21: Eintrittszeit des Sturmflutcheitelwasserstand tHW für die Sturmflutzenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04) und slr+115 cm (as05) bezogen auf Elbe-km 748 entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 748 bis Elbe-km 550.



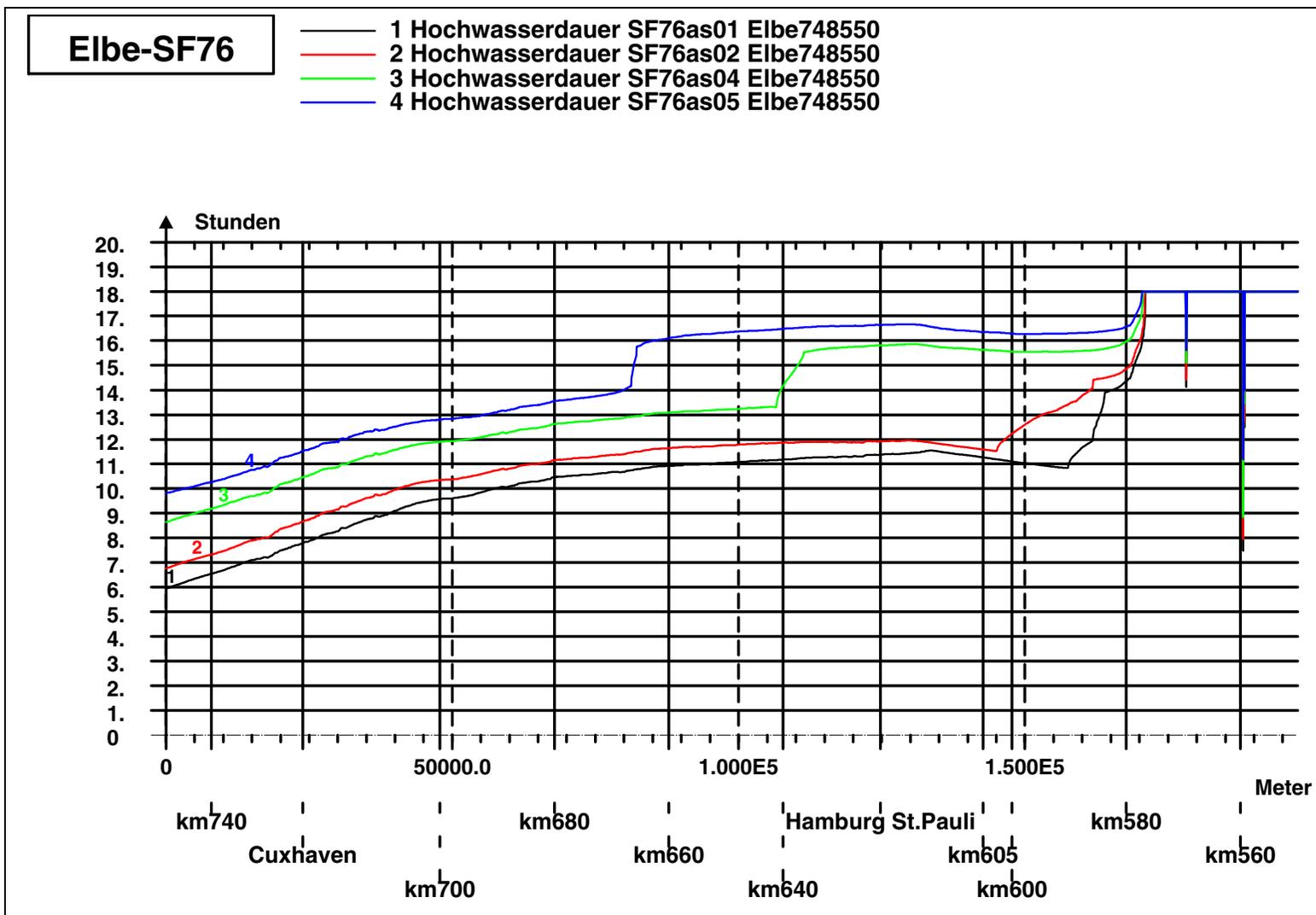


Bild 22: Dauer hoher Wasserstände $> \text{NHN} + 3,00 \text{ m}$ für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04) und slr+115 cm (as05) im Analysezeitraum (18 Stunden) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 748 bis Elbe-km 550.

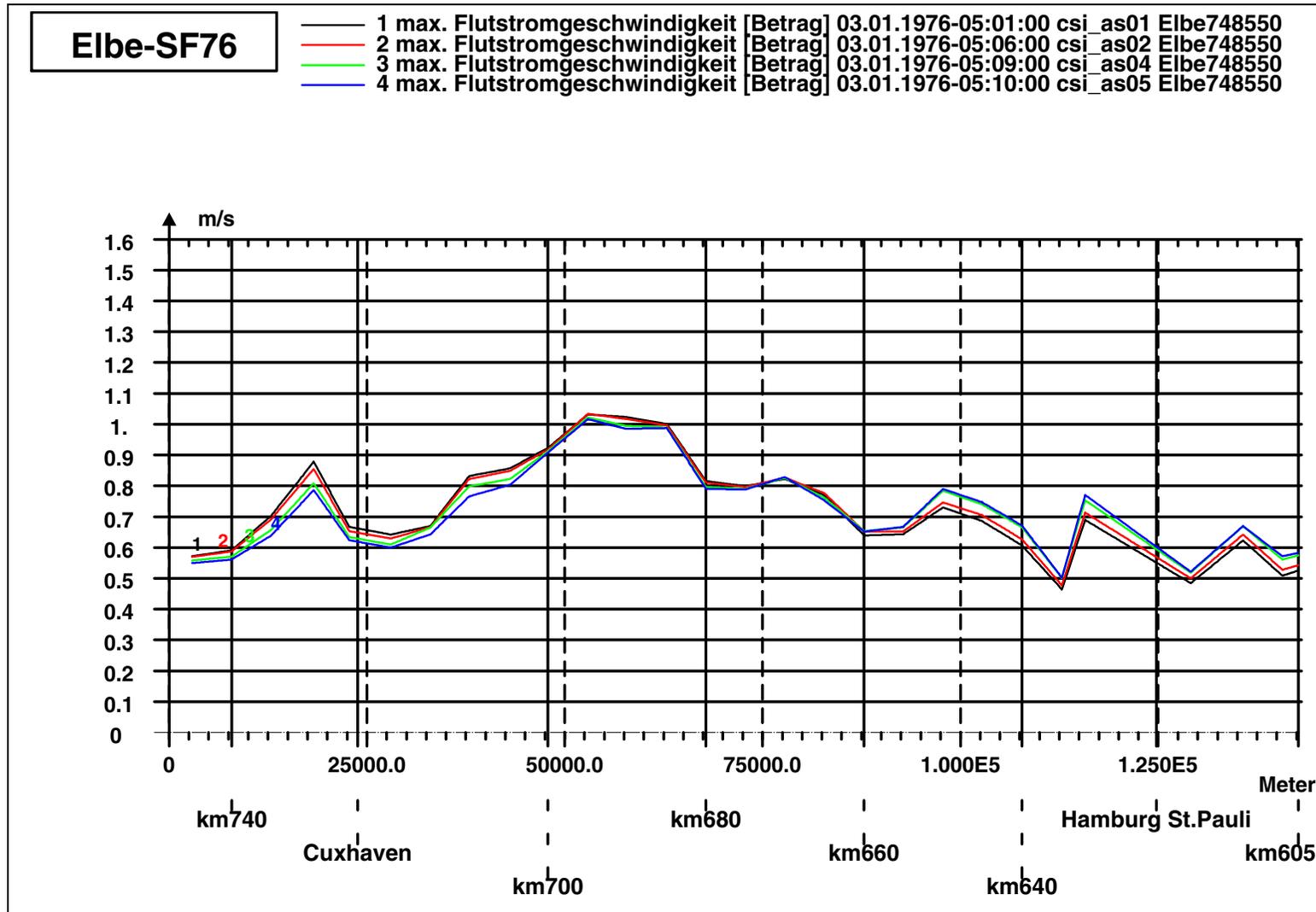


Bild 23: Maximalen Flutstromgeschwindigkeit (querschnittsgemittelt) für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04) und slr+115 cm (as05) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 745 bis Elbe-km 605.

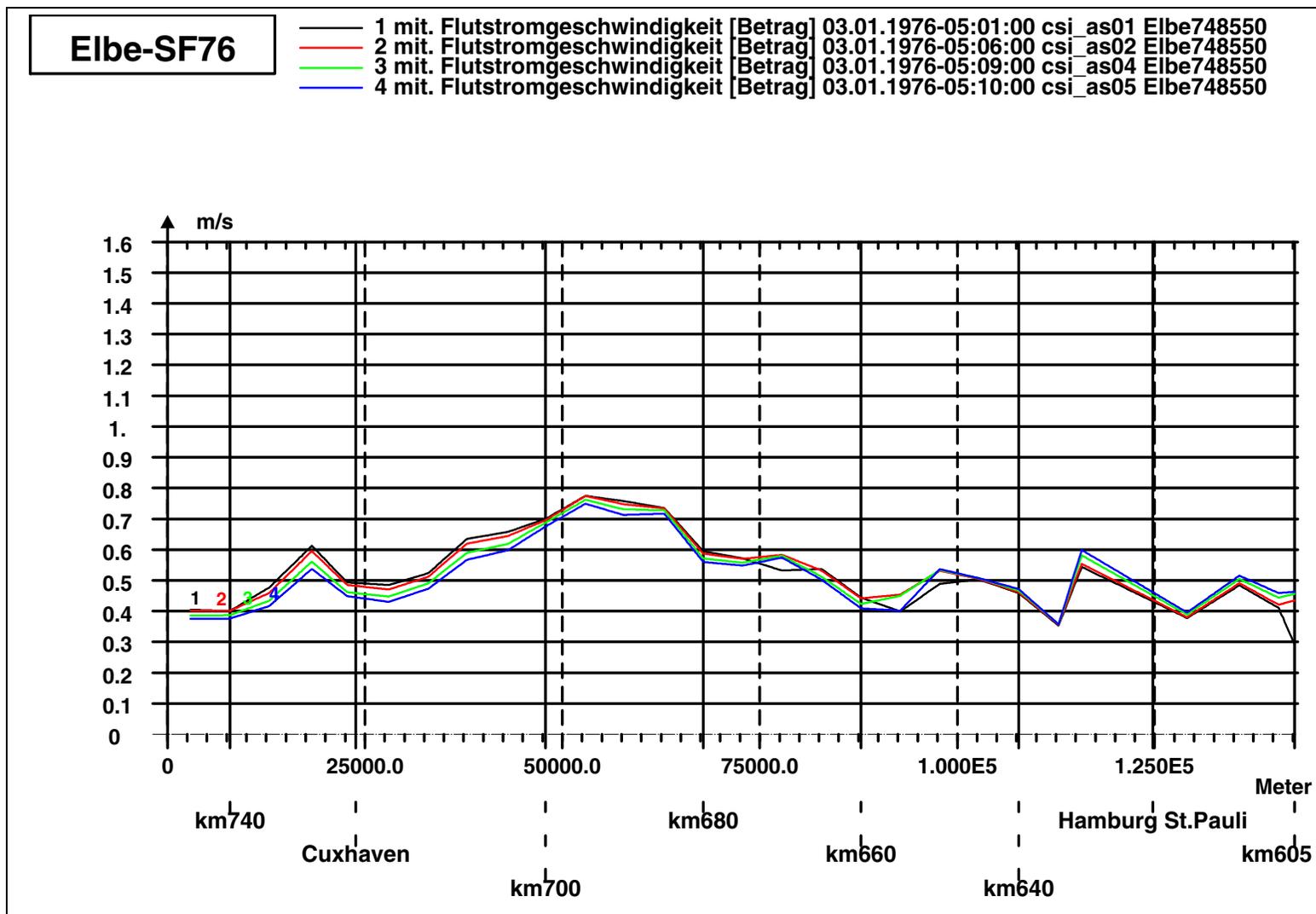


Bild 24: Mittlere Flutstromgeschwindigkeit (querschnittsgemittelt) für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04) und slr+115 cm (as05) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 745 bis Elbe-km 605.

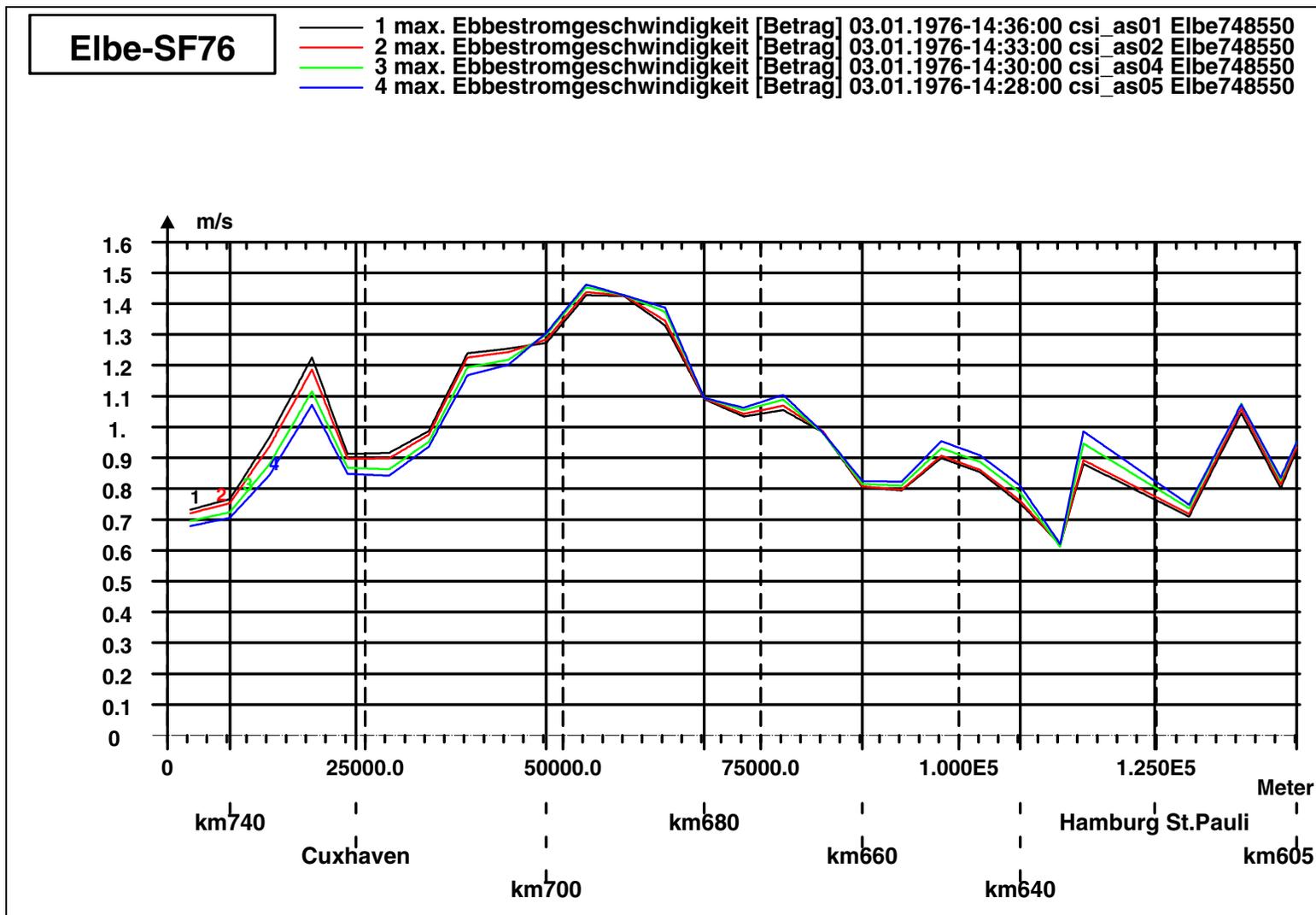


Bild 25: Maximalen Ebbestromgeschwindigkeit (querschnittsgemittelt) für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04) und slr+115 cm (as05) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 745 bis Elbe-km 605.

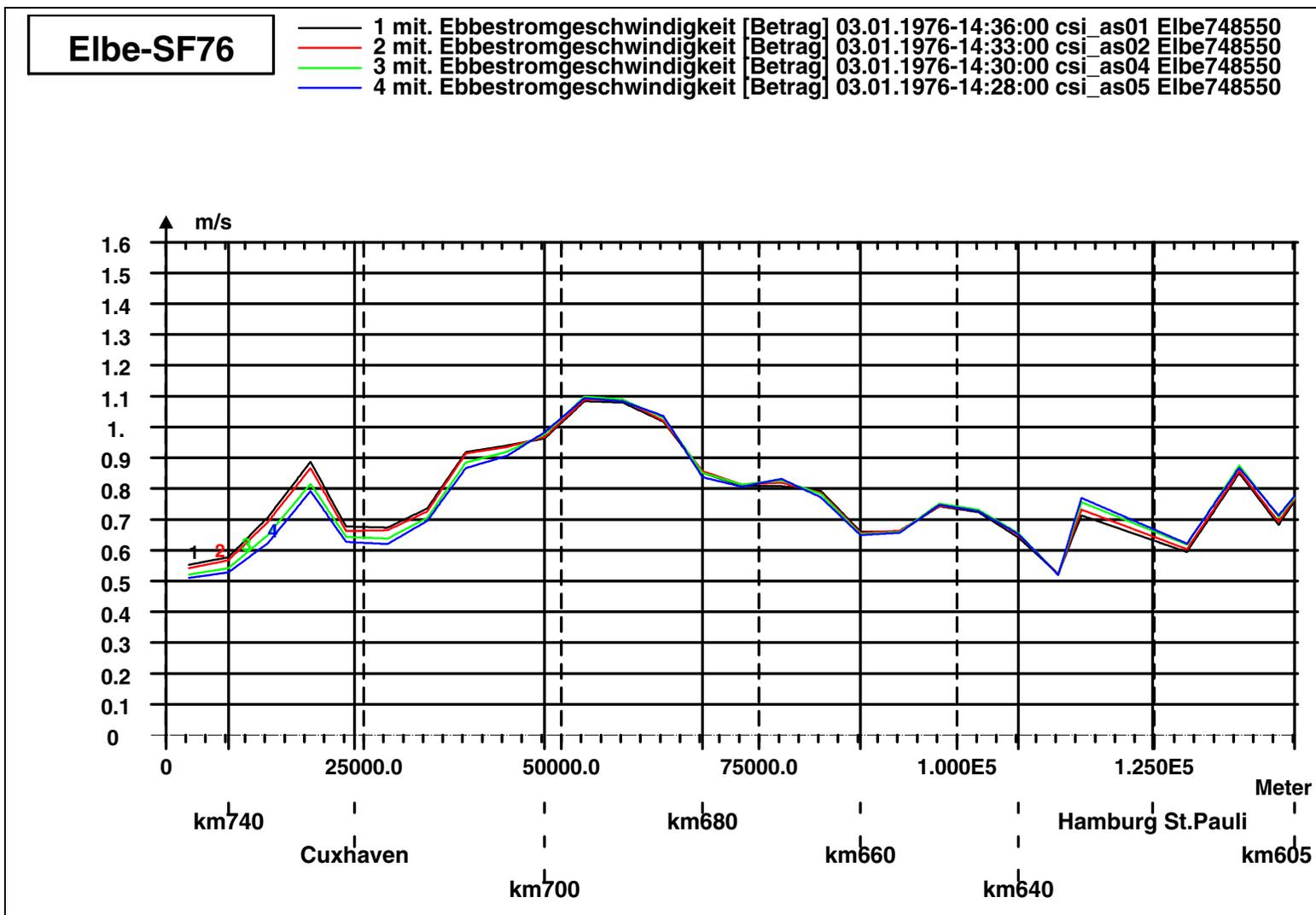
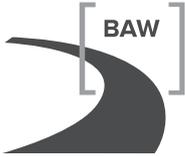


Bild 26: Mittlere Ebbestromgeschwindigkeit (querschnittsgemittelt) für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04) und slr+115 cm (as05) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 745 bis Elbe-km 605.



4.3 Kennwerte Wasserstand und Strömung im Mündungsbereich der Elbe

4.3.1 Sturmflutszenario SF76 Referenzszenario: Elbe Tg West

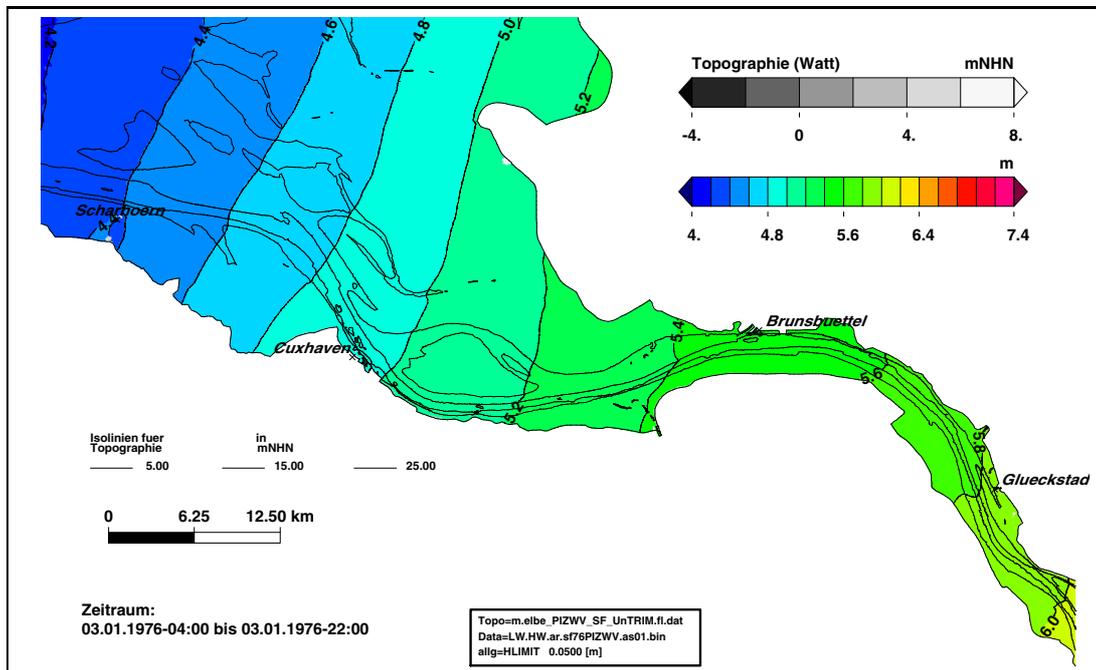


Bild 27: Sturmflutscheitelwasserstand HW für das Sturmflutszenario SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im HW von 20 cm.

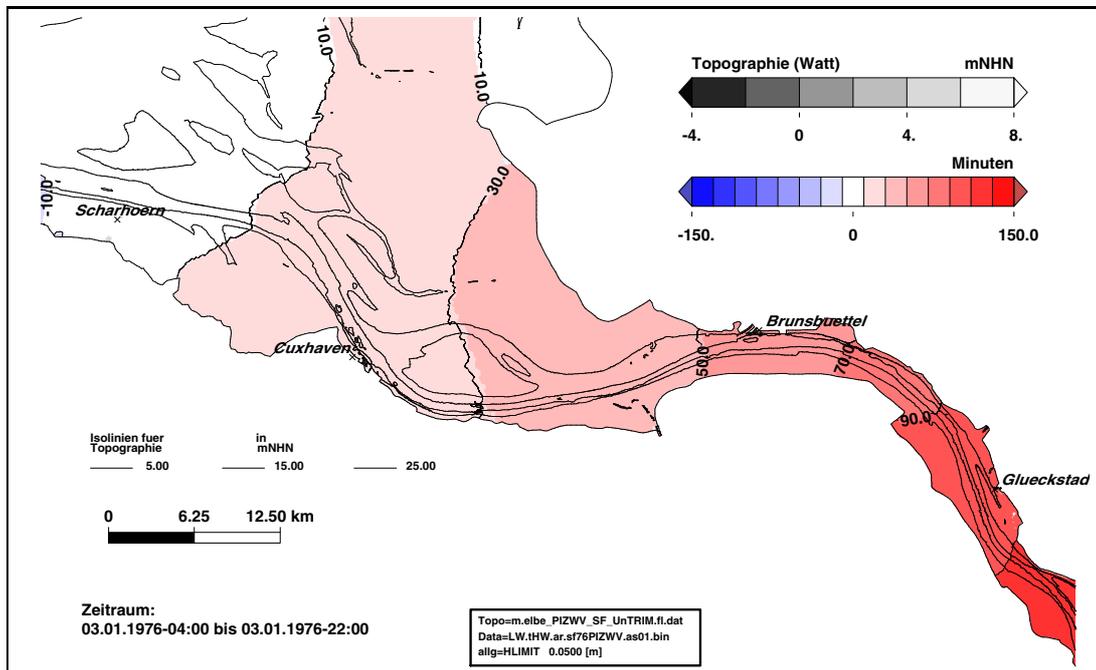


Bild 28: Eintrittszeit des Sturmflutscheitelwasserstand tHW für das Sturmflutszenario SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderung der Eintrittszeit von 20 Minuten.

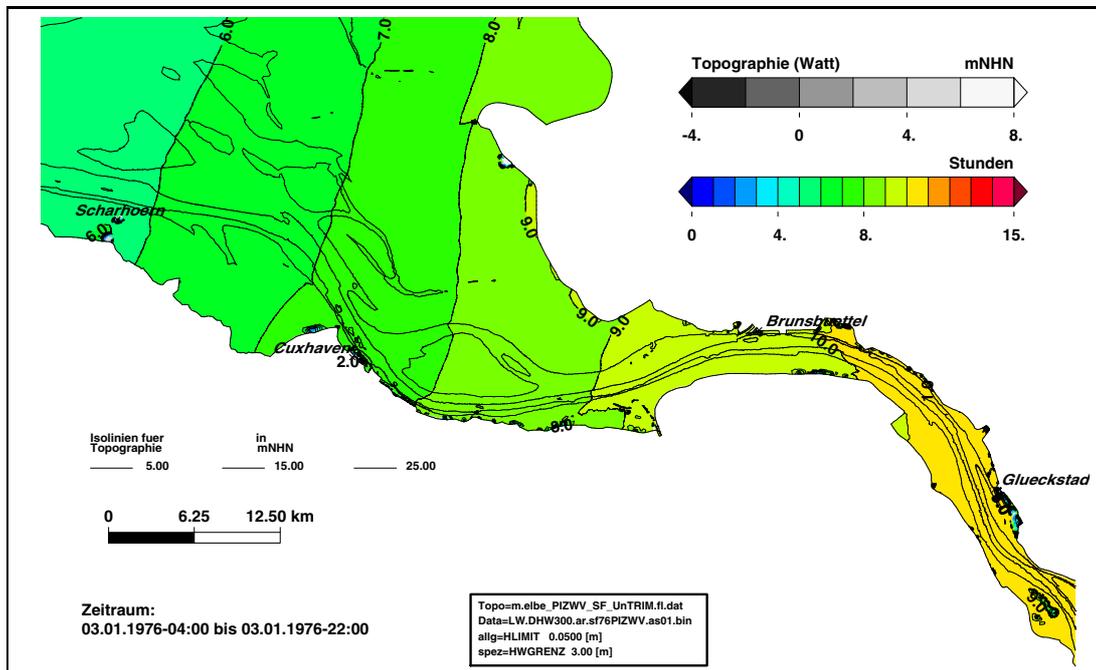


Bild 29: Dauer hoher Wasserstände $> \text{NHN} + 3,00 \text{ m}$ während des Sturmflutszenarios SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht Änderungen der Dauer von 1 Stunde.

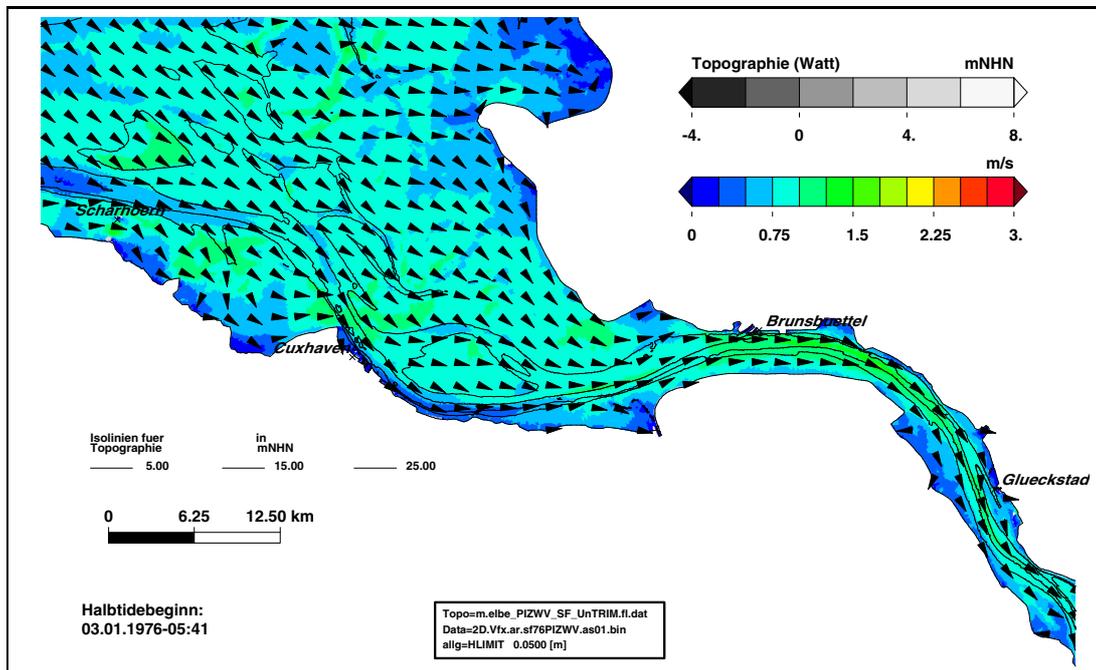


Bild 30: Maximalen Flutstromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderung der maximalen Flutstromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

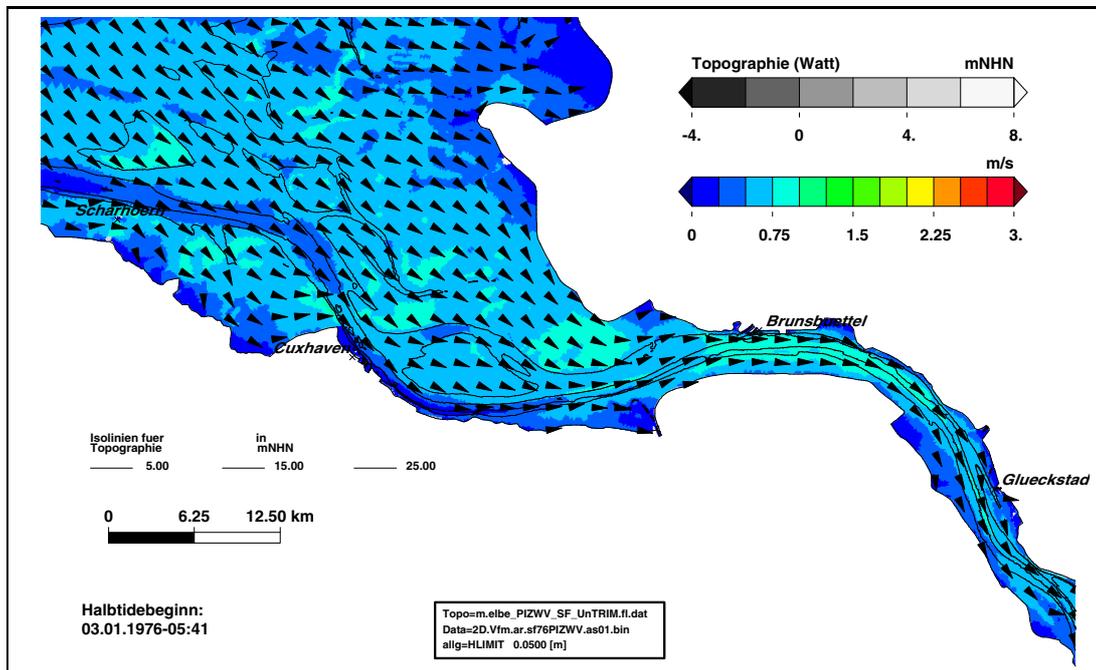


Bild 31: Mittlere Flutstromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderungen der mittleren Flutstromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

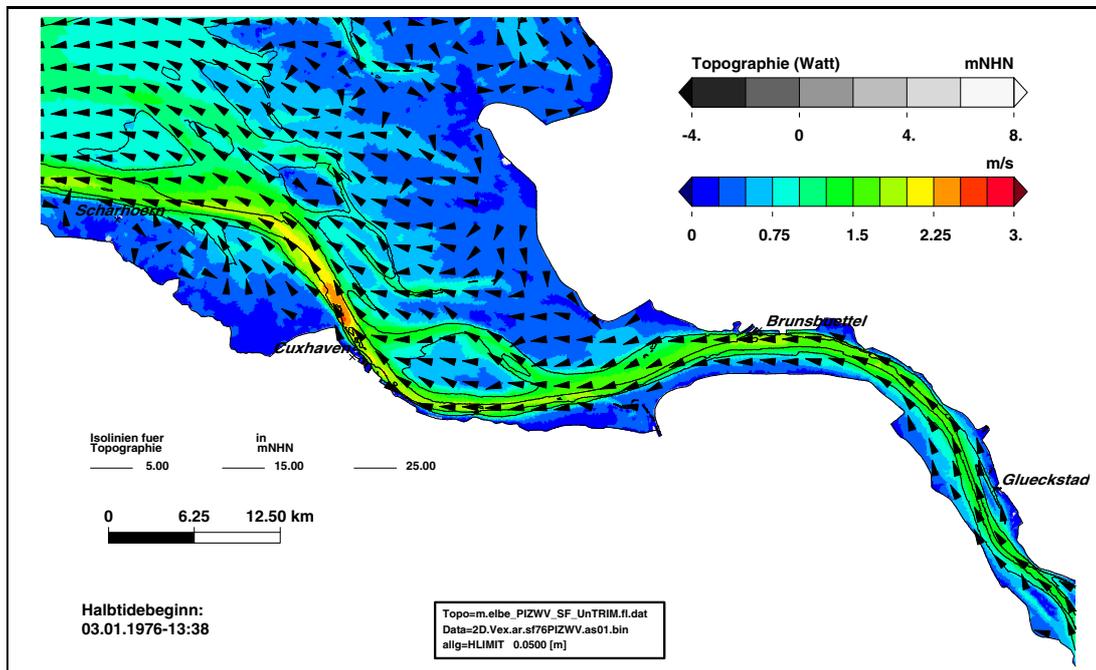


Bild 32: Maximalen Ebbestromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderungen der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

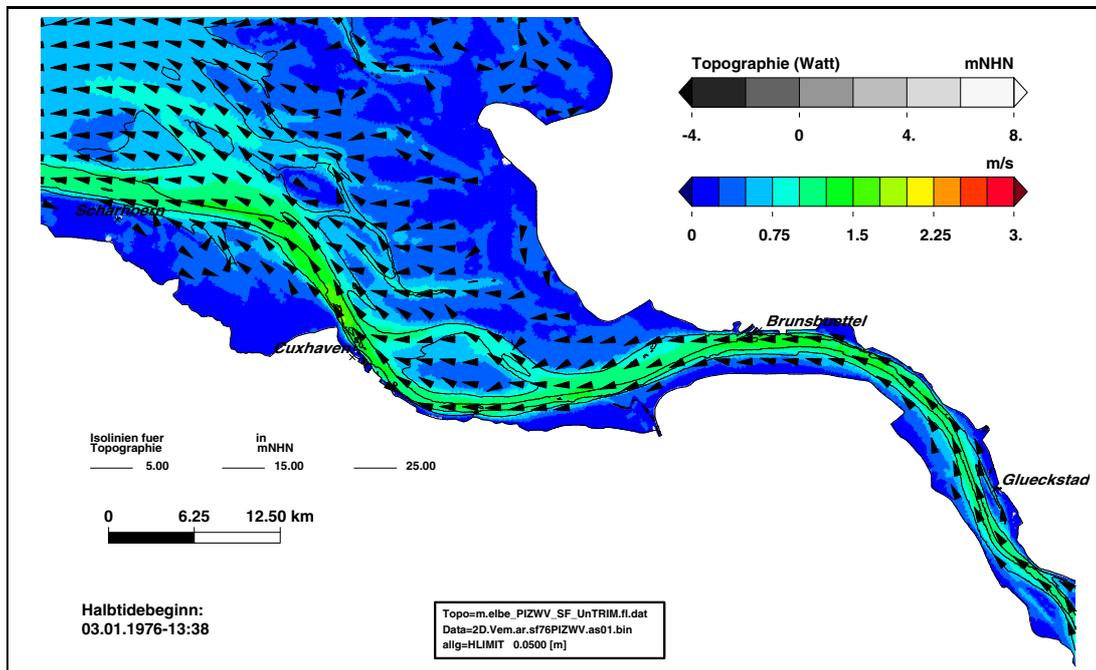
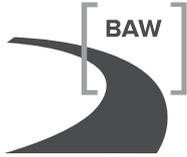


Bild 33: Mittlere Ebbestromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderungen der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.



4.3.2 Sturmflutszenario SF76 slr+25 cm: Elbe Tg West

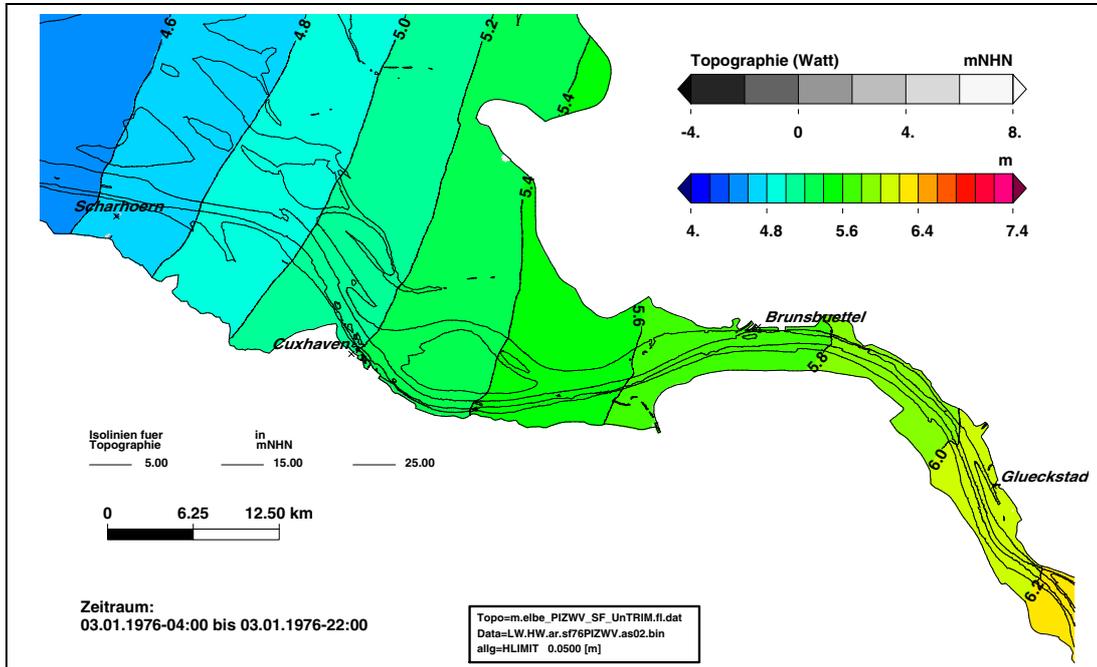


Bild 34: Sturmflutscheitelwasserstand HW für das Sturmflutszenario SF76slr+25 cm (as02) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im HW von 20 cm.

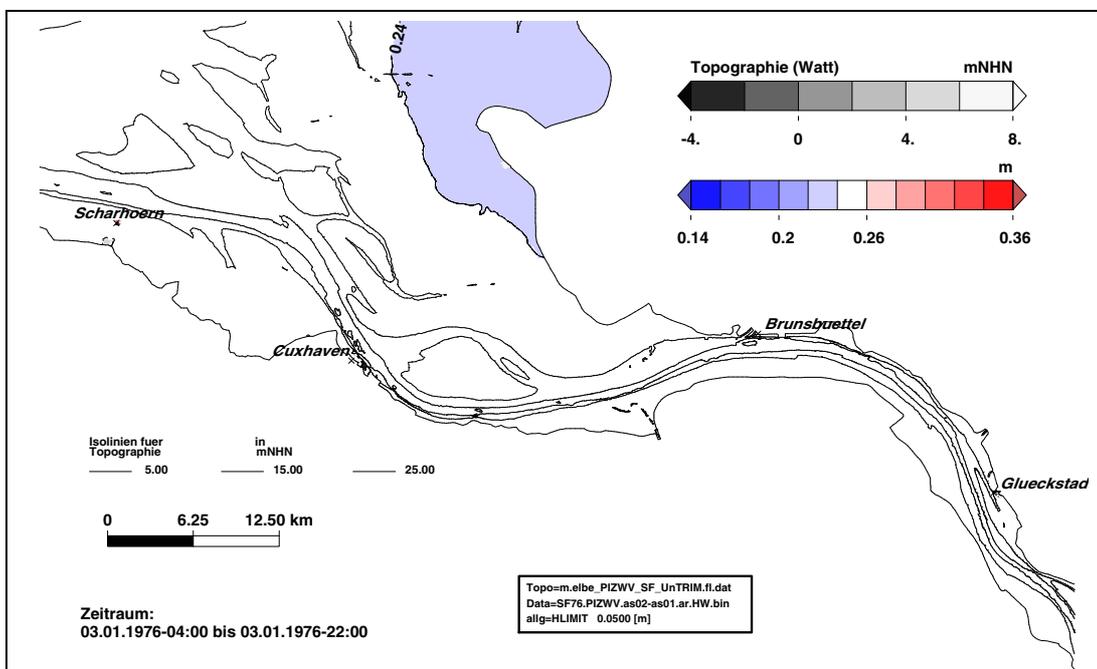


Bild 35: Änderung des Sturmflutscheitelwasserstand HW im Sturmflutszenario SF76slr+25cm (as02) bezogen auf Sturmflutszenario SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im HW von 2 cm. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich das HW um weniger als $25\text{ cm} \pm 1\text{ cm}$.

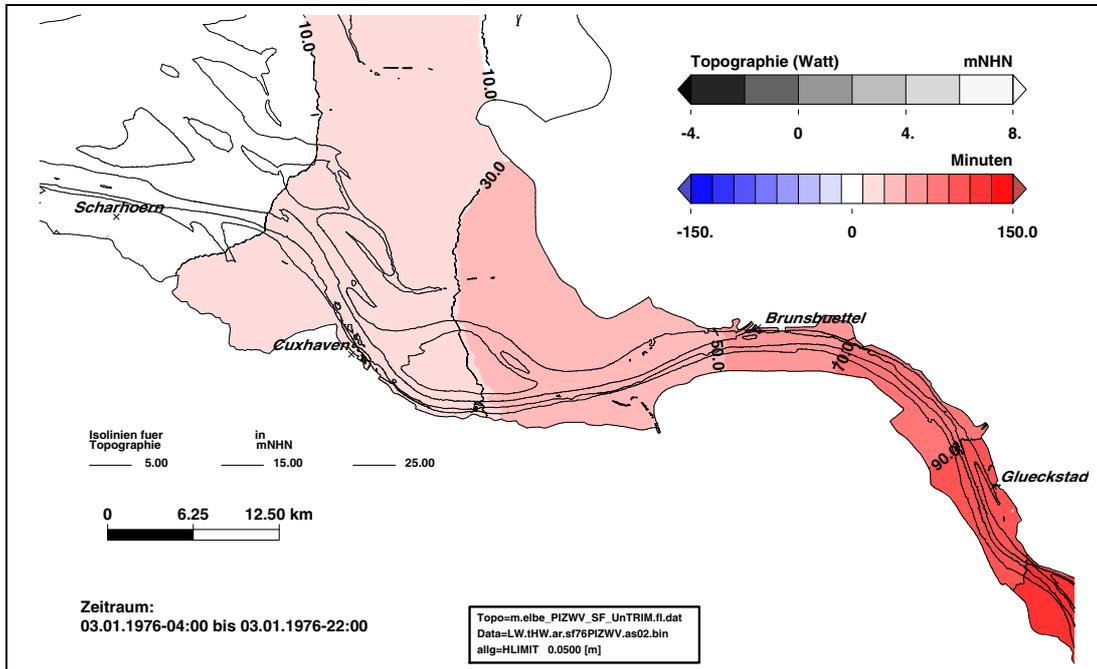


Bild 36: Eintrittszeit des Sturmflutscheitelwasserstand tHW für das Sturmflutszenario SF76slr+25cm (as02) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderung der Eintrittszeit von 20 Minuten.

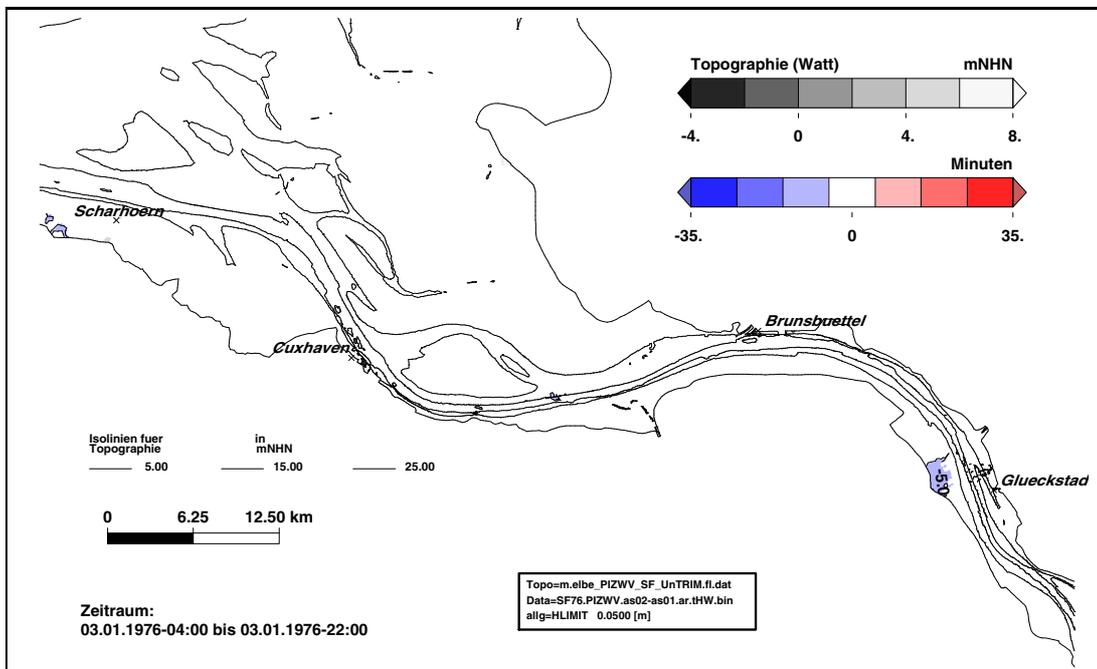


Bild 37: Änderung der Eintrittszeit des Sturmflutscheitelwasserstand HW im Sturmflutszenario SF76slr+25cm (as02) bezogen auf Sturmflutszenario SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im tHW von 10 Minuten. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich das HW um weniger als ± 5 Minuten.

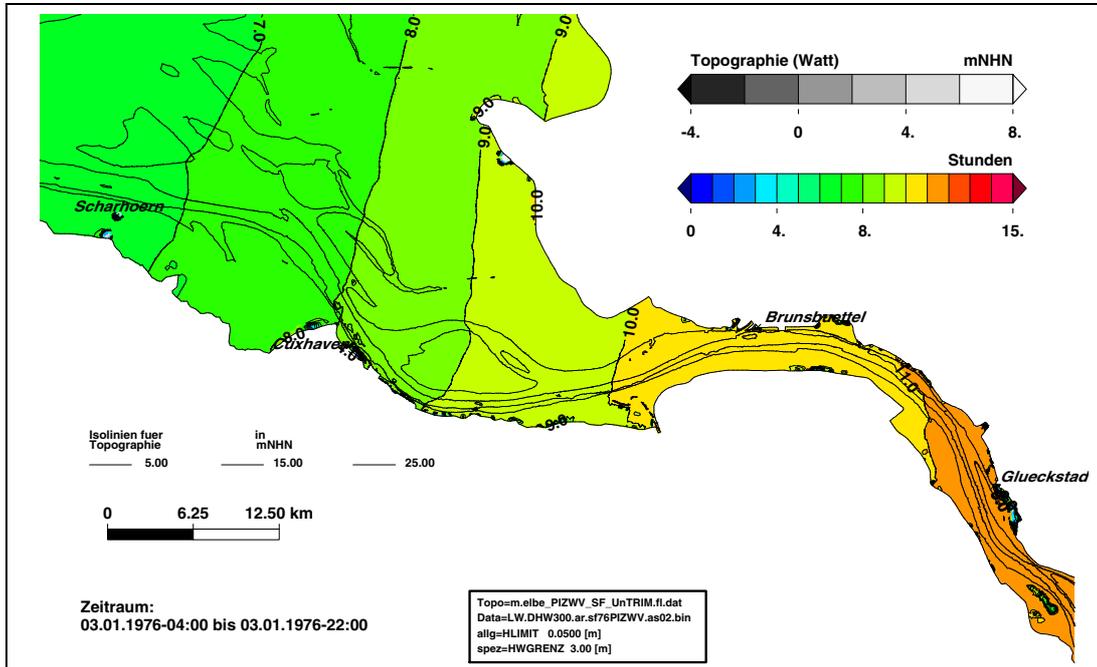


Bild 38: Dauer hoher Wasserstände $> \text{NHN} + 3,00 \text{ m}$ während des Sturmflutszenarios SF76slr+25cm (as02) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht Änderungen der Dauer von 1 Stunde.

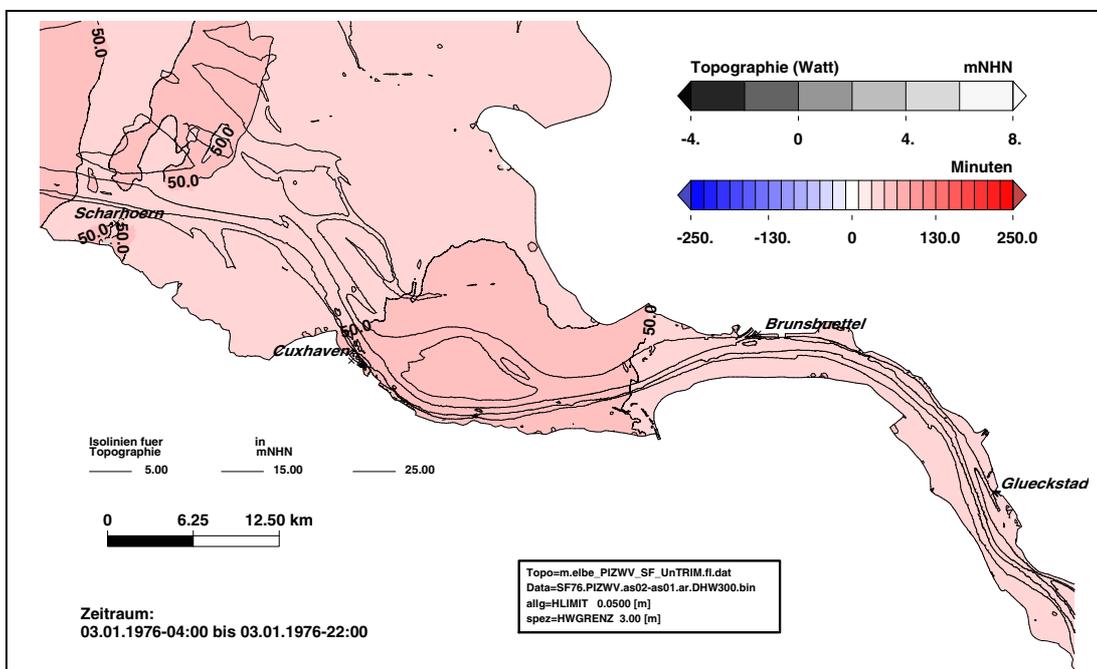


Bild 39: Änderung der Dauer hoher Wasserstände $> \text{NHN} + 3,00 \text{ m}$ im Sturmflutszenario SF76slr+25cm (as02) bezogen auf Sturmflutszenario SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im DHW300 von 20 Minuten. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die Dauer DHW300 um weniger als ± 10 Minuten.

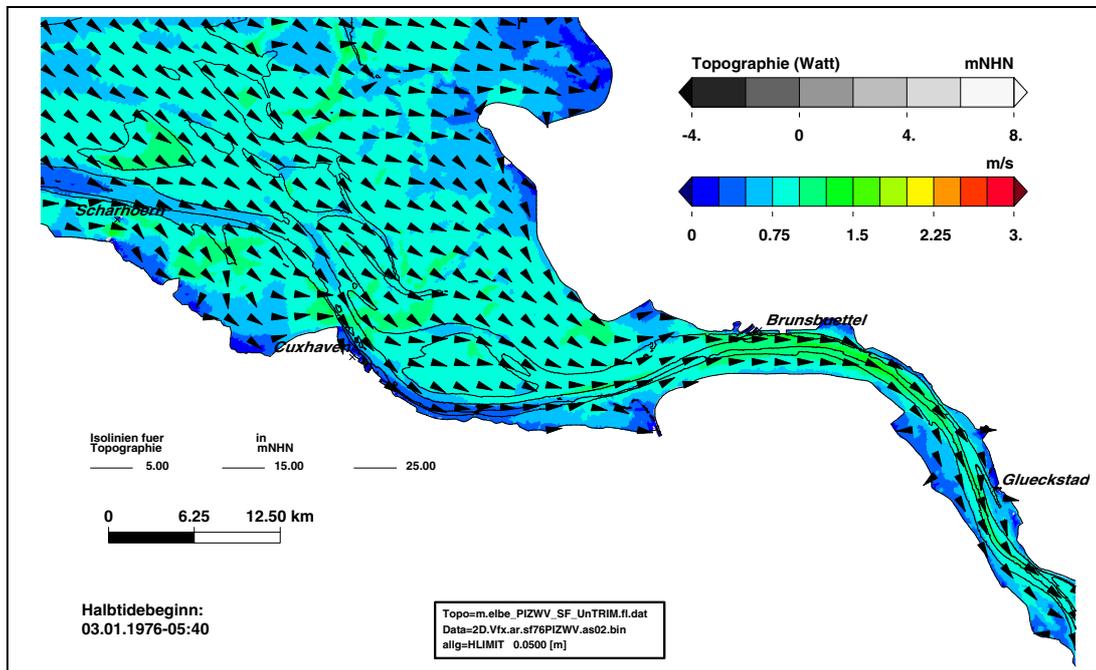


Bild 40: Maximalen Flutstromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76slr+25cm (as02) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderungen der maximalen Flutstromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

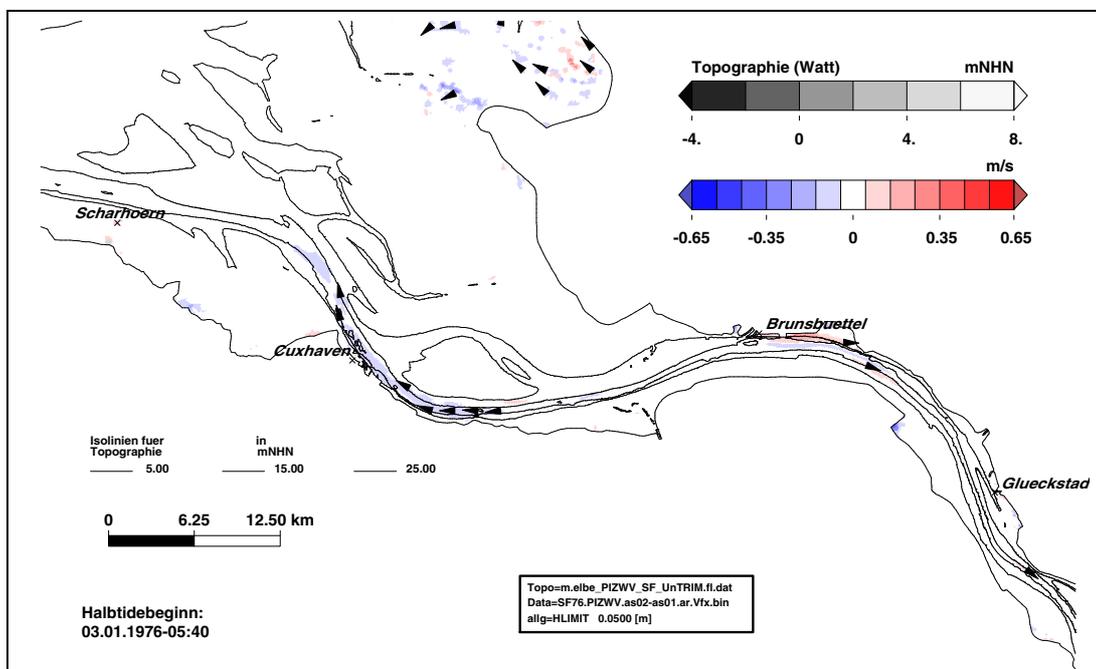


Bild 41: Änderung der maximalen Flutstromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76slr+25cm (as02) bezogen auf Sturmflutszenario SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der maximalen Flutstromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die maximale Flutstromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.

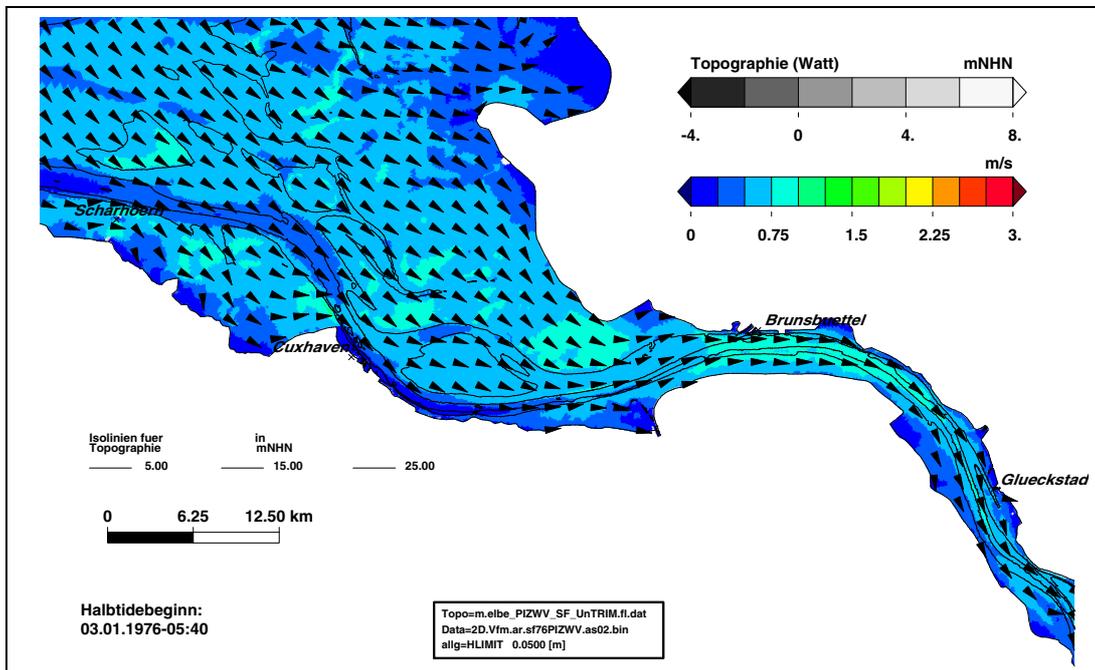


Bild 42: Mittlere Flutstromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76slr+25cm (as02) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderungen der mittleren Flutstromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

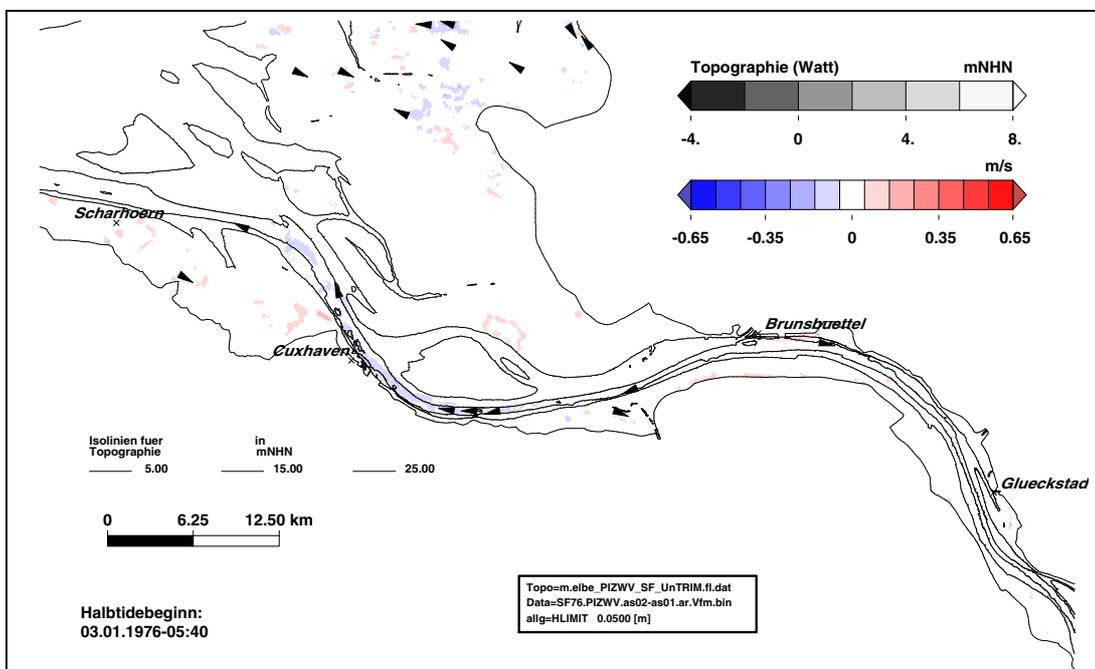


Bild 43: Änderung der mittleren Flutstromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76slr+25cm (as02) bezogen auf Sturmflutszenario SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der mittleren Flutstromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die mittlere Flutstromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.

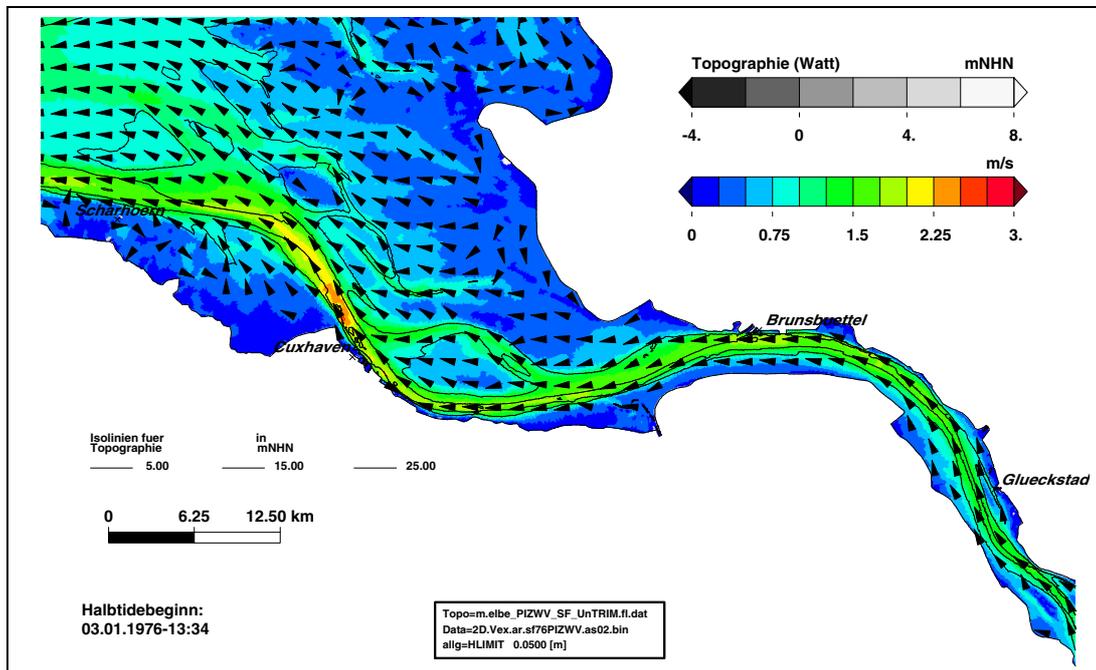


Bild 44: Maximalen Ebbestromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76slr+25cm (as02) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderungen der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

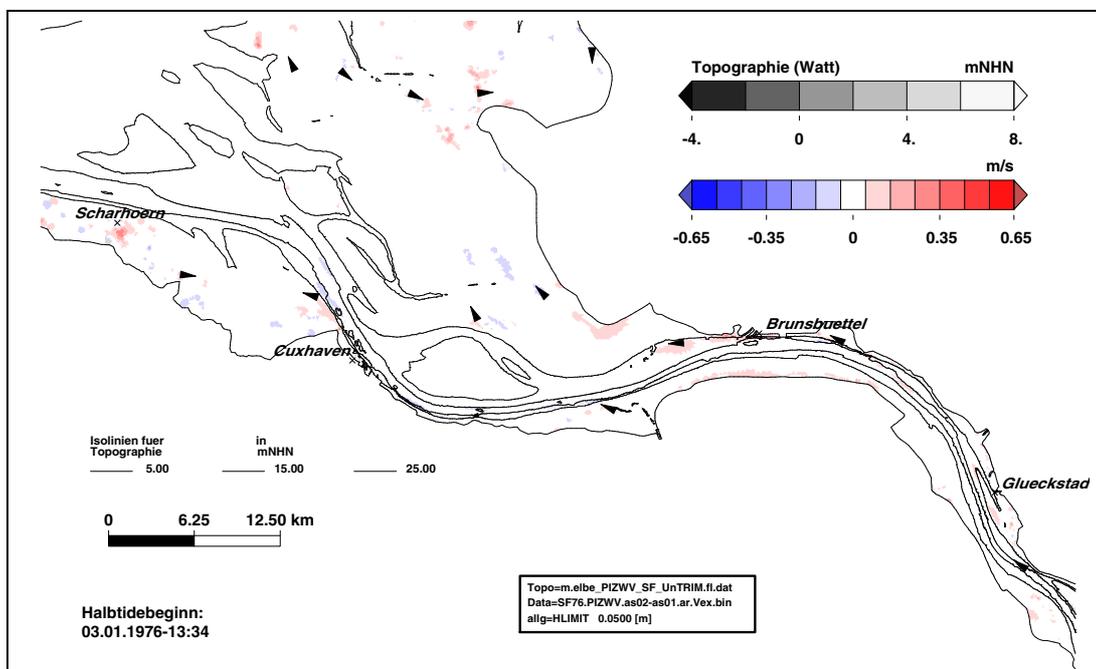


Bild 45: Änderung der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76slr+25cm (as02) bezogen auf Sturmflutszenario SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die maximale Ebbestromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.

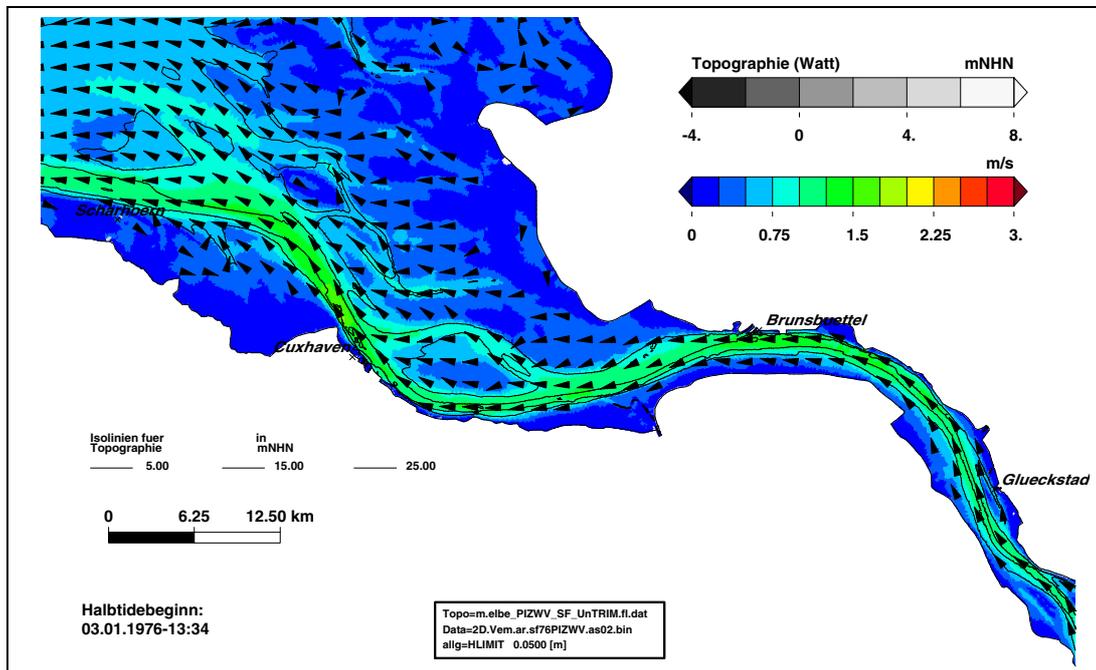


Bild 46: Mittlere Ebbestromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76slr+25cm (as02) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderungen der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

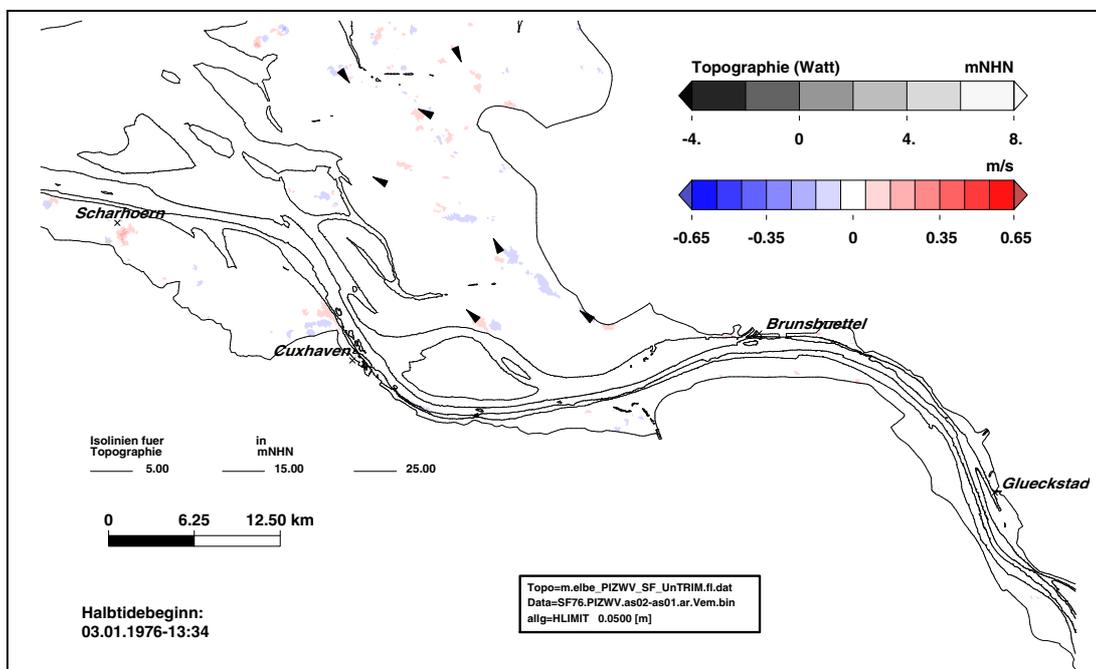
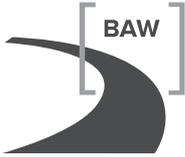


Bild 47: Änderung der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76slr+25cm (as02) bezogen auf Sturmflutszenario SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die mittlere Ebbestromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.



4.3.3 Sturmflutszenario SF76 slr+80 cm: Elbe Tg West

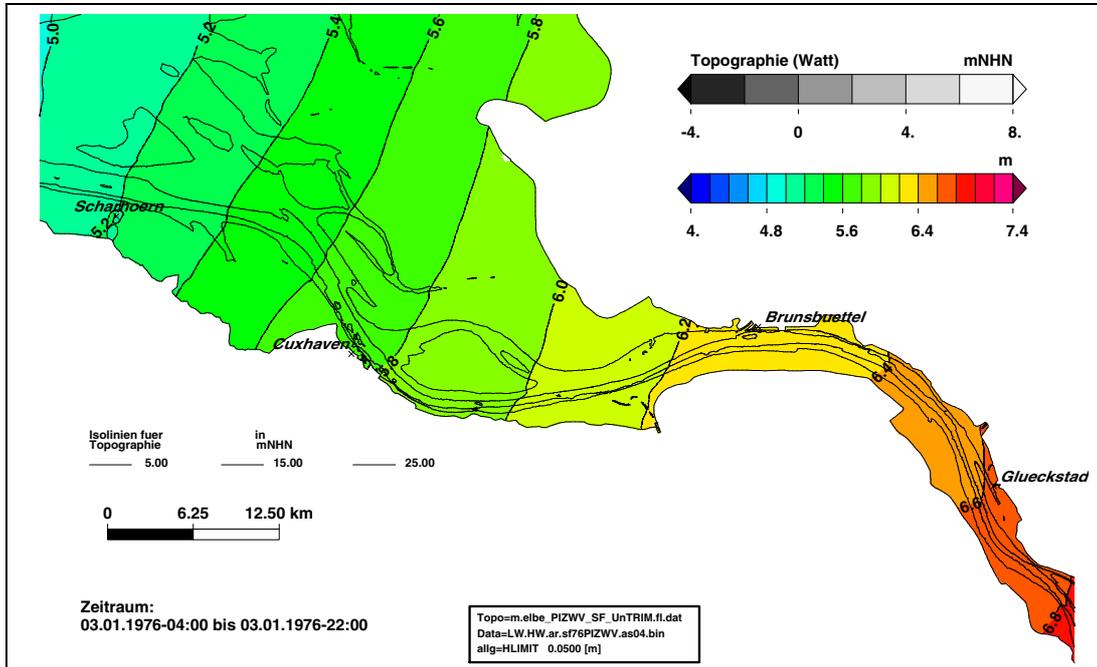


Bild 48: Sturmflutscheitelwasserstand HW für das Sturmflutszenario SF76slr+80cm (as04) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im HW von 20 cm.

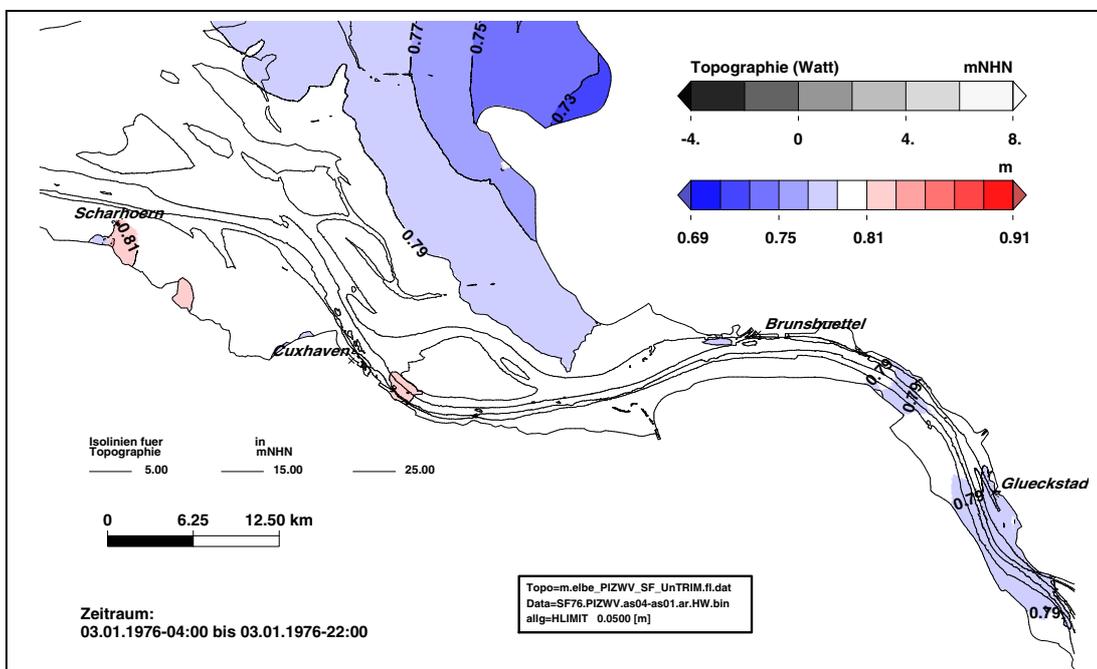


Bild 49: Änderung des Sturmflutscheitelwasserstand HW im Sturmflutszenario SF76slr+80cm (as04) bezogen auf Sturmflutszenario SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im HW von 2 cm. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich das HW um weniger als $80\text{ cm} \pm 1\text{ cm}$.

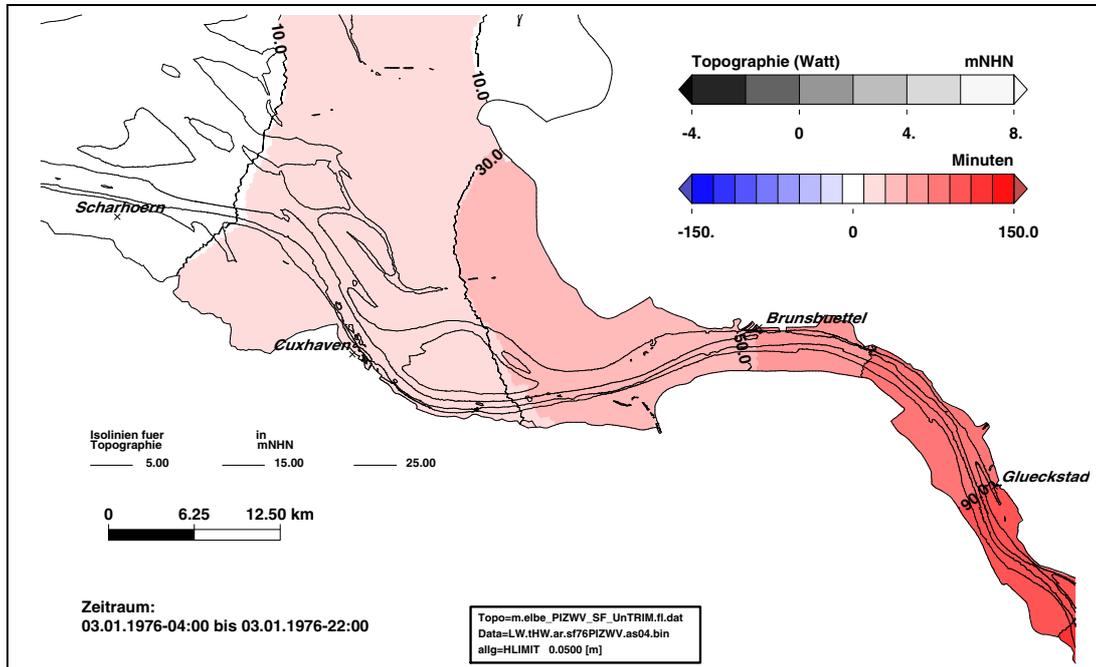


Bild 50: Eintrittszeit des Sturmflutscheitelwasserstand tHW für das Sturmflutszenario SF76slr+80cm (as04) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderung der Eintrittszeit von 20 Minuten.

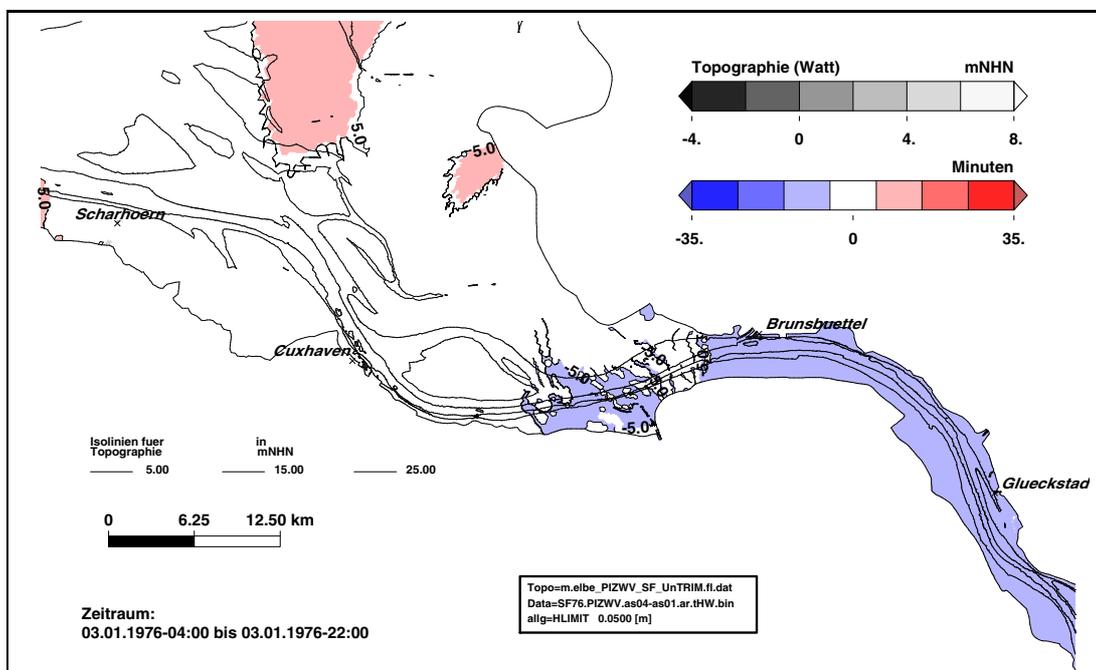


Bild 51: Änderung der Eintrittszeit des Sturmflutscheitelwasserstand HW im Sturmflutszenario SF76slr+80cm (as04) bezogen auf Sturmflutszenario SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im tHW von 10 Minuten. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich das HW um weniger als ± 5 Minuten.

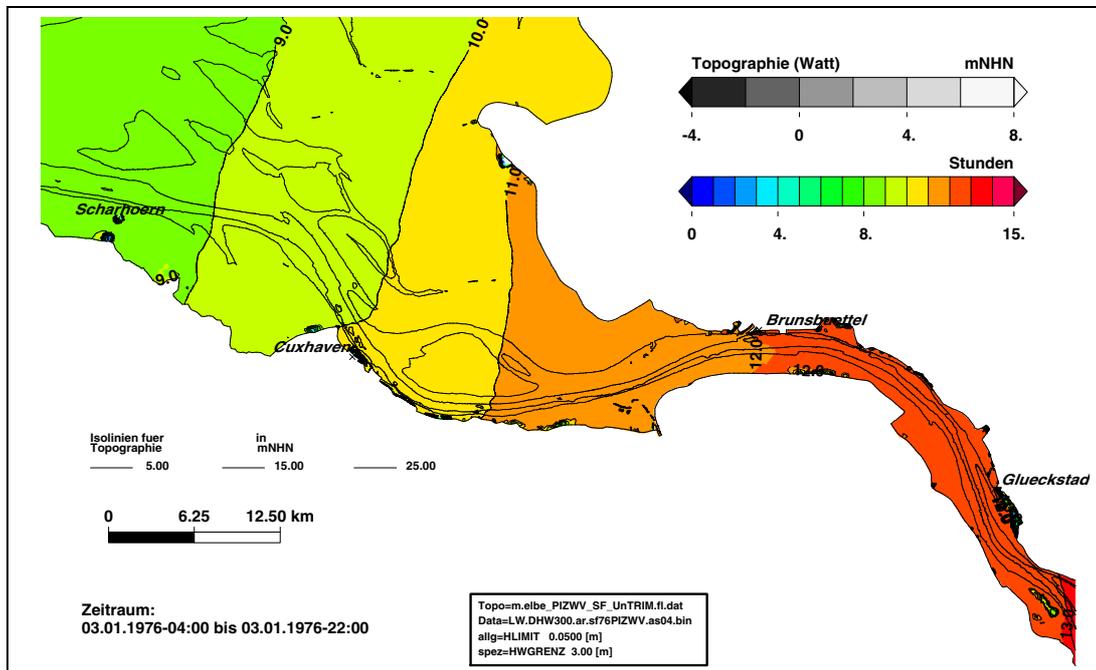


Bild 52: Dauer hoher Wasserstände $> \text{NHN} + 3,00 \text{ m}$ während des Sturmflutszenarios SF76slr+80cm (as04) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht Änderungen der Dauer von 1 Stunde.

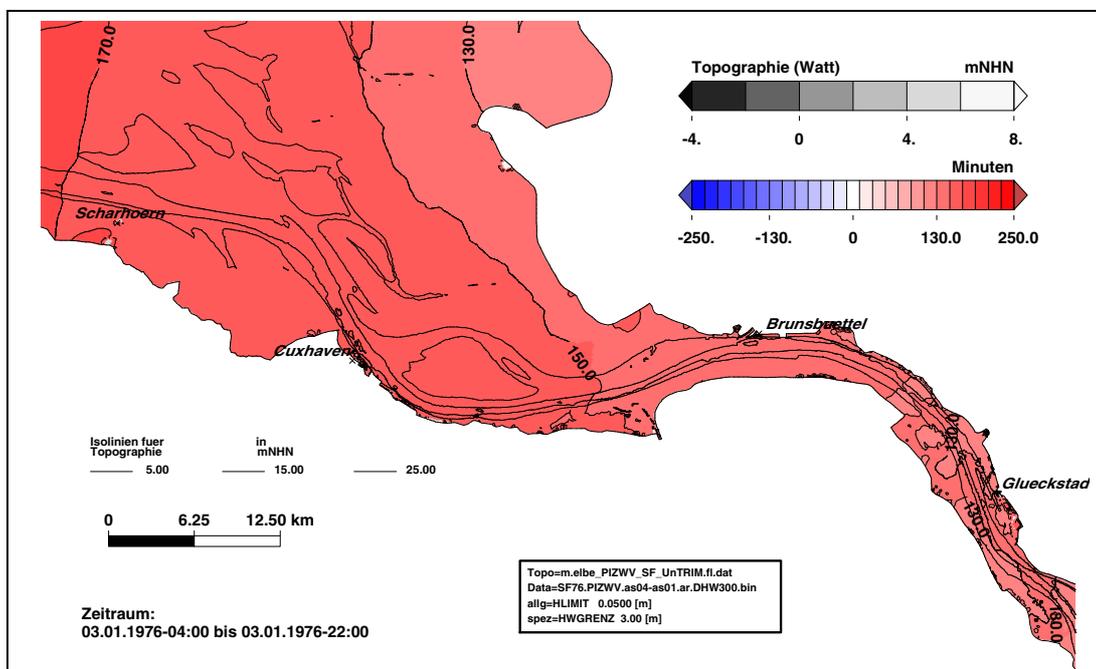


Bild 53: Änderung der Dauer hoher Wasserstände $> \text{NHN} + 3,00 \text{ m}$ im Sturmflutszenario SF76slr+80cm (as04) bezogen auf Sturmflutszenario SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im DHW300 von 20 Minuten. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die Dauer DHW300 um weniger als ± 10 Minuten.

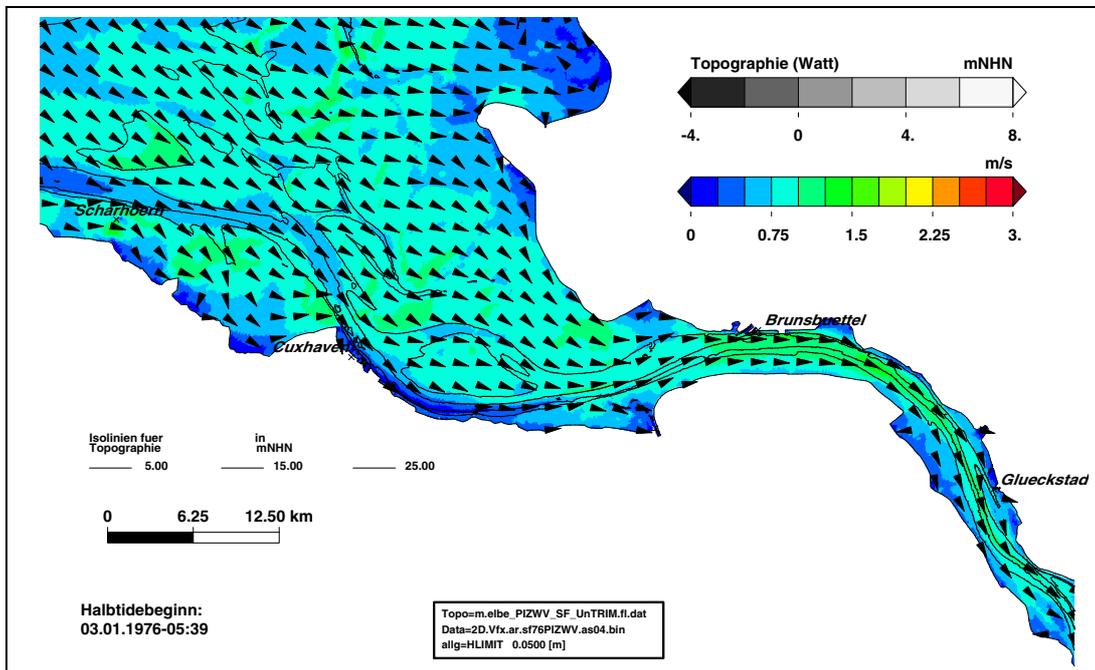


Bild 54: Maximalen Flutstromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76slr+80cm (as04) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderungen der maximalen Flutstromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

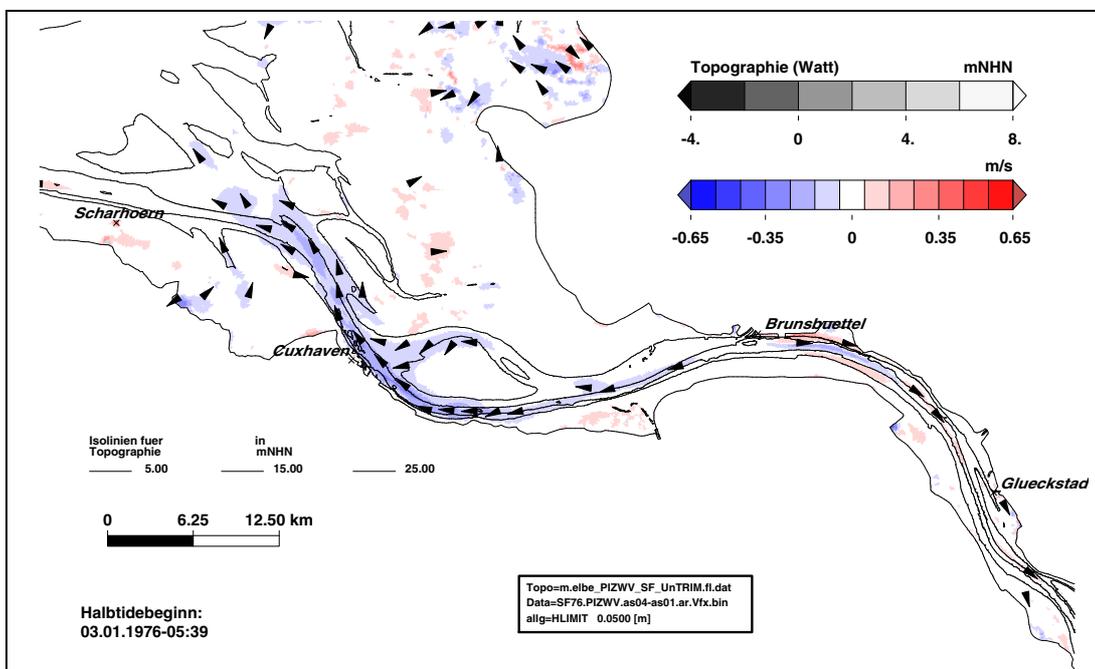


Bild 55: Änderung der maximalen Flutstromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76slr+80cm (as04) bezogen auf Sturmflutszenario SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der maximalen Flutstromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die maximale Flutstromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.

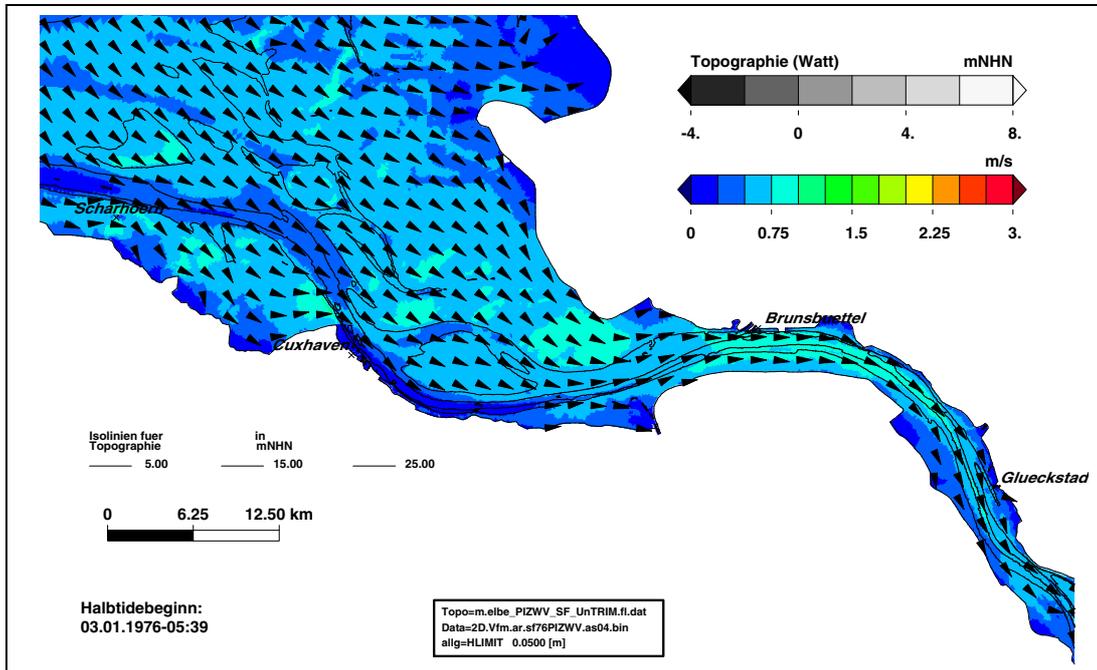


Bild 56: Mittlere Flutstromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76slr+80cm (as04) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderungen der mittleren Flutstromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

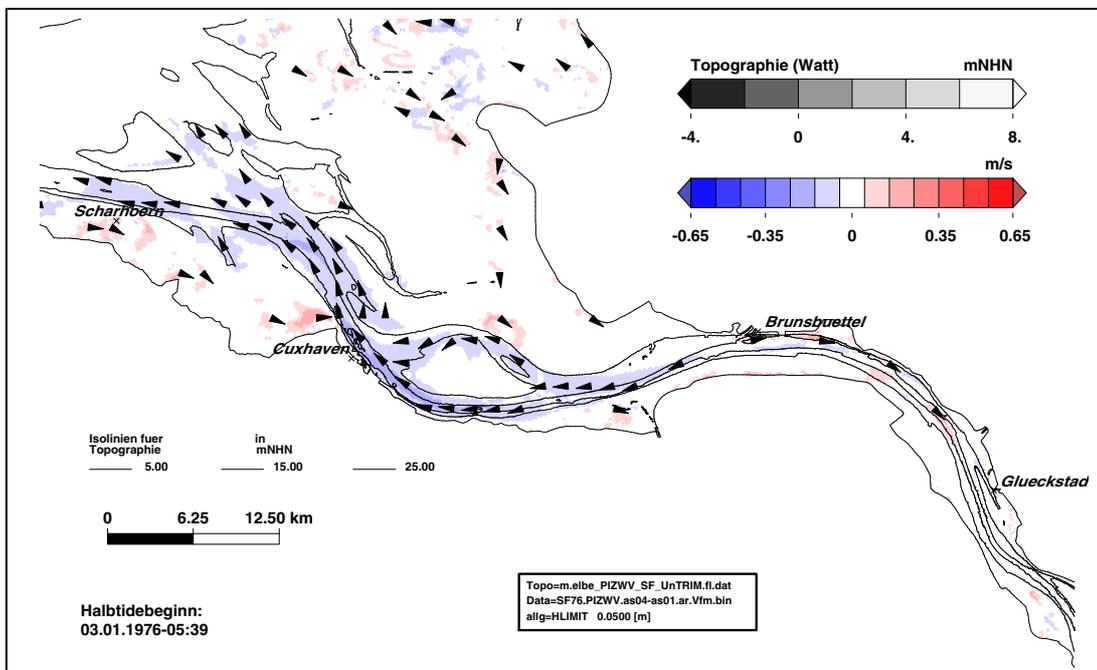


Bild 57: Änderung der mittleren Flutstromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76slr+80cm (as04) bezogen auf Sturmflutszenario SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der mittleren Flutstromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die mittlere Flutstromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.

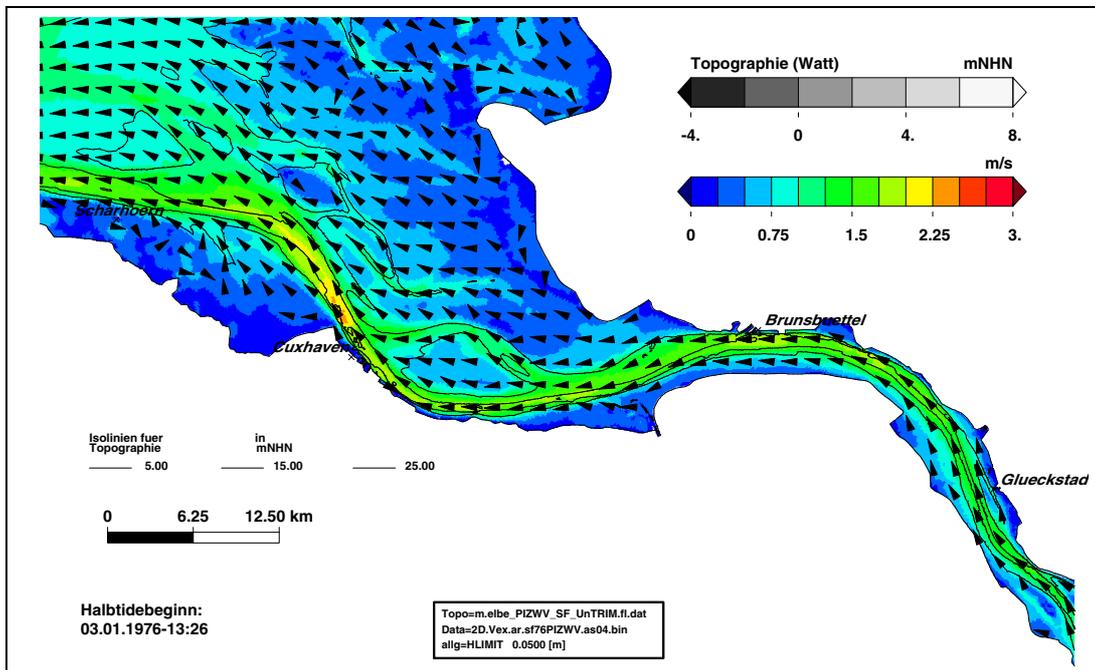


Bild 58: Maximalen Ebbestromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76slr+80cm (as04) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderungen der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

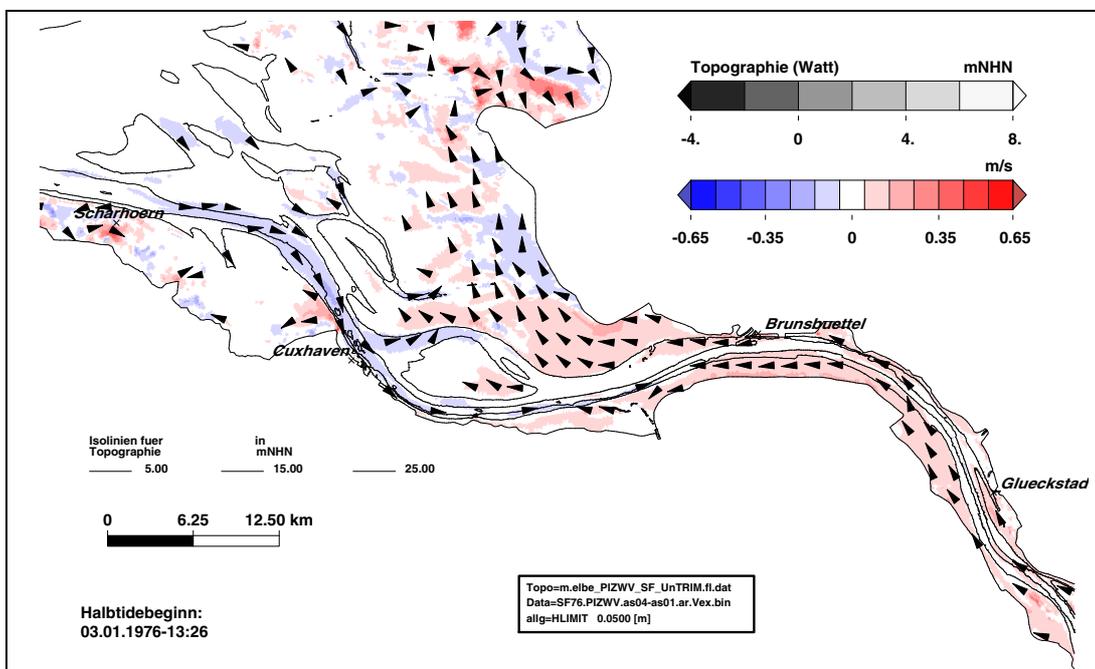


Bild 59: Änderung der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76slr+80cm (as04) bezogen auf Sturmflutszenario SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die maximale Ebbestromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.

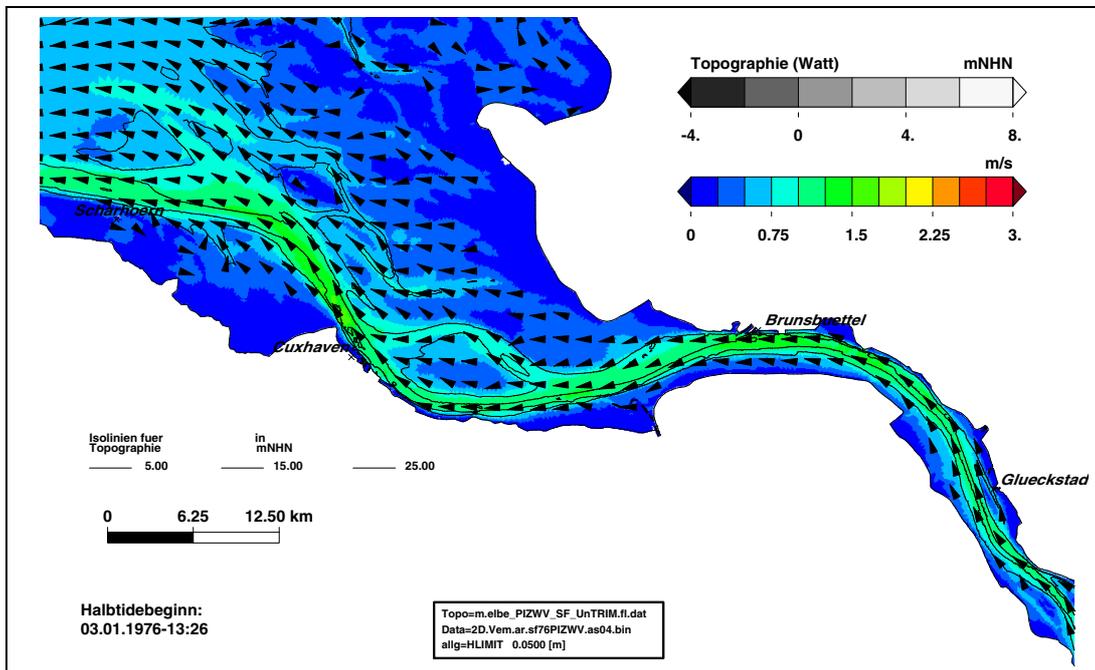


Bild 60: Mittlere Ebbestromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76slr+80cm (as04) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderungen der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

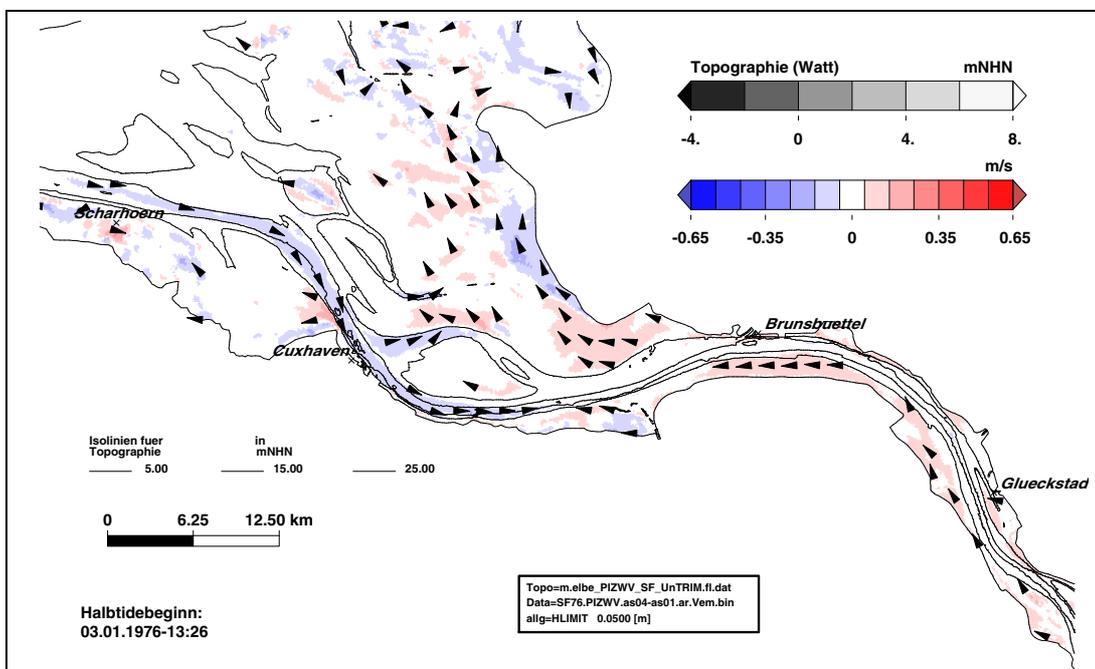
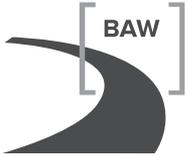


Bild 61: Änderung der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76slr+80cm (as04) bezogen auf Sturmflutszenario SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die mittlere Ebbestromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.



4.3.4 Sturmflutszenario SF76 slr+115 cm: Elbe Tg West

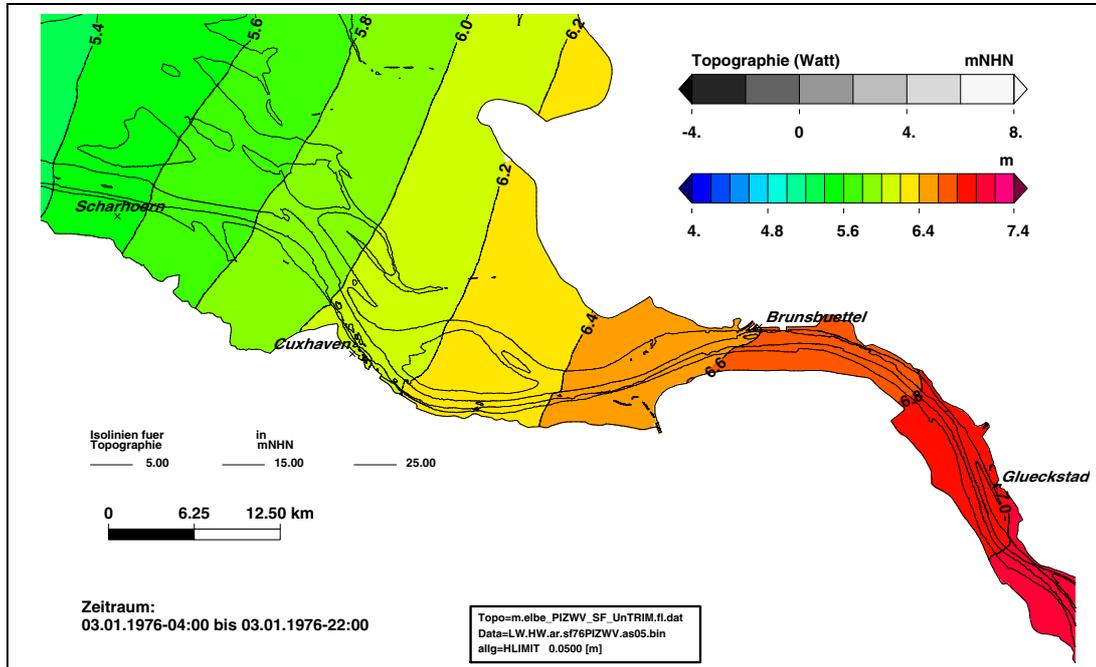


Bild 62: Sturmflutscheitelwasserstand HW für das Sturmflutszenario SF76slr+115cm (as05) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im HW von 20 cm.

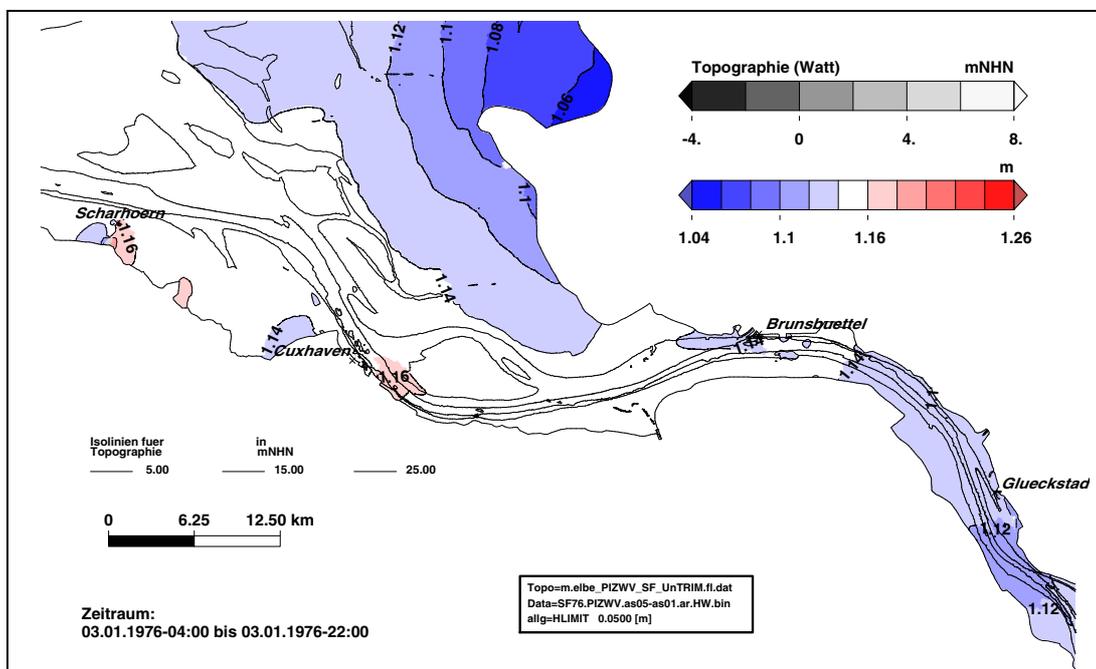


Bild 63: Änderung des Sturmflutscheitelwasserstand HW im Sturmflutszenario SF76slr+115cm (as05) bezogen auf Sturmflutszenario SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im HW von 2 cm. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich das HW um weniger als $115\text{ cm} \pm 1\text{ cm}$.

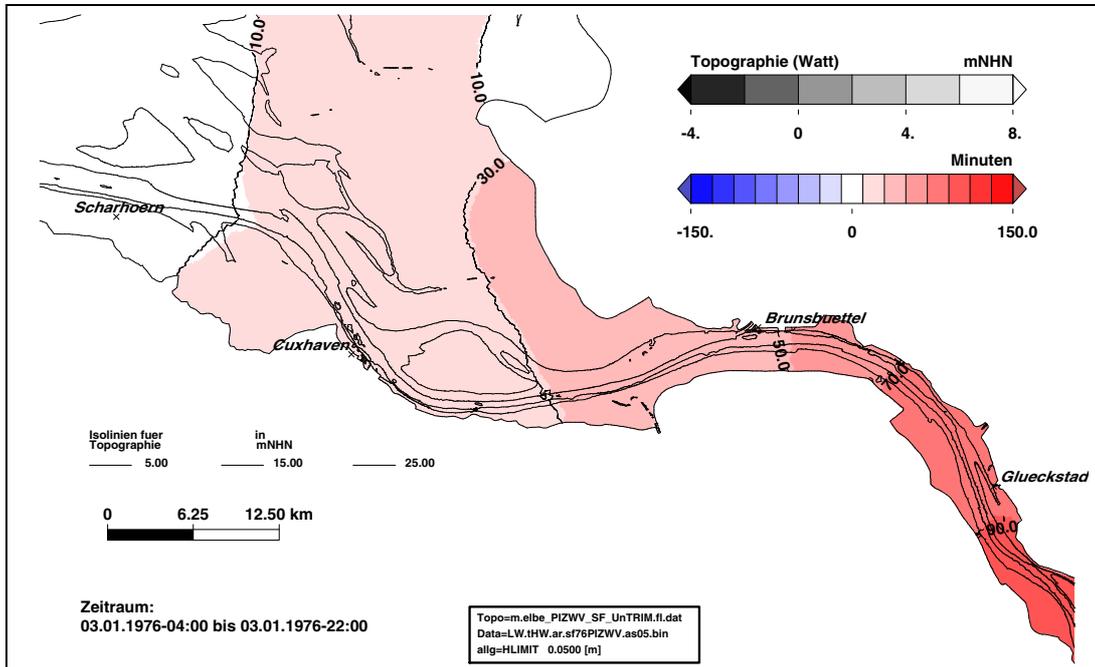


Bild 64: Eintrittszeit des Sturmflutscheitelwasserstand tHW für das Sturmflutszenario SF76slr+115cm (as05) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderung der Eintrittszeit von 20 Minuten.

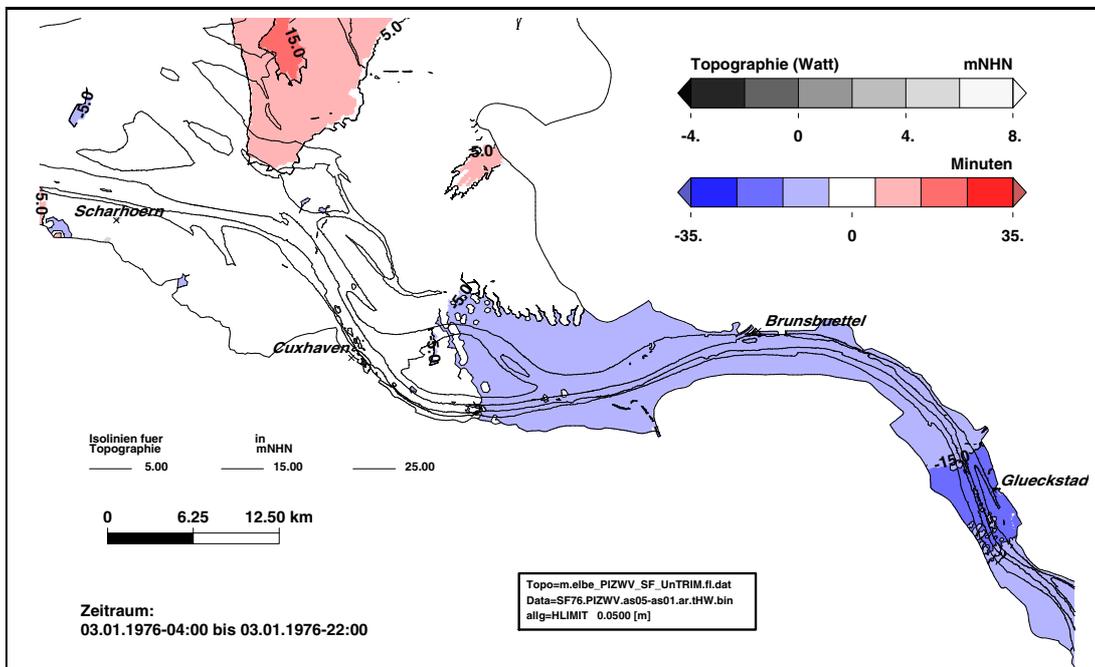


Bild 65: Änderung der Eintrittszeit des Sturmflutscheitelwasserstand HW im Sturmflutszenario SF76slr+115cm (as05) bezogen auf Sturmflutszenario SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im tHW von 10 Minuten. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich das HW um weniger als ± 5 Minuten.

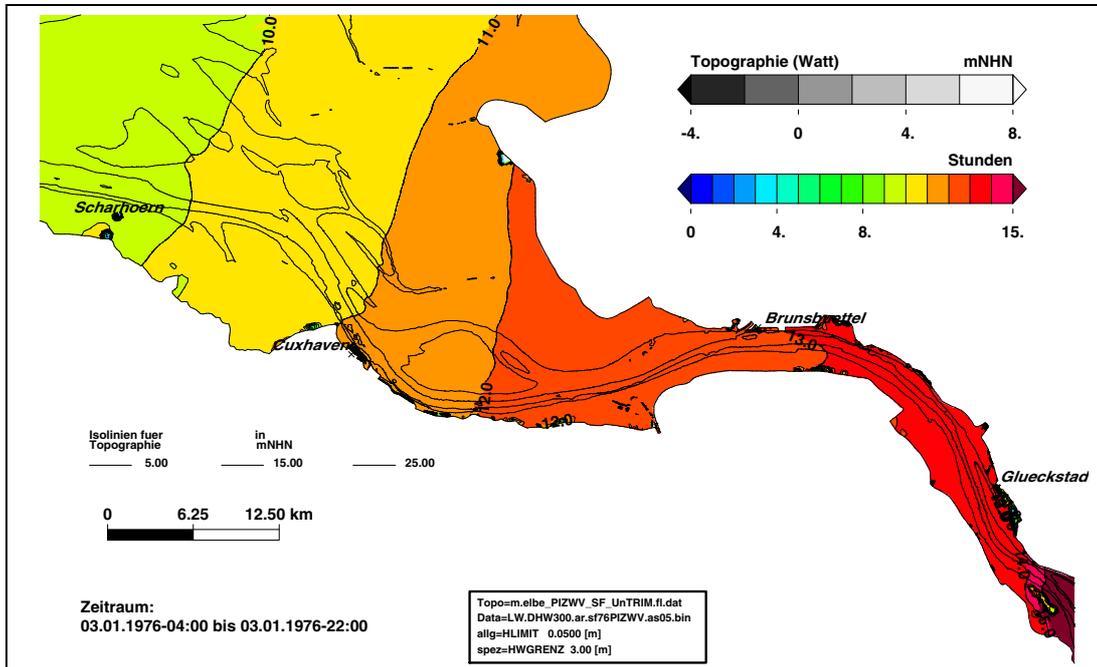


Bild 66: Dauer hoher Wasserstände $> \text{NHN} + 3,00 \text{ m}$ während des Sturmflutszenarios SF76slr+115cm (as05) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht Änderungen der Dauer von 1 Stunde.

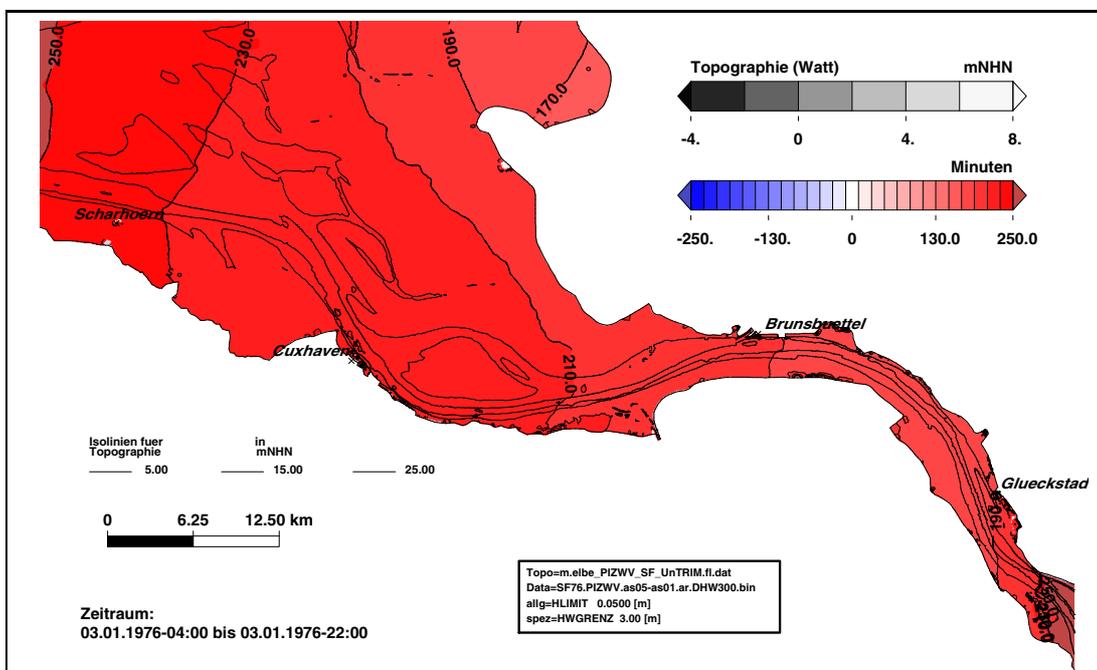


Bild 67: Änderung der Dauer hoher Wasserstände $> \text{NHN} + 3,00 \text{ m}$ im Sturmflutszenario SF76slr+115cm (as05) bezogen auf Sturmflutszenario SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im DHW300 von 20 Minuten. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die Dauer DHW300 um weniger als ± 10 Minuten.

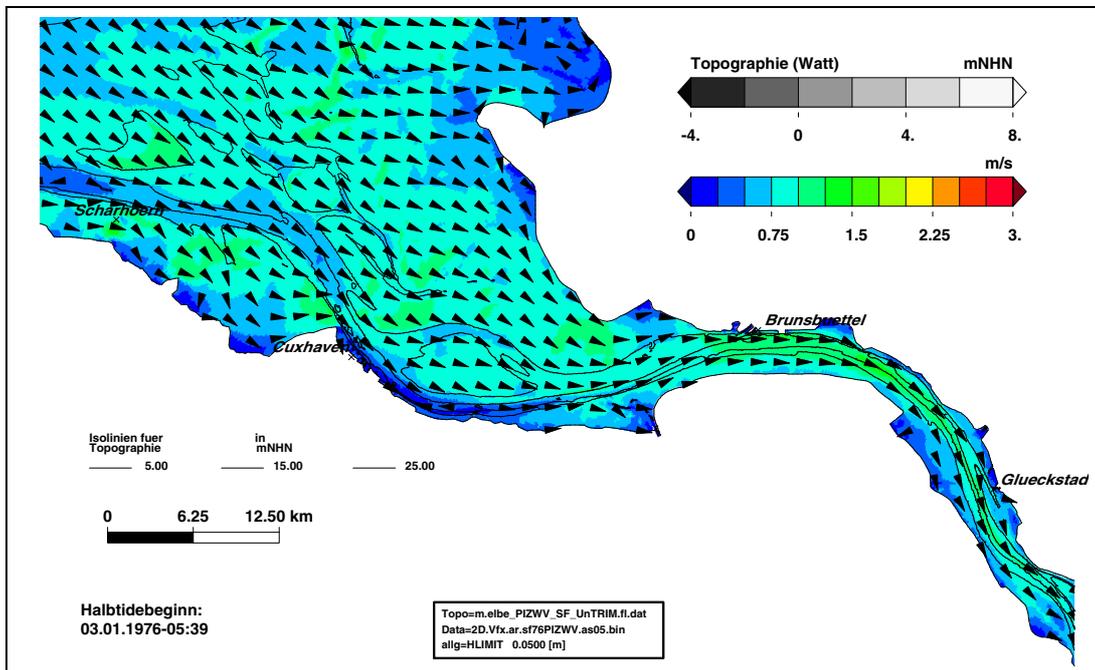


Bild 68: Maximalen Flutstromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76slr+115cm (as05) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderung der maximalen Flutstromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

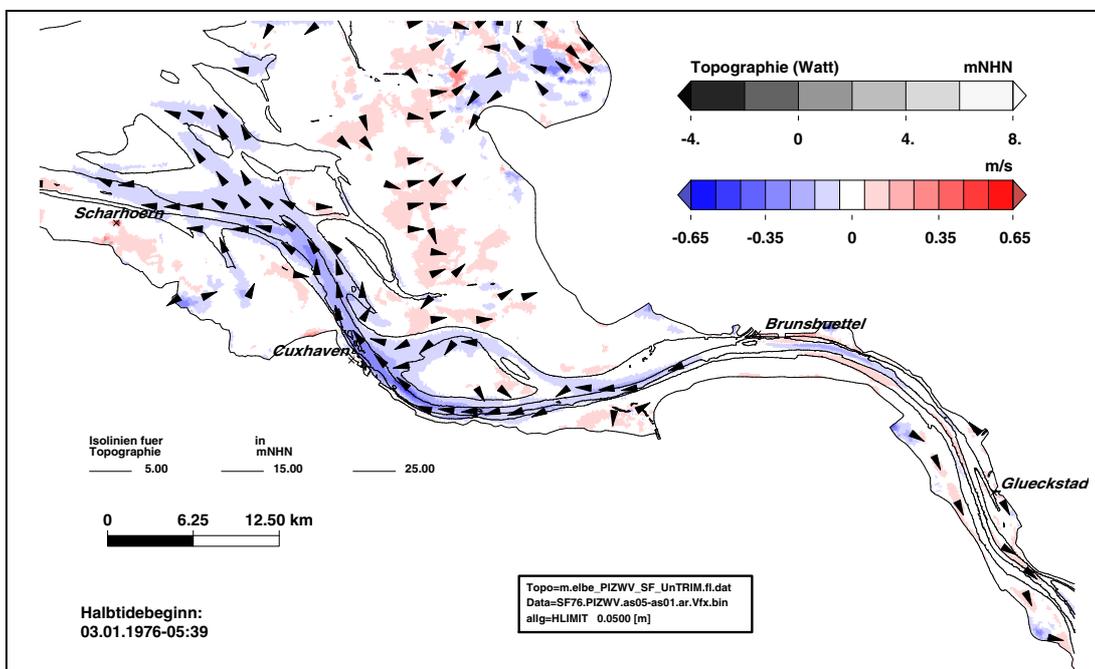


Bild 69: Änderung der maximalen Flutstromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76slr+115cm (as05) bezogen auf Sturmflutszenario SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der maximalen Flutstromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die maximale Flutstromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.

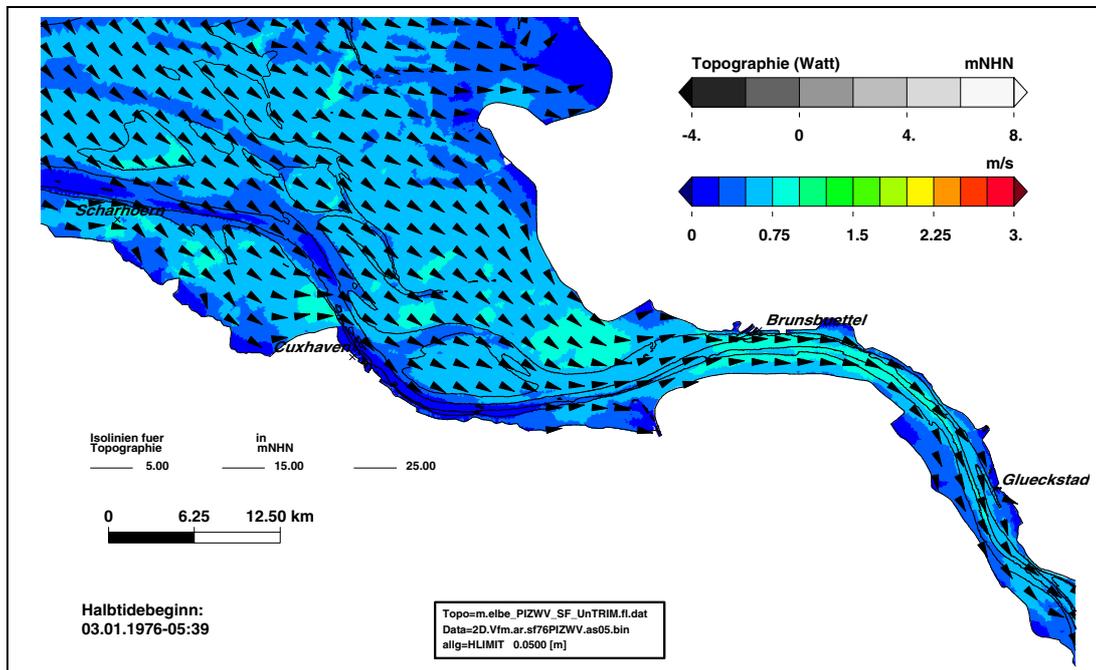


Bild 70: Mittlere Flutstromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76slr+115cm (as05) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderung der mittleren Flutstromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

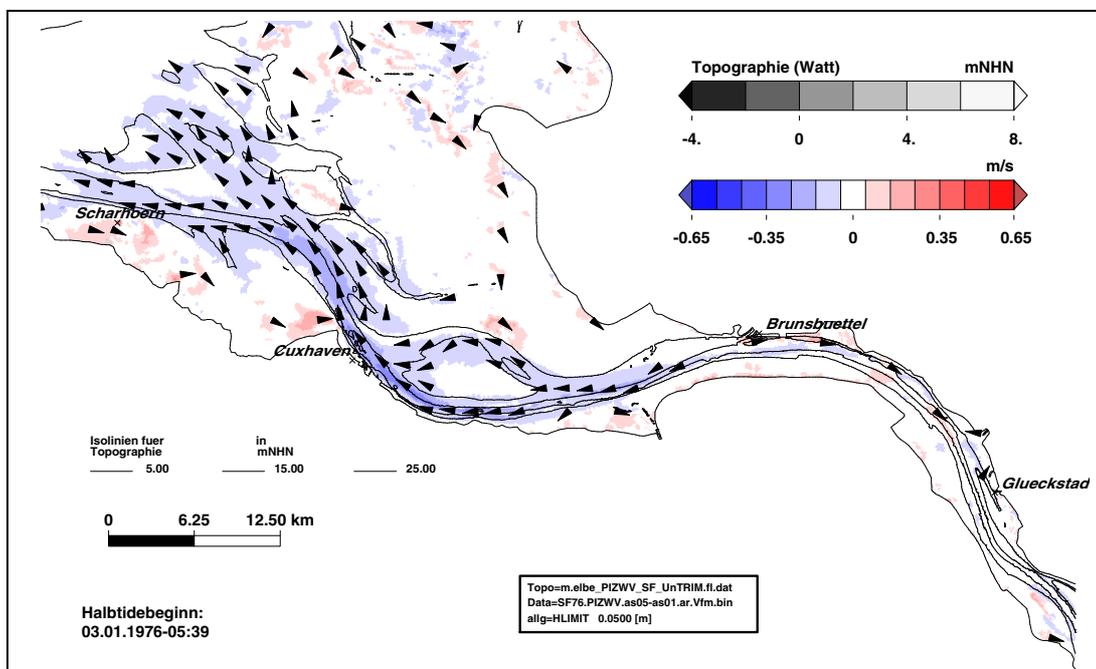


Bild 71: Änderung der mittleren Flutstromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76slr+115cm (as05) bezogen auf Sturmflutszenario SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der mittleren Flutstromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die mittlere Flutstromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.

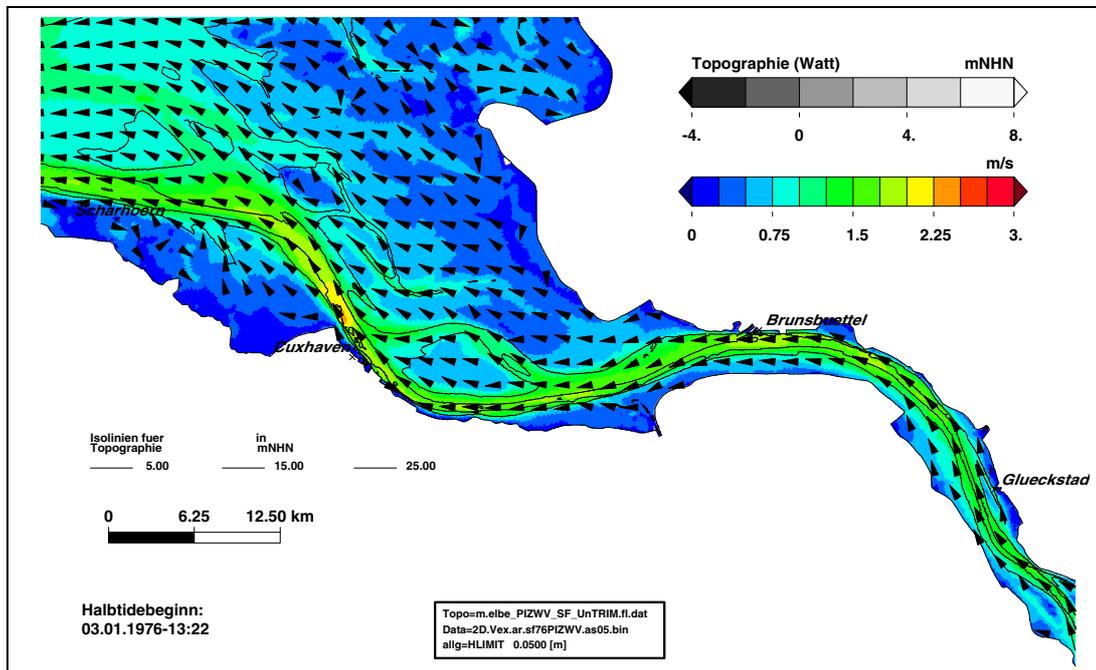


Bild 72: Maximalen Ebbestromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76slr+115cm (as05) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderungen der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

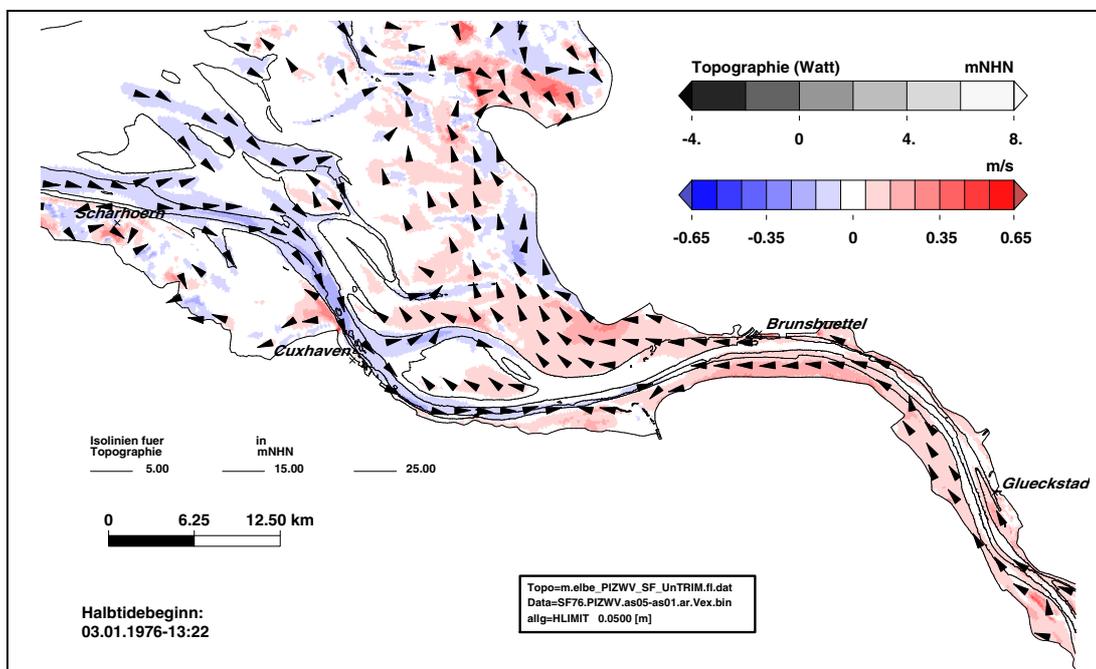


Bild 73: Änderung der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76slr+115cm (as05) bezogen auf Sturmflutszenario SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die maximale Ebbestromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.

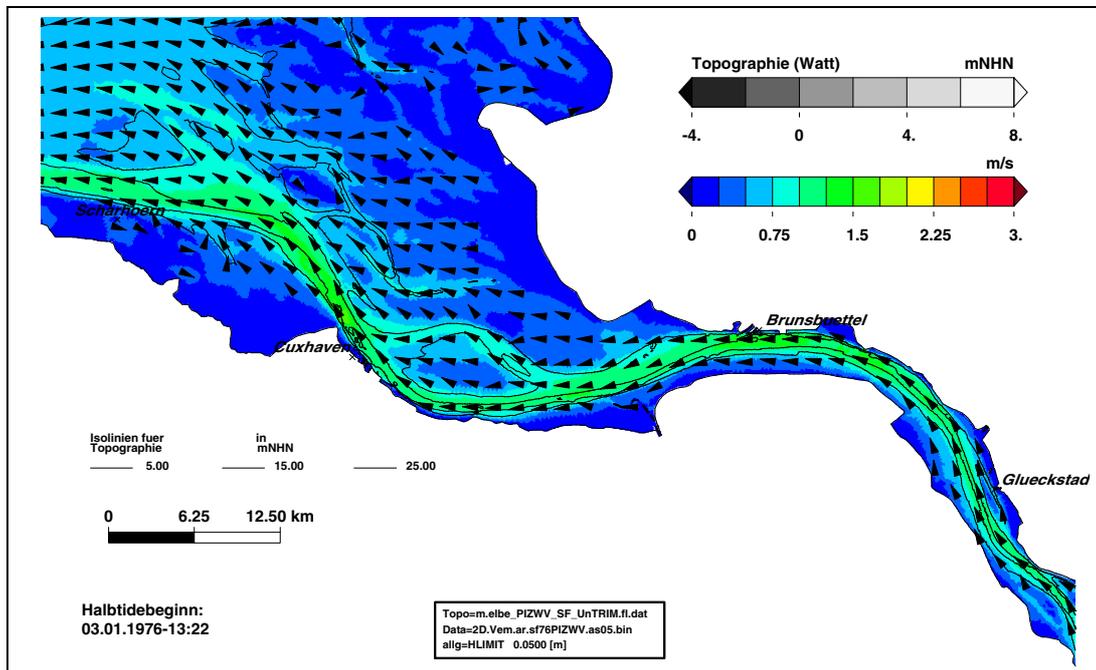


Bild 74: Mittlere Ebbestromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76slr+115cm (as05) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderungen der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

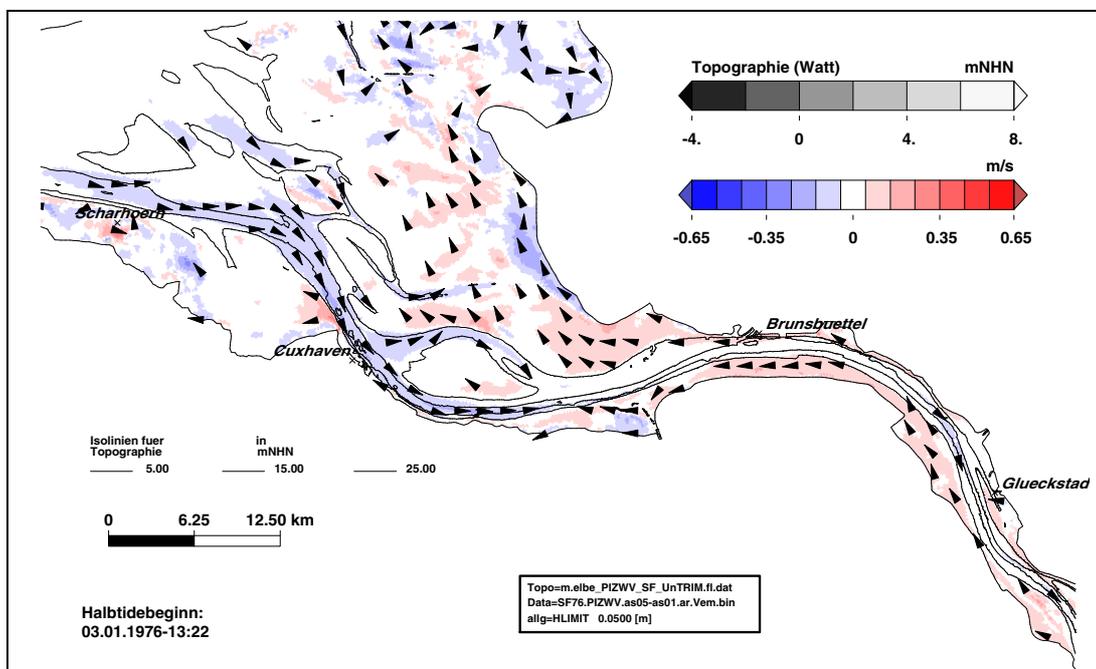
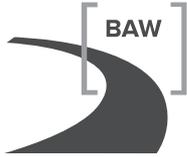


Bild 75: Änderung der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76slr+115cm (as05) bezogen auf Sturmflutszenario SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die mittlere Ebbestromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.



5 Sturmflutszenario SF76 Abfluss Q500

5.1 Zeitreihen an Orten von Interesse

Die Liste der Untersuchungsvarianten in Tabelle 6 in Kapitel 3 enthält eine Charakterisierung der untersuchten Sturmflutszenarien und gibt Erläuterungen zu den im folgenden Abschnitt verwendeten Bezeichnungen.

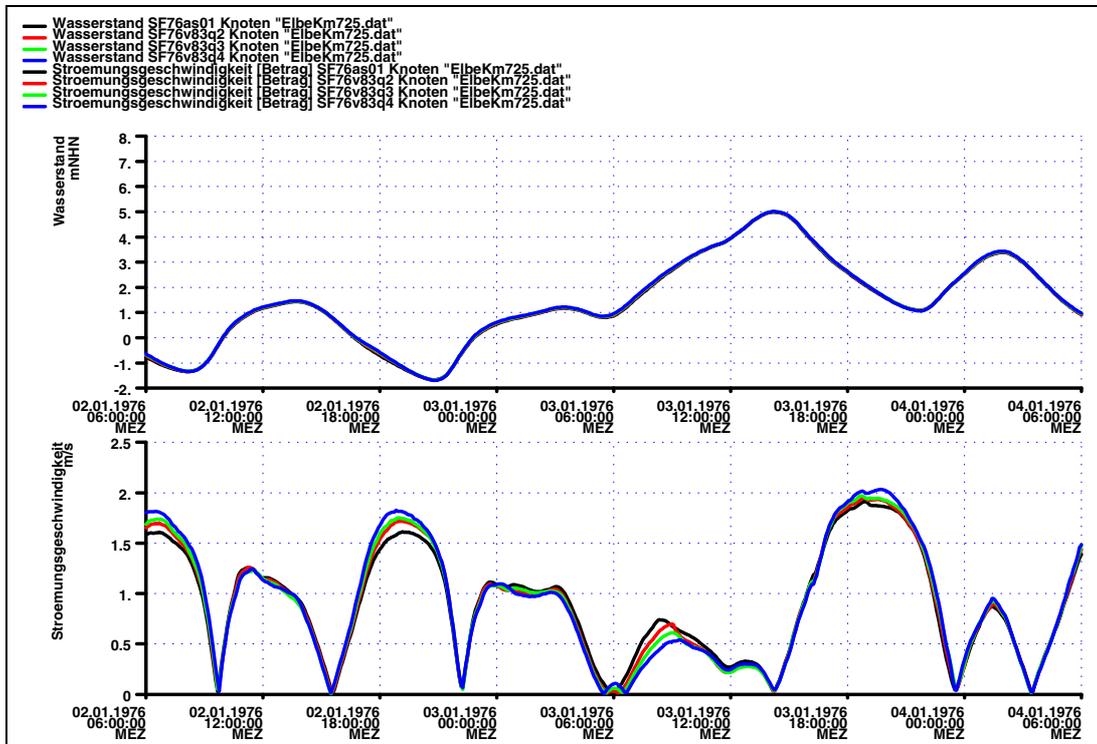


Bild 76: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit bei Elbe - km 725 für die Sturmflutszenarien SF76 Q500 (as01), Q2000 (v83q2), Q3000 (v83q3) und Q4000 (v83q4).

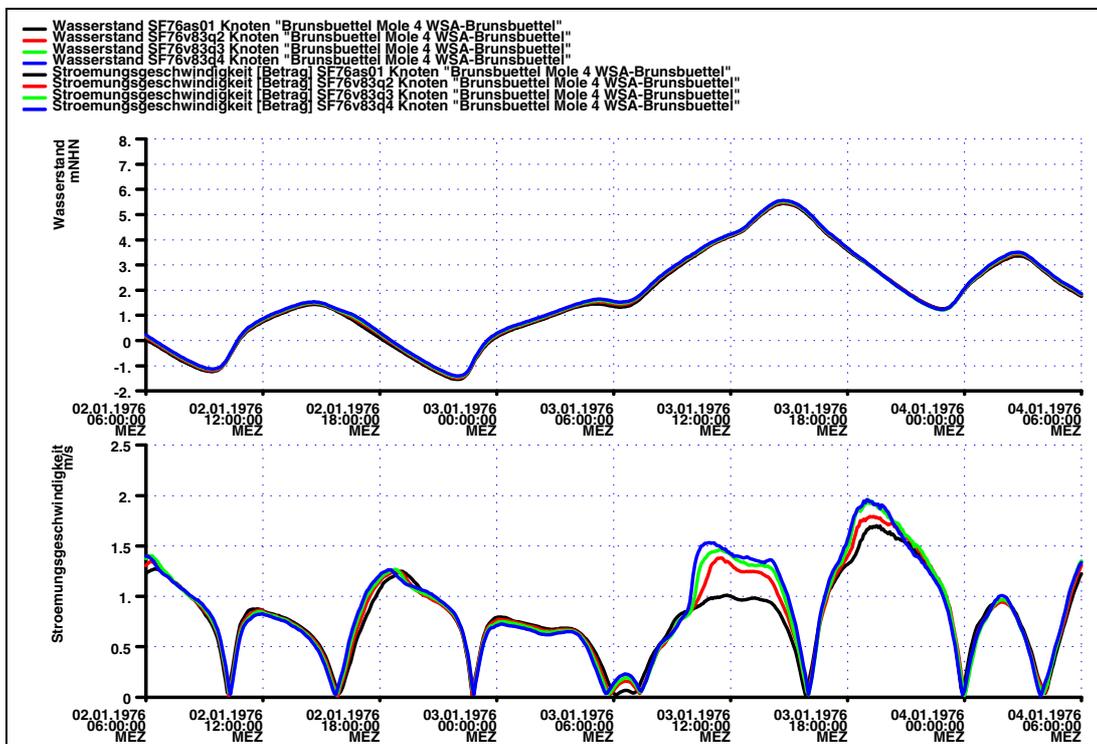


Bild 77: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit am Pegel Brunsbüttel Mole 4 für die Sturmflutszenarien SF76 Q500 (as01), Q2000 (v83q2), Q3000 (v83q3) und Q4000 (v83q4).

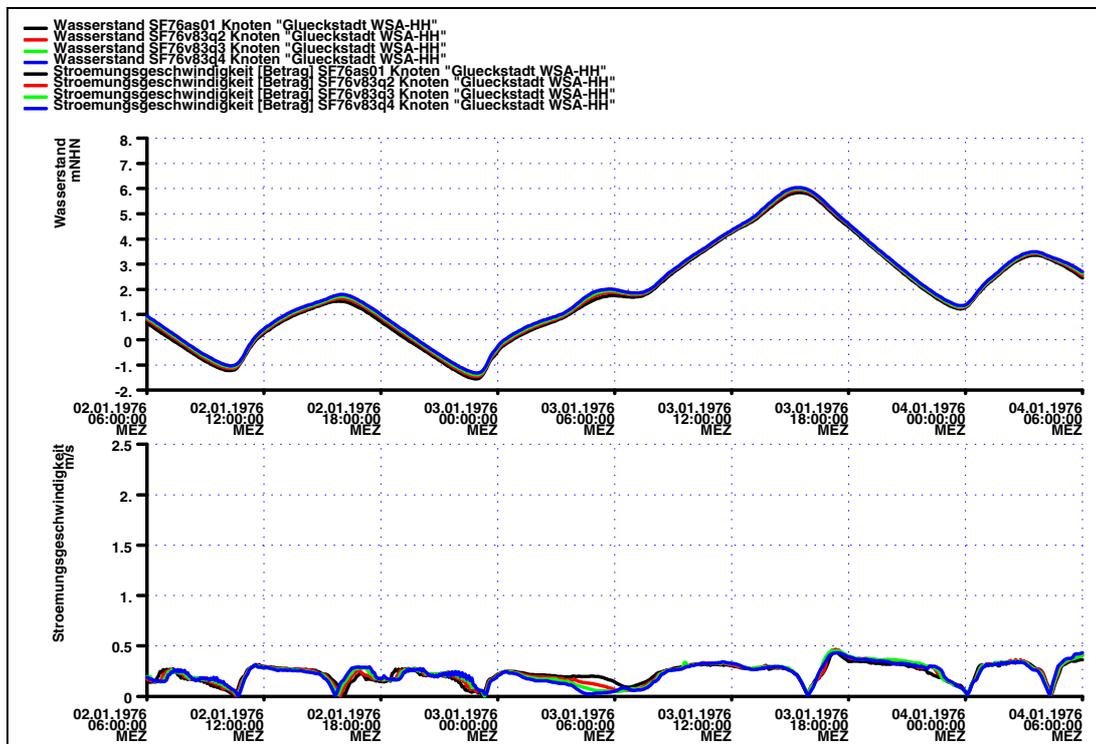


Bild 78: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit am Pegel Glückstadt für die Sturmflutszenarien SF76 Q500 (as01), Q2000 (v83q2), Q3000 (v83q3) und Q4000 (v83q4).

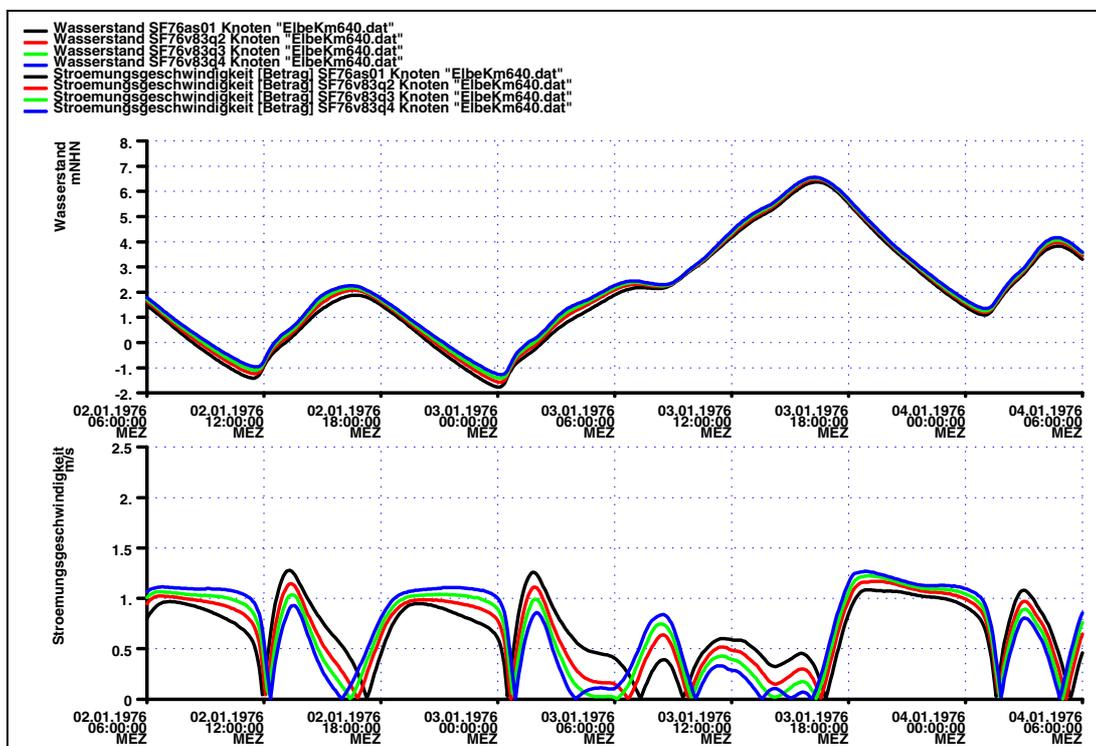


Bild 79: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit bei Elbe-km 640 für die Sturmflutszenarien SF76 Q500 (as01), Q2000 (v83q2), Q3000 (v83q3) und Q4000 (v83q4).

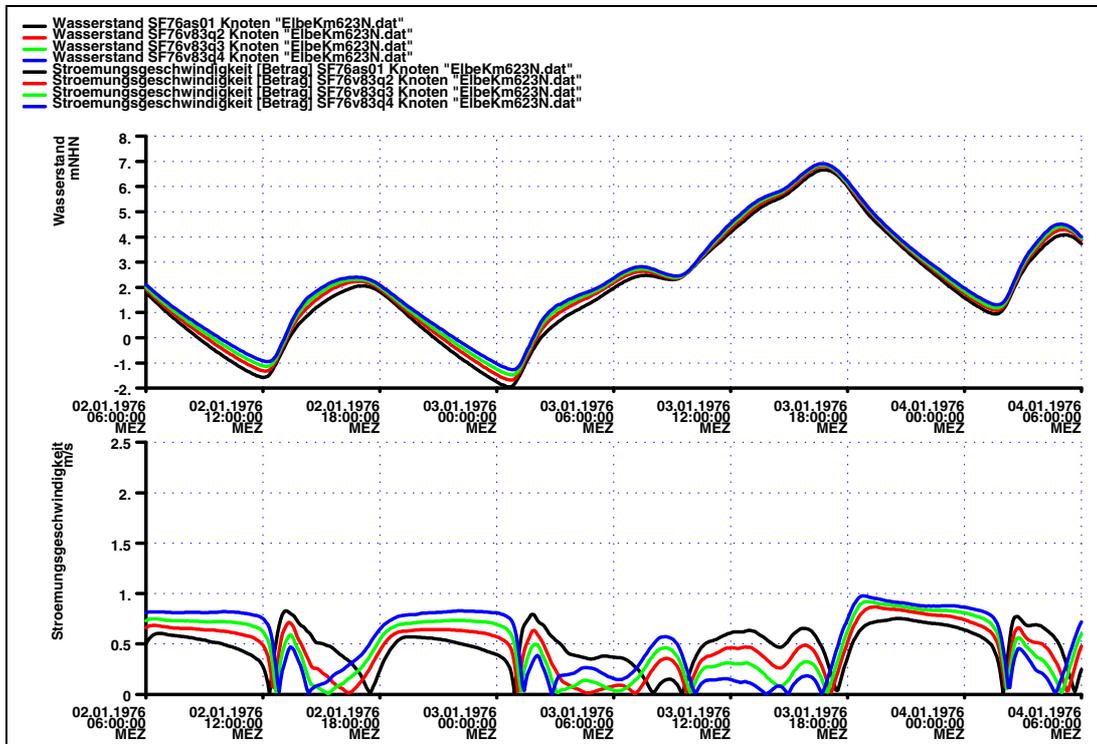


Bild 80: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit bei Elbe-km 623N für die Sturmflutszenarien SF76 Q500 (as01), Q2000 (v83q2), Q3000 (v83q3) und Q4000 (v83q4).

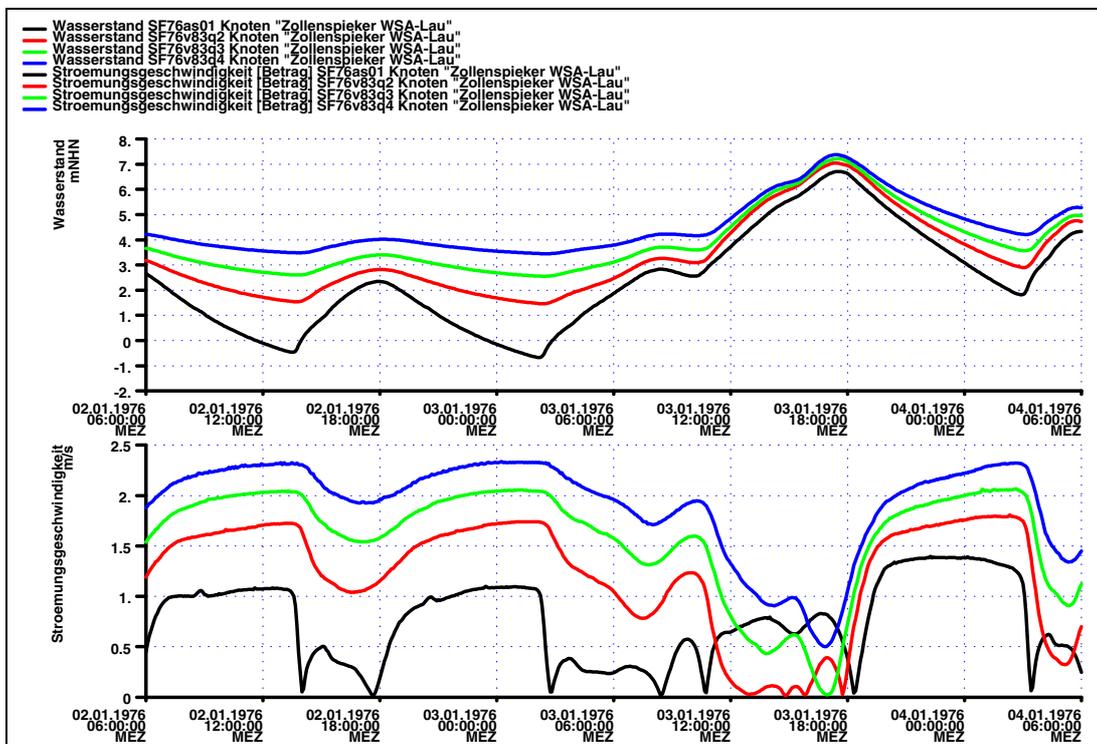
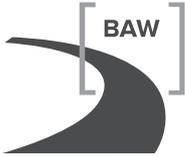


Bild 81: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit am Pegel Zollenspieker für die Sturmflutszenarien SF76 Q500 (as01), Q2000 (v83q2), Q3000 (v83q3) und Q4000 (v83q4).



5.2 Kennwerte von Wasserstand und Strömung entlang der Elbe

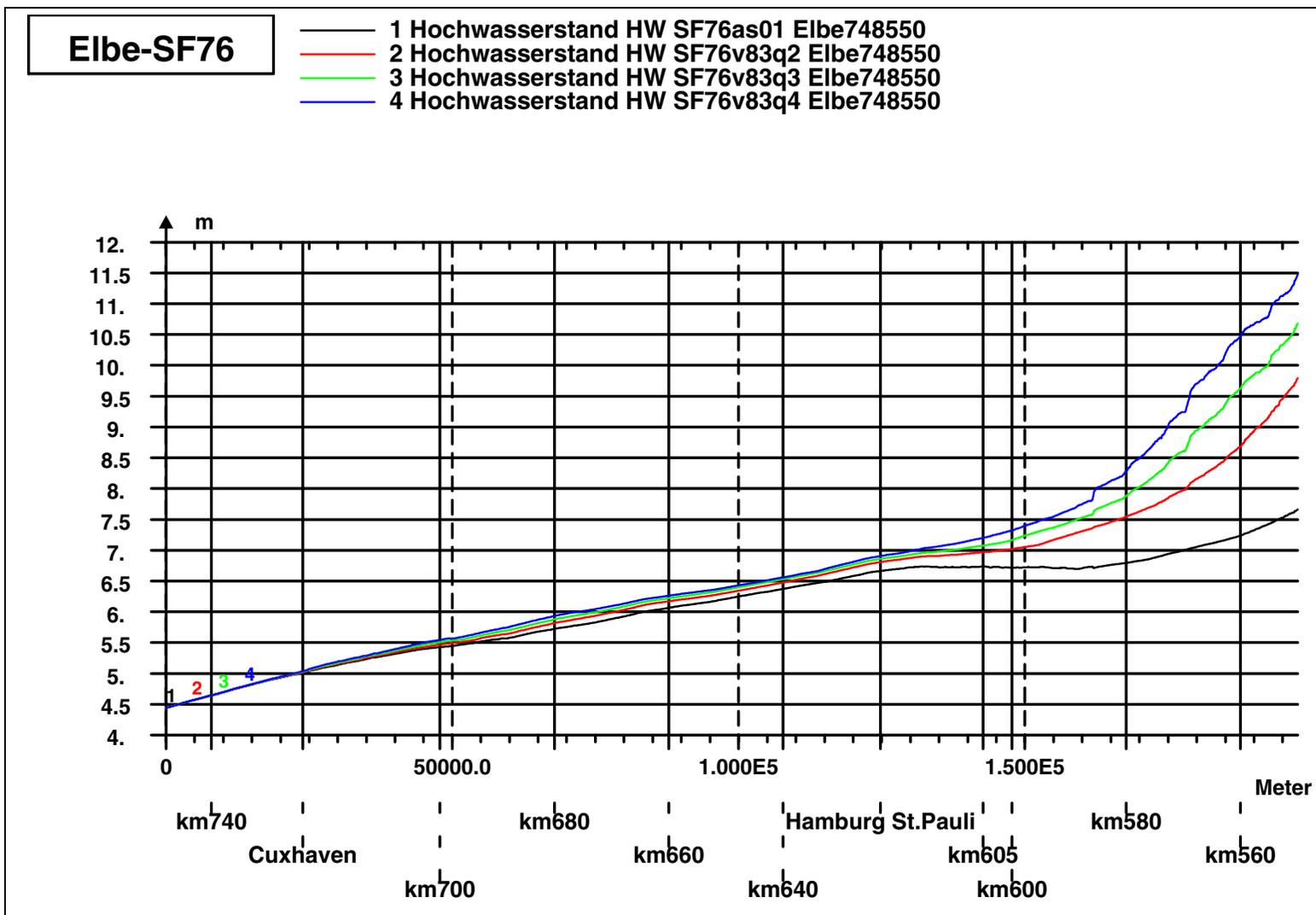


Bild 82: Sturmflutscheitelwasserstand HW für für die Sturmflutszenarien SF76 Q500 (as01), Q2000 (v83q2), Q3000 (v83q3) und Q4000 (v83q4) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 748 bis Elbe-km 550.

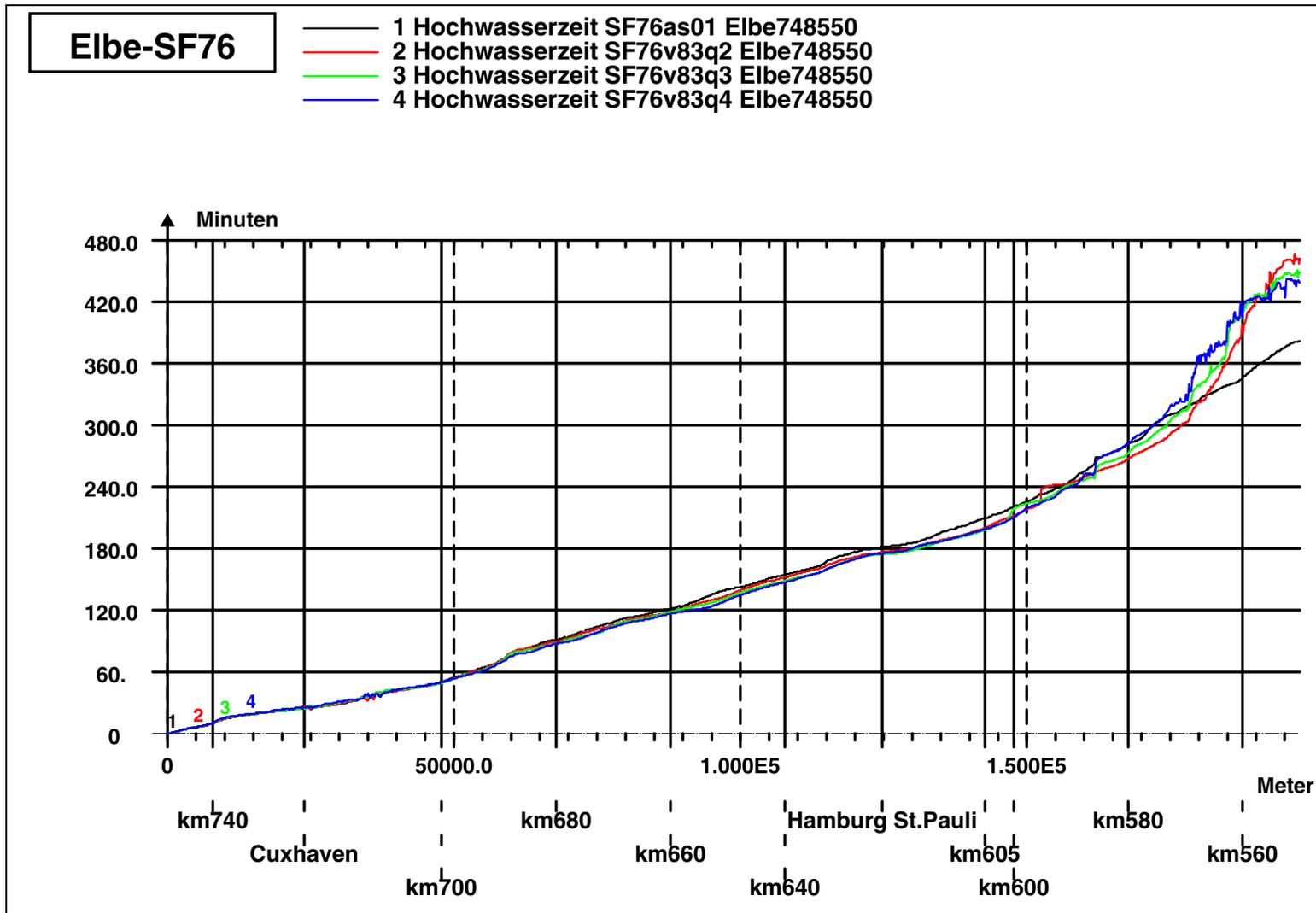


Bild 83: Eintrittszeit des Sturmflutcheitelwasserstand t_{HW} für die Sturmflutscenarien SF76 Q500 (as01), Q2000 (v83q2), Q3000 (v83q3) und Q4000 (v83q4) bezogen auf Elbe-km 748 entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 748 bis Elbe-km 550.

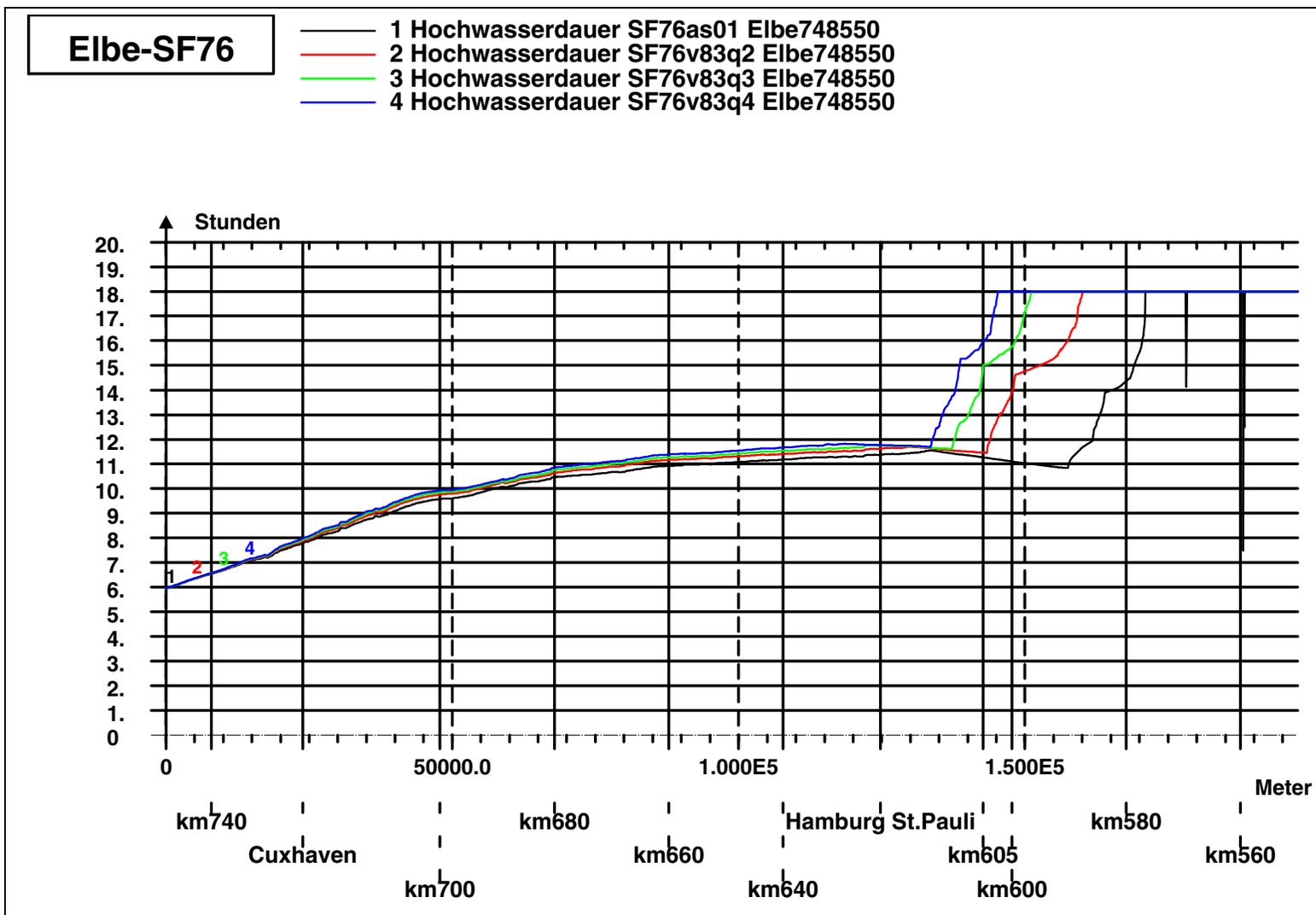


Bild 84: Dauer hoher Wasserstände > NHN + 3,00 m für die Sturmflutszenarien SF76 Q500 (as01), Q2000 (v83q2), Q3000 (v83q3) und Q4000 (v83q4) im Analysezeitraum (18 Stunden) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 748 bis Elbe-km 550.

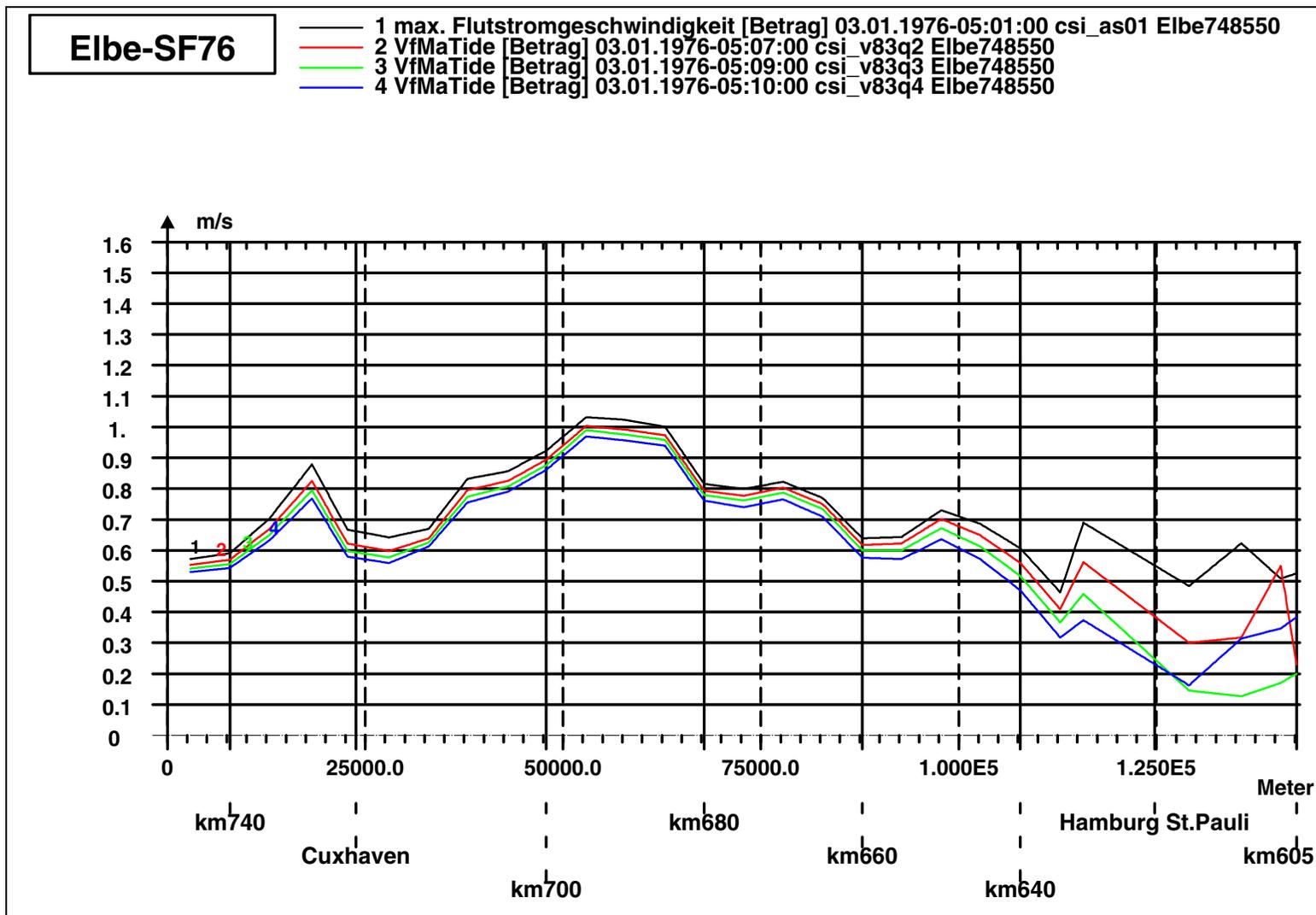


Bild 85: Maximalen Flutstromgeschwindigkeit (querschnittsgemittelt) für die Sturmflutszenarien SF76 Q500 (as01), Q2000 (v83q2), Q3000 (v83q3) und Q4000 (v83q4) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 745 bis Elbe-km 605.

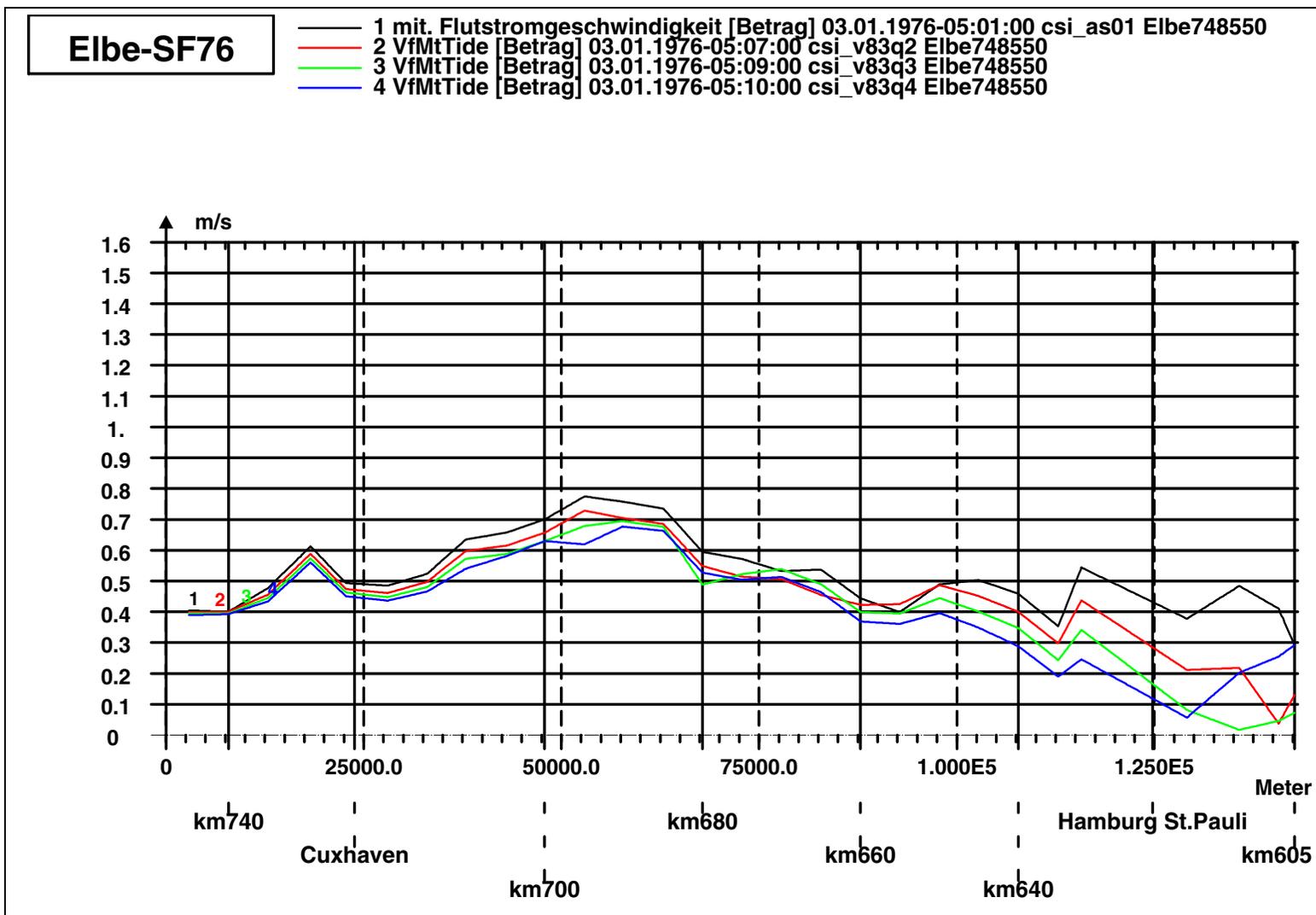


Bild 86: Mittlere Flutstromgeschwindigkeit (querschnittsgemittelt) für die Sturmflutszenarien SF76 Q500 (as01), Q2000 (v83q2), Q3000 (v83q3) und Q4000 (v83q4) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 745 bis Elbe-km 605.

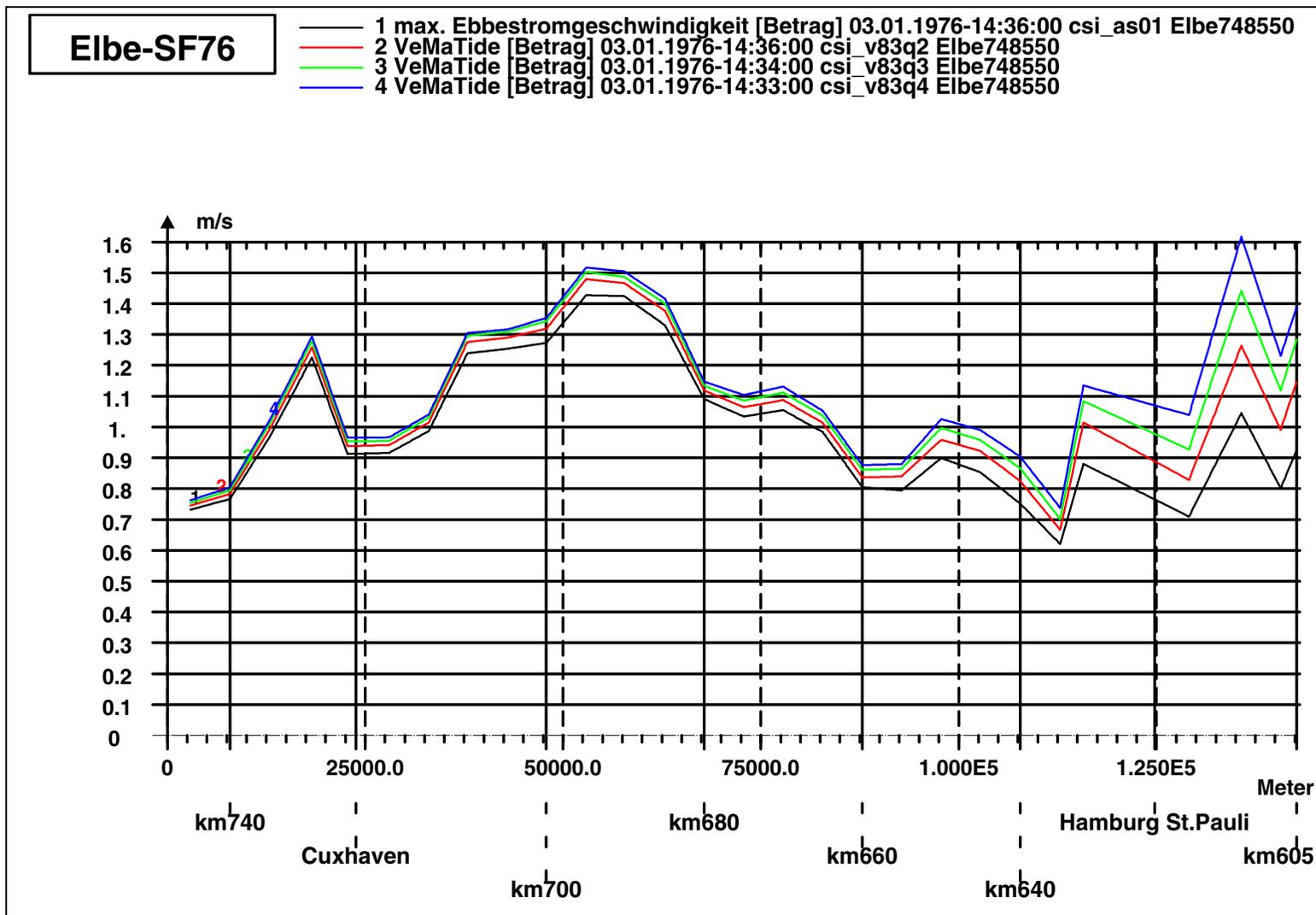


Bild 87: Maximalen Ebbestromgeschwindigkeit (querschnittsgemittelt) für die Sturmflutszenarien SF76 Q500 (as01), Q2000 (v83q2), Q3000 (v83q3) und Q4000 (v83q4) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 745 bis Elbe-km 605.

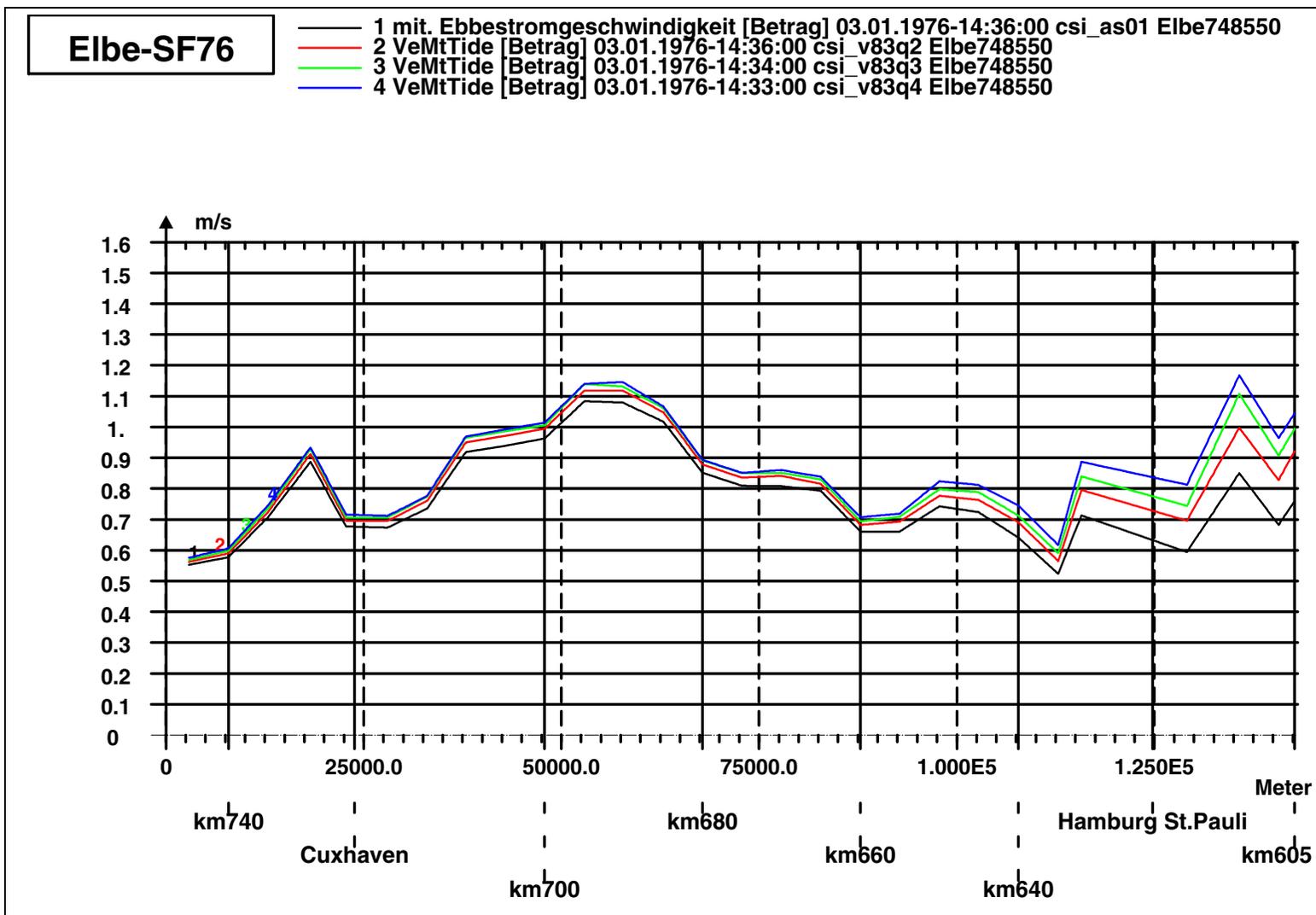
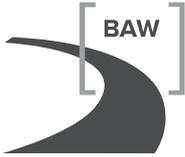


Bild 88: Mittlere Ebbestromgeschwindigkeit (querschnittsgemittelt) für die Sturmflutszenarien SF76 Q500 (as01), Q2000 (v83q2), Q3000 (v83q3) und Q4000 (v83q4) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 745 bis Elbe-km 605.



6 Sturmflutszenario SF76 Abfluss Q2000 mit Meeresspiegelanstieg

6.1 Zeitreihen an Orten von Interesse

Die Liste der Untersuchungsvarianten in Tabelle 6 in Kapitel 3 enthält eine Charakterisierung der untersuchten Sturmflutszenarien und gibt Erläuterungen zu den im folgenden Abschnitt verwendeten Bezeichnungen.

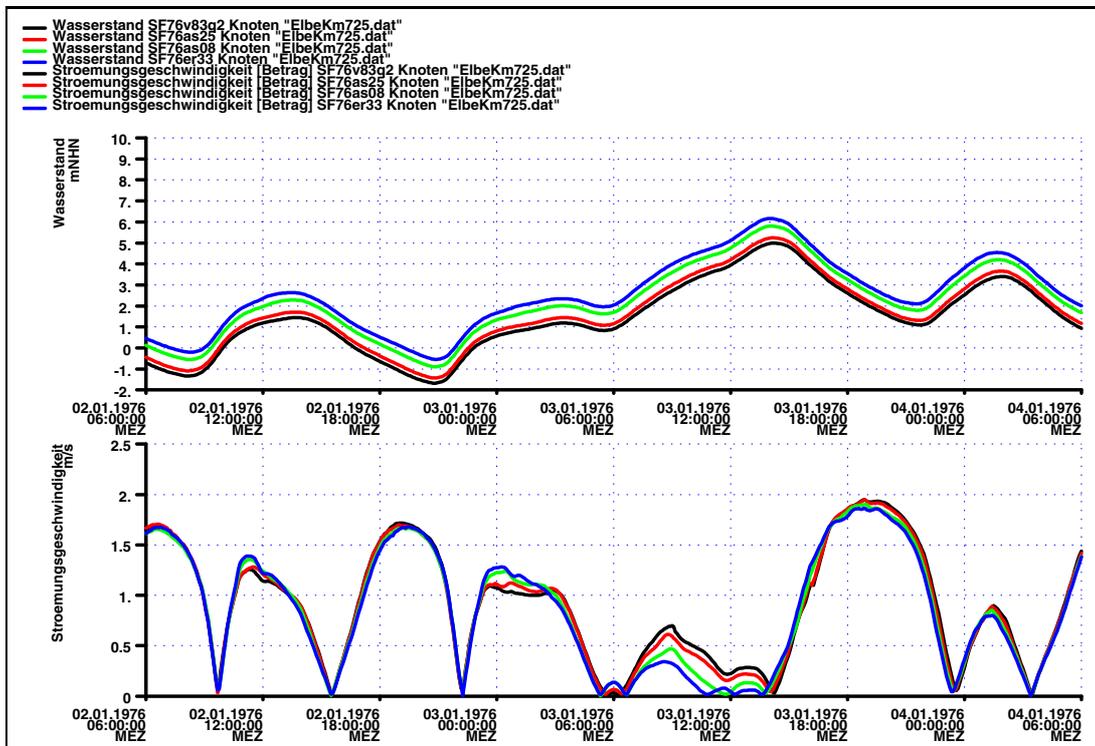


Bild 89: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit bei Elbe-km 725 für die Sturmflutszenarien SF76 Q2000 (v83q2), Q2000slr+25 cm (as25), Q2000slr+80 cm (as08) und Q2000slr+115 cm (er33).

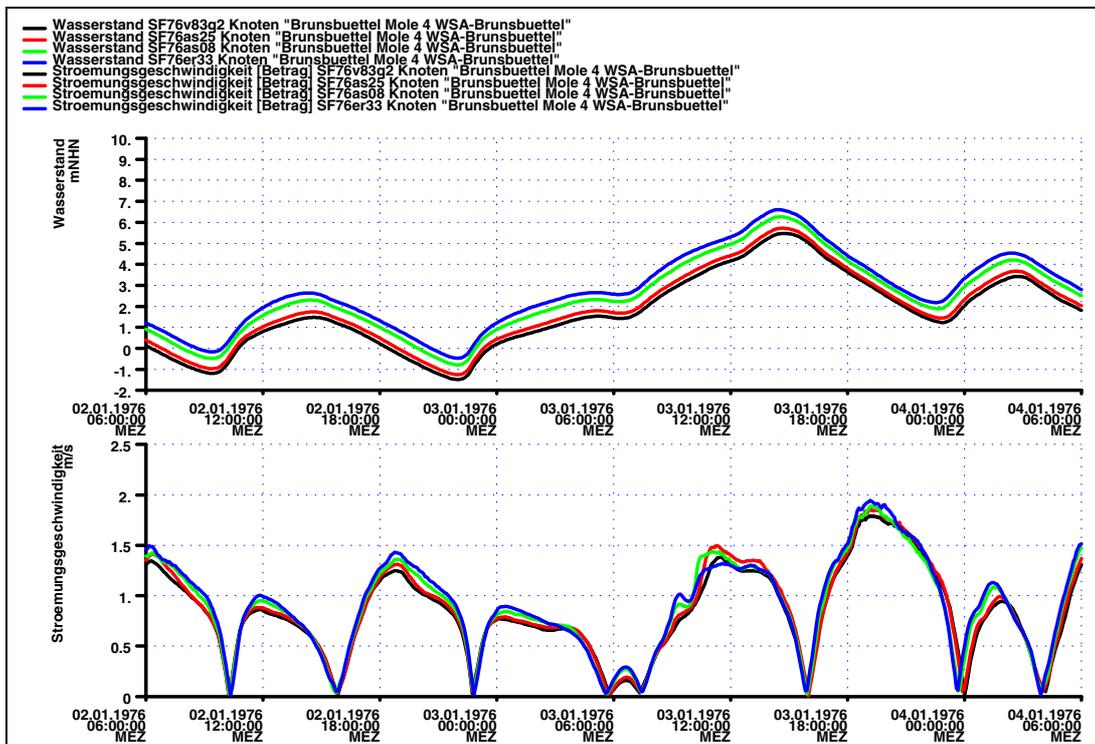


Bild 90: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit am Pegel Brunsbüttel Mole 4 für die Sturmflutszenarien SF76 Q2000 (v83q2), Q2000slr+25 cm (as25), Q2000slr+80 cm (as08) und Q2000slr+115 cm (er33).

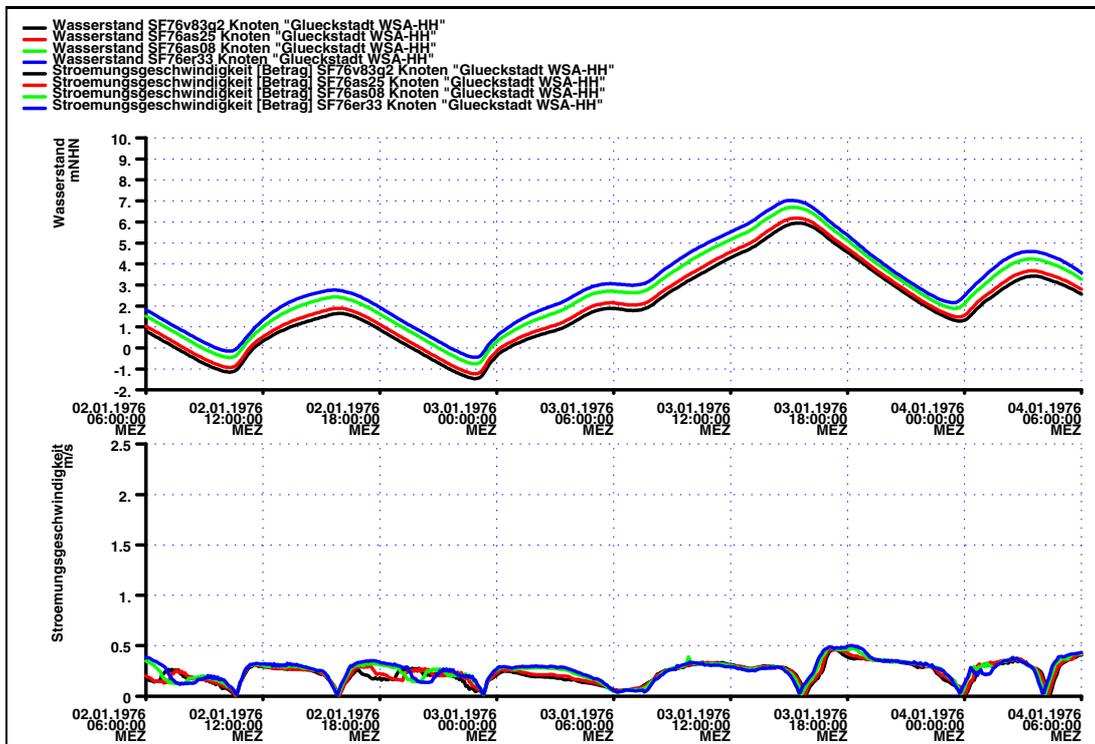


Bild 91: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit am Pegel Glückstadt für die Sturmflutszenarien SF76 Q2000 (v83q2), Q2000slr+25 cm (as25), Q2000slr+80 cm (as08) und Q2000slr+115 cm (er33).

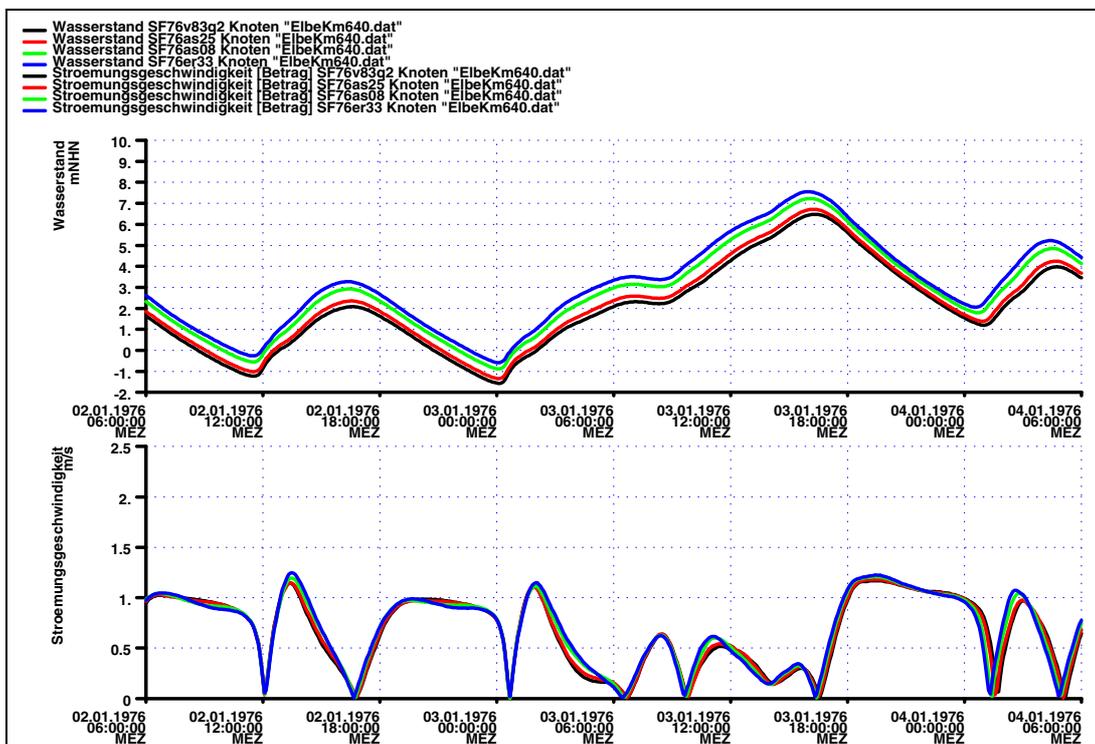


Bild 92: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit bei Elbe-km 640 für die Sturmflutszenarien SF76 Q2000 (v83q2), Q2000slr+25 cm (as25), Q2000slr+80 cm (as08) und Q2000slr+115 cm (er33).

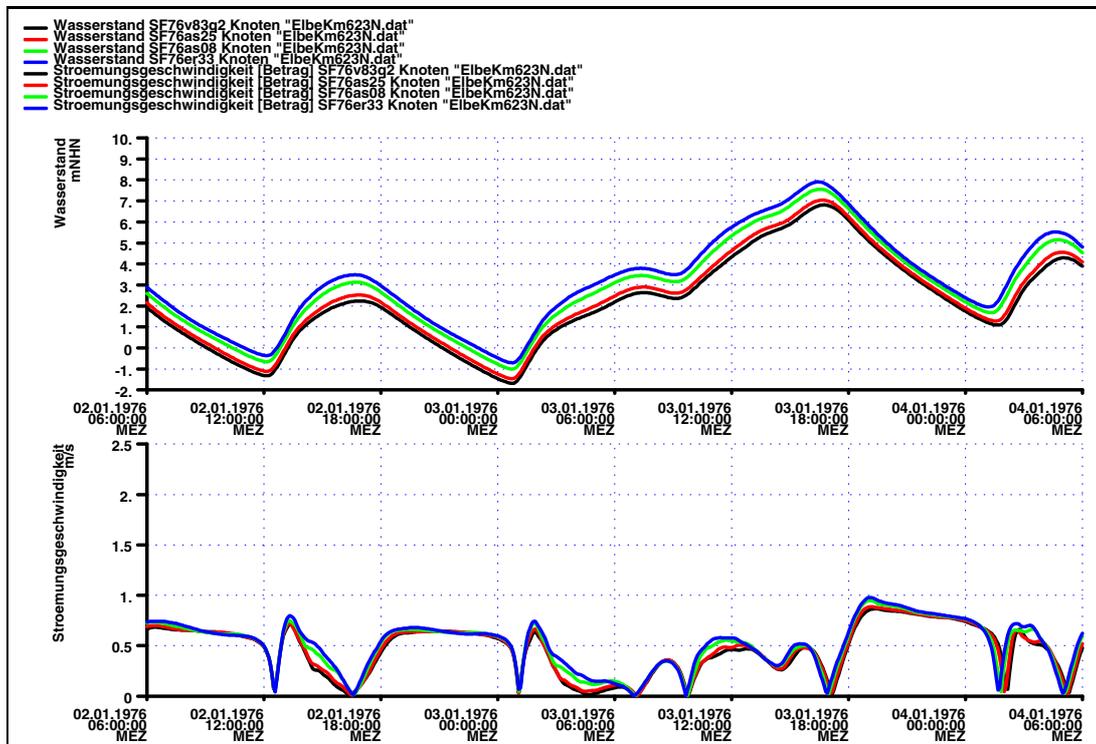


Bild 93: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit bei Elbe-km 623N für die Sturmflutszenarien SF76 Q2000 (v83q2), Q2000slr+25 cm (as25), Q2000slr+80 cm (as08) und Q2000slr+115 cm (er33).

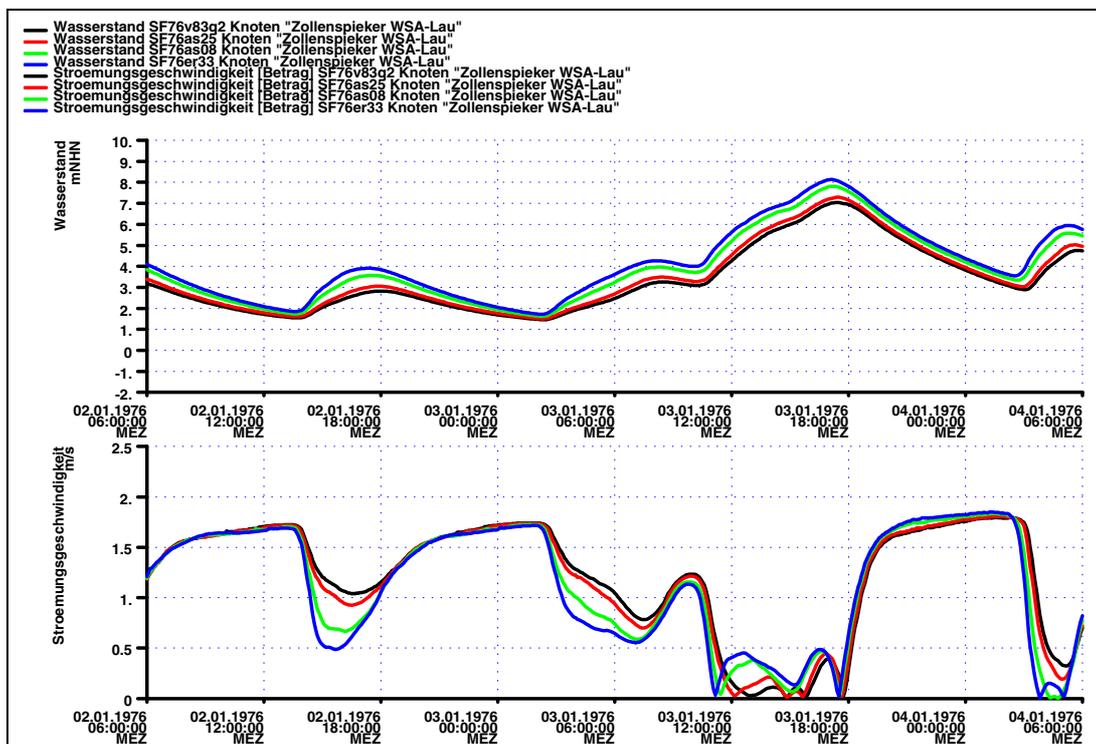
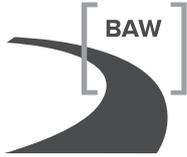


Bild 94: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit am Pegel Zollenspieker für die Sturmflutszenarien SF76 Q2000 (v83q2), Q2000slr+25 cm (as25), Q2000slr+80 cm (as08) und Q2000slr+115 cm (er33).



6.2 Zeitreihen an Orten von Interesse Q500, Q2000, ohne slr, slr+80cm

Die Liste der Untersuchungsvarianten in Tabelle 6 in Kapitel 3 enthält eine Charakterisierung der untersuchten Sturmflutszenarien und gibt Erläuterungen zu den im folgenden Abschnitt verwendeten Bezeichnungen.

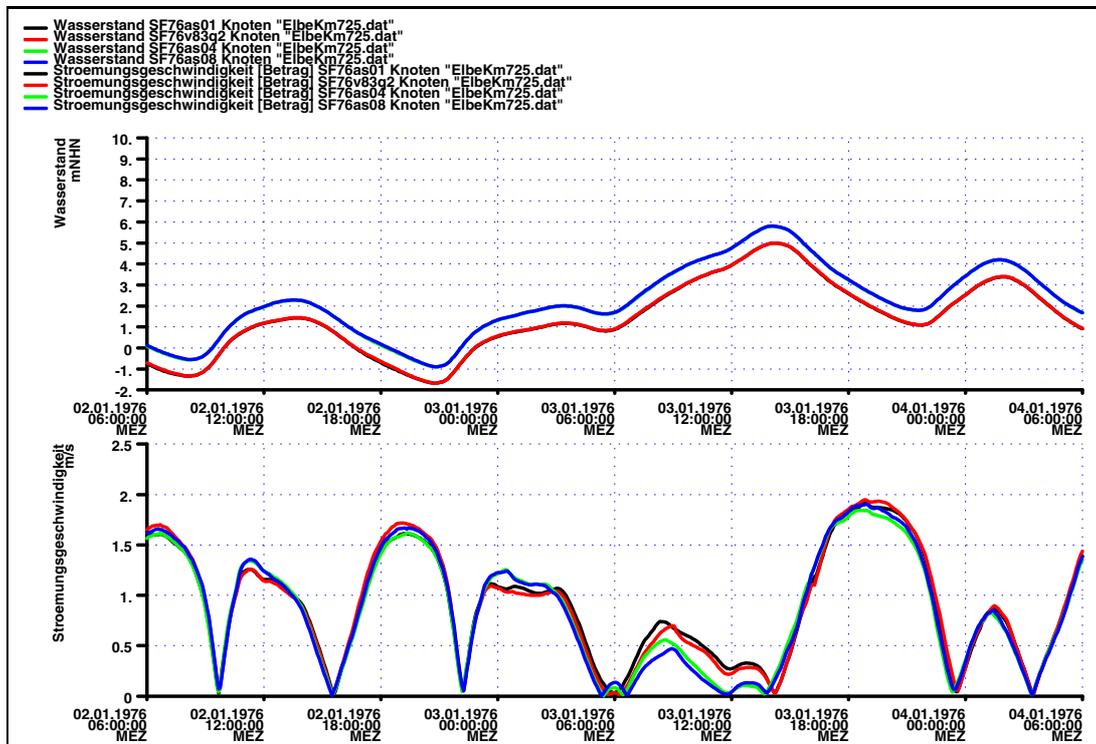


Bild 95: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit bei Elbe - km 725 für die Sturmflutszenarien SF76 Q500 (as01), Q2000 (v83q2), Q500slr+80 cm (as04) und Q2000slr+80 cm (as08).

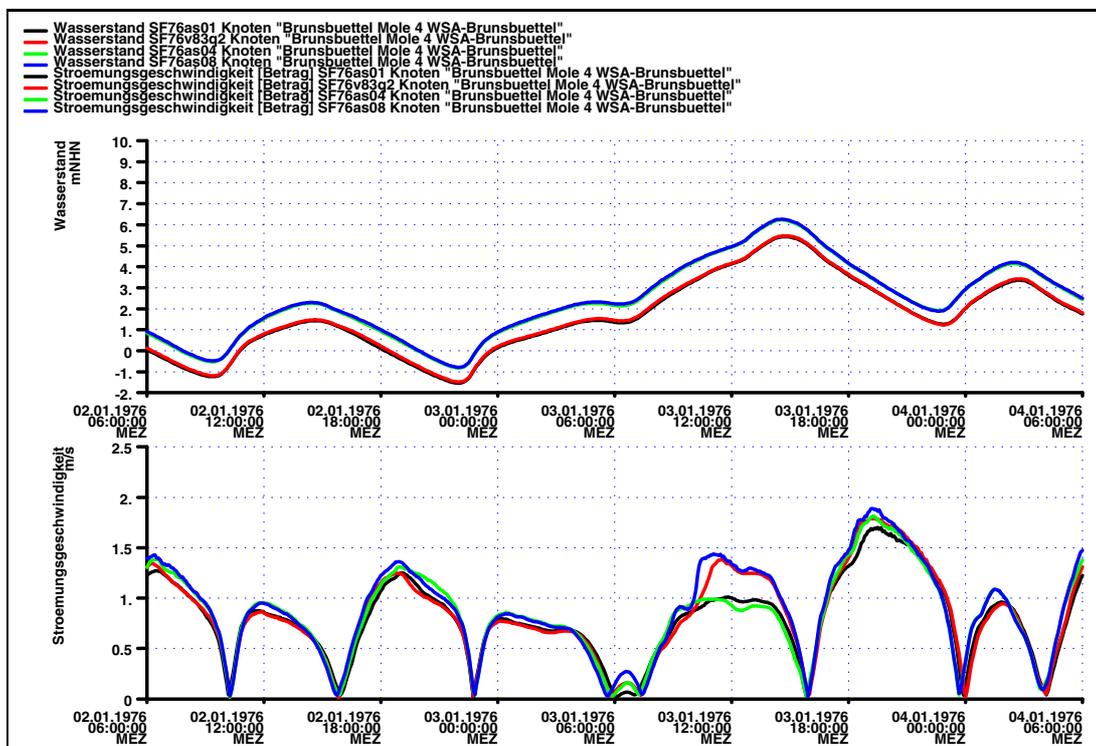


Bild 96: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit am Pegel Brunsbüttel Mole 4 für die Sturmflutszenarien SF76 Q500 (as01), Q2000 (v83q2), Q500slr+80 cm (as04) und Q2000slr+80 cm (as08).

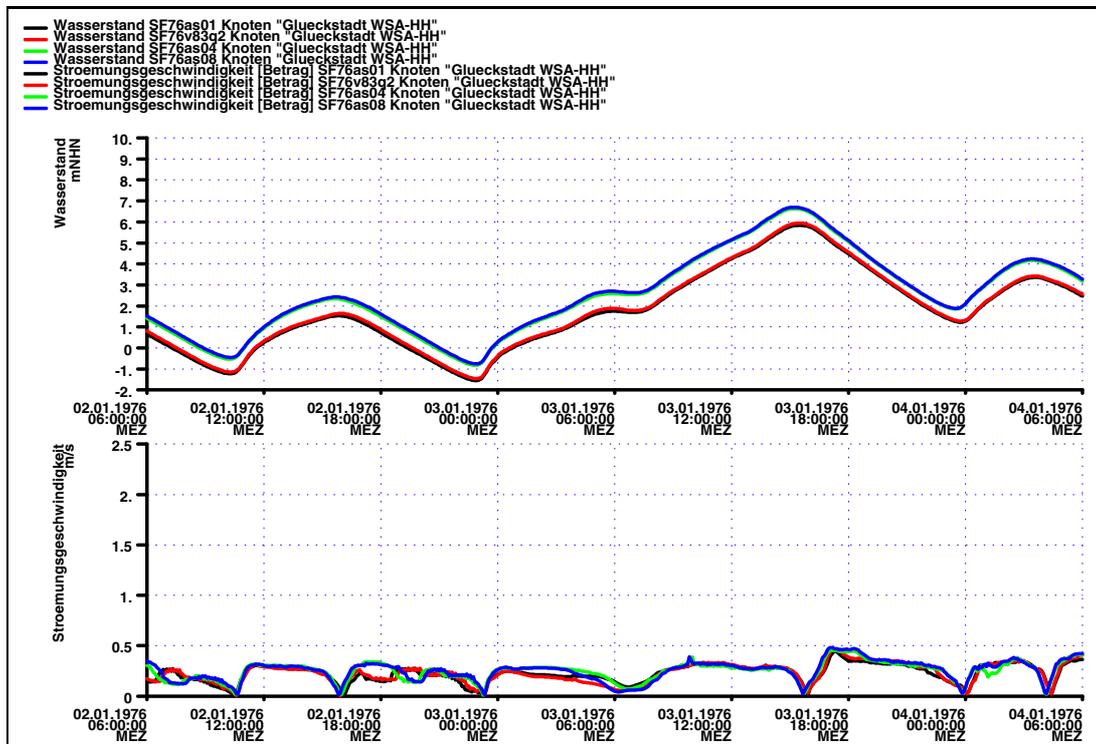


Bild 97: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit am Pegel Glückstadt für die Sturmflutszenarien SF76 Q500 (as01), Q2000 (v83q2), Q500slr+80 cm (as04) und Q2000slr+80 cm (as08).

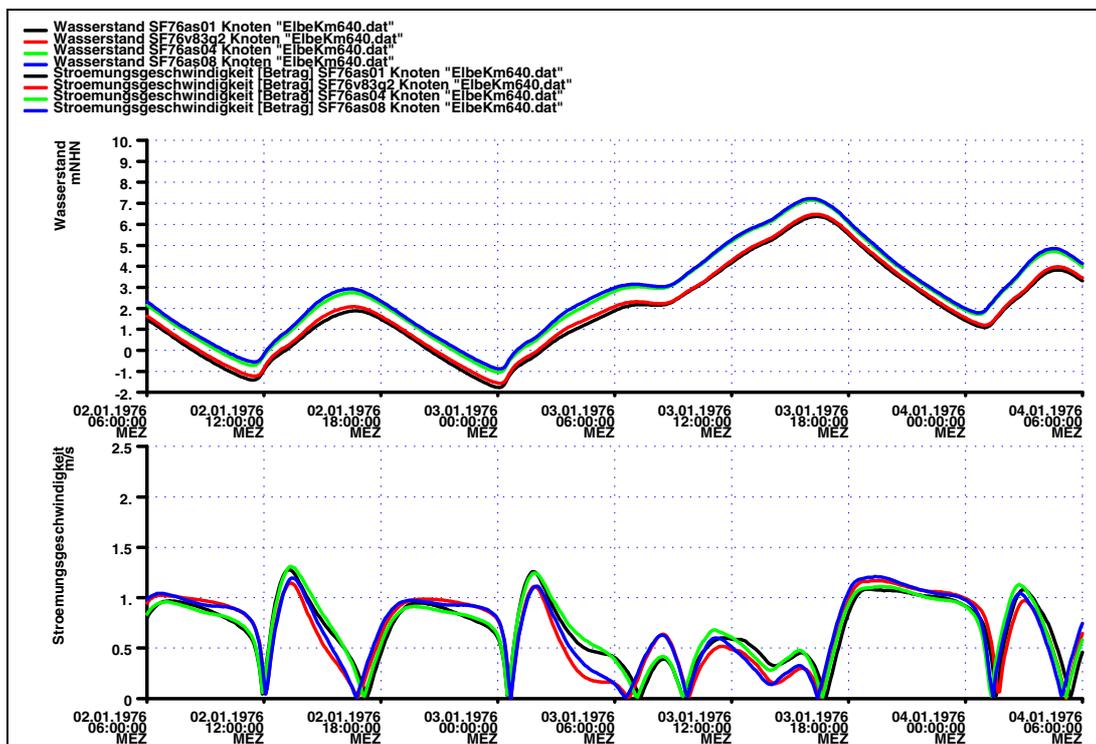


Bild 98: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit bei Elbe-km 640 für die Sturmflutszenarien SF76 Q500 (as01), Q2000 (v83q2), Q500slr+80 cm (as04) und Q2000slr+80 cm (as08).

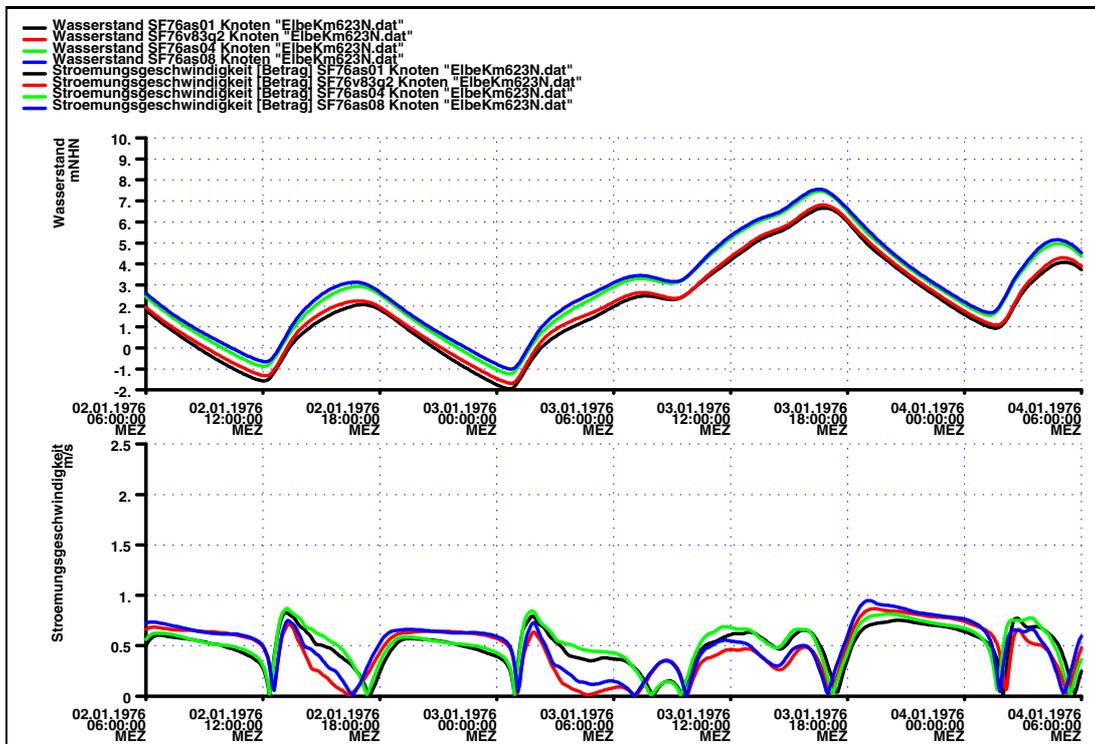


Bild 99: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit bei Elbe-km 623N für die Sturmflutszenarien SF76 Q500 (as01), Q2000 (v83q2), Q500slr+80 cm (as04) und Q2000slr+80 cm (as08).

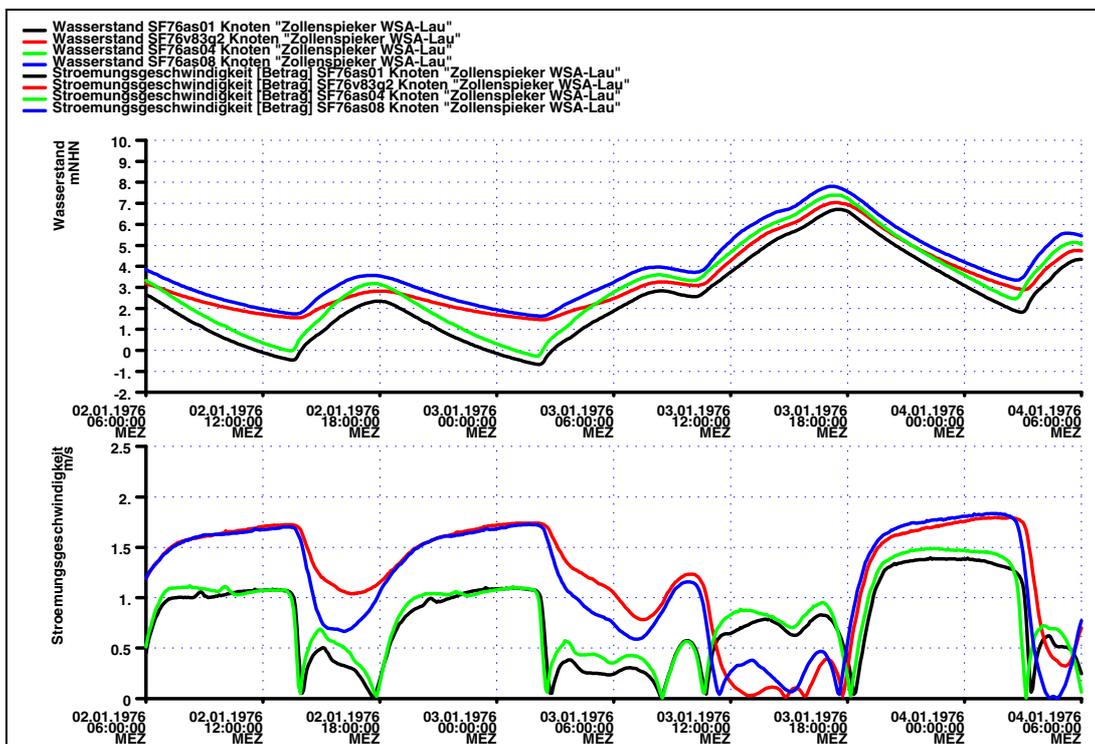
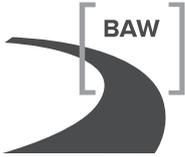


Bild 100: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit am Pegel Zöllenspieker für die Sturmflutszenarien SF76 Q500 (as01), Q2000 (v83q2), Q500slr+80 cm (as04) und Q2000slr+80 cm (as08).



6.3 Kennwerte von Wasserstand und Strömung entlang der Elbe

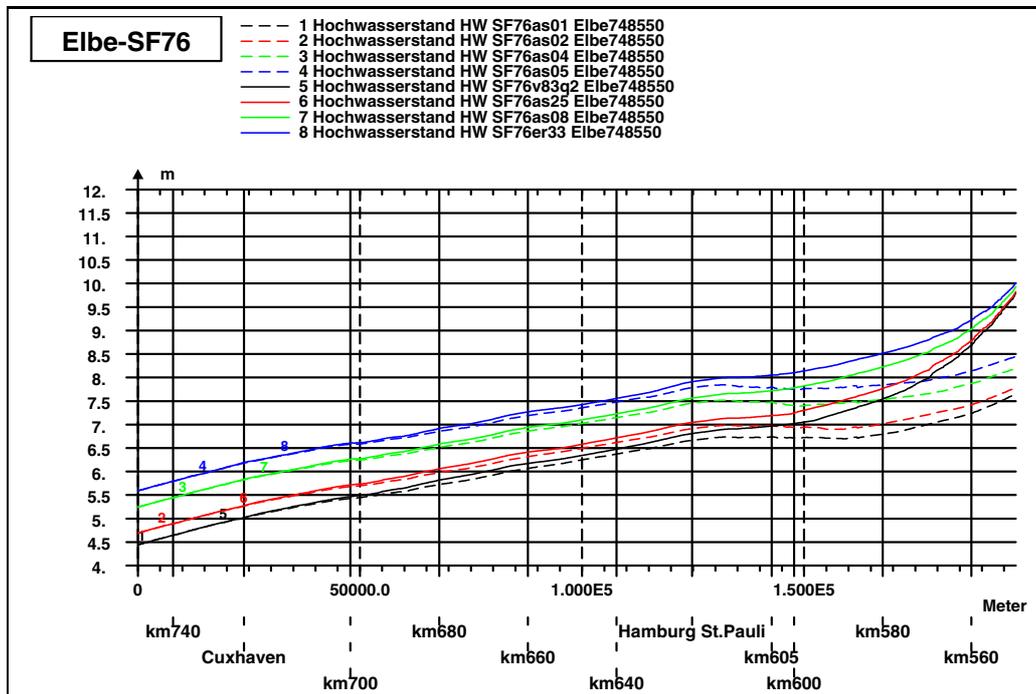


Bild 101: Sturmflutscheitelwasserstand HW für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04), slr+115 cm (as05) (gestrichelt), Q2000 (v83q2), Q2000slr+25 cm (as25), Q2000slr+80 cm (as08) und Q2000slr+115 cm (er33) (durchgezogen) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 748 bis Elbe-km 550.

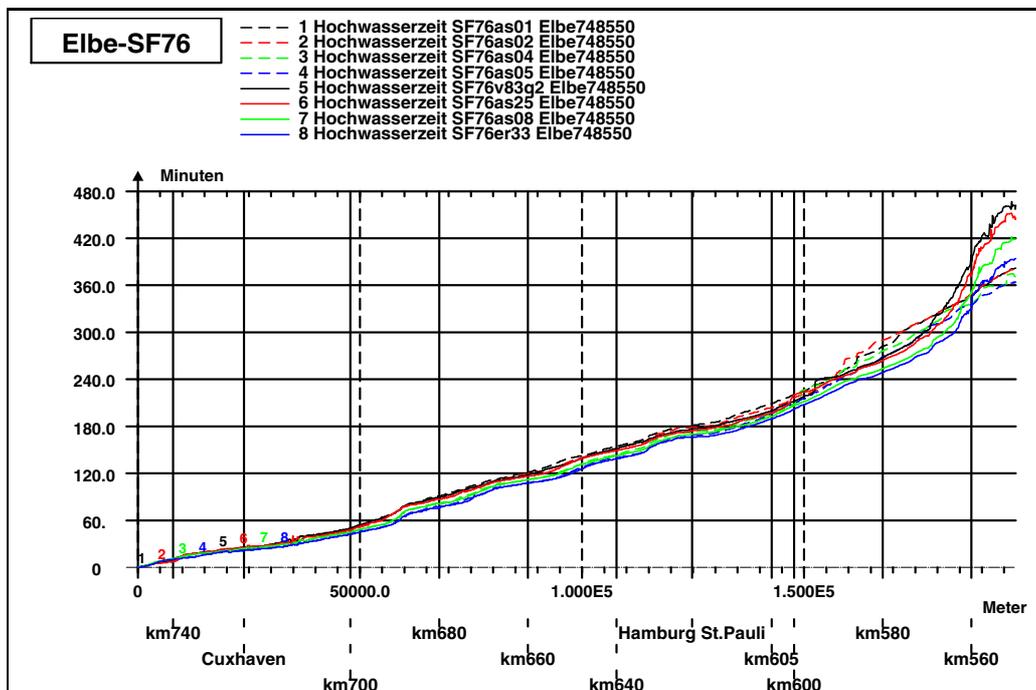


Bild 102: Eintrittszeit des Sturmflutscheitelwasserstand tHW für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04), slr+115 cm (as05) (gestrichelt), Q2000 (v83q2), Q2000slr+25 cm (as25), Q2000slr+80 cm (as08) und Q2000slr+115 cm (er33) (durchgezogen) bezogen auf Elbe-km 748 entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 748 bis Elbe-km 550.

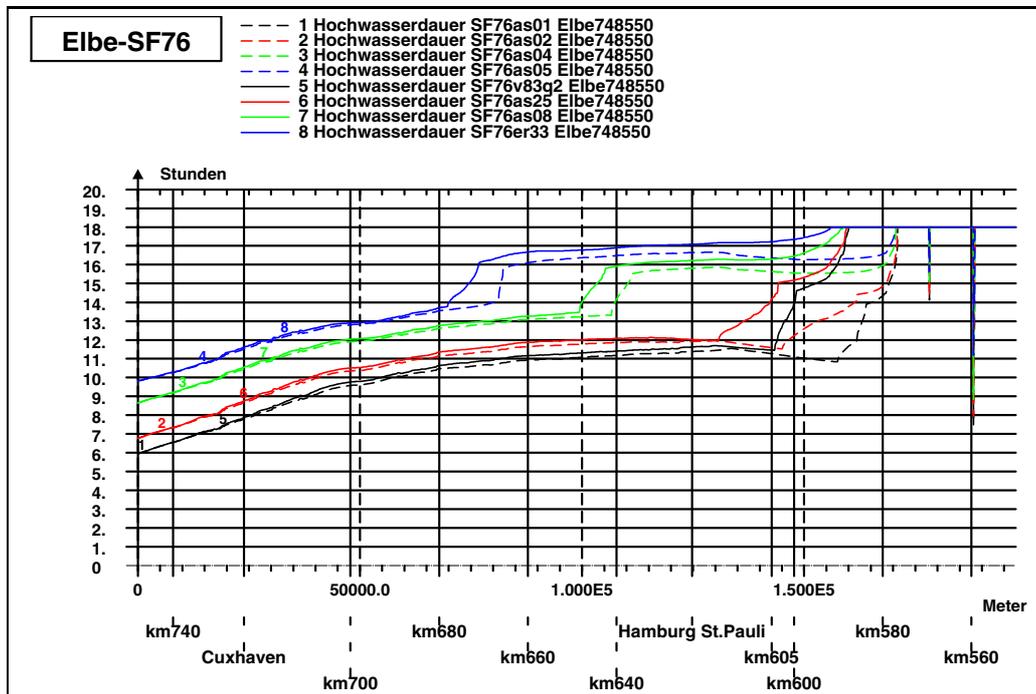


Bild 103: Dauer hoher Wasserstände $> NHN + 3,00\text{ m}$ für die Sturmflutszenarien SF76 ohne *slr* (*as01*), *slr*+25 cm (*as02*), *slr*+80 cm (*as04*), *slr*+115 cm (*as05*) (gestrichelt), Q2000 (*v83q2*), Q2000*slr*+25 cm (*as25*), Q2000*slr*+80 cm (*as08*) und Q2000*slr*+115 cm (*er33*) (durchgezogen) im Analysezeitraum (18 Stunden) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 748 bis Elbe-km 550.

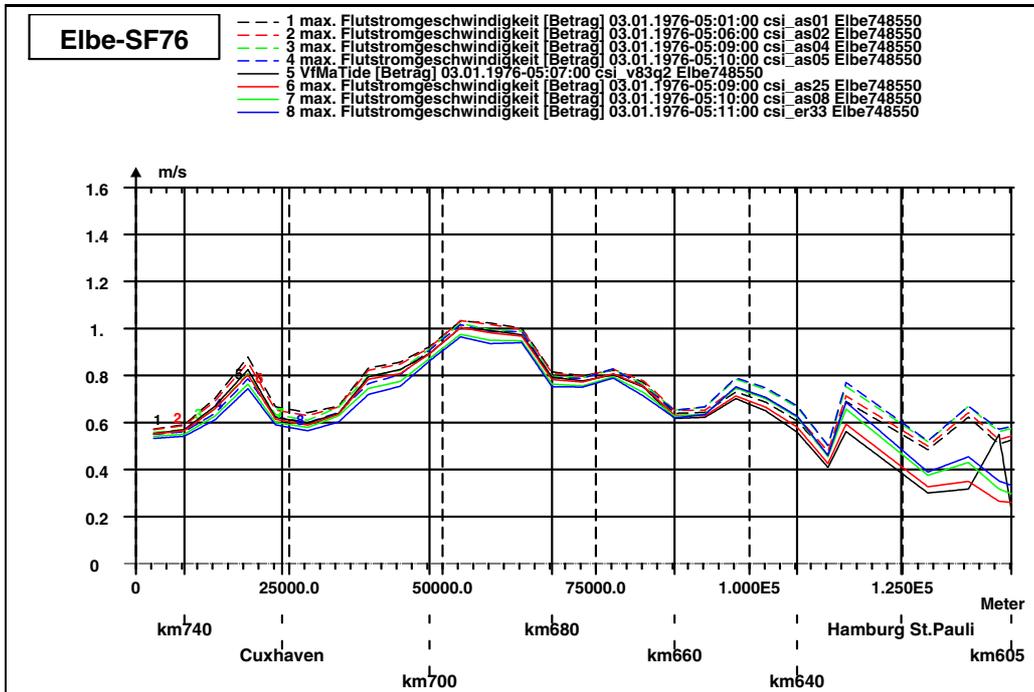


Bild 104: Maximalen Flutstromgeschwindigkeit (querschnittsgemittelt) für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04), slr+115 cm (as05) (gestrichelt), Q2000 (v83q2), Q2000slr+25 cm (as25), Q2000slr+80 cm (as08) und Q2000slr+115 cm (er33) (durchgezogen) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 745 bis Elbe-km 605.

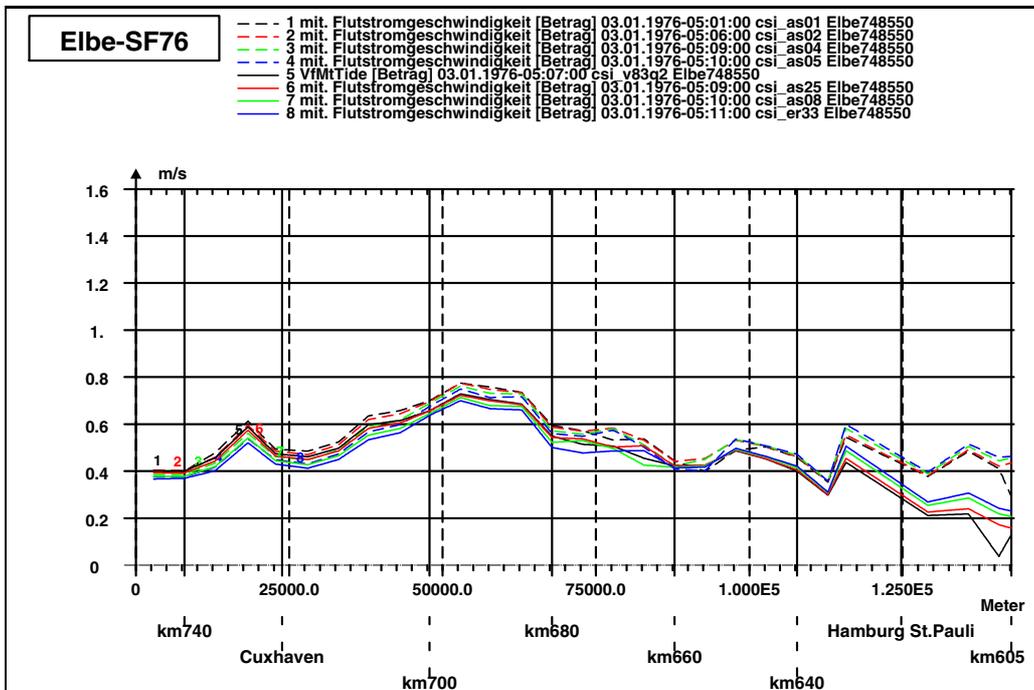


Bild 105: Mittlere Flutstromgeschwindigkeit (querschnittsgemittelt) für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04), slr+115 cm (as05) (gestrichelt), Q2000 (v83q2), Q2000slr+25 cm (as25), Q2000slr+80 cm (as08) und Q2000slr+115 cm (er33) (durchgezogen) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 745 bis Elbe-km 605.

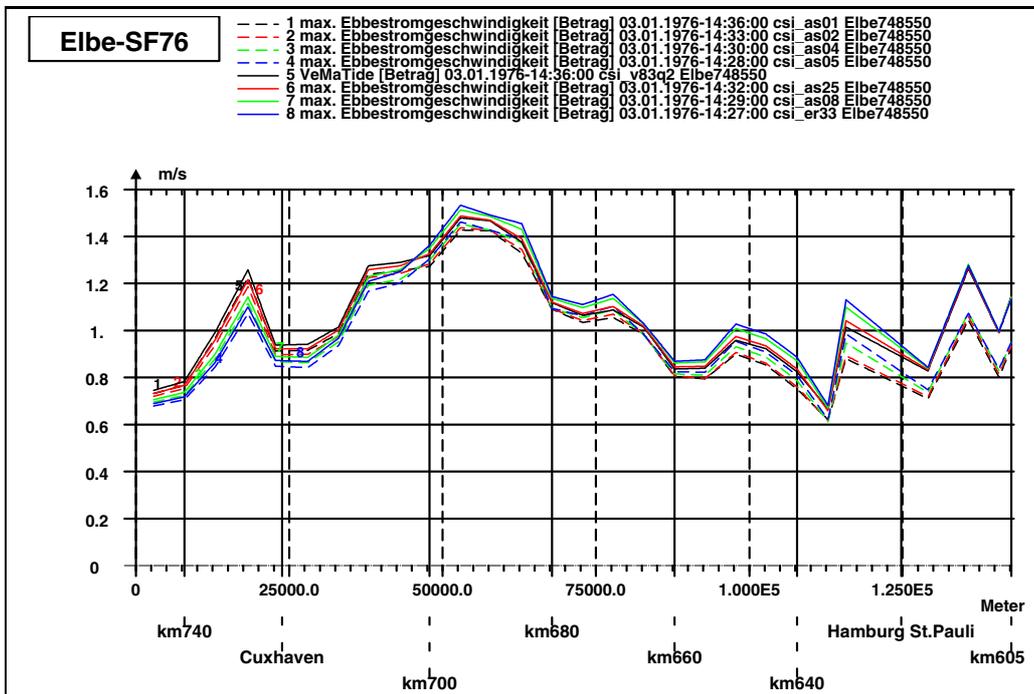


Bild 106: Maximalen Ebbestromgeschwindigkeit (querschnittsgemittelt) für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04), slr+115 cm (as05) (gestrichelt), Q2000 (v83q2), Q2000slr+25 cm (as25), Q2000slr+80 cm (as08) und Q2000slr+115 cm (er33) (durchgezogen) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 745 bis Elbe-km 605.

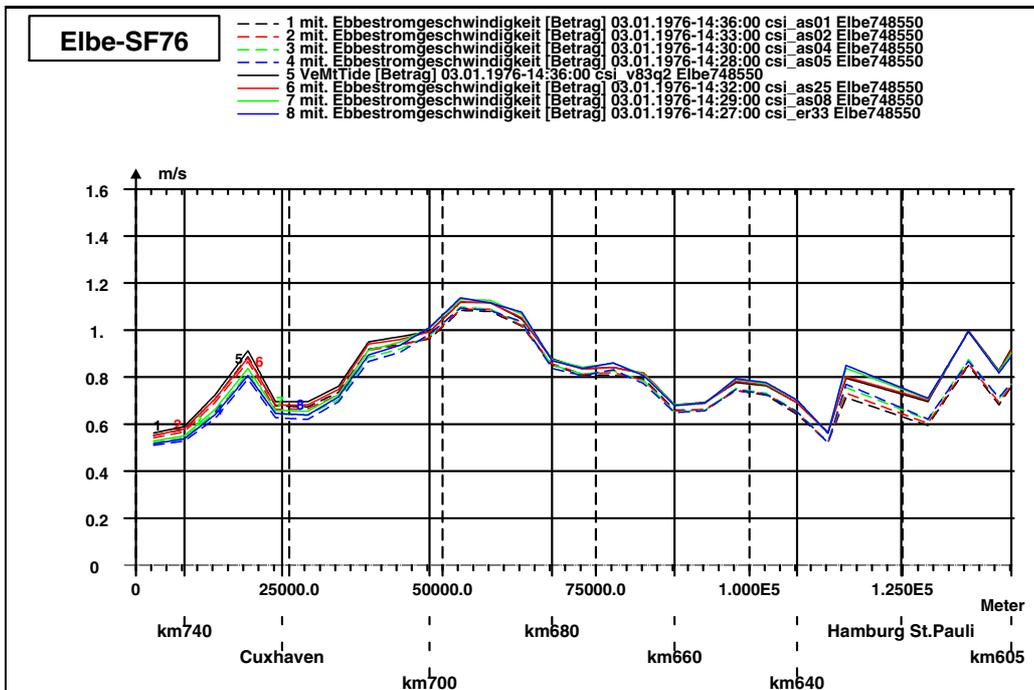
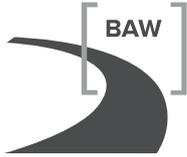
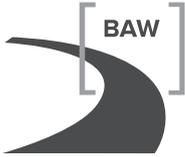


Bild 107: Mittlere Ebbestromgeschwindigkeit (querschnittsgemittelt) für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04), slr+115 cm (as05) (gestrichelt), Q2000 (v83q2), Q2000slr+25 cm (as25), Q2000slr+80 cm (as08) und Q2000slr+115 cm (er33) (durchgezogen) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 745 bis Elbe-km 605.





7 Sturmflutszenario SF76 Abfluss Q3000 mit Meeresspiegelanstieg

7.1 Zeitreihen an Orten von Interesse

Die Liste der Untersuchungsvarianten in Tabelle 6 in Kapitel 3 enthält eine Charakterisierung der untersuchten Sturmflutszenarien und gibt Erläuterungen zu den im folgenden Abschnitt verwendeten Bezeichnungen.

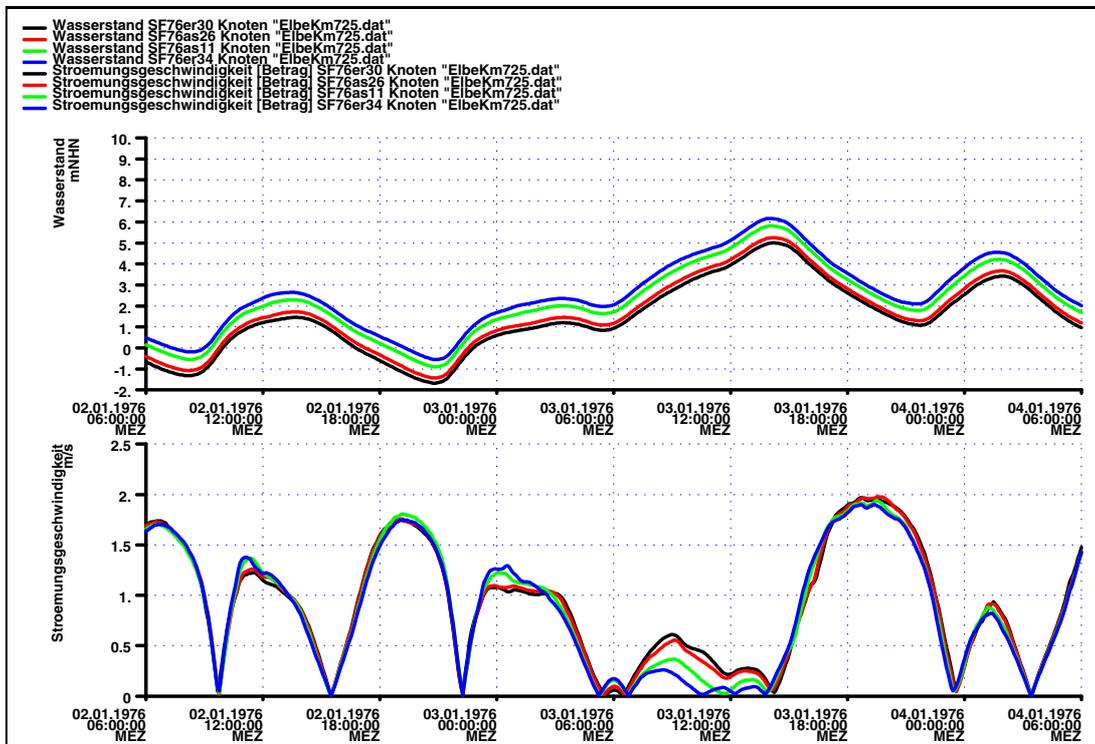


Bild 108: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit bei Elbe-km 725 für die Sturmflutszenarien SF76 Q3000 (er30), Q3000slr+25 cm (as26), Q3000slr+80 cm (as11) und Q3000slr+115 cm (er34).

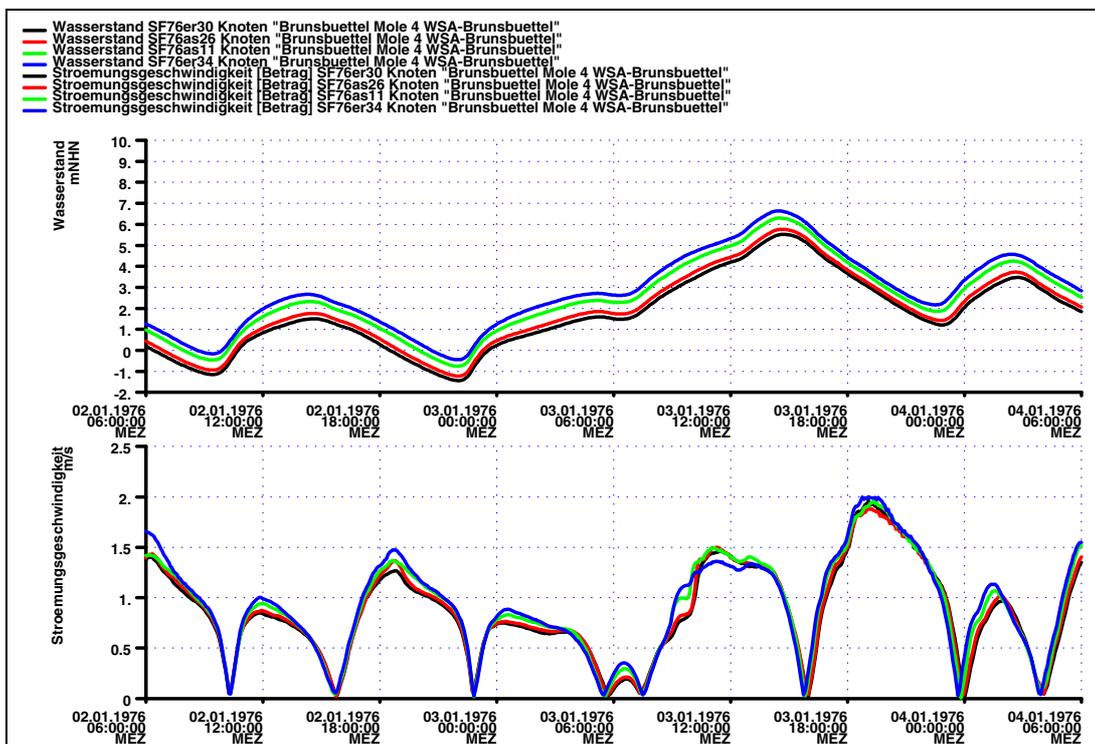


Bild 109: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit am Pegel Brunsbüttel Mole 4 für die Sturmflutszenarien SF76 Q3000 (er30), Q3000slr+25 cm (as26), Q3000slr+80 cm (as11) und Q3000slr+115 cm (er34).

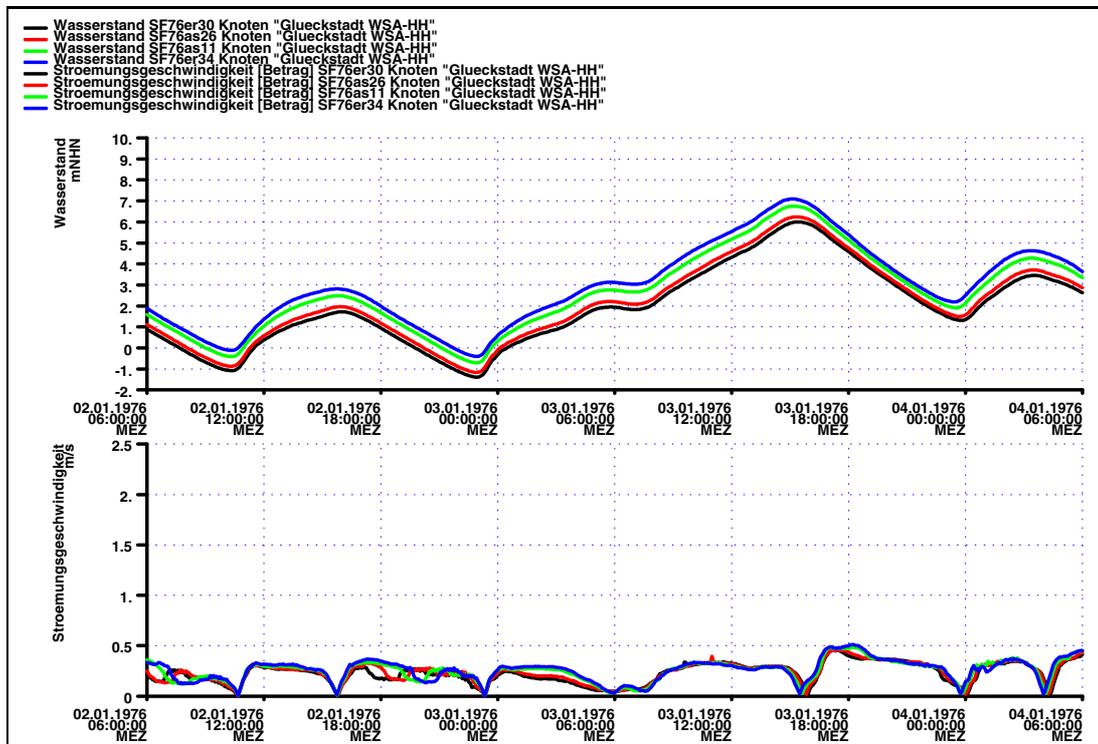


Bild 110: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit am Pegel Glückstadt für die Sturmflutszenarien SF76 Q3000 (er30), Q3000slr+25 cm (as26), Q3000slr+80 cm (as11) und Q3000slr+115 cm (er34).

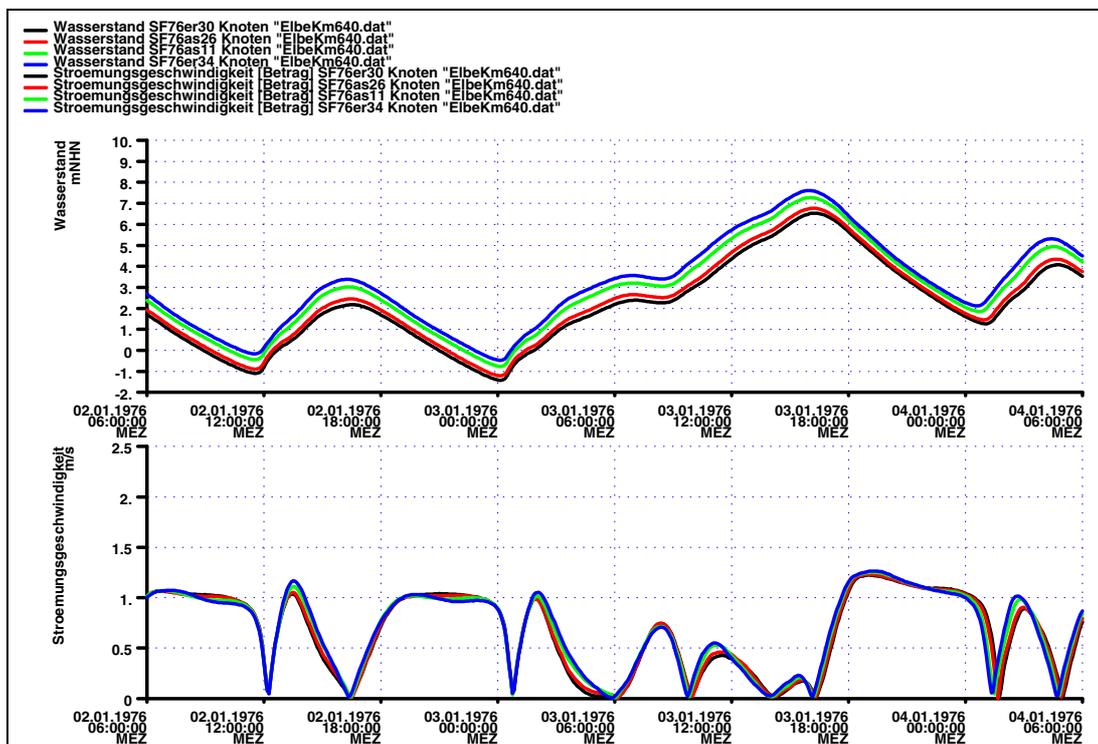


Bild 111: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit bei Elbe-km 640 für die Sturmflutszenarien SF76 Q3000 (er30), Q3000slr+25 cm (as26), Q3000slr+80 cm (as11) und Q3000slr+115 cm (er34).

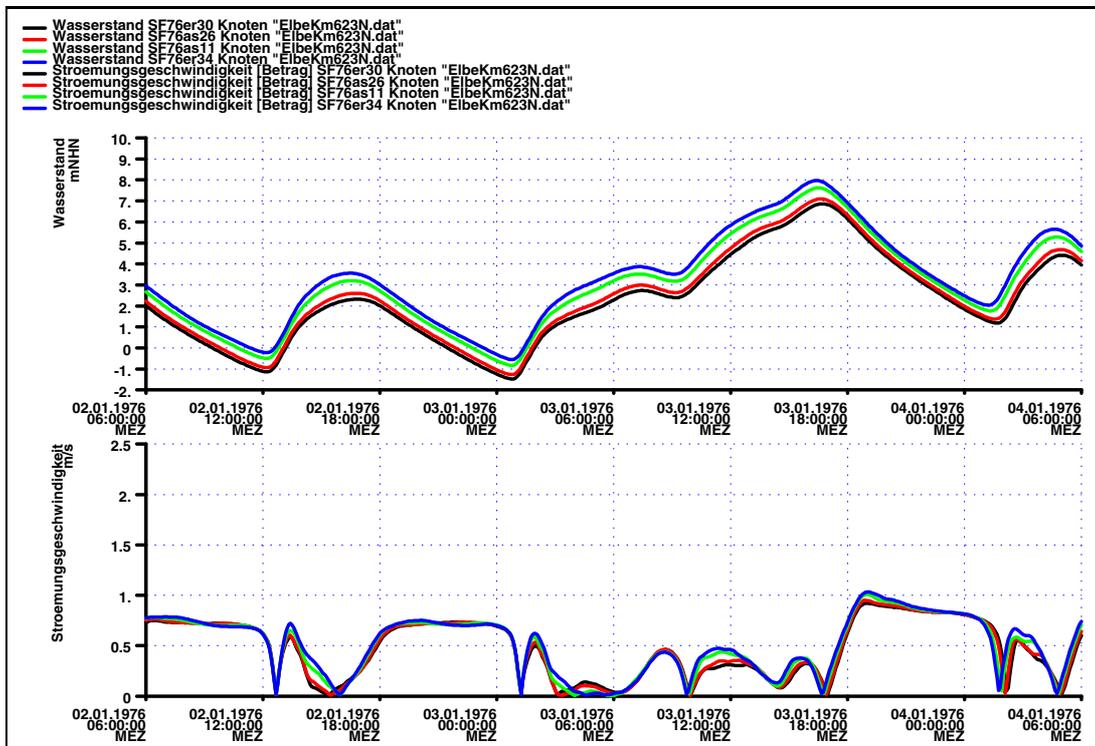


Bild 112: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit bei Elbe-km 623N für die Sturmflutszenarien SF76 Q3000 (er30), Q3000slr+25 cm (as26), Q3000slr+80 cm (as11) und Q3000slr+115 cm (er34).

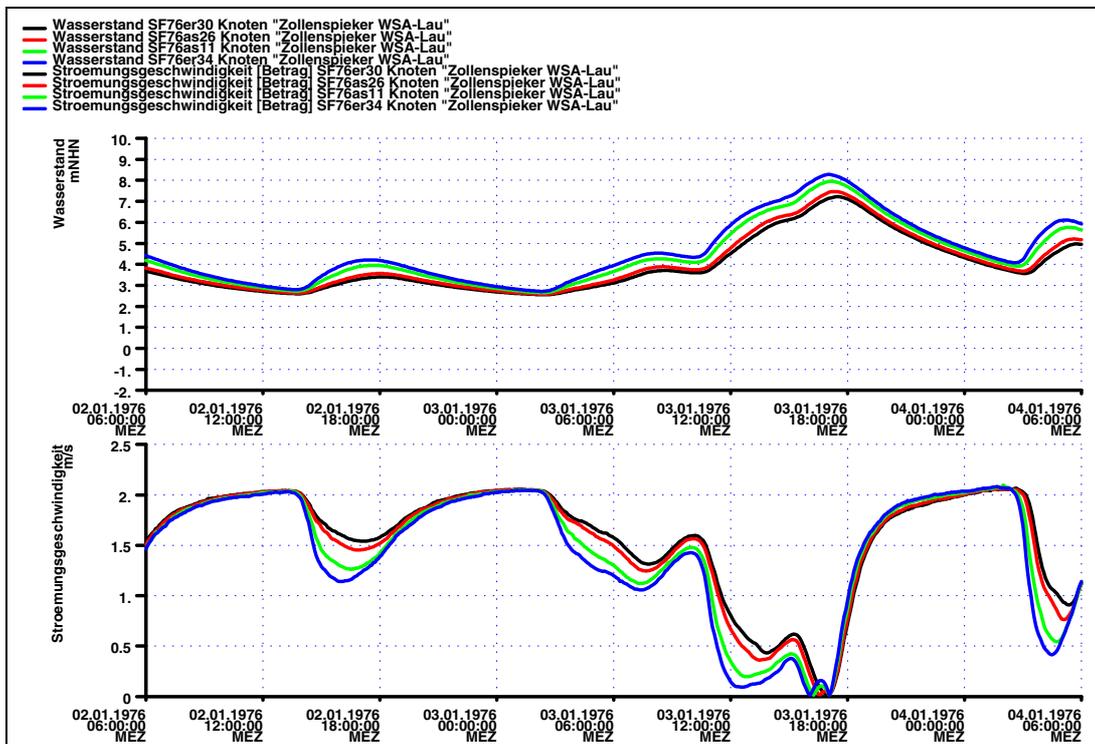
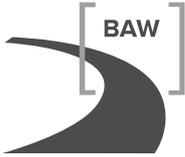


Bild 113: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit am Pegel Zollenspieker für die Sturmflutszenarien SF76 Q3000 (er30), Q3000slr+25 cm (as26), Q3000slr+80 cm (as11) und Q3000slr+115 cm (er34).



7.2 Zeitreihen an Orten von Interesse Q500, Q3000, ohne slr, slr+80cm

Die Liste der Untersuchungsvarianten in Tabelle 6 in Kapitel 3 enthält eine Charakterisierung der untersuchten Sturmflutszenarien und gibt Erläuterungen zu den im folgenden Abschnitt verwendeten Bezeichnungen.

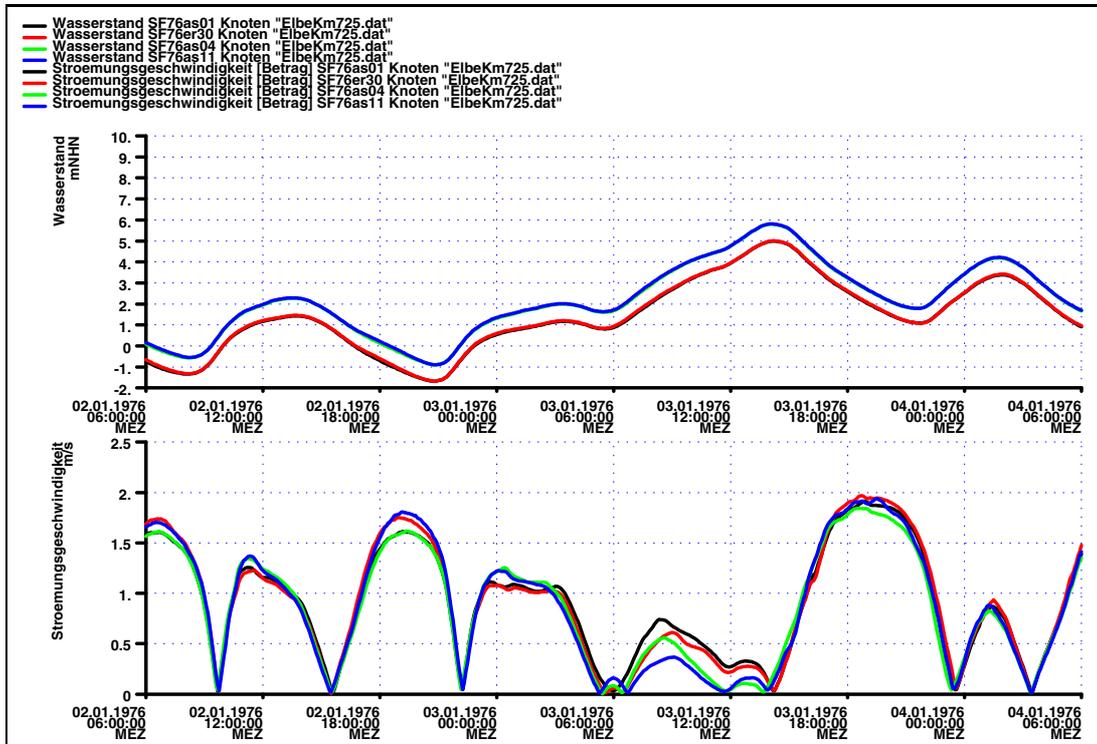


Bild 114: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit bei Elbe - km 725 für die Sturmflutszenarien SF76 Q500 (as01), Q3000 (v83q3), Q500slr+80 cm (as04) und Q3000slr+80 cm (as11).

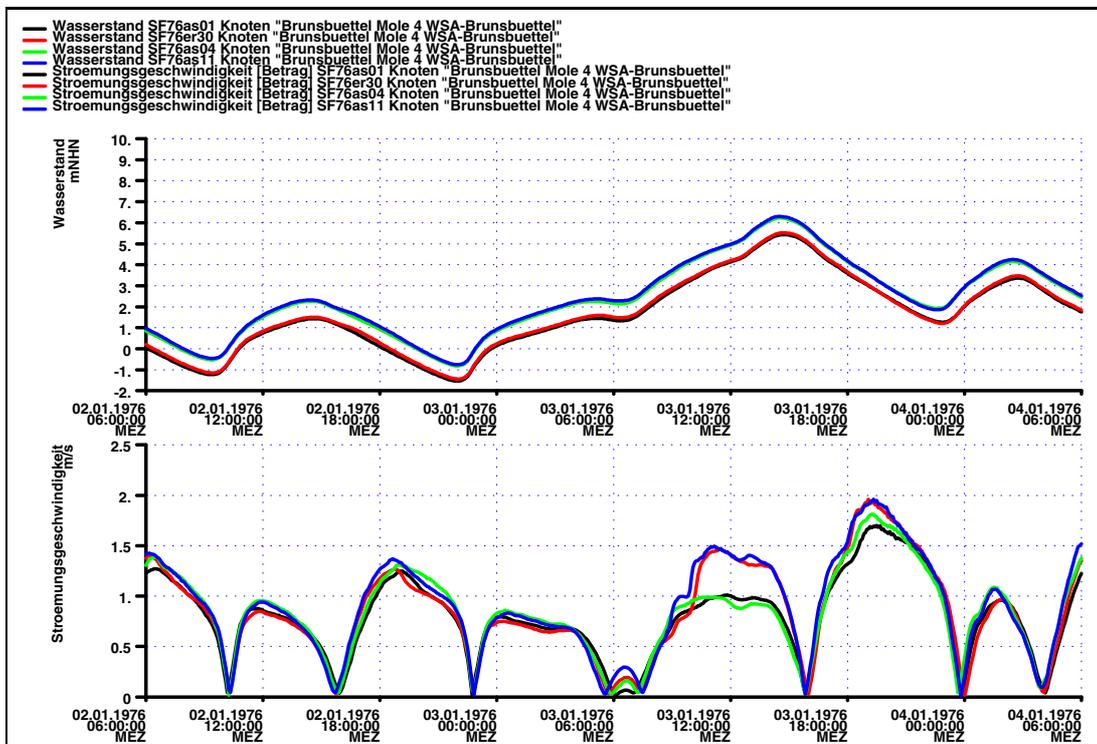


Bild 115: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit am Pegel Brunsbüttel Mole 4 für die Sturmflutszenarien SF76 Q500 (as01), Q3000 (v83q3), Q500slr+80 cm (as04) und Q3000slr+80 cm (as11).

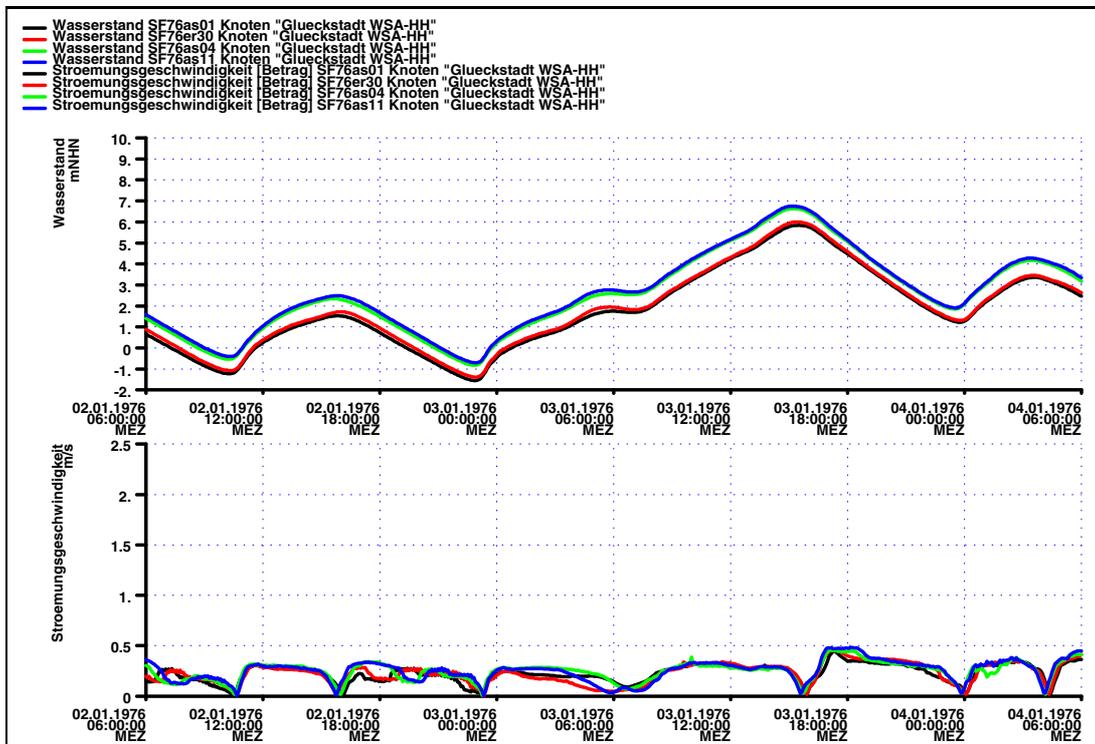


Bild 116: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit am Pegel Glückstadt für die Sturmflutszenarien SF76 Q500 (as01), Q3000 (v83q3), Q500slr+80 cm (as04) und Q3000slr+80 cm (as11).

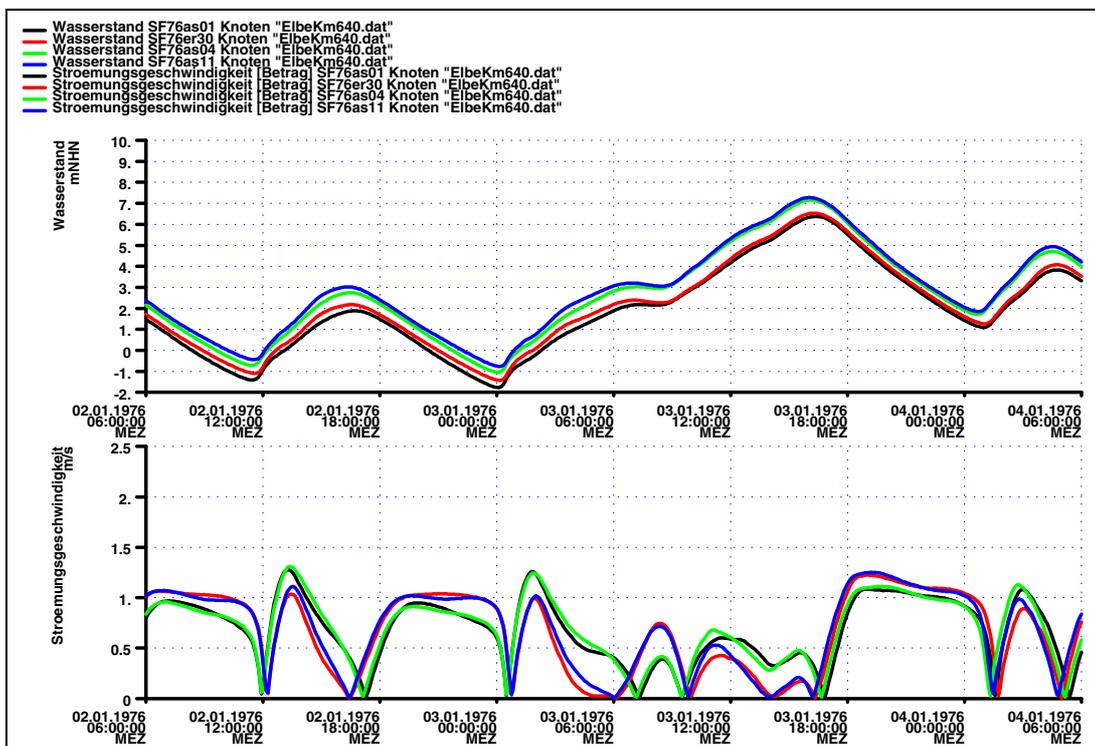


Bild 117: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit bei Elbe-km 640 für die Sturmflutszenarien SF76 Q500 (as01), Q3000 (v83q3), Q500slr+80 cm (as04) und Q3000slr+80 cm (as11).

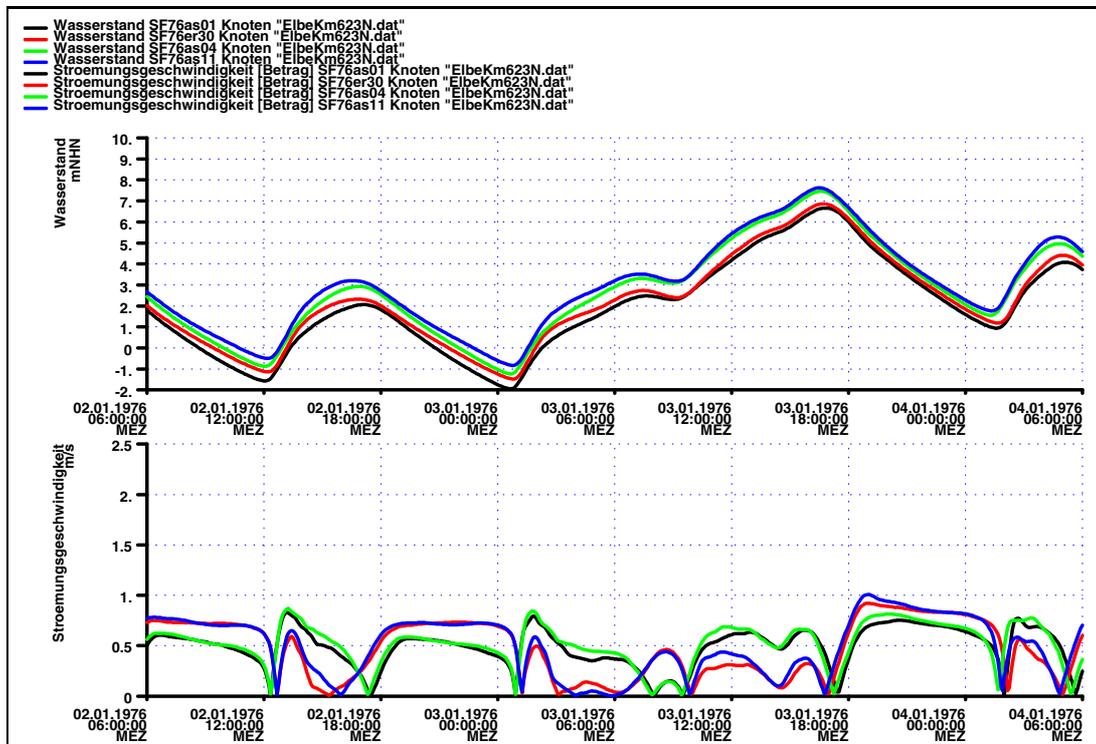


Bild 118: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit bei Elbe-km 623N für die Sturmflutszenarien SF76 Q500 (as01), Q3000 (v83q3), Q500slr+80 cm (as04) und Q3000slr+80 cm (as11).

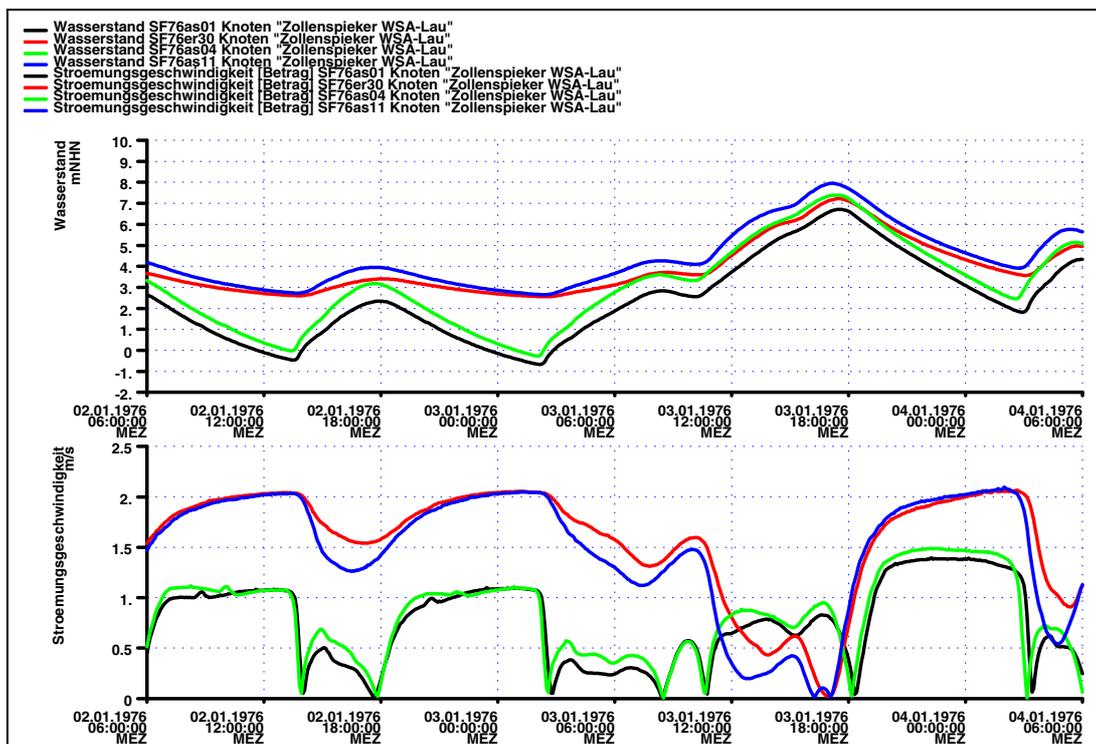
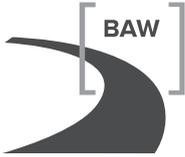


Bild 119: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit am Pegel Zollenspieker für die Sturmflutszenarien SF76 Q500 (as01), Q3000 (v83q3), Q500slr+80 cm (as04) und Q3000slr+80 cm (as11).



7.3 Kennwerte von Wasserstand und Strömung entlang der Elbe

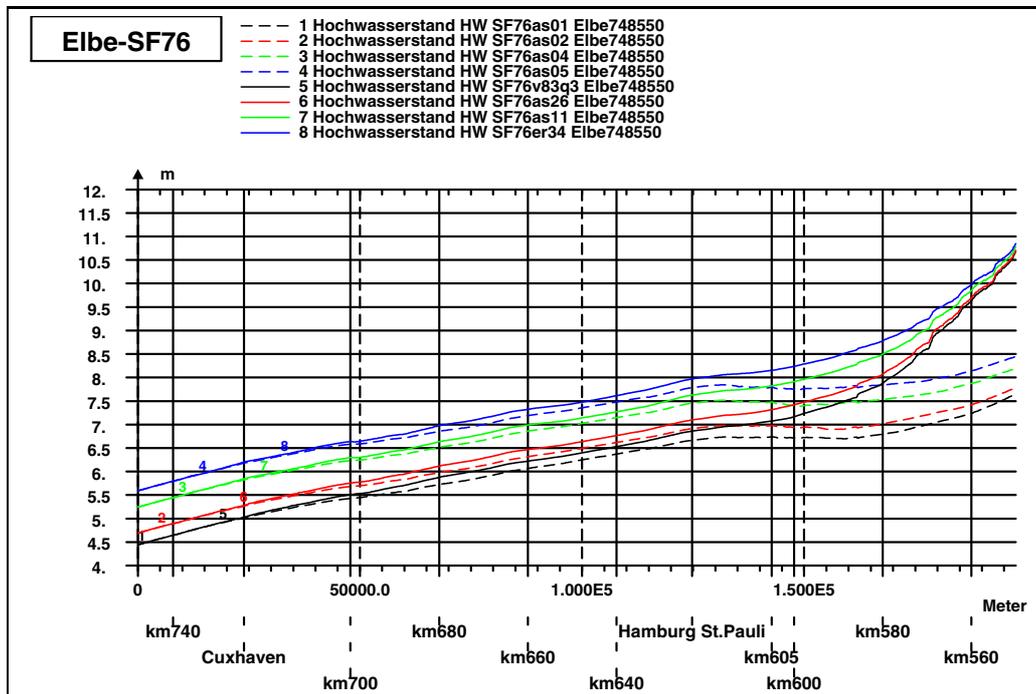


Bild 120: Sturmflutscheitelwasserstand HW für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04), slr+115 cm (as05) (gestrichelt), Q3000 (v83q3), Q3000slr+25 cm (as26), Q3000slr+80 cm (as11) und Q3000slr+115 cm (er34) (durchgezogen) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 748 bis Elbe-km 550.

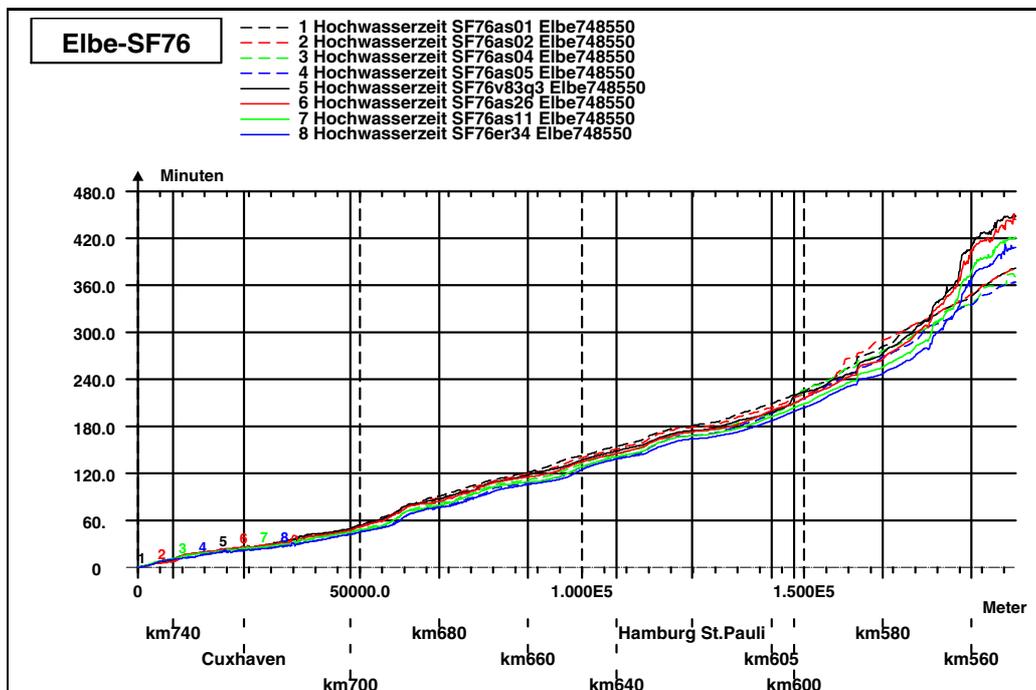


Bild 121: Eintrittszeit des Sturmflutscheitelwasserstand tHW für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04), slr+115 cm (as05) (gestrichelt), Q3000 (v83q3), Q3000slr+25 cm (as26), Q3000slr+80 cm (as11) und Q3000slr+115 cm (er34) (durchgezogen) bezogen auf Elbe-km 748 entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 748 bis Elbe-km 550.

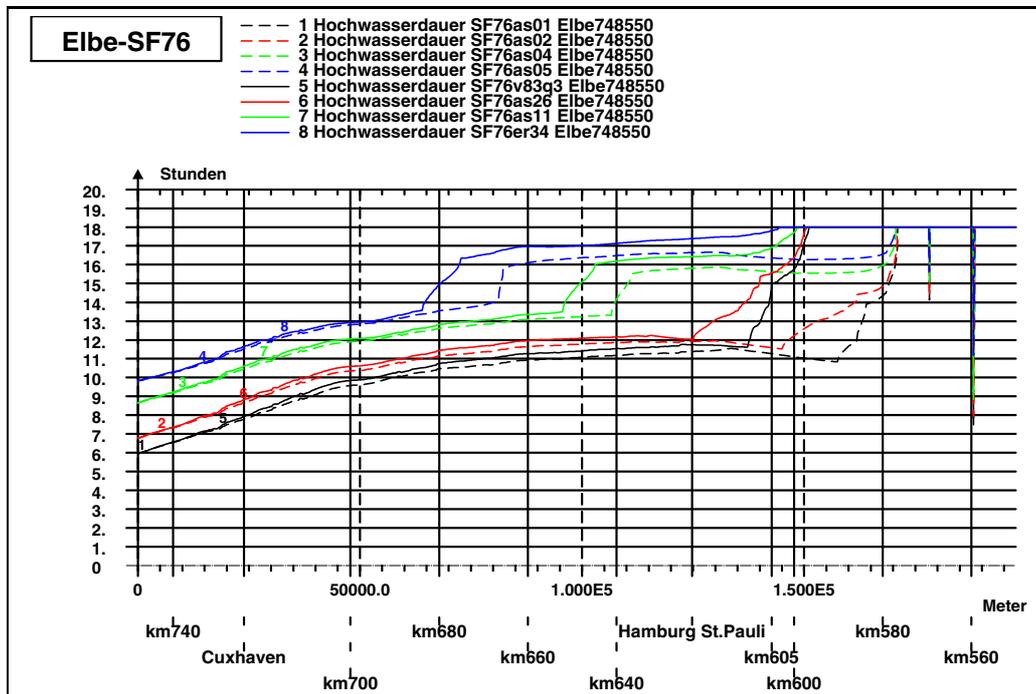


Bild 122: Dauer hoher Wasserstände $> NHN + 3,00\text{ m}$ für die Sturmflutszenarien SF76 ohne *slr* (*as01*), *slr*+25 cm (*as02*), *slr*+80 cm (*as04*), *slr*+115 cm (*as05*) (gestrichelt), Q3000 (*v83q3*), Q3000*slr*+25 cm (*as26*), Q3000*slr*+80 cm (*as11*) und Q3000*slr*+115 cm (*er34*) (durchgezogen) im Analysezeitraum (18 Stunden) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 748 bis Elbe-km 550.

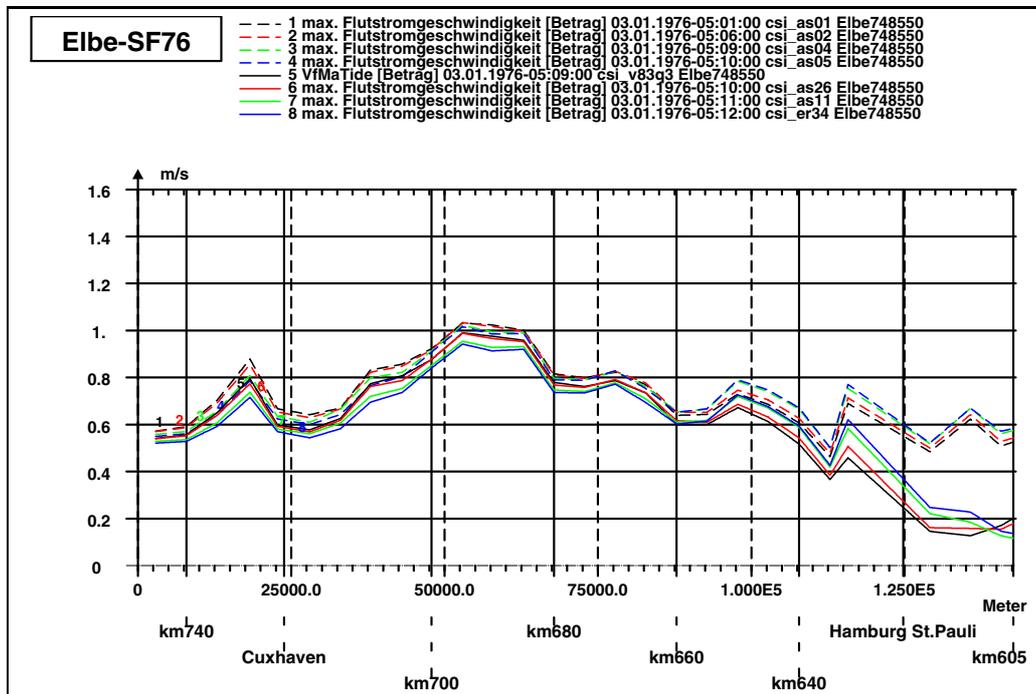


Bild 123: Maximalen Flutstromgeschwindigkeit (querschnittsgemittelt) für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04), slr+115 cm (as05) (gestrichelt), Q3000 (v83q3), Q3000slr+25 cm (as26), Q3000slr+80 cm (as11) und Q3000slr+115 cm (er34) (durchgezogen) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 745 bis Elbe-km 605.

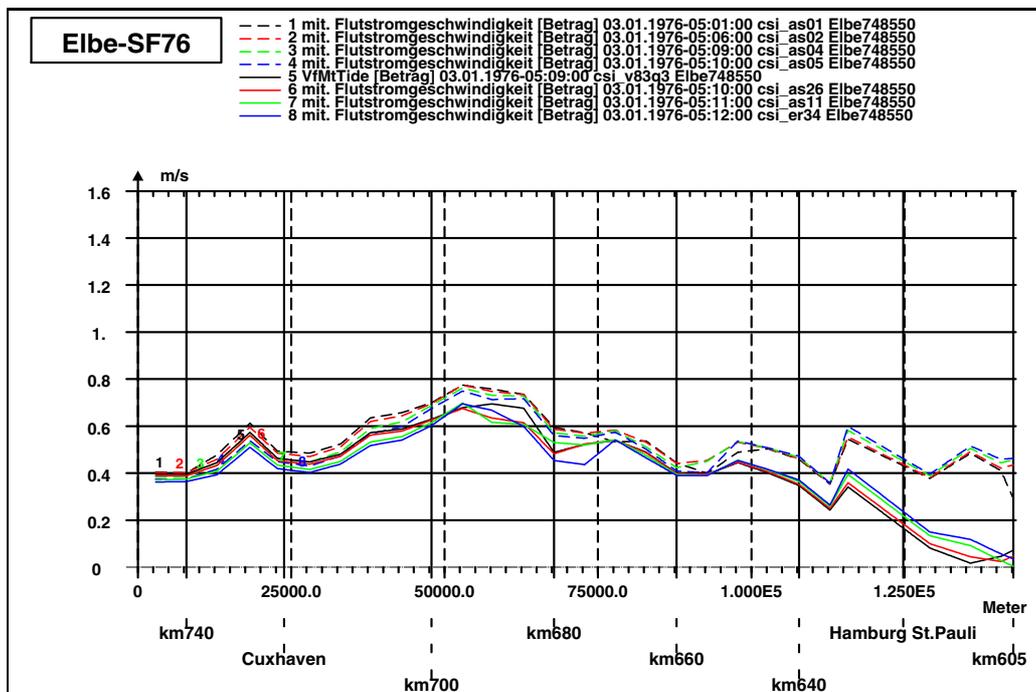


Bild 124: Mittlere Flutstromgeschwindigkeit (querschnittsgemittelt) für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04), slr+115 cm (as05) (gestrichelt), Q3000 (v83q3), Q3000slr+25 cm (as26), Q3000slr+80 cm (as11) und Q3000slr+115 cm (er34) (durchgezogen) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 745 bis Elbe-km 605.

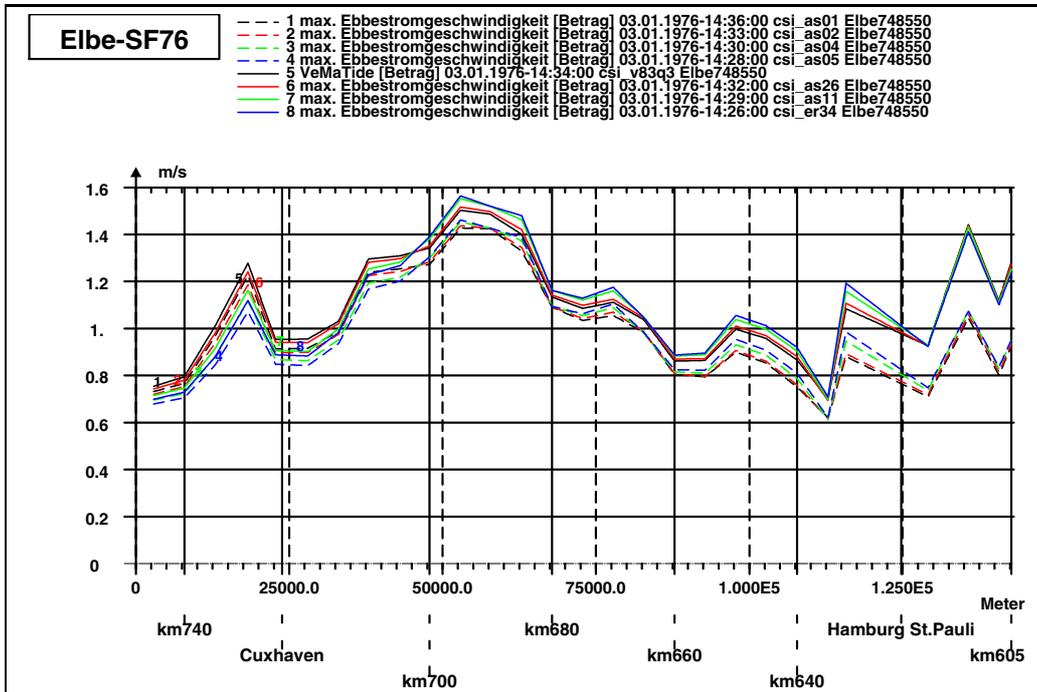


Bild 125: Maximalen Ebbestromgeschwindigkeit (querschnittsgemittelt) für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04), slr+115 cm (as05) (gestrichelt), Q3000 (v83q3), Q3000slr+25 cm (as26), Q3000slr+80 cm (as11) und Q3000slr+115 cm (er34) (durchgezogen) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 745 bis Elbe-km 605.

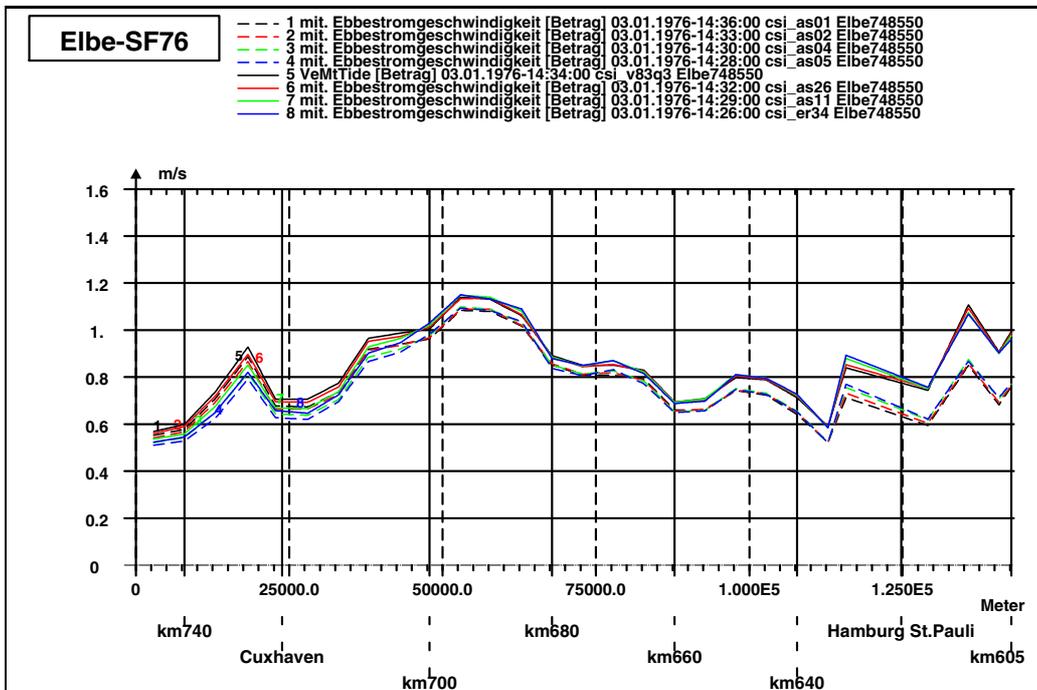
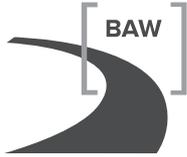
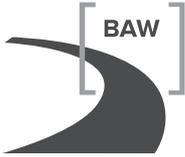


Bild 126: Mittlere Ebbestromgeschwindigkeit (querschnittsgemittelt) für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04), slr+115 cm (as05) (gestrichelt), Q3000 (v83q3), Q3000slr+25 cm (as26), Q3000slr+80 cm (as11) und Q3000slr+115 cm (er34) (durchgezogen) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 745 bis Elbe-km 605.





7.4 Kennwerte von Wasserstand und Strömung im Mündungsbereich der Elbe

7.4.1 Sturmflutszenario SF76 Q3000: Elbe Tg West

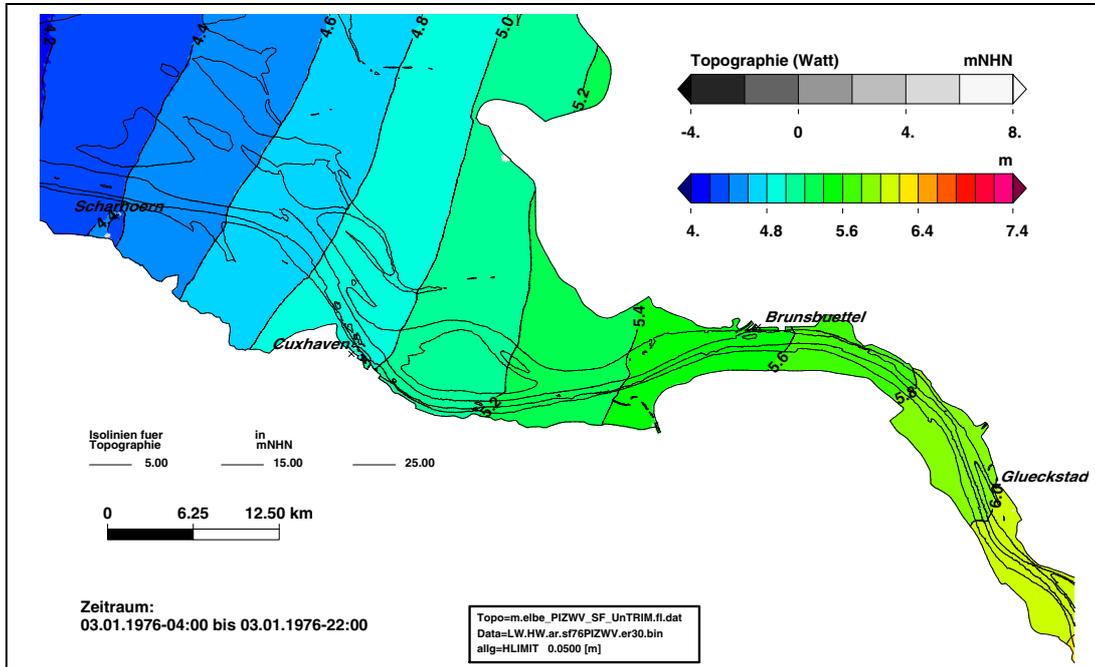


Bild 127: Sturmflutscheitelwasserstand HW für das Sturmflutszenario SF76Q3000 (er30) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im HW von 20 cm.

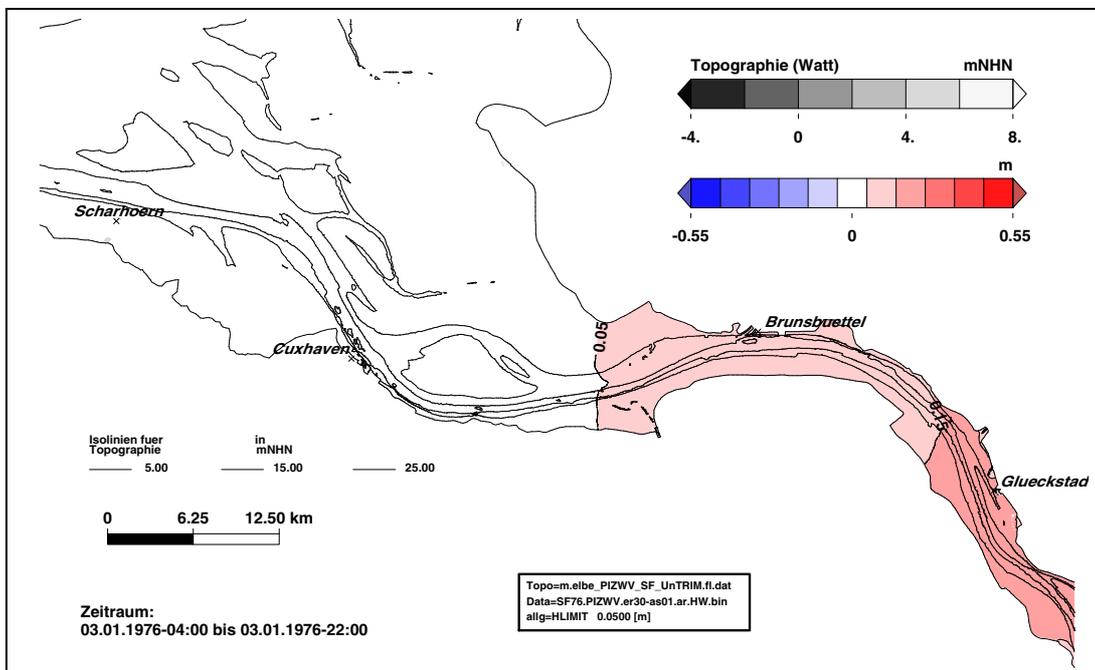


Bild 128: Änderung des Sturmflutscheitelwasserstand HW im Sturmflutszenario SF76Q3000 (er30) bezogen auf Sturmflutszenario SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im HW von 10 cm. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich das HW um weniger als ± 5 cm.

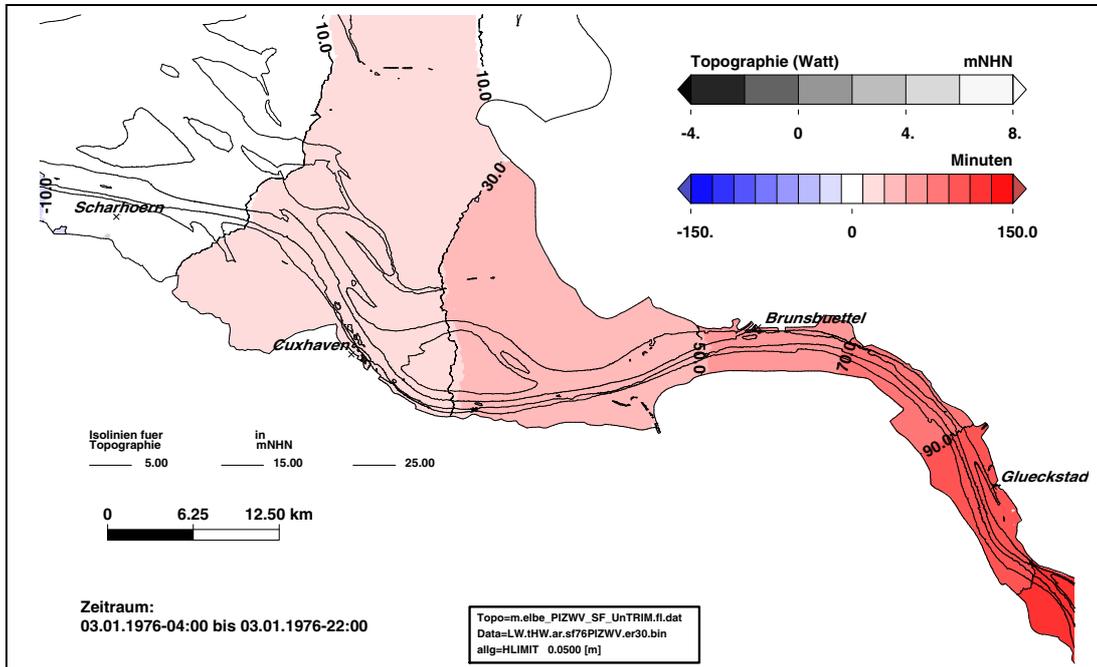


Bild 129: Eintrittszeit des Sturmflutscheitelwasserstand tHW für das Sturmflutszenario SF76Q3000 (er30) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderung der Eintrittszeit von 20 Minuten.

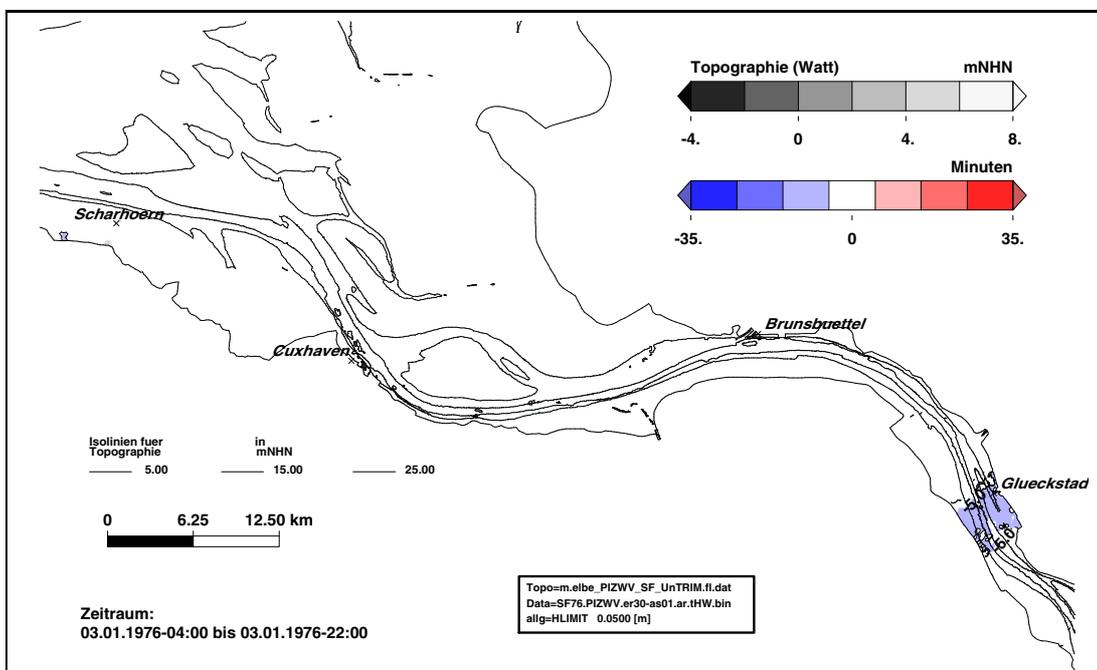


Bild 130: Änderung der Eintrittszeit des Sturmflutscheitelwasserstand HW im Sturmflutszenario SF76Q3000 (er30) bezogen auf Sturmflutszenario SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im tHW von 10 Minuten. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich das HW um weniger als ± 5 Minuten.

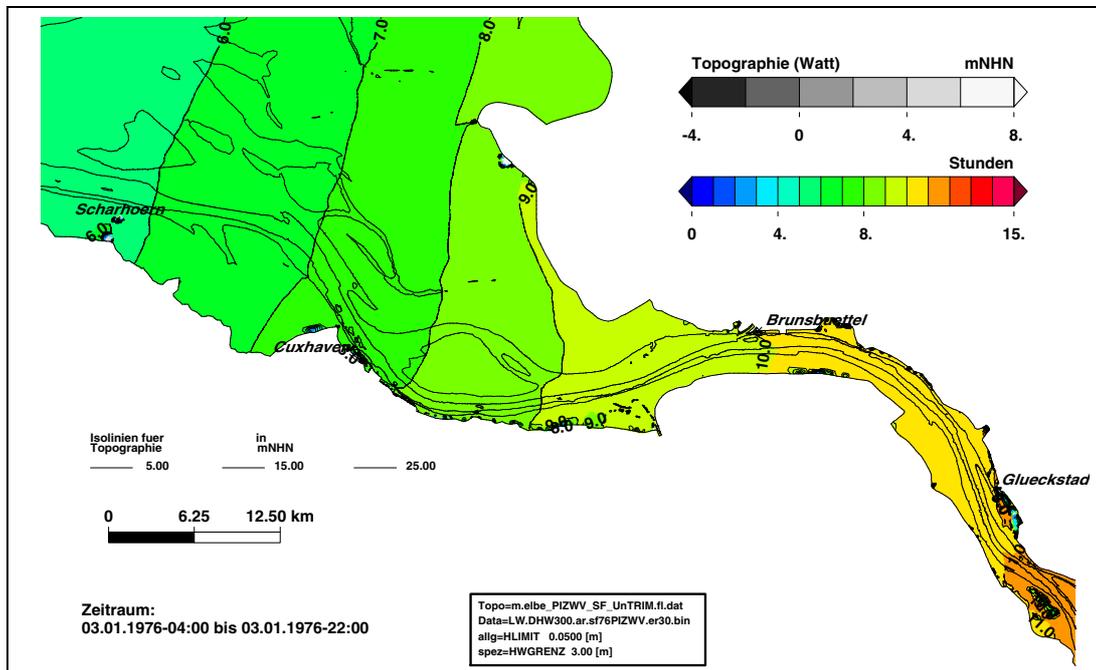


Bild 131: Dauer hoher Wasserstände $> \text{NHN} + 3,00 \text{ m}$ während des Sturmflutszenarios SF76Q3000 (er30) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht Änderungen der Dauer von 1 Stunde.

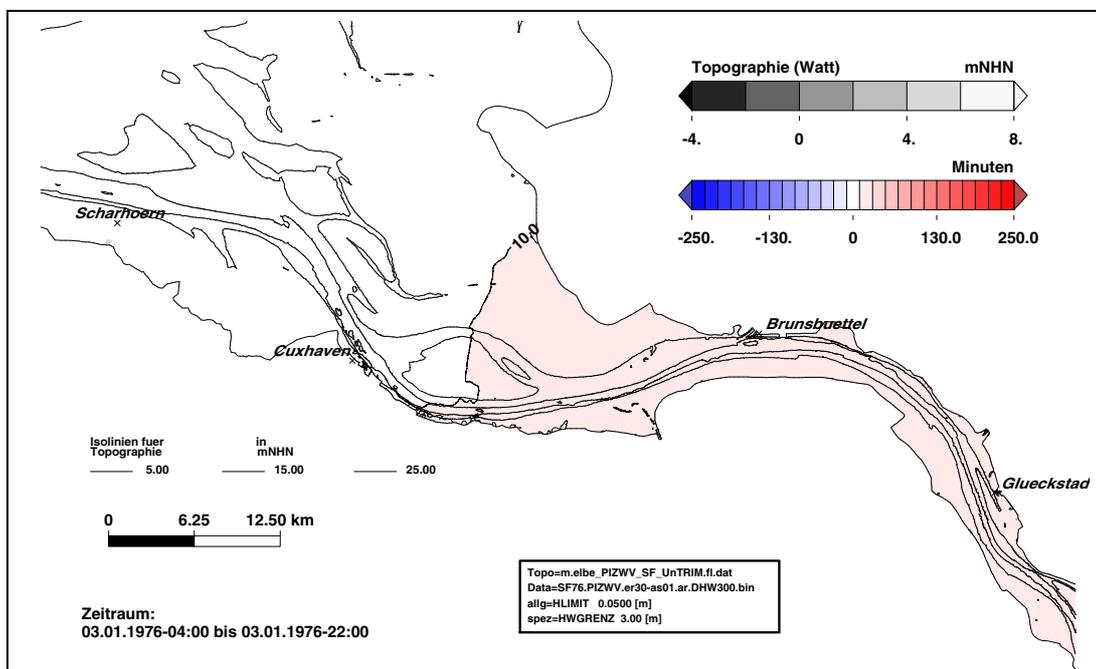


Bild 132: Änderung der Dauer hoher Wasserstände $> \text{NHN} + 3,00 \text{ m}$ im Sturmflutszenario SF76Q3000 (er30) bezogen auf Sturmflutszenario SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im DHW300 von 20 Minuten. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die Dauer DHW300 um weniger als ± 10 Minuten.

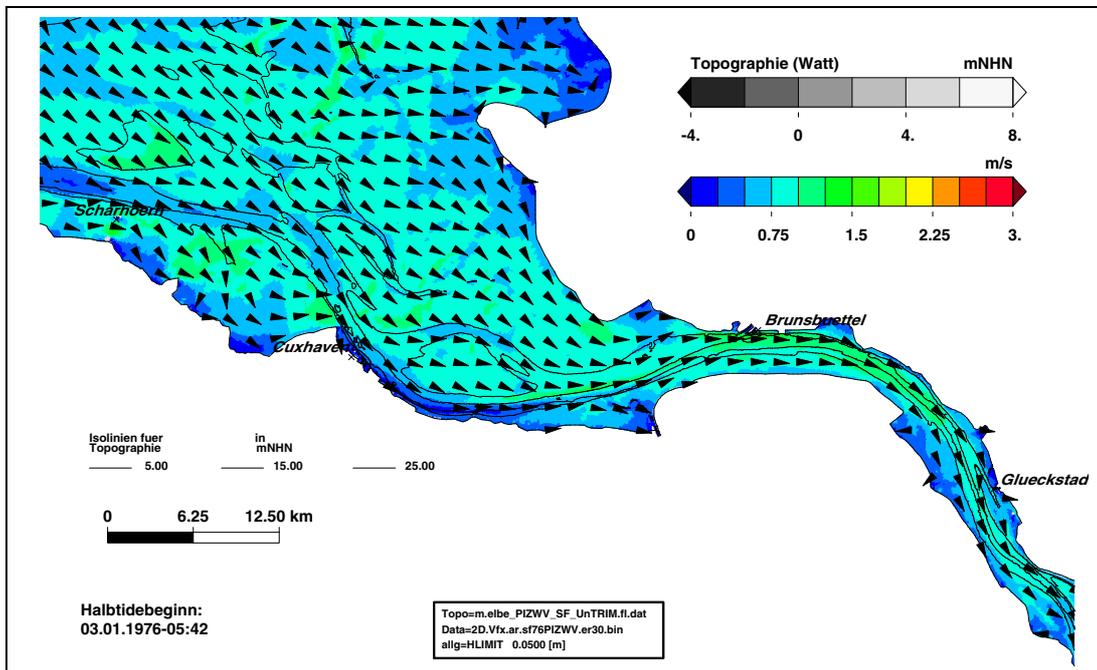


Bild 133: Maximalen Flutstromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76Q3000 (er30) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderungen der maximalen Flutstromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

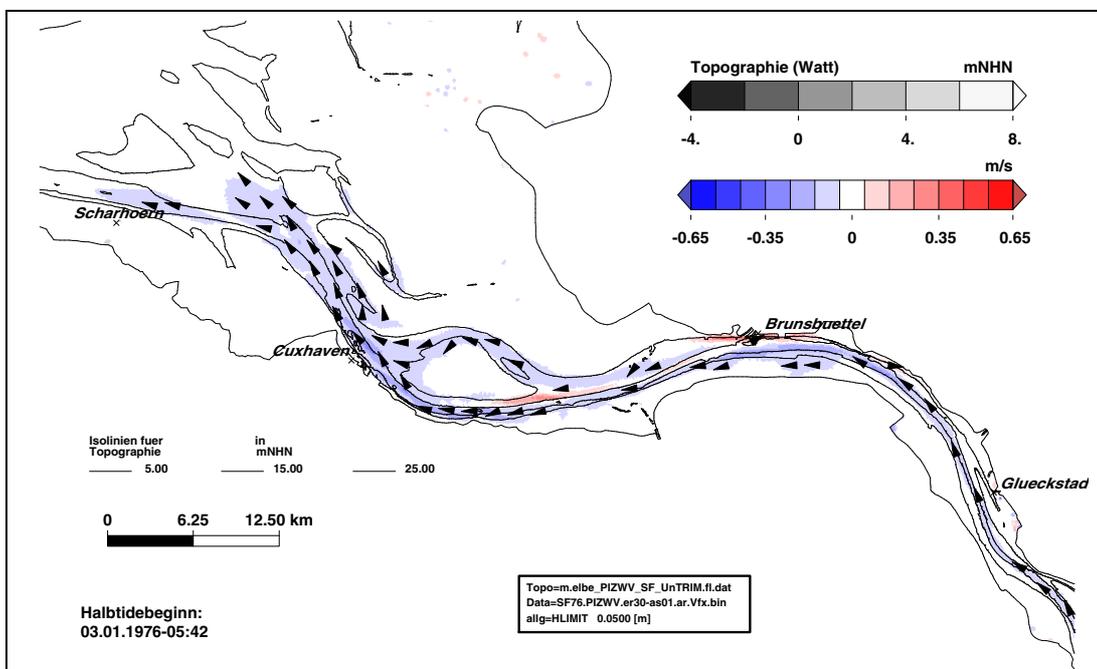


Bild 134: Änderung der maximalen Flutstromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76Q3000 (er30) bezogen auf Sturmflutszenario SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der maximalen Flutstromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die maximale Flutstromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.

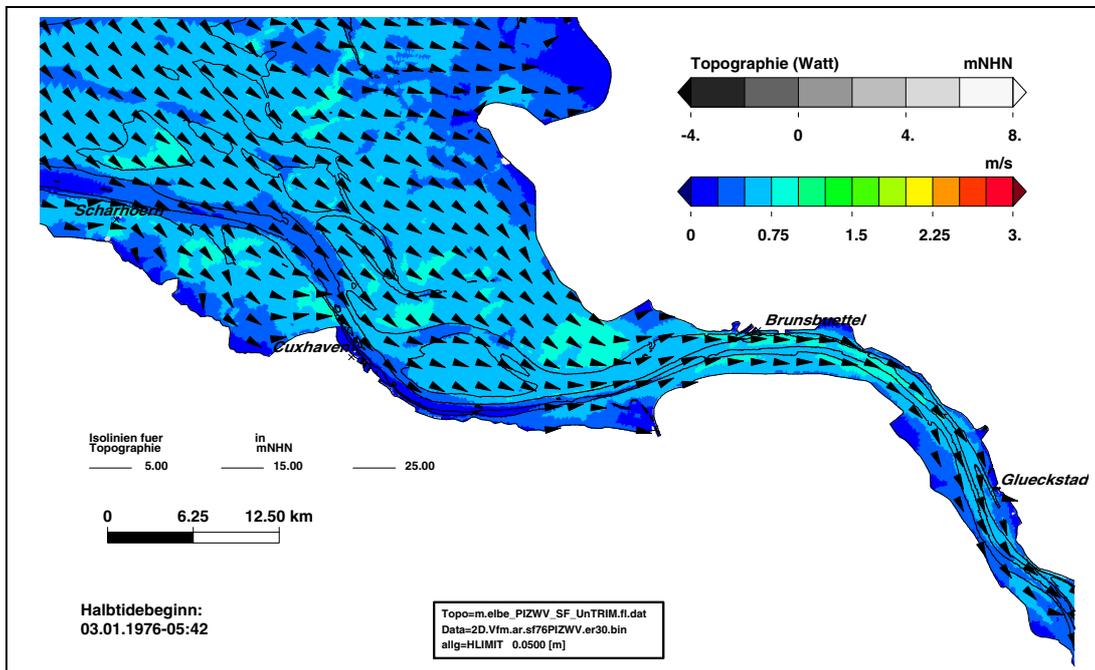


Bild 135: Mittlere Flutstromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76Q3000 (er30) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderung der mittleren Flutstromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

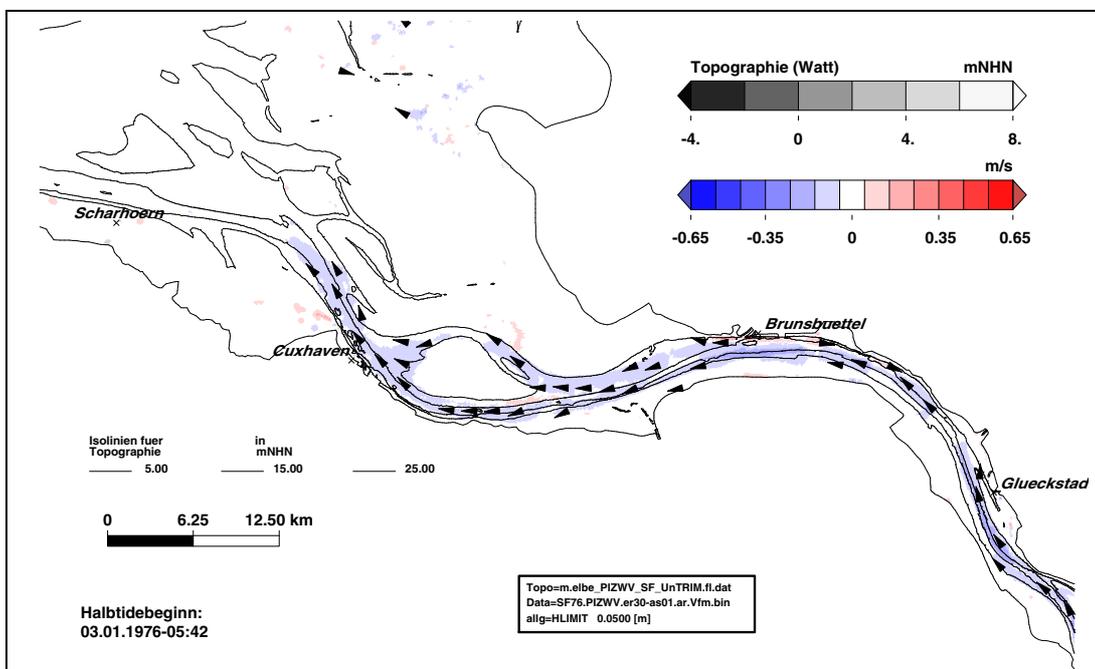


Bild 136: Änderung der mittleren Flutstromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76Q3000 (er30) bezogen auf Sturmflutszenario SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der mittleren Flutstromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die mittlere Flutstromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.

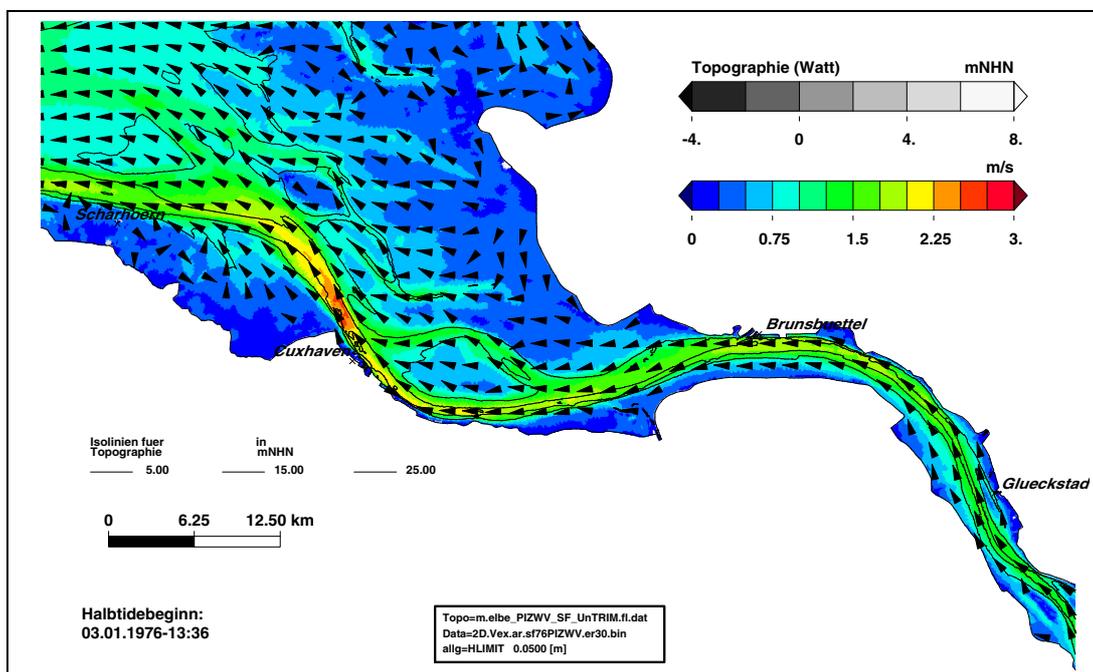


Bild 137: Maximalen Ebbestromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76Q3000 (er30) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderung der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

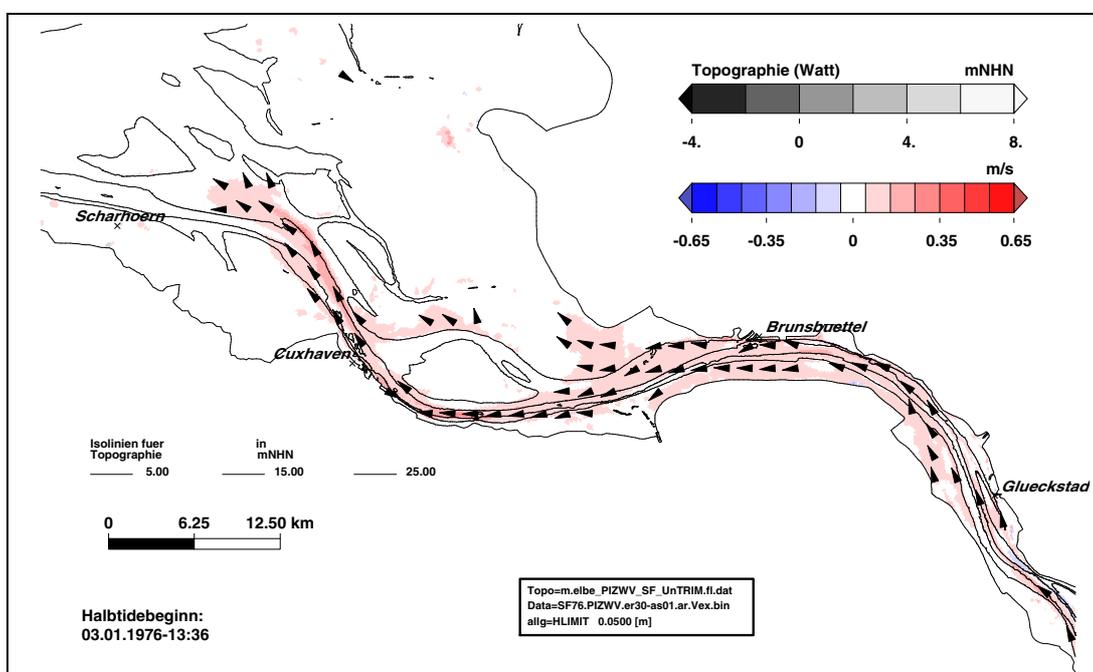


Bild 138: Änderung der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76Q3000 (er30) bezogen auf Sturmflutszenario SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die maximale Ebbestromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.

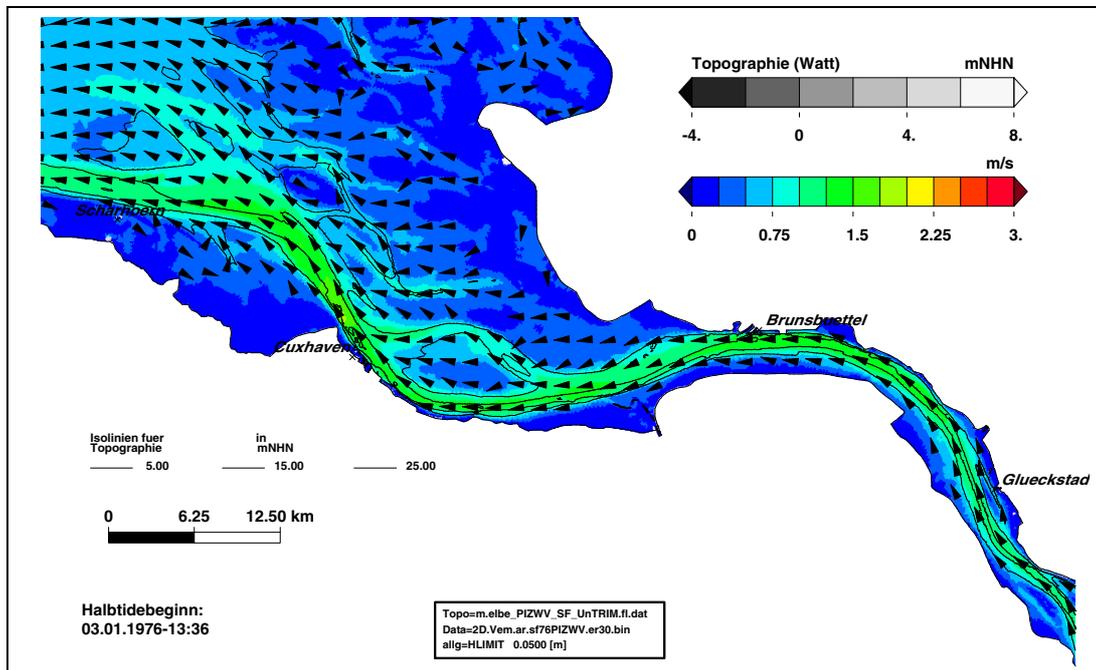


Bild 139: Mittlere Ebbestromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76Q3000 (er30) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderungen der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

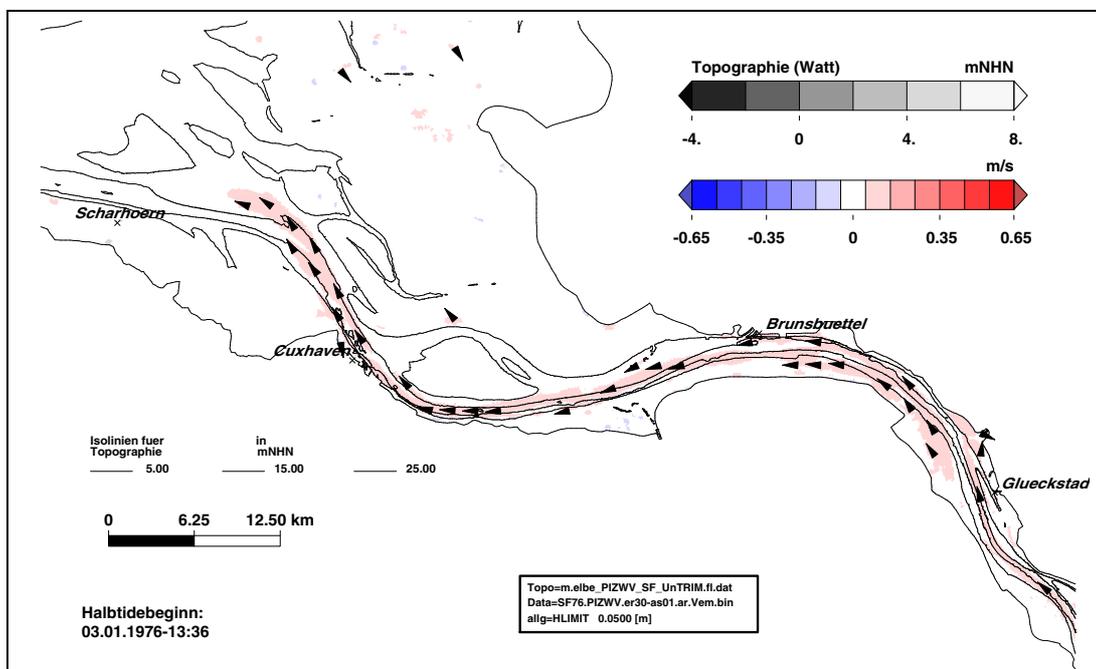
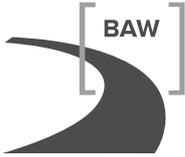


Bild 140: Änderung der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76Q3000 (er30) bezogen auf Sturmflutszenario SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die mittlere Ebbestromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.



7.4.2 Sturmflutszenario SF76 Q3000 slr+25 cm: Elbe Tg West

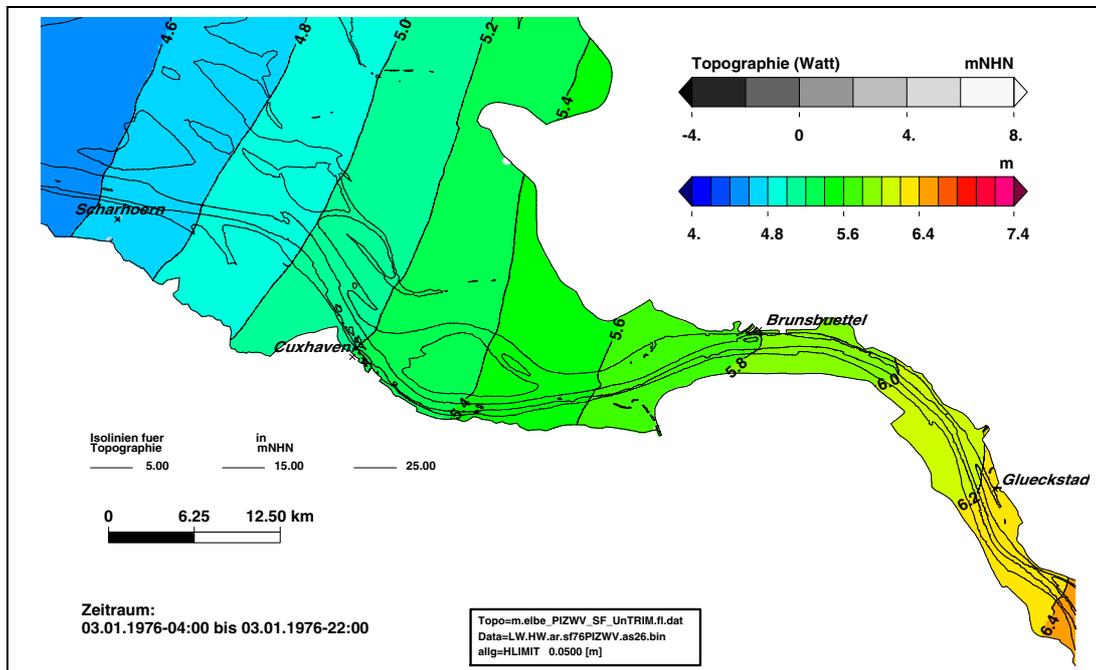


Bild 141: Sturmflutscheitelwasserstand HW für das Sturmflutszenario SF76Q3000slr+25cm (as26) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im HW von 20 cm.

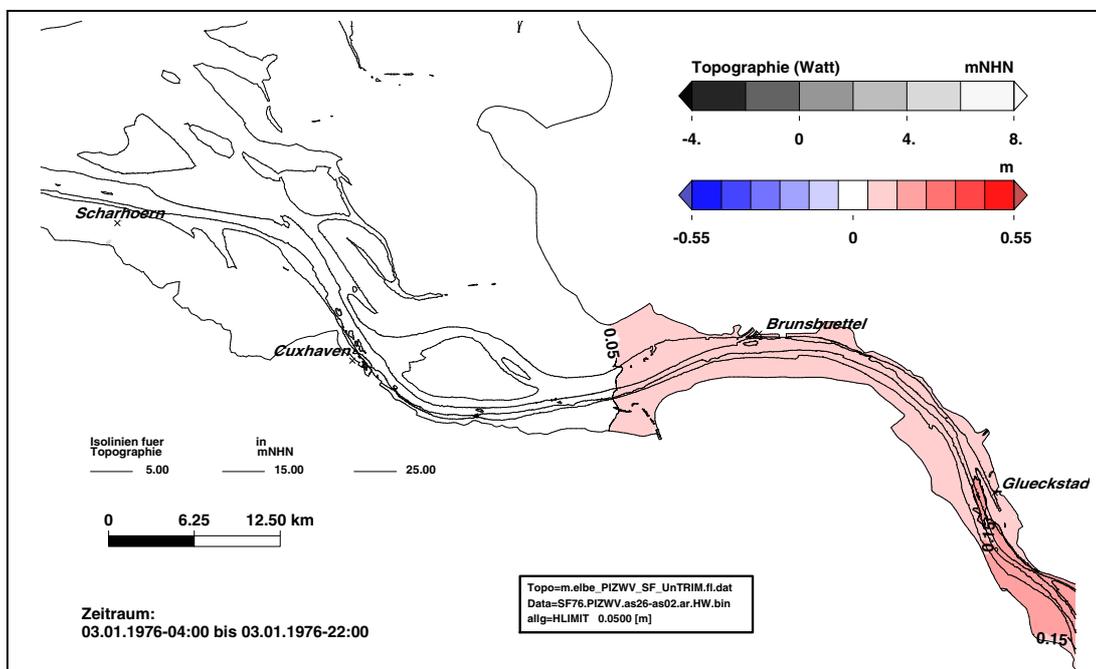


Bild 142: Änderung des Sturmflutscheitelwasserstand HW im Sturmflutszenario SF76Q3000slr+25cm (as26) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+25cm (as02) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im HW von 10 cm. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich das HW um weniger als ± 5 cm.

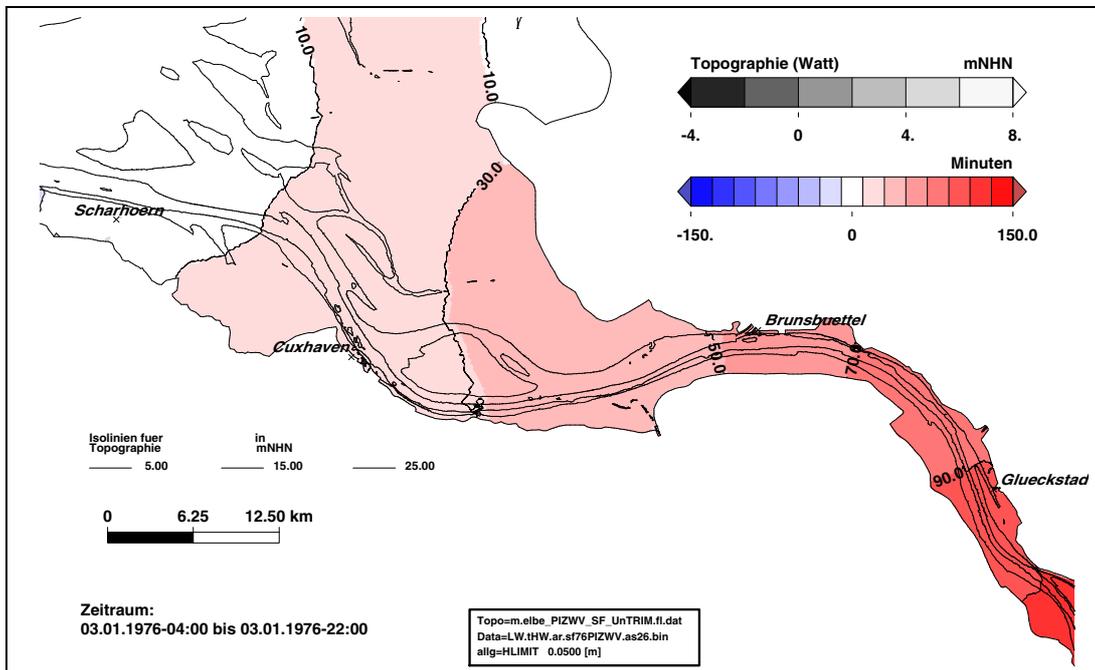


Bild 143: Eintrittszeit des Sturmflutscheitelwasserstand tHW für das Sturmflutszenario SF76Q3000slr+25cm (as26) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderung der Eintrittszeit von 20 Minuten.

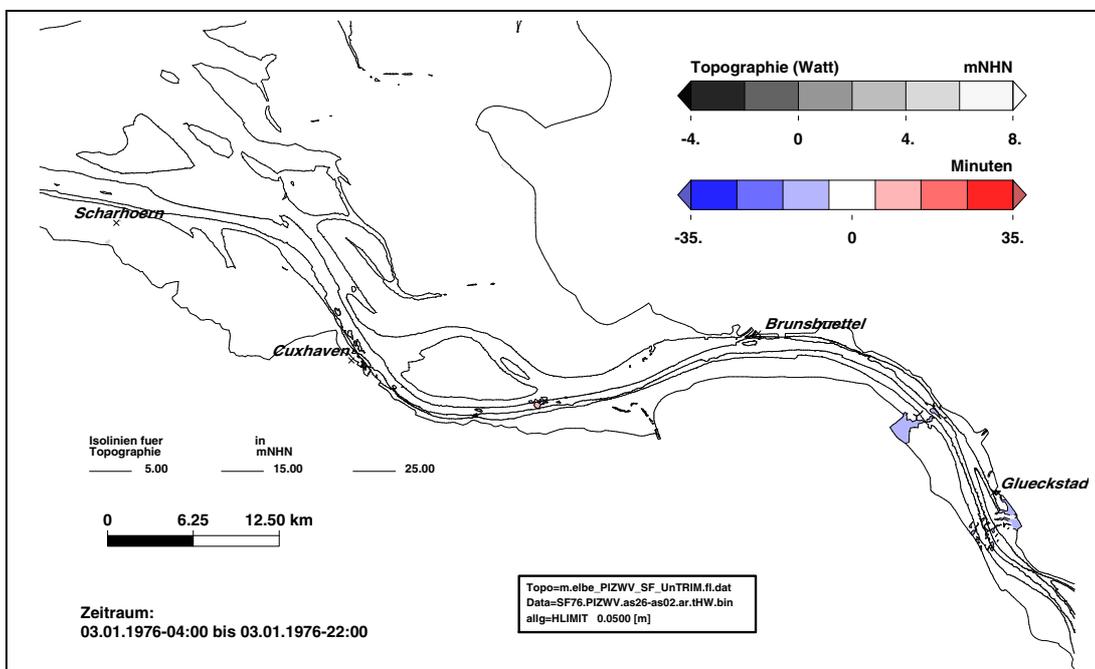


Bild 144: Änderung der Eintrittszeit des Sturmflutscheitelwasserstand HW im Sturmflutszenario SF76Q3000slr+25cm (as26) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+25cm (as02) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im tHW von 10 Minuten. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich das HW um weniger als ± 5 Minuten.

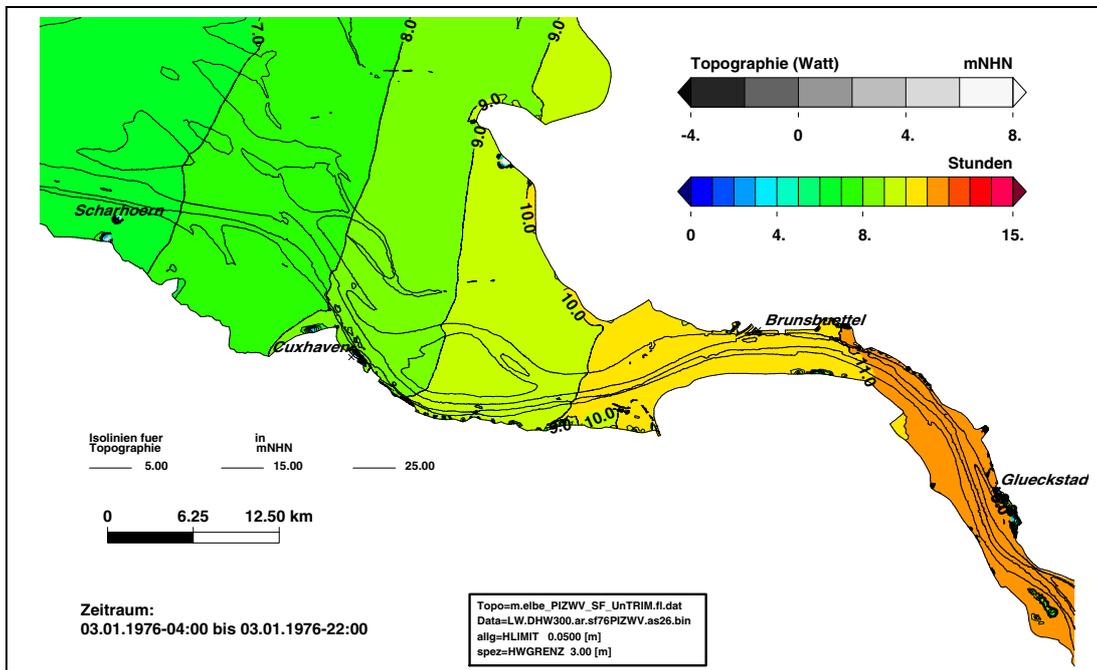


Bild 145: Dauer hoher Wasserstände $>NHN+3,00\text{ m}$ während des Sturmflutszenarios SF76Q3000slr+25cm (as26) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht Änderungen der Dauer von 1 Stunde.

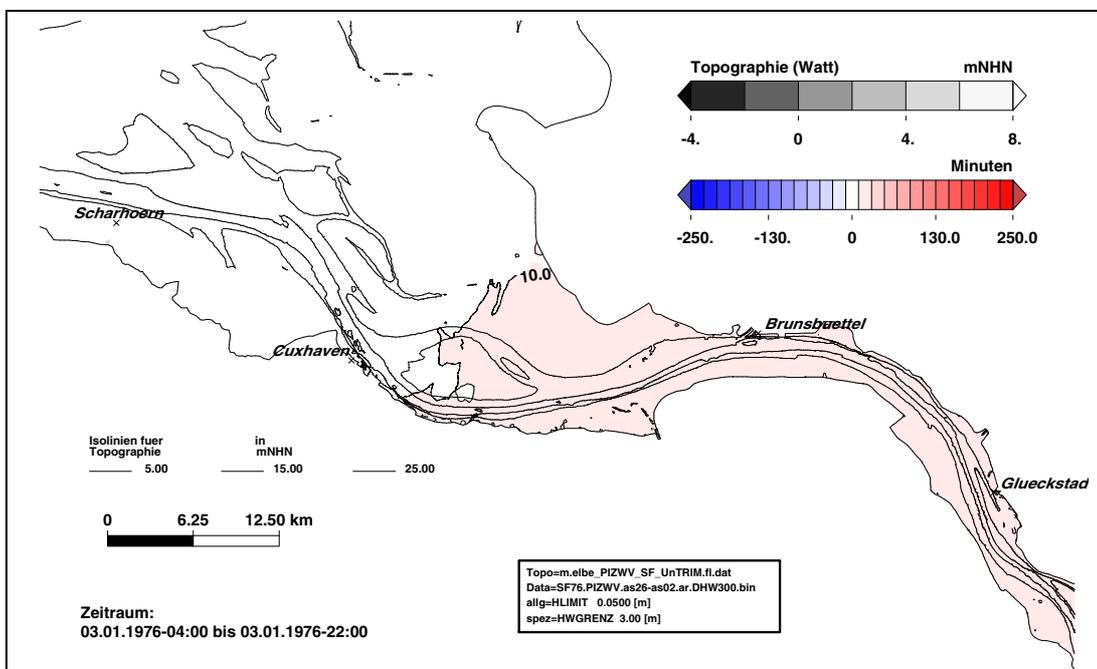


Bild 146: Änderung der Dauer hoher Wasserstände $>NHN+3,00\text{ m}$ im Sturmflutszenario SF76Q3000slr+25cm (as26) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+25cm (as02) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im DHW300 von 20 Minuten. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die Dauer DHW300 um weniger als ± 10 Minuten.

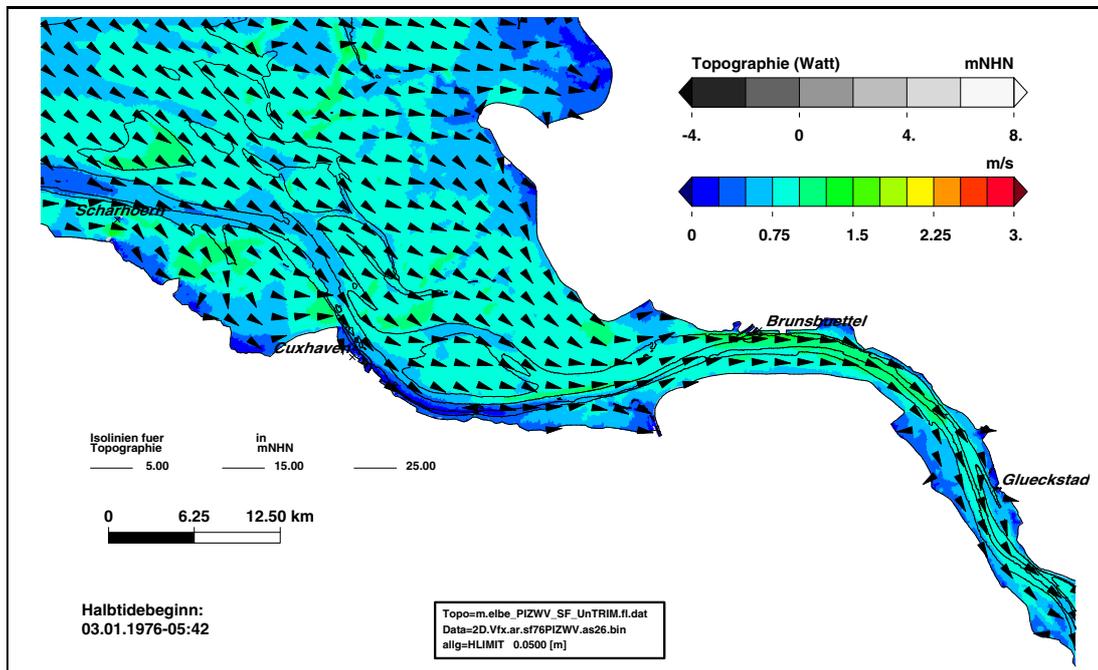


Bild 147: Maximalen Flutstromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76Q3000slr+25cm (as26) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderung der maximalen Flutstromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

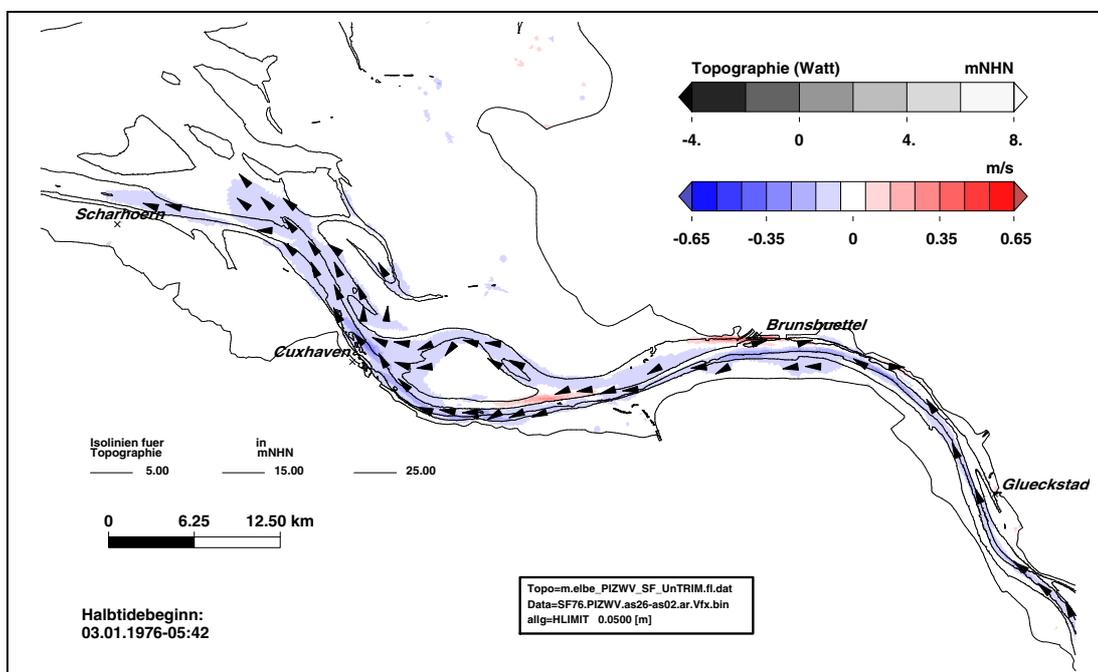


Bild 148: Änderung der maximalen Flutstromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76Q3000slr+25cm (as26) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+25cm (as02) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der maximalen Flutstromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die maximale Flutstromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.

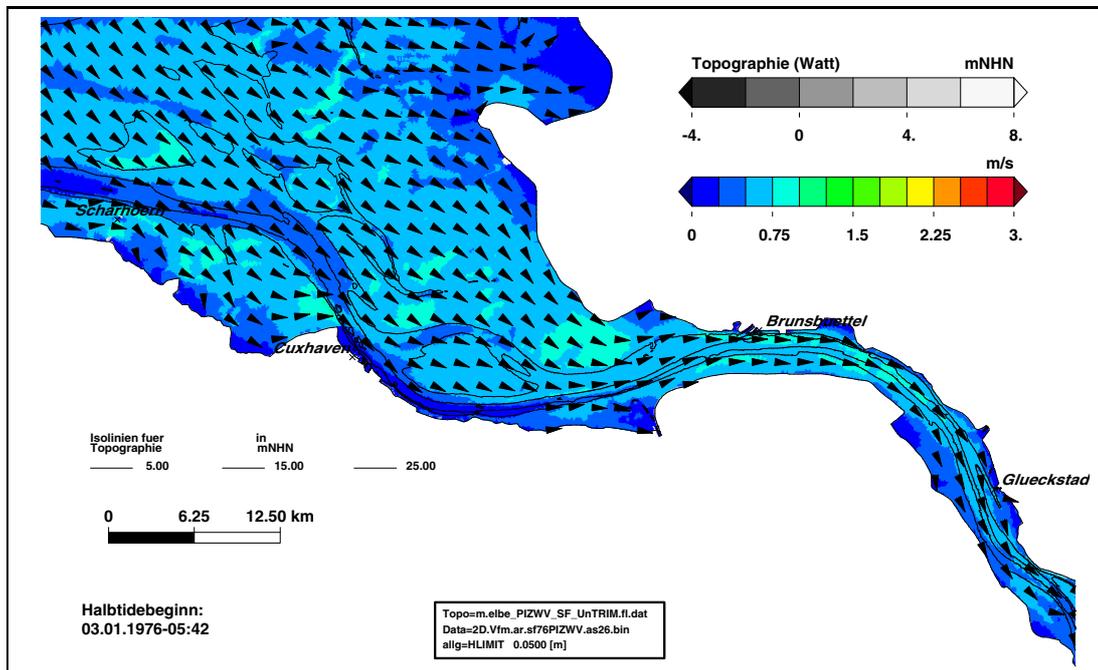


Bild 149: Mittlere Flutstromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76Q3000slr+25cm (as26) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderungen der mittleren Flutstromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

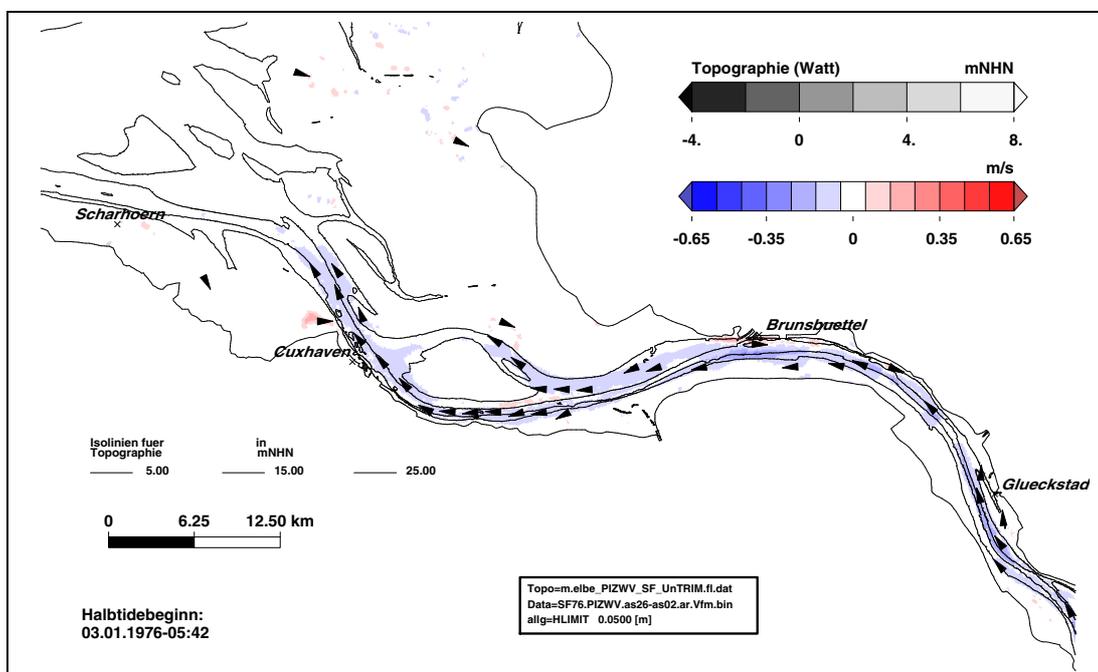


Bild 150: Änderung der mittleren Flutstromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76Q3000slr+25cm (as26) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+25cm (as02) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der mittleren Flutstromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die mittlere Flutstromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.

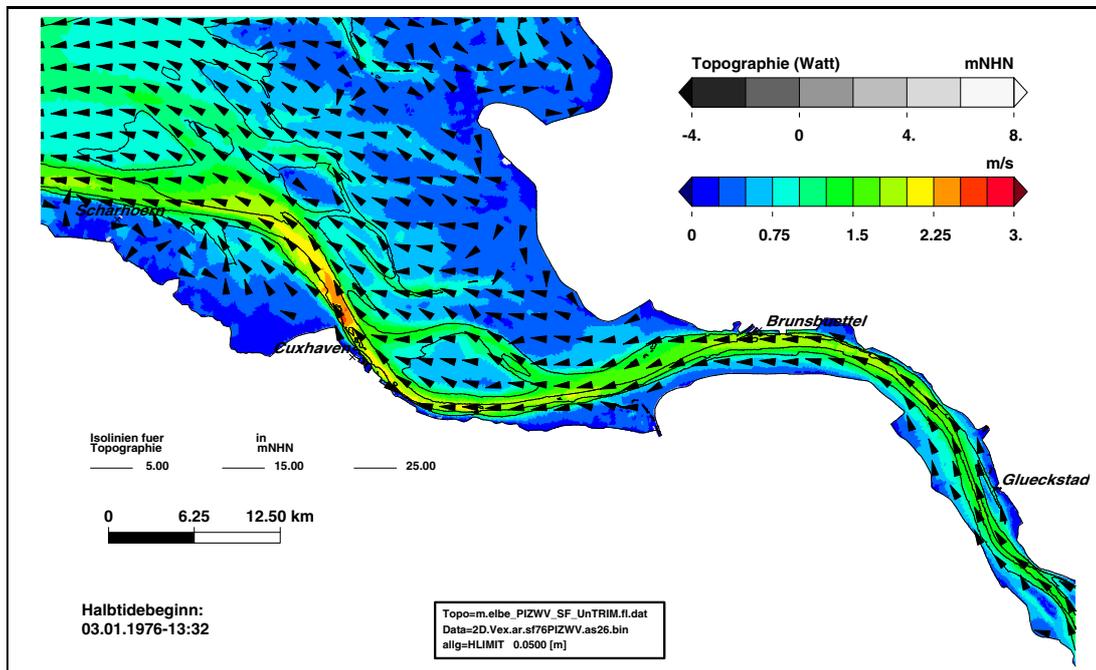


Bild 151: Maximalen Ebbestromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76Q3000slr+25cm (as26) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderung der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

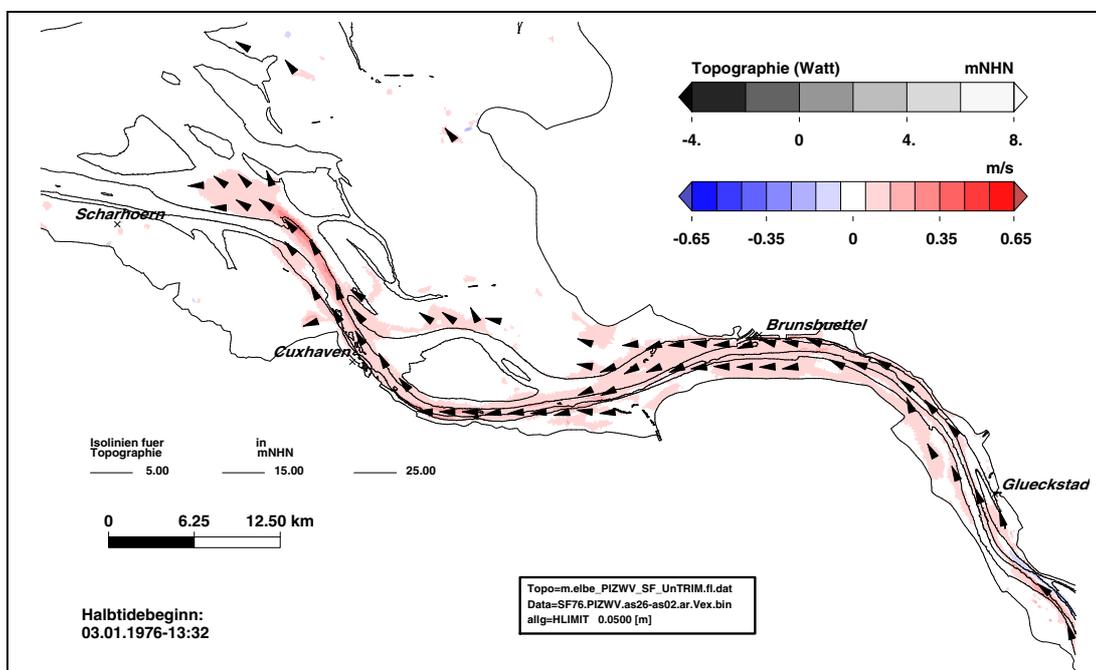


Bild 152: Änderung der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76Q3000slr+25cm (as26) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+25cm (as02) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die maximale Ebbestromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.

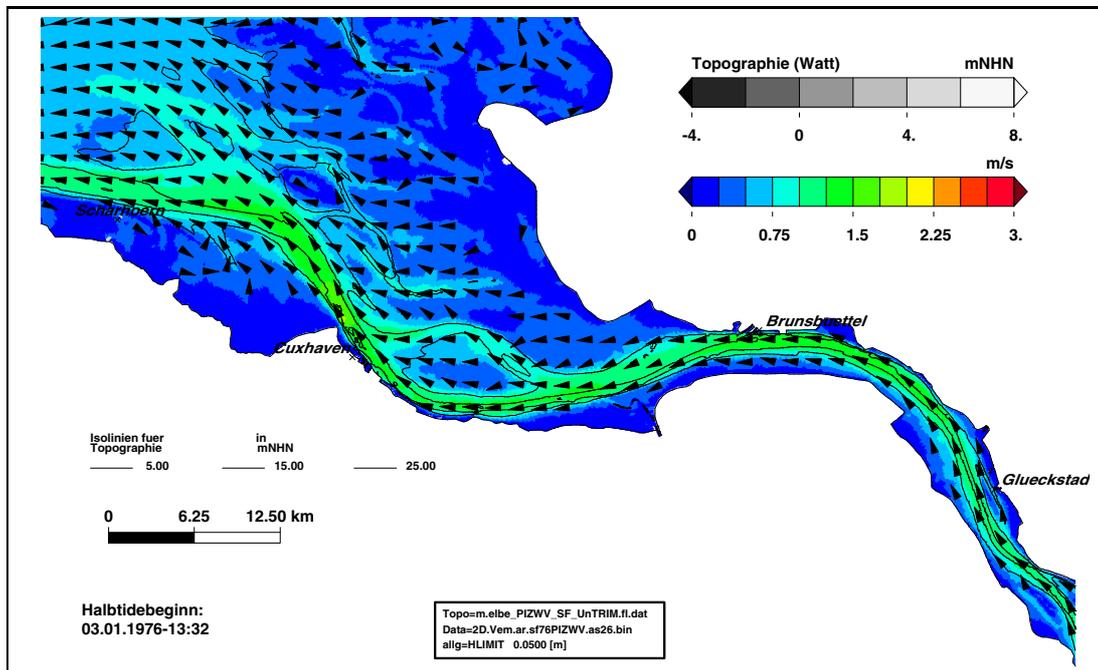


Bild 153: Mittlere Ebbestromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76Q3000slr+25cm (as26) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderungen der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

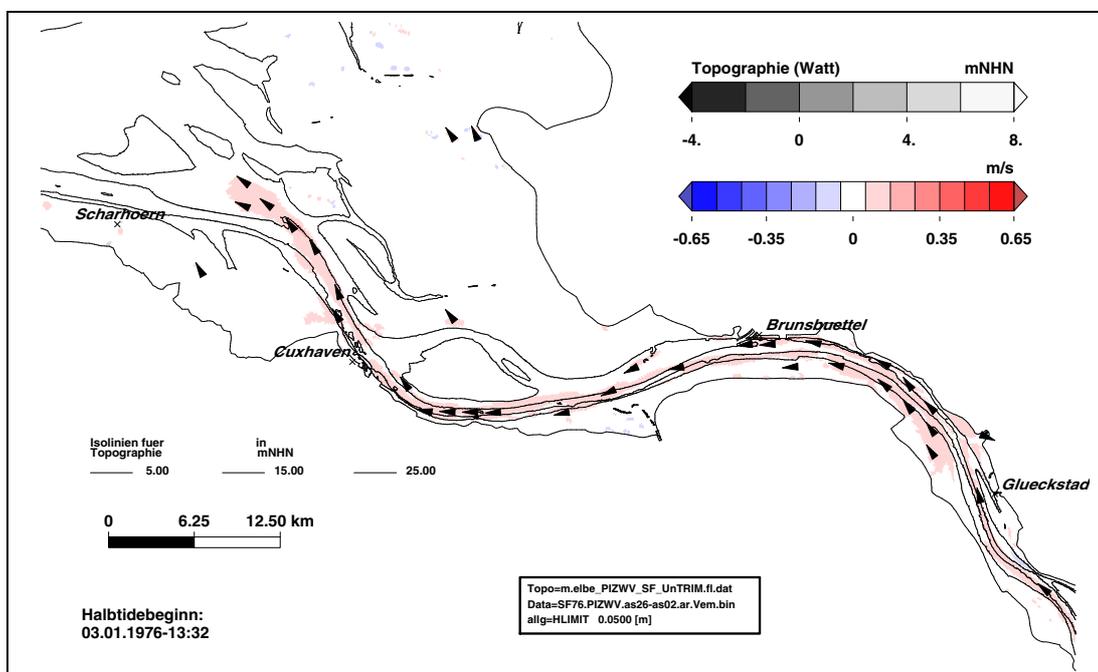
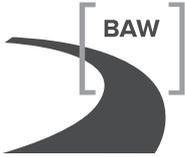


Bild 154: Änderung der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76Q3000slr+25cm (as26) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+25cm (as02) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die mittlere Ebbestromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.



7.4.3 Sturmflutszenario SF76 Q3000 slr+80 cm: Elbe Tg West

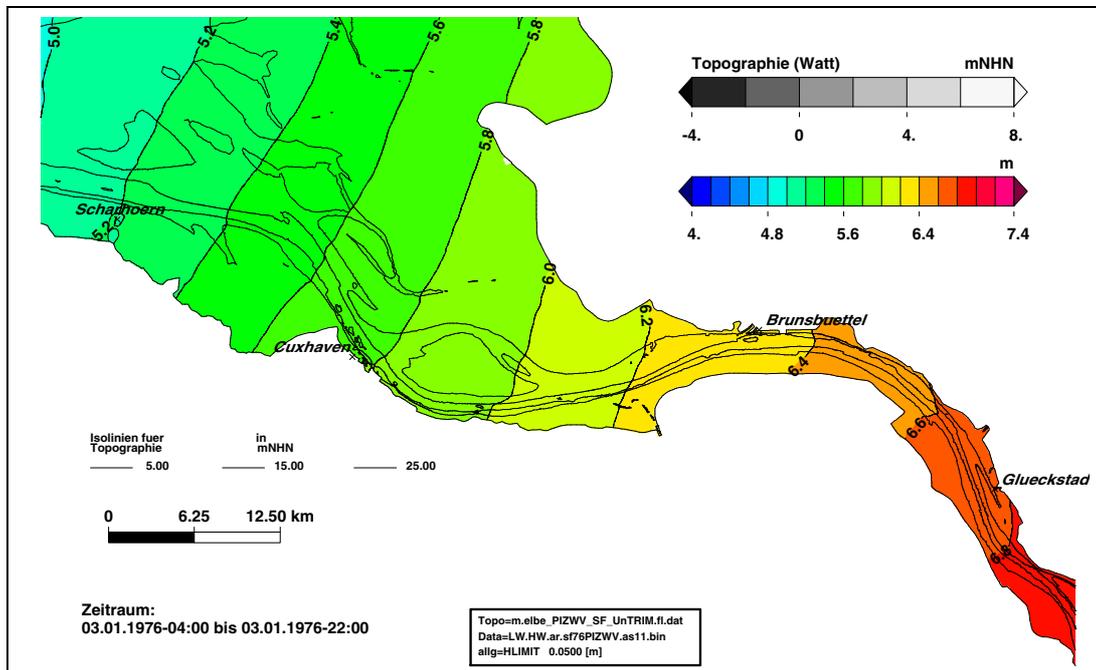


Bild 155: Sturmflutscheitelwasserstand HW für das Sturmflutszenario SF76Q3000slr+80cm (as11) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im HW von 20 cm.

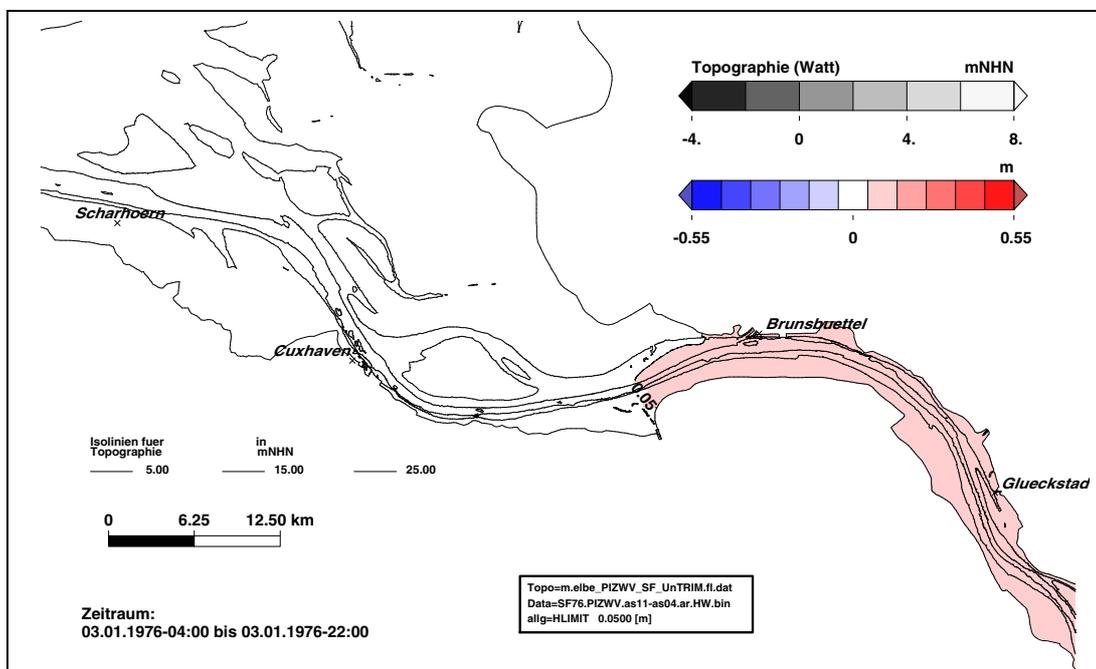


Bild 156: Änderung des Sturmflutscheitelwasserstand HW im Sturmflutszenario SF76Q3000slr+80cm (as11) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+80cm (as04) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im HW von 10 cm. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich das HW um weniger als ± 5 cm.

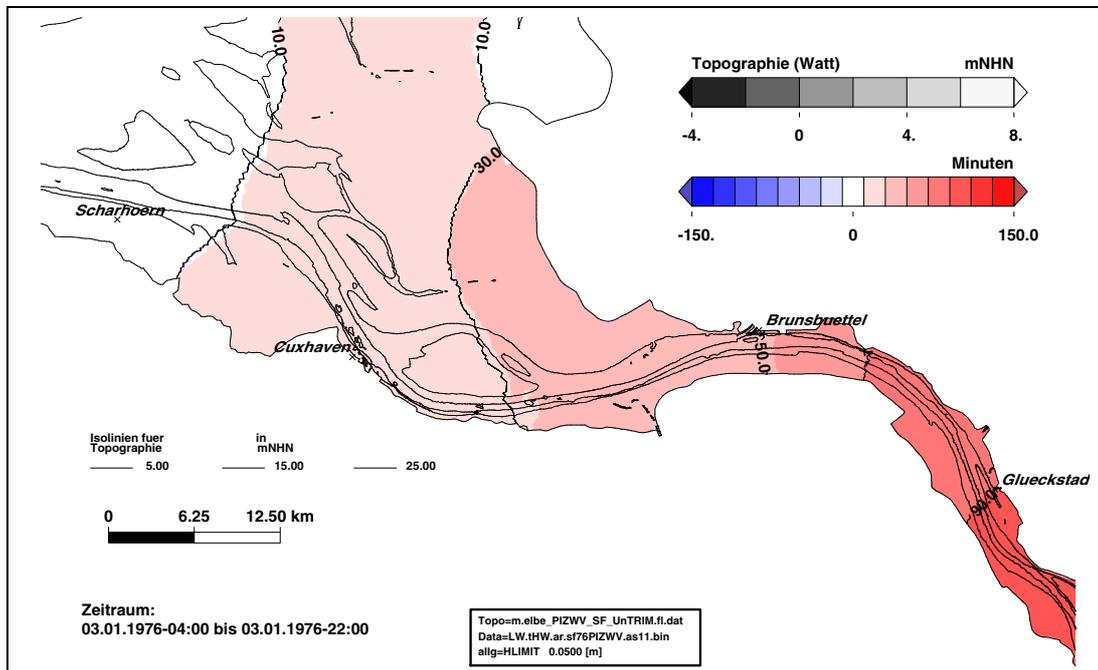


Bild 157: Eintrittszeit des Sturmflutscheitelwasserstand tHW für das Sturmflutszenario SF76Q3000slr+80cm (as11) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderung der Eintrittszeit von 20 Minuten.

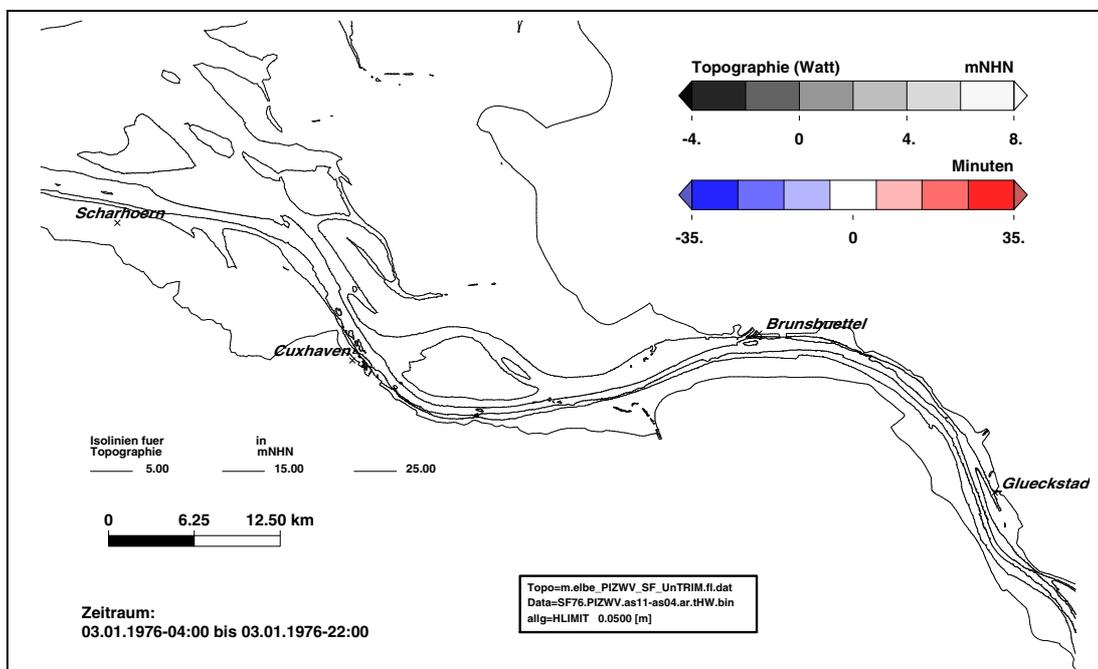


Bild 158: Änderung der Eintrittszeit des Sturmflutscheitelwasserstand HW im Sturmflutszenario SF76Q3000slr+80cm (as11) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+80cm (as04) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im tHW von 10 Minuten. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich das HW um weniger als ± 5 Minuten.

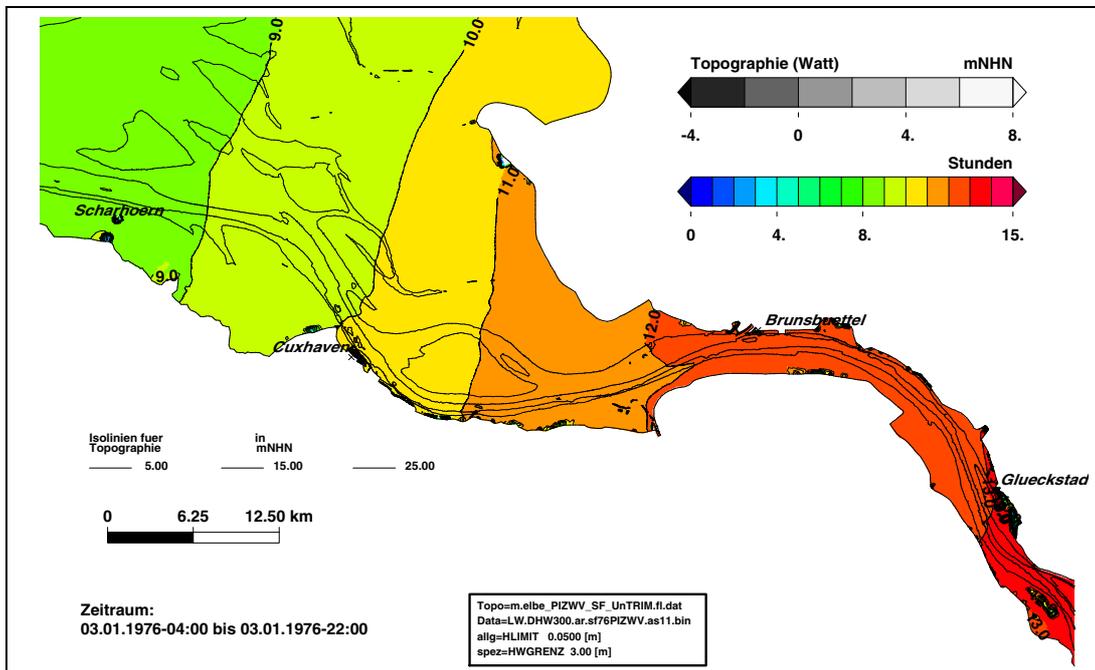


Bild 159: Dauer hoher Wasserstände $>NHN+3,00\text{ m}$ während des Sturmflutszenarios SF76Q3000slr+80cm (as11) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht Änderungen der Dauer von 1 Stunde.

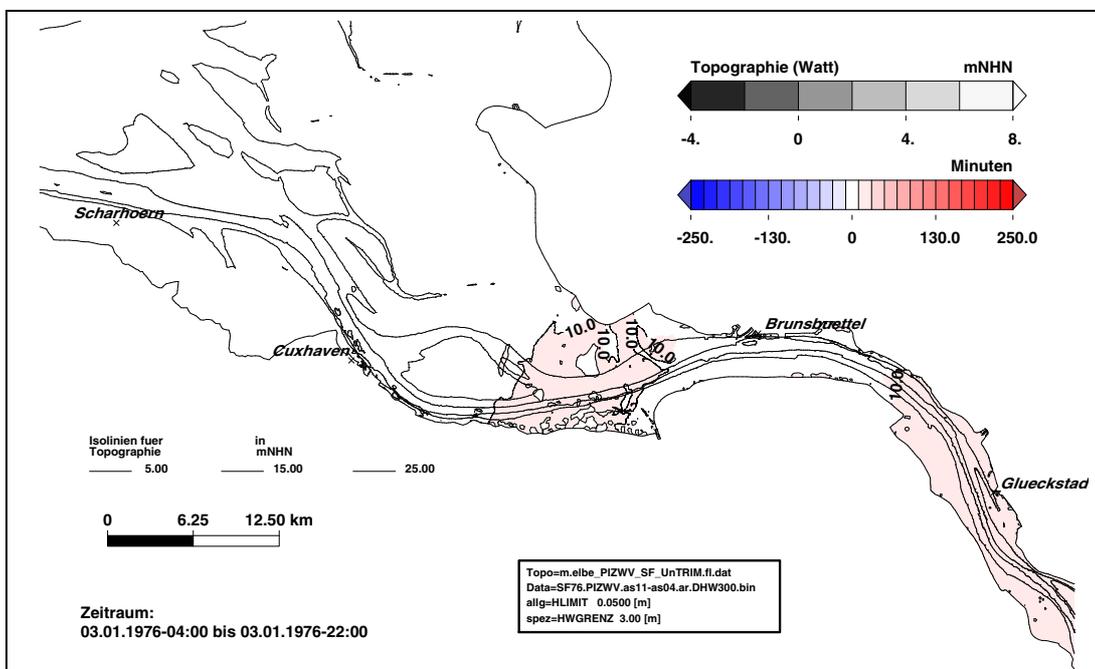


Bild 160: Änderung der Dauer hoher Wasserstände $>NHN+3,00\text{ m}$ im Sturmflutszenario SF76Q3000slr+80cm (as11) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+80cm (as04) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im DHW300 von 20 Minuten. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die Dauer DHW300 um weniger als ± 10 Minuten.

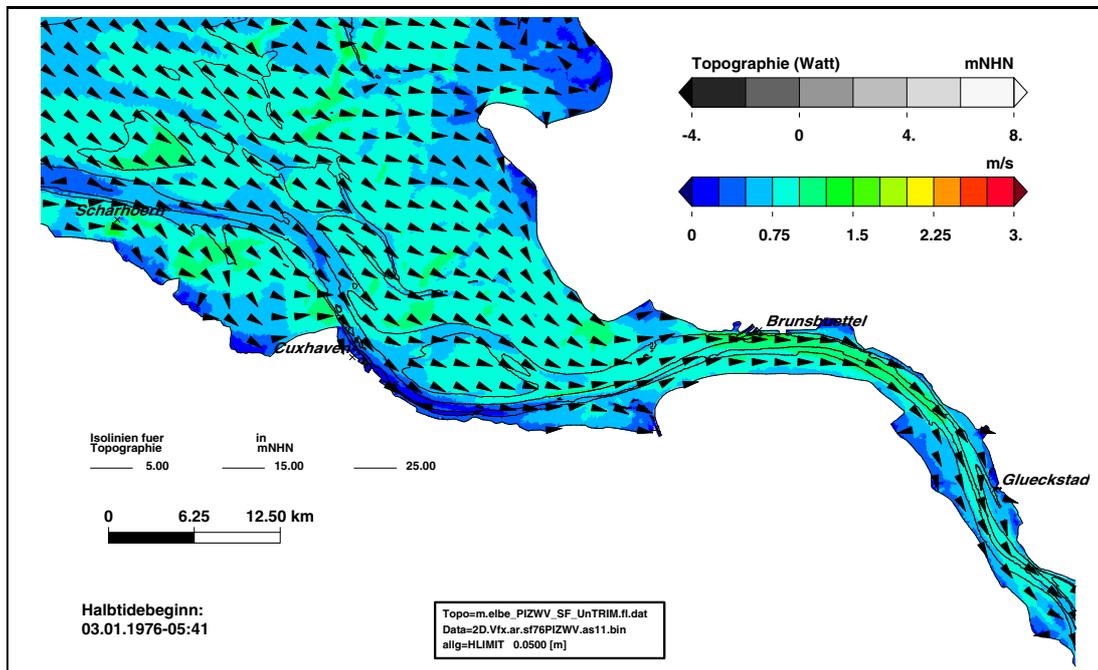


Bild 161: Maximalen Flutstromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76Q3000slr+80cm (as11) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderungen der maximalen Flutstromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

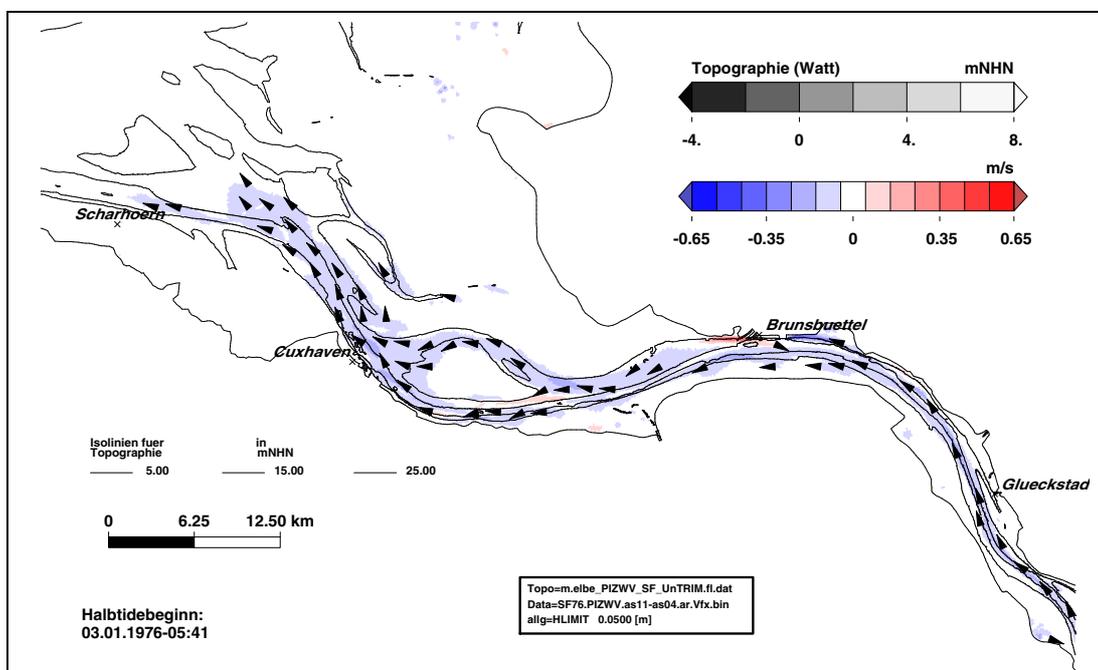


Bild 162: Änderung der maximalen Flutstromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76Q3000slr+80cm (as11) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+80cm (as04) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der maximalen Flutstromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die maximale Flutstromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.

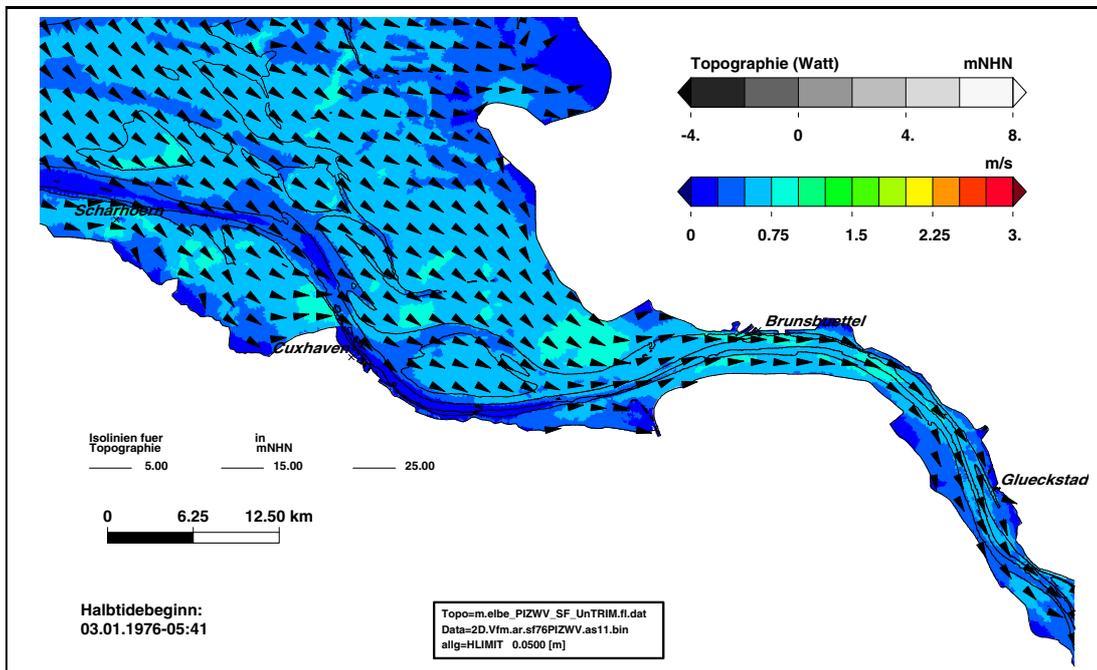


Bild 163: Mittlere Flutstromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76Q3000slr+80cm (as11) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderungen der mittleren Flutstromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

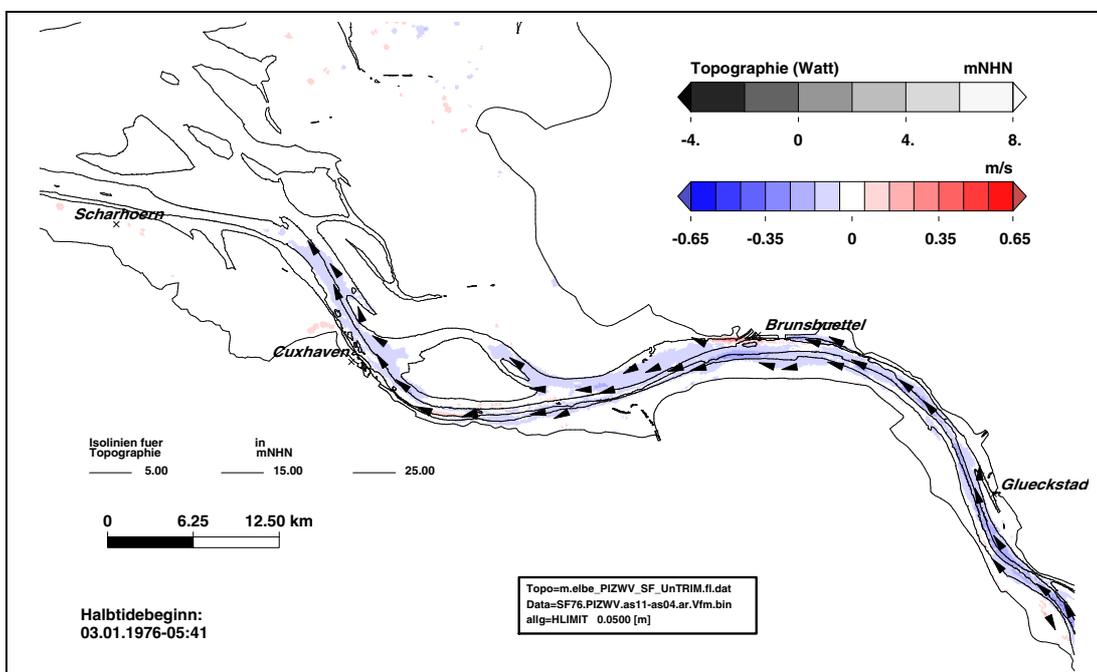


Bild 164: Änderung der mittleren Flutstromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76Q3000slr+80cm (as11) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+80cm (as04) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der mittleren Flutstromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die mittlere Flutstromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.

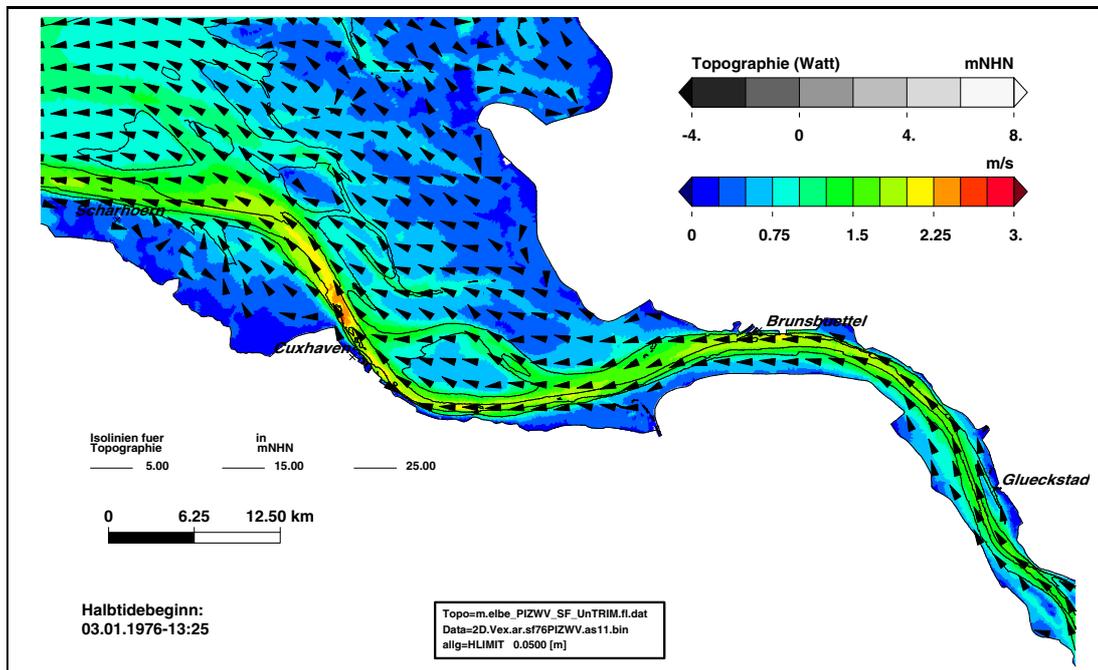


Bild 165: Maximalen Ebbestromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76Q3000slr+80cm (as11) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderungen der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

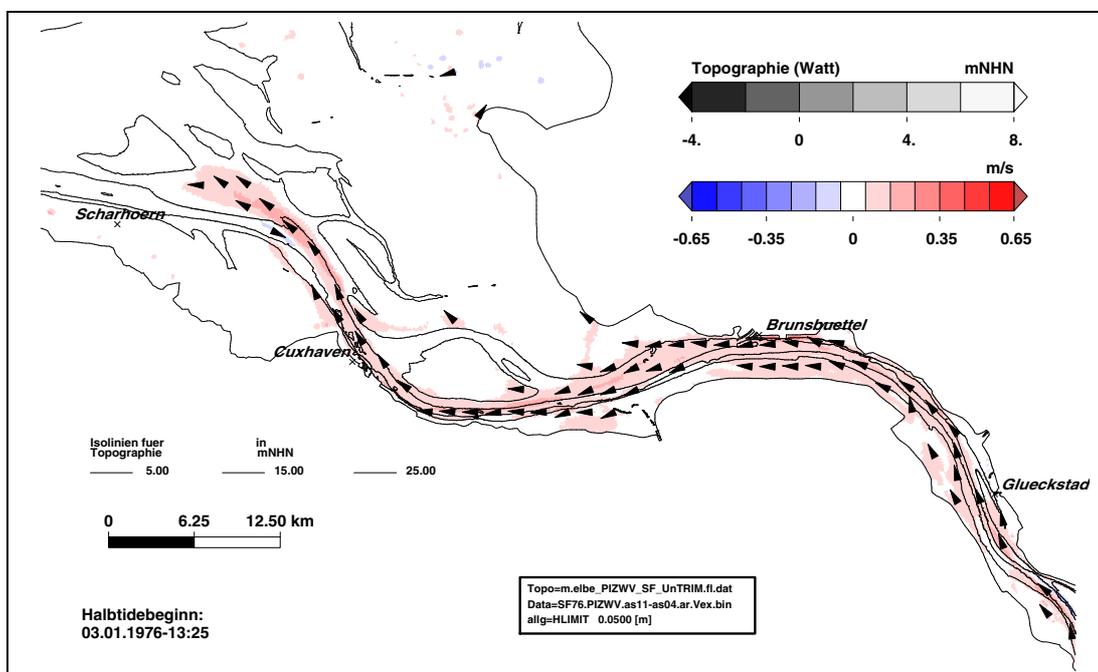


Bild 166: Änderung der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76Q3000slr+80cm (as11) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+80cm (as04) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die maximale Ebbestromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.

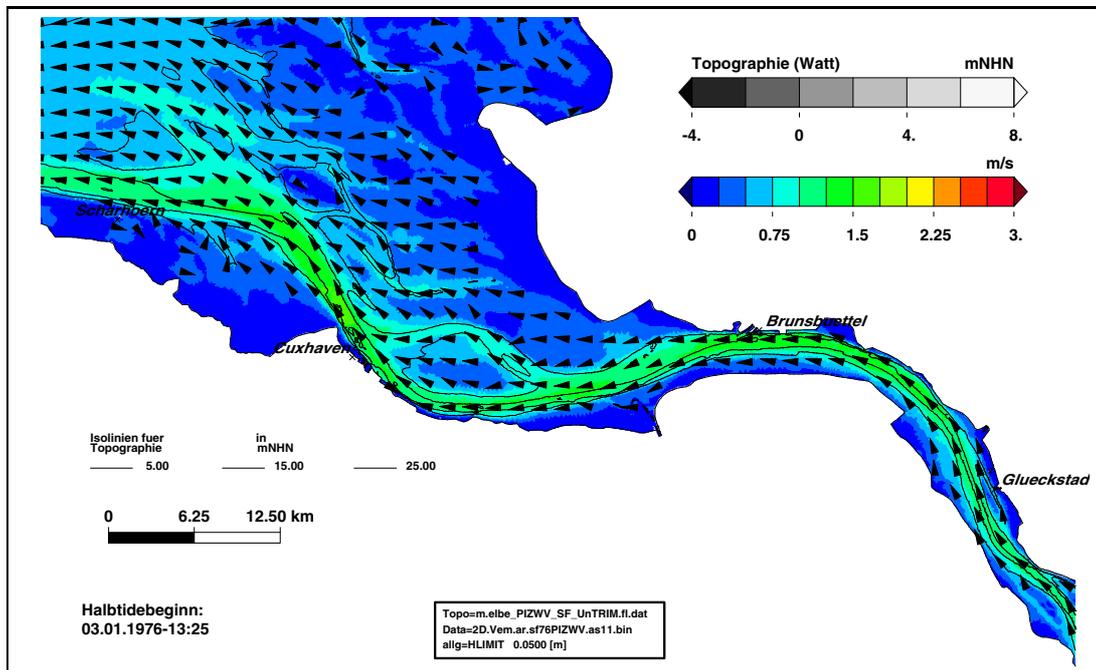


Bild 167: Mittlere Ebbestromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76Q3000slr+80cm (as11) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderungen der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

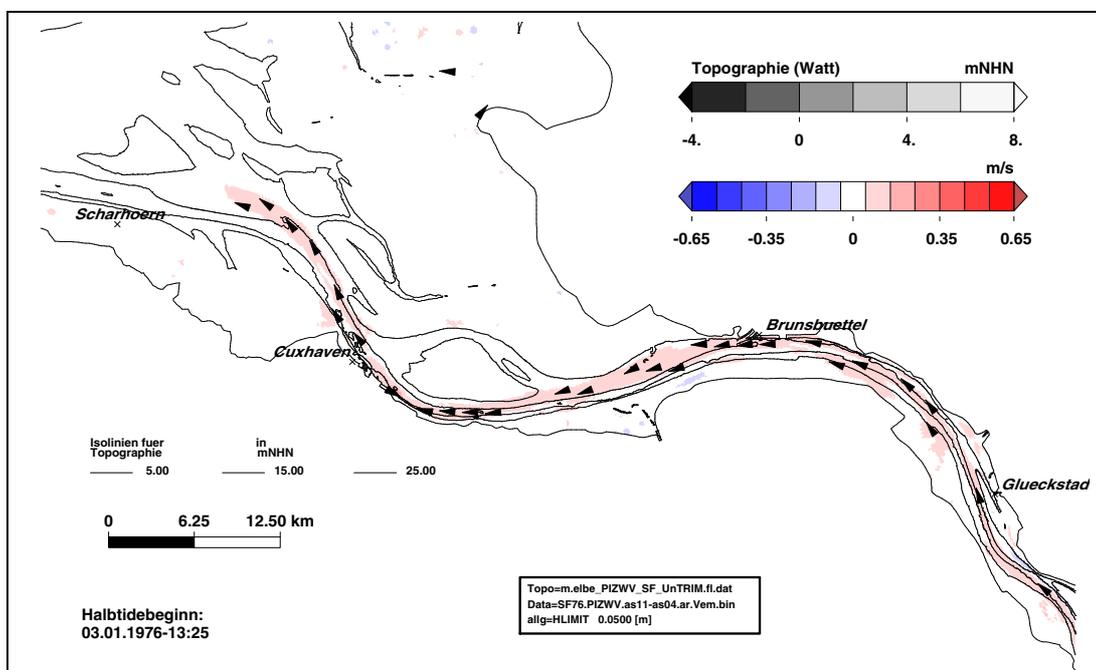
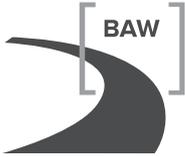


Bild 168: Änderung der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76Q3000slr+80cm (as11) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+80cm (as04) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die mittlere Ebbestromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.



7.4.4 Sturmflutszenario SF76 Q3000 slr+115 cm: Elbe Tg West

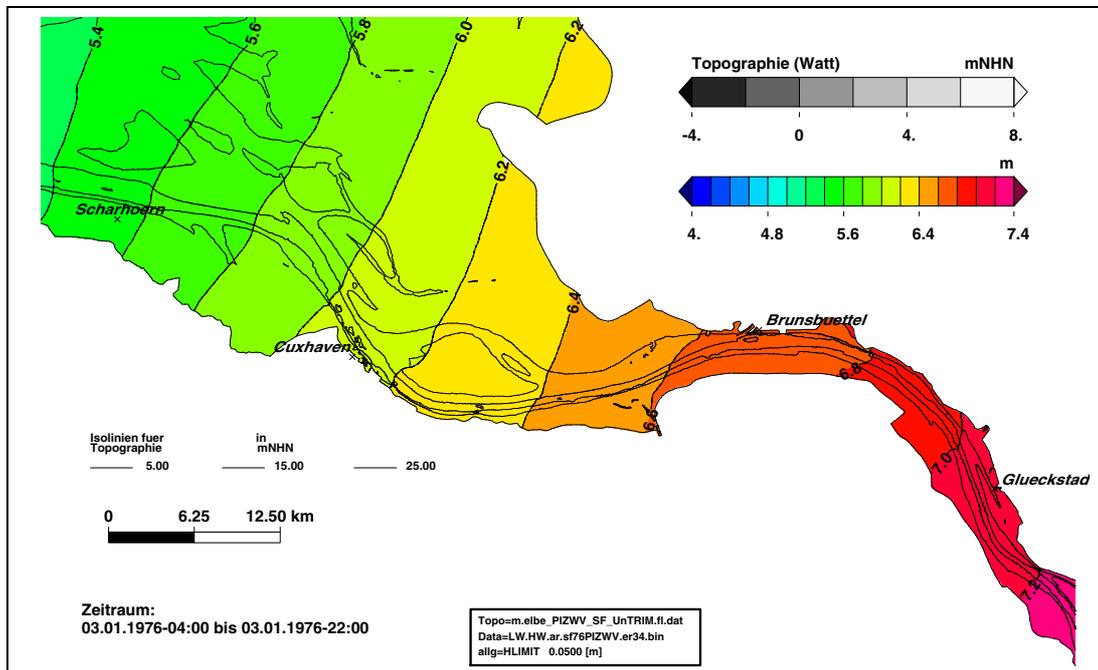


Bild 169: Sturmflutscheitelwasserstand HW für das Sturmflutszenario SF76Q3000slr+115cm (er34) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im HW von 20 cm.

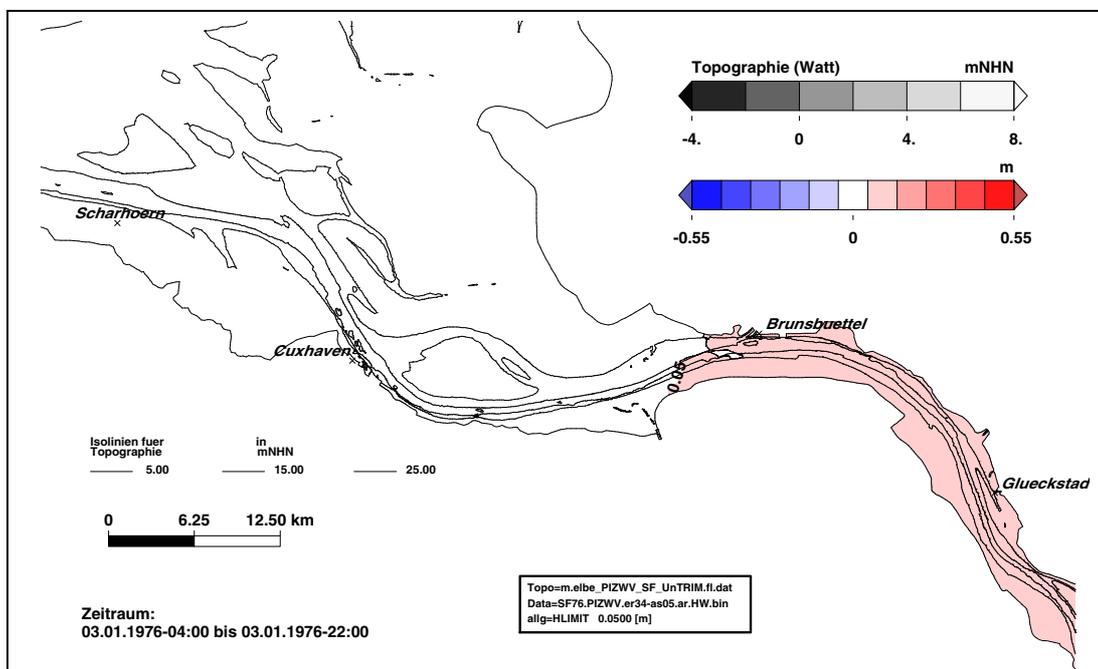


Bild 170: Änderung des Sturmflutscheitelwasserstand HW im Sturmflutszenario SF76Q3000slr+115cm (er34) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+115cm (as05) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im HW von 10 cm. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich das HW um weniger als ± 5 cm.

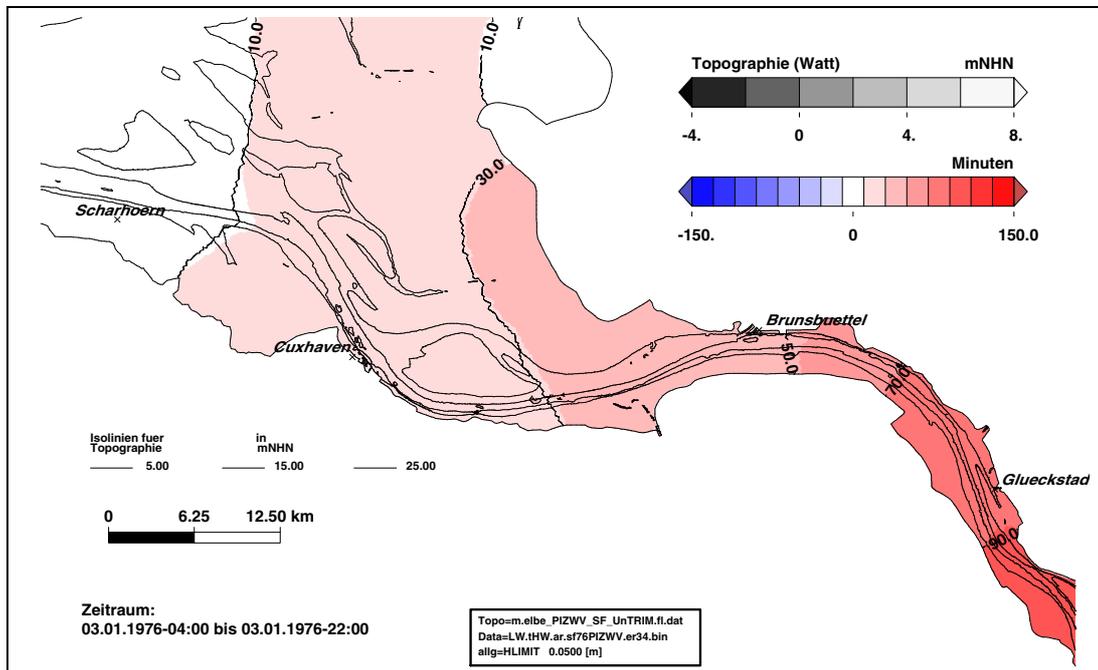


Bild 171: Eintrittszeit des Sturmflutscheitelwasserstand tHW für das Sturmflutszenario SF76Q3000slr+115cm (er34) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderung der Eintrittszeit von 20 Minuten.

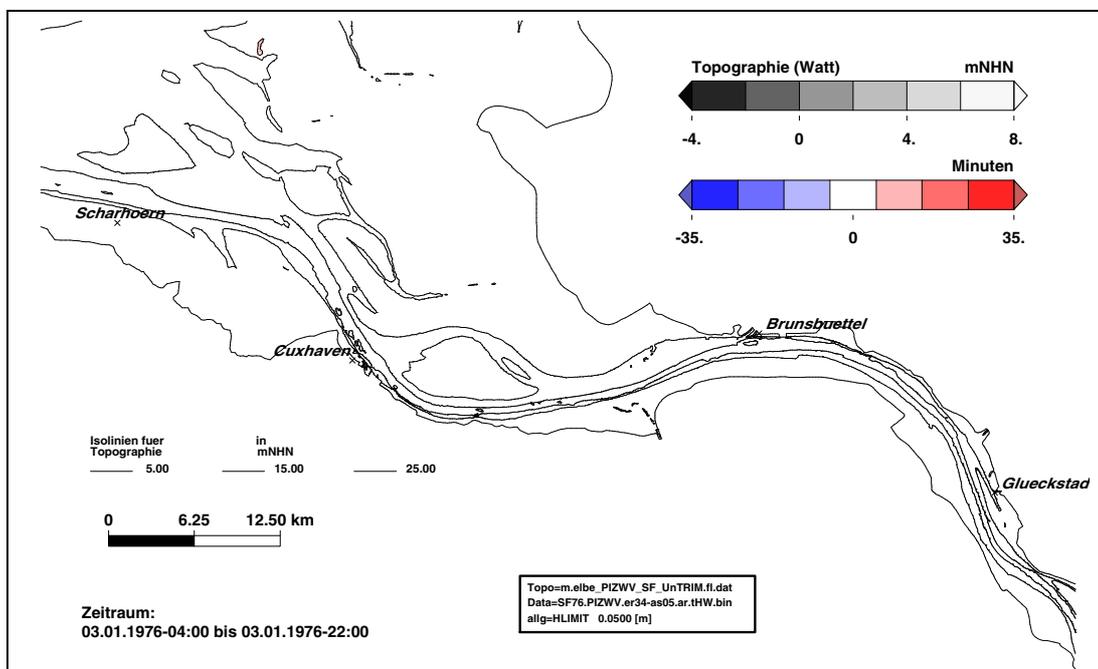


Bild 172: Änderung der Eintrittszeit des Sturmflutscheitelwasserstand HW im Sturmflutszenario SF76Q3000slr+115cm (er34) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+115cm (as05) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im tHW von 10 Minuten. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich das HW um weniger als ± 5 Minuten.

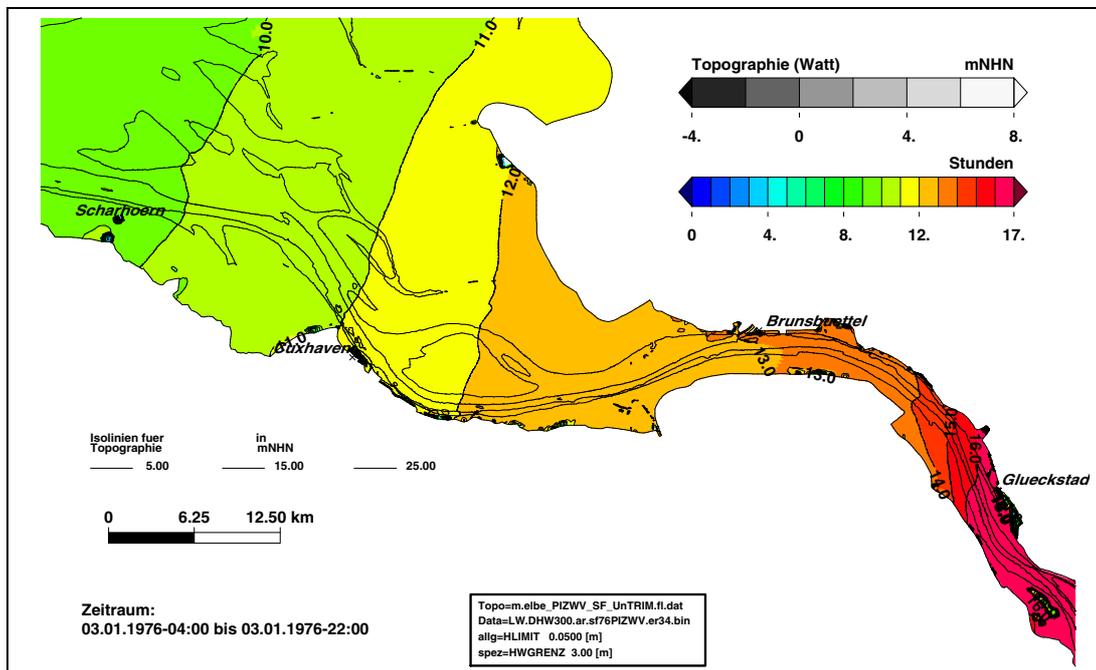


Bild 173: Dauer hoher Wasserstände $>NHN+3,00\text{ m}$ während des Sturmflutszenarios SF76Q3000slr+115cm (er34) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht Änderungen der Dauer von 1 Stunde.

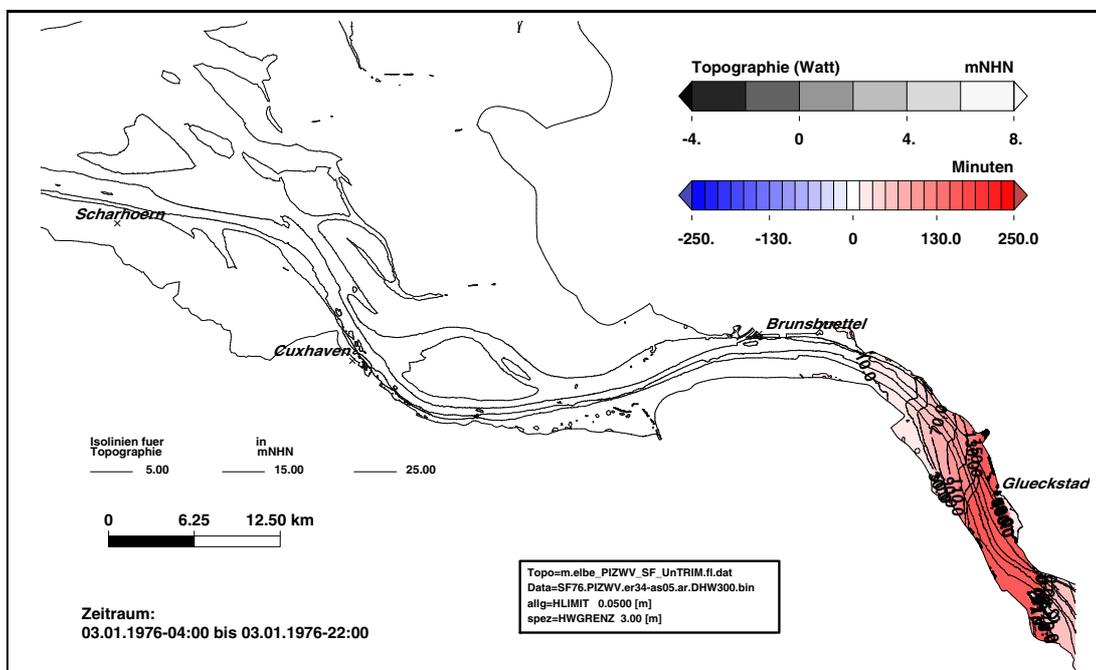


Bild 174: Änderung der Dauer hoher Wasserstände $>NHN+3,00\text{ m}$ im Sturmflutszenario SF76Q3000slr+115cm (er34) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+115cm (as05) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im DHW300 von 20 Minuten. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die Dauer DHW300 um weniger als ± 10 Minuten.

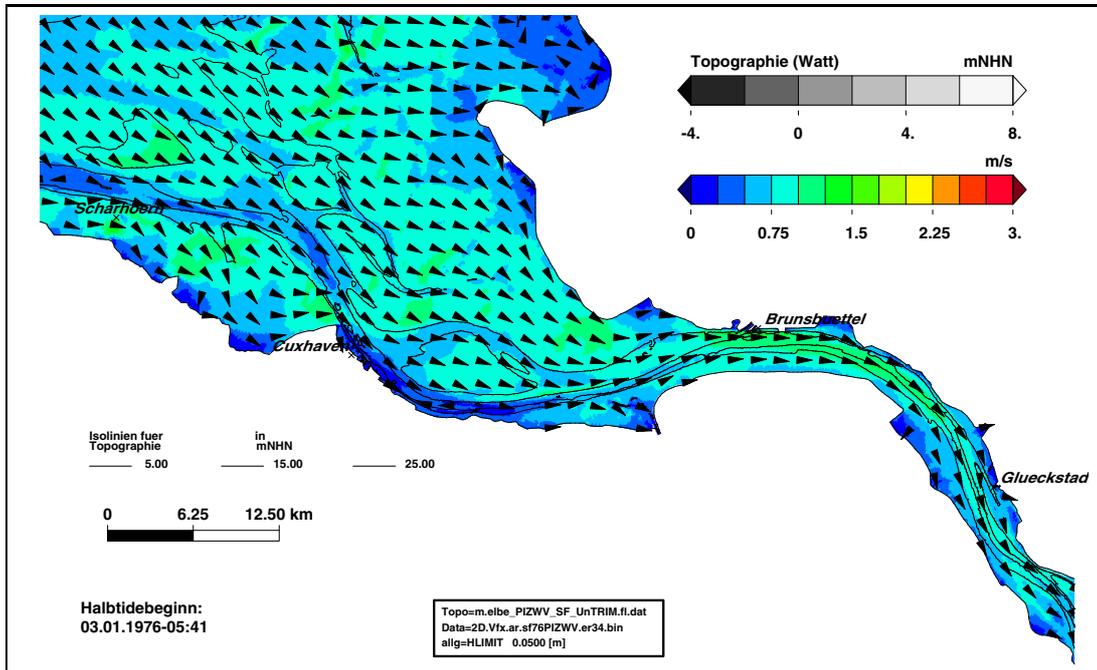


Bild 175: Maximalen Flutstromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76Q3000slr+115cm (er34) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderungen der maximalen Flutstromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

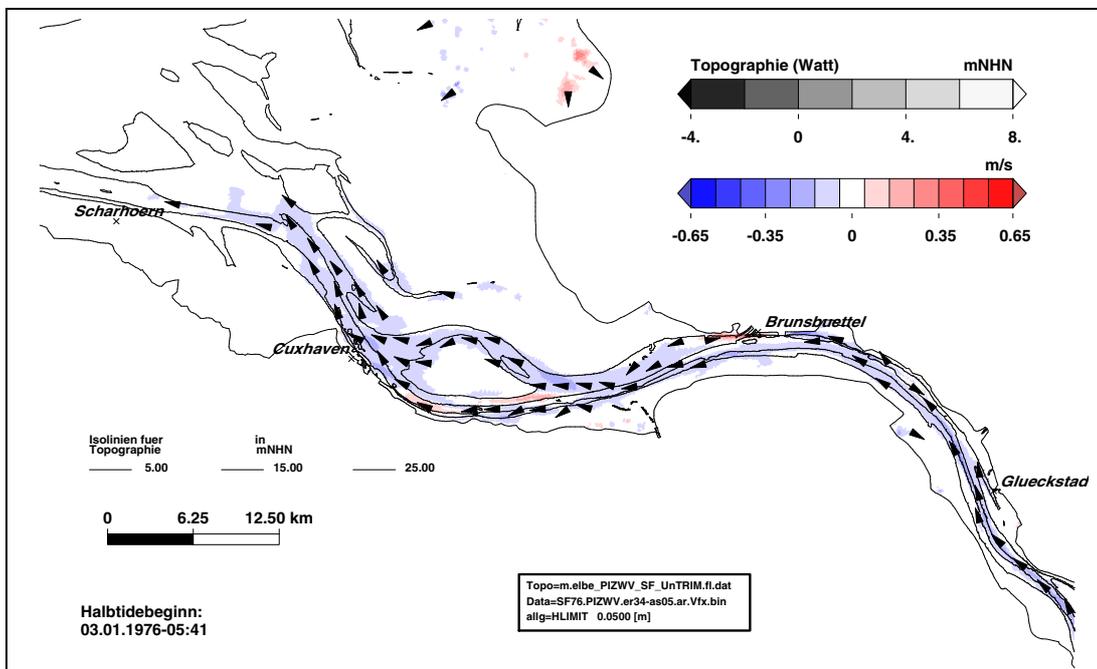


Bild 176: Änderung der maximalen Flutstromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76Q3000slr+115cm (er34) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+115cm (as05) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der maximalen Flutstromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die maximale Flutstromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.

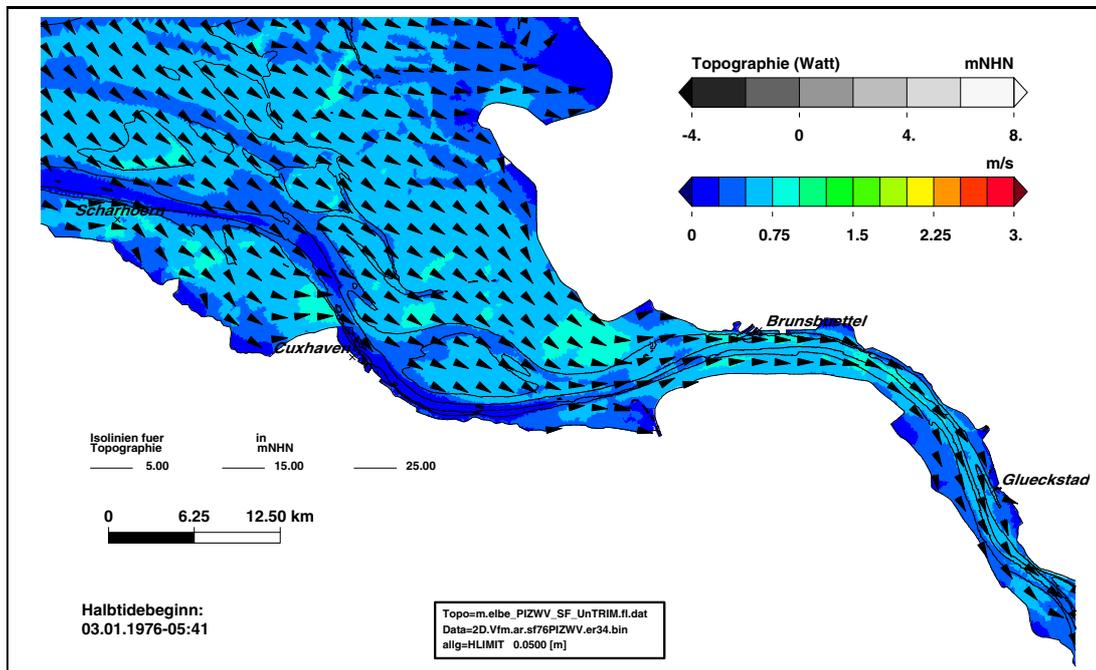


Bild 177: Mittlere Flutstromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76Q3000slr+115cm (er34) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderung der mittleren Flutstromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

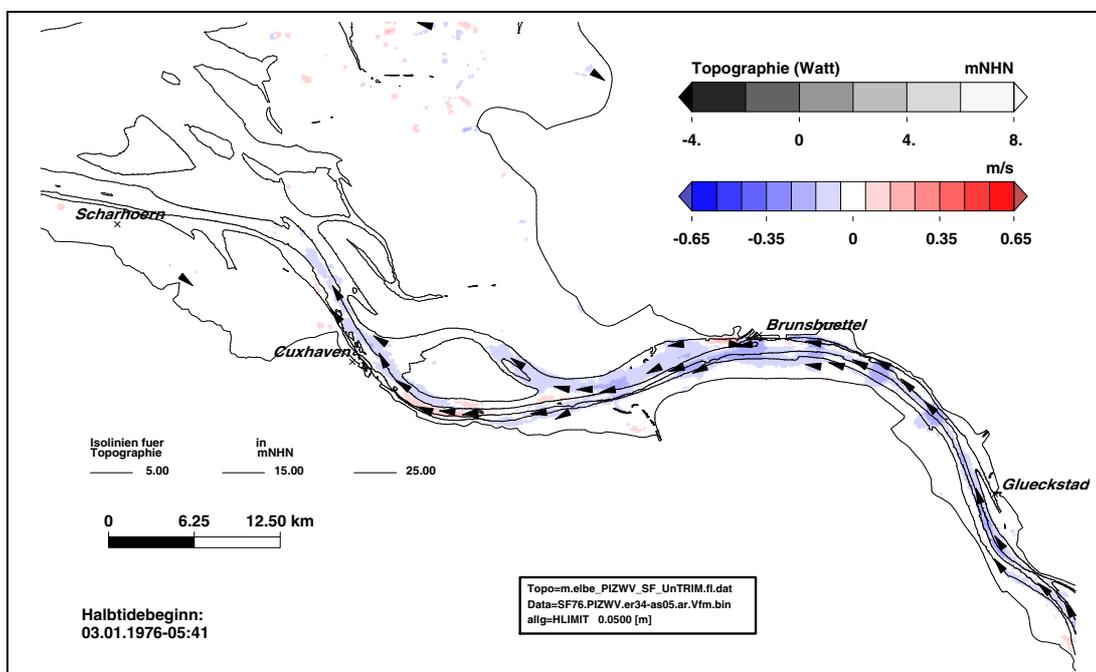


Bild 178: Änderung der mittleren Flutstromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76Q3000slr+115cm (er34) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+115cm (as05) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der mittleren Flutstromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die mittlere Flutstromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.

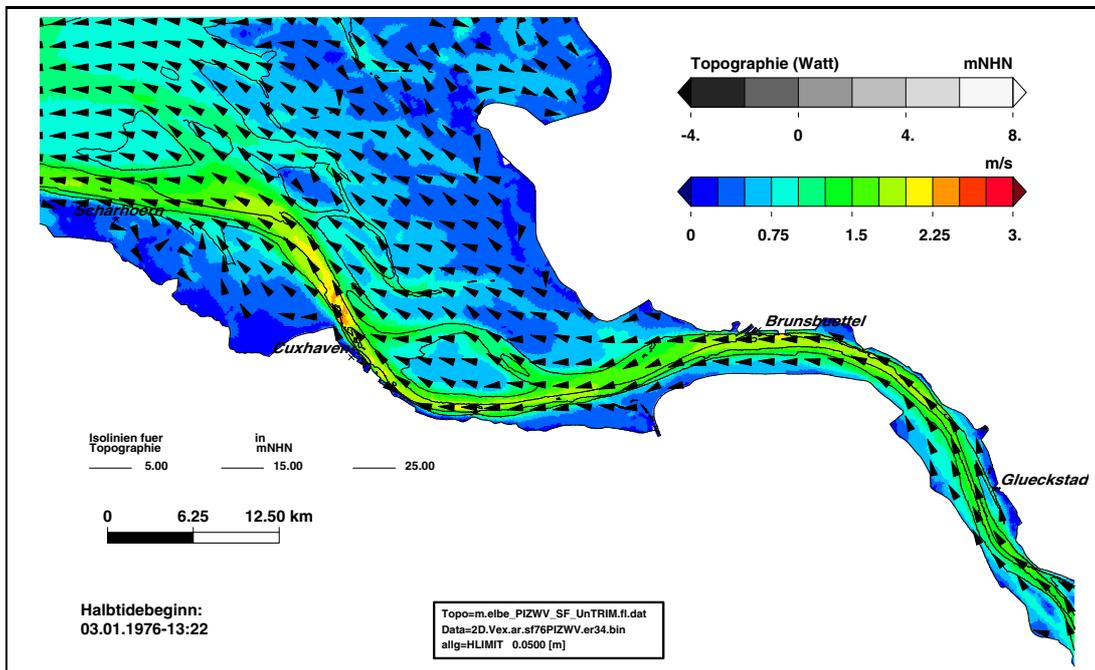


Bild 179: Maximalen Ebbestromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76Q3000slr+115cm (er34) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderungen der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

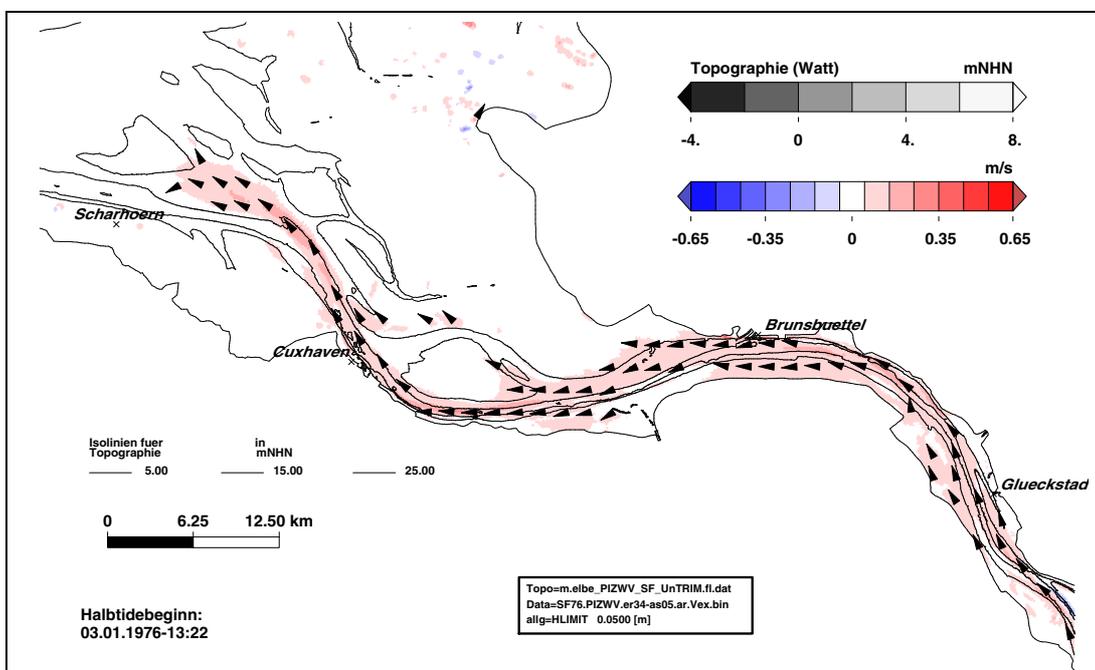


Bild 180: Änderung der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76Q3000slr+115cm (er34) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+115cm (as05) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die maximale Ebbestromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.

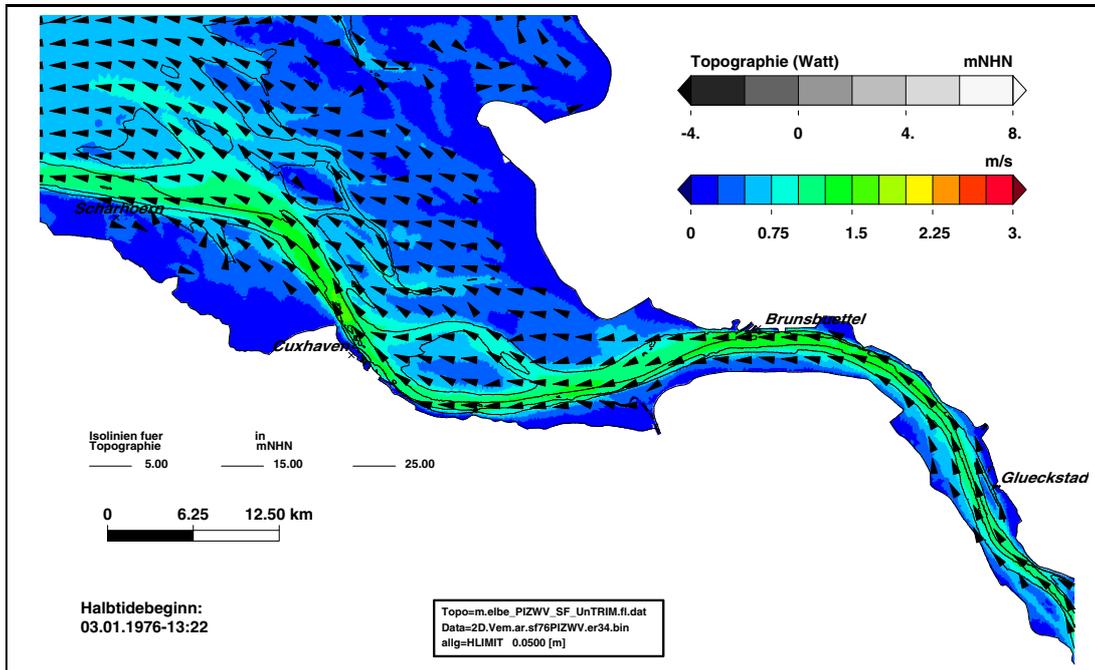


Bild 181: Mittlere Ebbestromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76Q3000slr+115cm (er34) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderung der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

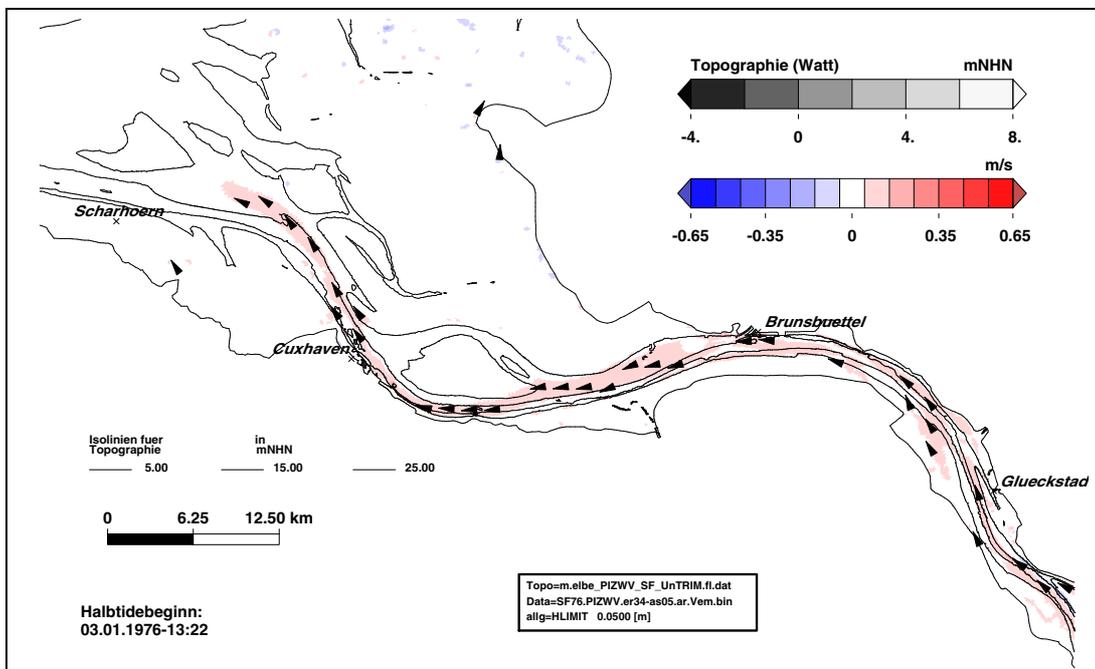
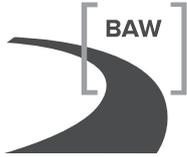


Bild 182: Änderung der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76Q3000slr+115cm (er34) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+115cm (as05) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die mittlere Ebbestromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.



8 Sturmflutszenario SF76 Abfluss Q4000 mit Meeresspiegelanstieg

8.1 Zeitreihen an Orten von Interesse

Die Liste der Untersuchungsvarianten in Tabelle 6 in Kapitel 3 enthält eine Charakterisierung der untersuchten Sturmflutszenarien und gibt Erläuterungen zu den im folgenden Abschnitt verwendeten Bezeichnungen.

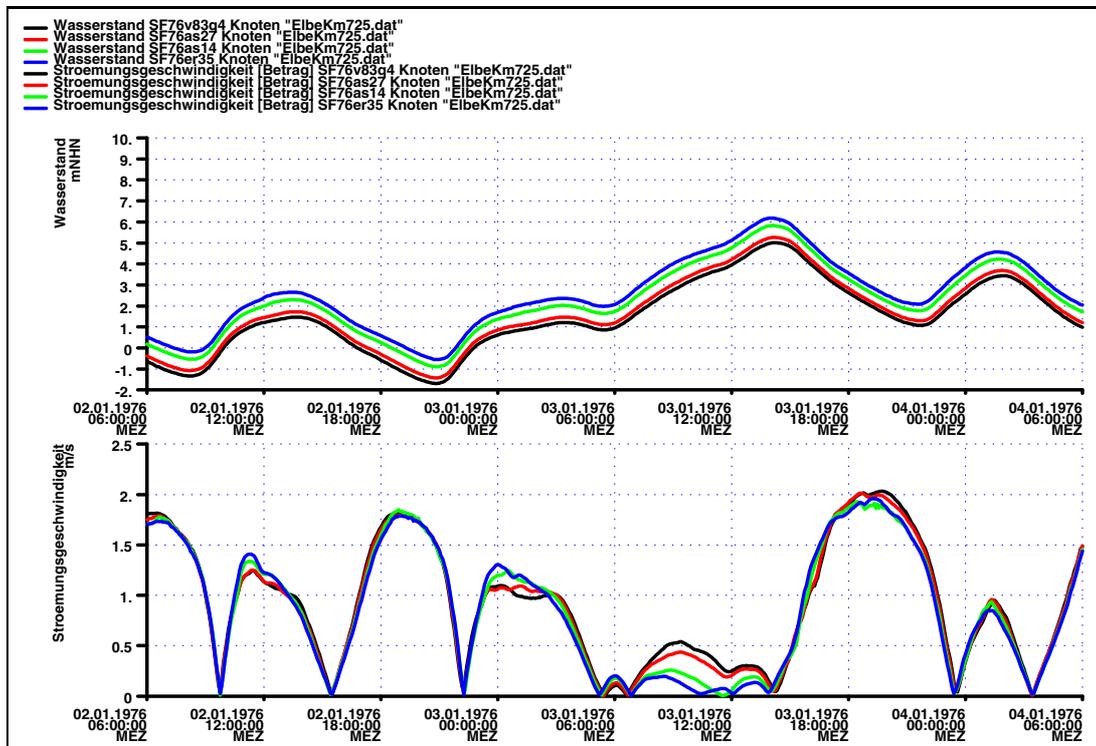


Bild 183: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit bei Elbe-km 725 für die Sturmflutszenarien SF76 Q4000 (v83q4), Q4000slr+25 cm (as27), Q4000slr+80 cm (as14) und Q4000slr+115 cm (er35).

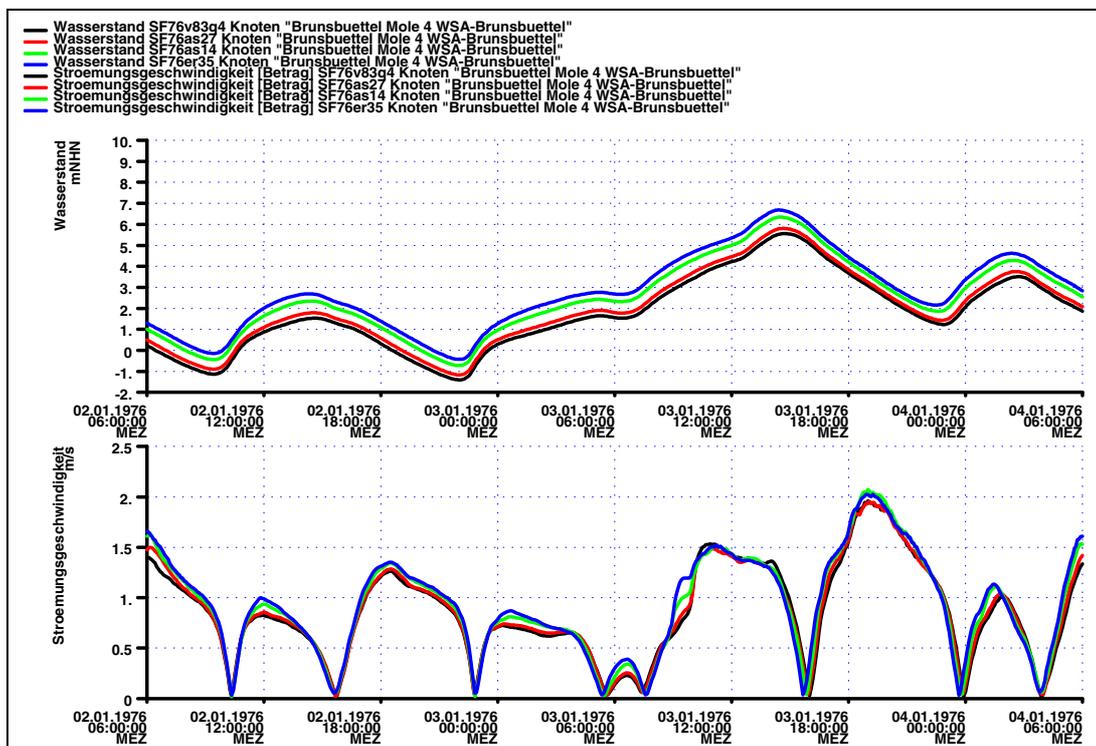


Bild 184: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit am Pegel Brunsbüttel Mole 4 für die Sturmflutszenarien SF76 Q4000 (v83q4), Q4000slr+25 cm (as27), Q4000slr+80 cm (as14) und Q4000slr+115 cm (er35).

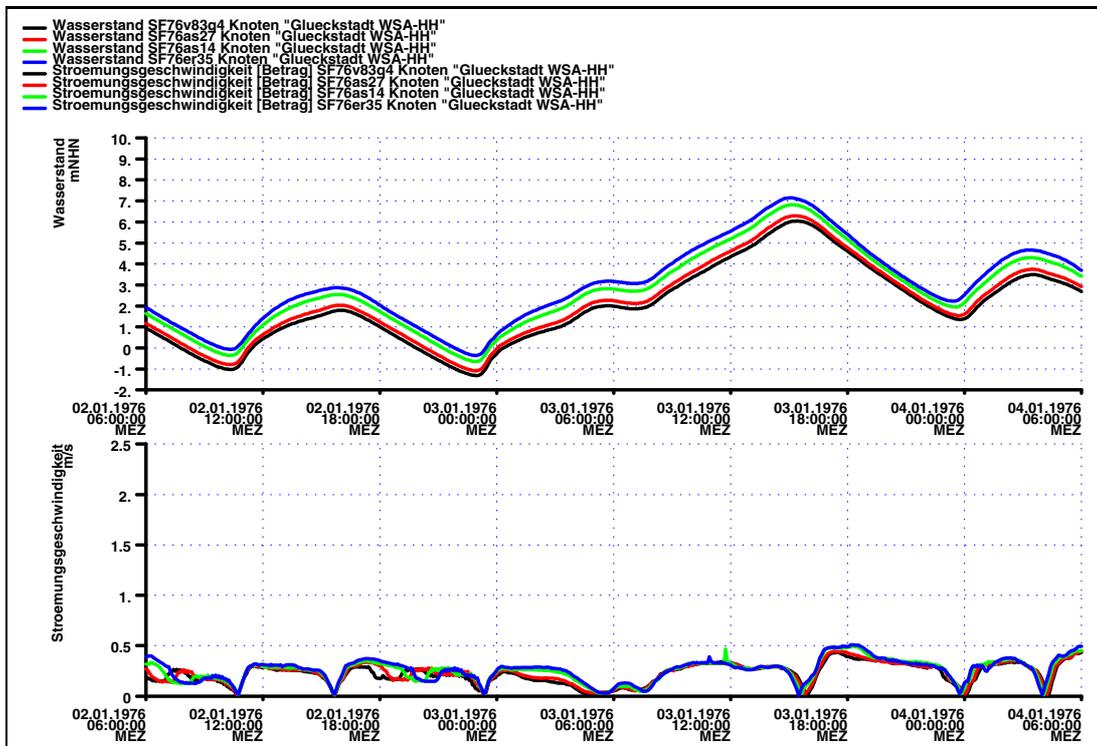


Bild 185: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit am Pegel Glückstadt für die Sturmflutszenarien SF76 Q4000 (v83q4), Q4000slr+25 cm (as27), Q4000slr+80 cm (as14) und Q4000slr+115 cm (er35).

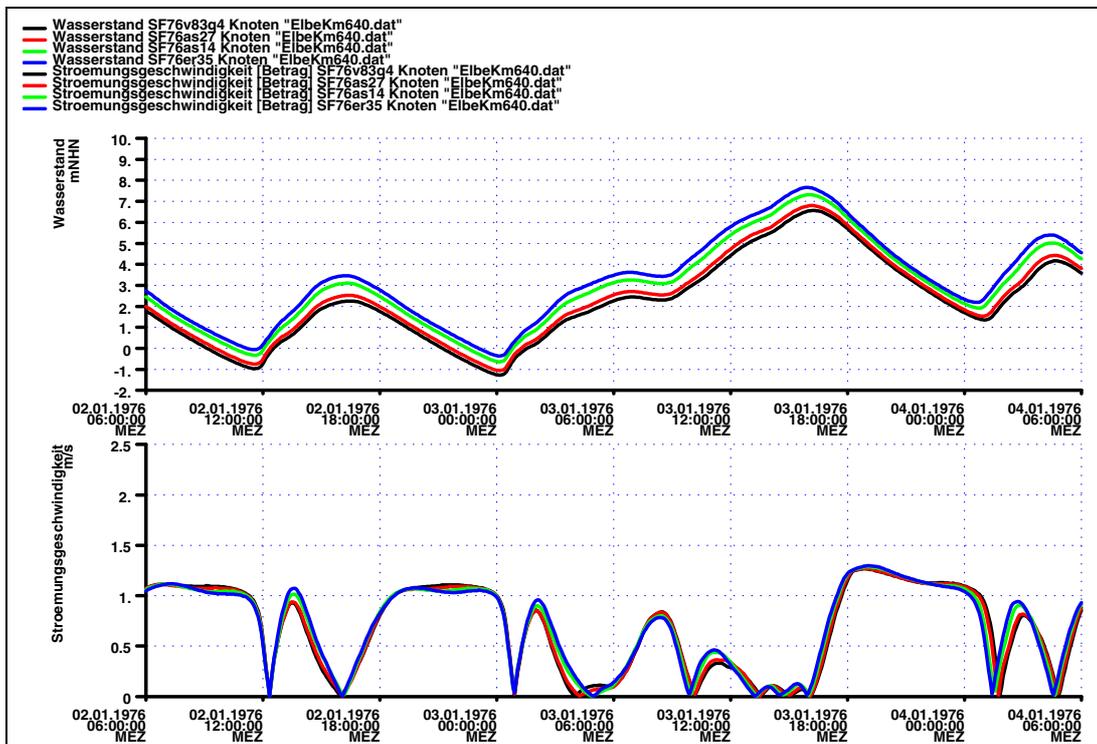


Bild 186: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit bei Elbe-km 640 für die Sturmflutszenarien SF76 Q4000 (v83q4), Q4000slr+25 cm (as27), Q4000slr+80 cm (as14) und Q4000slr+115 cm (er35).

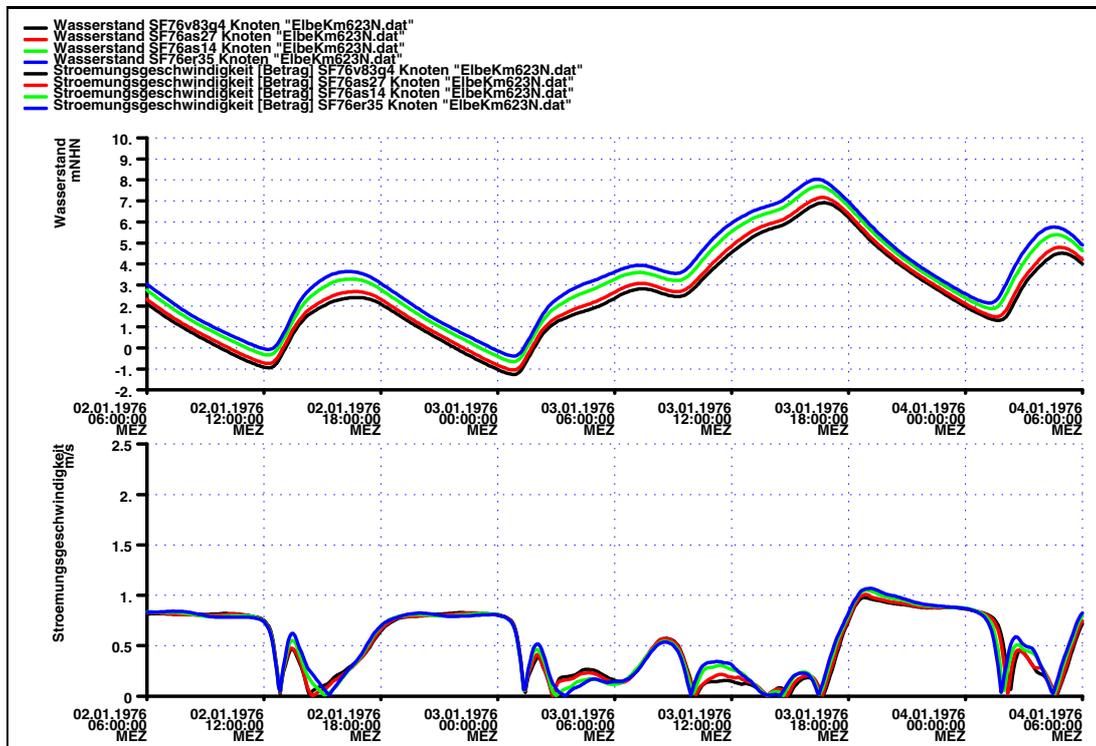


Bild 187: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit bei Elbe-km 623N für die Sturmflutszenarien SF76 Q4000 (v83q4), Q4000slr+25 cm (as27), Q4000slr+80 cm (as14) und Q4000slr+115 cm (er35).

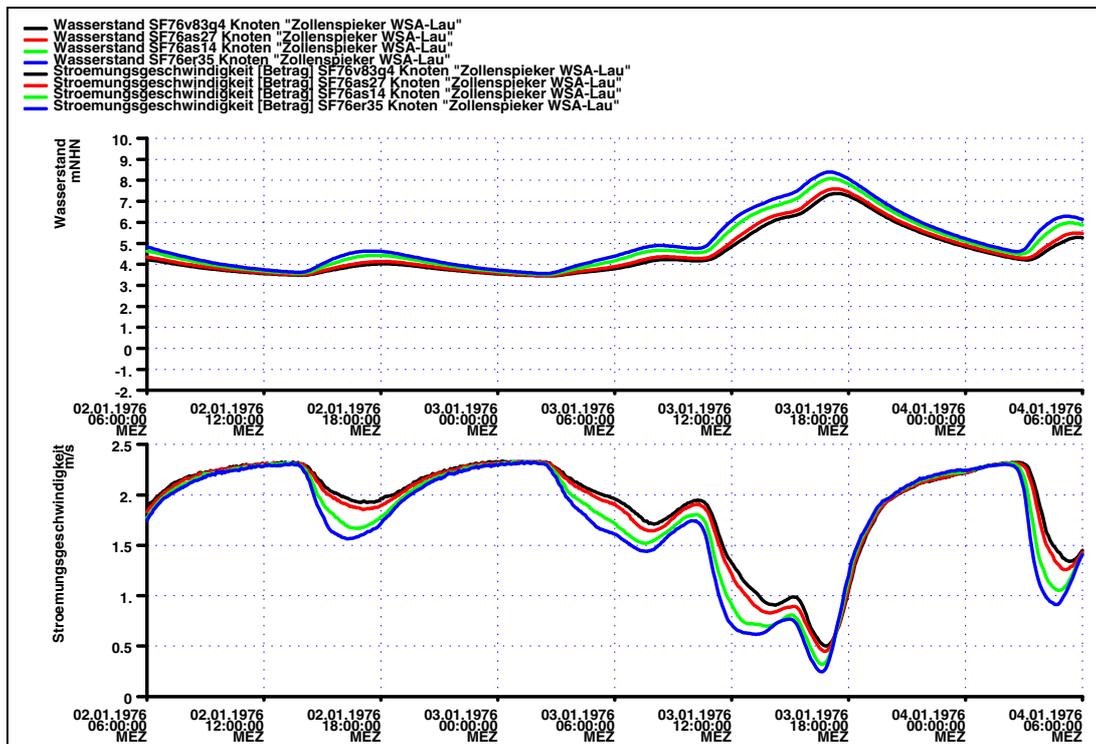
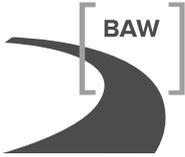


Bild 188: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit am Pegel Zollenspieker für die Sturmflutszenarien SF76 Q4000 (v83q4), Q4000slr+25 cm (as27), Q4000slr+80 cm (as14) und Q4000slr+115 cm (er35).



8.2 Zeitreihen an Orten von Interesse Q500, Q4000, ohne slr, slr+80cm

Die Liste der Untersuchungsvarianten in Tabelle 6 in Kapitel 3 enthält eine Charakterisierung der untersuchten Sturmflutszenarien und gibt Erläuterungen zu den im folgenden Abschnitt verwendeten Bezeichnungen.

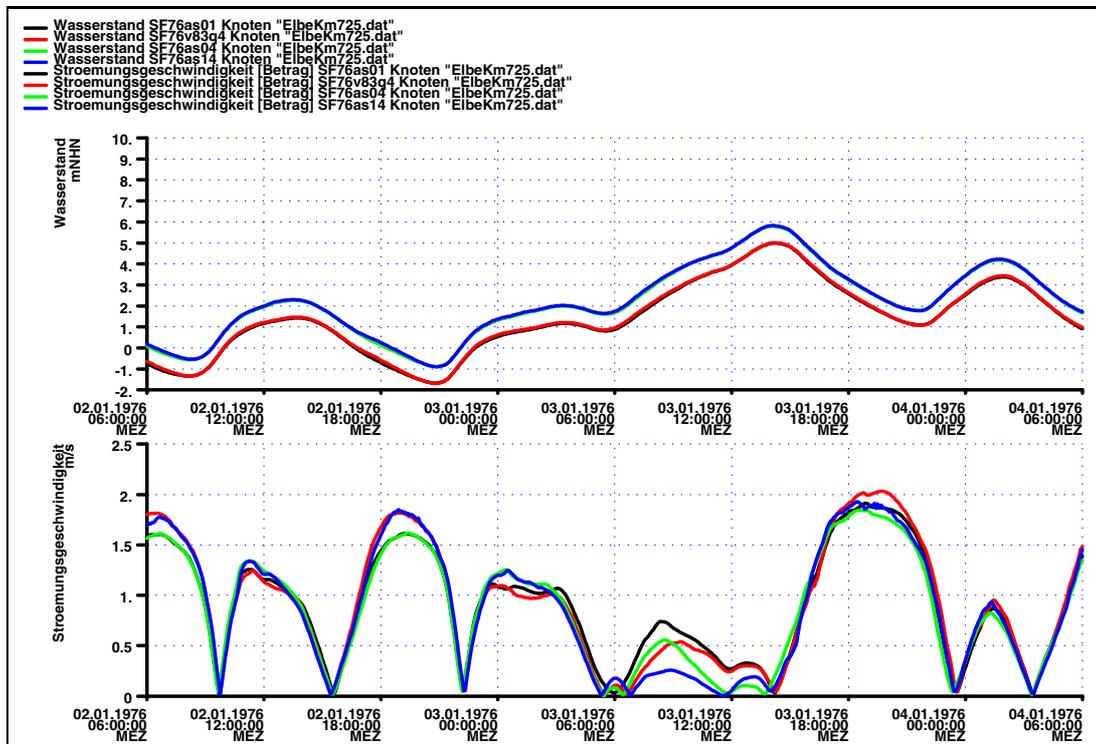


Bild 189: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit bei Elbe - km 725 für die Sturmflutszenarien SF76 Q500 (as01), Q4000 (v83q4), Q500slr+80 cm (as04) und Q4000slr+80 cm (as14).

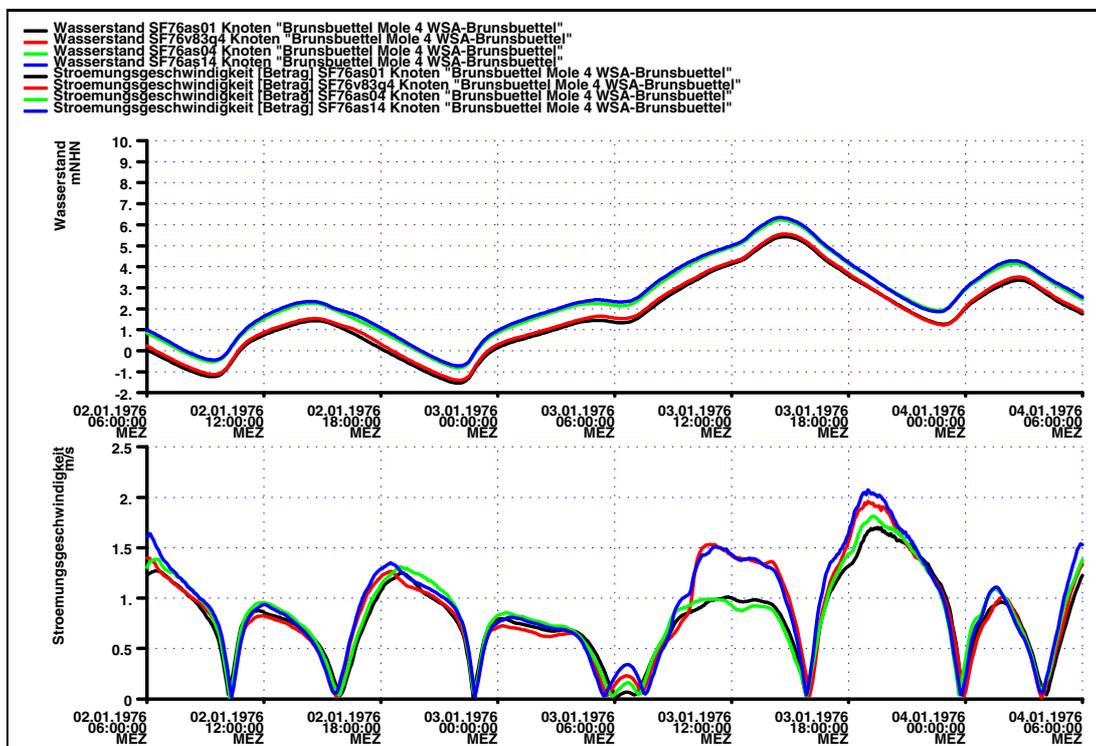


Bild 190: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit am Pegel Brunsbüttel Mole 4 für die Sturmflutszenarien SF76 Q500 (as01), Q4000 (v83q4), Q500slr+80 cm (as04) und Q4000slr+80 cm (as14).

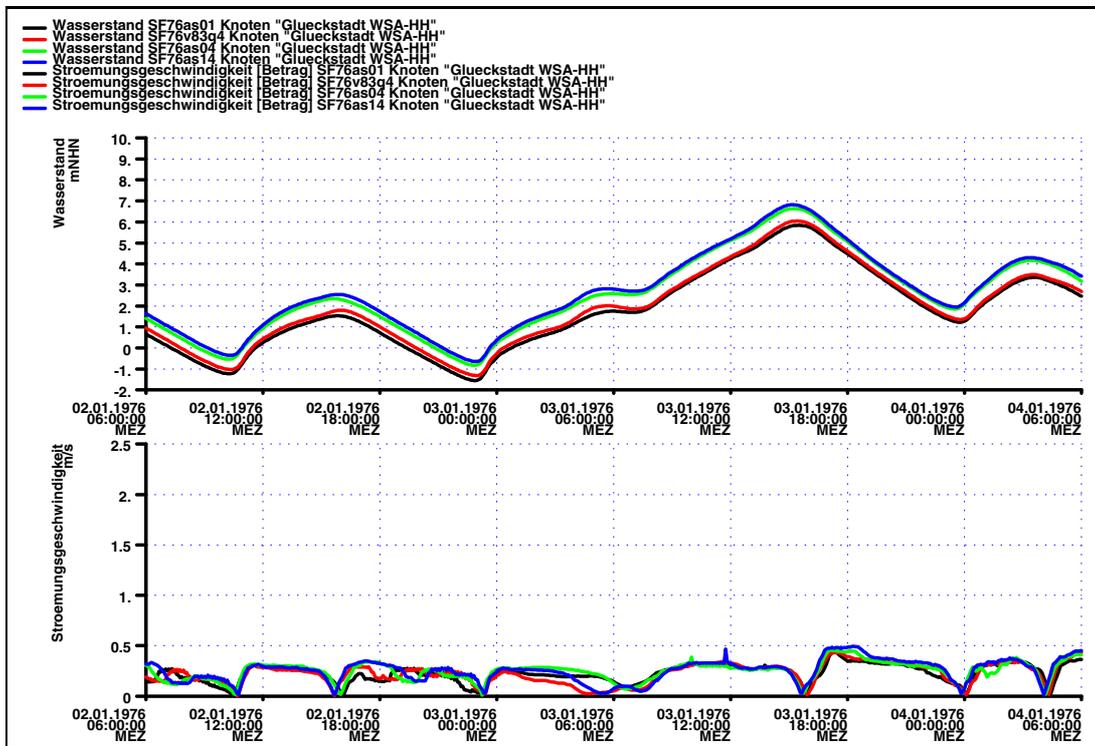


Bild 191: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit am Pegel Glückstadt für die Sturmflutszenarien SF76 Q500 (as01), Q4000 (v83q4), Q500slr+80 cm (as04) und Q4000slr+80 cm (as14).

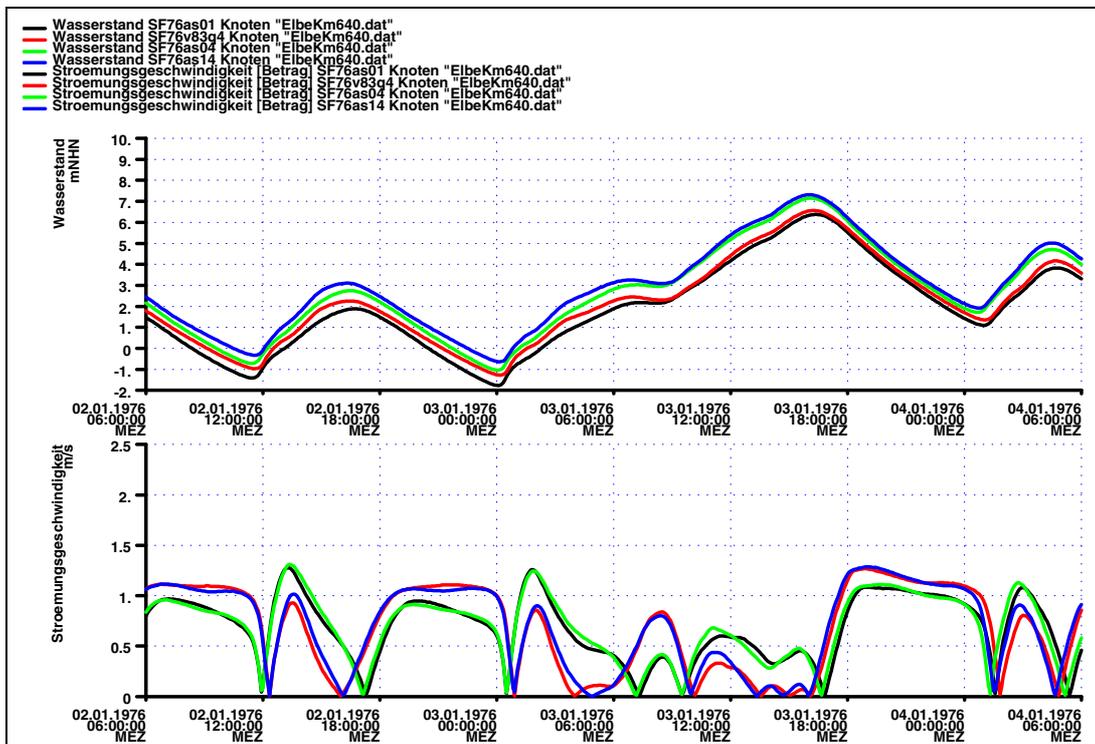


Bild 192: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit bei Elbe-km 640 für die Sturmflutszenarien SF76 Q500 (as01), Q4000 (v83q4), Q500slr+80 cm (as04) und Q4000slr+80 cm (as14).

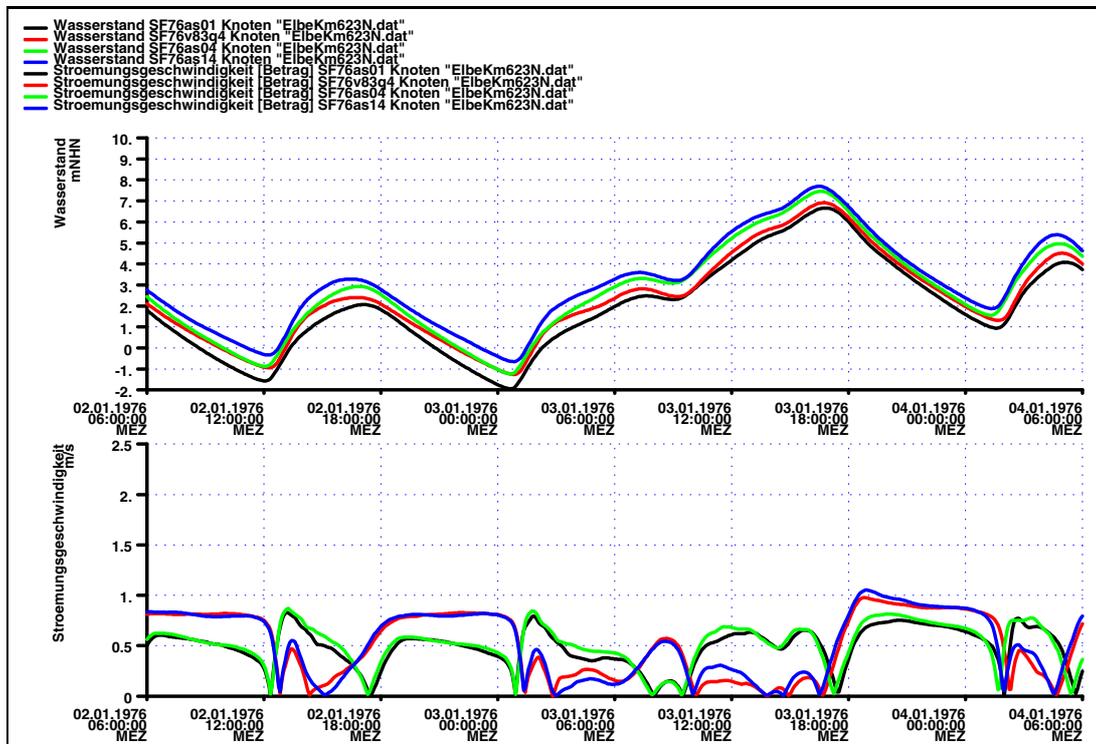


Bild 193: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit bei Elbe-km 623N für die Sturmflutszenarien SF76 Q500 (as01), Q4000 (v83q4), Q500slr+80 cm (as04) und Q4000slr+80 cm (as14).

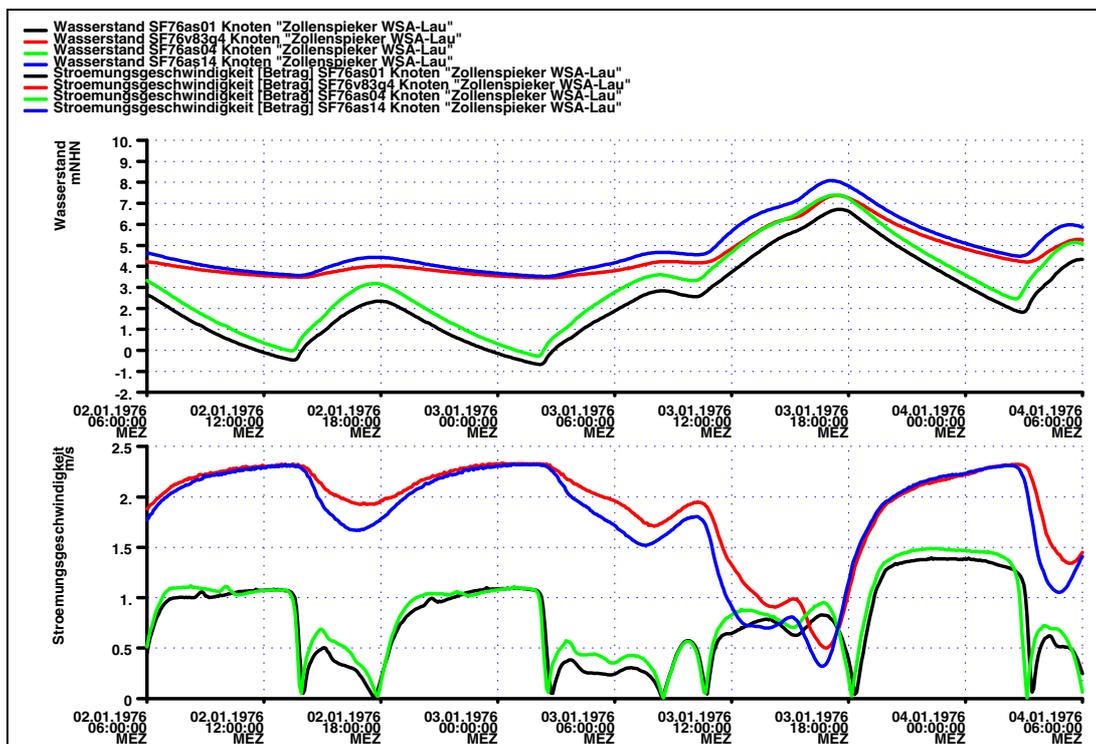
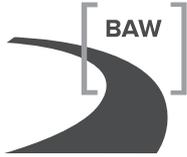


Bild 194: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit am Pegel Zollenspieker für die Sturmflutszenarien SF76 Q500 (as01), Q4000 (v83q4), Q500slr+80 cm (as04) und Q4000slr+80 cm (as14).



8.3 Kennwerte von Wasserstand und Strömung entlang der Elbe

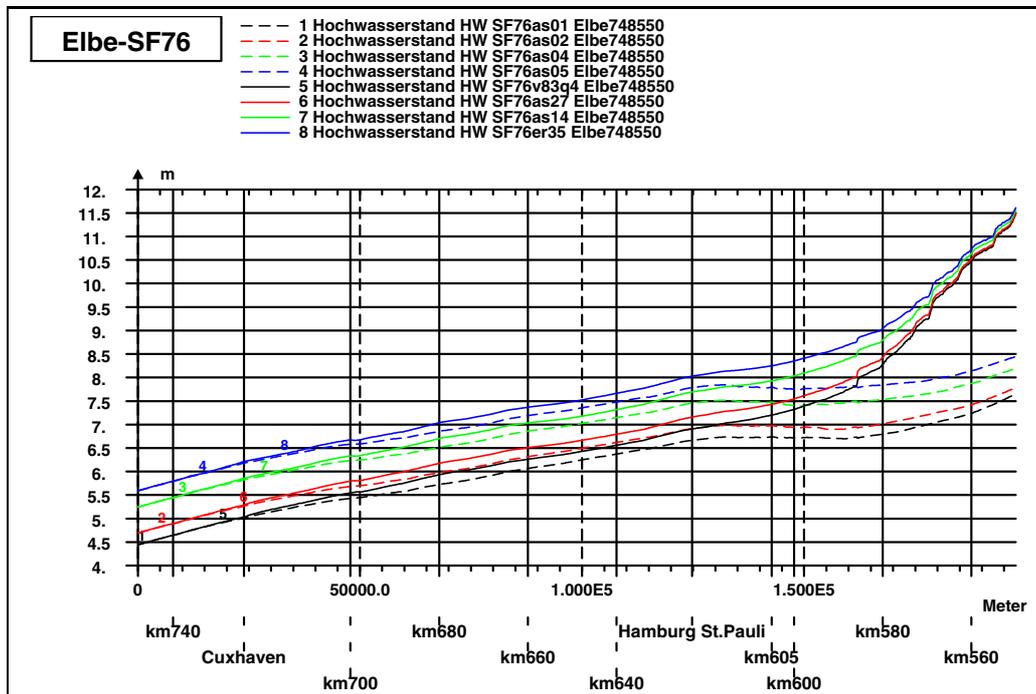


Bild 195: Sturmflutscheitelwasserstand HW für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04), slr+115 cm (as05) (gestrichelt), Q4000 (v83q4), Q4000slr+25 cm (as27), Q4000slr+80 cm (as14) und Q4000slr+115 cm (er35) (durchgezogen) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 748 bis Elbe-km 550.

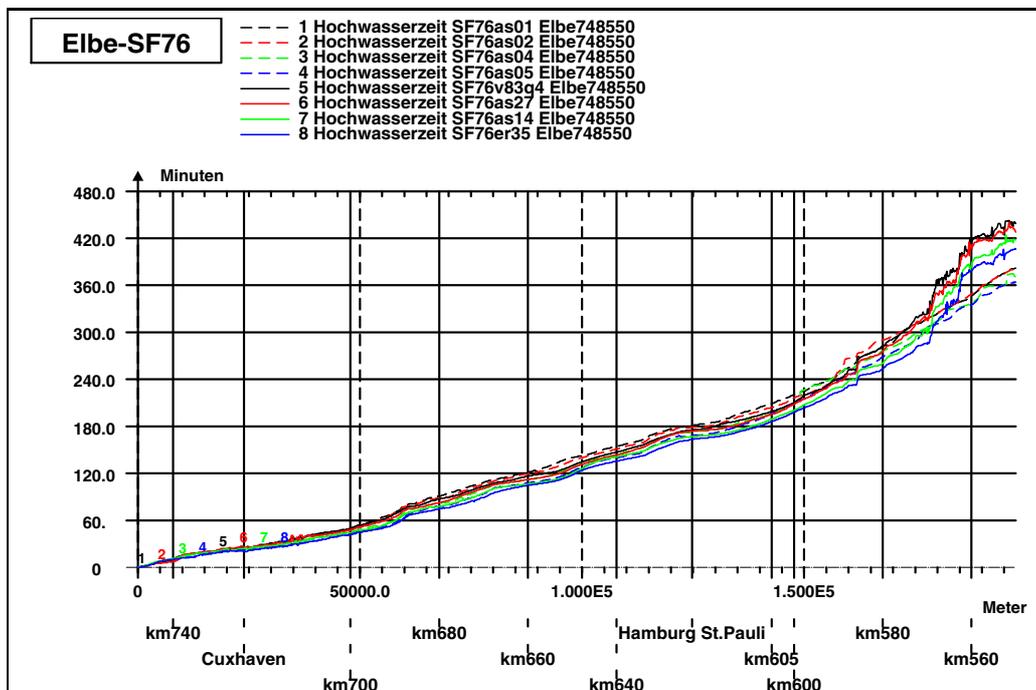


Bild 196: Eintrittszeit des Sturmflutscheitelwasserstand tHW für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04), slr+115 cm (as05) (gestrichelt), Q4000 (v83q4), Q4000slr+25 cm (as27), Q4000slr+80 cm (as14) und Q4000slr+115 cm (er35) (durchgezogen) bezogen auf Elbe-km 748 entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 748 bis Elbe-km 550.

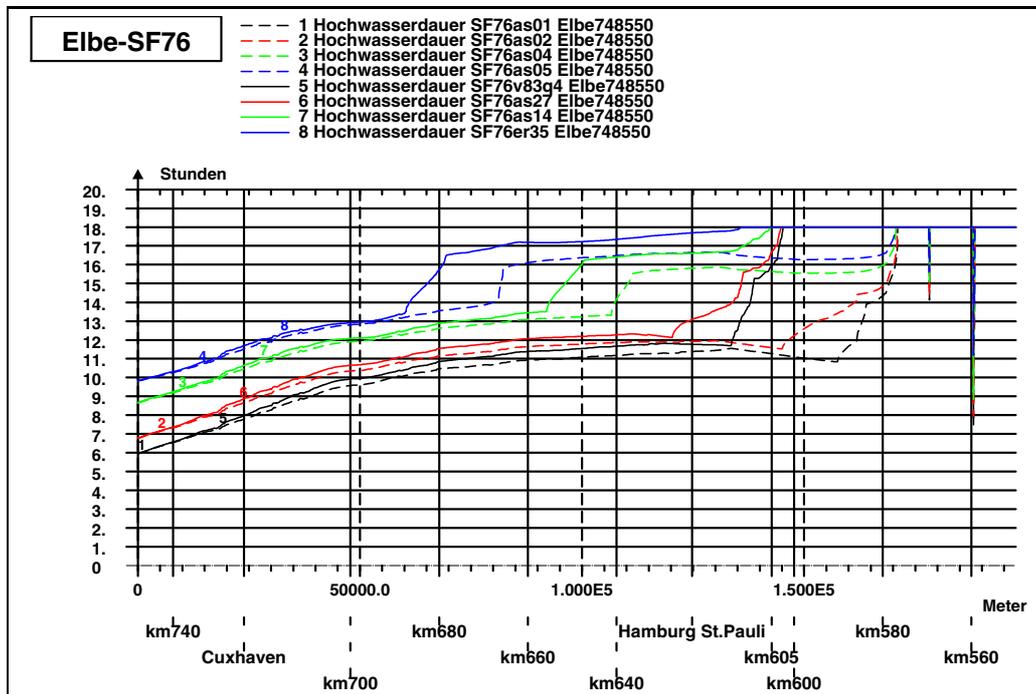


Bild 197: Dauer hoher Wasserstände $> NHN + 3,00\text{ m}$ für die Sturmflutszenarien SF76 ohne *slr* (*as01*), *slr*+25 cm (*as02*), *slr*+80 cm (*as04*), *slr*+115 cm (*as05*) (gestrichelt), Q4000 (*v83q4*), Q4000*slr*+25 cm (*as27*), Q4000*slr*+80 cm (*as14*) und Q4000*slr*+115 cm (*er35*) (durchgezogen) im Analysezeitraum (18 Stunden) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 748 bis Elbe-km 550.

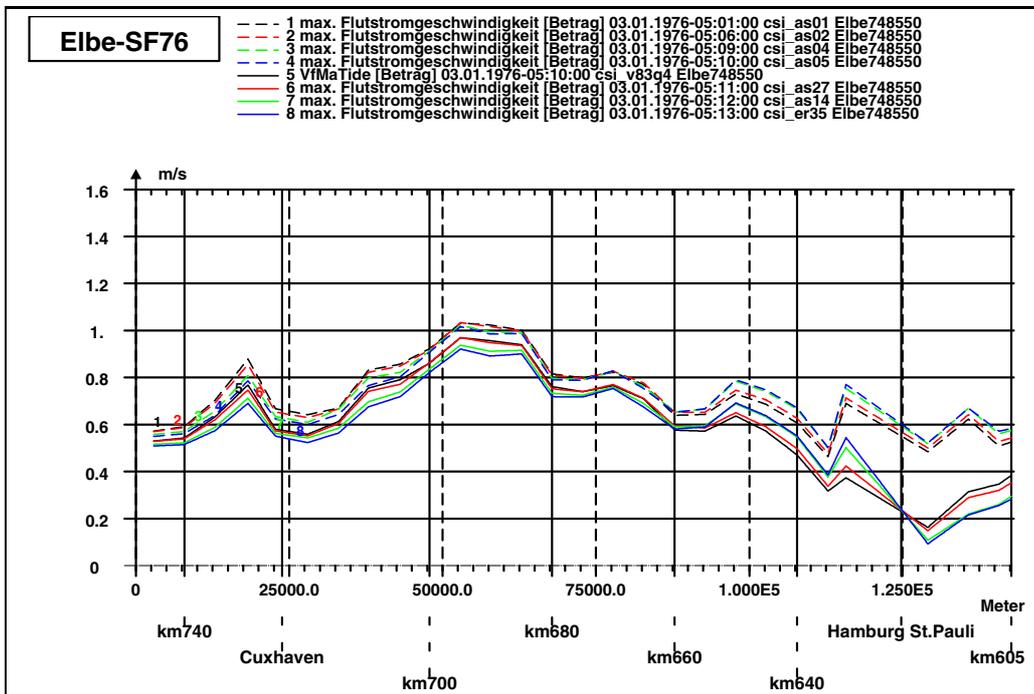


Bild 198: Maximalen Flutstromgeschwindigkeit (querschnittsgemittelt) für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04), slr+115 cm (as05) (gestrichelt), Q4000 (v83q4), Q4000slr+25 cm (as27), Q4000slr+80 cm (as14) und Q4000slr+115 cm (er35) (durchgezogen) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 745 bis Elbe-km 605.

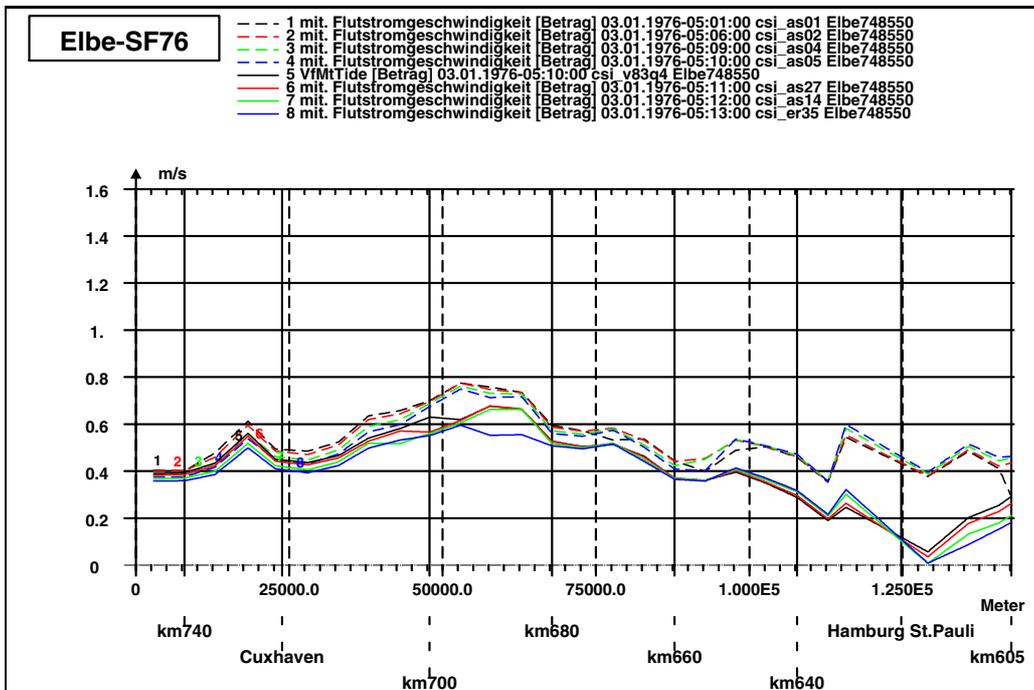


Bild 199: Mittlere Flutstromgeschwindigkeit (querschnittsgemittelt) für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04), slr+115 cm (as05) (gestrichelt), Q4000 (v83q4), Q4000slr+25 cm (as27), Q4000slr+80 cm (as14) und Q4000slr+115 cm (er35) (durchgezogen) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 745 bis Elbe-km 605.

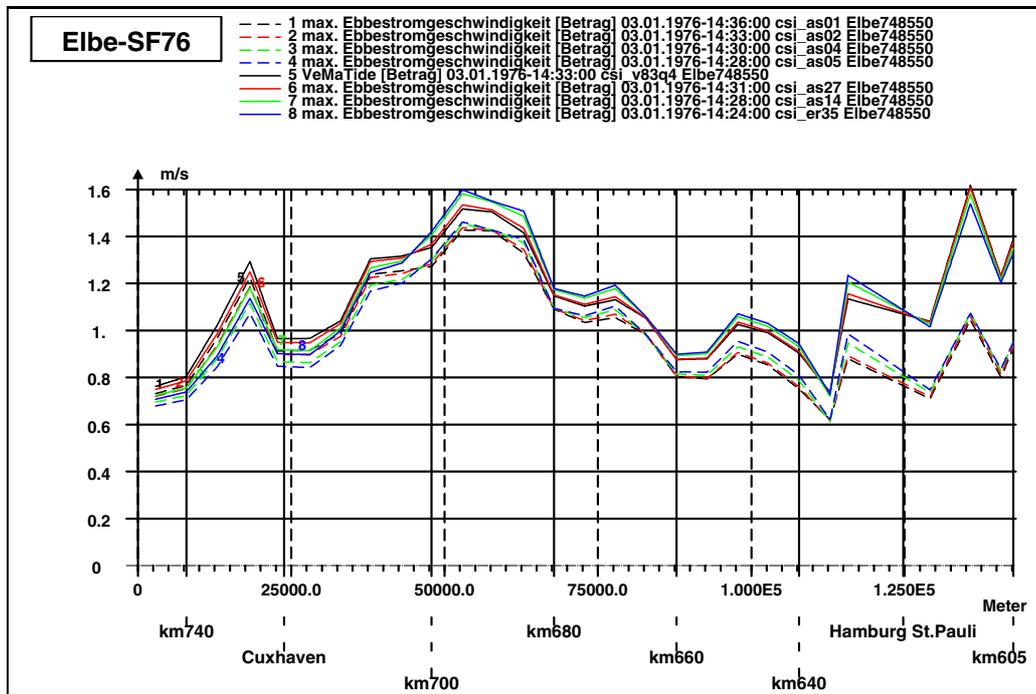


Bild 200: Maximalen Ebbestromgeschwindigkeit (querschnittsgemittelt) für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04), slr+115 cm (as05) (gestrichelt), Q4000 (v83q4), Q4000slr+25 cm (as27), Q4000slr+80 cm (as14) und Q4000slr+115 cm (er35) (durchgezogen) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 745 bis Elbe-km 605.

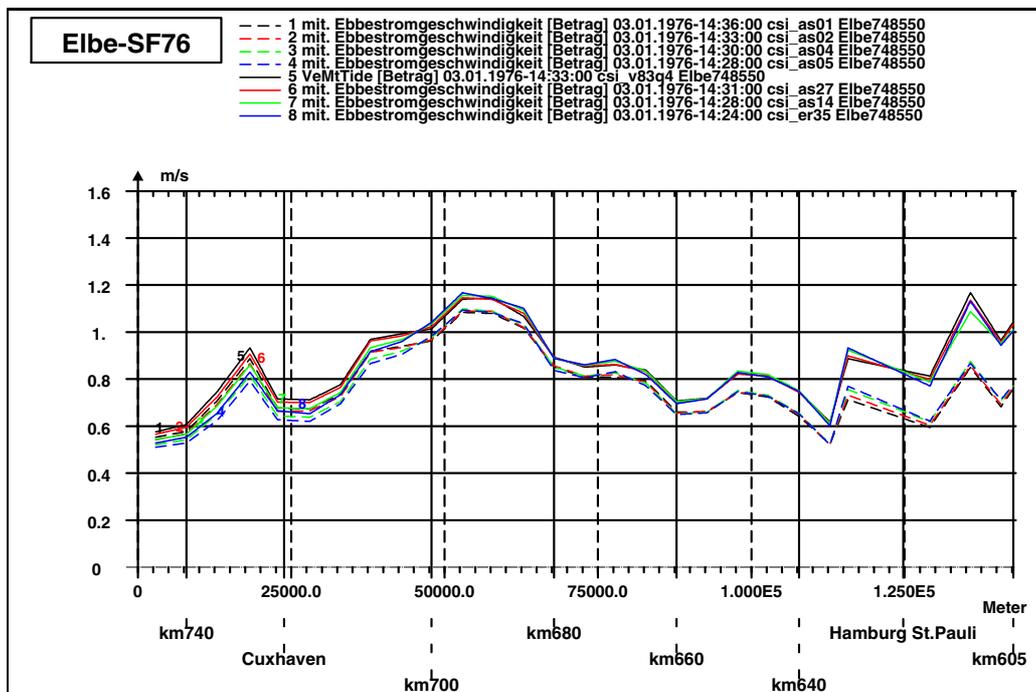
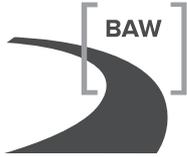
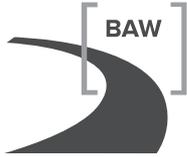


Bild 201: Mittlere Ebbestromgeschwindigkeit (querschnittsgemittelt) für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04), slr+115 cm (as05) (gestrichelt), Q4000 (v83q4), Q4000slr+25 cm (as27), Q4000slr+80 cm (as14) und Q4000slr+115 cm (er35) (durchgezogen) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 745 bis Elbe-km 605.





9 Sturmflutszenario SF76 Wind+10% mit Meeresspiegelanstieg

9.1 Zeitreihen an Orten von Interesse

Die Liste der Untersuchungsvarianten in Tabelle 6 in Kapitel 3 enthält eine Charakterisierung der untersuchten Sturmflutszenarien und gibt Erläuterungen zu den im folgenden Abschnitt verwendeten Bezeichnungen.

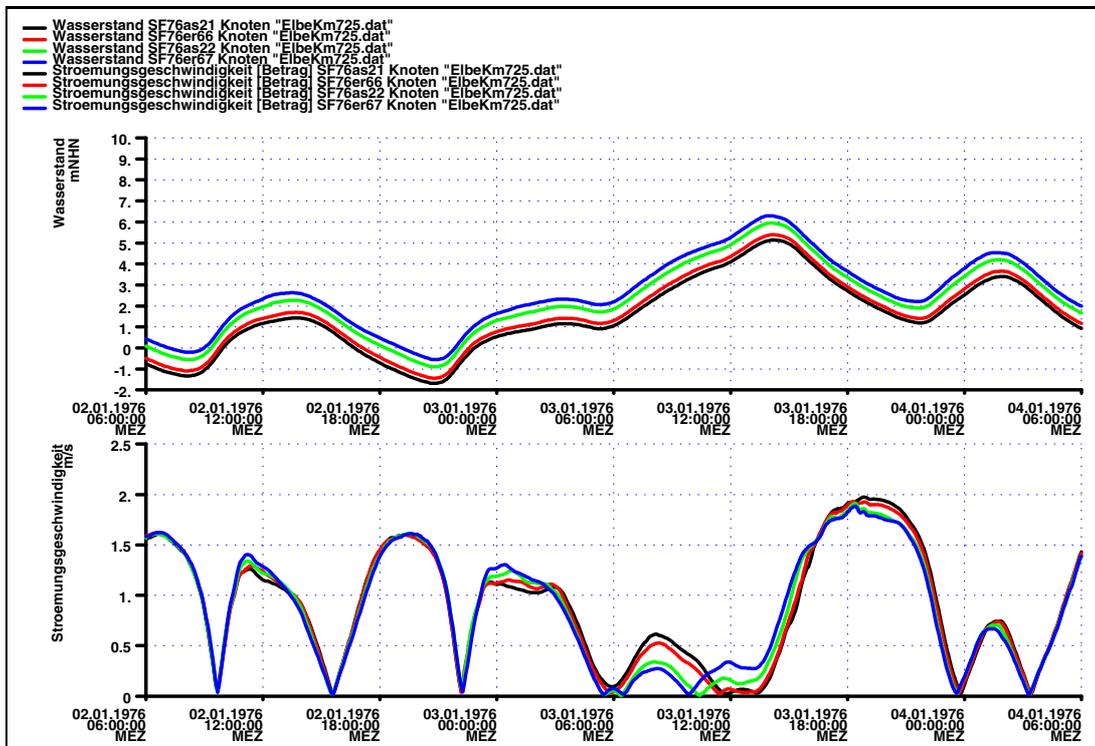


Bild 202: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit bei Elbe - km 725 für die Sturmflutszenarien SF76 Wind+10% (as21), Wind+10%slr+25 cm (er66), Wind+10%slr+80 cm (as22) und Wind+10%slr+115 cm (er67).

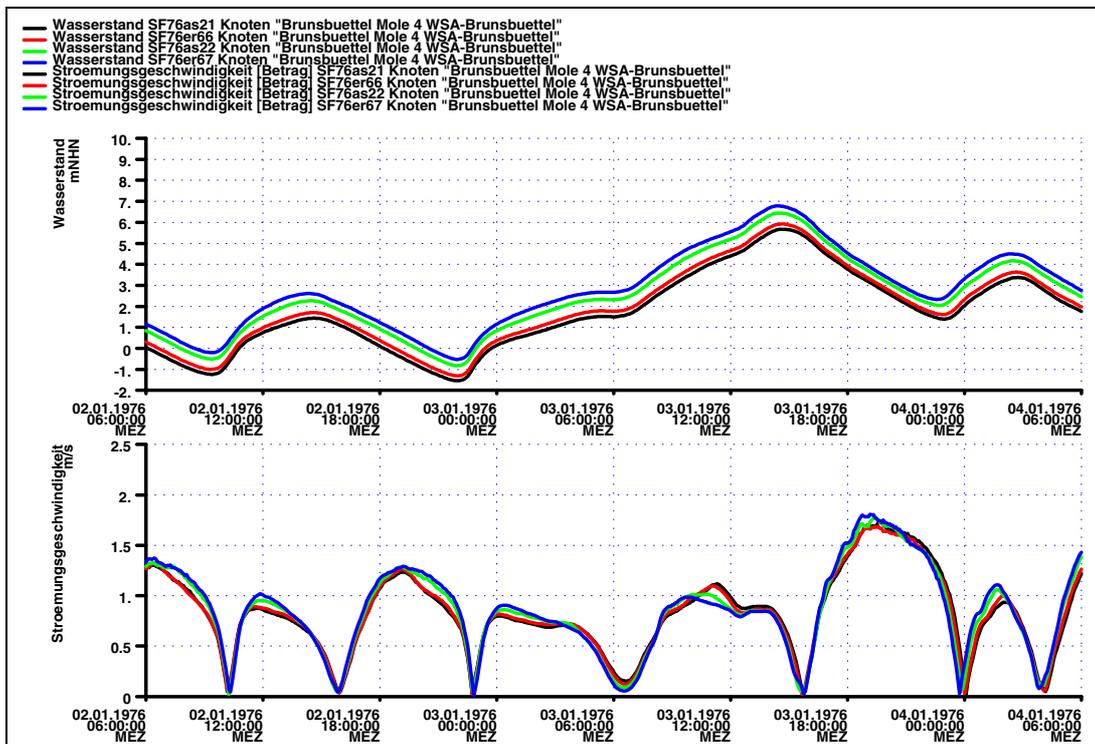


Bild 203: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit am Pegel Brunsbüttel Mole 4 für die Sturmflutszenarien SF76 Wind+10% (as21), Wind+10%slr+25 cm (er66), Wind+10%slr+80 cm (as22) und Wind+10%slr+115 cm (er67).

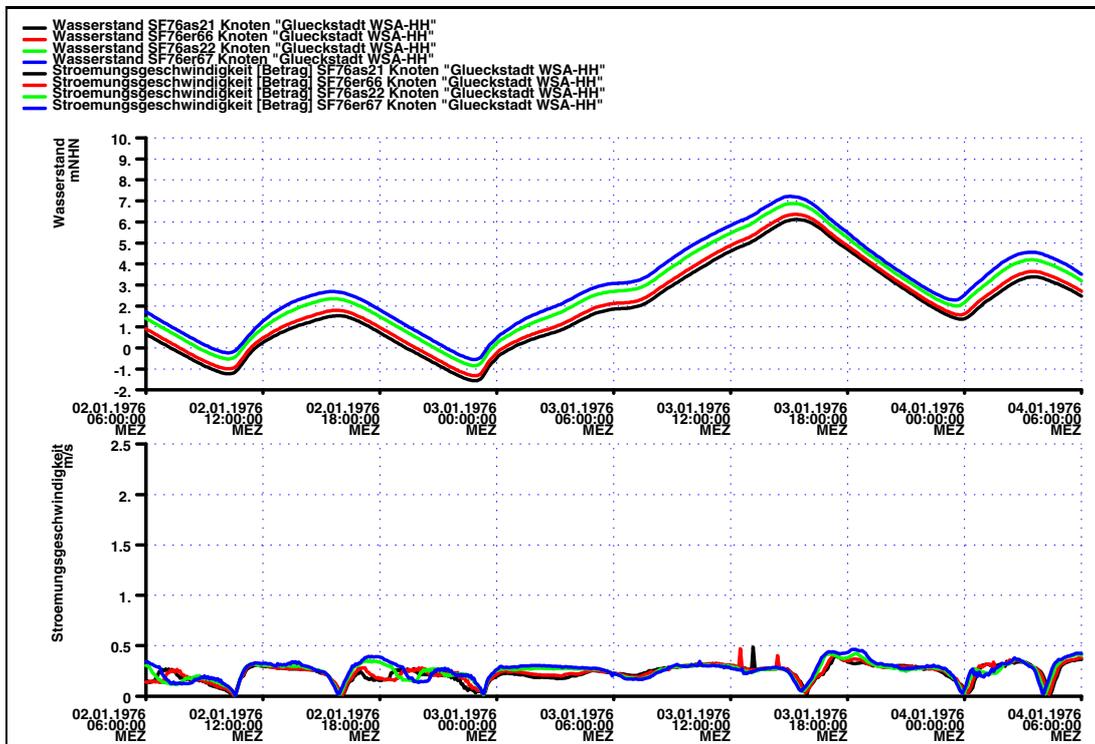


Bild 204: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit am Pegel Glückstadt für die Sturmflutszenarien SF76 Wind+10% (as21), Wind+10%slr+25 cm (er66), Wind+10%slr+80 cm (as22) und Wind+10%slr+115 cm (er67).

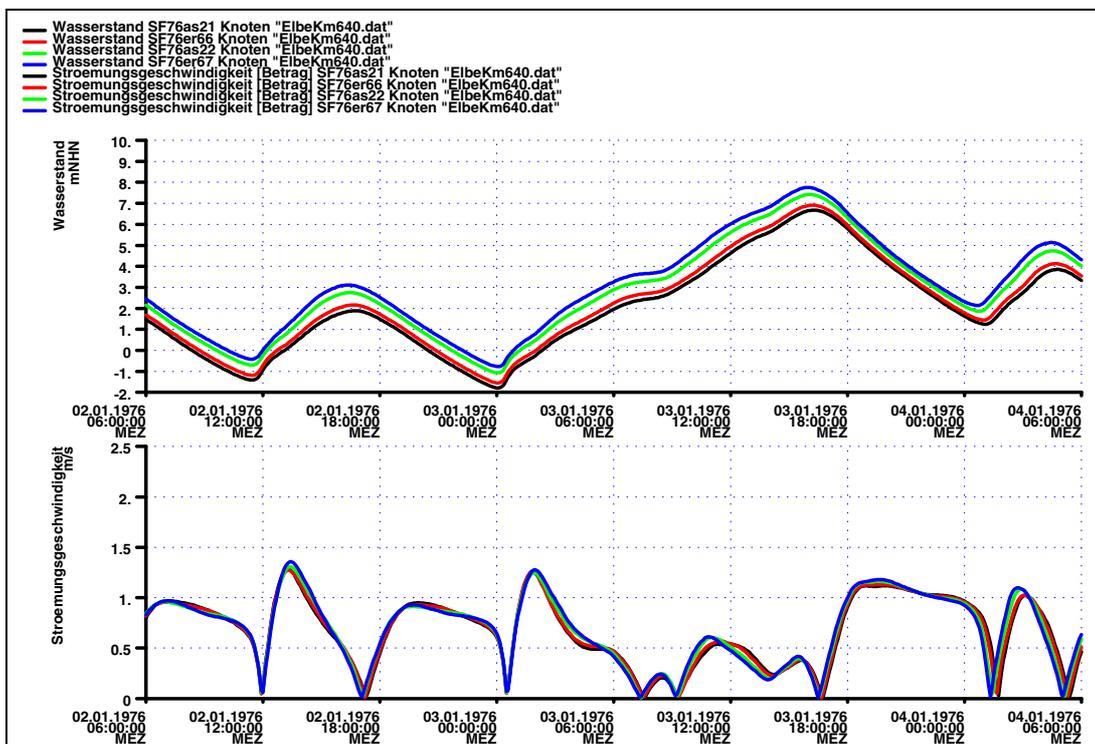


Bild 205: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit bei Elbe-km 640 für die Sturmflutszenarien SF76 Wind+10% (as21), Wind+10%slr+25 cm (er66), Wind+10%slr+80 cm (as22) und Wind+10%slr+115 cm (er67).

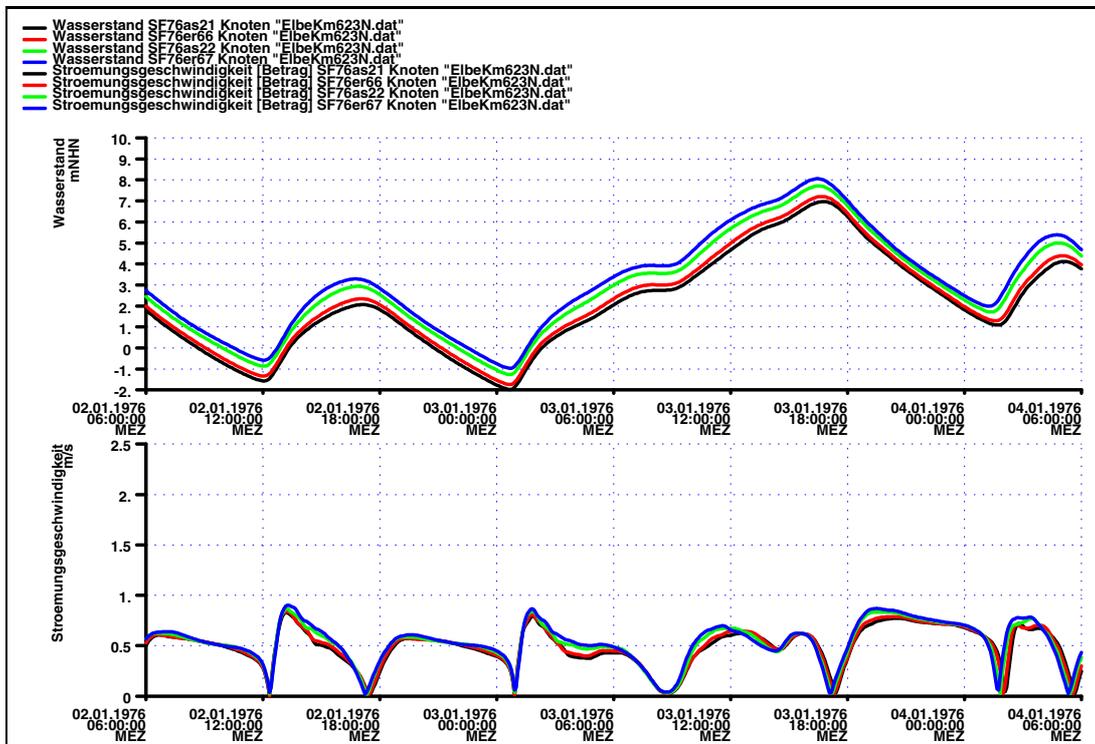


Bild 206: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit bei Elbe-km 623N für die Sturmflutszenarien SF76 Wind+10% (as21), Wind+10%slr+25 cm (er66), Wind+10%slr+80 cm (as22) und Wind+10%slr+115 cm (er67).

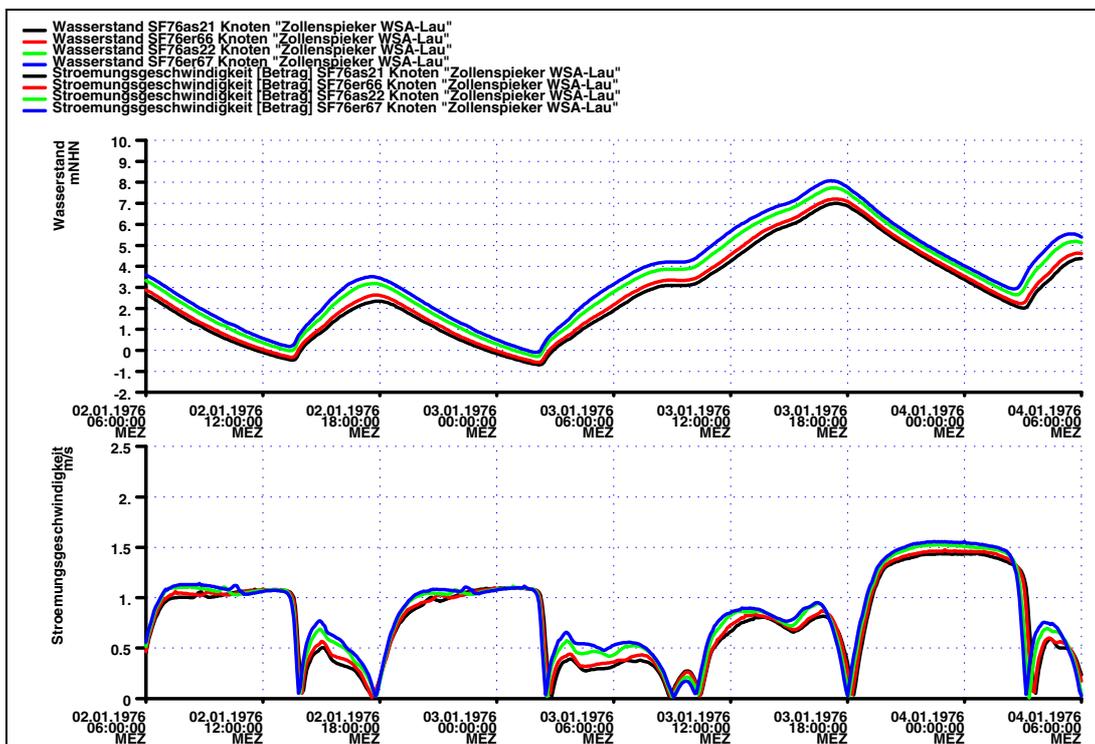
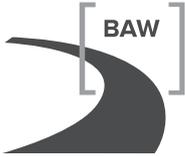


Bild 207: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit am Pegel Zollenspieker für die Sturmflutszenarien SF76 Wind+10% (as21), Wind+10%slr+25 cm (er66), Wind+10%slr+80 cm (as22) und Wind+10%slr+115 cm (er67).



9.2 Zeitreihen an Orten von Interesse Wind, Wind+10%, ohne slr, slr+80cm

Die Liste der Untersuchungsvarianten in Tabelle 6 in Kapitel 3 enthält eine Charakterisierung der untersuchten Sturmflutszenarien und gibt Erläuterungen zu den im folgenden Abschnitt verwendeten Bezeichnungen.

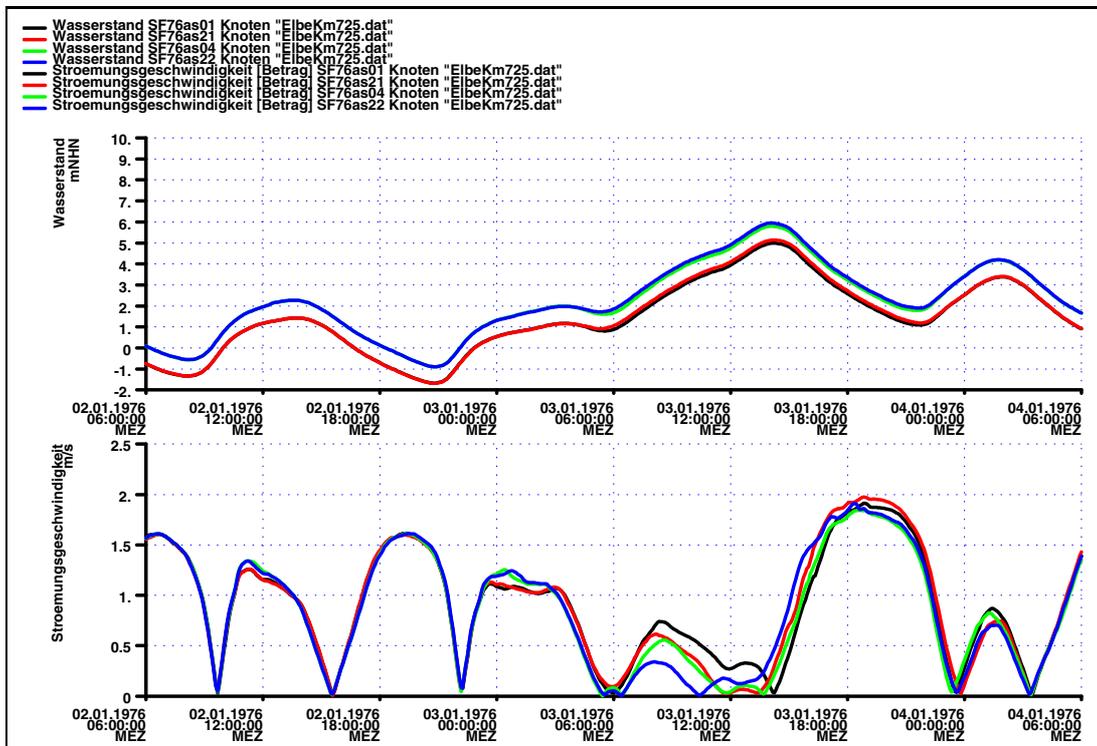


Bild 208: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit bei Elbe-km 725 für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), Wind+10% (as21), Windslr+80 cm (as04) und Wind+10%slr+80 cm (as22).

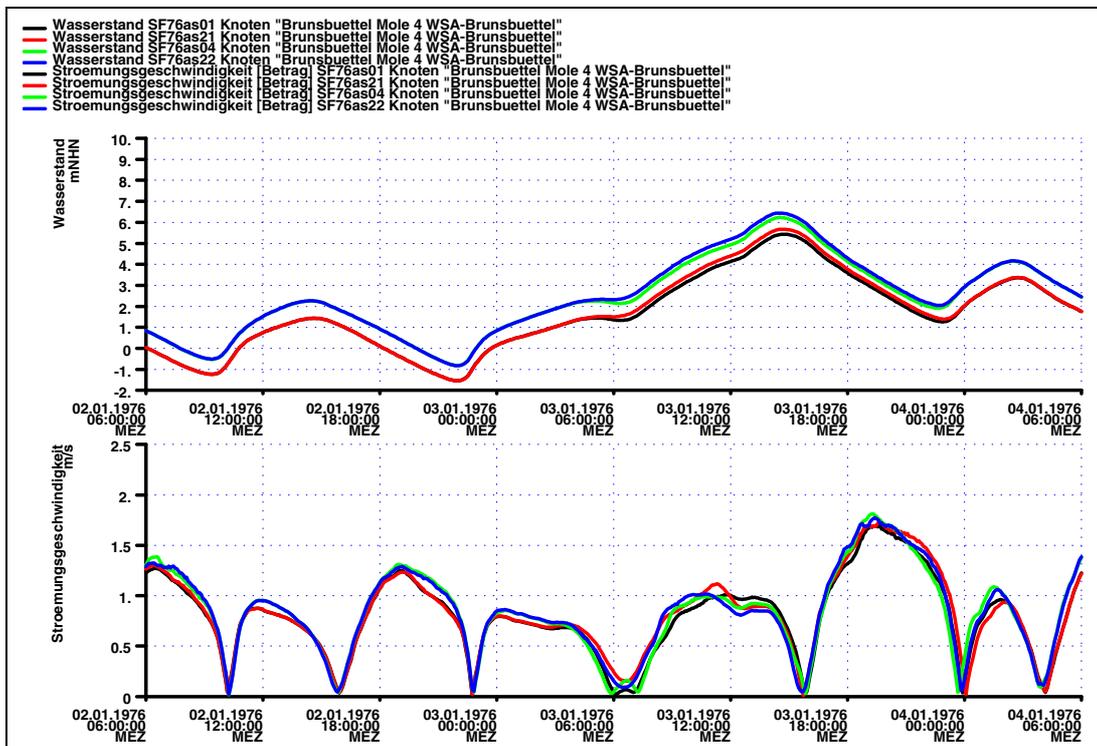


Bild 209: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit am Pegel Brunsbüttel Mole 4 für die Sturmflutszenarien SF76 Wind (as01), Wind+10% (as21), Windslr+80 cm (as04) und Wind+10%slr+80 cm (as22).

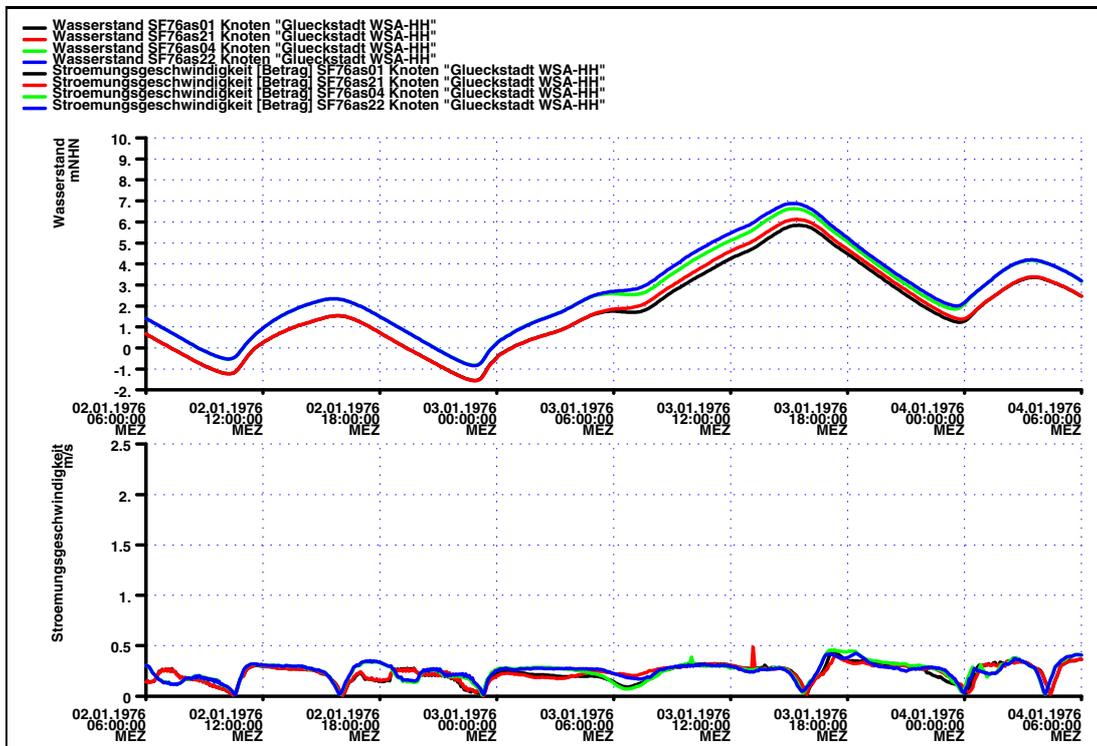


Bild 210: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit am Pegel Glückstadt für die Sturmflutszenarien SF76 Wind (as01), Wind+10% (as21), Windslr+80 cm (as04) und Wind+10%slr+80 cm (as22).

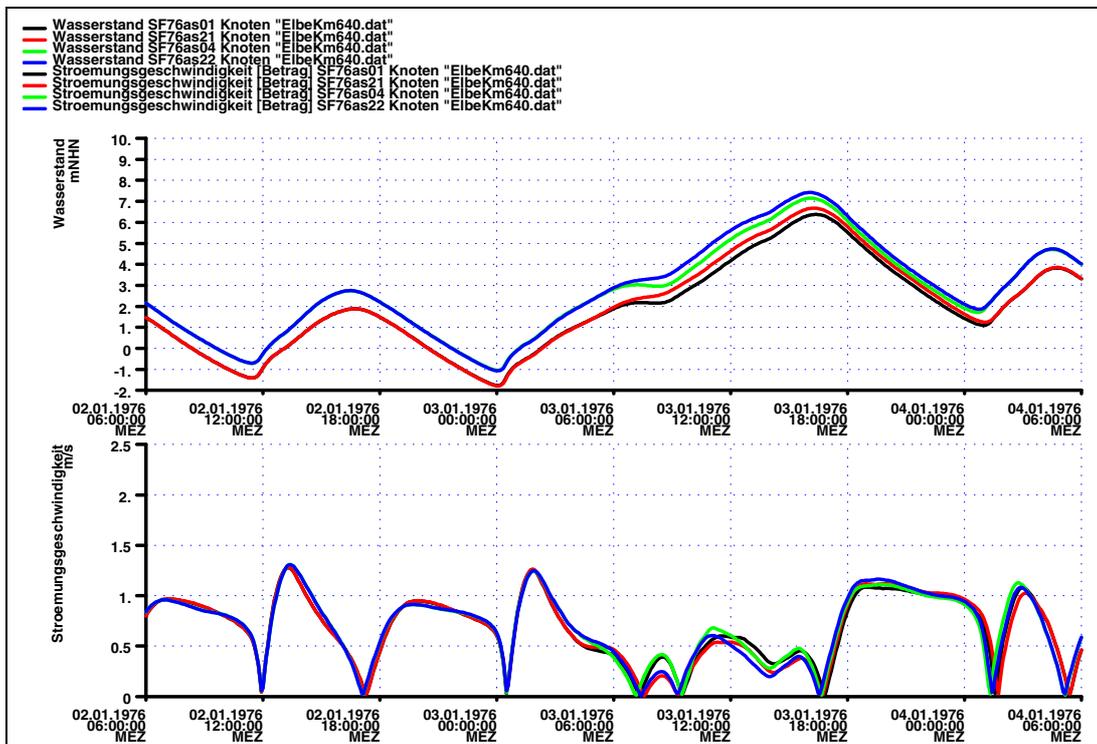


Bild 211: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit bei Elbe-km 640 für die Sturmflutszenarien SF76 Wind (as01), Wind+10% (as21), Windslr+80 cm (as04) und Wind+10%slr+80 cm (as22).

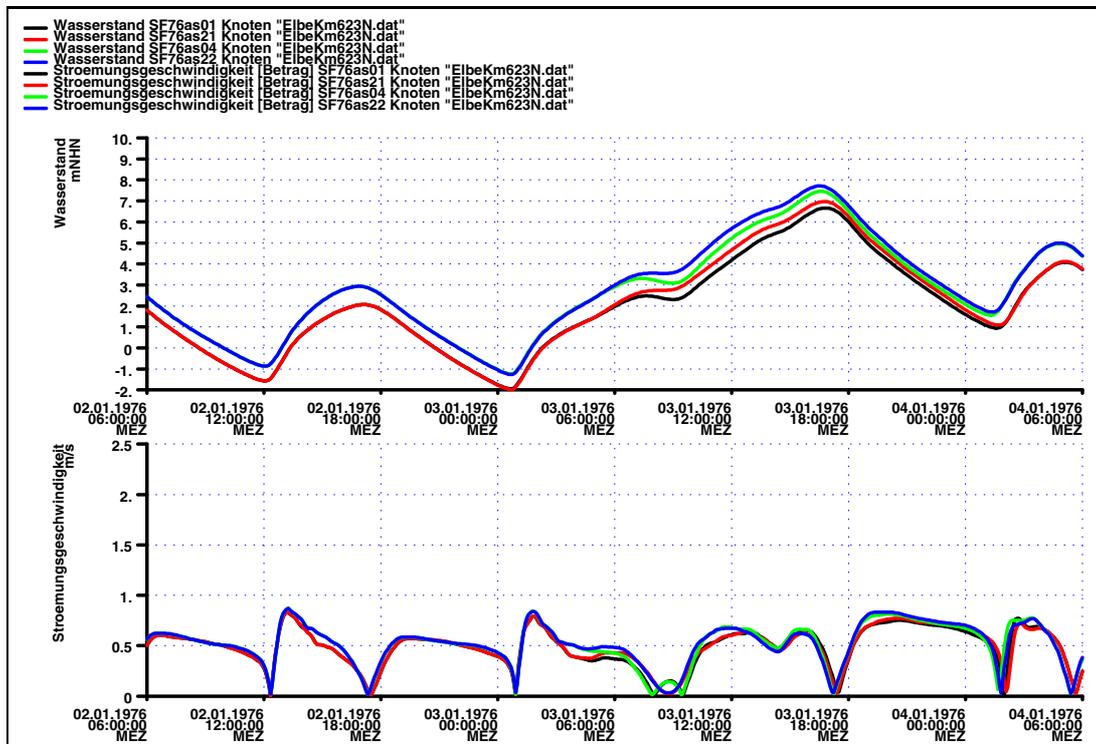


Bild 212: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit bei Elbe-km 623N für die Sturmflutzzenarien SF76 Wind (as01), Wind+10% (as21), Windslr+80 cm (as04) und Wind+10%slr+80 cm (as22).

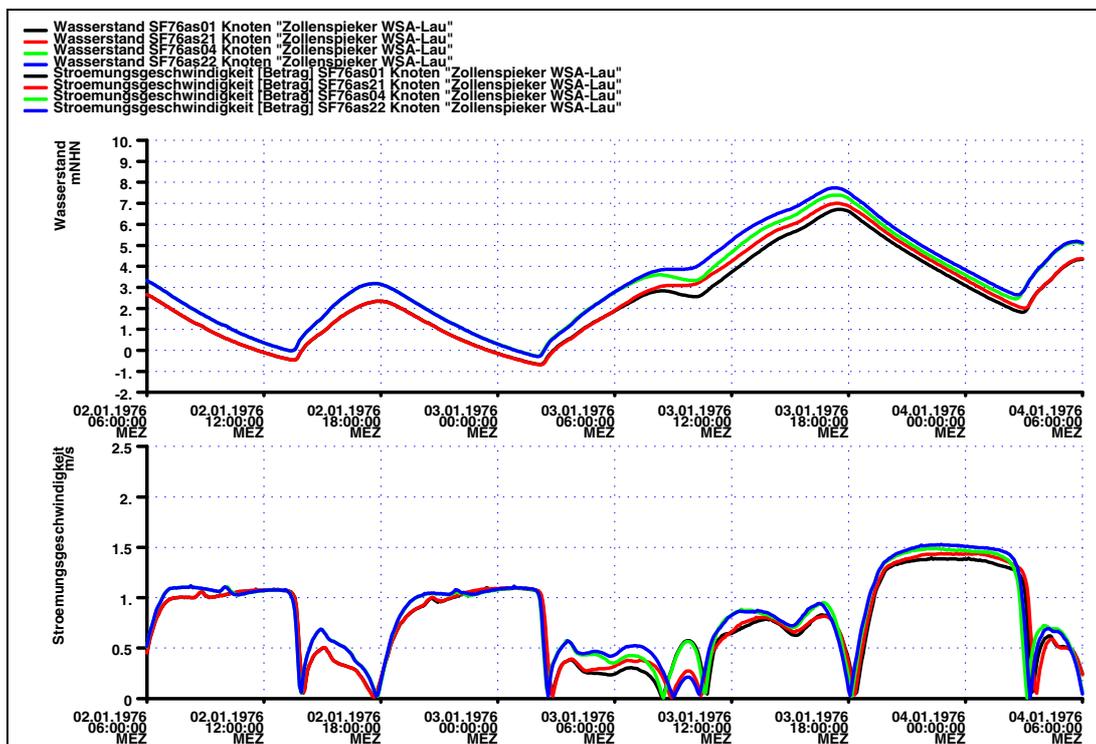
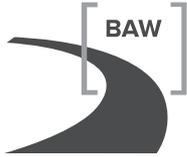


Bild 213: Zeitreihe von Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit am Pegel Zollenspieker für die Sturmflutzzenarien SF76 Wind (as01), Wind+10% (as21), Windslr+80 cm (as04) und Wind+10%slr+80 cm (as22).



9.3 Kennwerte von Wasserstand und Strömung entlang der Elbe

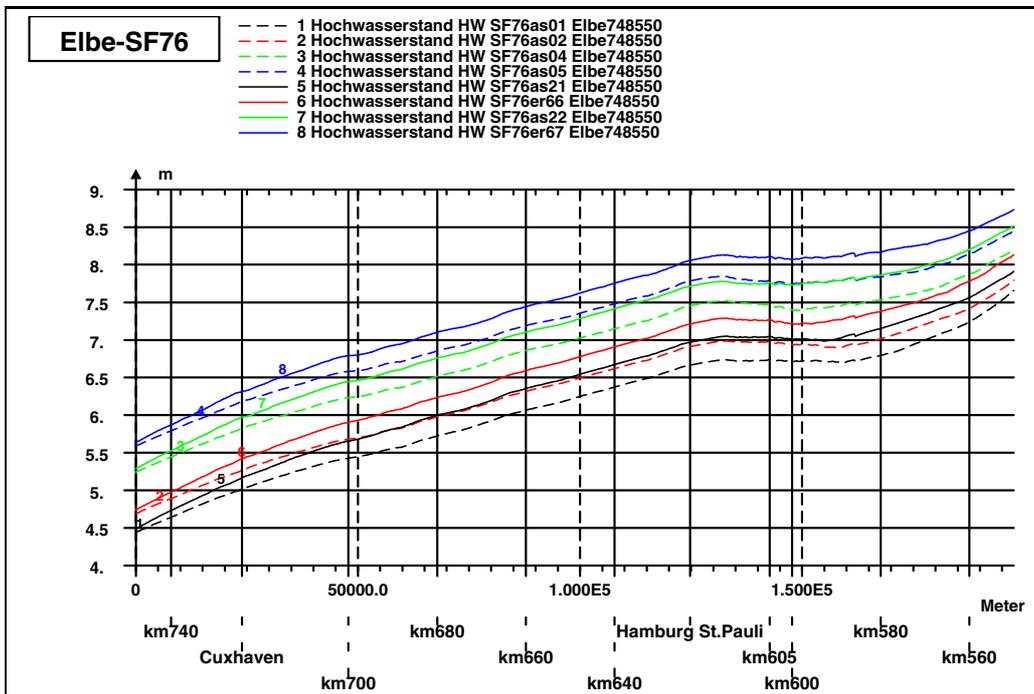


Bild 214: Sturmflutscheitelwasserstand HW für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04), slr+115 cm (as05) (gestrichelt), Wind+10% (as21), Wind+10%slr+25 cm (er66), Wind+10%slr+80 cm (as22) und Wind+10%slr+115 cm (er67) (durchgezogen) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 748 bis Elbe-km 550.

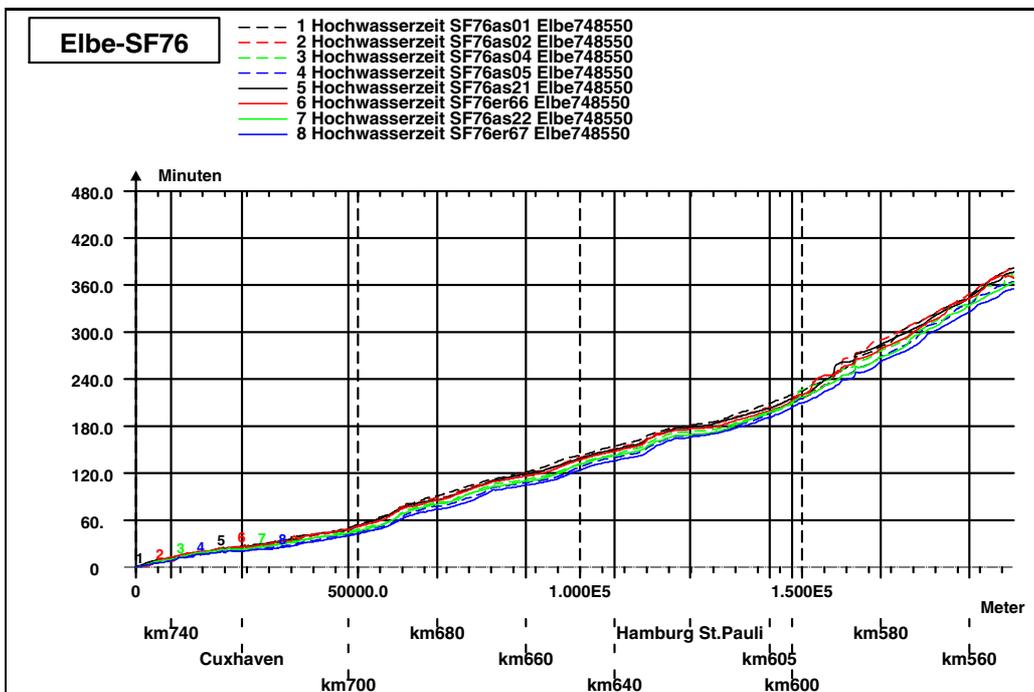


Bild 215: Eintrittszeit des Sturmflutscheitelwasserstand tHW für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04), slr+115 cm (as05) (gestrichelt), Wind+10% (as21), Wind+10%slr+25 cm (er66), Wind+10%slr+80 cm (as22) und Wind+10%slr+115 cm (er67) (durchgezogen) bezogen auf Elbe-km 748 entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 748 bis Elbe-km 550.

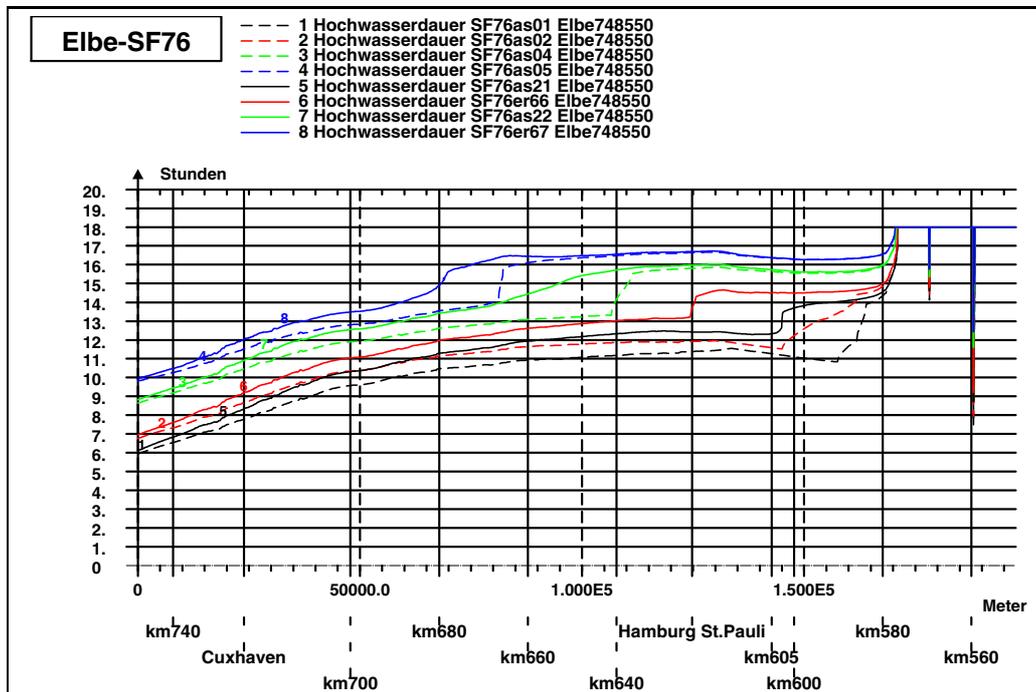


Bild 216: Dauer hoher Wasserstände $> NHN + 3,00\text{ m}$ für die Sturmflutszenarien SF76 ohne *slr* (*as01*), *slr*+25 cm (*as02*), *slr*+80 cm (*as04*), *slr*+115 cm (*as05*) (gestrichelt), Wind+10% (*as21*), Wind+10%*slr*+25 cm (*er66*), Wind+10%*slr*+80 cm (*as22*) und Wind+10%*slr*+115 cm (*er67*) (durchgezogen) im Analysezeitraum (18 Stunden) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 748 bis Elbe-km 550.

Anmerkung zur Tidekennwertanalyse der Strömungsgeschwindigkeiten:

Bei den Sturmflutszenarien mit erhöhter Windgeschwindigkeit über dem Elbeästuar ist eine eindeutige automatische, programmgestützte Bestimmung der Kenterpunkte nicht entlang der gesamten Elbe möglich (siehe hierzu auch die Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeiten an ausgewählten Orten in Abschnitt 9.1 auf Seite 155). Die Ergebnisse sind lediglich in den Bereichen dargestellt, in denen eine automatische Analyse möglich ist.

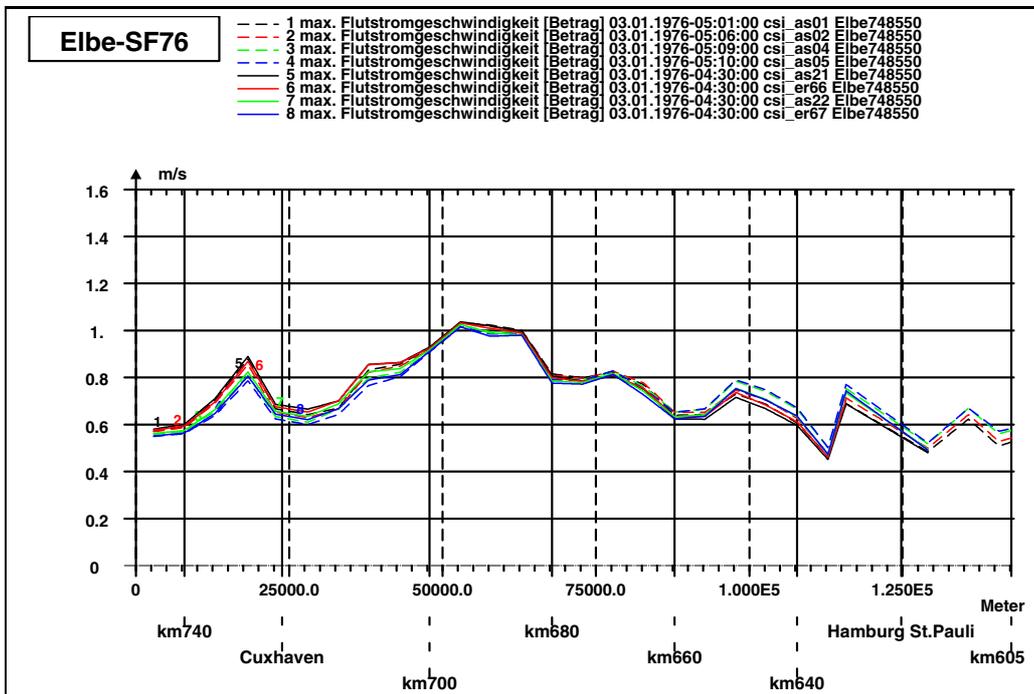


Bild 217: Maximalen Flutstromgeschwindigkeit (querschnittsgemittelt) für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04), slr+115 cm (as05) (gestrichelt), Wind+10% (as21), Wind+10%slr+25 cm (er66), Wind+10%slr+80 cm (as22) und Wind+10%slr+115 cm (er67) (durchgezogen) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 745 bis Elbe-km 605.

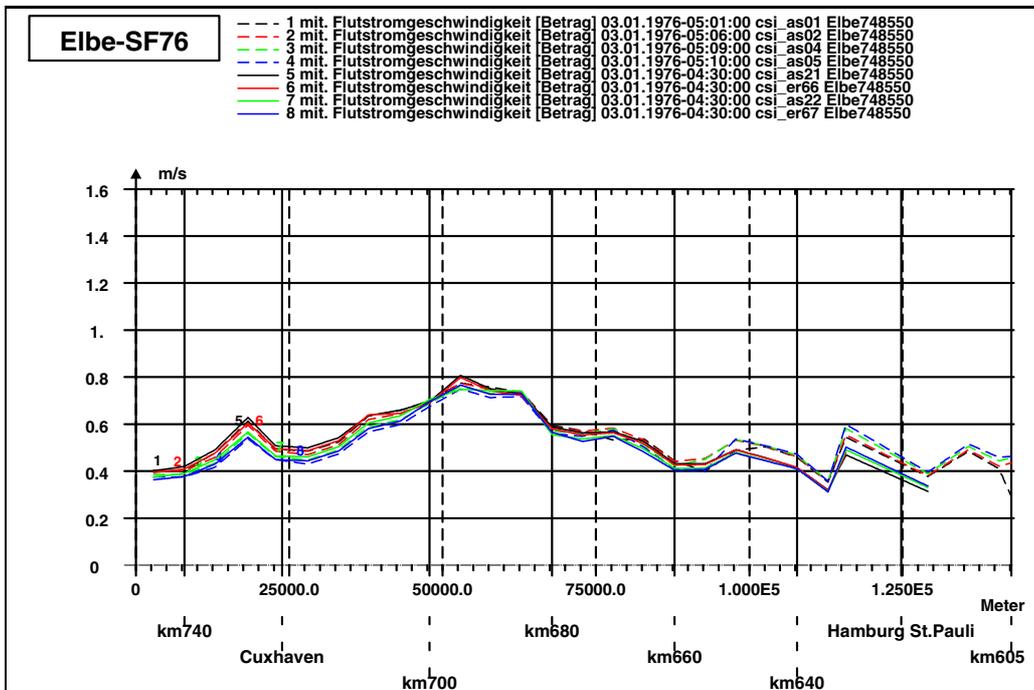


Bild 218: Mittlere Flutstromgeschwindigkeit (querschnittsgemittelt) für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04), slr+115 cm (as05) (gestrichelt), Wind+10% (as21), Wind+10%slr+25 cm (er66), Wind+10%slr+80 cm (as22) und Wind+10%slr+115 cm (er67) (durchgezogen) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 745 bis Elbe-km 605.

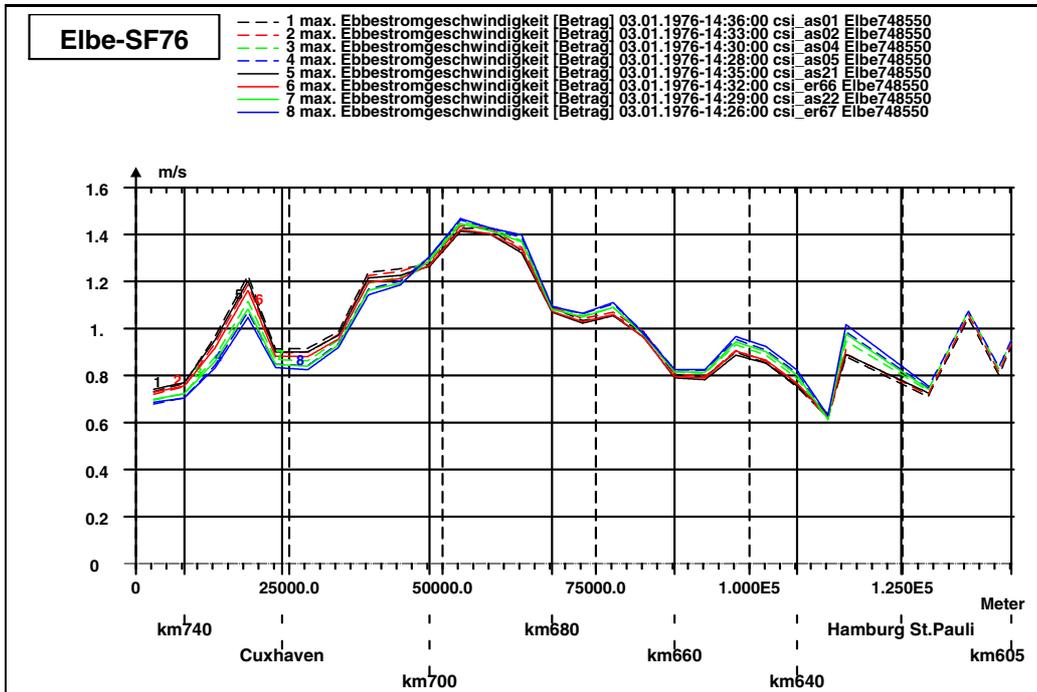


Bild 219: Maximalen Ebbestromgeschwindigkeit (querschnittsgemittelt) für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04), slr+115 cm (as05) (gestrichelt), Wind+10% (as21), Wind+10%slr+25 cm (er66), Wind+10%slr+80 cm (as22) und Wind+10%slr+115 cm (er67) (durchgezogen) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 745 bis Elbe-km 605.

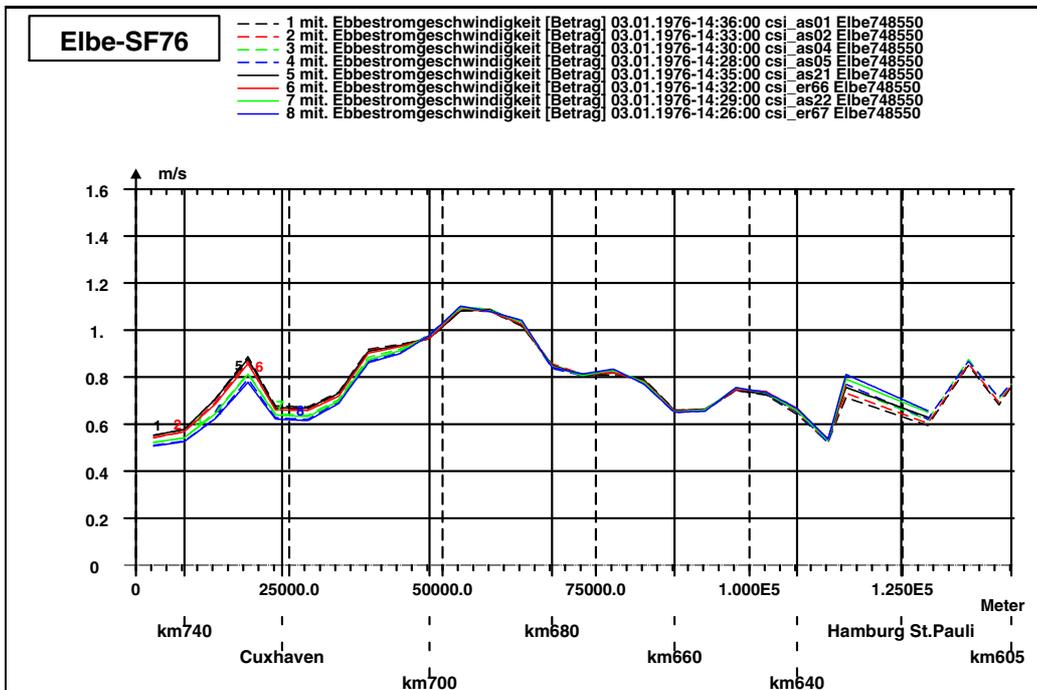
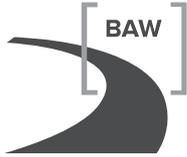
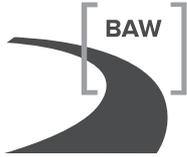


Bild 220: Mittlere Ebbestromgeschwindigkeit (querschnittsgemittelt) für die Sturmflutszenarien SF76 ohne slr (as01), slr+25 cm (as02), slr+80 cm (as04), slr+115 cm (as05) (gestrichelt), Wind+10% (as21), Wind+10%slr+25 cm (er66), Wind+10%slr+80 cm (as22) und Wind+10%slr+115 cm (er67) (durchgezogen) entlang des Elbefahrwassers von Elbe-km 745 bis Elbe-km 605.





9.4 Kennwerte von Wasserstand und Strömung im Mündungsbereich der Elbe

9.4.1 Sturmflutszenario SF76 Wind+10%: Elbe Tg West

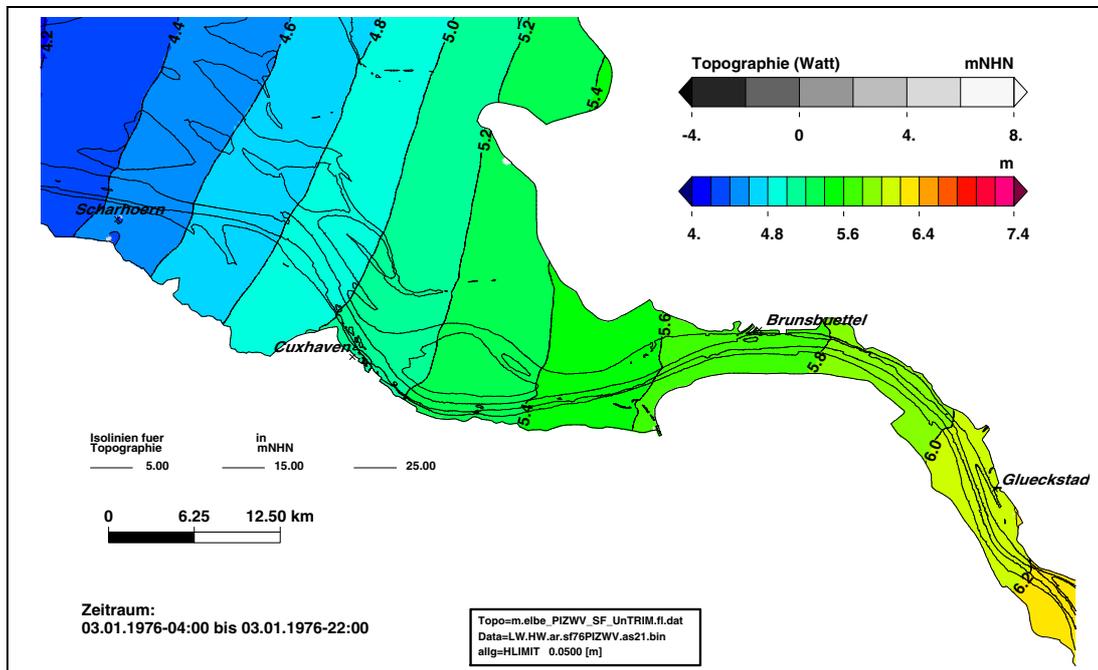


Bild 221: Sturmflutscheitelwasserstand HW für das Sturmflutszenario SF76Wind+10% (as21) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im HW von 20 cm.

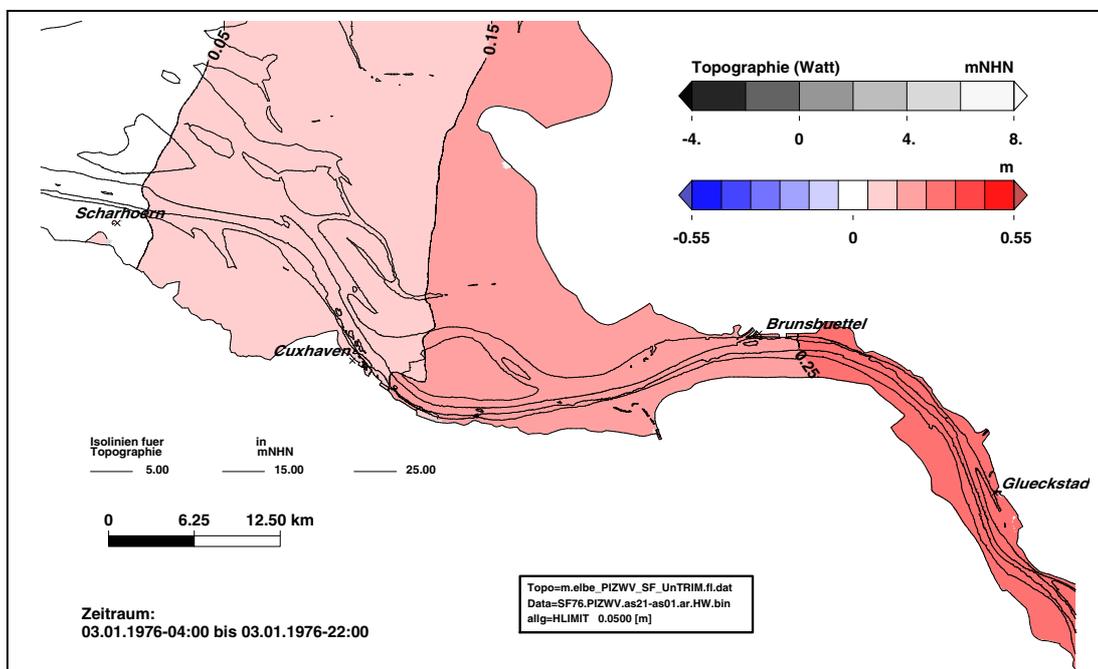


Bild 222: Änderung des Sturmflutscheitelwasserstand HW im Sturmflutszenario SF76Wind+10% (as21) bezogen auf Sturmflutszenario SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im HW von 2 cm. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich das HW um weniger als $25\text{ cm} \pm 1\text{ cm}$.

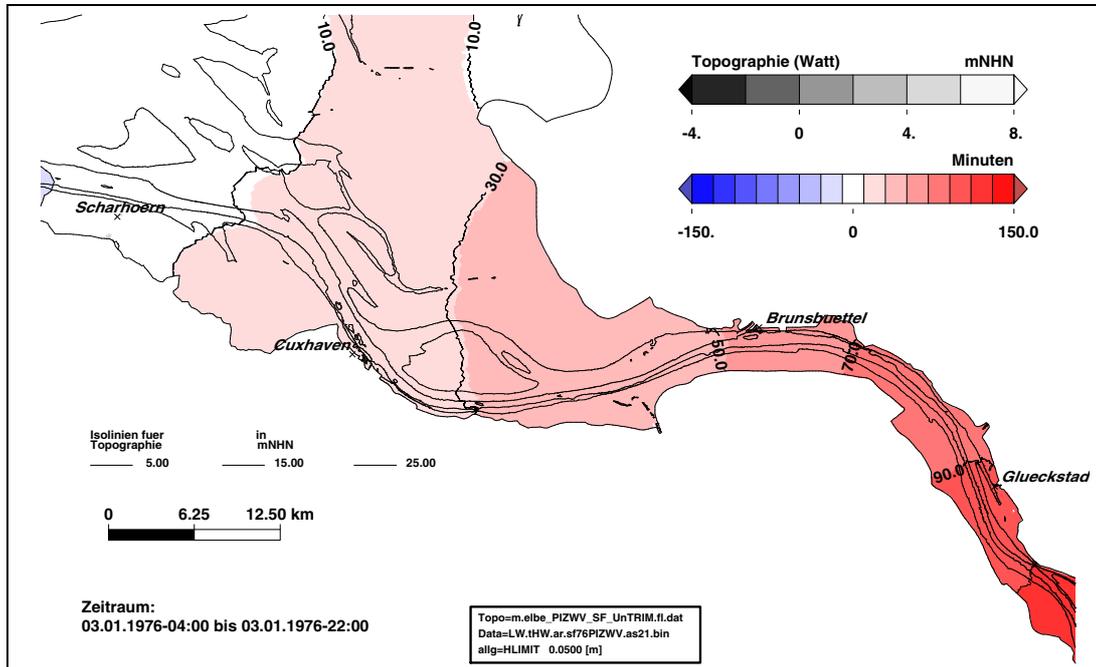


Bild 223: Eintrittszeit des Sturmflutscheitelwasserstand t_{HW} für das Sturmflutszenario SF76Wind+10% (as21) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderung der Eintrittszeit von 20 Minuten.

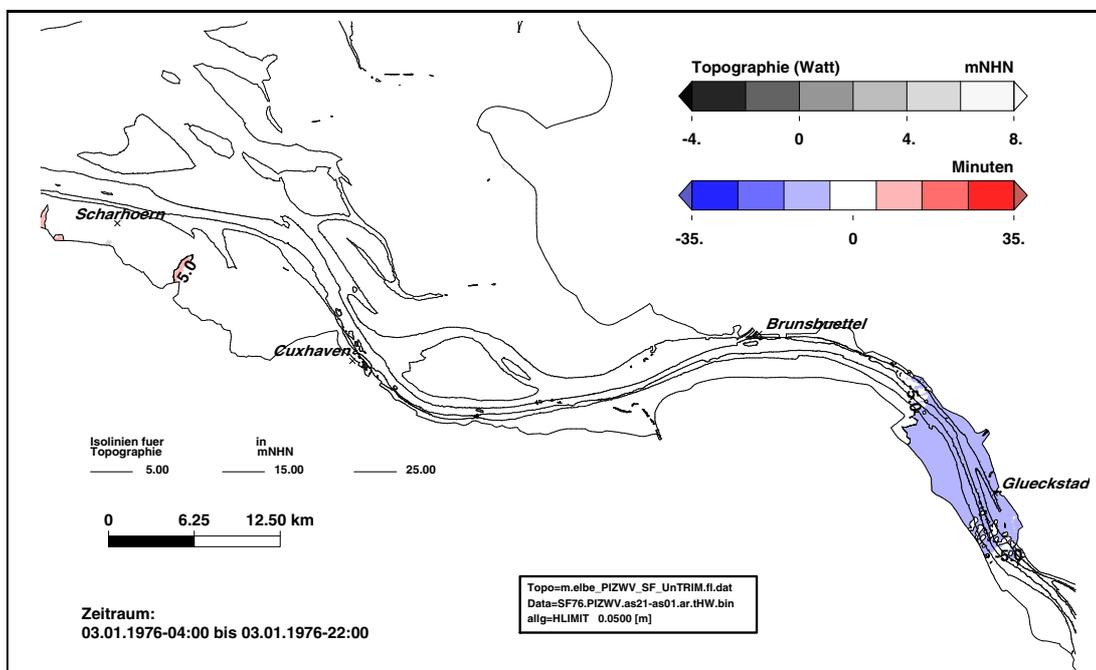


Bild 224: Änderung der Eintrittszeit des Sturmflutscheitelwasserstand HW im Sturmflutszenario SF76Wind+10% (as21) bezogen auf Sturmflutszenario SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im t_{HW} von 10 Minuten. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich das HW um weniger als ± 5 Minuten.

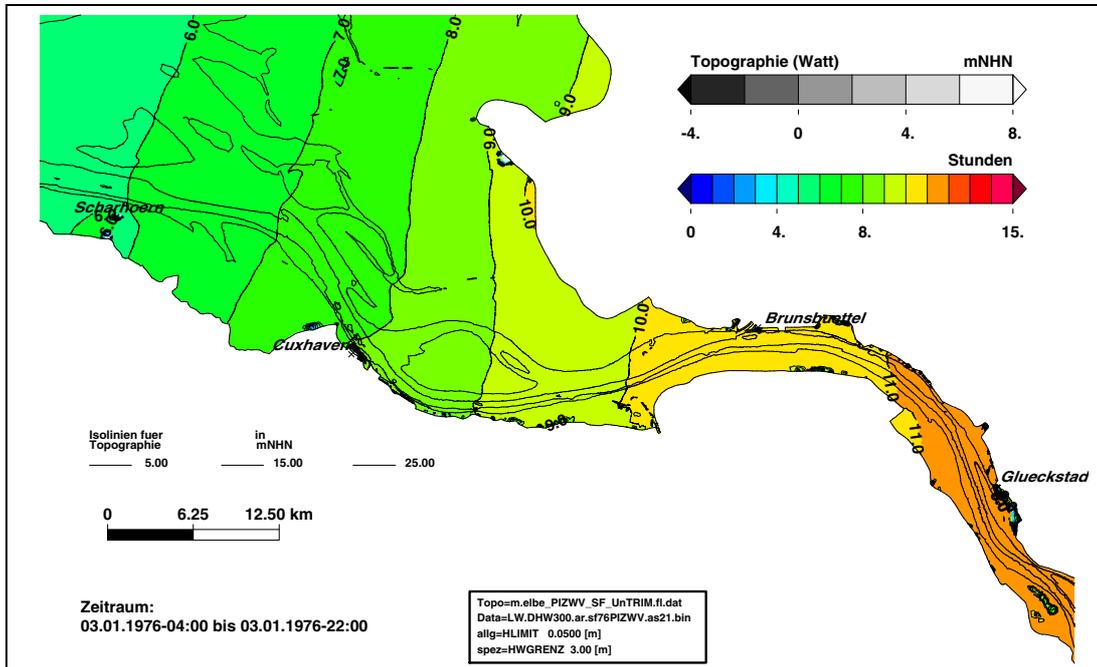


Bild 225: Dauer hoher Wasserstände $>NHN+3,00\text{ m}$ während des Sturmflutszenarios SF76Wind+10% (as21) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht Änderungen der Dauer von 1 Stunde.

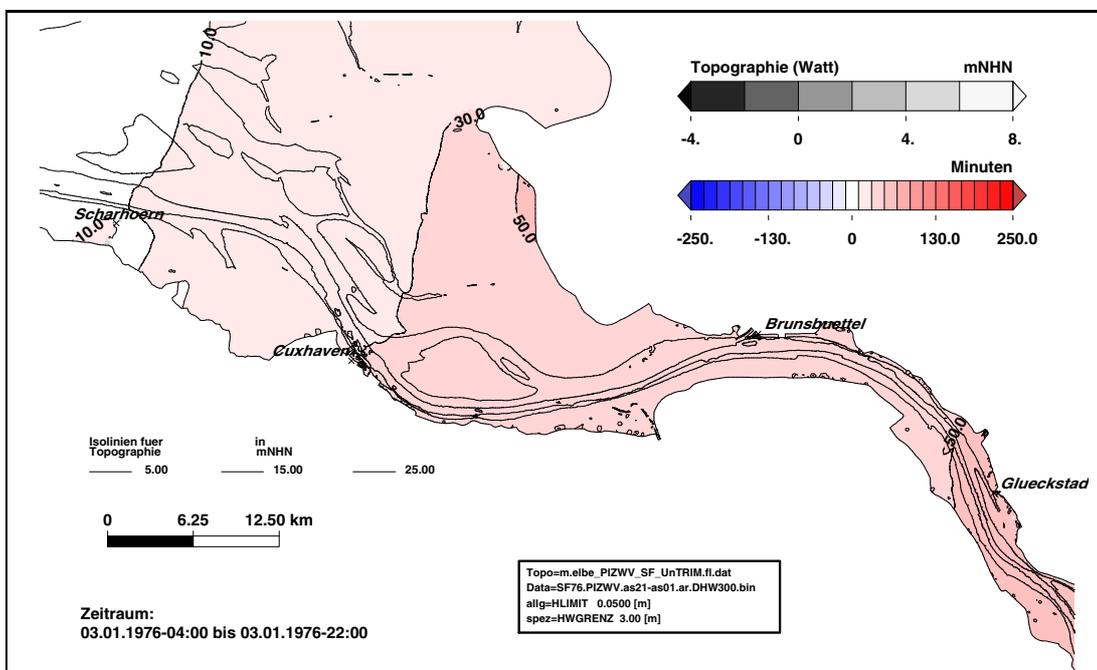


Bild 226: Änderung der Dauer hoher Wasserstände $>NHN+3,00\text{ m}$ im Sturmflutszenario SF76Wind+10% (as21) bezogen auf Sturmflutszenario SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im DHW300 von 20 Minuten. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die Dauer DHW300 um weniger als ± 10 Minuten.

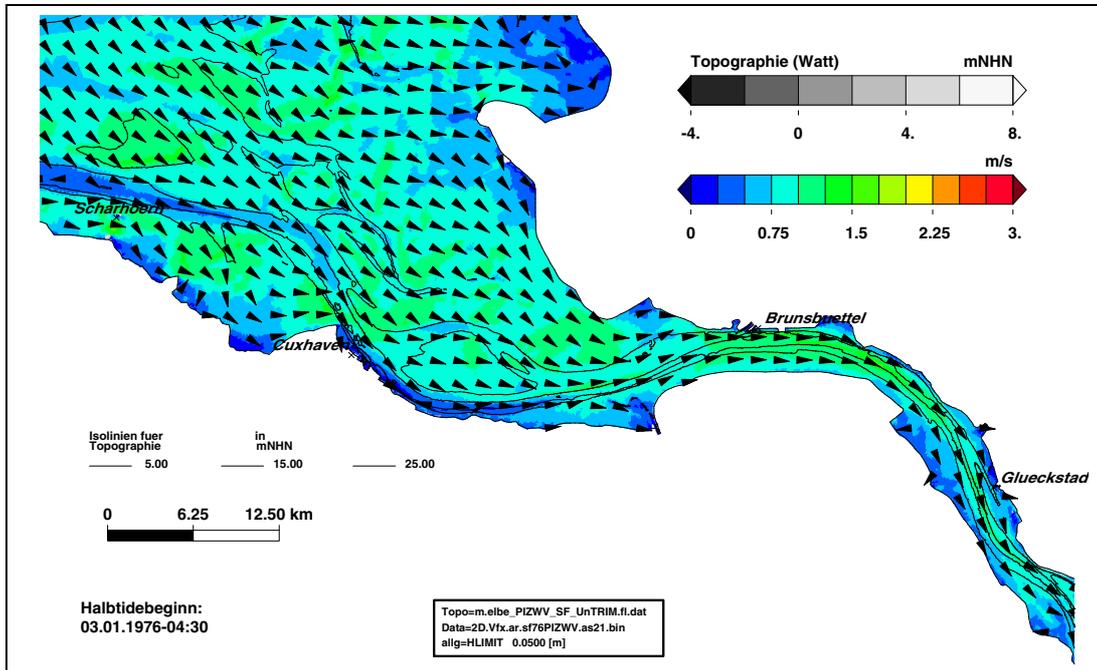


Bild 227: Maximalen Flutstromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76Wind+10% (as21) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderungen der maximalen Flutstromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

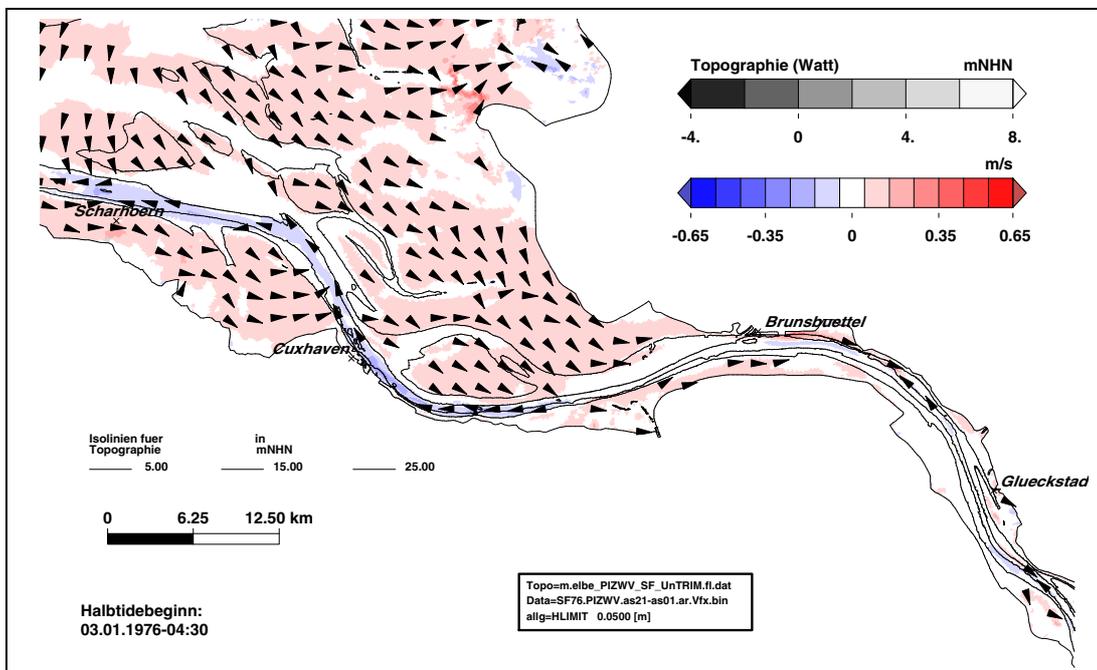


Bild 228: Änderung der maximalen Flutstromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76Wind+10% (as21) bezogen auf Sturmflutszenario SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der maximalen Flutstromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die maximale Flutstromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.

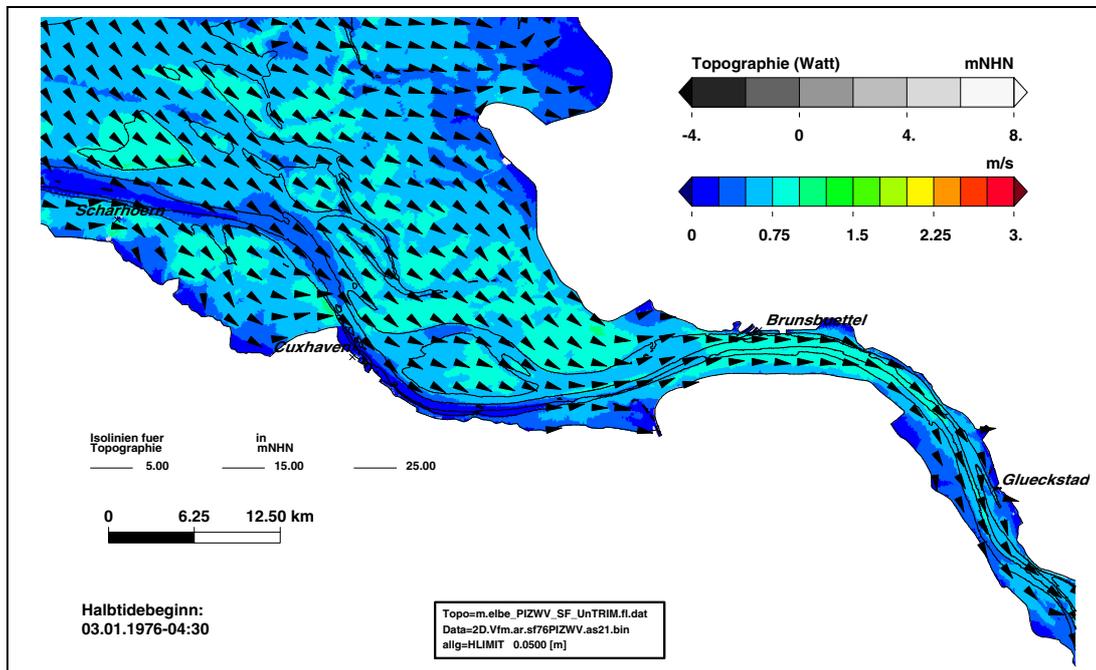


Bild 229: Mittlere Flutstromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76Wind+10% (as21) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderung der mittleren Flutstromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

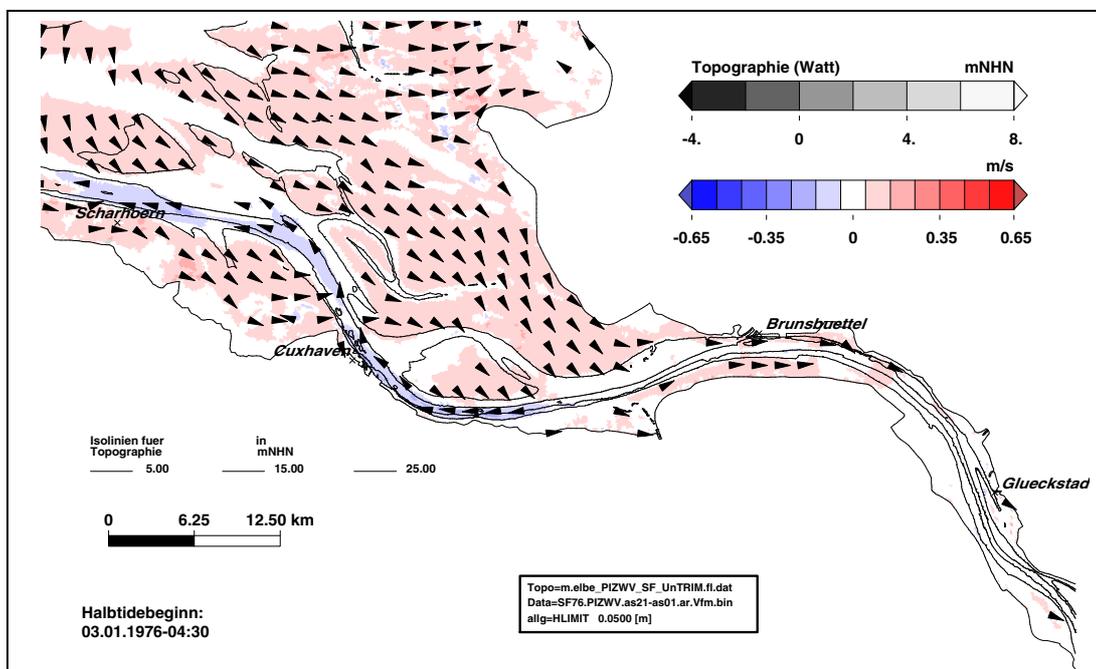


Bild 230: Änderung der mittleren Flutstromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76Wind+10% (as21) bezogen auf Sturmflutszenario SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der mittleren Flutstromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die mittlere Flutstromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.

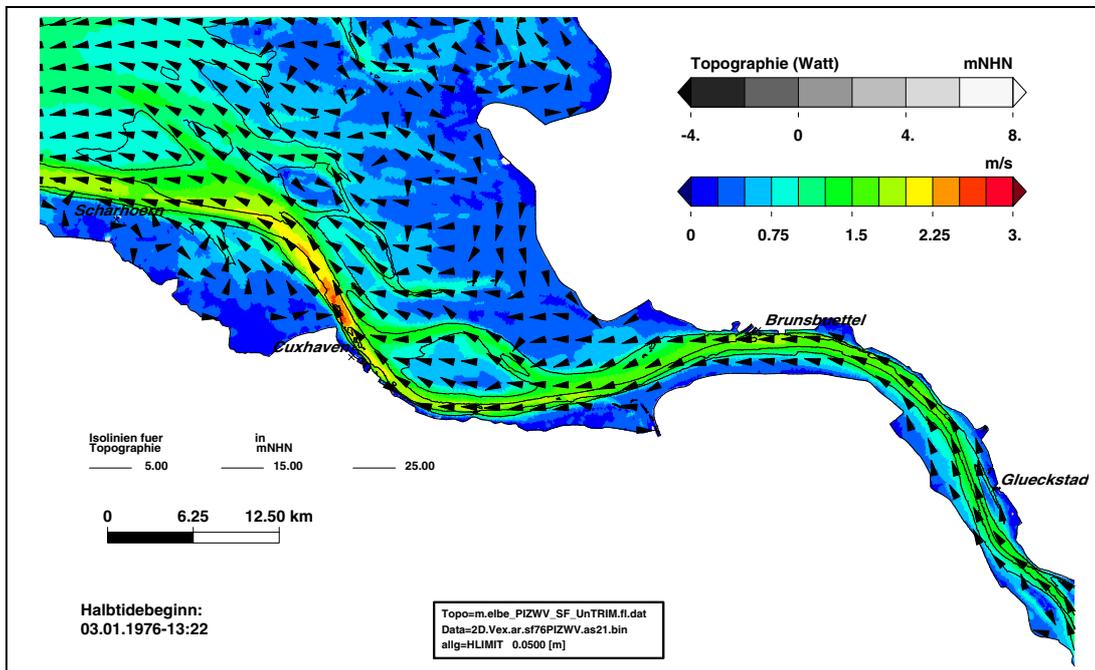


Bild 231: Maximalen Ebbestromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76Wind+10% (as21) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderungen der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

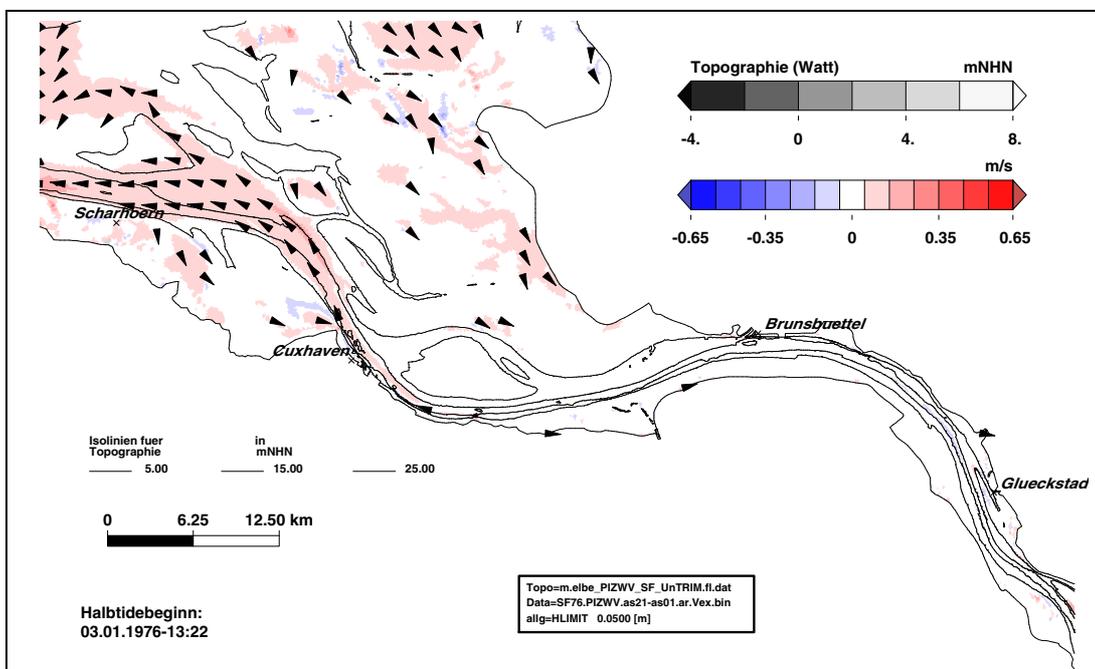


Bild 232: Änderung der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76Wind+10% (as21) bezogen auf Sturmflutszenario SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die maximale Ebbestromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.

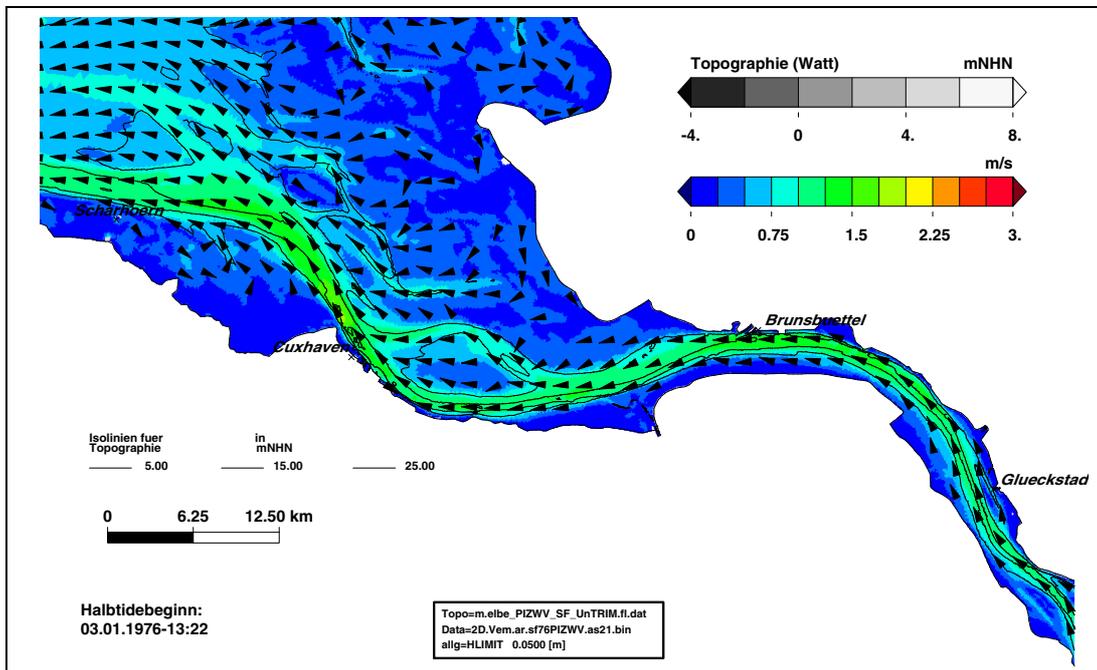


Bild 233: Mittlere Ebbestromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76Wind+10% (as21) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderungen der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

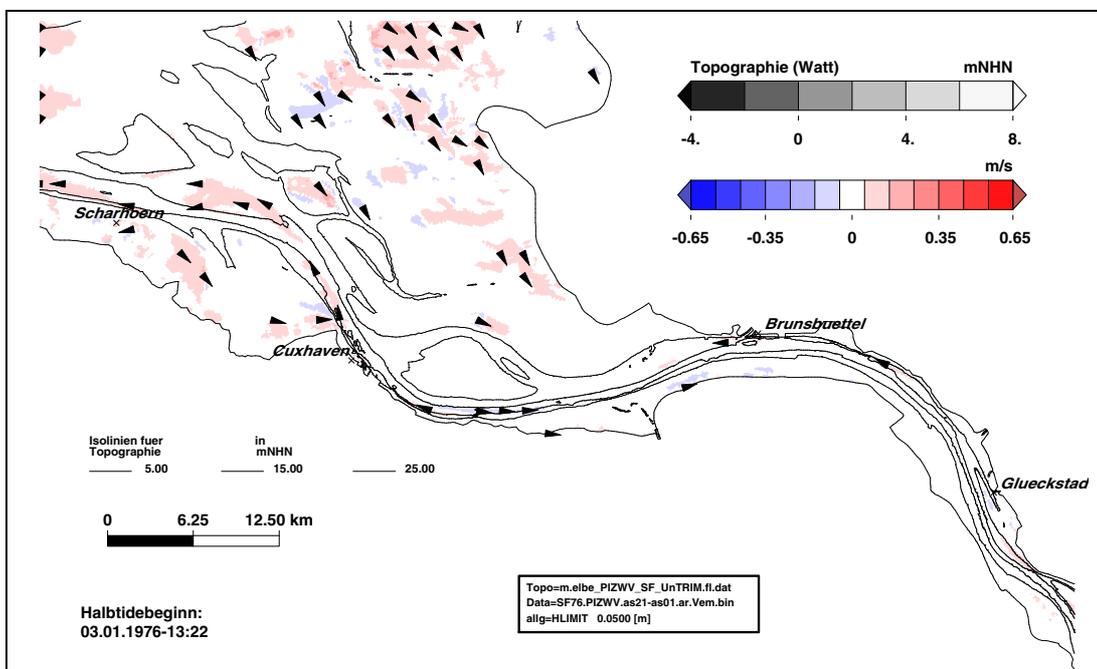
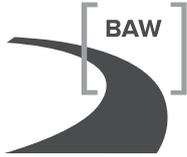


Bild 234: Änderung der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76Wind+10% (as21) bezogen auf Sturmflutszenario SF76 (as01) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die mittlere Ebbestromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.



9.4.2 Sturmflutszenario SF76 Wind+10% slr+25cm: Elbe Tg West

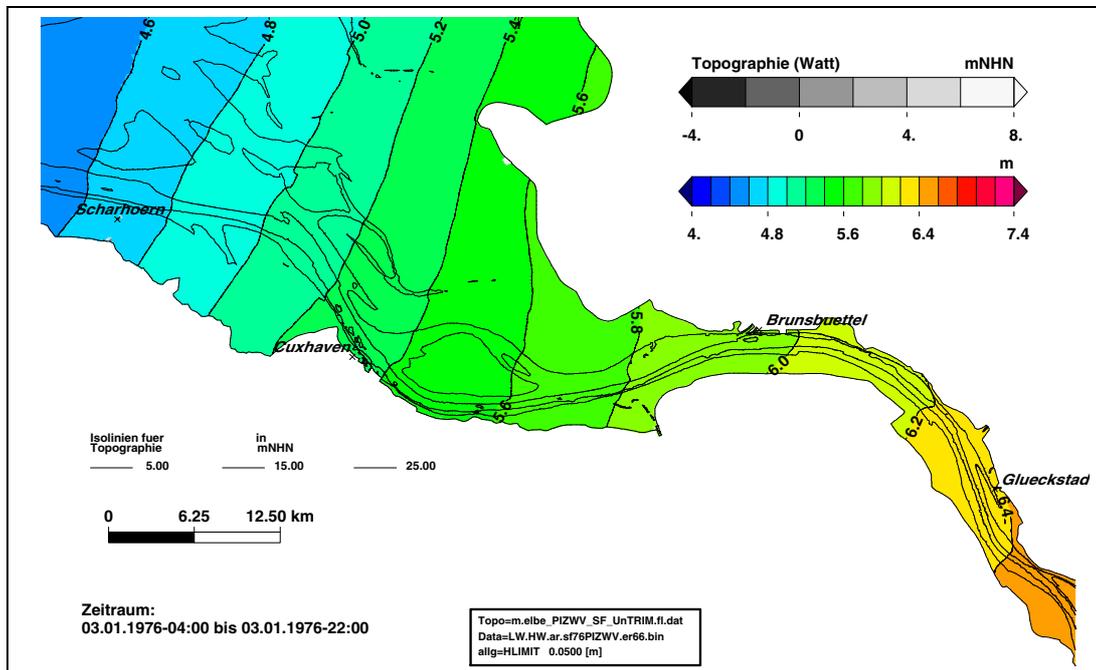


Bild 235: Sturmflutscheitelwasserstand HW für das Sturmflutszenario SF76Wind+10%slr+25cm (er66) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im HW von 20 cm.

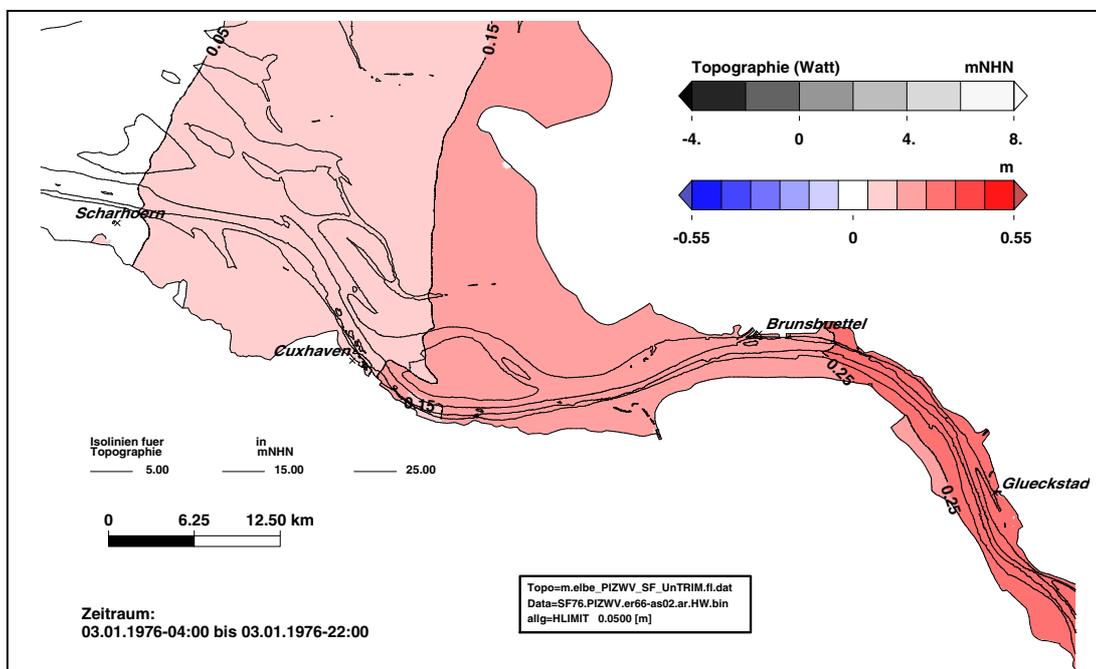


Bild 236: Änderung des Sturmflutscheitelwasserstand HW im Sturmflutszenario SF76Wind+10%slr+25cm (er66) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+25cm (as02) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im HW von 2 cm. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich das HW um weniger als $25\text{ cm} \pm 1\text{ cm}$.

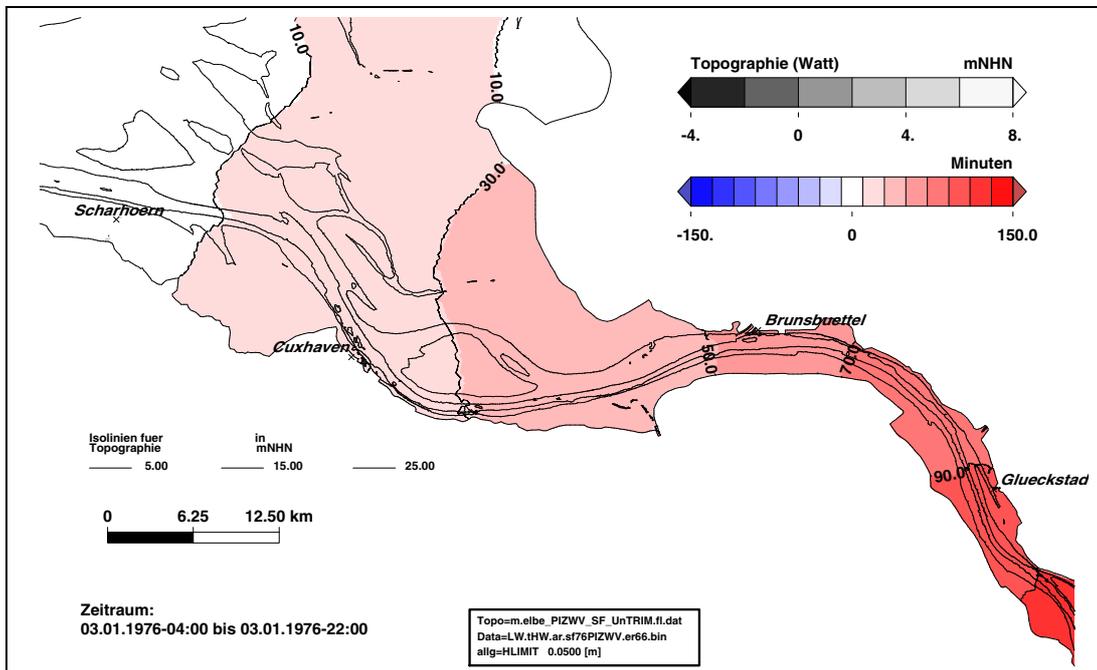


Bild 237: Eintrittszeit des Sturmflutscheitelwasserstand tHW für das Sturmflutszenario SF76Wind+10%slr+25cm (er66) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderung der Eintrittszeit von 20 Minuten.

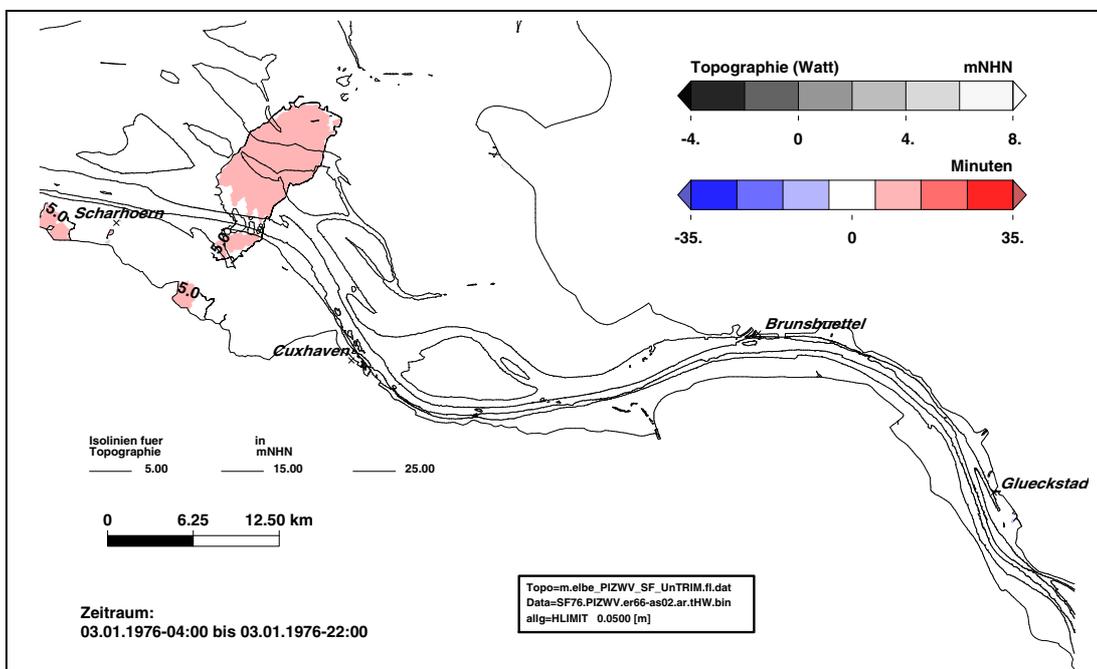


Bild 238: Änderung der Eintrittszeit des Sturmflutscheitelwasserstand HW im Sturmflutszenario SF76Wind+10%slr+25cm (er66) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+25cm (as02) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im tHW von 10 Minuten. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich das HW um weniger als ± 5 Minuten.

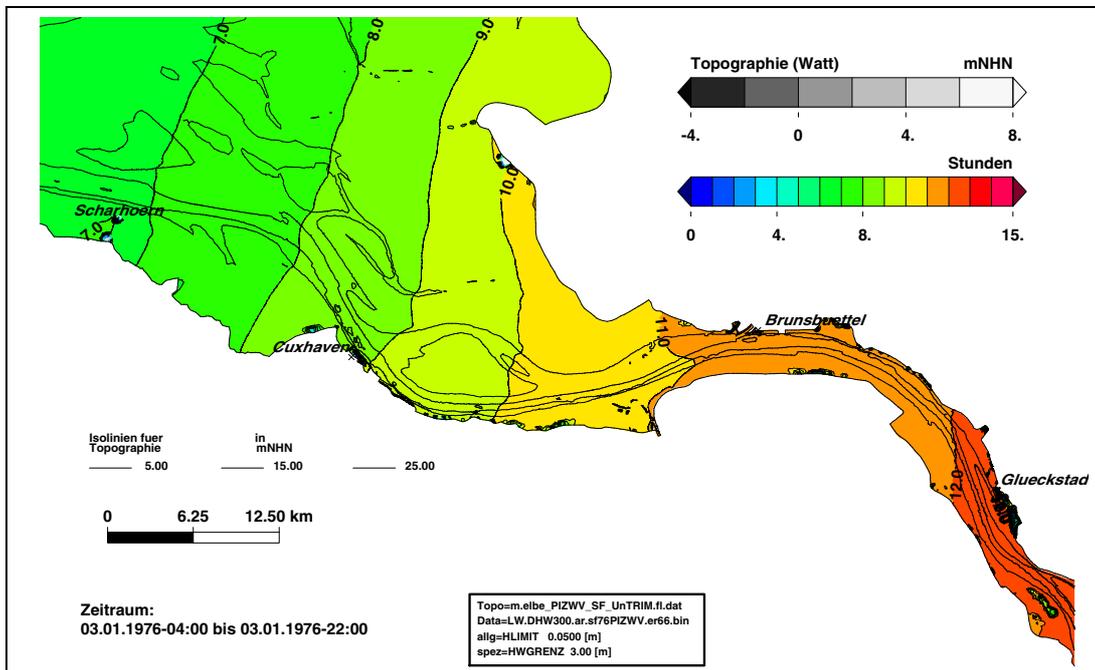


Bild 239: Dauer hoher Wasserstände $>NHN+3,00\text{ m}$ während des Sturmflutszenarios SF76Wind+10%slr+25cm (er66) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht Änderungen der Dauer von 1 Stunde.

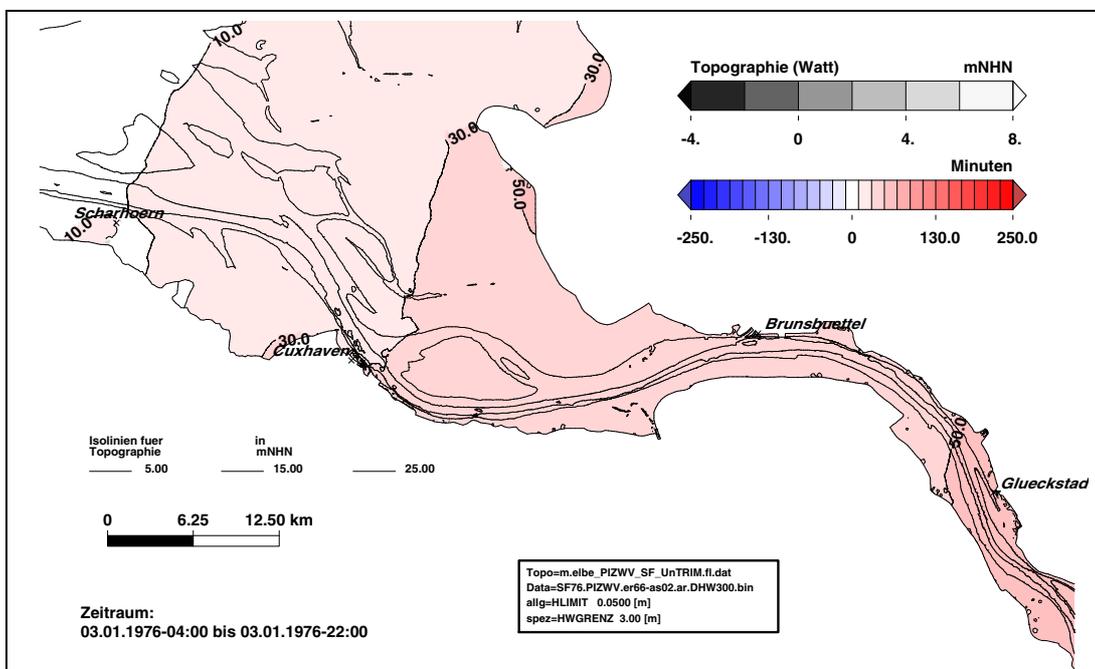


Bild 240: Änderung der Dauer hoher Wasserstände $>NHN+3,00\text{ m}$ im Sturmflutszenario SF76Wind+10%slr+25cm (er66) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+25cm (as02) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im DHW300 von 20 Minuten. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die Dauer DHW300 um weniger als ± 10 Minuten.

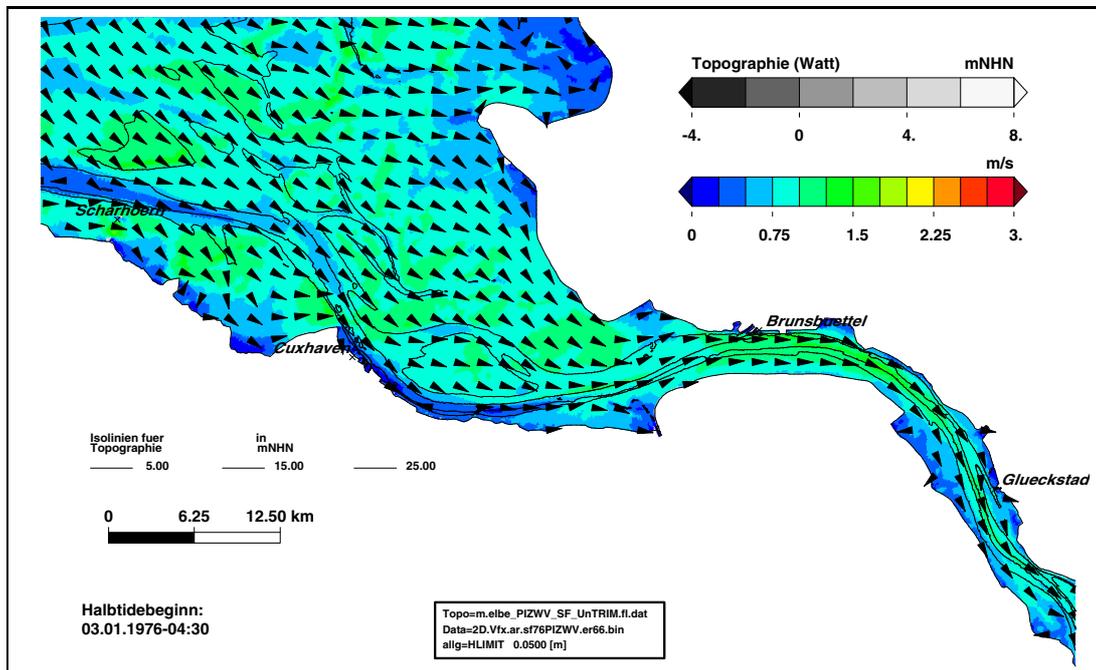


Bild 241: Maximalen Flutstromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76Wind+10%slr+25cm (er66) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderungen der maximalen Flutstromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

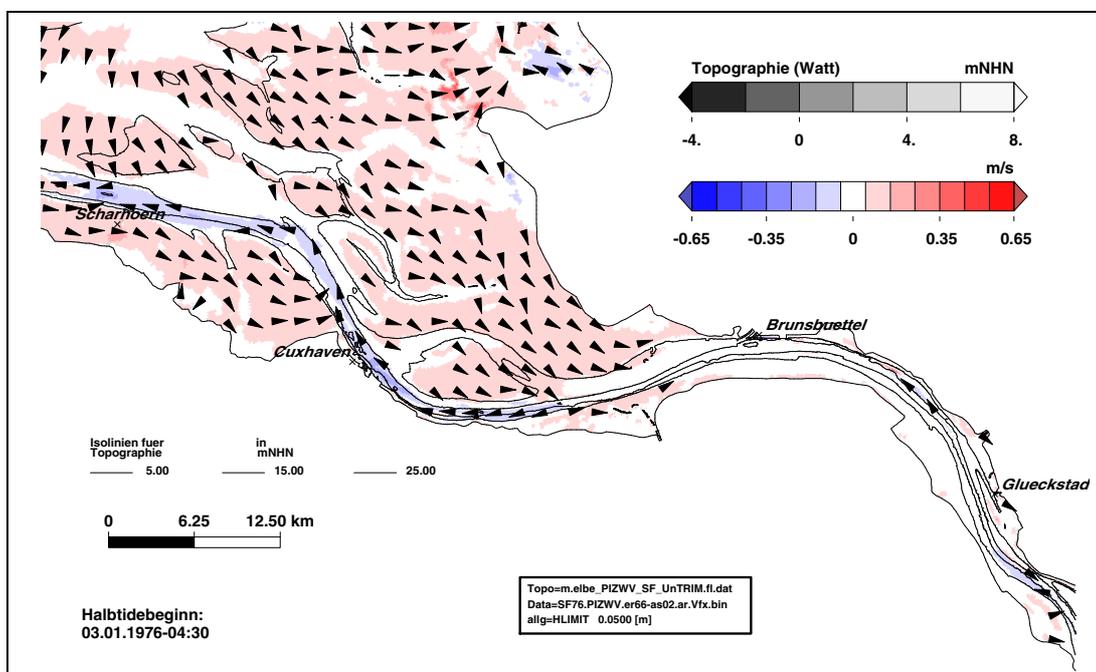


Bild 242: Änderung der maximalen Flutstromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76Wind+10%slr+25cm (er66) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+25cm (as02) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der maximalen Flutstromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die maximale Flutstromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.

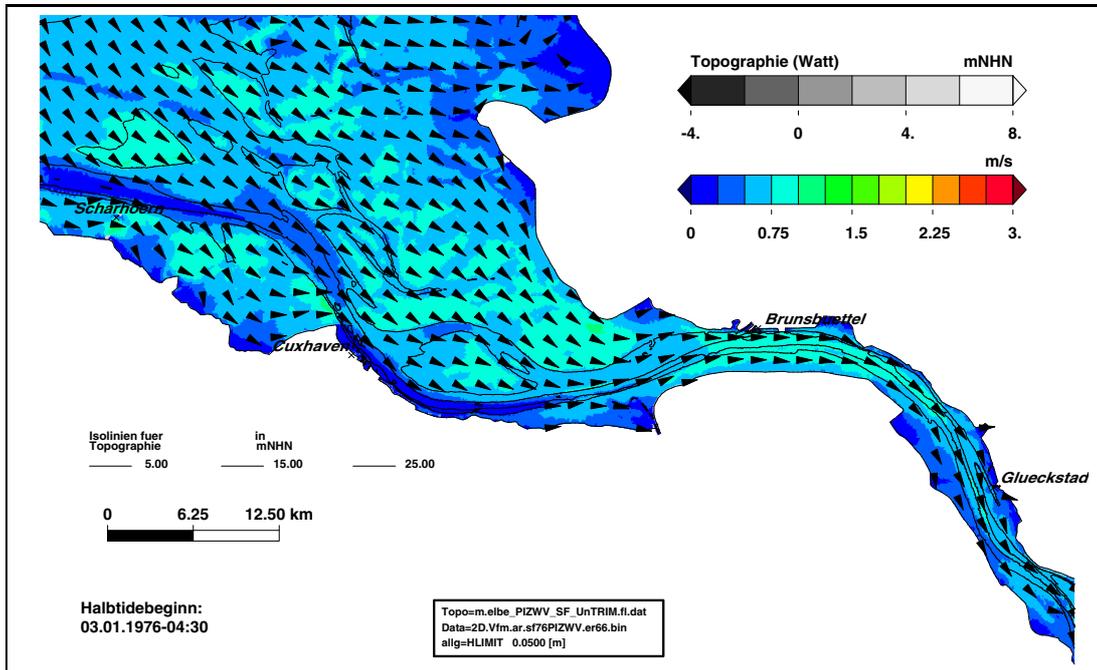


Bild 243: Mittlere Flutstromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76Wind+10%slr+25cm (er66) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderungen der mittleren Flutstromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

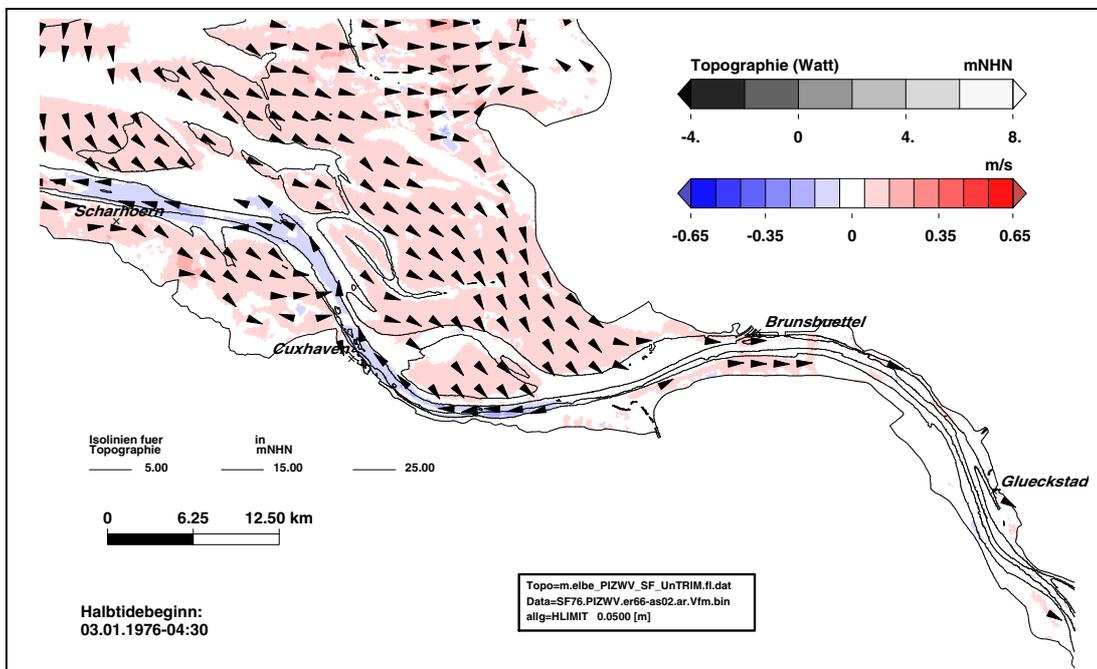


Bild 244: Änderung der mittleren Flutstromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76Wind+10%slr+25cm (er66) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+25cm (as02) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der mittleren Flutstromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die mittlere Flutstromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.

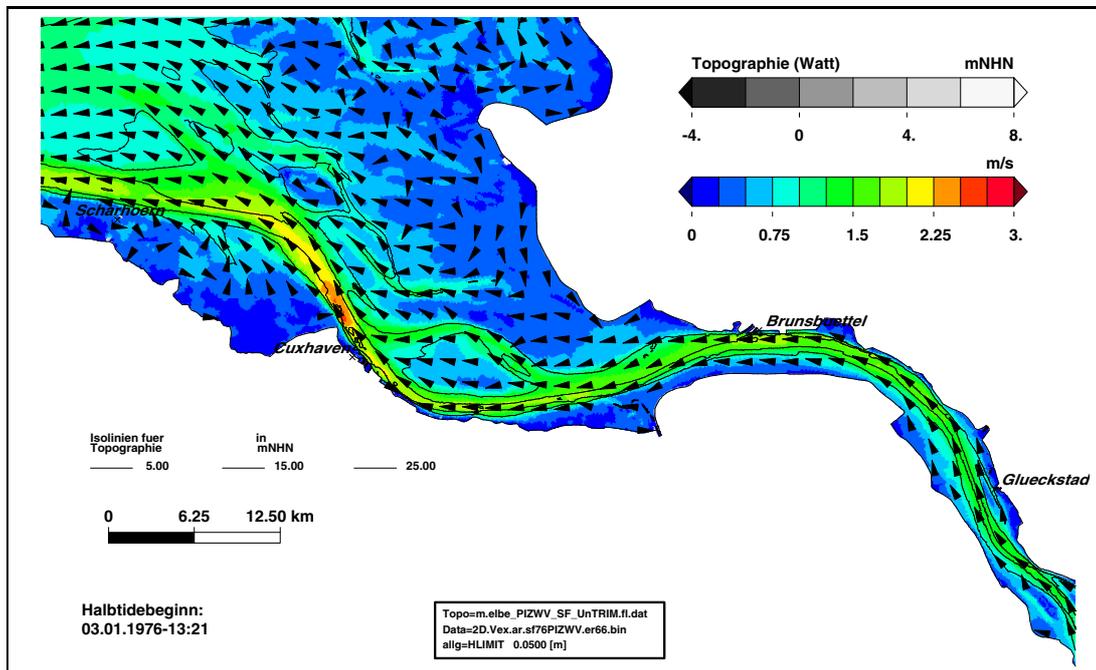


Bild 245: Maximalen Ebbestromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76Wind+10%slr+25cm (er66) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderungen der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

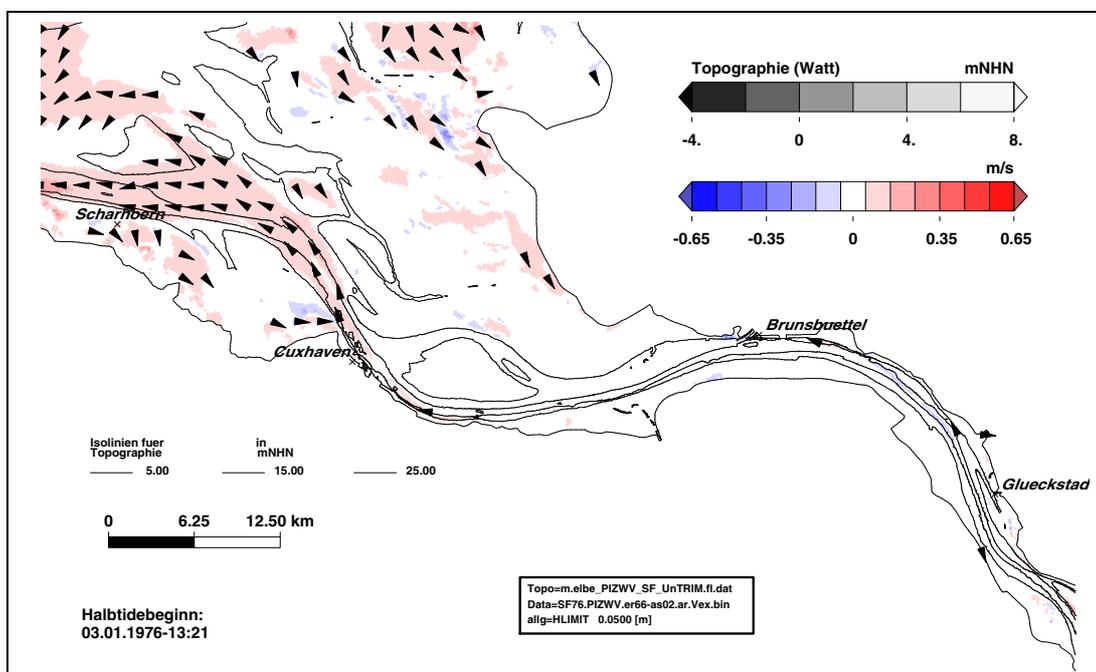


Bild 246: Änderung der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76Wind+10%slr+25cm (er66) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+25cm (as02) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die maximale Ebbestromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.

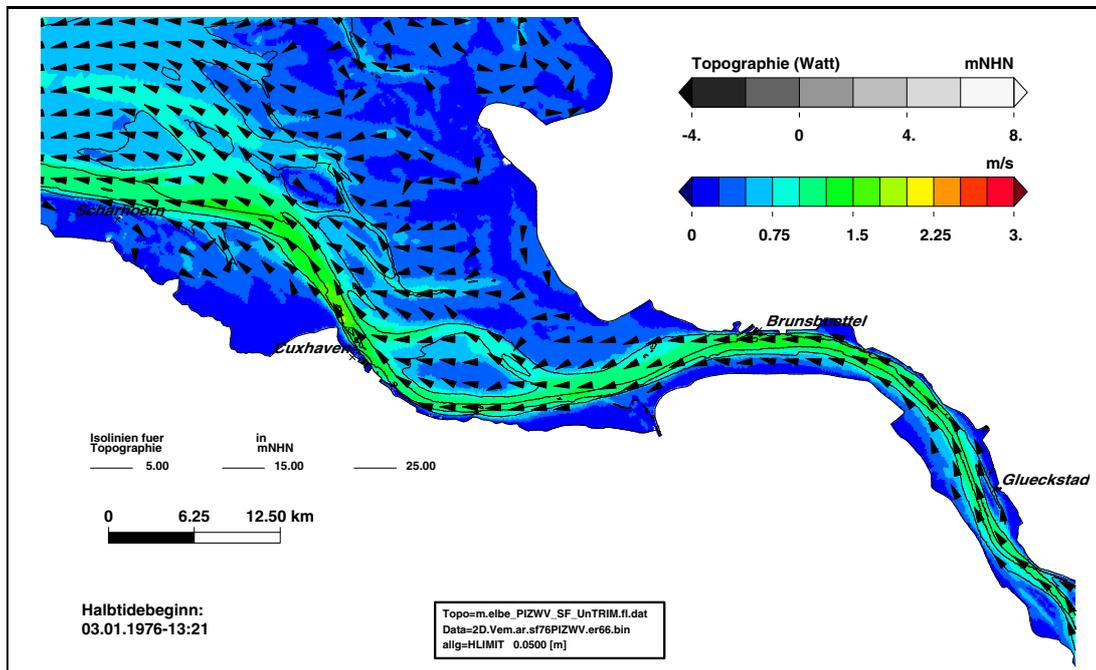


Bild 247: Mittlere Ebbestromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76Wind+10%slr+25cm (er66) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderungen der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

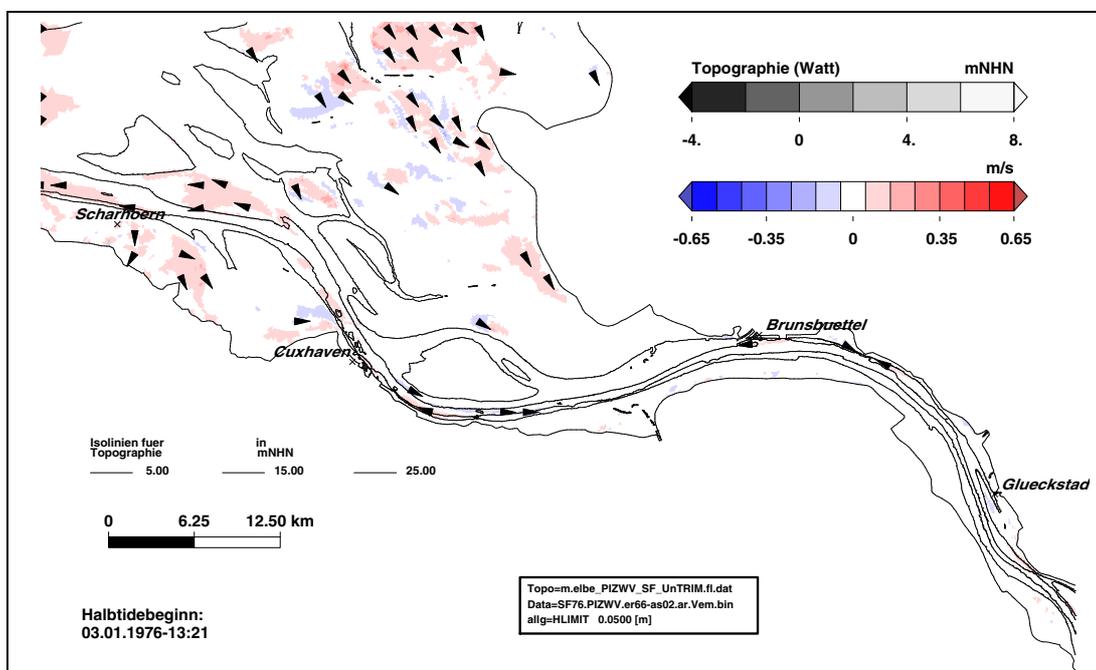
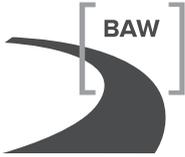


Bild 248: Änderung der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76Wind+10%slr+25cm (er66) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+25cm (as02) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die mittlere Ebbestromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.



9.4.3 Sturmflutszenario SF76 Wind+10% slr+80cm: Elbe Tg West

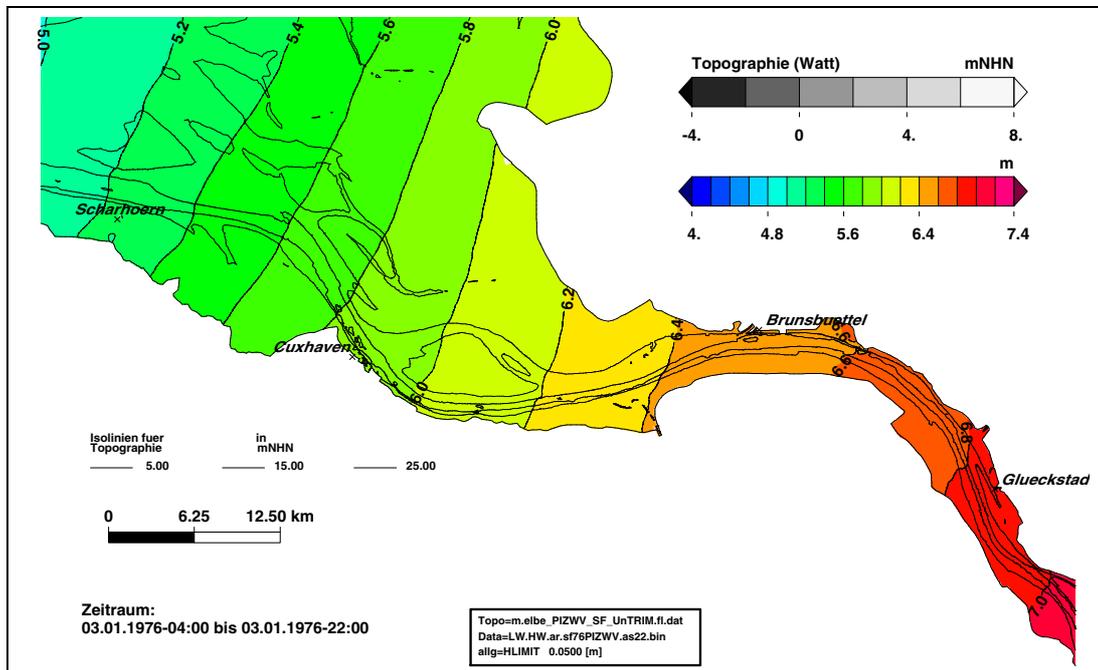


Bild 249: Sturmflutscheitelwasserstand HW für das Sturmflutszenario SF76Wind+10%slr+80cm (as22) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im HW von 20 cm.

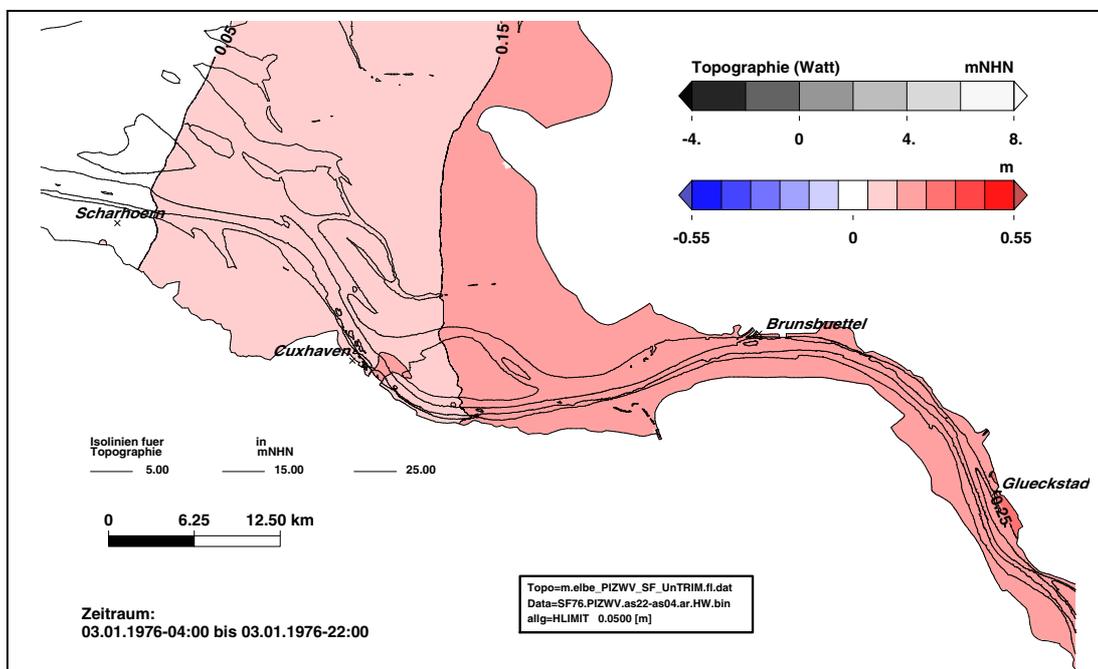


Bild 250: Änderung des Sturmflutscheitelwasserstand HW im Sturmflutszenario SF76Wind+10%slr+80cm (as22) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+10% (as04) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im HW von 2 cm. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich das HW um weniger als $25\text{ cm} \pm 1\text{ cm}$.

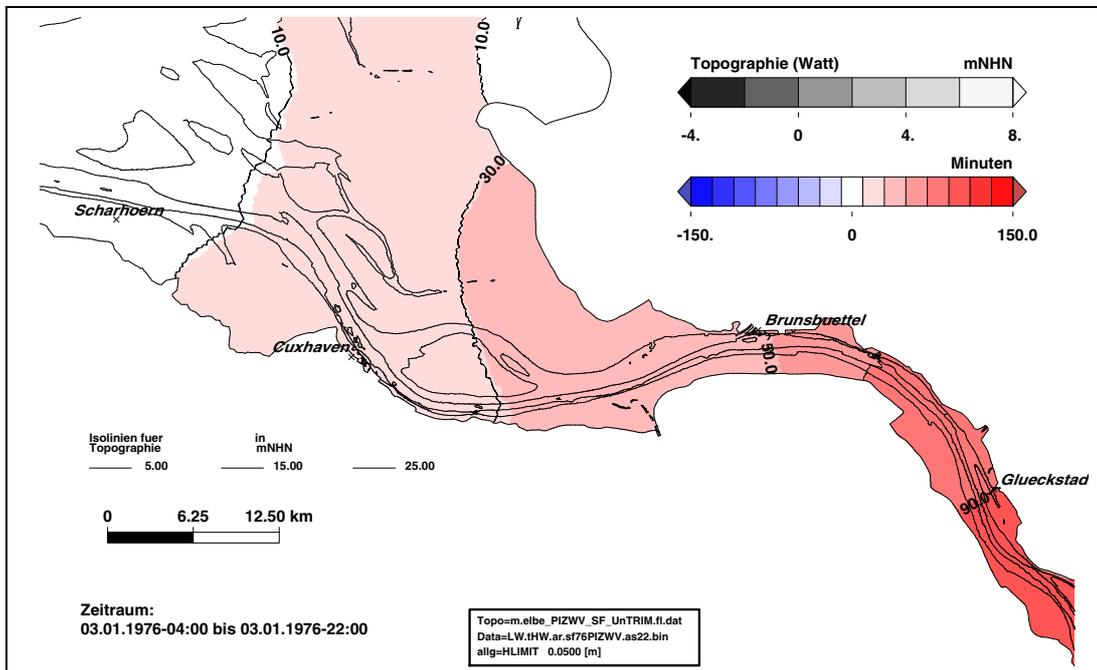


Bild 251: Eintrittszeit des Sturmflutscheitelwasserstand tHW für das Sturmflutszenario SF76Wind+10%slr+80cm (as22) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderung der Eintrittszeit von 20 Minuten.

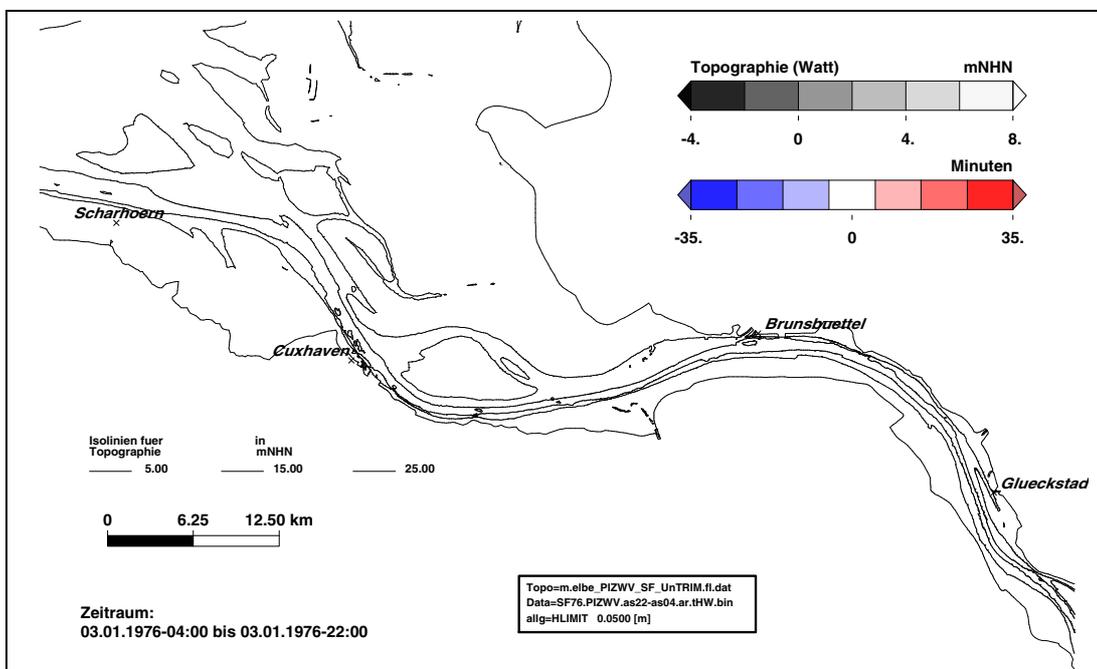


Bild 252: Änderung der Eintrittszeit des Sturmflutscheitelwasserstand HW im Sturmflutszenario SF76Wind+10%slr+80cm (as22) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+10% (as04) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im tHW von 10 Minuten. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich das HW um weniger als ± 5 Minuten.

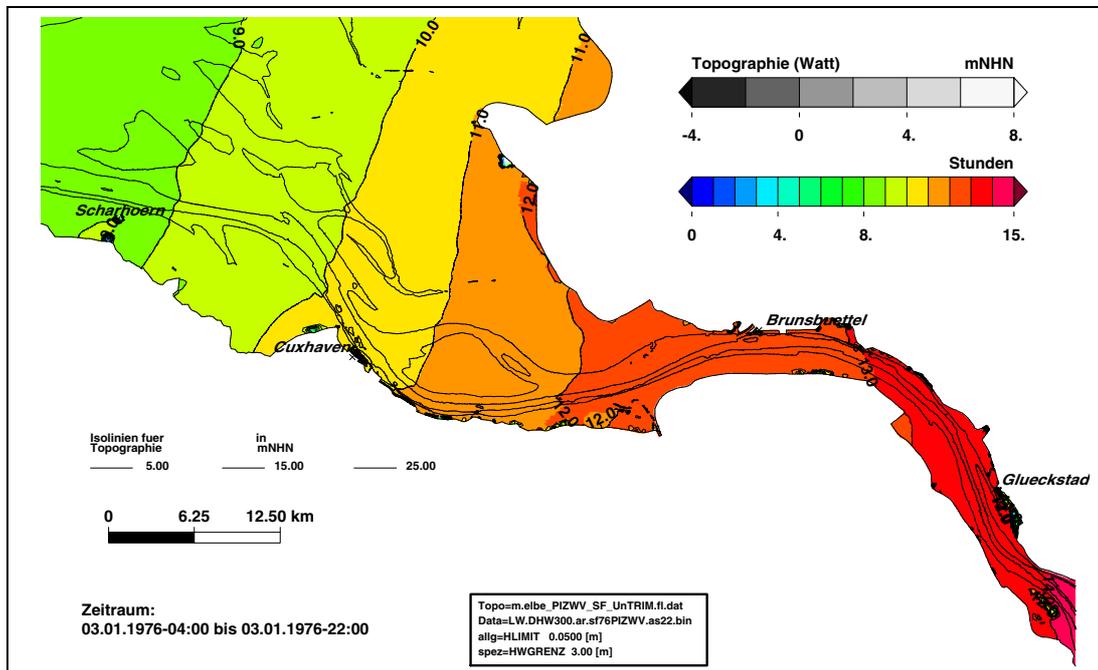


Bild 253: Dauer hoher Wasserstände $>NHN+3,00\text{ m}$ während des Sturmflutszenarios SF76Wind+10%slr+80cm (as22) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht Änderungen der Dauer von 1 Stunde.

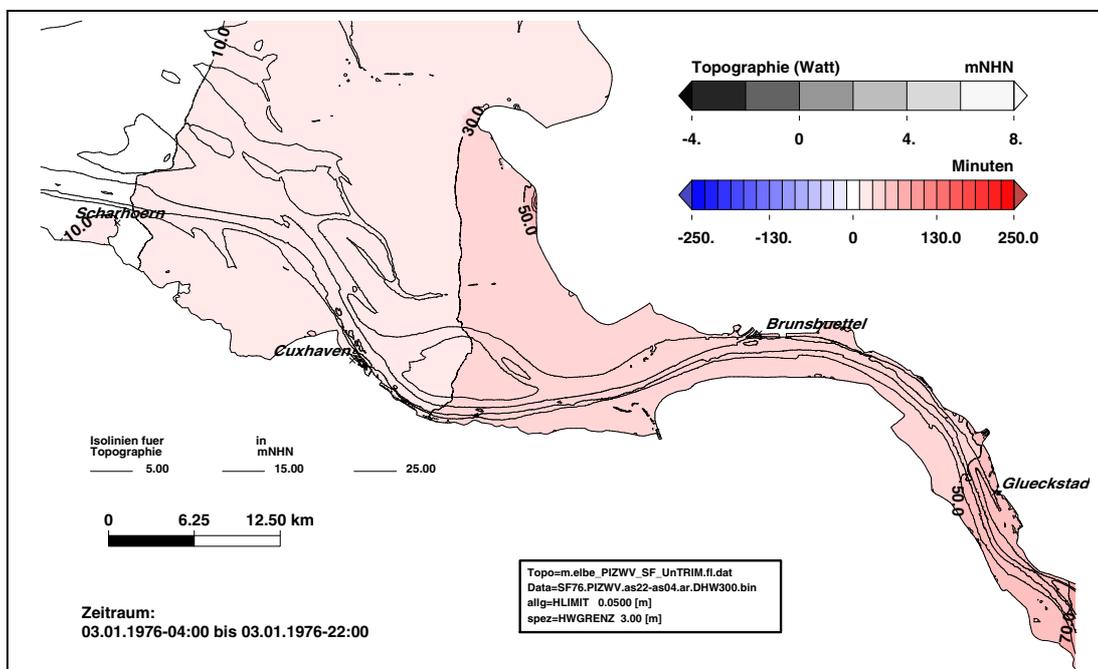


Bild 254: Änderung der Dauer hoher Wasserstände $>NHN+3,00\text{ m}$ im Sturmflutszenario SF76Wind+10%slr+80cm (as22) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+10% (as04) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im DHW300 von 20 Minuten. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die Dauer DHW300 um weniger als ± 10 Minuten.

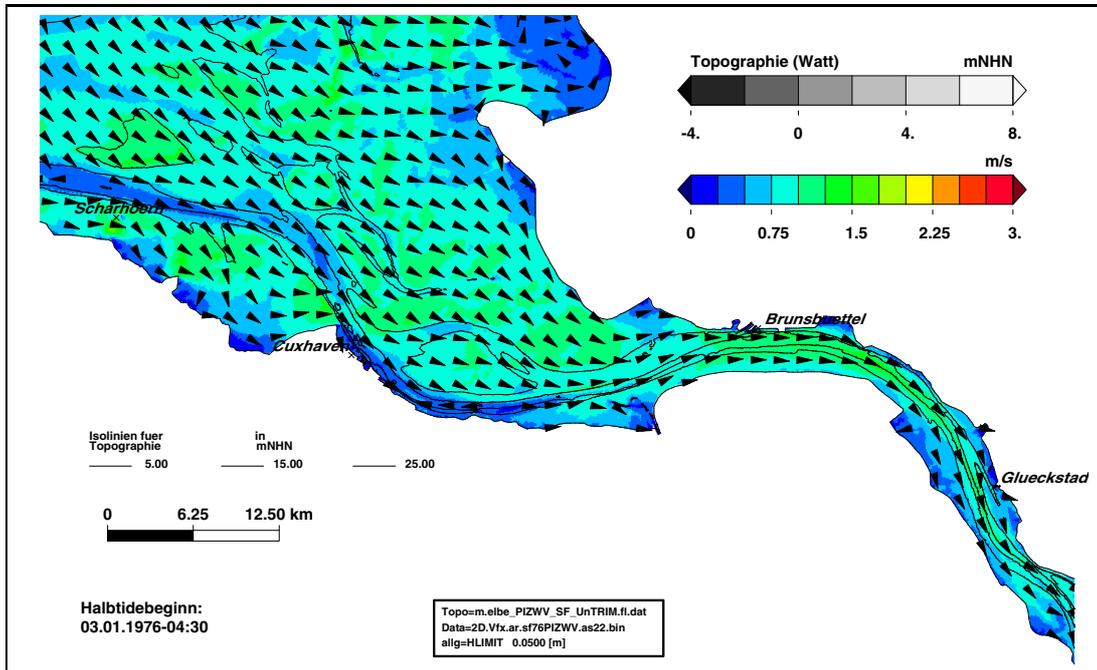


Bild 255: *Maximalen Flutstromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76Wind+10%slr+80cm (as22) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderungen der maximalen Flutstromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.*

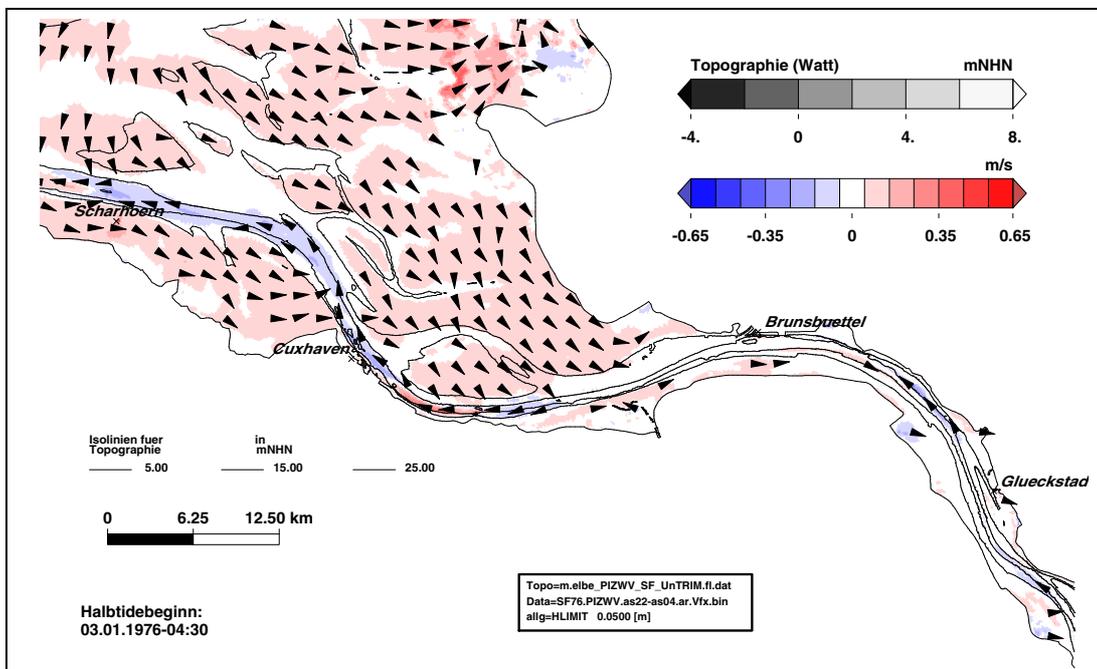


Bild 256: *Änderung der maximalen Flutstromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76Wind+10%slr+80cm (as22) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+10% (as04) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der maximalen Flutstromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die maximale Flutstromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.*

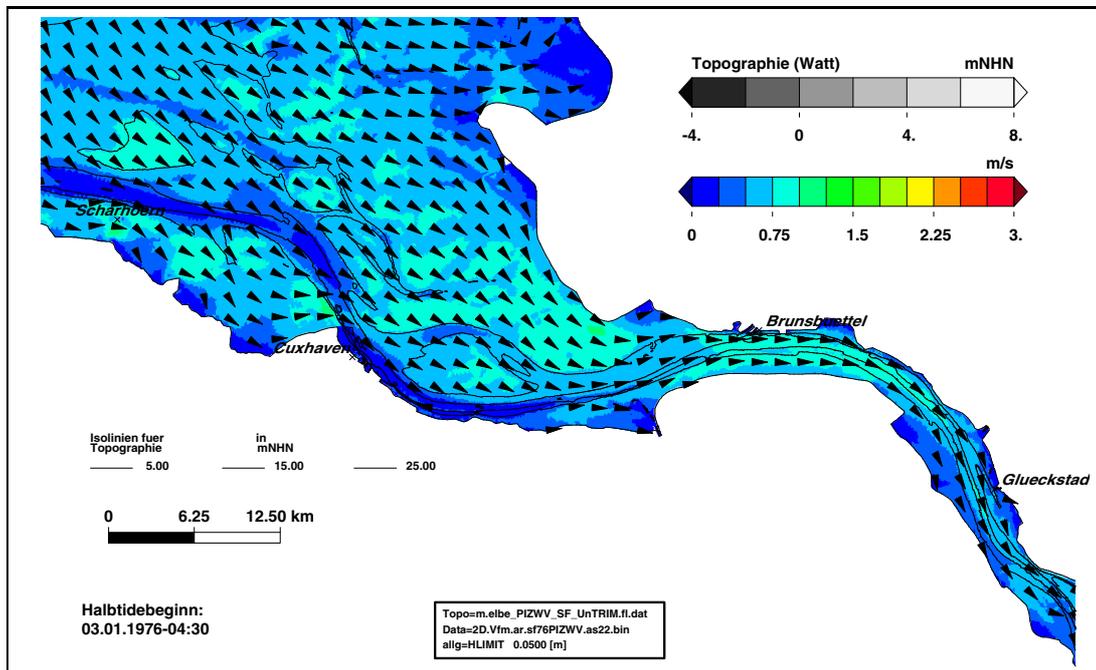


Bild 257: Mittlere Flutstromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76Wind+10%slr+80cm (as22) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderungen der mittleren Flutstromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

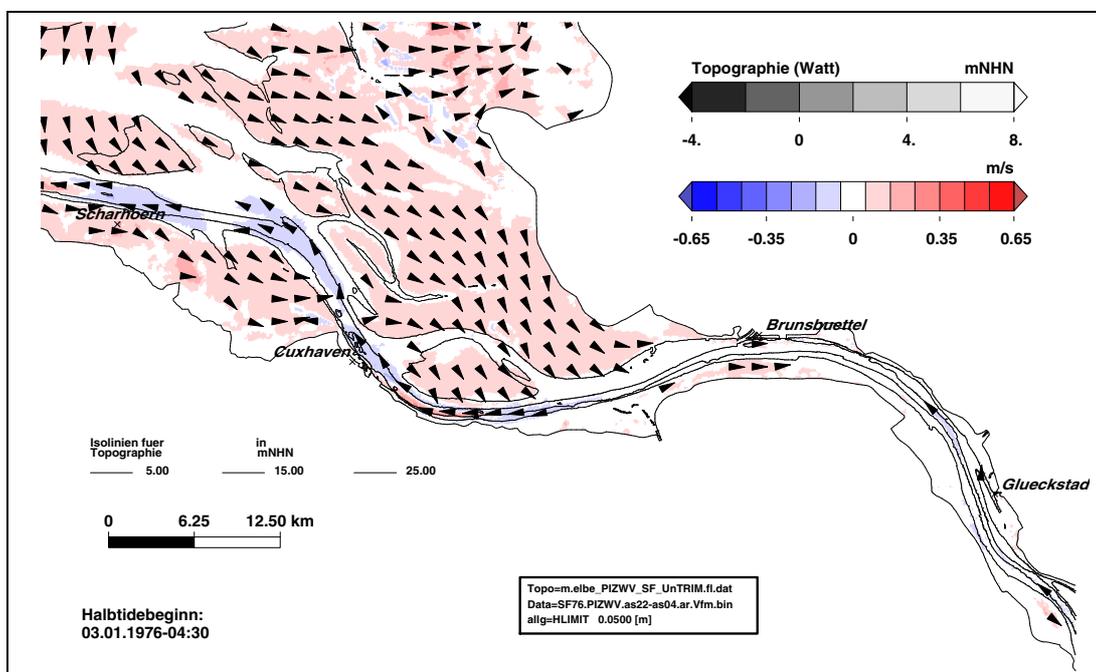


Bild 258: Änderung der mittleren Flutstromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76Wind+10%slr+80cm (as22) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+10% (as04) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der mittleren Flutstromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die mittlere Flutstromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.

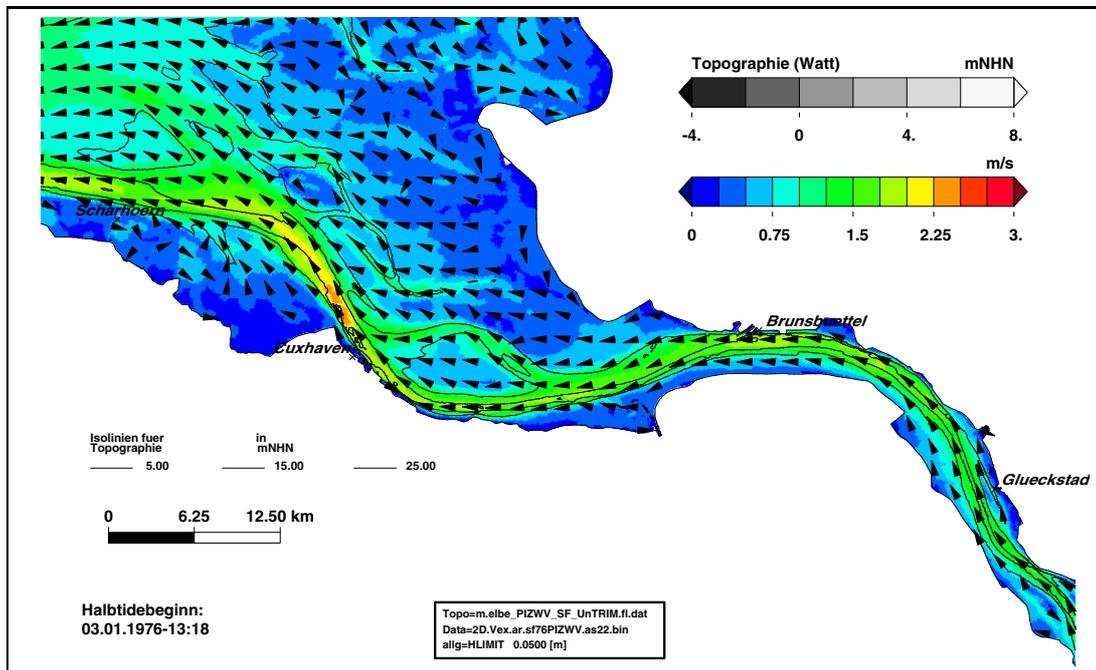


Bild 259: Maximalen Ebbestromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76Wind+10%slr+80cm (as22) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderungen der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

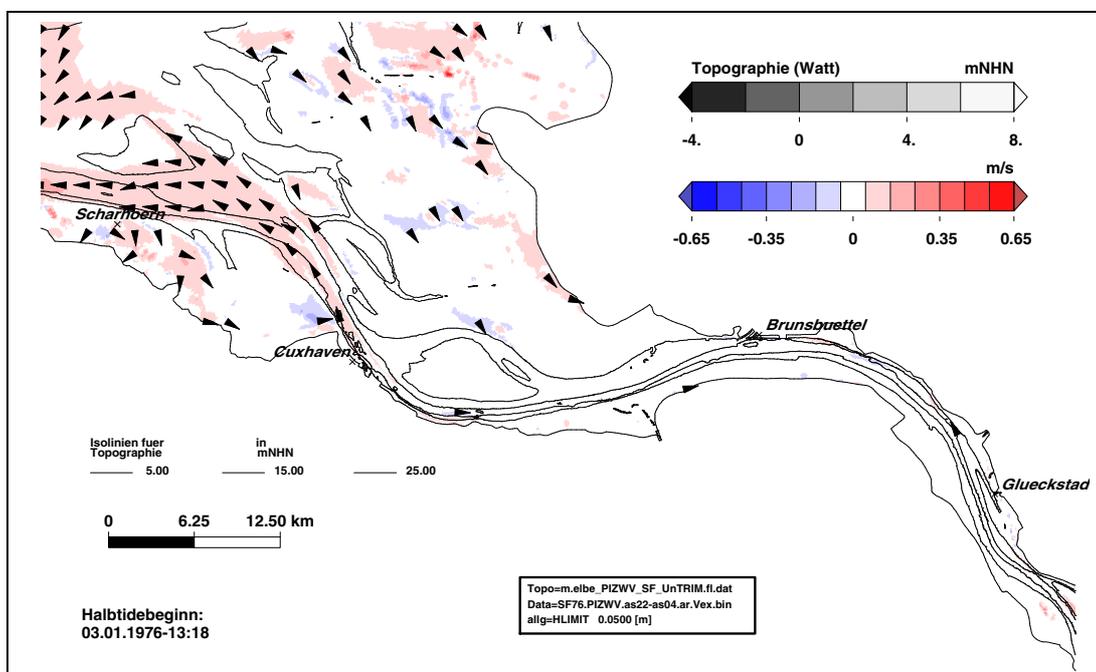


Bild 260: Änderung der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76Wind+10%slr+80cm (as22) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+10% (as04) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die maximale Ebbestromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.

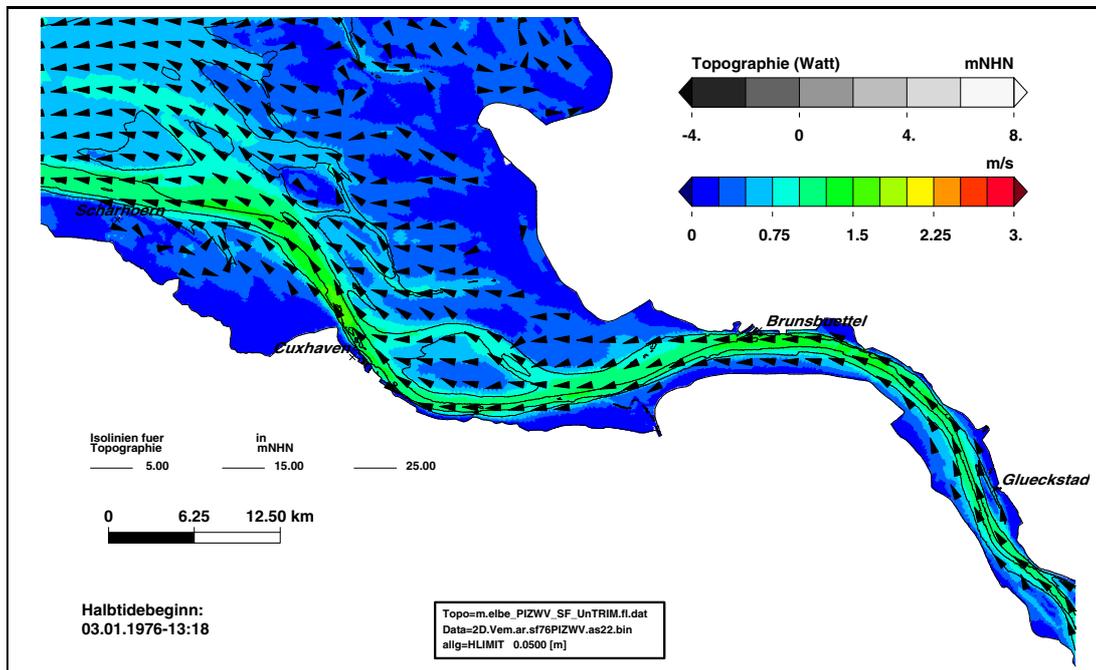


Bild 261: Mittlere Ebbestromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76Wind+10%slr+80cm (as22) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderungen der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

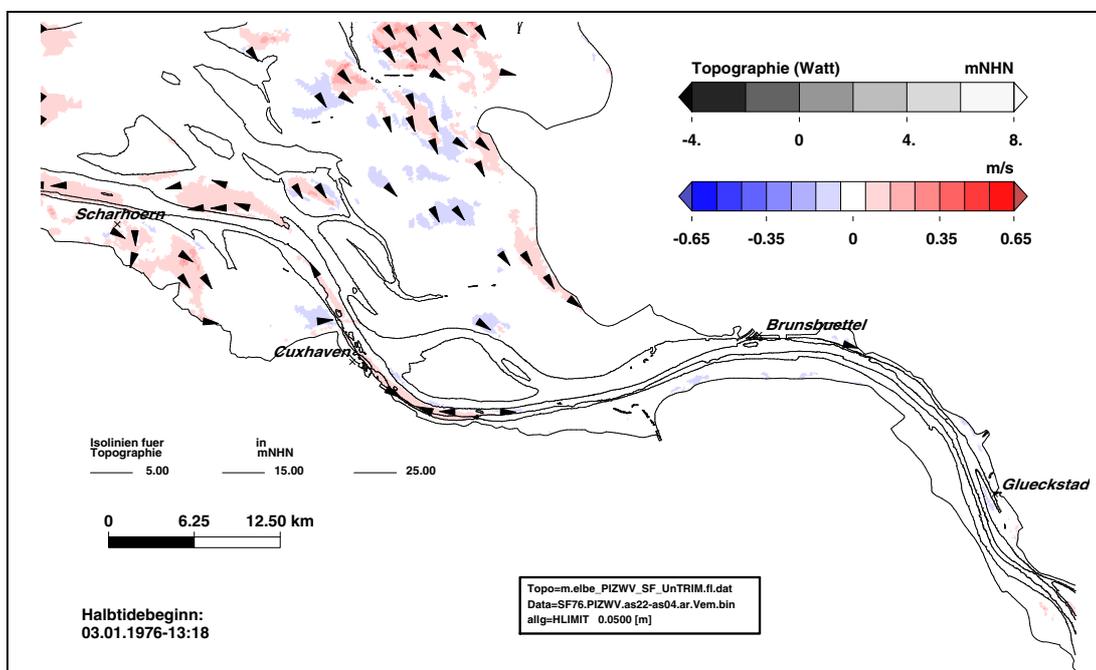
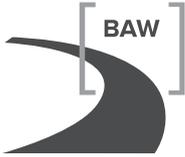


Bild 262: Änderung der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76Wind+10%slr+80cm (as22) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+10% (as04) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die mittlere Ebbestromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.



9.4.4 Sturmflutszenario SF76 Wind+10% slr+115cm: Elbe Tg West

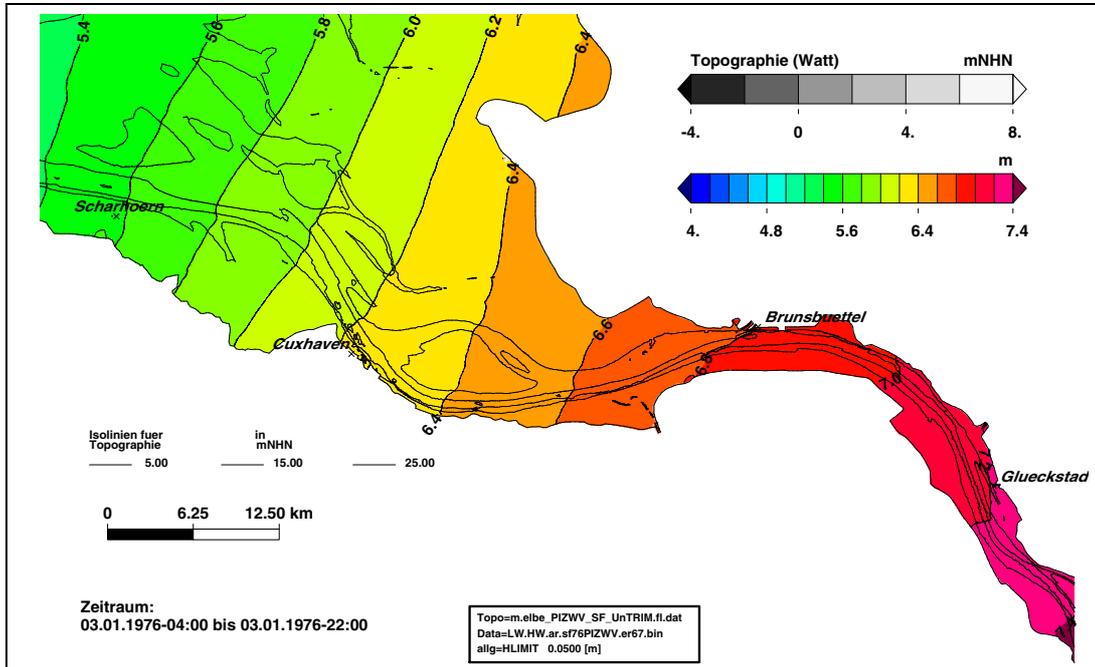


Bild 263: Sturmflutscheitelwasserstand HW für das Sturmflutszenario SF76Wind+10%slr+115cm (er67) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im HW von 20 cm.

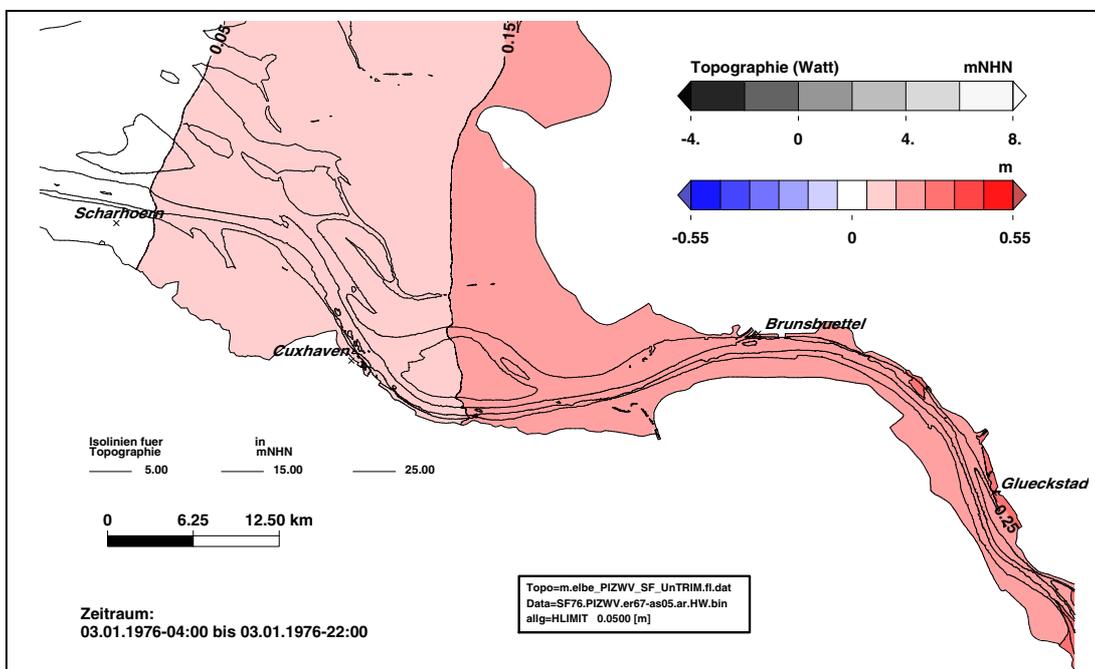


Bild 264: Änderung des Sturmflutscheitelwasserstand HW im Sturmflutszenario SF76Wind+10%slr+115cm (er67) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+115cm (as05) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im HW von 2 cm. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich das HW um weniger als $25\text{ cm} \pm 1\text{ cm}$.

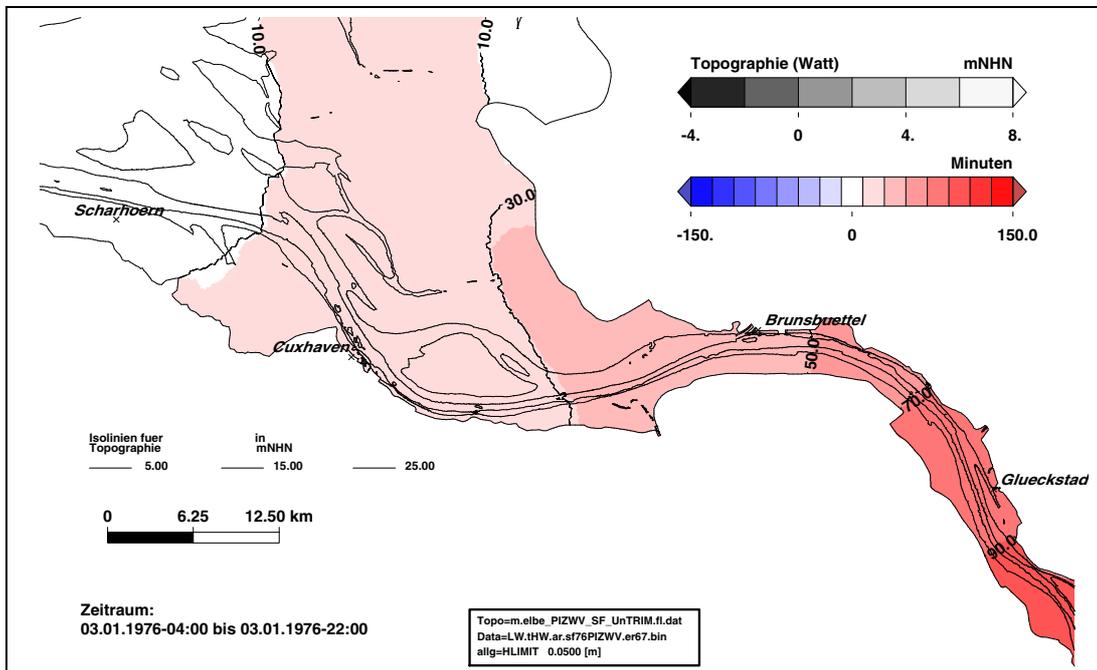


Bild 265: Eintrittszeit des Sturmflutscheitelwasserstand tHW für das Sturmflutszenario SF76Wind+10%slr+115cm (er67) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderung der Eintrittszeit von 20 Minuten.

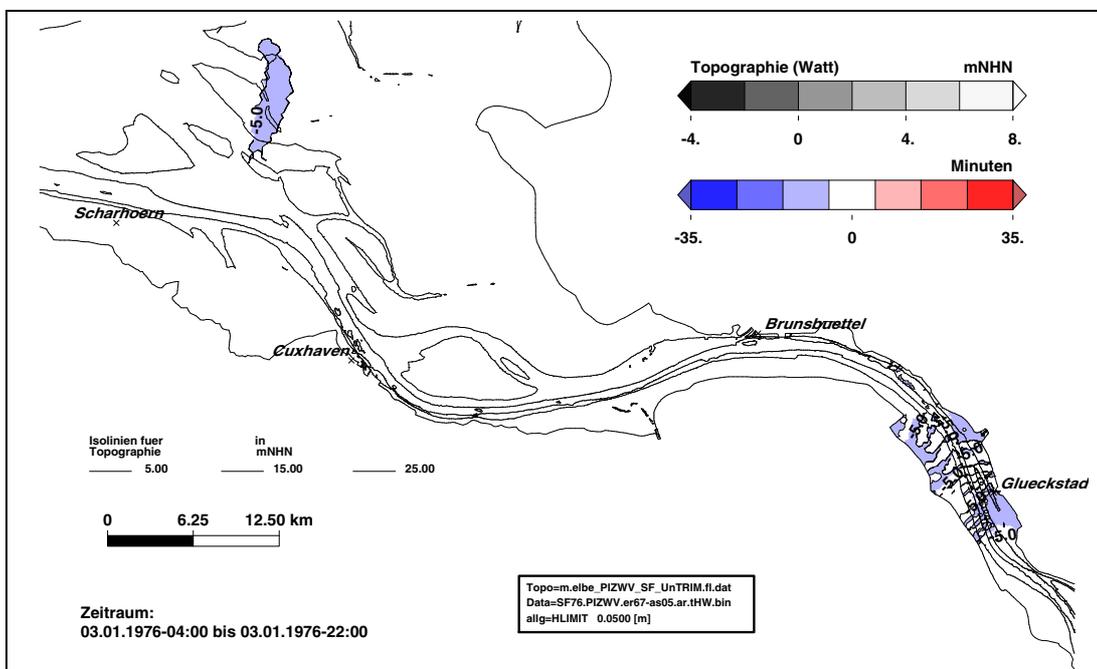


Bild 266: Änderung der Eintrittszeit des Sturmflutscheitelwasserstand HW im Sturmflutszenario SF76Wind+10%slr+115cm (er67) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+115cm (as05) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im tHW von 10 Minuten. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich das HW um weniger als ± 5 Minuten.

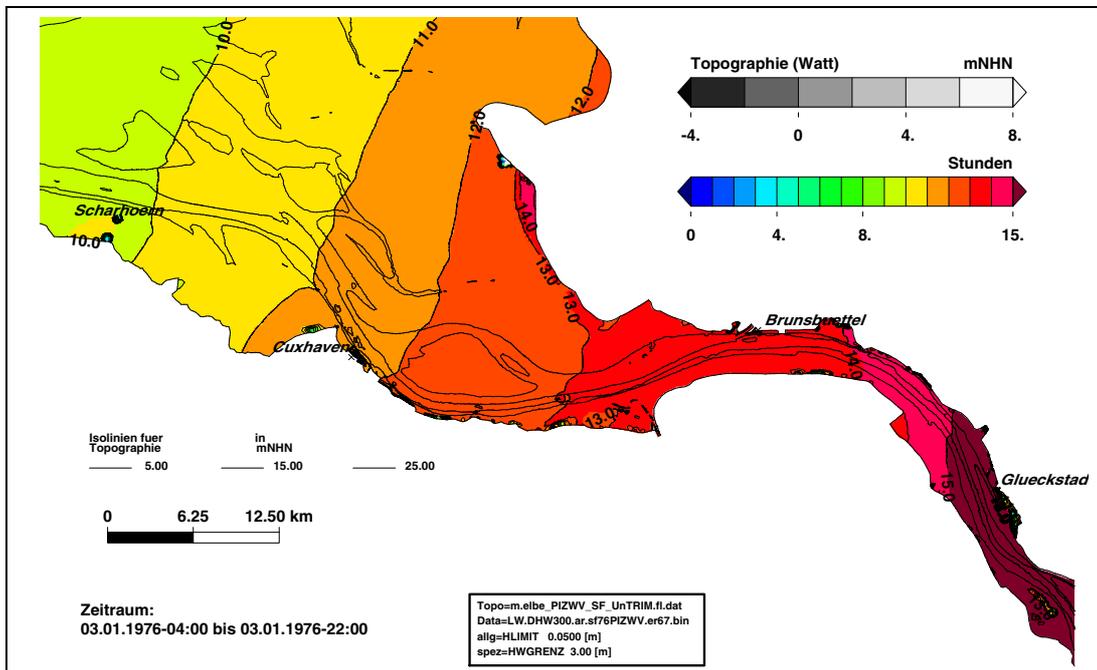


Bild 267: Dauer hoher Wasserstände $>NHN+3,00\text{ m}$ während des Sturmflutszenarios SF76Wind+10%slr+115cm (er67) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht Änderungen der Dauer von 1 Stunde.

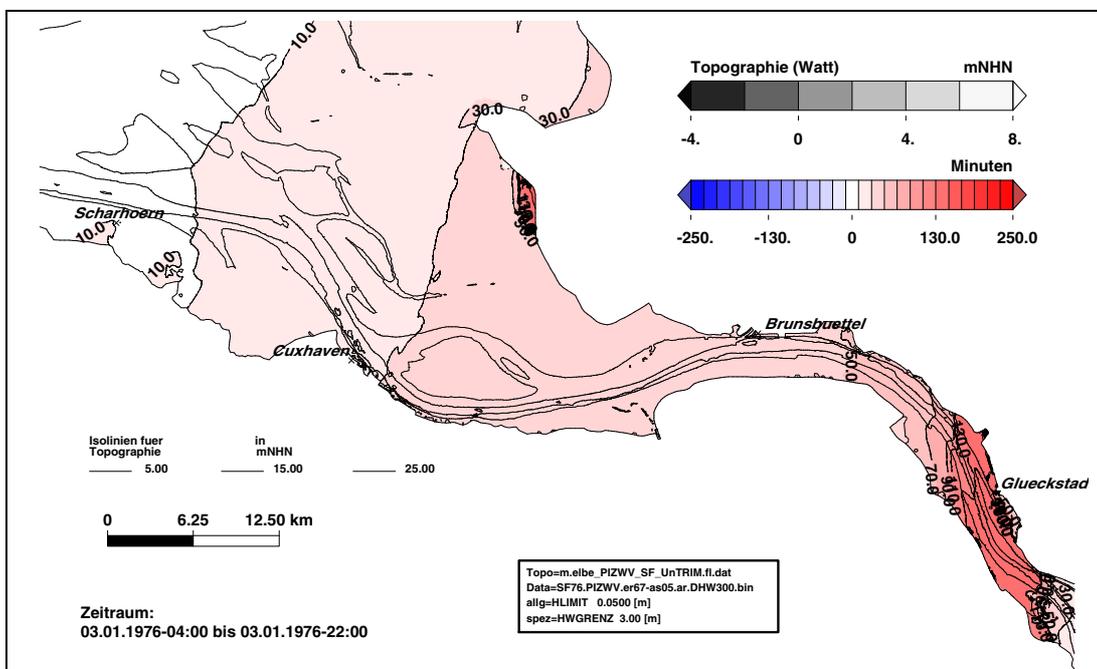


Bild 268: Änderung der Dauer hoher Wasserstände $>NHN+3,00\text{ m}$ im Sturmflutszenario SF76Wind+10%slr+115cm (er67) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+115cm (as05) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied im DHW300 von 20 Minuten. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die Dauer DHW300 um weniger als ± 10 Minuten.

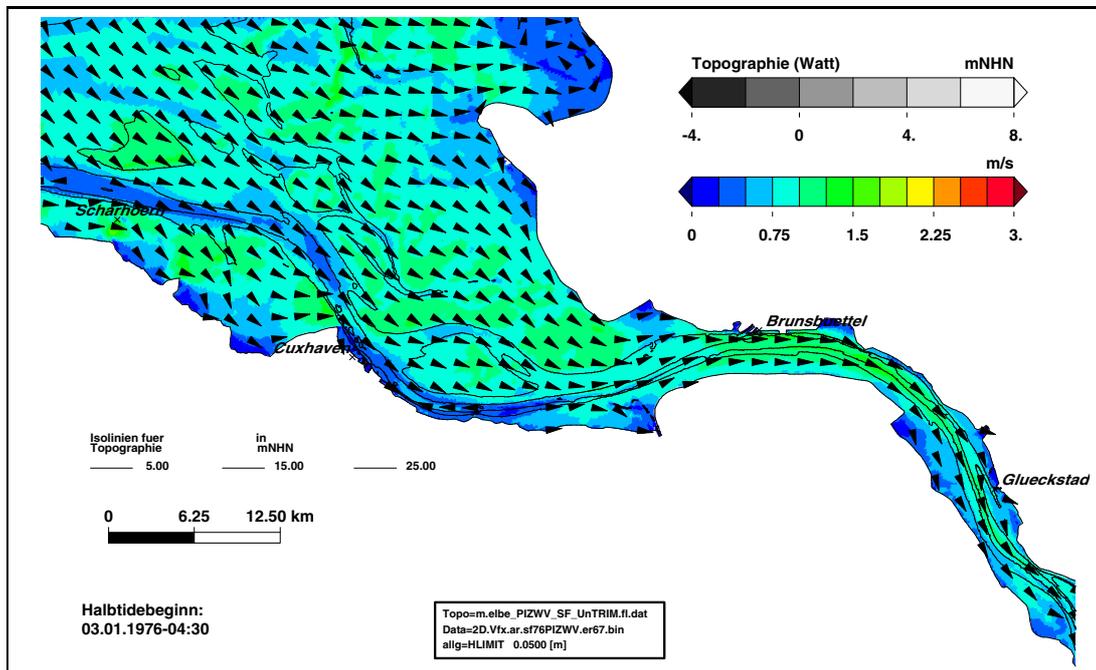


Bild 269: Maximalen Flutstromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76Wind+10%slr+115cm (er67) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderung der maximalen Flutstromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

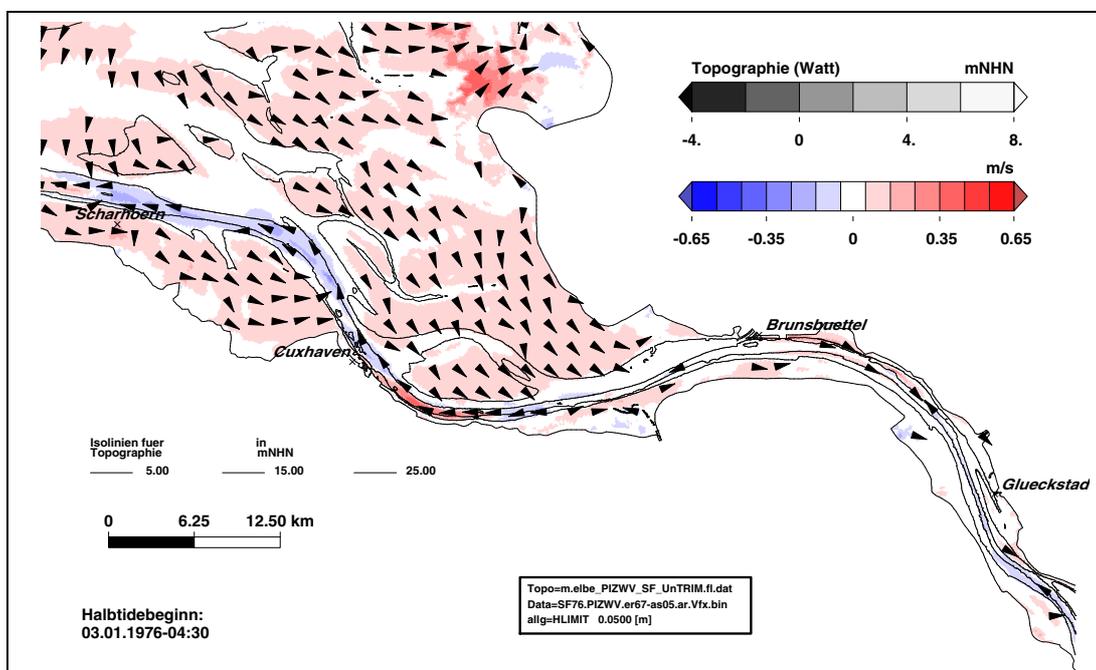


Bild 270: Änderung der maximalen Flutstromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76Wind+10%slr+115cm (er67) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+115cm (as05) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der maximalen Flutstromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die maximale Flutstromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.

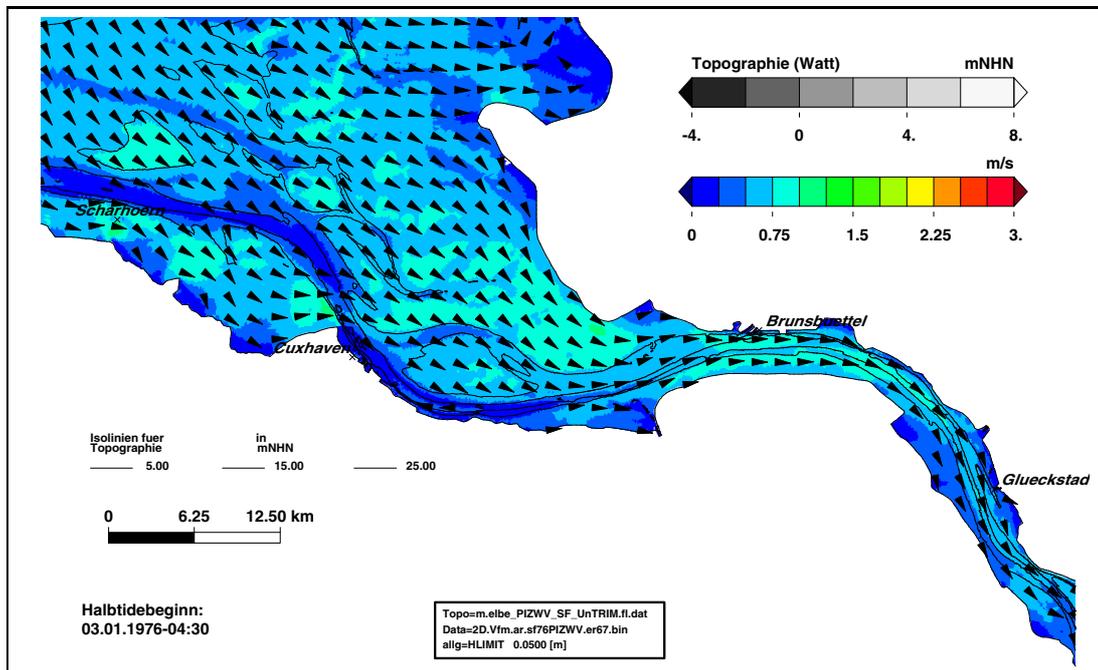


Bild 271: Mittlere Flutstromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76Wind+10%slr+115cm (er67) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderungen der mittleren Flutstromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

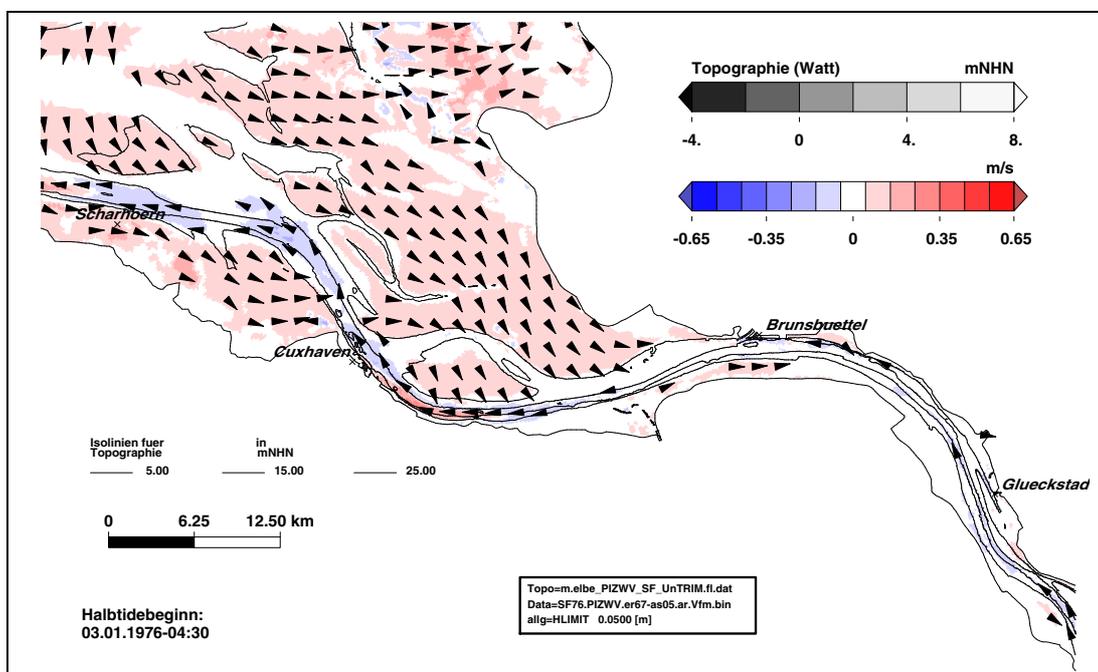


Bild 272: Änderung der mittleren Flutstromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76Wind+10%slr+115cm (er67) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+115cm (as05) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der mittleren Flutstromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die mittlere Flutstromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.

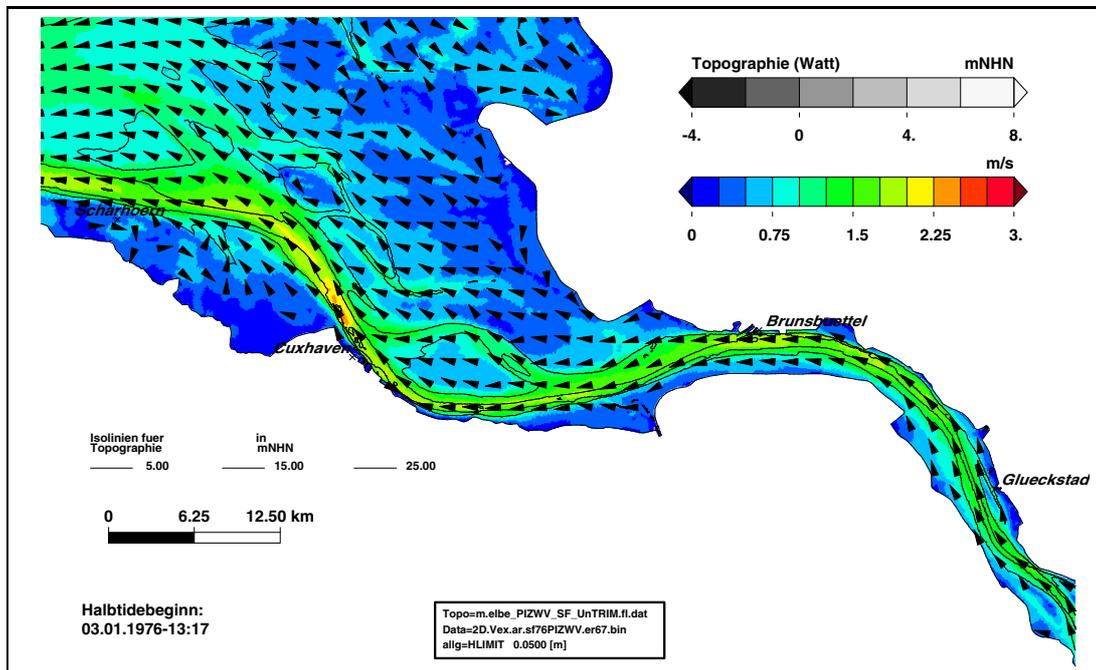


Bild 273: Maximalen Ebbestromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76Wind+10%slr+115cm (er67) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderungen der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

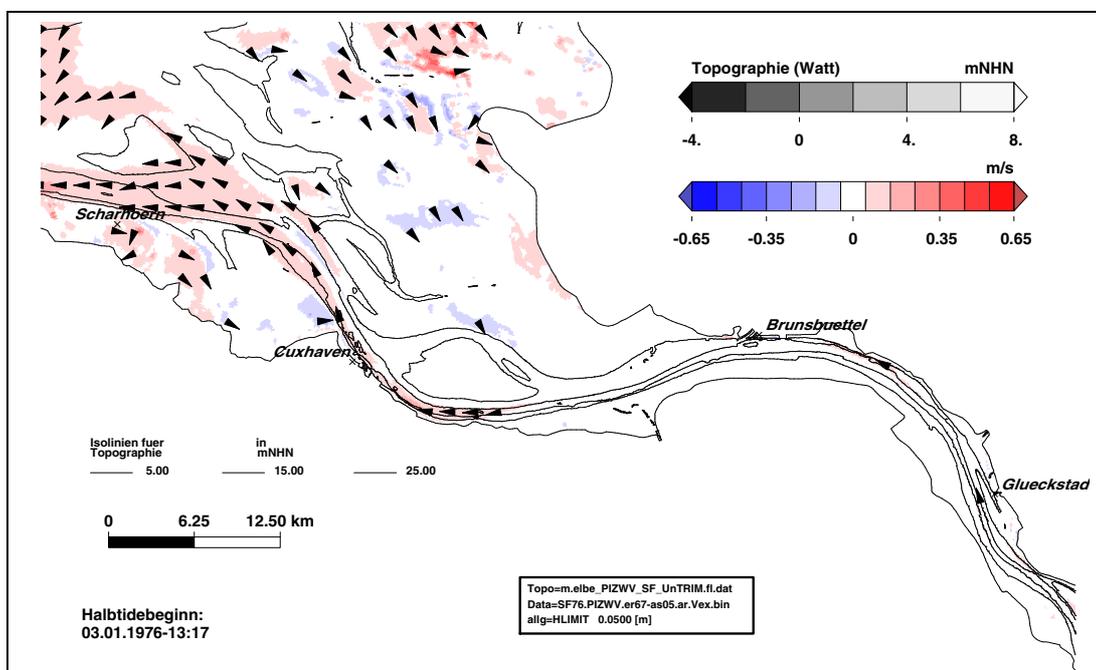


Bild 274: Änderung der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76Wind+10%slr+115cm (er67) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+115cm (as05) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der maximalen Ebbestromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die maximale Ebbestromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.

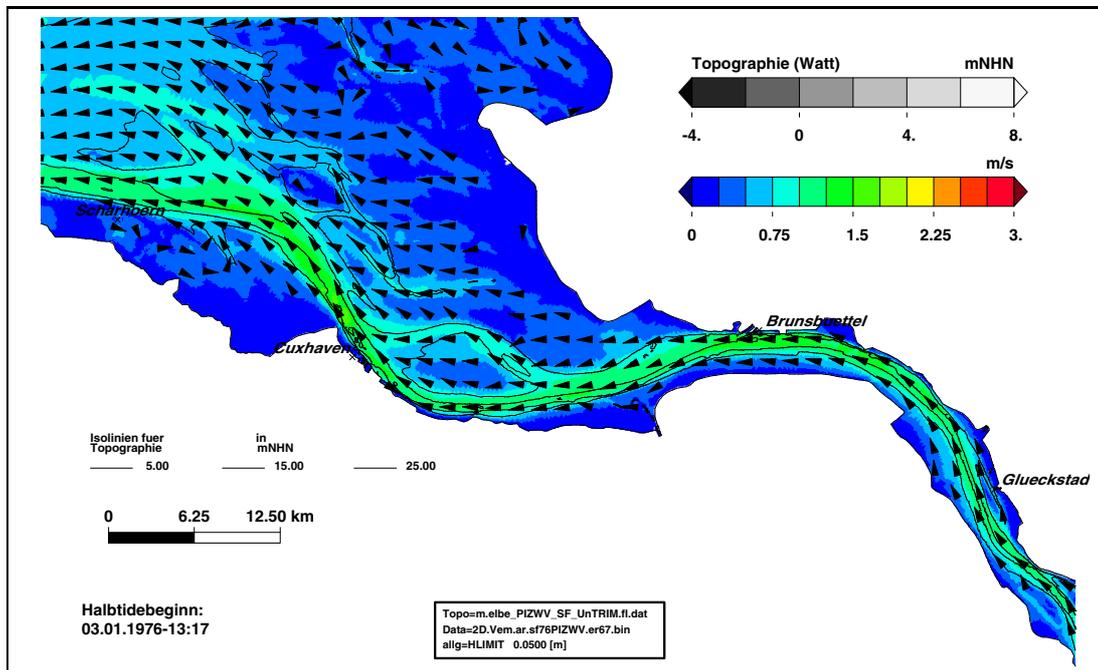


Bild 275: Mittlere Ebbestromgeschwindigkeit während des Sturmflutszenarios SF76Wind+10%slr+115cm (er67) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einer Änderung der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit von 0,25 m/s.

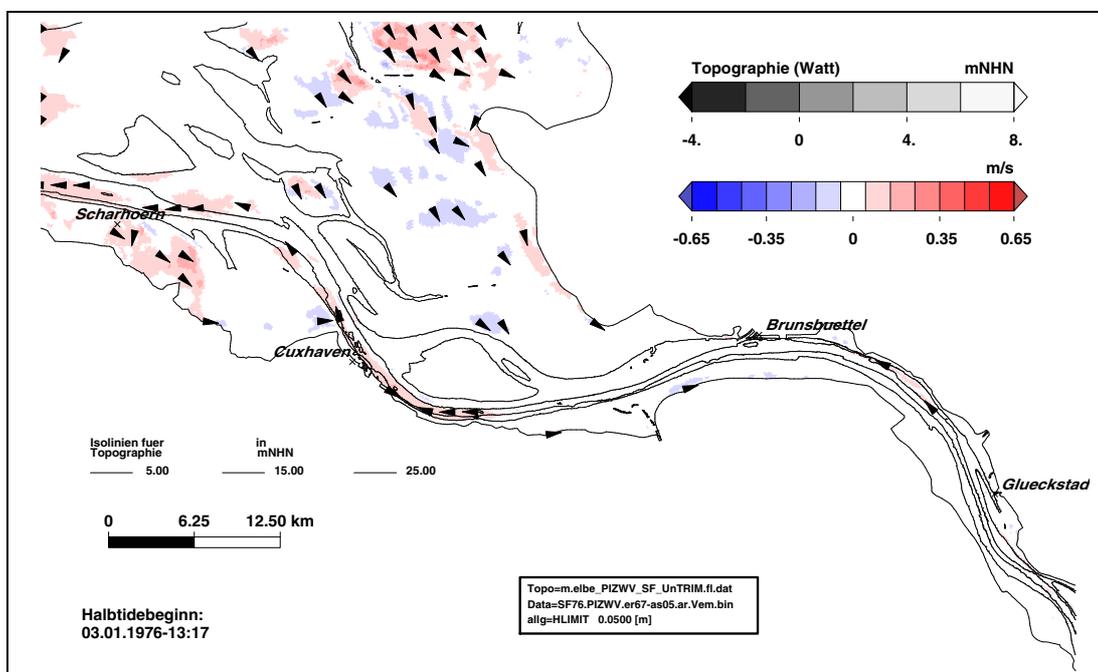


Bild 276: Änderung der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit im Sturmflutszenario SF76Wind+10%slr+115cm (er67) bezogen auf Sturmflutszenario SF76slr+115cm (as05) im Teilgebiet West (PIZ2003). Eine Farbstufe entspricht einem Unterschied in der mittleren Ebbestromgeschwindigkeit von 0,1 m/s. In den weiß dargestellten Gebieten ändert sich die mittlere Ebbestromgeschwindigkeit um weniger als $\pm 0,05$ m/s.

Literaturverzeichnis

- BAW (2002). Tideunabhängige Kennwerte des Wasserstands. Technischer Bericht, Bundesanstalt für Wasserbau – Dienststelle Hamburg, Wedeler Landstraße 157, 22559 Hamburg. BAWiki: http://www.baw.de/methoden/index.php5/Tideunabhängige_Kennwerte_des_Wasserstands.2.2.5, 5
- BAW (2004a). Tidekennwerte der Strömung. Technischer Bericht, Bundesanstalt für Wasserbau – Dienststelle Hamburg, Wedeler Landstraße 157, 22559 Hamburg. BAWiki: http://www.baw.de/methoden/index.php5/Tidekennwerte_der_Strömung.2.2.5, 5
- BAW (2004b). Tidekennwerte des Wasserstands. Technischer Bericht, Bundesanstalt für Wasserbau – Dienststelle Hamburg, Wedeler Landstraße 157, 22559 Hamburg. BAWiki: http://www.baw.de/methoden/index.php5/Tidekennwerte_des_Wasserstandes.2.2.5
- BAW (2004c). Validation document – Mathematical-Model UnTRIM. Bericht, Bundesanstalt für Wasserbau – Dienststelle Hamburg, Wedeler Landstraße 157, 22559 Hamburg. BAWiki: http://www.baw.de/downloads/wasserbau/mathematische_verfahren/pdf/Simulationsverfahren_Kueste_validation_document-untrim-2004.pdf. 2, 2.2.1
- Becker, P. (2012). Die deutsche Klima- und Klimafolgenforschung – wo stehen wir? *KLIWAS Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt in Deutschland – Tagungsband 2. Statuskonferenz Oktober 2011, BMVBS, Berlin*, pages 17–20. 2
- Casulli, V. and Walters, R.A. (2000). An unstructured grid, three-dimensional model based on the shallow water equations. *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, 32:331–348. 2, 2.2.1
- DGJ (1976). Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch – Unteres Elbegebiet, Abflußjahr 1976. Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Landwirtschaft – Strom- und Hafenaufbau. 2.2.4
- DGJ (2011). Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch – Elbegebiet, Teil III Untere Elbe ab der Havelmündung, Abflußjahr 2007. Freie und Hansestadt Hamburg, Hamburg Port Authority. 2, 4
- DGJ (2012). Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch – Weser- und Emsgebiet – 2008. Bericht, Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz. 2
- Gönnert, G., Jensen, J., Storch, H. von, Thumm, S., Wahl, T., and Weisse, R. (2009). Der Meeresspiegelanstieg – Ursachen, Tendenzen und Risikobewertung. *Die Küste*, 76:225–256. 2
- Heinrich, H., Mikolajewicz, U., Meyer-Reimer, E., Sein, D., Klein, B., Ganske, A., Bülow, K., Schade, N., Möller, J., Rosenhagen, G., Tinz, B., and Hüttl-Kabus, S. (2012). Meeresspiegelprojektionen für den nordwesteuropäischen schelf. *KLIWAS Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt in Deutschland – Tagungsband 2. Statuskonferenz Oktober 2011, BMVBS, Berlin*, pages 125–127. 2
- Horsten, T., Krahe, P., Nilson, E., Belz, J.U., and Ebner von Eschenbach, A.-D. (2012). Änderungen von Wasserhaushaltskomponenten im Elbegebiet – Herausforderungen und Lösungsansätze. *KLIWAS Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt in Deutschland – Tagungsband 2. Statuskonferenz Oktober 2011, BMVBS, Berlin*, pages 93–97. 2
- Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (2001). Bestandsaufnahme des vorhandenen Hochwasserschutzniveaus im Einzugsgebiet der Elbe. Bericht, IKSE – MKOL, Magdeburg. 4

- KLIMZUG-NORD Verbund (2014). Kursbuch Klimaanpassung - Handlungsoptionen für die Metropolregion Hamburg. Bericht, Hrsg. TuTech Verlag, Hamburg. 1
- Rudolph, E. (2014). Storm Surges in the Elbe, Jade-Weser and Ems Estuaries. *Die Küste*, 81:291–300. 2
- Schlünzen, K.H. and Linde, M. (2014). Wilhelmsburg im Klimawandel - Ist-Situation und zukünftige Änderungen. Berichte aus den KLIMZUG-NORD Modellgebieten, Band 4, Hrsg. TuTech Verlag, Hamburg. 1
- Schmidt, H. and Pätsch, J. (1992). Meteorologische Messungen auf Norderney und Modellrechnungen. *Die Küste*, 54:131–142. 2.2.4
- Seiffert, R. and Hesser, F. (2014). Investigating Climate Change Impacts and Adaptation Strategies in German Estuaries. *Die Küste*, 81:551–563. 2
- Seiffert, R., Hesser, F., Büscher, A., Fricke, B., Holzwarth, I., Rudolph, E., Sehili, A., and Winkel, N. (2014). Auswirkungen des Klimawandels auf die deutsche Küste und die Ästuare. Mögliche Betroffenheiten der Seeschiffahrtsstraßen und Anpassungsoptionen hinsichtlich der veränderten Hydrodynamik und des Salz- und Schwebstofftransportes. Schlussbericht KLIWAS-Projekt 2.04 und 3.02 KLIWAS-362014 DOI: 10.5675/Kliwas_36/2014_3.02. Bericht, Hrsg. KLIWAS-Koordination, BfG, Koblenz. 1, 2
- Smith, S.D. and Banke, E.G (1975). Variation of the Sea Surface Drag Coefficient with Wind Speed. *Quart. J. of the Roy. Met. Soc.*, 101:665–673. 2.2.1