



BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU

Karlsruhe · Hamburg · Ilmenau

BAW



ANLAGEBAND

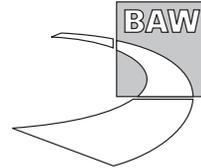
**Anpassung der Fahrrinne von Unter- und
Außenelbe an die Containerschifffahrt**

**Anlage 8: Validierung
des Elbmodells**

BAW-Nr. A3955 03 10062 - H 1 a



BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU
Karlsruhe • Hamburg • Ilmenau



**Anpassung der Fahrrinne von Unter- und
Außenelbe an die Containerschifffahrt**

**Anhang 8: Validierung
des Elbmodells**

Auftraggeber: Projektbüro Fahrrinnenanpassung der
Unter- und Außenelbe beim
Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg, der
WSV (Bündelungsstelle) und Hamburg Port
Authority

Auftrags-Nr.: BAW-Nr. A3955 03 10062 - H 1 a

Aufgestellt von: Abteilung: Wasserbau im Küstenbereich
Referat: Ästuarsysteme II (K3)
Bearbeiter: Dr. rer. nat. Guntram Reiß
Dr.-Ing. Holger Weilbeer

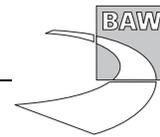
Hamburg, im Juni 2006

Das Gutachten darf nur ungekürzt vervielfältigt werden. Die Vervielfältigung und eine Veröffentlichung bedürfen der schriftlichen Genehmigung der BAW.



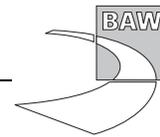
Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Hinweise	1
2	Wasserstand an Pegeln	3
3	Strömungsgeschwindigkeit an Langzeitmessstationen	82
4	Zeit-Tiefen-Diagramme der Strömungsgeschwindigkeit	115
5	Strömungsgeschwindigkeit auf ADCP-Querprofilen	129
6	Salzgehalt an Langzeitmessstationen	157
7	Zeit-Tiefen-Diagramme des Salzgehaltes	182



Bildverzeichnis

1	Wasserstand: Scharhörn Spring-Nipp A	4
2	Wasserstand: Scharhörn Spring-Nipp B	5
3	Wasserstand: Scharhörn über einen Tag	6
4	Wasserstand: Gr.Vogelsand Spring-Nipp A	7
5	Wasserstand: Gr.Vogelsand Spring-Nipp B	8
6	Wasserstand: Gr.Vogelsand über einen Tag	9
7	Wasserstand: Mittelgrund Spring-Nipp A	10
8	Wasserstand: Mittelgrund Spring-Nipp B	11
9	Wasserstand: Mittelgrund über einen Tag	12
10	Wasserstand: Zehnerloch Spring-Nipp A	13
11	Wasserstand: Zehnerloch Spring-Nipp B	14
12	Wasserstand: Zehnerloch über einen Tag	15
13	Wasserstand: Cuxhaven Spring-Nipp A	16
14	Wasserstand: Cuxhaven Spring-Nipp B	17
15	Wasserstand: Cuxhaven über einen Tag	18
16	Wasserstand: Otterndorf Spring-Nipp A	19
17	Wasserstand: Otterndorf Spring-Nipp B	20
18	Wasserstand: Otterndorf über einen Tag	21
19	Wasserstand: Osteriff Spring-Nipp A	22
20	Wasserstand: Osteriff Spring-Nipp B	23
21	Wasserstand: Osteriff über einen Tag	24
22	Wasserstand: Brunsbüttel Spring-Nipp A	25
23	Wasserstand: Brunsbüttel Spring-Nipp B	26
24	Wasserstand: Brunsbüttel über einen Tag	27
25	Wasserstand: Brokdorf Spring-Nipp A	28
26	Wasserstand: Brokdorf Spring-Nipp B	29
27	Wasserstand: Brokdorf über einen Tag	30
28	Wasserstand: Glückstadt Spring-Nipp A	31
29	Wasserstand: Glückstadt Spring-Nipp B	32
30	Wasserstand: Glückstadt über einen Tag	33
31	Wasserstand: Kollmar Spring-Nipp A	34
32	Wasserstand: Kollmar Spring-Nipp B	35
33	Wasserstand: Kollmar über einen Tag	36
34	Wasserstand: Grauerort Spring-Nipp A	37
35	Wasserstand: Grauerort Spring-Nipp B	38
36	Wasserstand: Grauerort über einen Tag	39
37	Wasserstand: Stadersand Spring-Nipp A	40
38	Wasserstand: Stadersand Spring-Nipp B	41
39	Wasserstand: Stadersand über einen Tag	42
40	Wasserstand: Hetlingen Spring-Nipp A	43
41	Wasserstand: Hetlingen Spring-Nipp B	44



42	Wasserstand: Hetlingen über einen Tag	45
43	Wasserstand: Lühort Spring-Nipp A	46
44	Wasserstand: Lühort Spring-Nipp B	47
45	Wasserstand: Lühort über einen Tag	48
46	Wasserstand: Schulau Spring-Nipp A	49
47	Wasserstand: Schulau Spring-Nipp B	50
48	Wasserstand: Schulau über einen Tag	51
49	Wasserstand: Blankenese Spring-Nipp A	52
50	Wasserstand: Blankenese Spring-Nipp B	53
51	Wasserstand: Blankenese über einen Tag	54
52	Wasserstand: Seemannshöft Spring-Nipp A	55
53	Wasserstand: Seemannshöft Spring-Nipp B	56
54	Wasserstand: Seemannshöft über einen Tag	57
55	Wasserstand: St. Pauli Spring-Nipp A	58
56	Wasserstand: St. Pauli Spring-Nipp B	59
57	Wasserstand: St. Pauli über einen Tag	60
58	Wasserstand: Harburg Spring-Nipp A	61
59	Wasserstand: Harburg Spring-Nipp B	62
60	Wasserstand: Harburg über einen Tag	63
61	Wasserstand: Bunthaus Spring-Nipp A	64
62	Wasserstand: Bunthaus Spring-Nipp B	65
63	Wasserstand: Bunthaus über einen Tag	66
64	Wasserstand: Over Spring-Nipp A	67
65	Wasserstand: Over Spring-Nipp B	68
66	Wasserstand: Over über einen Tag	69
67	Wasserstand: Zollenspieker Spring-Nipp A	70
68	Wasserstand: Zollenspieker Spring-Nipp B	71
69	Wasserstand: Zollenspieker über einen Tag	72
70	Wasserstand: Drennhausen Spring-Nipp A	73
71	Wasserstand: Drennhausen Spring-Nipp B	74
72	Wasserstand: Drennhausen über einen Tag	75
73	Wasserstand: Altengamme Spring-Nipp A	76
74	Wasserstand: Altengamme Spring-Nipp B	77
75	Wasserstand: Altengamme über einen Tag	78
76	Wasserstand: Wehr Geesthacht Spring-Nipp A	79
77	Wasserstand: Wehr Geesthacht Spring-Nipp B	80
78	Wasserstand: Wehr Geesthacht über einen Tag	81
79	Positionen der Dauermessstationen Cuxhaven	83
80	Strömungsgeschwindigkeit: Station 5 des WSA Cuxhaven Spring-Nipp Teil A	84
81	Strömungsgeschwindigkeit: Station 5 des WSA Cuxhaven Spring-Nipp Teil B	85
82	Strömungsgeschwindigkeit: Station 5 des WSA Cuxhaven über einen Tag	86
83	Strömungsgeschwindigkeit: Station 4 des WSA Cuxhaven Spring-Nipp Teil A	87



84	Strömungsgeschwindigkeit: Station 4 des WSA Cuxhaven Spring-Nipp Teil B	88
85	Strömungsgeschwindigkeit: Station 4 des WSA Cuxhaven über einen Tag . .	89
86	Strömungsgeschwindigkeit: Station 4b des WSA Cuxhaven Spring-Nipp Teil A	90
87	Strömungsgeschwindigkeit: Station 4b des WSA Cuxhaven Spring-Nipp Teil B	91
88	Strömungsgeschwindigkeit: Station 4b des WSA Cuxhaven über einen Tag .	92
89	Strömungsgeschwindigkeit: Station 3 des WSA Cuxhaven Spring-Nipp Teil A	93
90	Strömungsgeschwindigkeit: Station 3 des WSA Cuxhaven Spring-Nipp Teil B	94
91	Strömungsgeschwindigkeit: Station 3 des WSA Cuxhaven über einen Tag . .	95
92	Strömungsgeschwindigkeit: Station 2 des WSA Cuxhaven Spring-Nipp Teil A	96
93	Strömungsgeschwindigkeit: Station 2 des WSA Cuxhaven Spring-Nipp Teil B	97
94	Strömungsgeschwindigkeit: Station 2 des WSA Cuxhaven über einen Tag . .	98
95	Strömungsgeschwindigkeit: Station 1 des WSA Cuxhaven Spring-Nipp Teil A	99
96	Strömungsgeschwindigkeit: Station 1 des WSA Cuxhaven Spring-Nipp Teil B	100
97	Strömungsgeschwindigkeit: Station 1 des WSA Cuxhaven über einen Tag . .	101
98	Positionen der Dauermessstationen Hamburg	102
99	Strömungsgeschwindigkeit: Station D4 des WSA Hamburg Spring-Nipp Teil A	103
100	Strömungsgeschwindigkeit: Station D4 des WSA Hamburg Spring-Nipp Teil B	104
101	Strömungsgeschwindigkeit: Station D4 des WSA Hamburg über einen Tag .	105
102	Strömungsgeschwindigkeit: Station D3 des WSA Hamburg Spring-Nipp Teil A	106
103	Strömungsgeschwindigkeit: Station D3 des WSA Hamburg Spring-Nipp Teil B	107
104	Strömungsgeschwindigkeit: Station D3 des WSA Hamburg über einen Tag .	108
105	Strömungsgeschwindigkeit: Station D2 des WSA Hamburg Spring-Nipp Teil A	109
106	Strömungsgeschwindigkeit: Station D2 des WSA Hamburg Spring-Nipp Teil B	110
107	Strömungsgeschwindigkeit: Station D2 des WSA Hamburg über einen Tag .	111
108	Strömungsgeschwindigkeit: Station D1 des WSA Hamburg Spring-Nipp Teil A	112
109	Strömungsgeschwindigkeit: Station D1 des WSA Hamburg Spring-Nipp Teil B	113
110	Strömungsgeschwindigkeit: Station D1 des WSA Hamburg über einen Tag .	114
111	Positionen der Workhorse-Stationen	116
112	Strömungsgeschwindigkeit: Zeit-Tiefen-Diagramm (Modell) an Workhorse 3	117
113	Strömungsgeschwindigkeit: Zeit-Tiefen-Diagramm (Messung) an Workhorse 3	118
114	Strömungsgeschwindigkeit: Zeit-Tiefen-Diagramm (Modell) WH3 an 6 Tagen	119
115	Strömungsgeschwindigkeit: Zeit-Tiefen-Diagramm (Messung) WH3 an 6 Tagen	120
116	Strömungsgeschwindigkeit: Zeit-Tiefen-Diagramm (Modell) an Workhorse 4	121
117	Strömungsgeschwindigkeit: Zeit-Tiefen-Diagramm (Messung) an Workhorse 4	122
118	Strömungsgeschwindigkeit: Zeit-Tiefen-Diagramm (Modell) WH4 an 6 Tagen	123
119	Strömungsgeschwindigkeit: Zeit-Tiefen-Diagramm (Messung) WH4 an 6 Tagen	124
120	Strömungsgeschwindigkeit: Zeit-Tiefen-Diagramm (Modell) an Workhorse 5	125
121	Strömungsgeschwindigkeit: Zeit-Tiefen-Diagramm (Messung) an Workhorse 5	126
122	Strömungsgeschwindigkeit: Zeit-Tiefen-Diagramm (Modell) WH5 an 6 Tagen	127
123	Strömungsgeschwindigkeit: Zeit-Tiefen-Diagramm (Messung) WH5 an 6 Tagen	128
124	Draufsicht auf Sollprofil und tatsächliche Messfahrt	131
125	Lageplan: ADCP-Querprofil 08	132



126	Strömungsgeschwindigkeit: Querprofil 08 (Modell) 08:00 Uhr	133
127	Strömungsgeschwindigkeit: Querprofil 08 (Messung) 08:00 Uhr	134
128	Strömungsgeschwindigkeit: Querprofil 08 (Modell) 09:00 Uhr	135
129	Strömungsgeschwindigkeit: Querprofil 08 (Messung) 08:59 Uhr	136
130	Strömungsgeschwindigkeit: Querprofil 08 (Modell) 10:00 Uhr	137
131	Strömungsgeschwindigkeit: Querprofil 08 (Messung) 10:03 Uhr	138
132	Strömungsgeschwindigkeit: Querprofil 08 (Modell) 11:00 Uhr	139
133	Strömungsgeschwindigkeit: Querprofil 08 (Messung) 10:57 Uhr	140
134	Strömungsgeschwindigkeit: Querprofil 08 (Modell) 12:00 Uhr	141
135	Strömungsgeschwindigkeit: Querprofil 08 (Messung) 12:03 Uhr	142
136	Strömungsgeschwindigkeit: Querprofil 08 (Modell) 13:00 Uhr	143
137	Strömungsgeschwindigkeit: Querprofil 08 (Messung) 12:57 Uhr	144
138	Strömungsgeschwindigkeit: Querprofil 08 (Modell) 14:00 Uhr	145
139	Strömungsgeschwindigkeit: Querprofil 08 (Messung) 13:58 Uhr	146
140	Strömungsgeschwindigkeit: Querprofil 08 (Modell) 15:00 Uhr	147
141	Strömungsgeschwindigkeit: Querprofil 08 (Messung) 15:05 Uhr	148
142	Strömungsgeschwindigkeit: Querprofil 08 (Modell) 16:00 Uhr	149
143	Strömungsgeschwindigkeit: Querprofil 08 (Messung) 15:56 Uhr	150
144	Strömungsgeschwindigkeit: Querprofil 08 (Modell) 17:00 Uhr	151
145	Strömungsgeschwindigkeit: Querprofil 08 (Messung) 16:56 Uhr	152
146	Strömungsgeschwindigkeit: Querprofil 08 (Modell) 18:00 Uhr	153
147	Strömungsgeschwindigkeit: Querprofil 08 (Messung) 17:55 Uhr	154
148	Strömungsgeschwindigkeit: Querprofil 08 (Modell) 19:00 Uhr	155
149	Strömungsgeschwindigkeit: Querprofil 08 (Messung) 18:56 Uhr	156
150	Salzgehalt: Station 5 des WSA Cuxhaven Spring-Nipp Teil A	158
151	Salzgehalt: Station 5 des WSA Cuxhaven Spring-Nipp Teil B	159
152	Salzgehalt: Station 5 des WSA Cuxhaven über einen Tag	160
153	Salzgehalt: Station 4 des WSA Cuxhaven Spring-Nipp Teil A	161
154	Salzgehalt: Station 4 des WSA Cuxhaven Spring-Nipp Teil B	162
155	Salzgehalt: Station 4 des WSA Cuxhaven über einen Tag	163
156	Salzgehalt: Station 4b des WSA Cuxhaven Spring-Nipp Teil A	164
157	Salzgehalt: Station 4b des WSA Cuxhaven Spring-Nipp Teil B	165
158	Salzgehalt: Station 4b des WSA Cuxhaven über einen Tag	166
159	Salzgehalt: Station 3 des WSA Cuxhaven Spring-Nipp Teil A	167
160	Salzgehalt: Station 3 des WSA Cuxhaven Spring-Nipp Teil B	168
161	Salzgehalt: Station 3 des WSA Cuxhaven über einen Tag	169
162	Salzgehalt: Station 2 des WSA Cuxhaven Spring-Nipp Teil A	170
163	Salzgehalt: Station 2 des WSA Cuxhaven Spring-Nipp Teil B	171
164	Salzgehalt: Station 2 des WSA Cuxhaven über einen Tag	172
165	Salzgehalt: Station 1 des WSA Cuxhaven Spring-Nipp Teil A	173
166	Salzgehalt: Station 1 des WSA Cuxhaven Spring-Nipp Teil B	174
167	Salzgehalt: Station 1 des WSA Cuxhaven über einen Tag	175



168	Salzgehalt: Station 4 des WSA Hamburg Spring-Nipp Teil A	176
169	Salzgehalt: Station 4 des WSA Hamburg Spring-Nipp Teil B	177
170	Salzgehalt: Station 4 des WSA Hamburg über einen Tag	178
171	Salzgehalt: Station 3 des WSA Hamburg Spring-Nipp Teil A	179
172	Salzgehalt: Station 3 des WSA Hamburg Spring-Nipp Teil B	180
173	Salzgehalt: Station 3 des WSA Hamburg über einen Tag	181
174	Salzgehalt: Zeit-Tiefen-Diagramm an Station 5 des WSA Cuxhaven	183
175	Salzgehalt: Zeit-Tiefen-Diagramm an Station 4 des WSA Cuxhaven	184
176	Salzgehalt: Zeit-Tiefen-Diagramm an Station 4b des WSA Cuxhaven	185
177	Salzgehalt: Zeit-Tiefen-Diagramm an Station 3 des WSA Cuxhaven	186
178	Salzgehalt: Zeit-Tiefen-Diagramm an Station 2 des WSA Cuxhaven	187
179	Salzgehalt: Zeit-Tiefen-Diagramm an Station 1 des WSA Cuxhaven	188



1 Allgemeine Hinweise

Das vorliegende Dokument ist eine Anlage des Gutachtens zur ausbaubedingten Änderung von Hydrodynamik und Salztransport durch die Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe.

Dem Modell-Datenvergleich liegt eine Simulation des Elbe-Modells (HN-Verfahren UNTRIM) unter Berücksichtigung von Hydrodynamik und Schwebstofftransport zugrunde. Die Unterschiede in den Datenerfassungsmethoden und die Grenzen der Modelldiskretisierung setzen der Vergleichbarkeit der Naturdaten mit den Modelldaten Grenzen in der Interpretierbarkeit der vorhandenen Unterschiede.

Die Berechnung mit einem HN Modell erfordert es, alle Zustandsgrößen mit einer Anfangsbelegung (Anfangszustand) zu versehen und an den Modellrändern (seeseitiger und oberstromseitiger Rand) mit zeitlichen Randwerten zu steuern. Im vorliegenden Fall sind am seeseitigen Rand die Wasserstände und der Salzgehalt und am oberstromseitigen Rand der Zufluss mit seiner Salzkonzentration vorzugeben. Diese Daten werden normalerweise durch Messungen erhoben.

Die Anfangsverteilung der Strömungen und des Salzgehalts zum Beginn des Untersuchungszeitraums ist im Allgemeinen nicht bekannt. Sie muss sich im Modell selber einstellen (Einschwingvorgang), was einen gewissen Vorlauf in der Berechnung erfordert. In diesem Modell wurden die Geschwindigkeit mit 0 m/s, das Wasser ist in Ruhe, und der Salzgehalt mit 32 PSU vorgelegt. Die Geschwindigkeiten stellen sich infolge der gesteuerten Tidewelle und der Salzgehalt infolge des gesteuerten Oberwassers mit geringerem Salzgehalt ein.

Die Verteilung der Zustandsgrößen hängt außerdem von den Kalibrierungsparametern ab, die an die natürlichen Gegebenheiten im Modellgebiet anzupassen sind. So wird der Wasserstand im Wesentlichen durch die Bodenreibung bestimmt.

Durch den Vergleich gemessener und berechneter Wasserstände, Strömungsgeschwindigkeiten und Salzgehaltskonzentrationen wird gezeigt, dass durch das HN Modell alle charakteristischen Eigenschaften der abiotischen Systemparameter des Elbe Ästuars naturähnlich beschrieben werden.

Die punktuelle, zeitliche Beschreibung einer Zustandsgröße im Modell und in der Natur weist einige Unterschiede auf, die bei der Interpretation der Daten zu berücksichtigen sind.

Pegelmessstellen an der Elbe sind so eingerichtet, dass sie sehr kurzperiodische Signale wie Schiffs- und Windwellen herausfiltern (ausblenden). Aufgrund der großen Wellenlänge des Tidesignals kann der Pegelmesswert als repräsentativ für eine größere Fläche angesehen werden.

Dagegen wird mit einer punktuellen Strömungs- oder Konzentrationsmessung nur der Betrag an einem Ort und in einer bestimmten Wassertiefe erfasst. Topographische Gegebenheiten, z.B. naheliegende Bauwerke und Gradienten der Wassertiefe etc., führen zu deutlichen Änderungen der erfassten Größe. Weiterhin weisen diese Messgrößen auch einen signifikanten Gradienten über die Wassertiefe auf, so dass sie üblicherweise an drei Positionen in der Wassersäule erfasst werden. Die Standardpositionen sind 2 m über Grund, 2 m unter Tideniedrigwasser und eine Position dazwischen. Hierdurch erhält man ein recht gu-



tes Bild des zeitlichen Verlaufs der Messgrößen in diesen Tiefen, aber nur einen begrenzten Eindruck über die vertikale Verteilung, da eine Interpolation zwischen den Messgrößen in den meisten Fällen nicht zulässig ist.

Die Simulationsergebnisse eines HN-Modells können an den durch die Messungen vorgegeben Positionen extrahiert werden. Zu berücksichtigen ist, dass das eingesetzte HN Modell die Zustandsgrößen an diskreten Positionen liefert, diese aber das Mittel über die Elementfläche darstellen. Der Wasserstand gilt für das gesamte Polygon, in der die Position liegt. Da der Wasserstand der Pegelmessung, wie oben beschrieben, auch für einen größeren Einflussbereich gilt, kann eine recht gute Übereinstimmung zwischen Messung und Rechnung erzielt werden.

Die im HN Modell berechnete Strömungsgeschwindigkeit bezieht sich auf die vertikale Elementfläche (z.B. Kantenlänge 75 m, Elementhöhe 1 m, entspricht 75 m²). Durch Interpolation wird die Strömungsgeschwindigkeit an der Messposition aus den Werten an den diskreten Punkten berechnet. Hieraus ist sofort ersichtlich, dass die Strömungsgeschwindigkeiten im Modell eine Glättung erfahren, so dass die Übereinstimmung mit den Strömungsmessungen Differenzen aufweisen werden. Zu beachten ist vor allem auch, dass das Modell keine turbulenten Schwankungen der Strömungen auflöst, die durch Messungen aber erfasst werden können.

Dieser Sachverhalt gilt ebenso für den Vergleich von gemessenen und berechneten Konzentrationen.

Nachfolgend soll anhand des Vergleiches von berechneten und gemessenen Werten gezeigt werden, dass das Modell in jedem Abschnitt des Untersuchungsgebiets die maßgeblichen Systemeigenschaften der Hydrodynamik und des Transports gelöster Stoffe (Salzgehalt) wiedergibt. Unter diesen Voraussetzungen kann davon ausgegangen werden, dass die ausbaubedingten Änderungen als Folge maßvoller geometrischer Formänderungen belastbar bestimmt werden und das Modell daher prognosefähig ist.



2 Wasserstand an Pegeln

Die Wasserstandswerte aus Modellrechnungen und Messungen wurden an acht Pegelstationen zwischen Cuxhaven und dem Wehr Geesthacht miteinander verglichen. Der Untersuchungszeitraum vom 11.05.2002 bis zum 26.05.2002 entspricht etwa einem Spring-Nipp-Zyklus und wird in zwei achttägigen Ausschnitten geplottet. Zusätzlich gibt es einen eintägigen Ausschnitt, der die Werte am 19.05.2002 zeigt. Der Untersuchungszeitraum weist einen Oberwasserzufluss am Pegel Neu Darchau von etwa $650 \text{ m}^3/\text{s}$ bis $850 \text{ m}^3/\text{s}$ auf.

Die Differenzen zwischen Modellergebnissen und Messungen sind elbaufwärts bis zum Pegel St. Pauli relativ klein. Abweichungen von bis zu 25cm beruhen überwiegend auf Phasendifferenzen. Das Tidesignal läuft im Modell gegenüber der Messung leicht verzögert stromauf. An den Pegeln Bunthaus und Wehr Geesthacht sind die Abweichungen am größten.

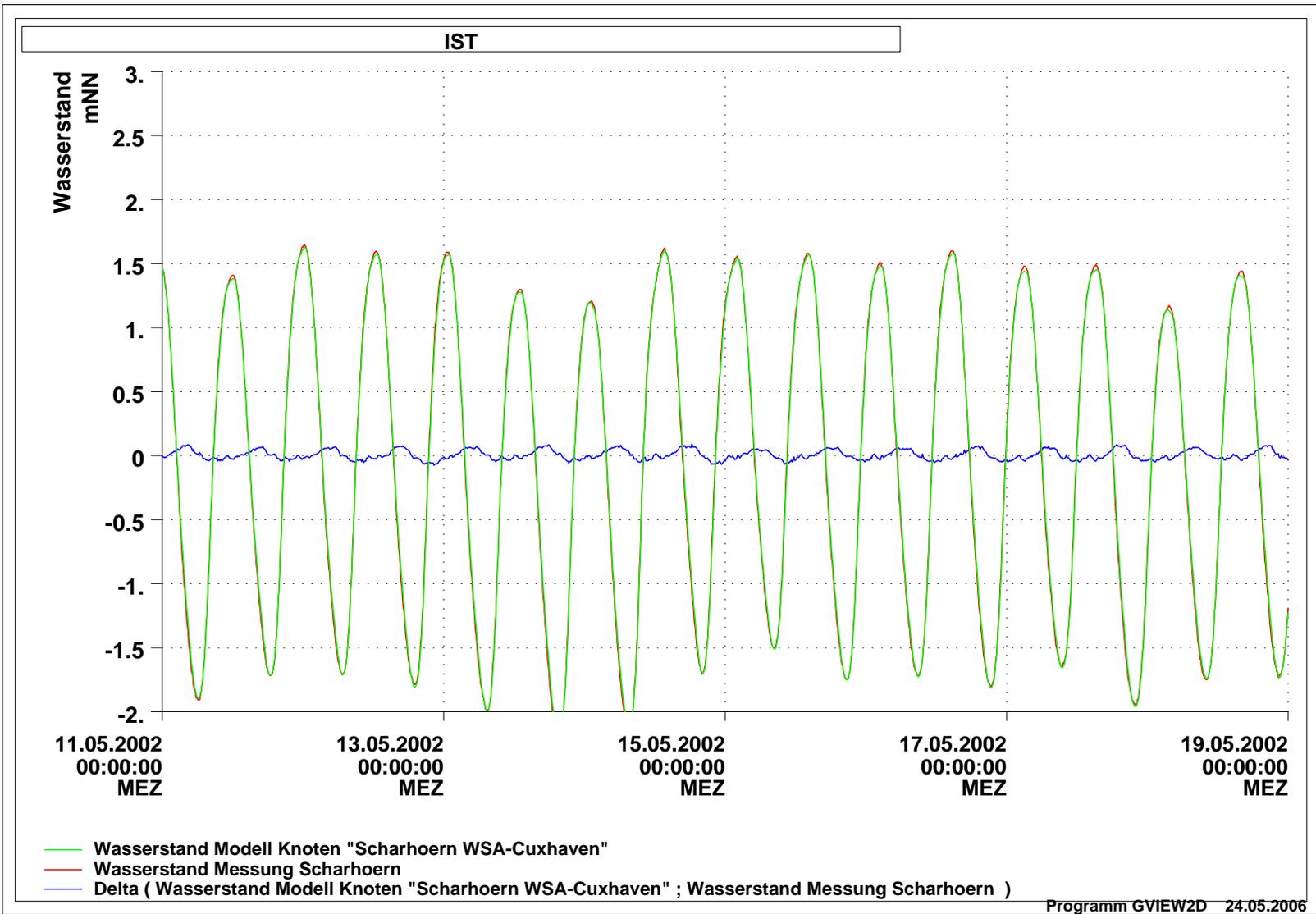


Bild 1: Wasserstand am Pegel Scharhörn, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

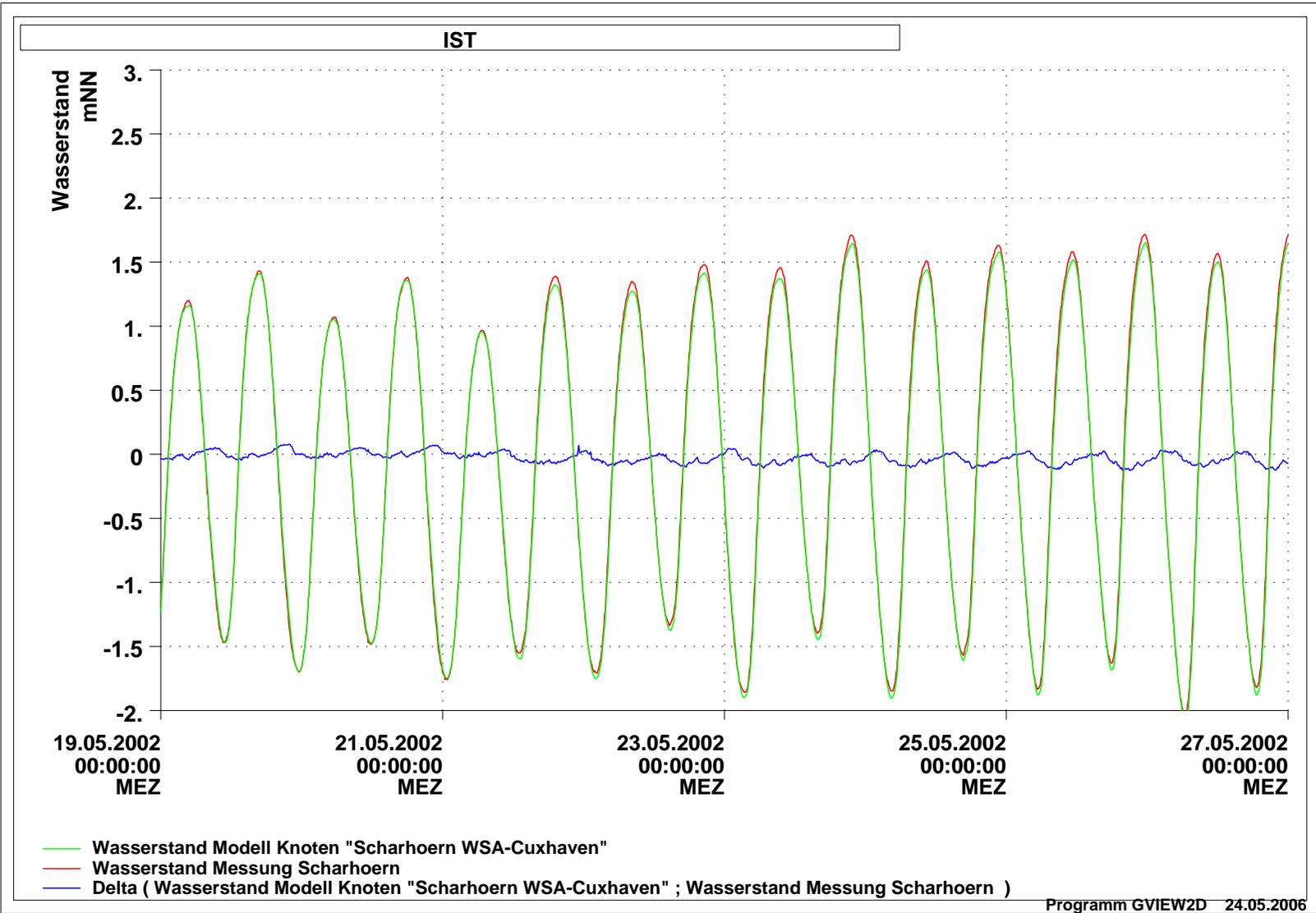


Bild 2: Wasserstand am Pegel Scharhörn, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

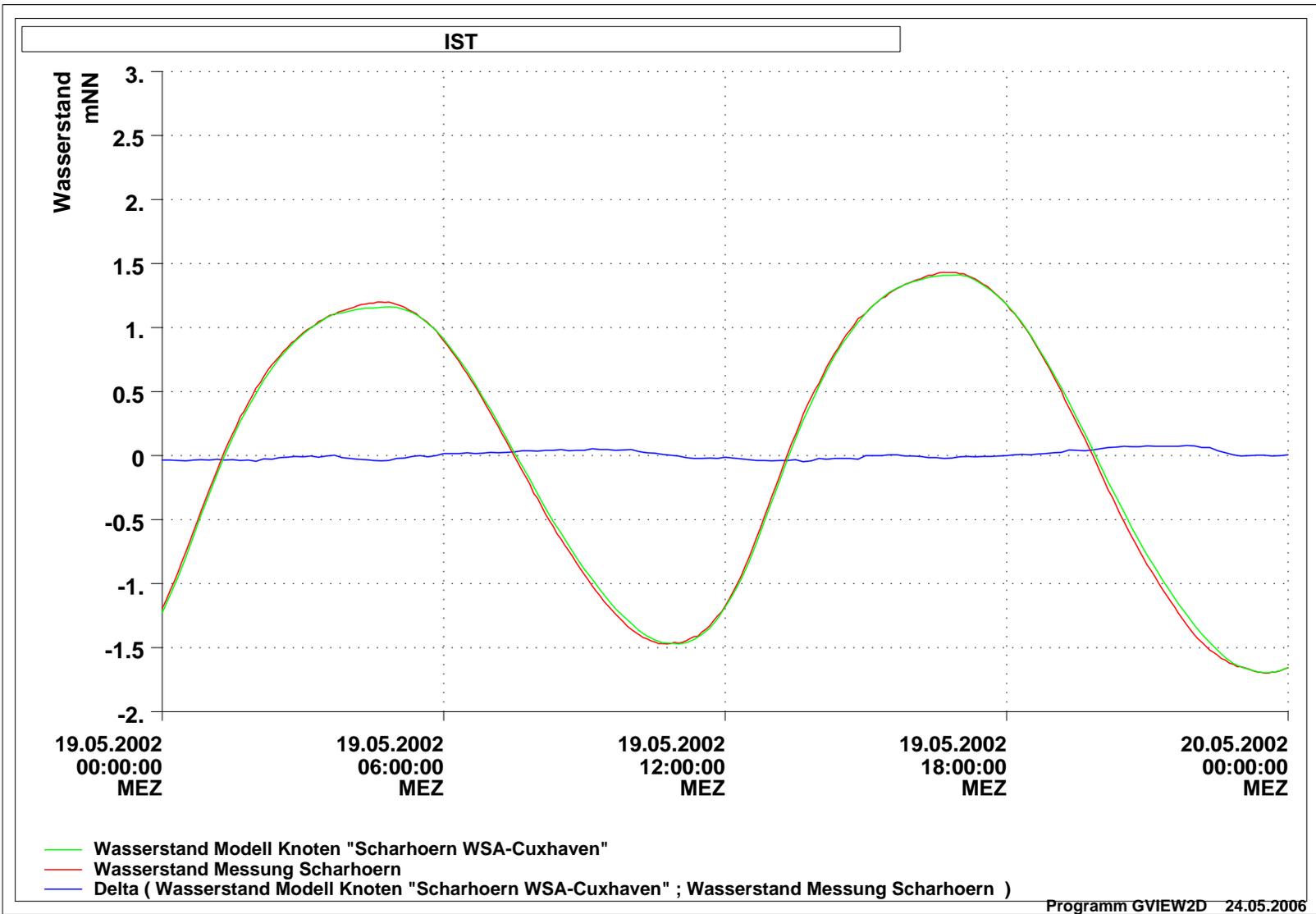


Bild 3: Wasserstand am Pegel Scharhörn, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

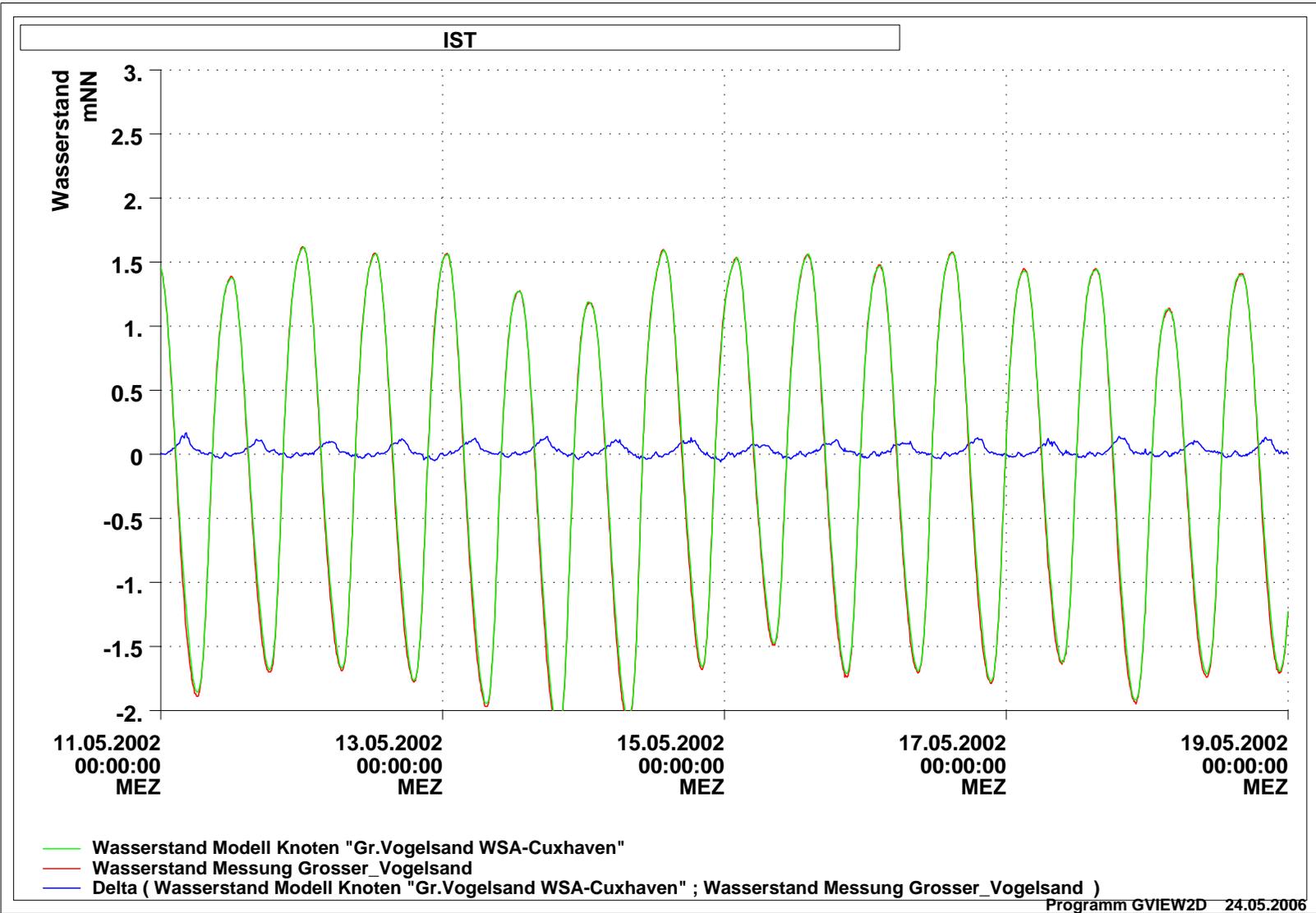
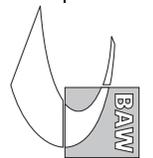


Bild 4: Wasserstand am Pegel Großer Vogelsand, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

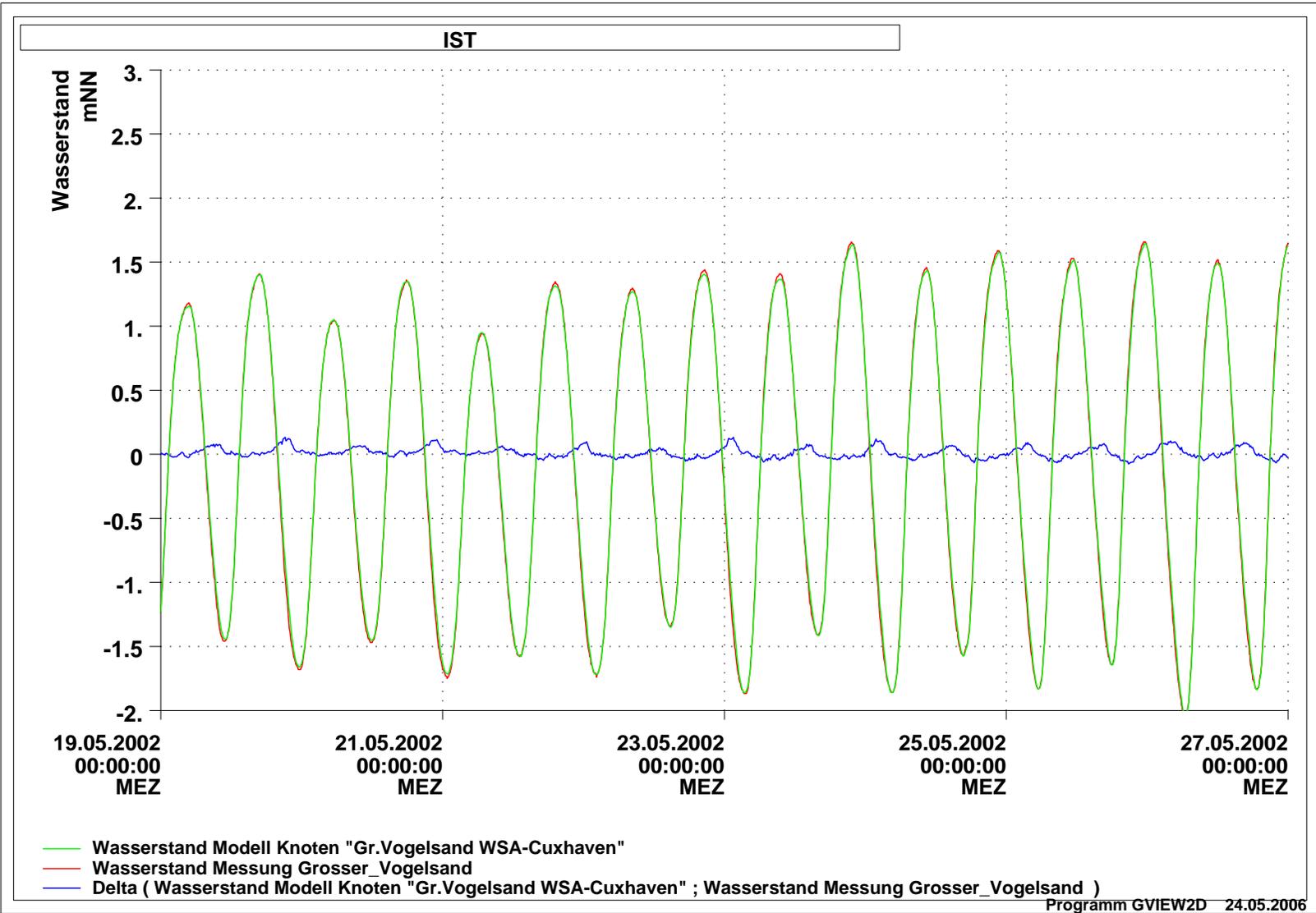


Bild 5: Wasserstand am Pegel Großer Vogelsand, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

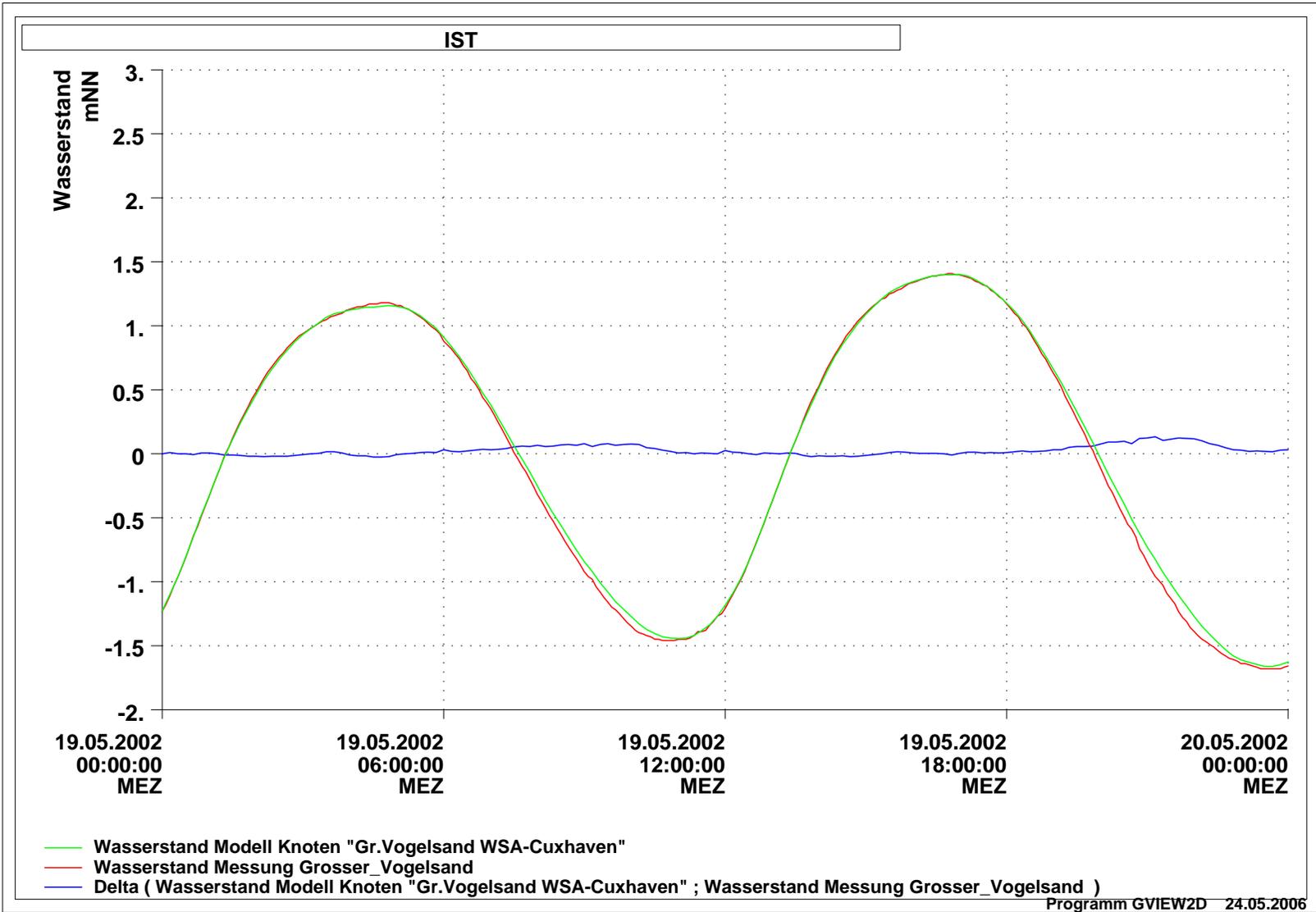
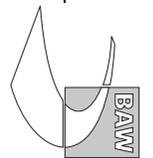


Bild 6: Wasserstand am Pegel Großer Vogelsand, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

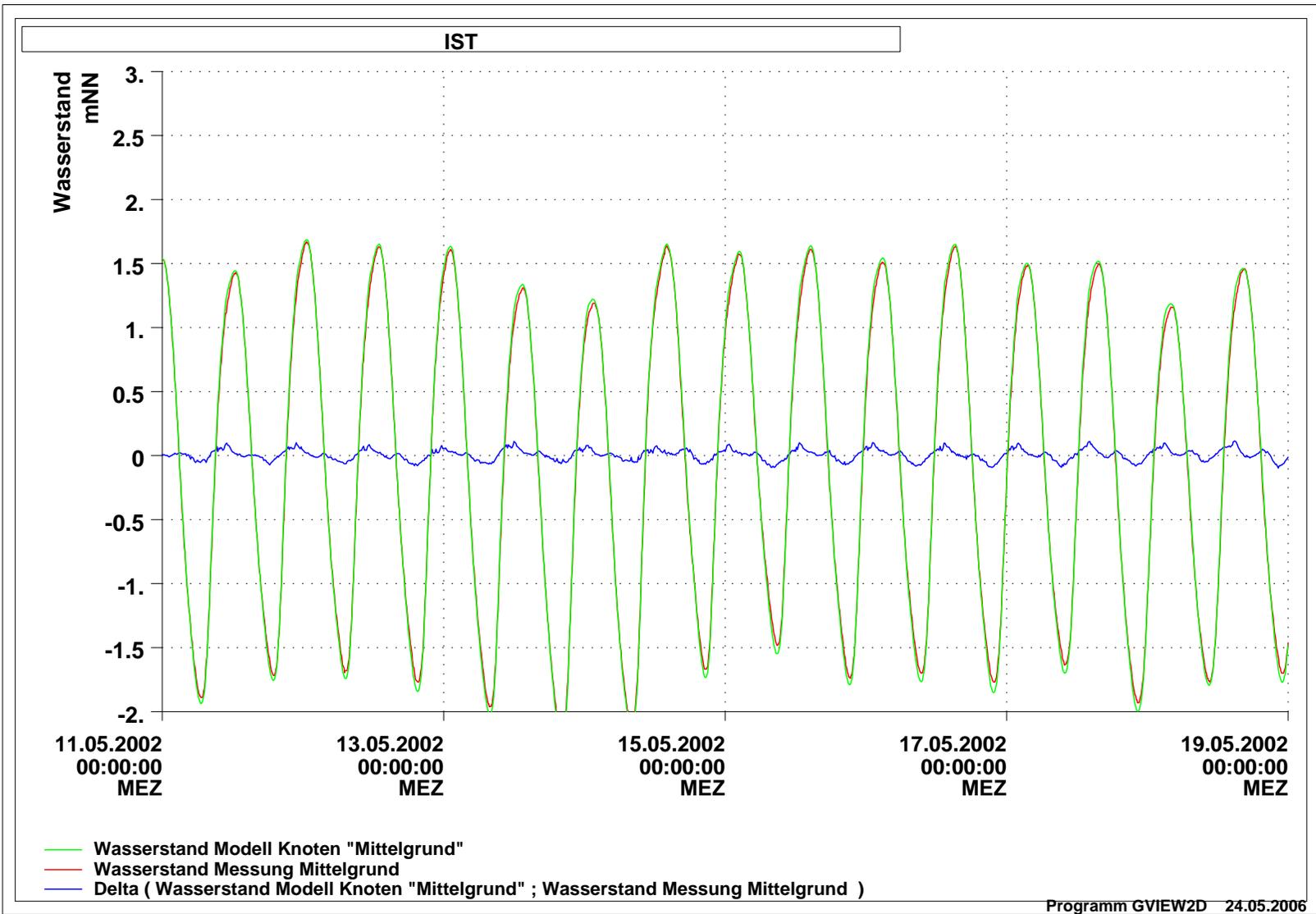
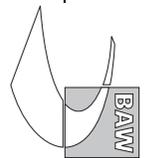


Bild 7: Wasserstand am Pegel Mittelgrund, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

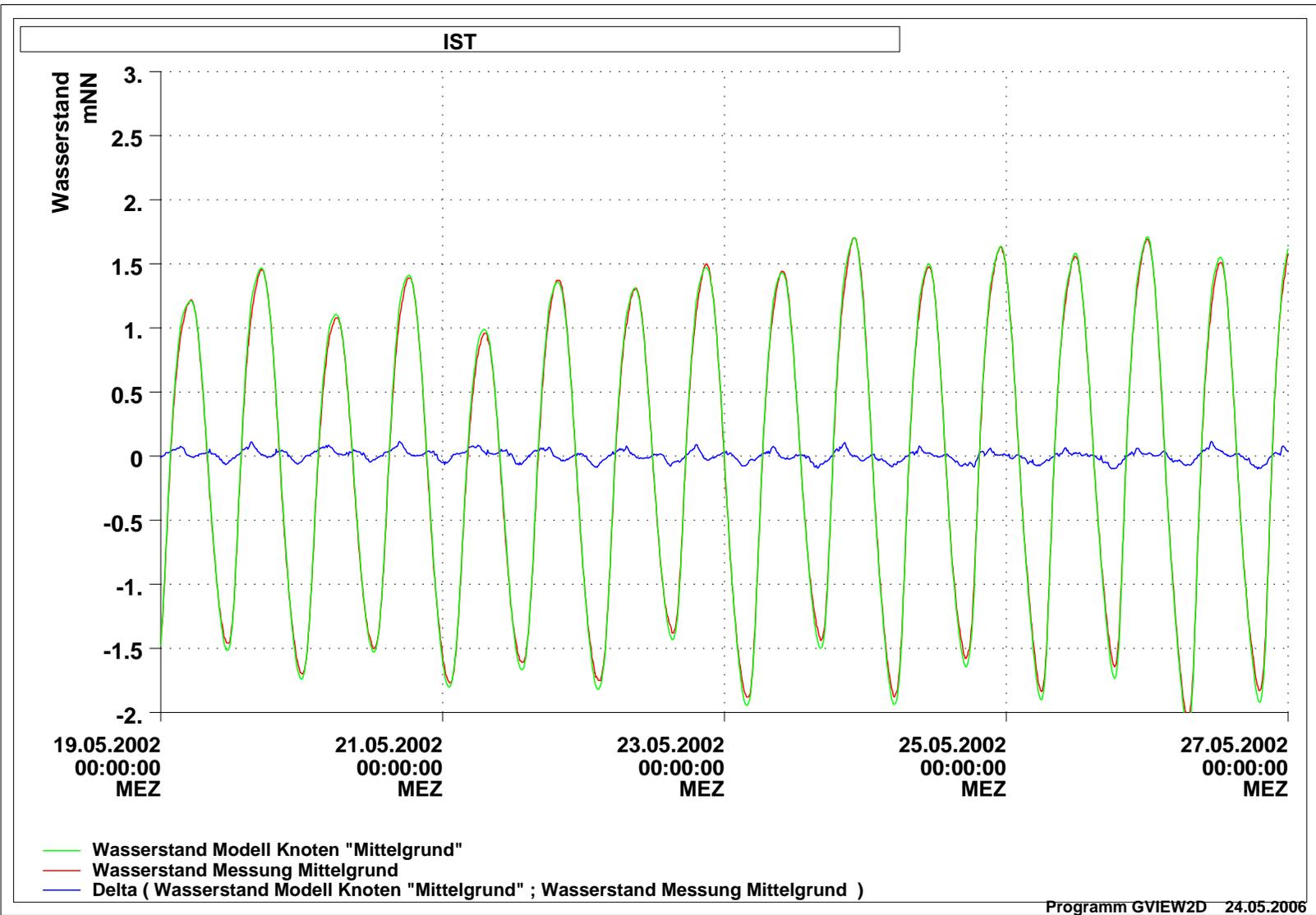


Bild 8: Wasserstand am Pegel Mittelgrund, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

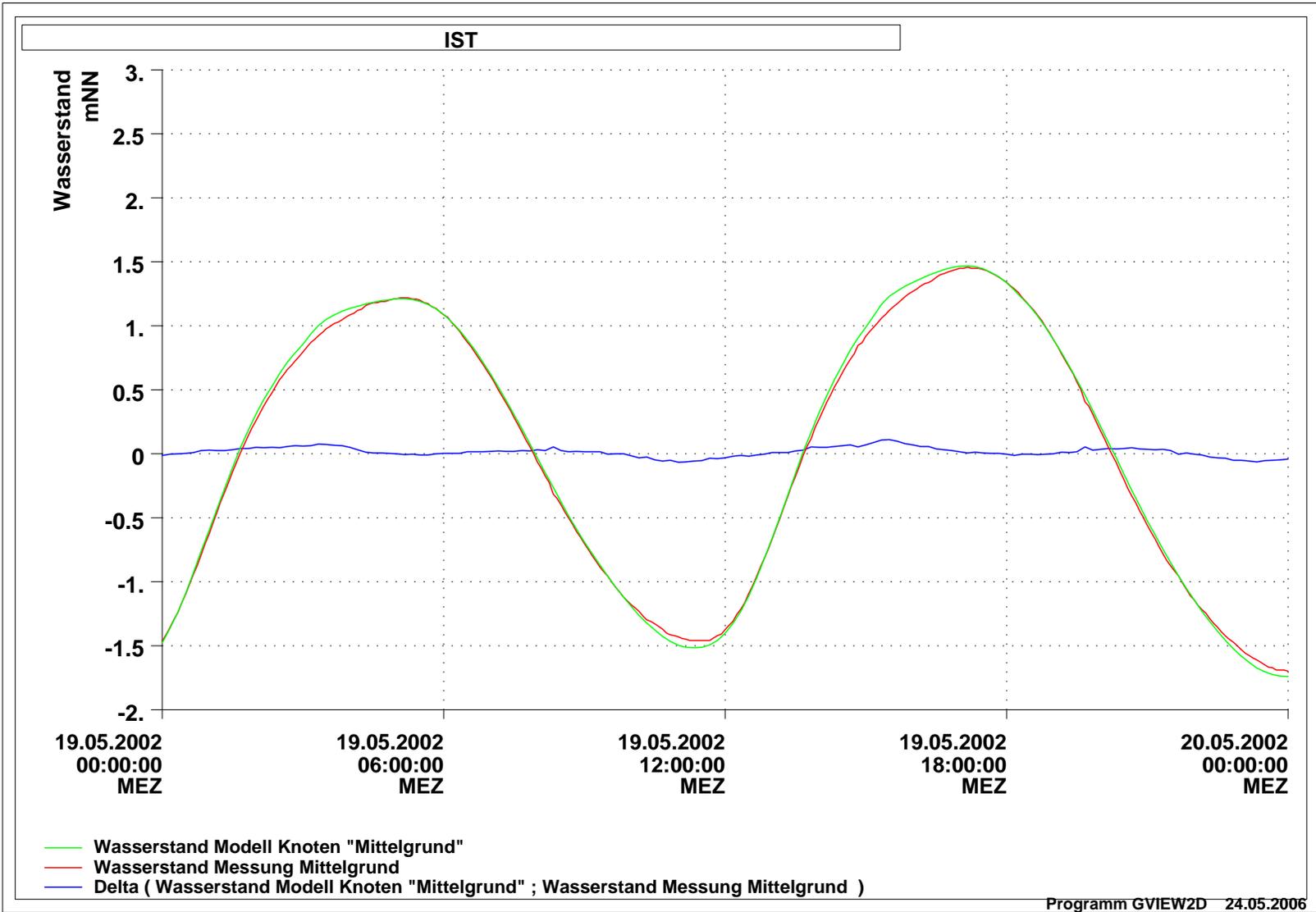
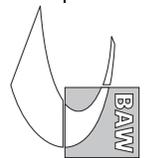


Bild 9: Wasserstand am Pegel Mittelgrund, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

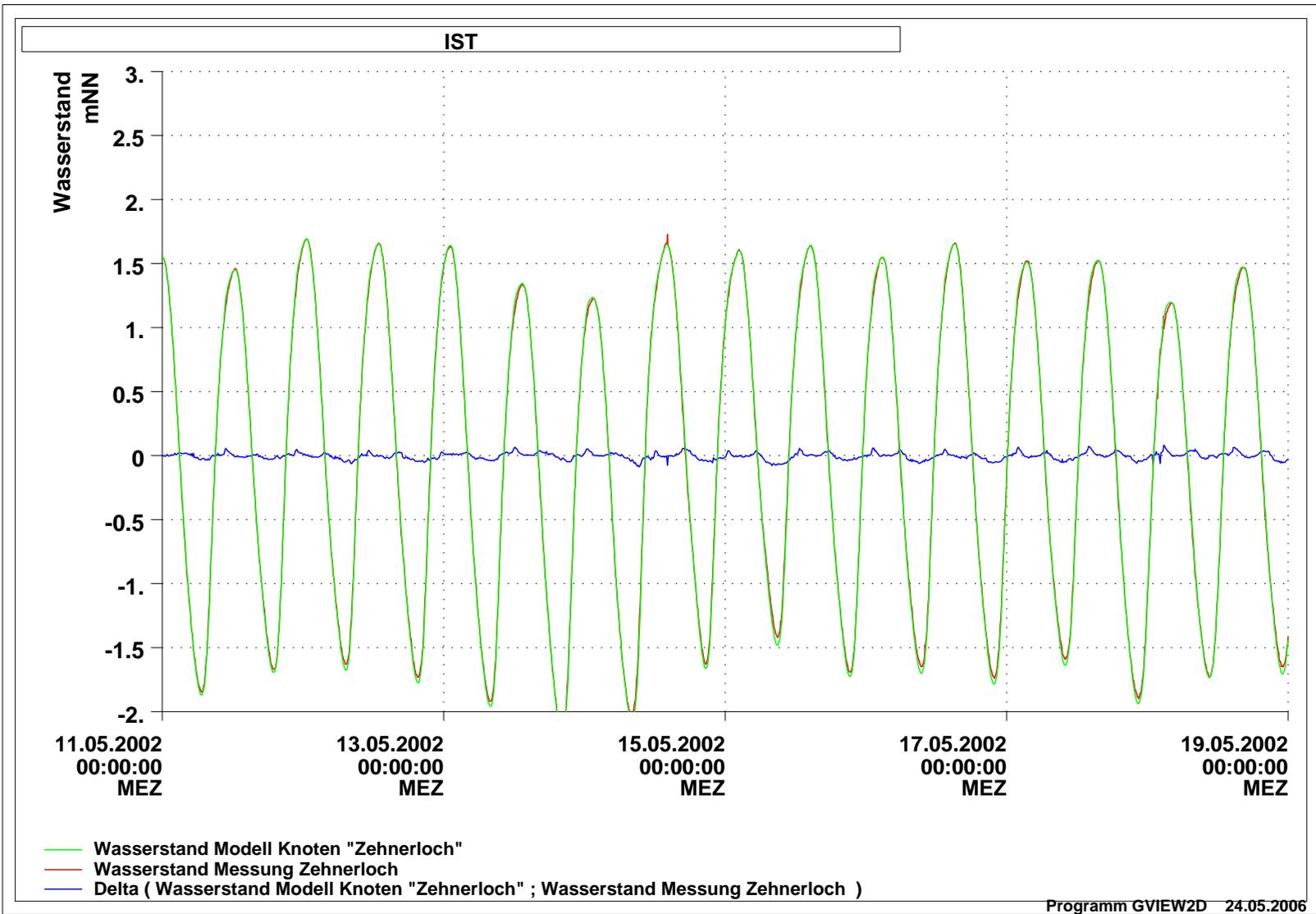


Bild 10: Wasserstand am Pegel Zehnerloch, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

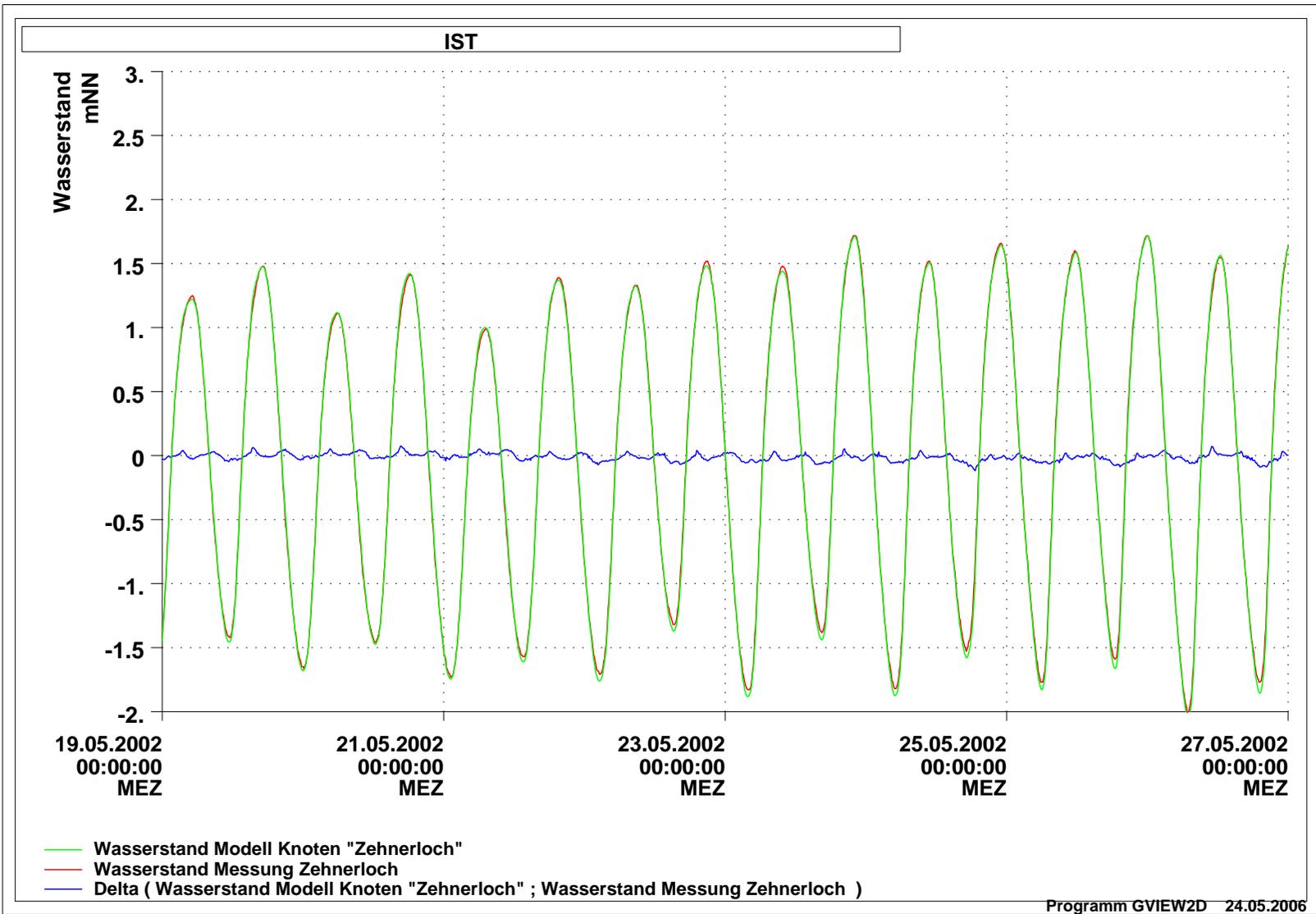
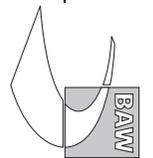


Bild 11: Wasserstand am Pegel Zehnerloch, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

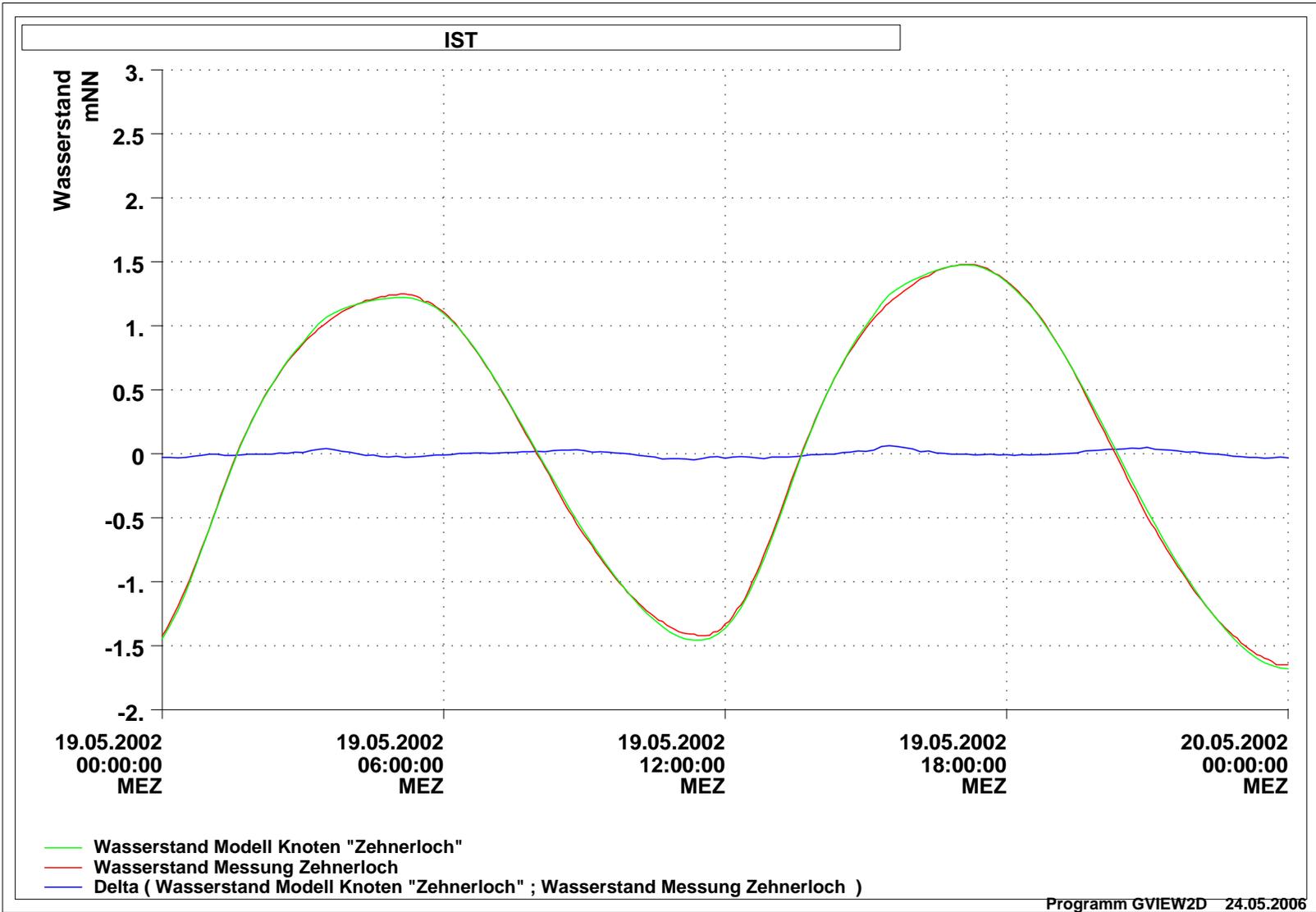
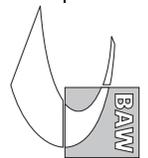


Bild 12: Wasserstand am Pegel Zehnerloch, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

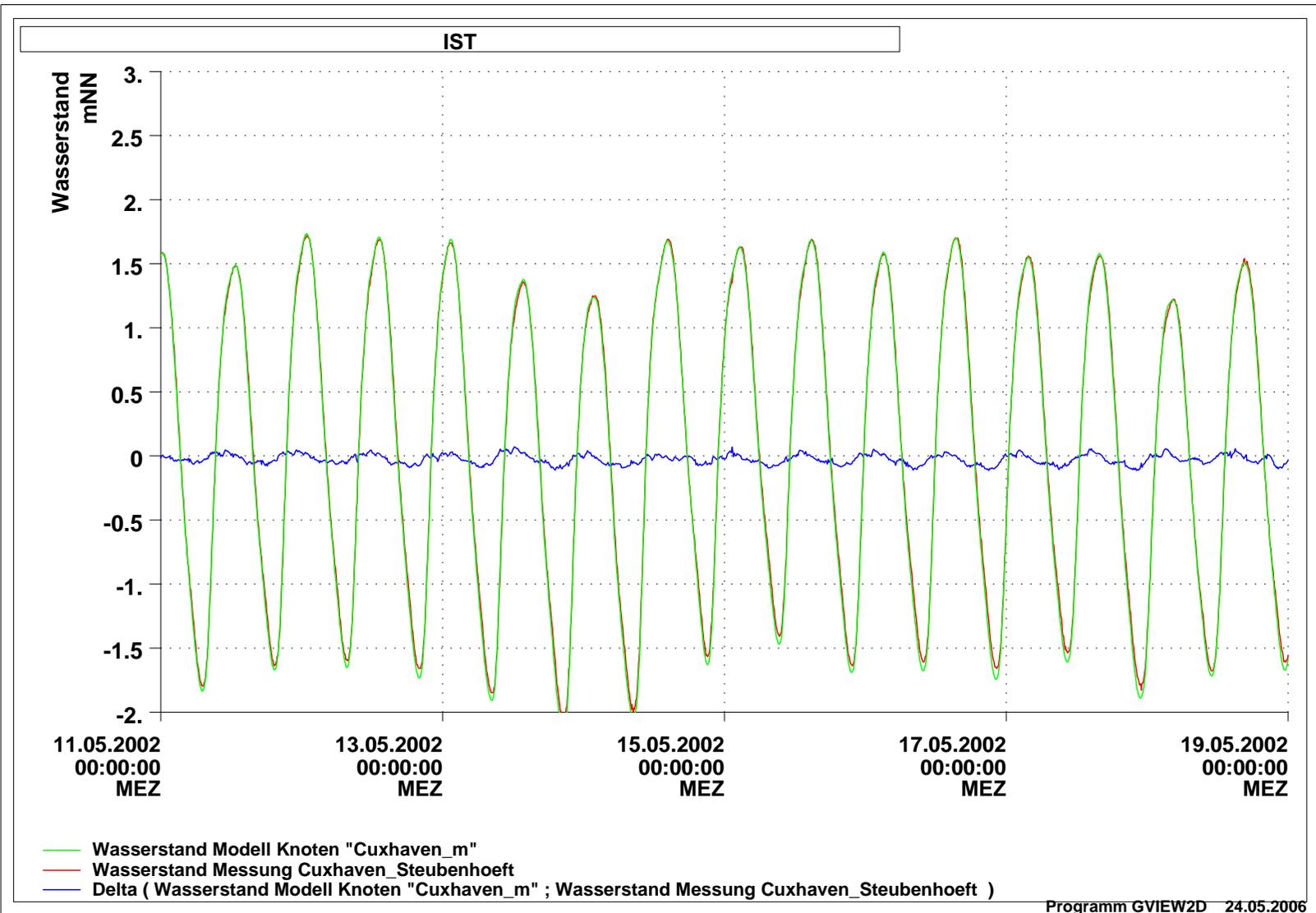


Bild 13: Wasserstand am Pegel Cuxhaven Steubenhöft, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

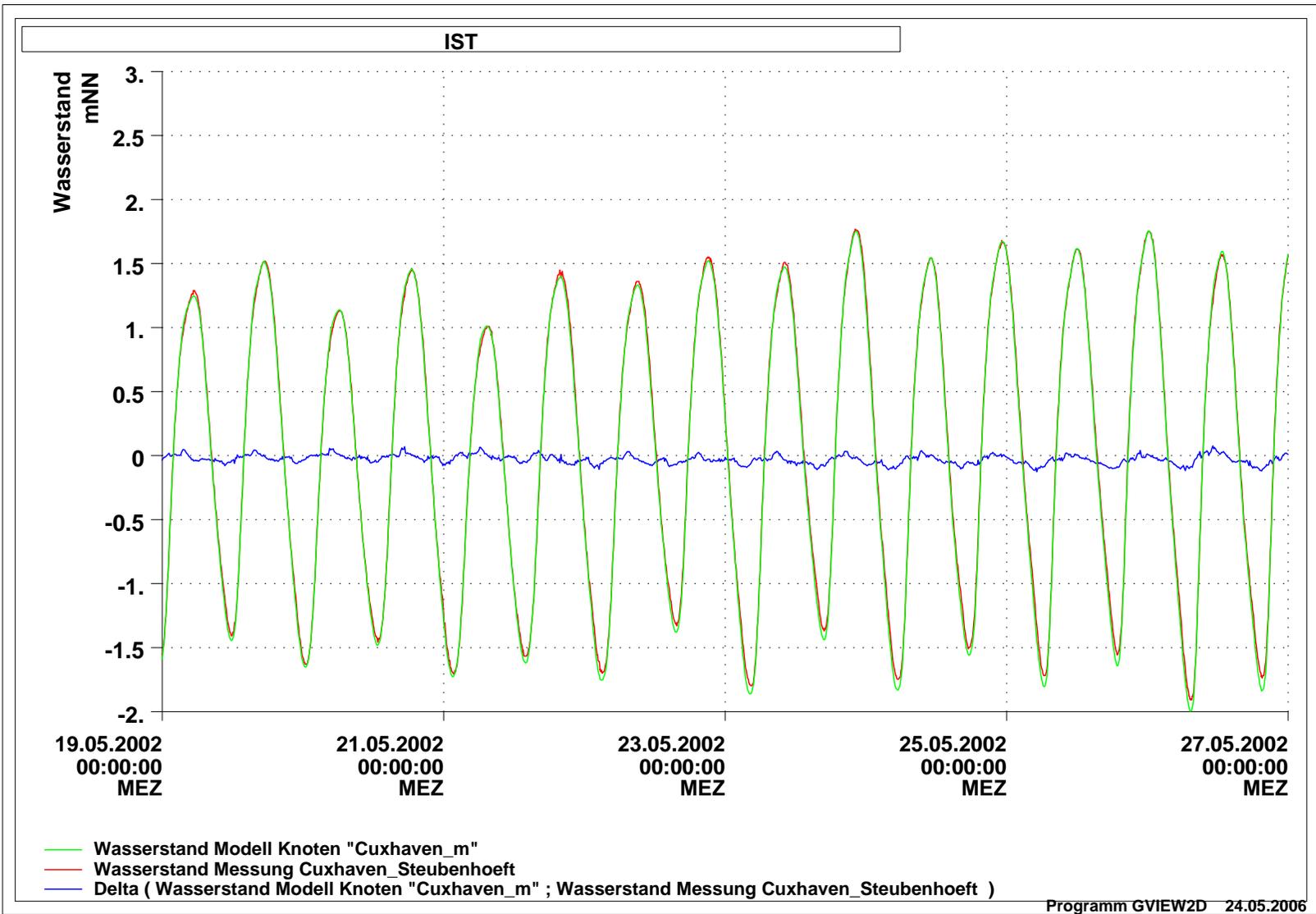
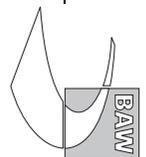


Bild 14: Wasserstand am Pegel Cuxhaven Steubenhöft, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

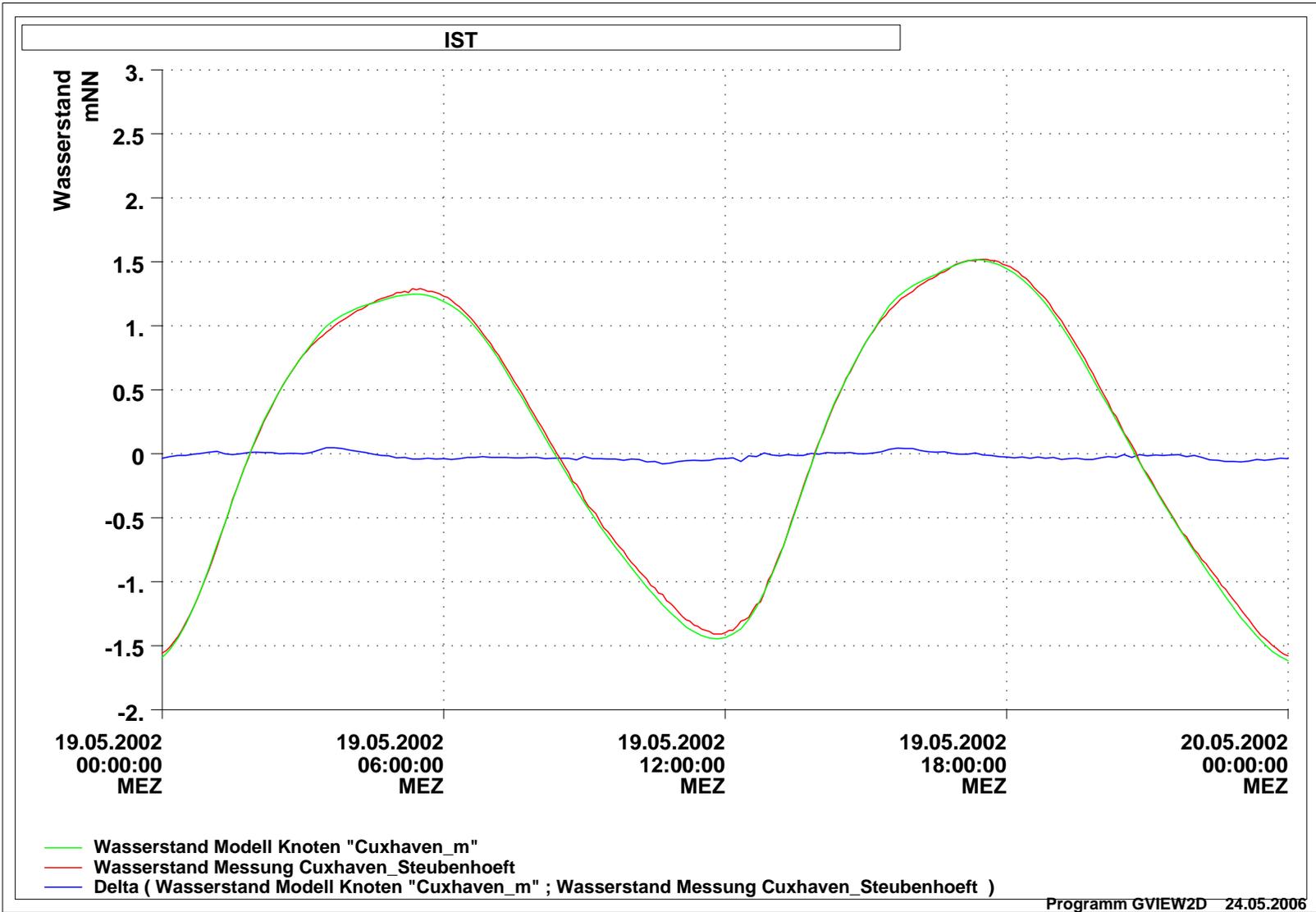
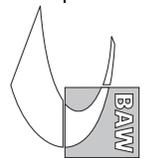


Bild 15: Wasserstand am Pegel Cuxhaven Steubenhöft, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

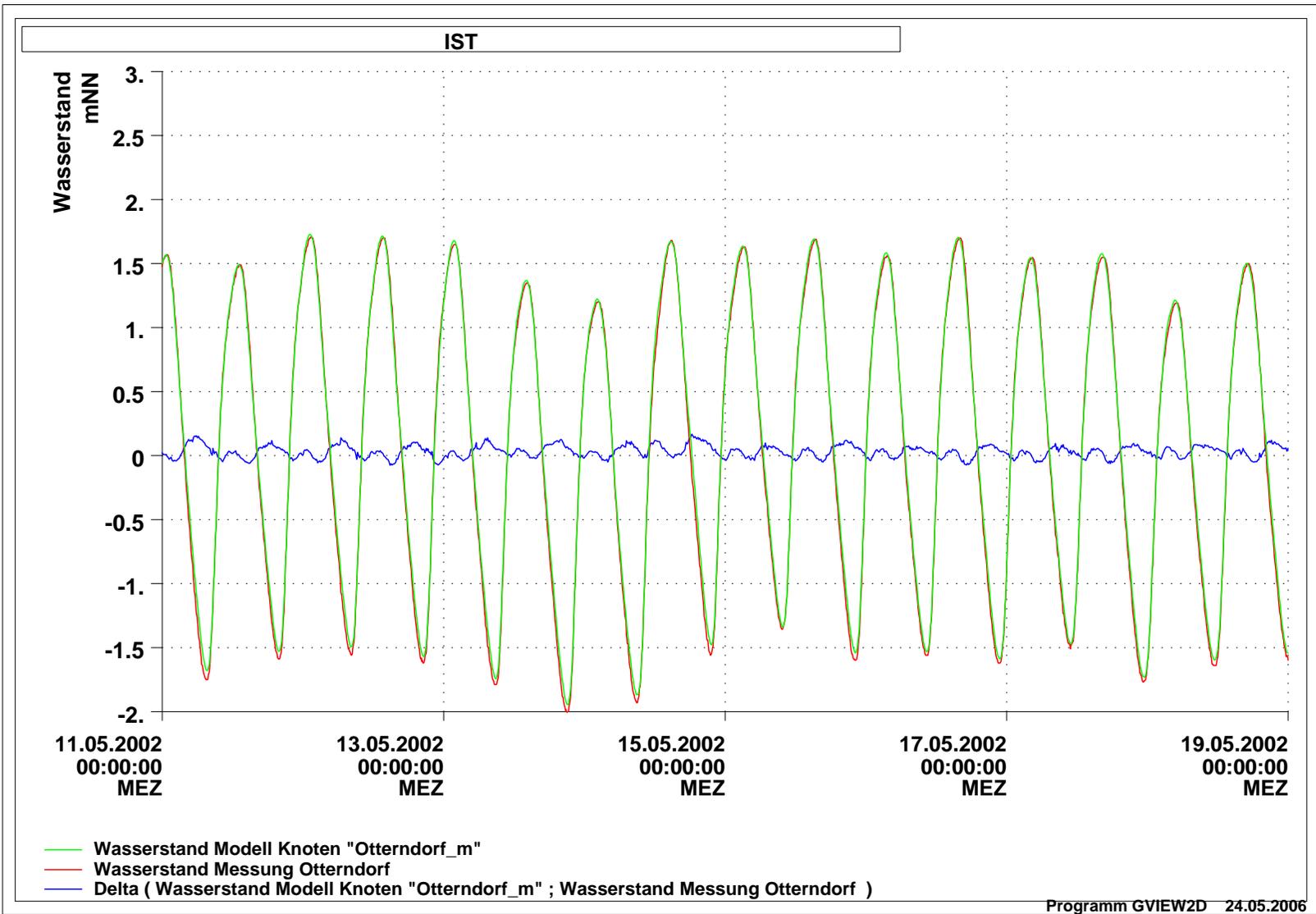
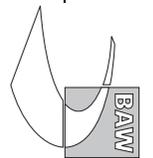


Bild 16: Wasserstand am Pegel Otterndorf, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

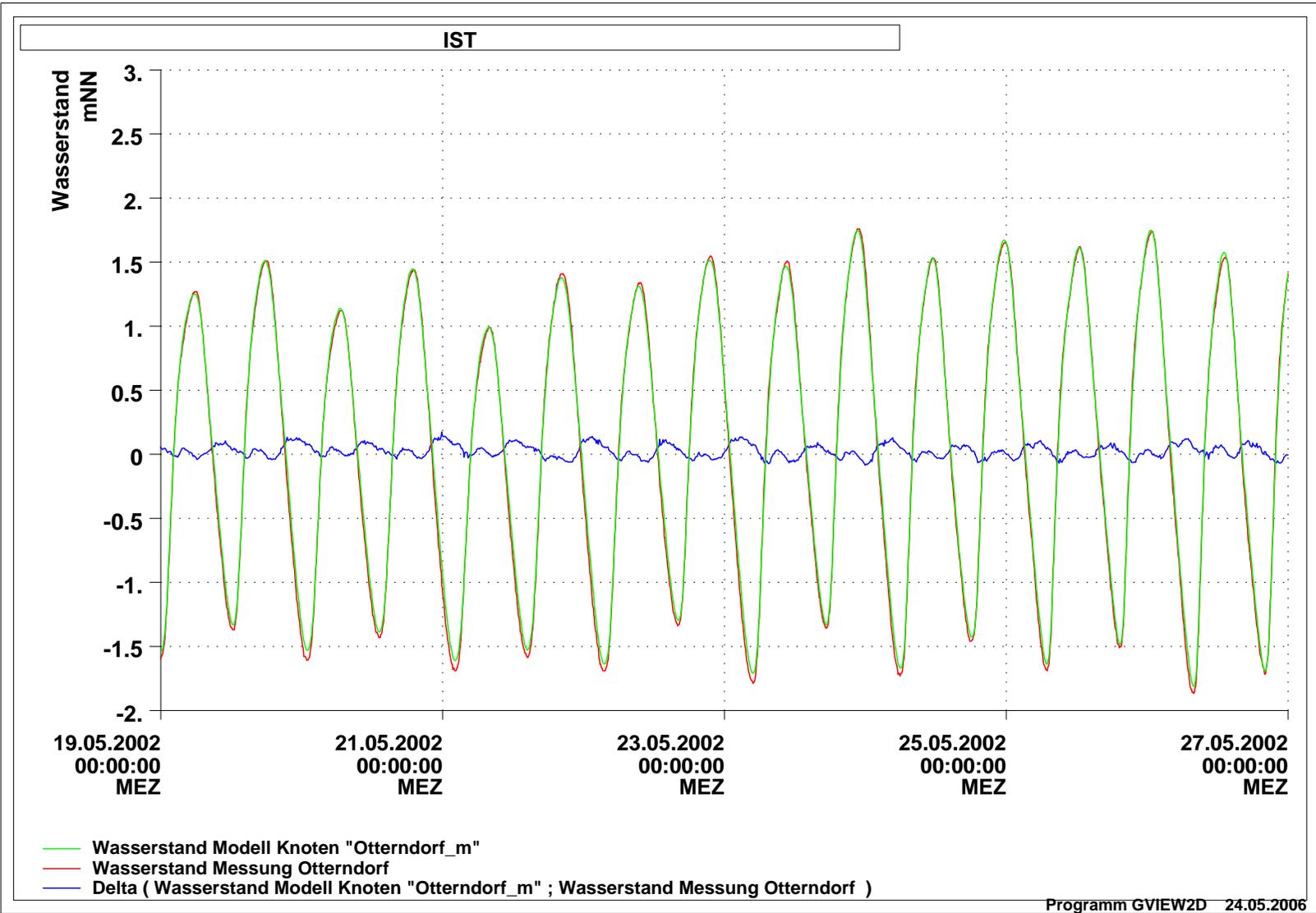
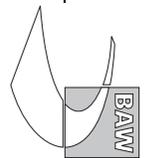


Bild 17: Wasserstand am Pegel Otterndorf, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

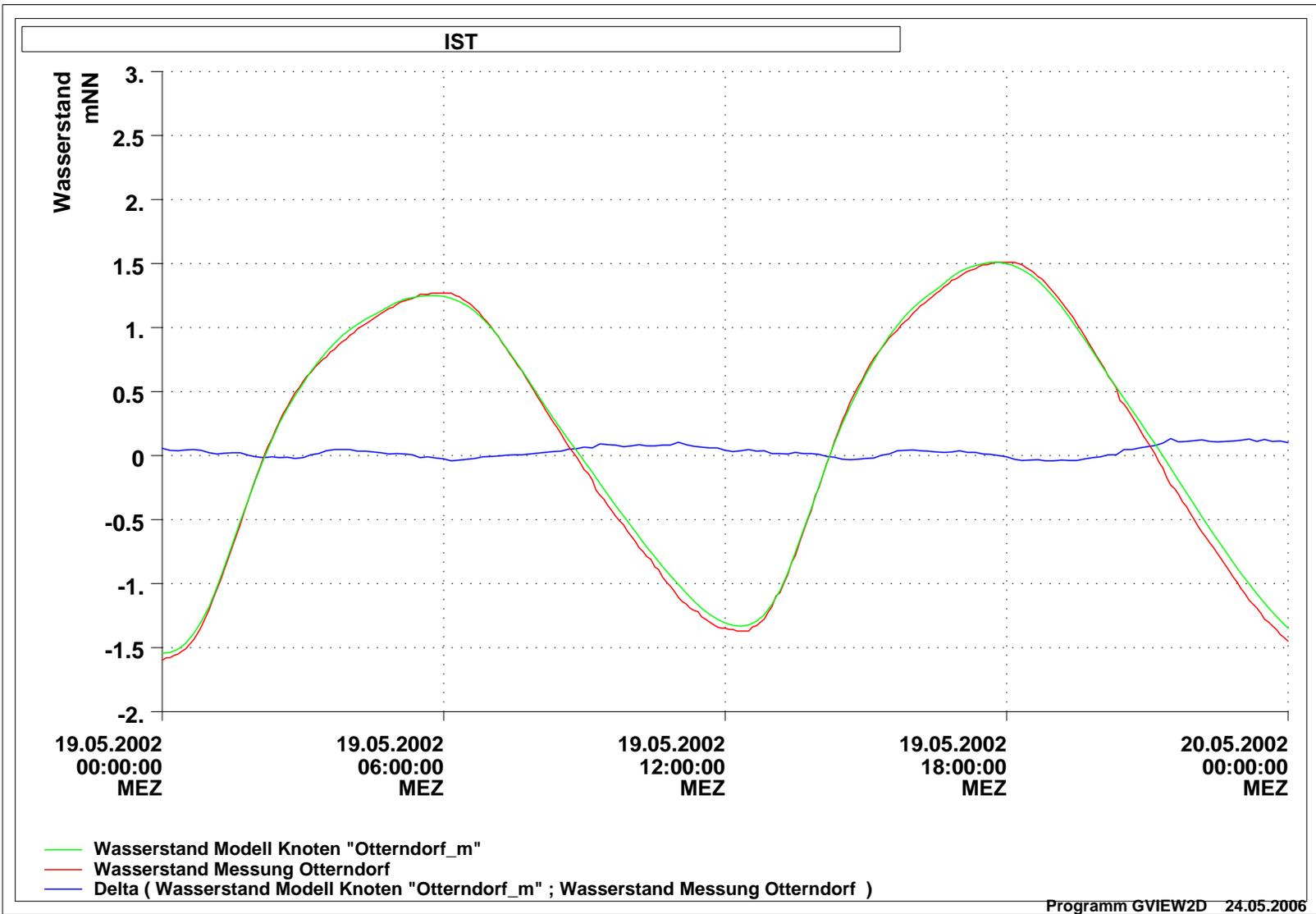
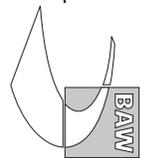


Bild 18: Wasserstand am Pegel Otterndorf, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

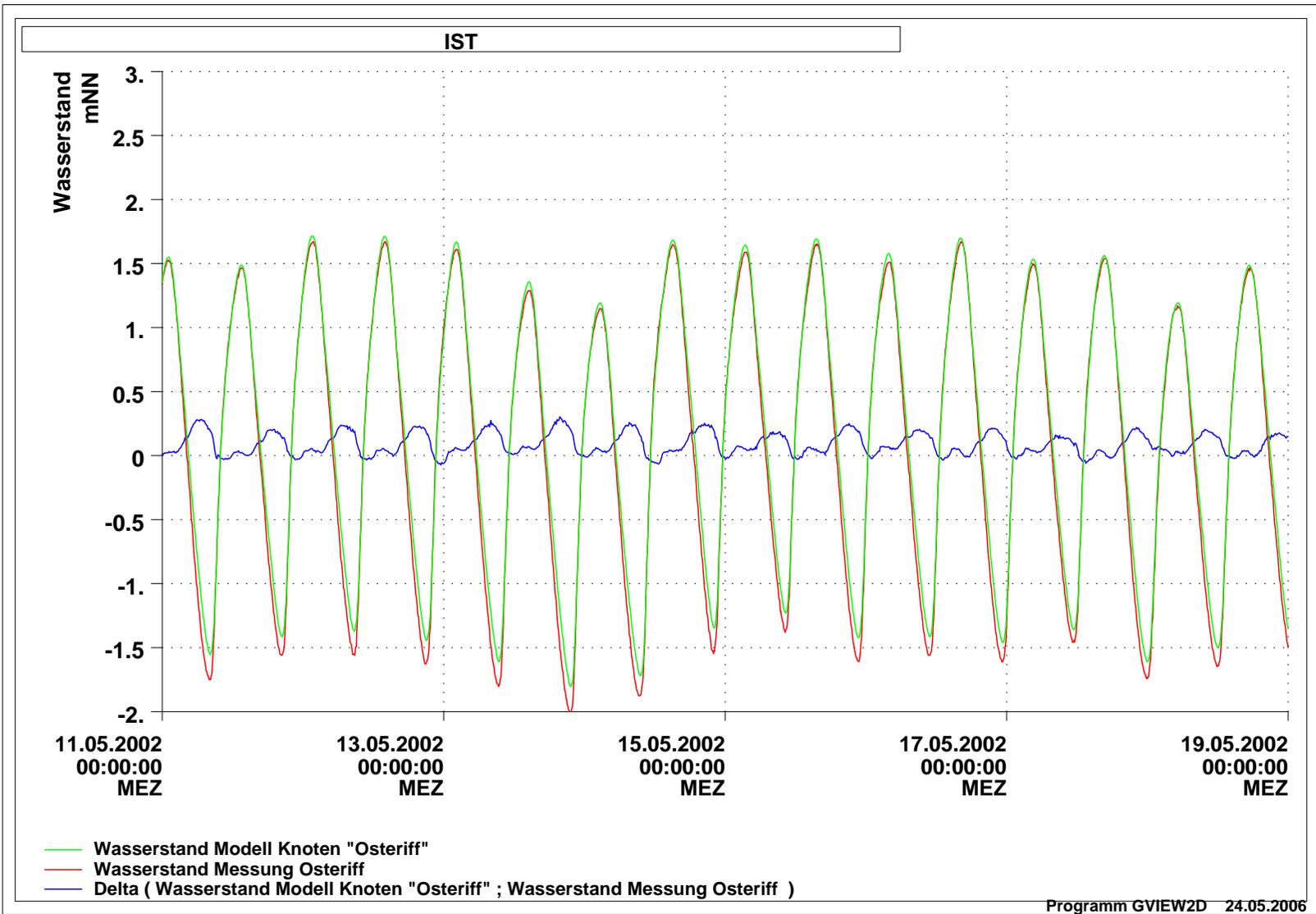
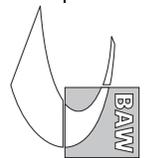


Bild 19: Wasserstand am Pegel Osteriff, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

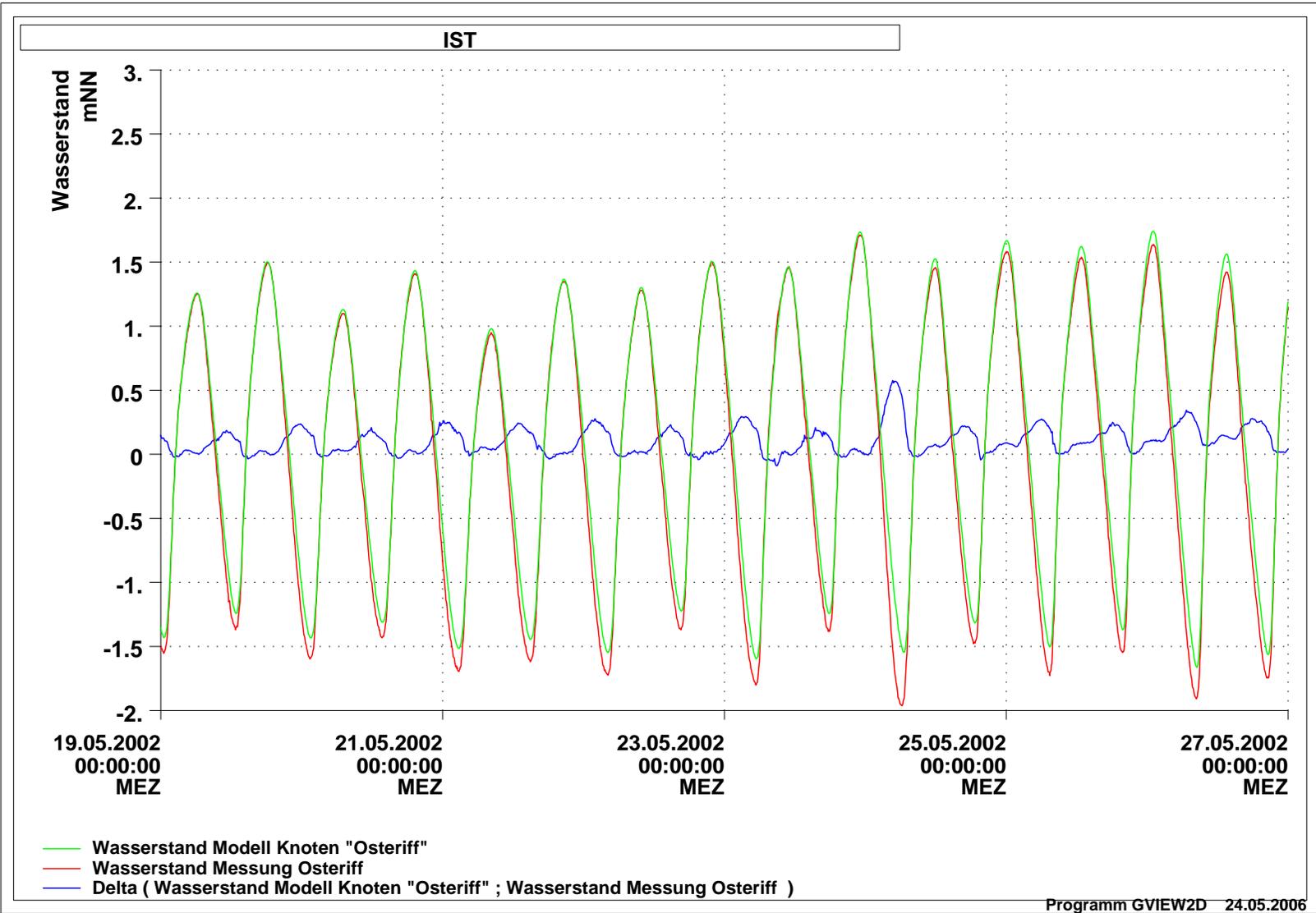
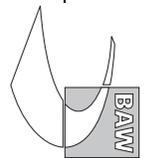


Bild 20: Wasserstand am Pegel Osteriff, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

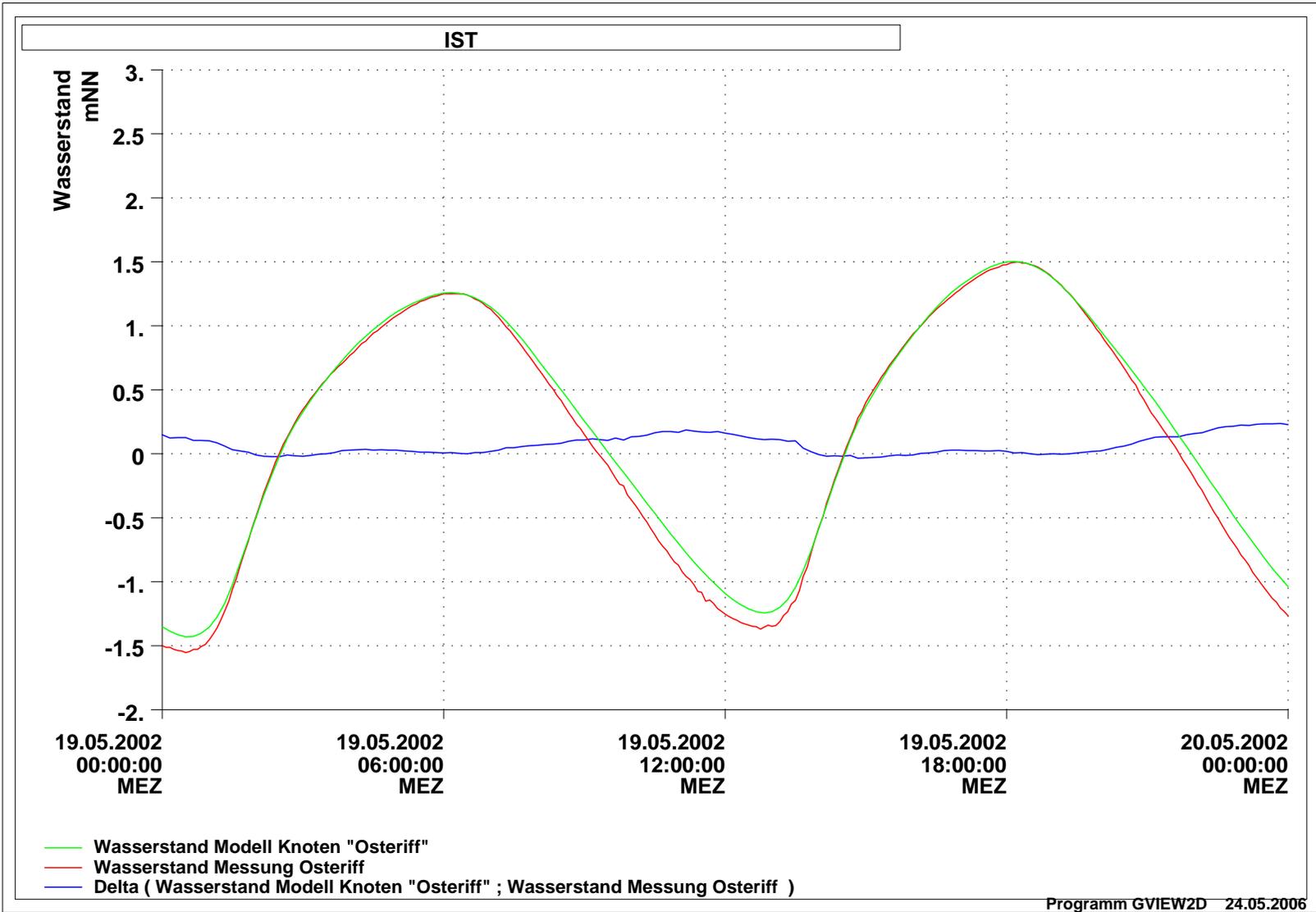
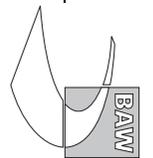


Bild 21: Wasserstand am Pegel Osteriff, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

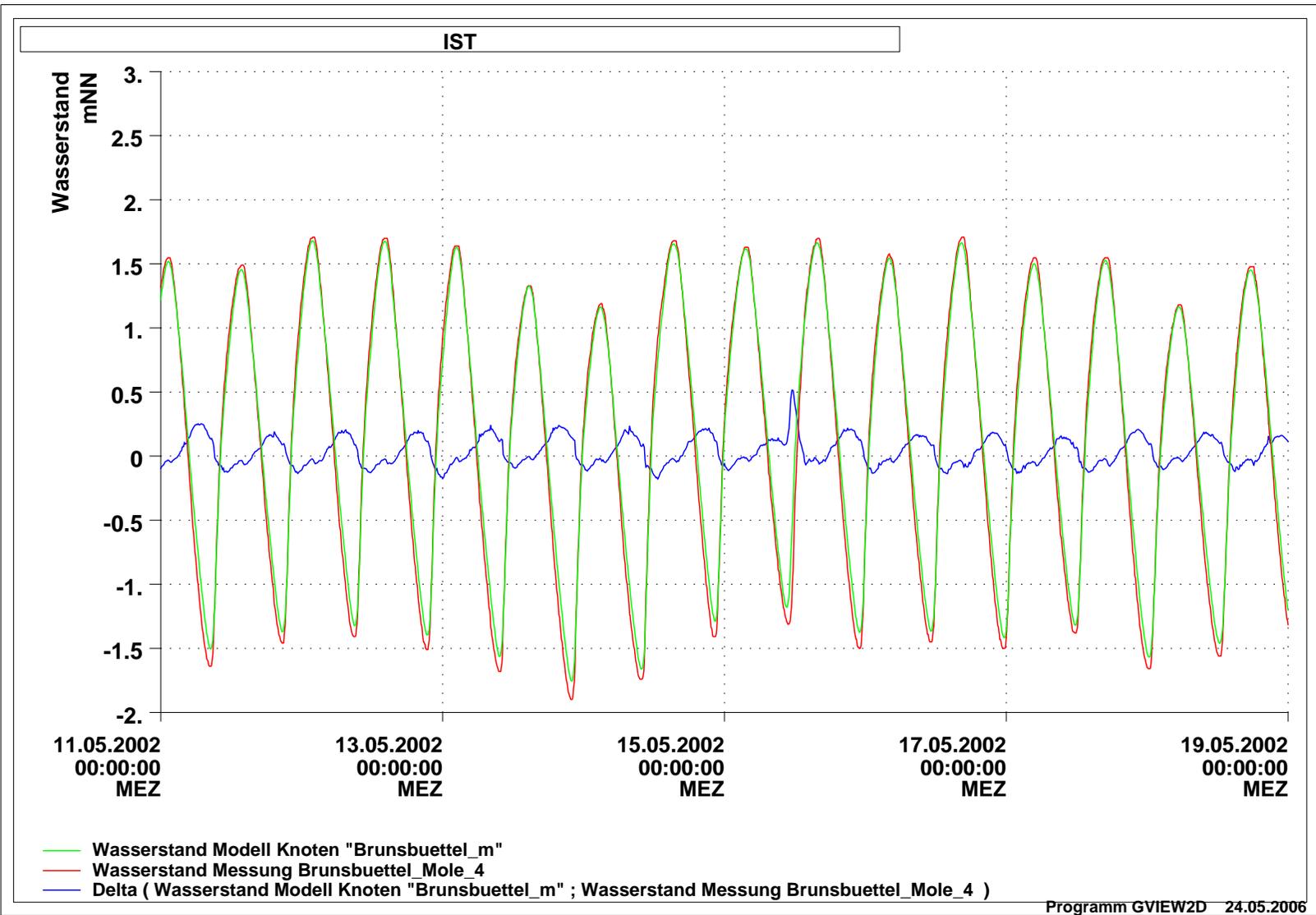
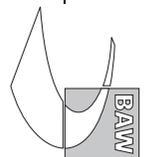


Bild 22: Wasserstand am Pegel Brunsbüttel Mole 4, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

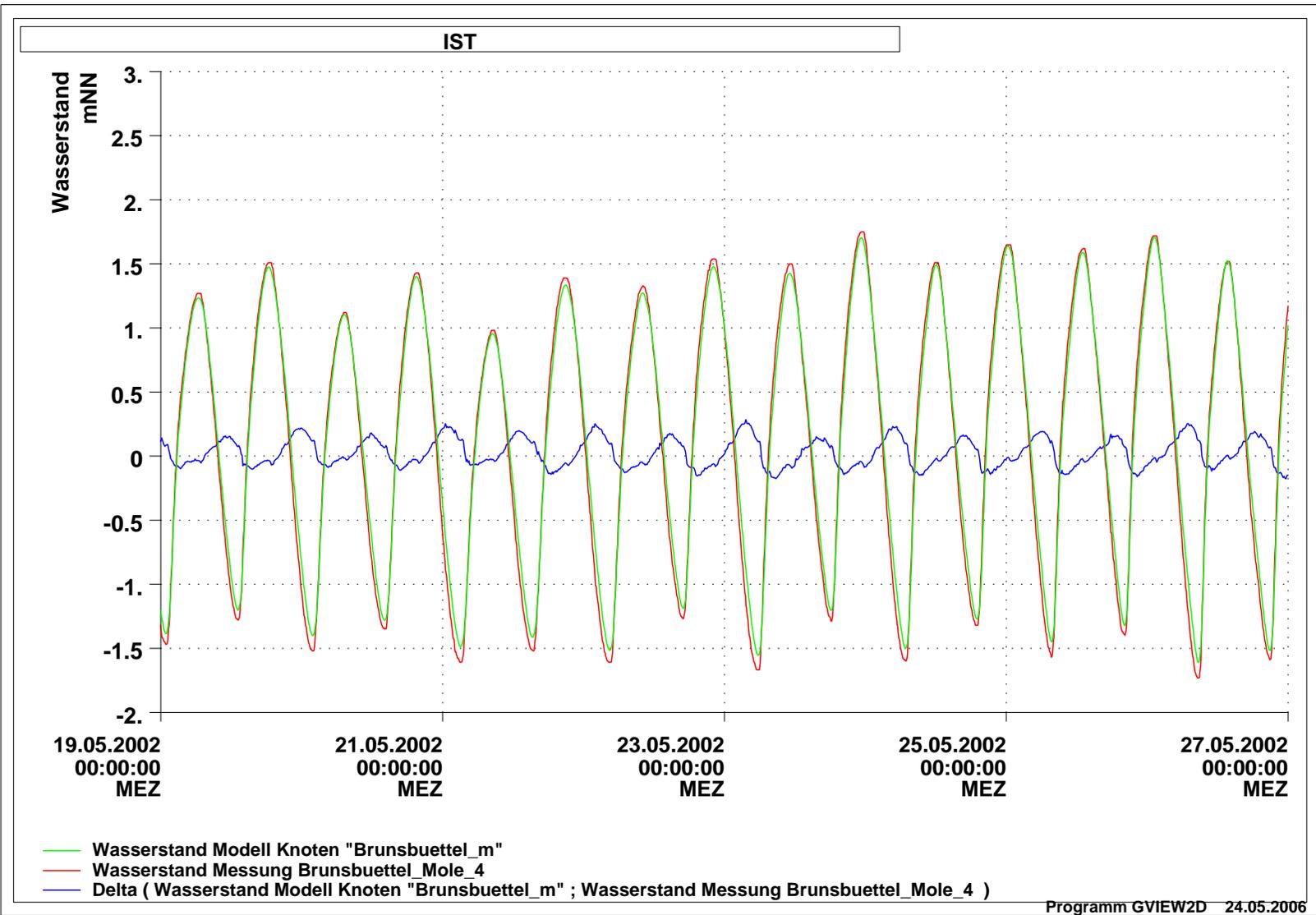
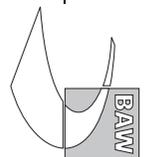


Bild 23: Wasserstand am Pegel Brunsbüttel Mole 4, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

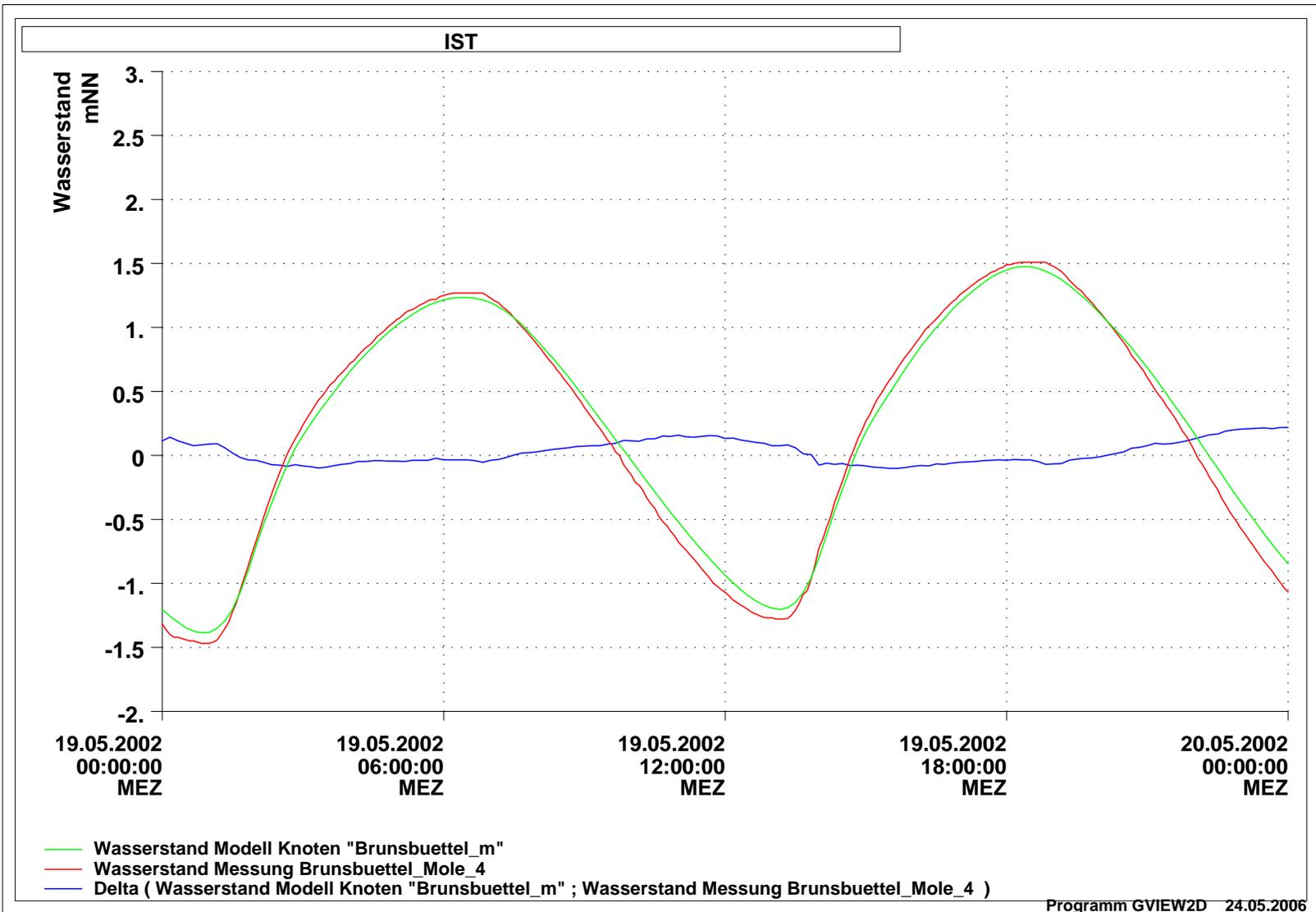


Bild 24: Wasserstand am Pegel Brunsbüttel Mole 4, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

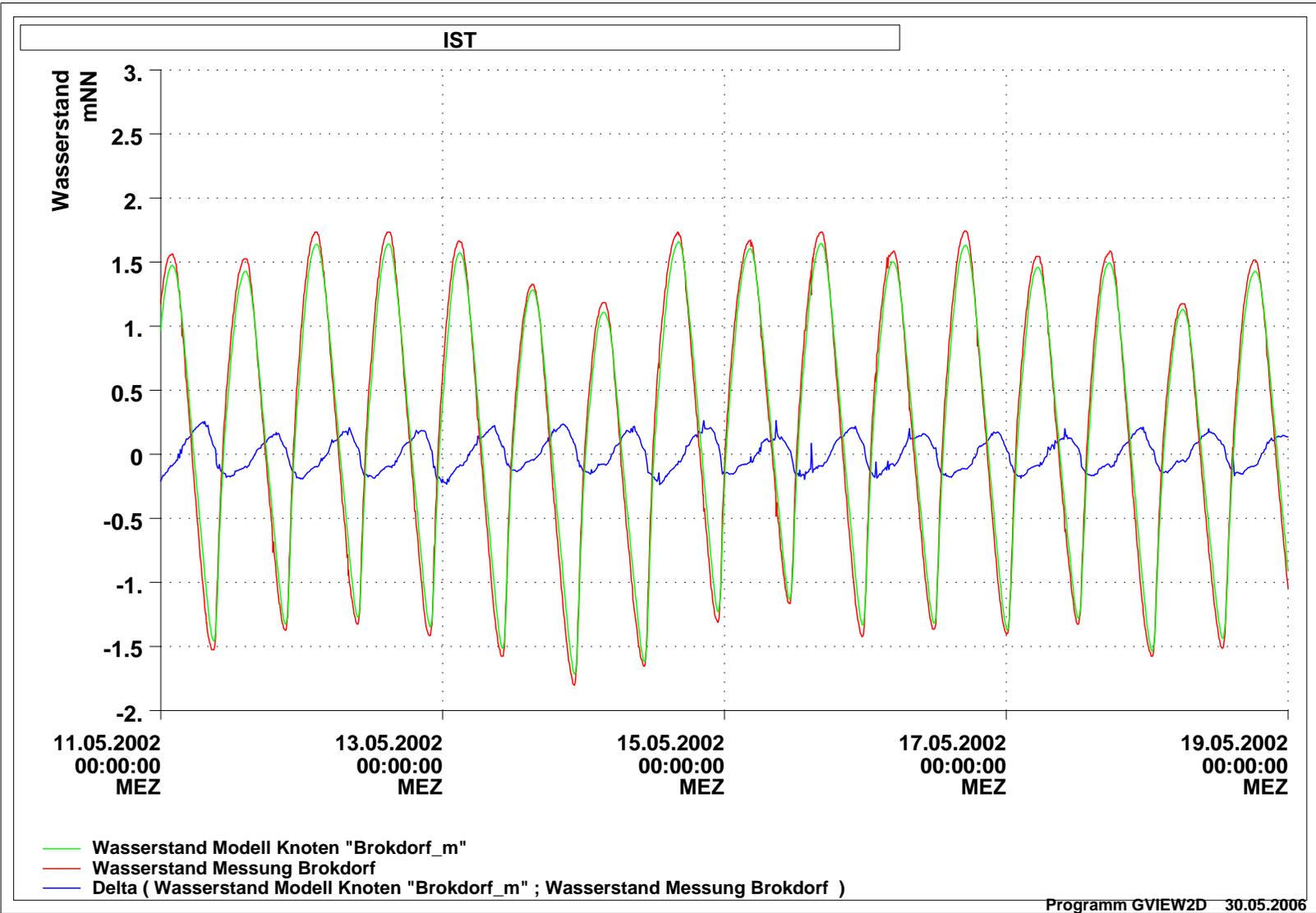
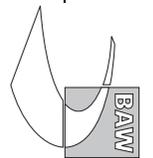


Bild 25: Wasserstand am Pegel Brokdorf, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

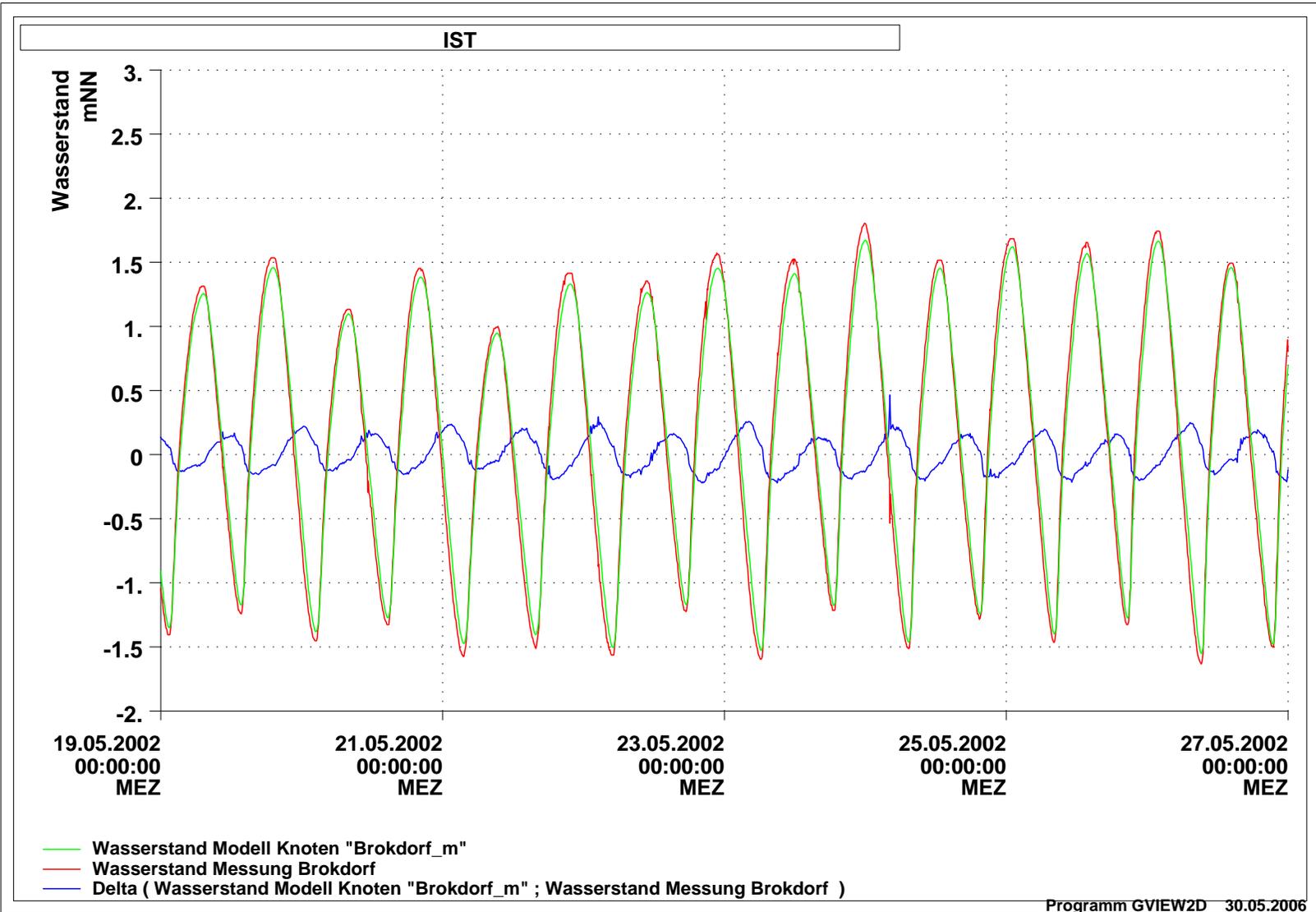


Bild 26: Wasserstand am Pegel Brokdorf, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

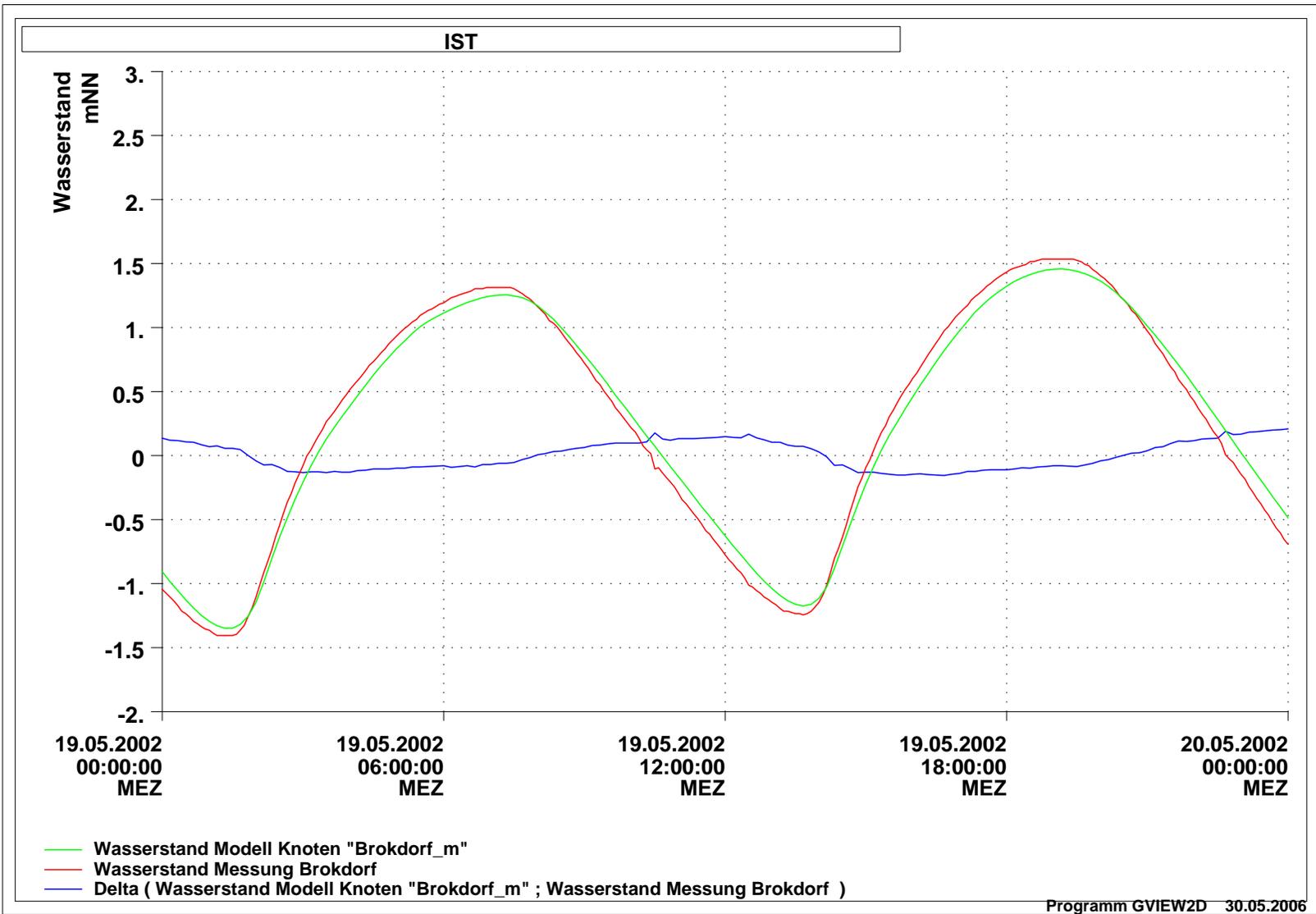


Bild 27: Wasserstand am Pegel Brokdorf, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

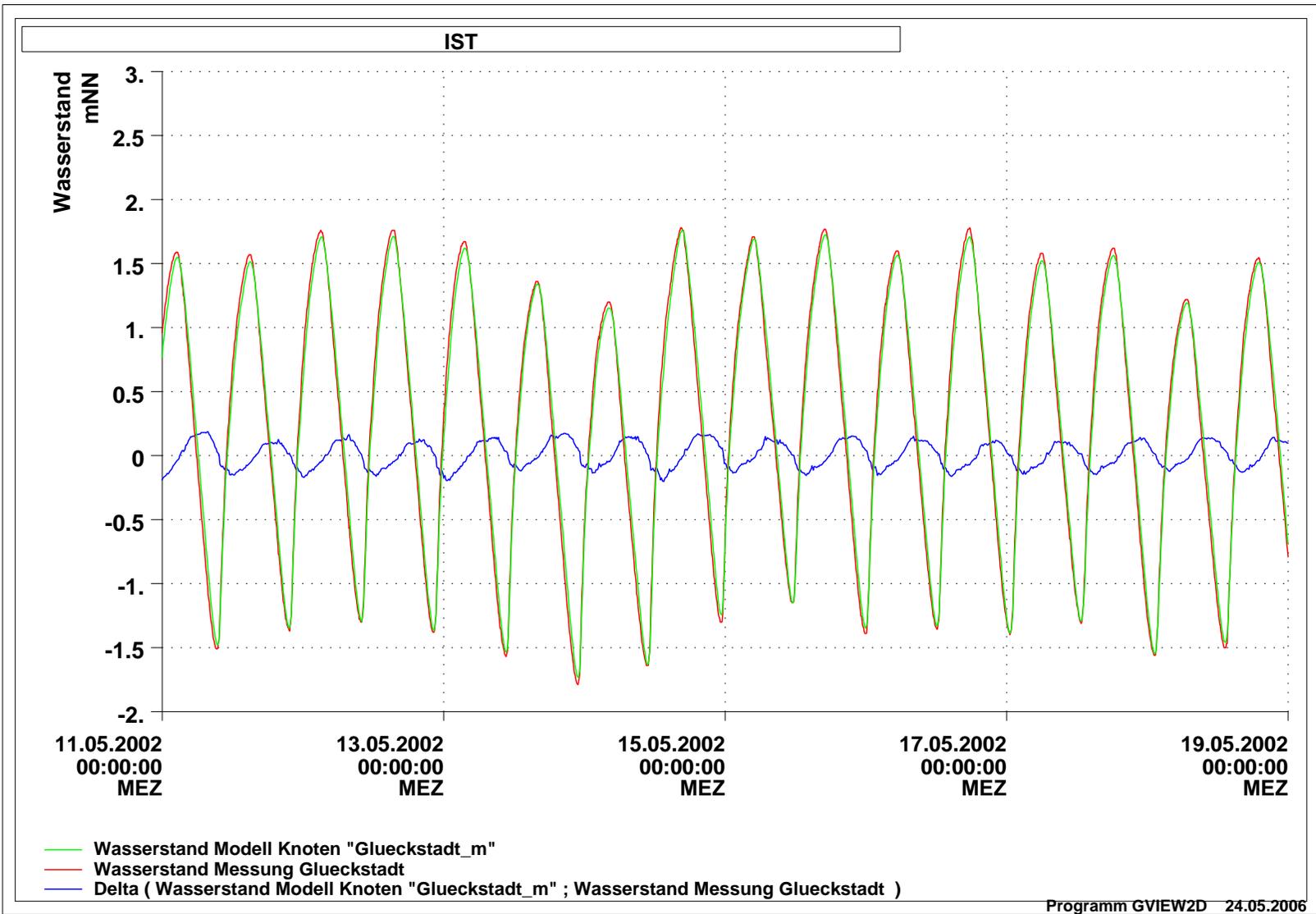
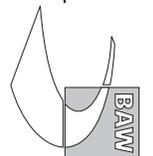


Bild 28: Wasserstand am Pegel Glückstadt, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

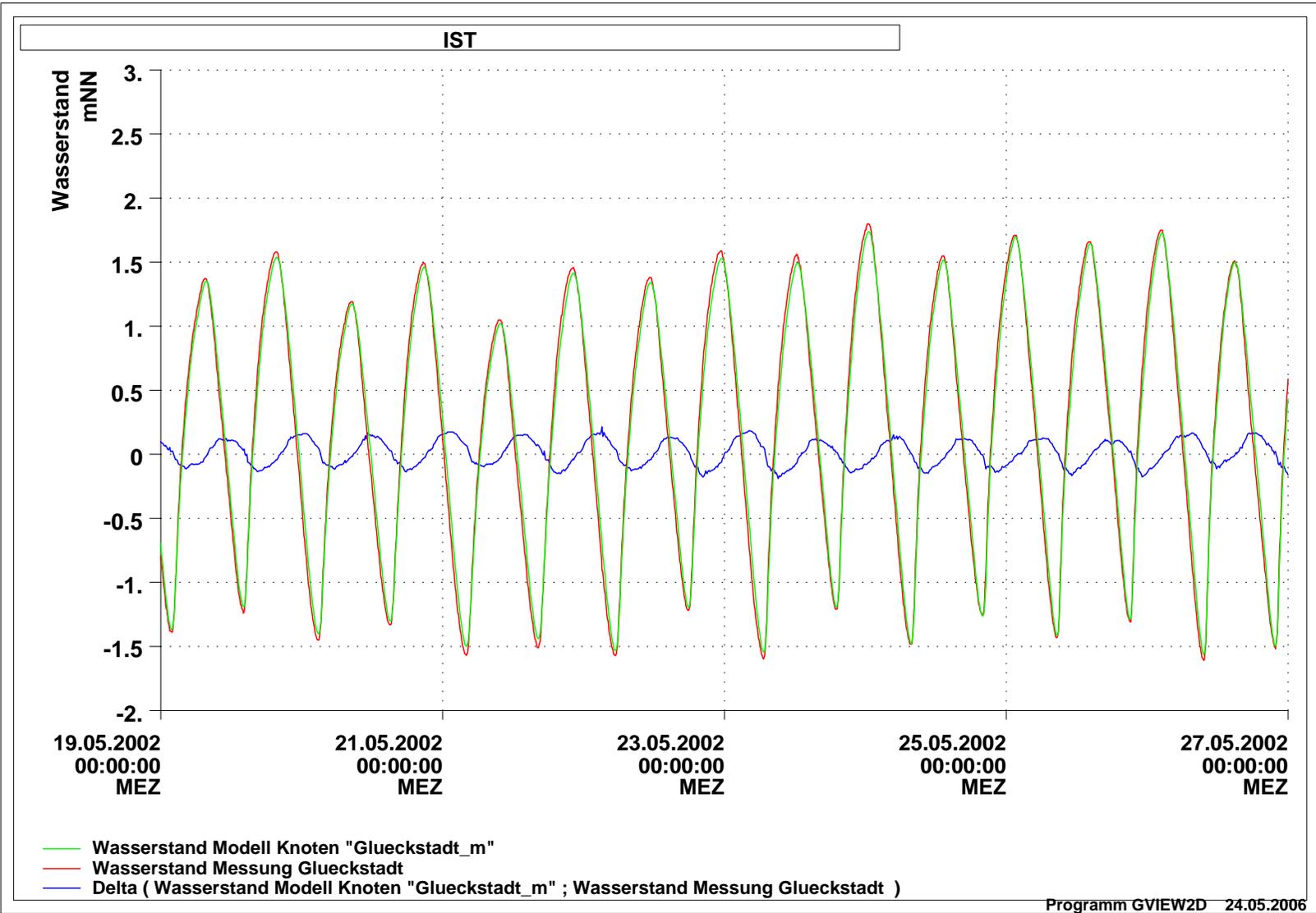


Bild 29: Wasserstand am Pegel Glückstadt, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

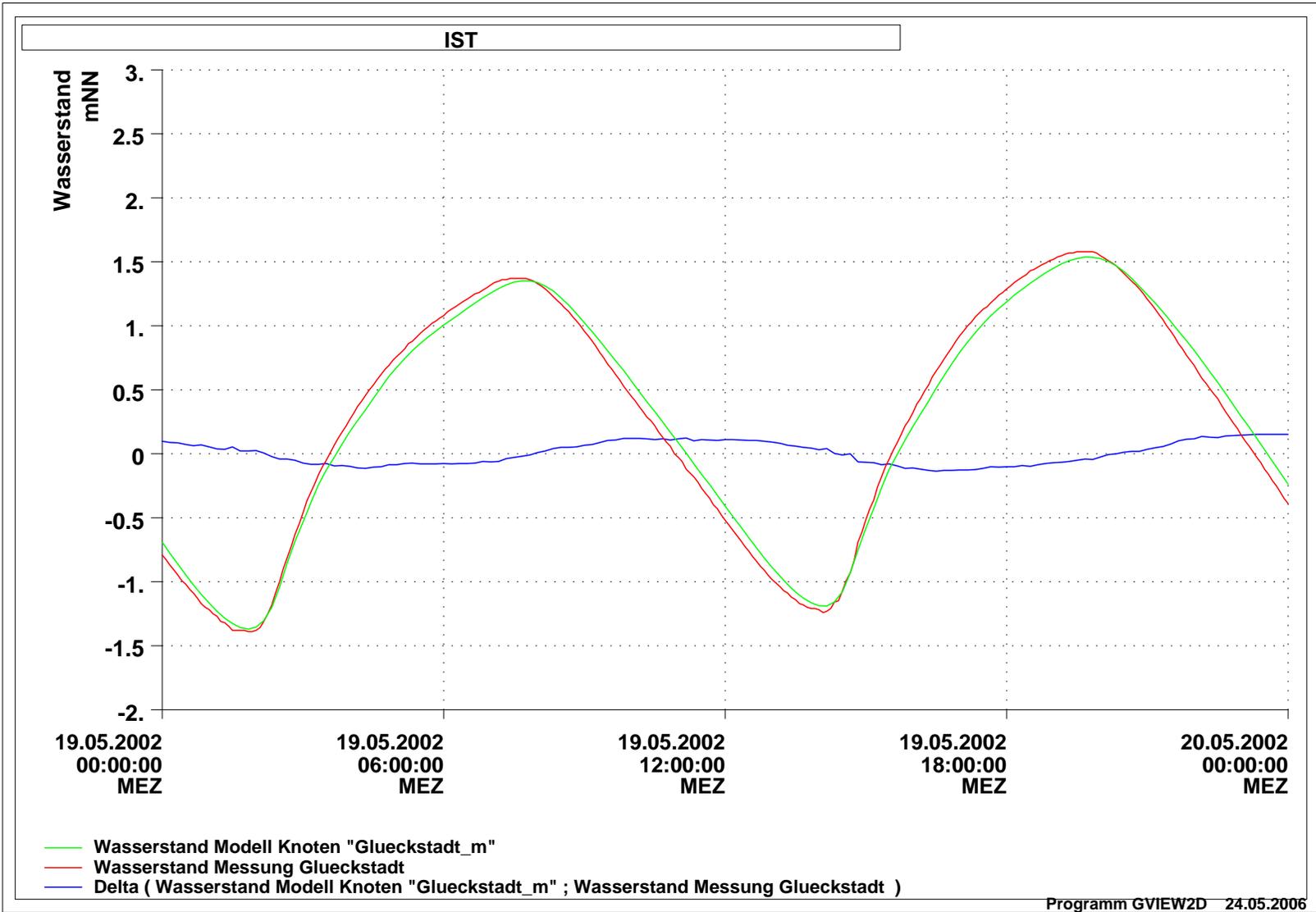
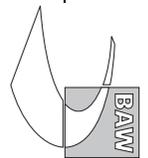


Bild 30: Wasserstand am Pegel Glückstadt, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

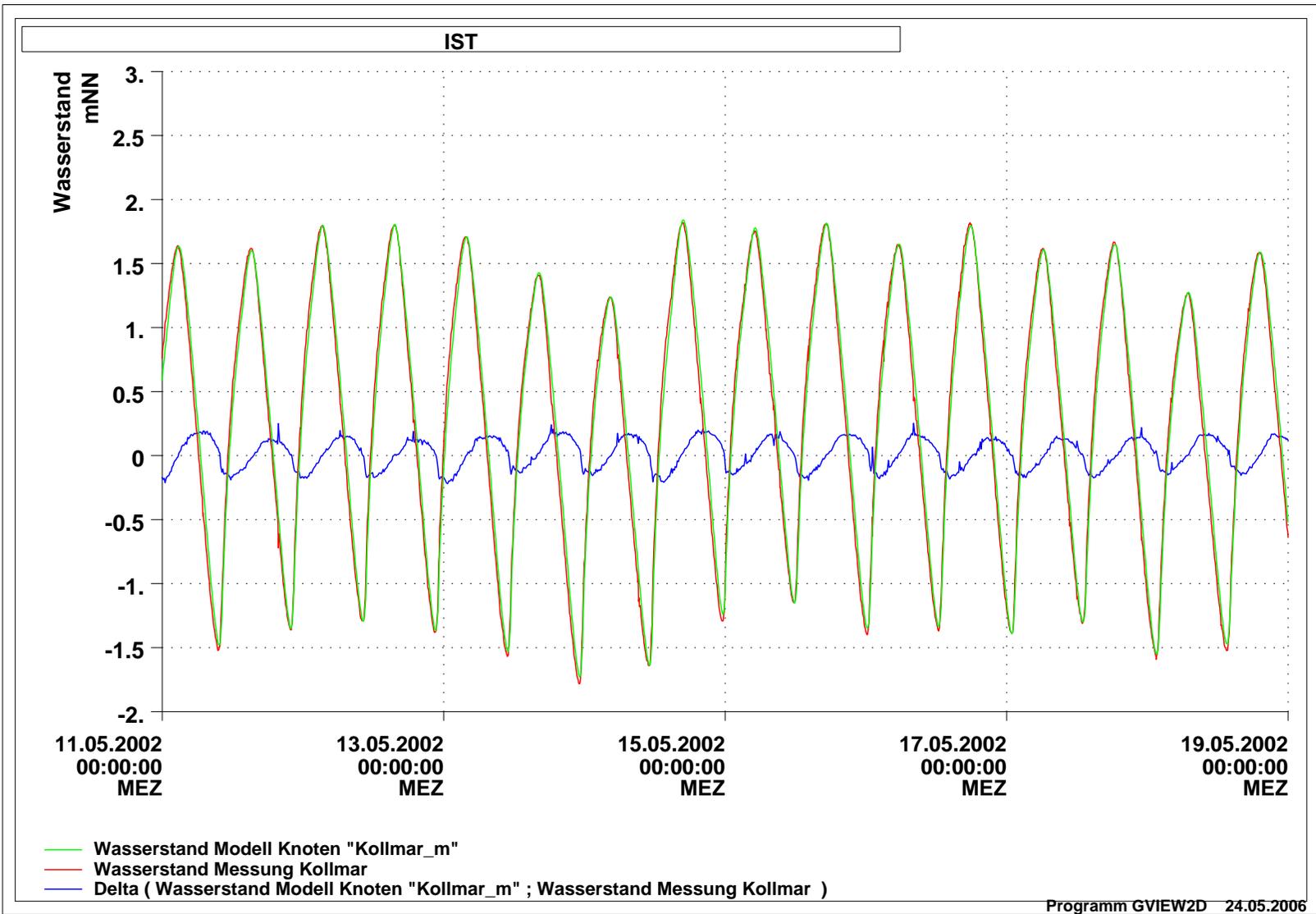
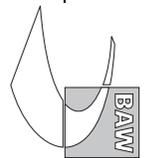


Bild 31: Wasserstand am Pegel Kollmar, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

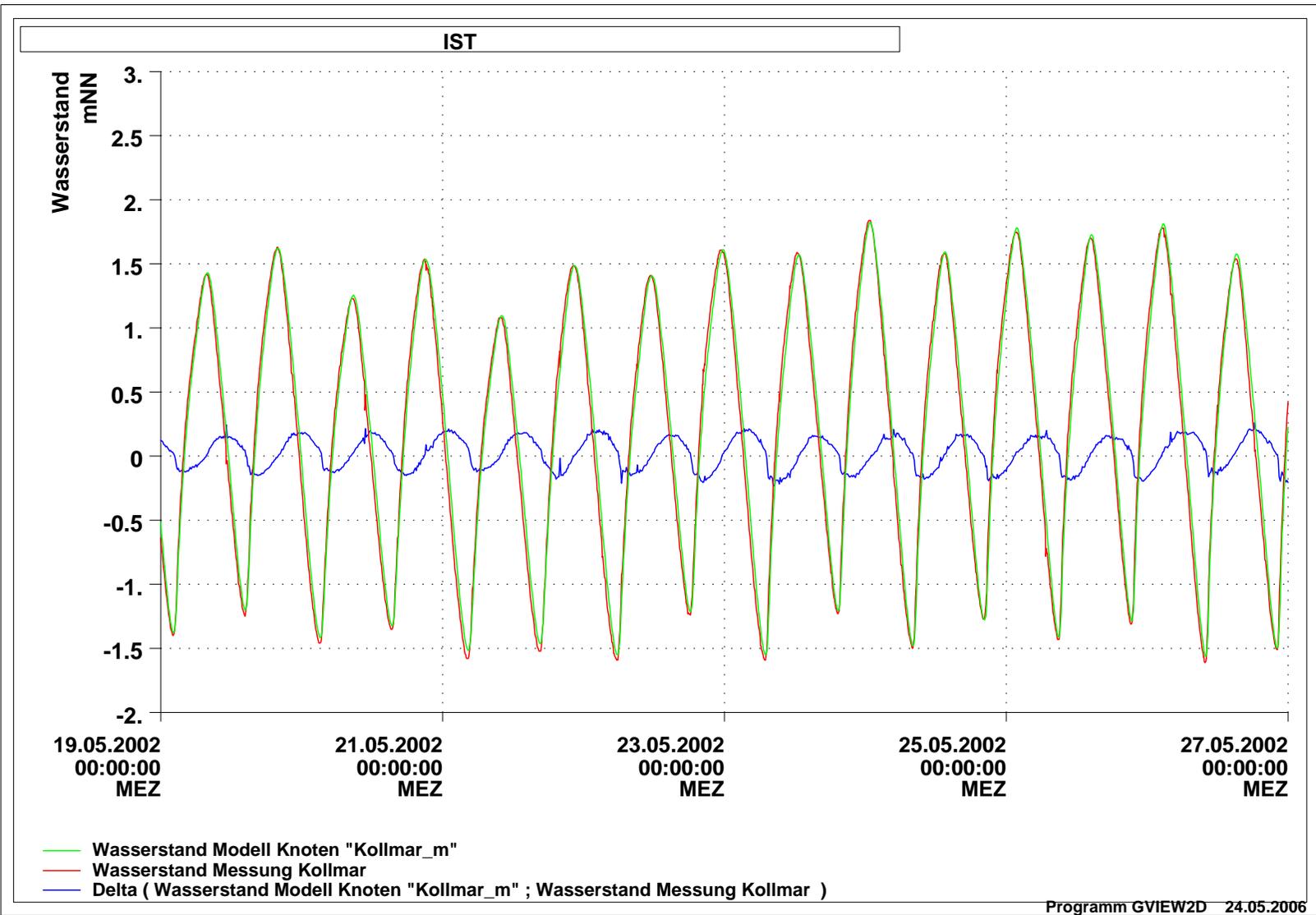
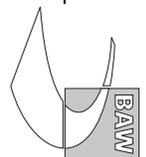


Bild 32: Wasserstand am Pegel Kollmar, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

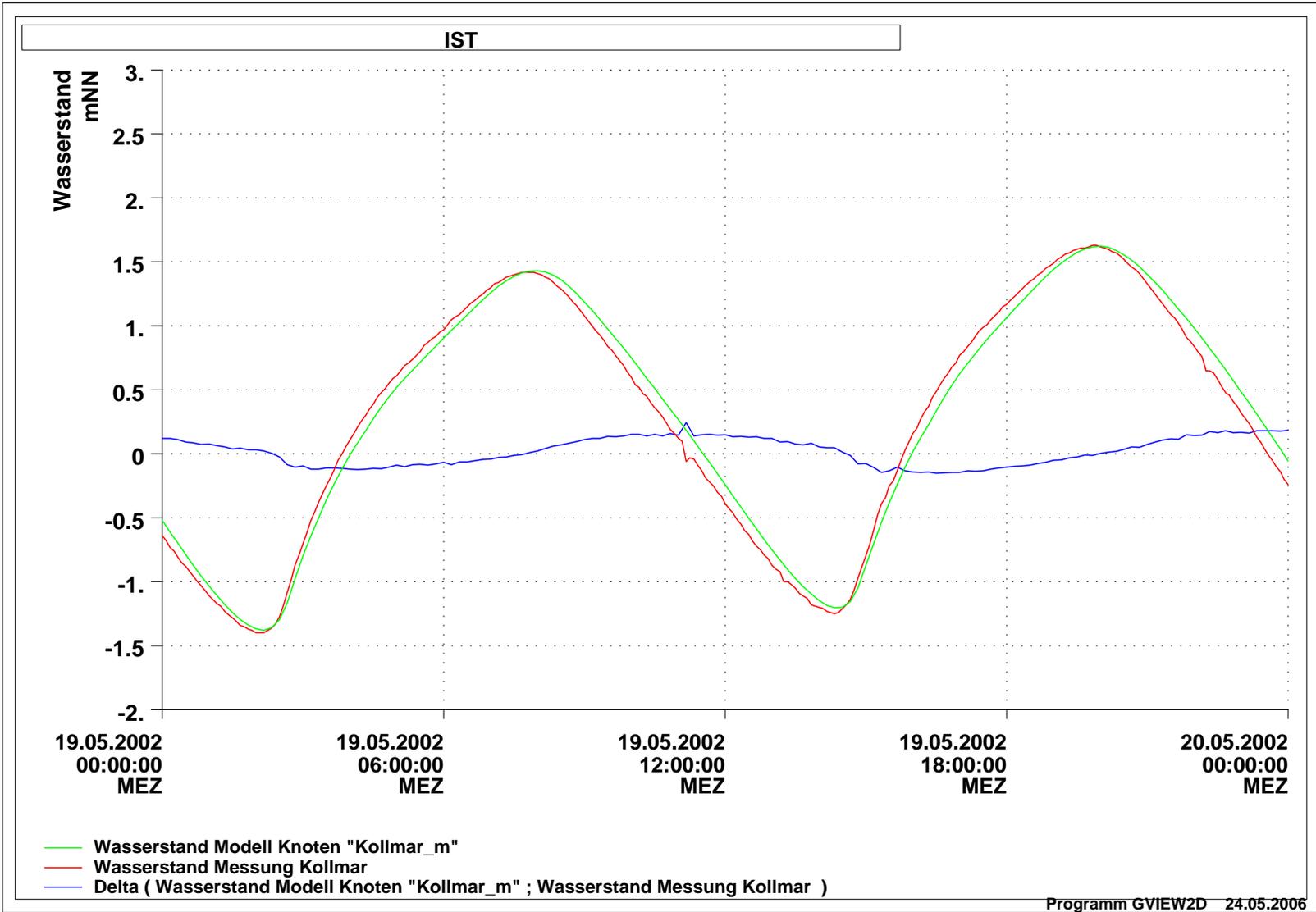
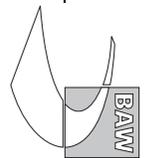


Bild 33: Wasserstand am Pegel Kollmar, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

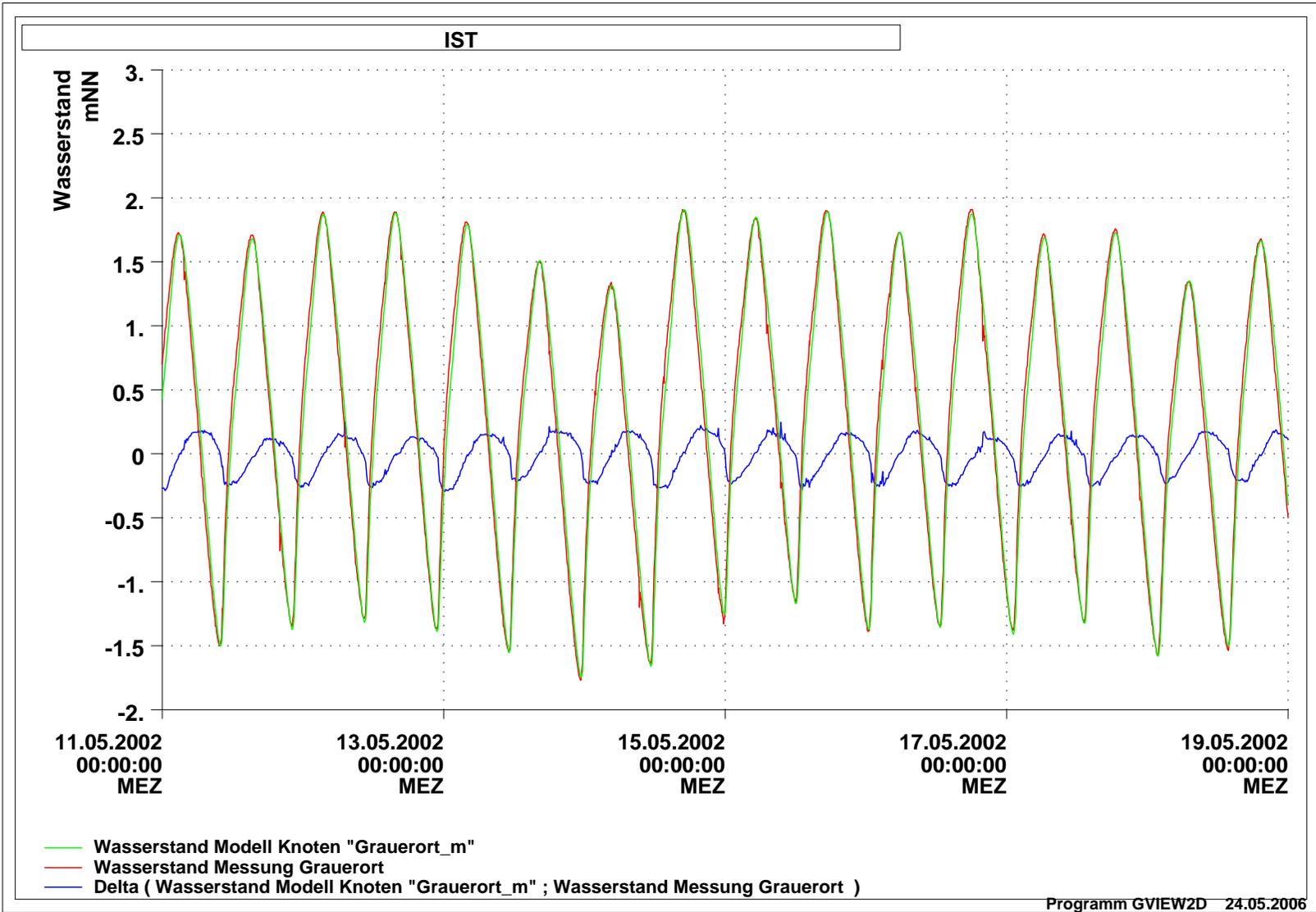
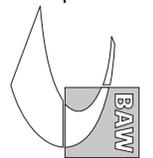


Bild 34: Wasserstand am Pegel Grauerort, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

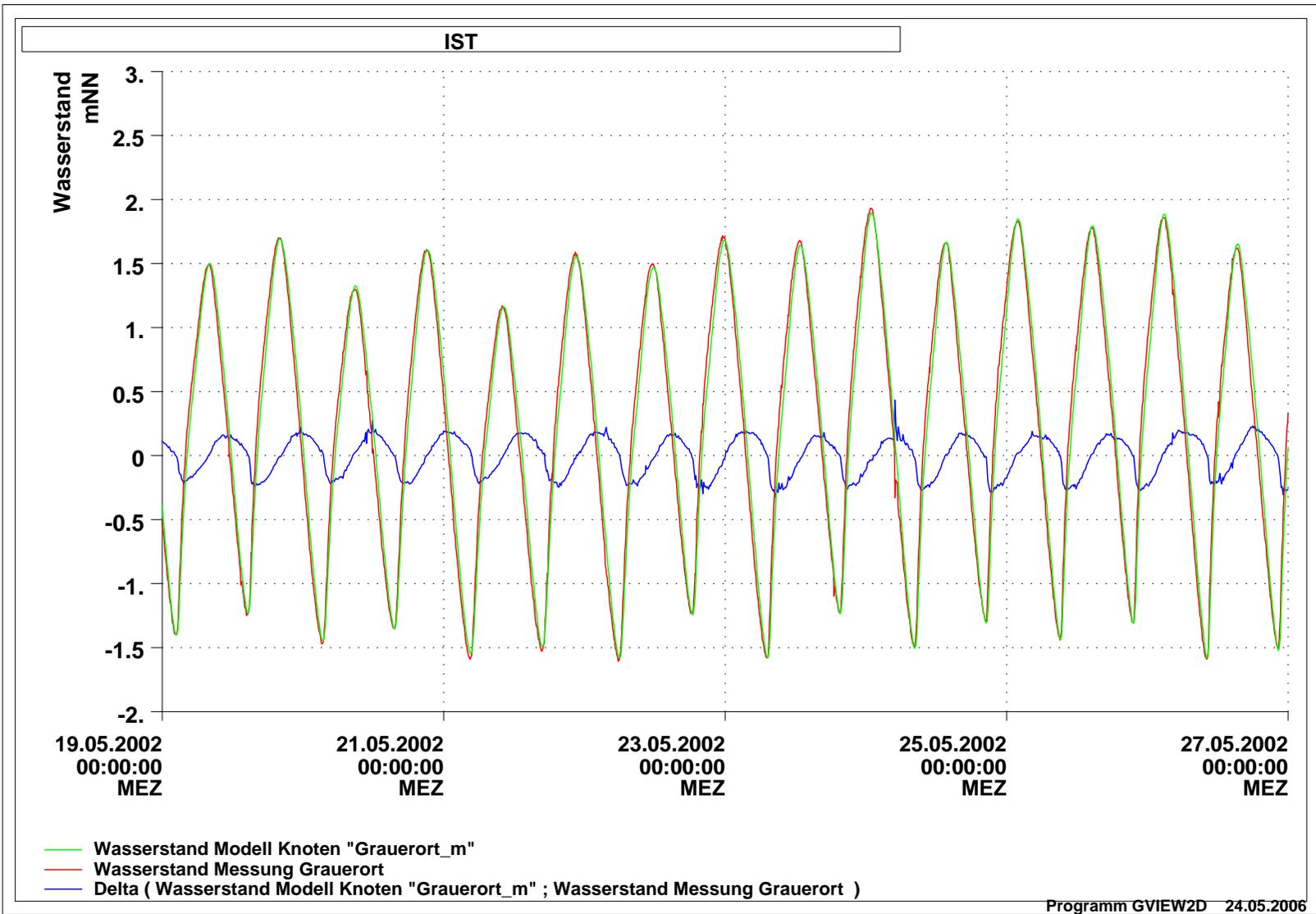


Bild 35: Wasserstand am Pegel Grauerort, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

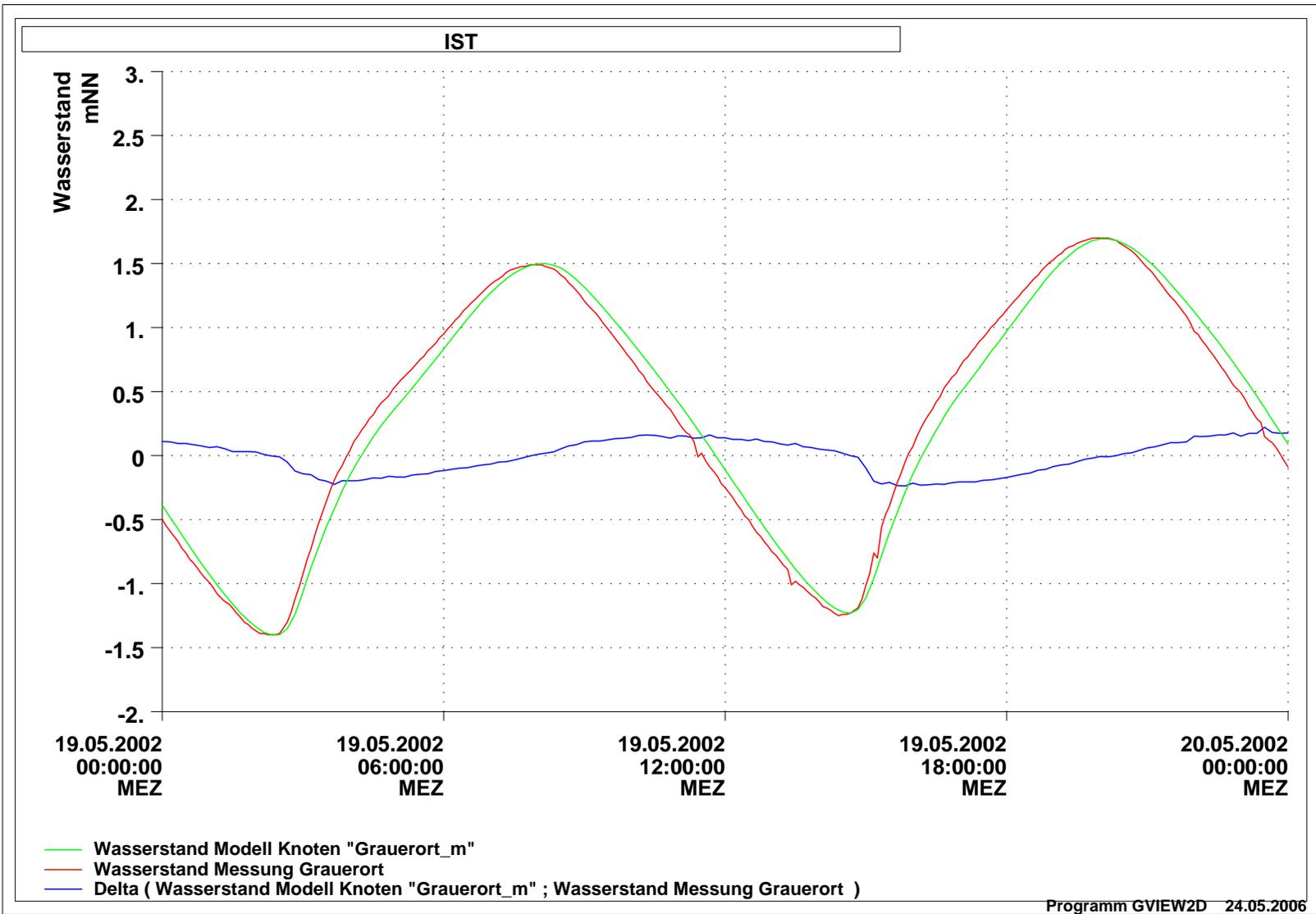


Bild 36: Wasserstand am Pegel Grauerort, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

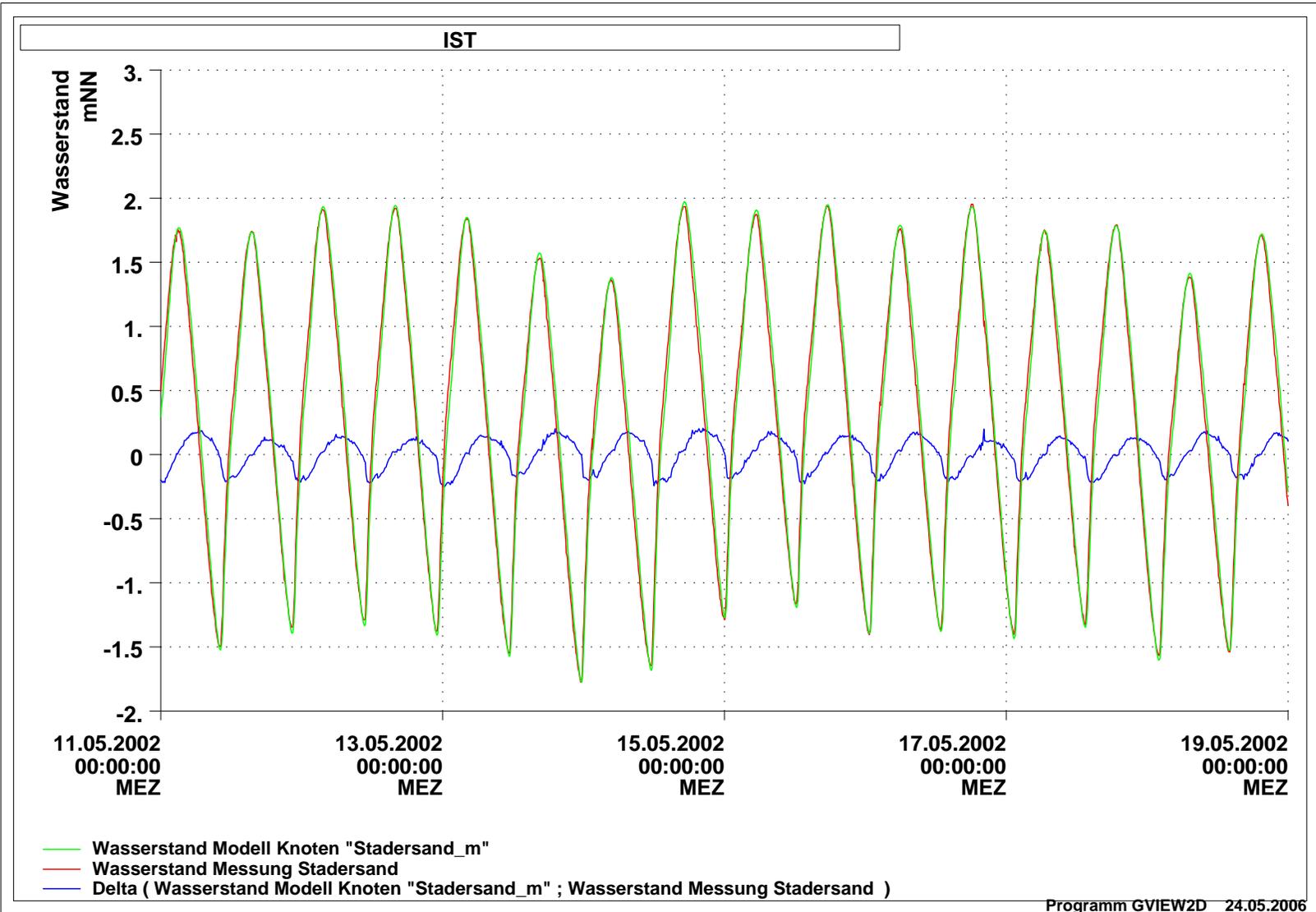
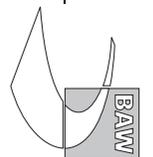


Bild 37: Wasserstand am Pegel Stadersand, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

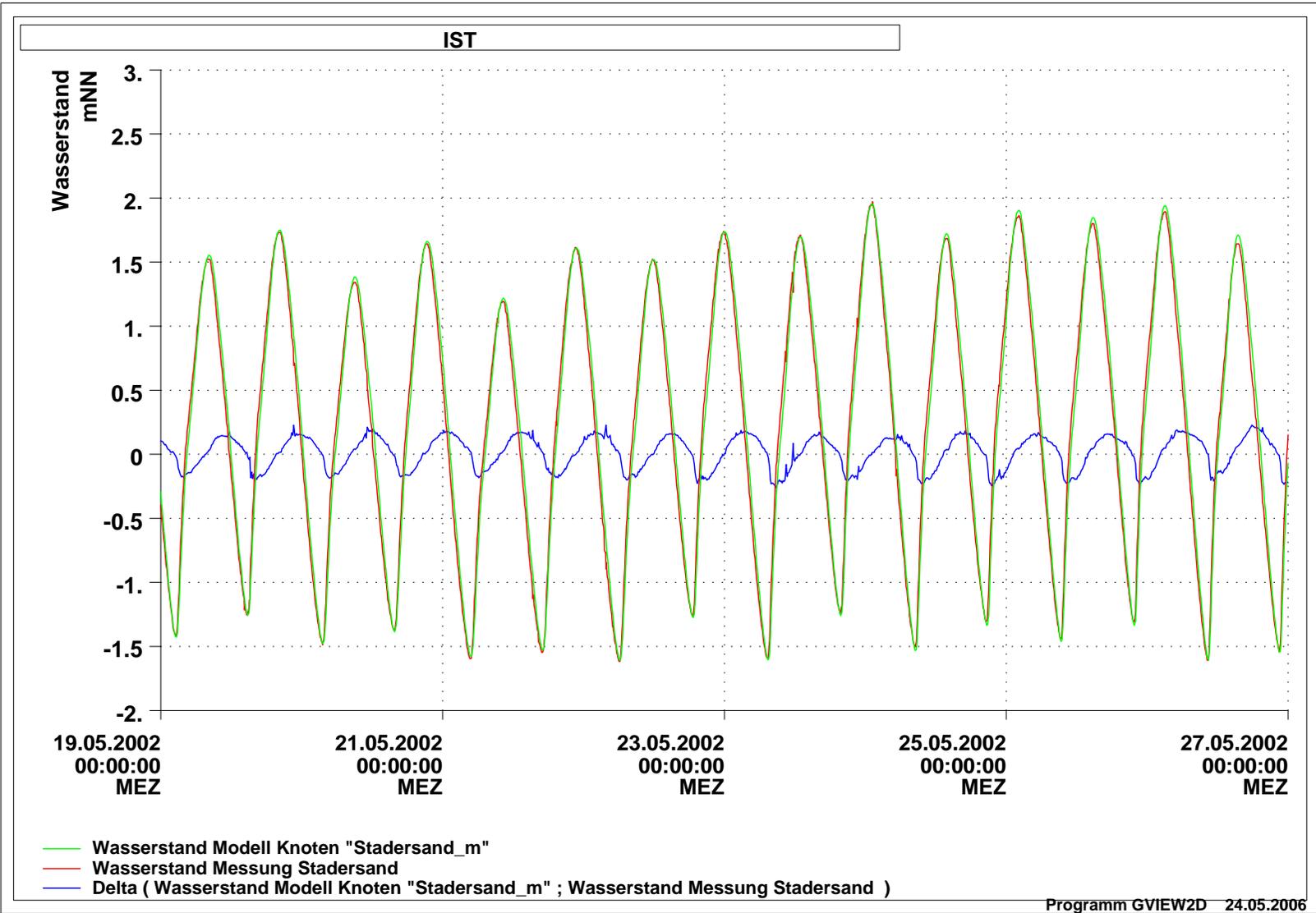
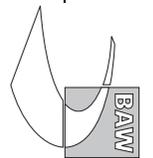


Bild 38: Wasserstand am Pegel Stadersand, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

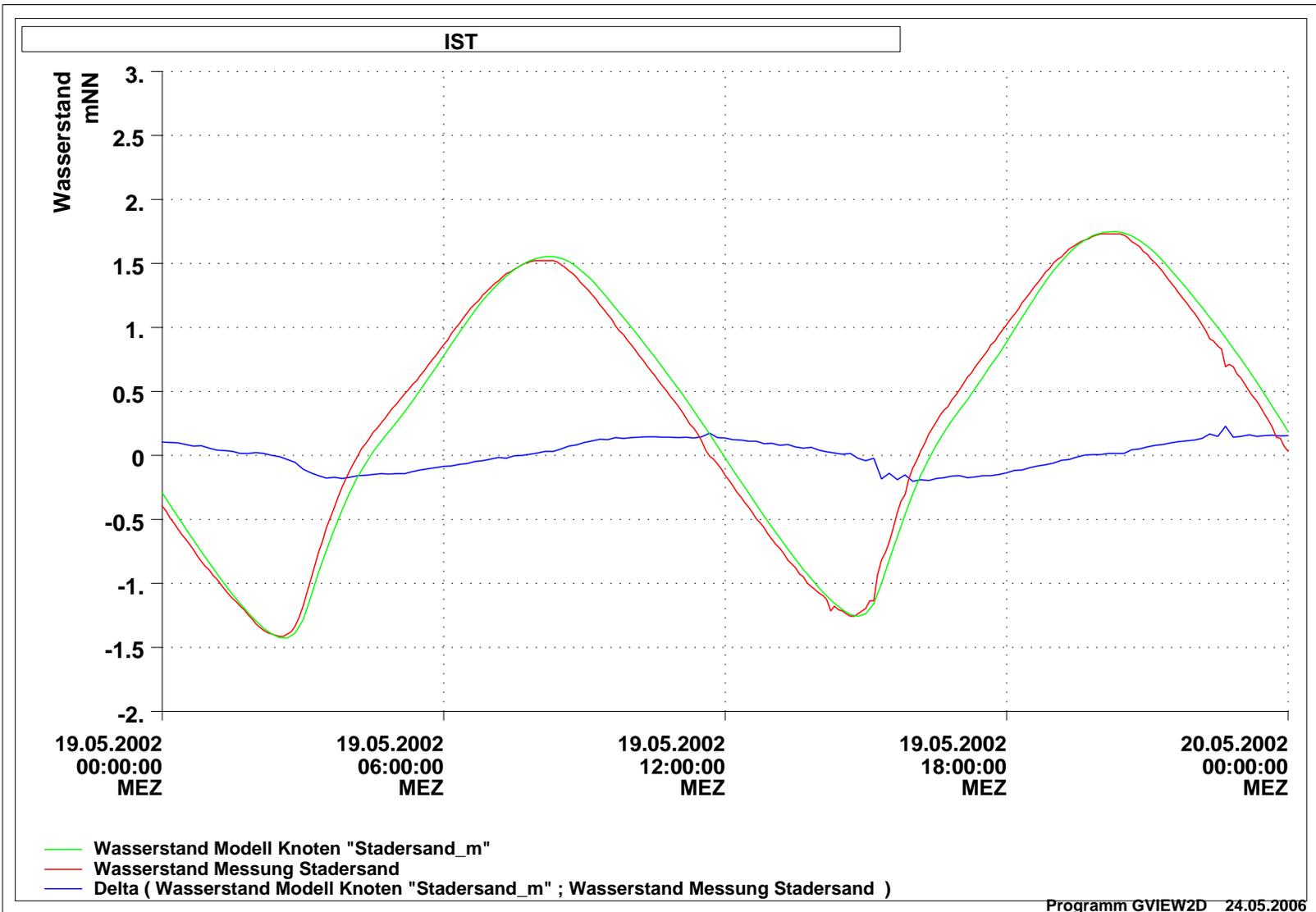


Bild 39: Wasserstand am Pegel Stadersand, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

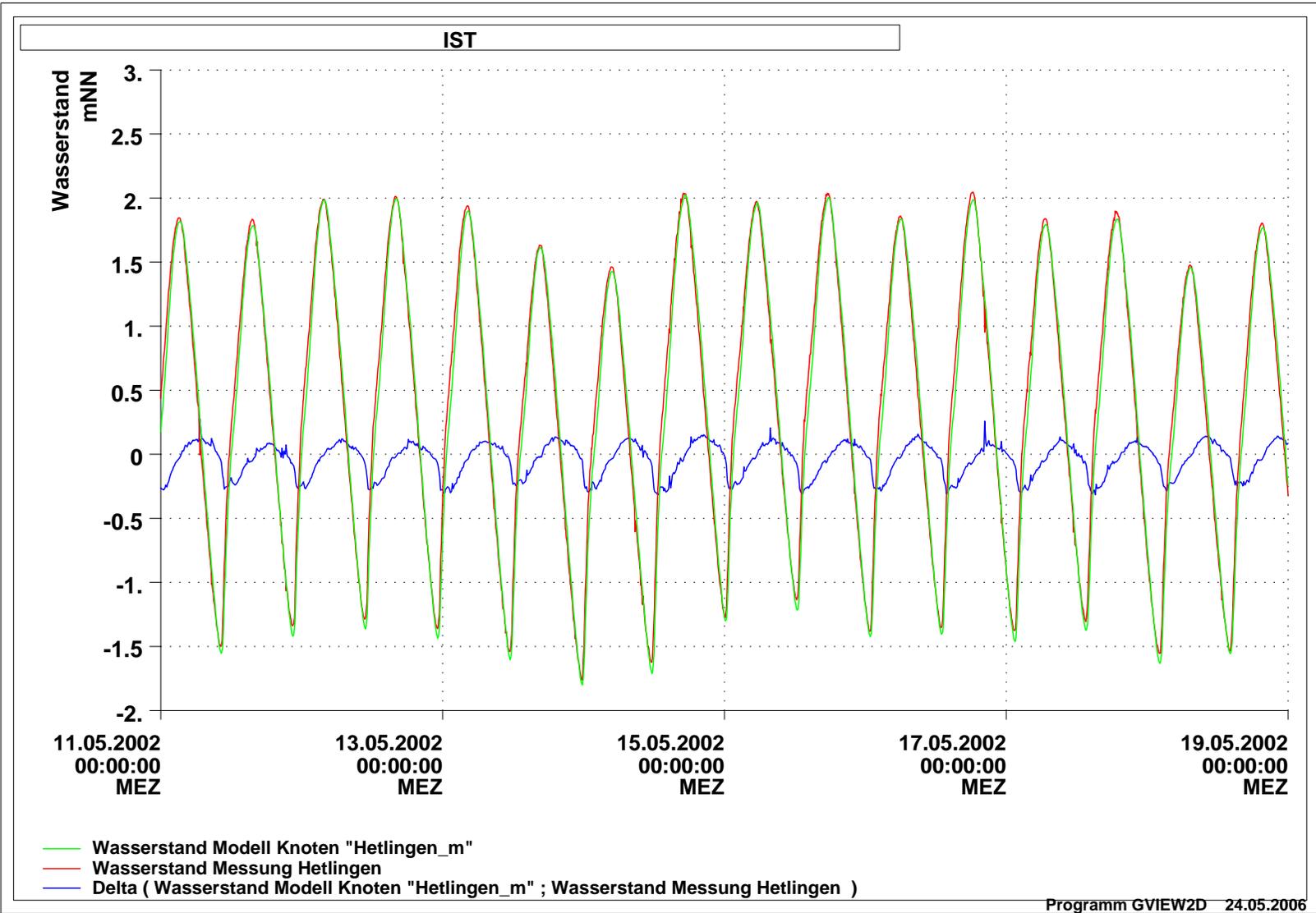
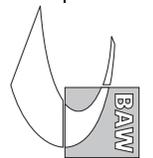


Bild 40: Wasserstand am Pegel Hetlingen, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

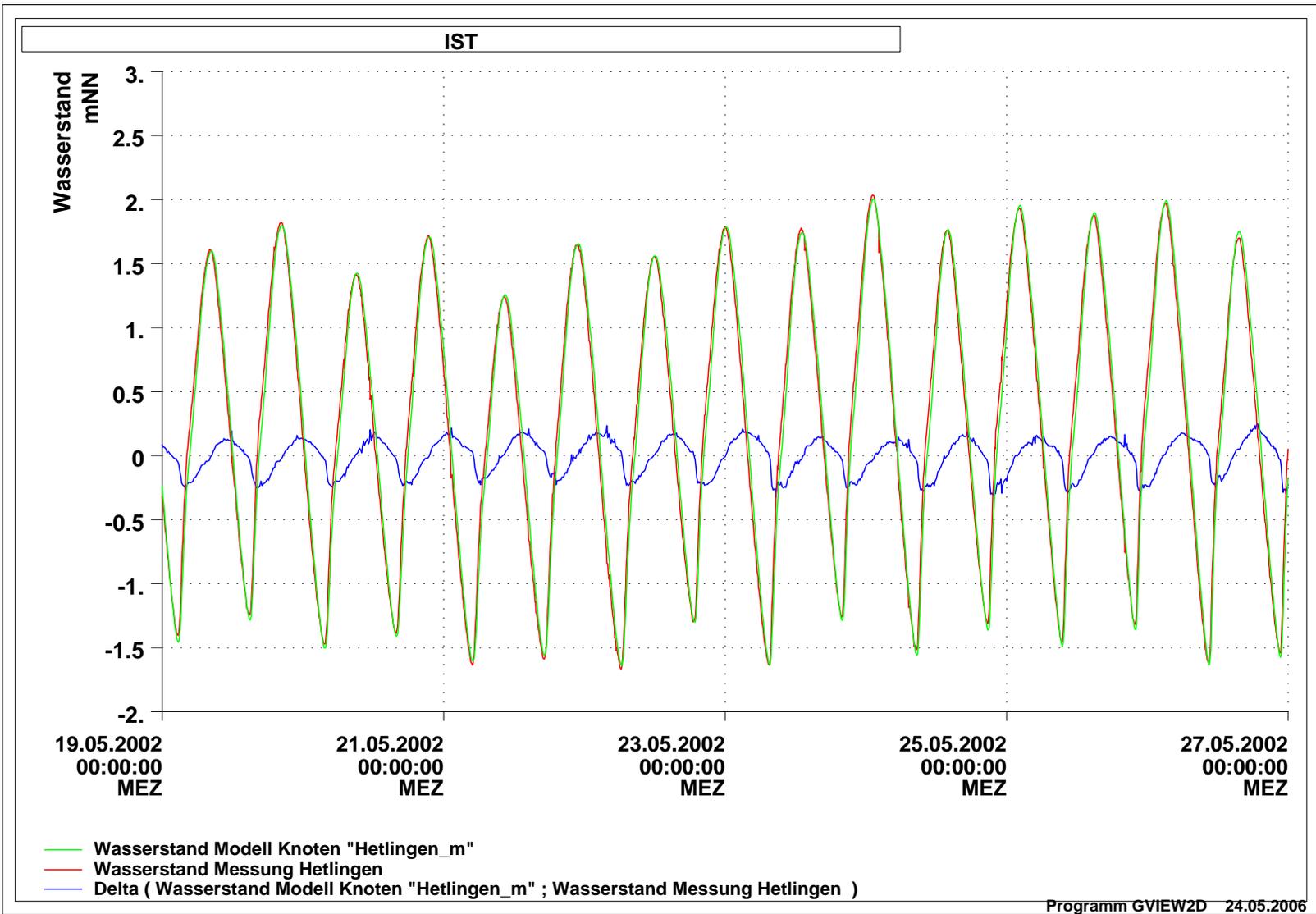
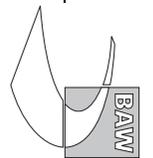


Bild 41: Wasserstand am Pegel Hetlingen, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

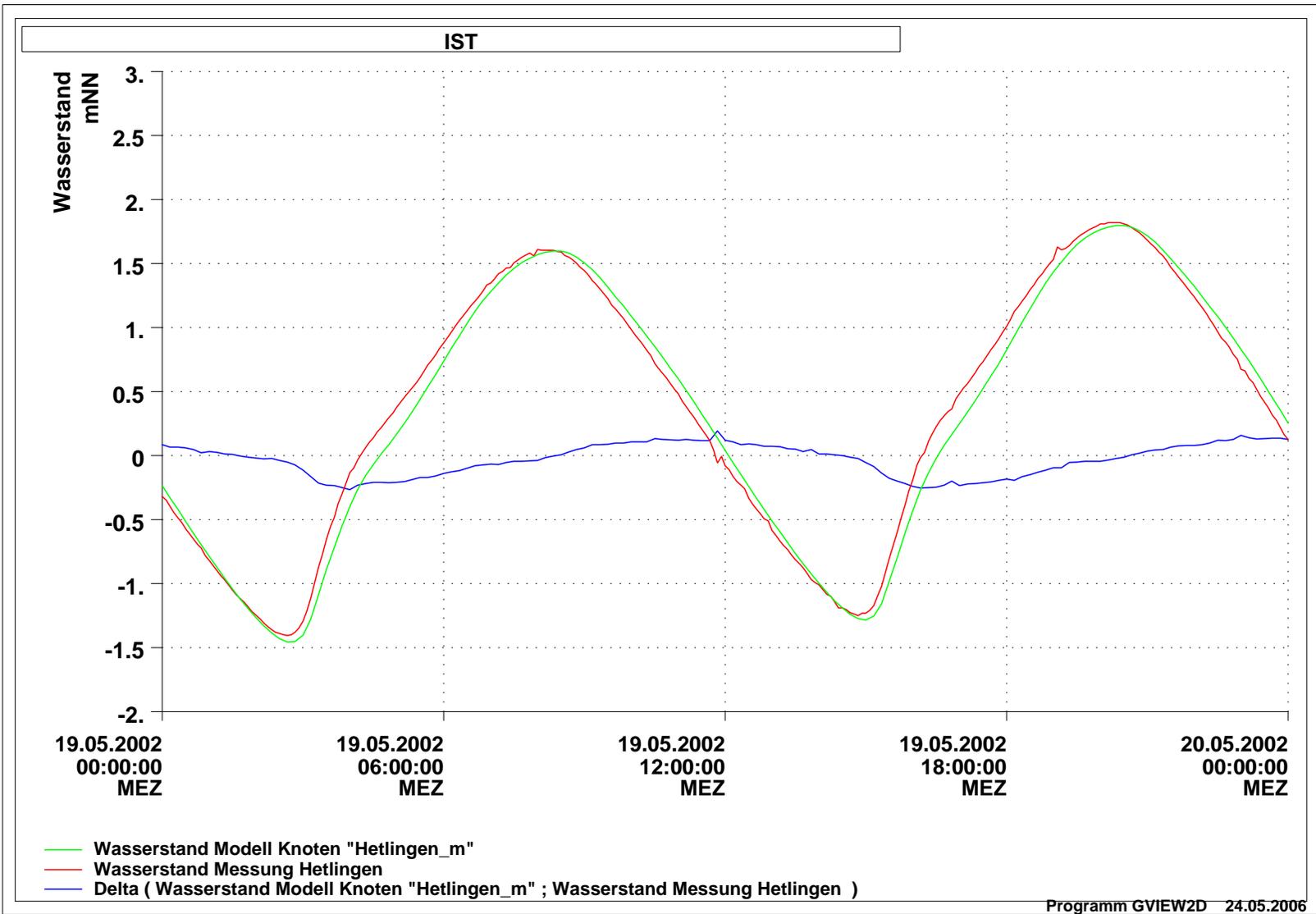
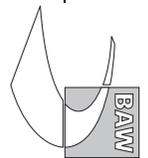


Bild 42: Wasserstand am Pegel Hetlingen, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

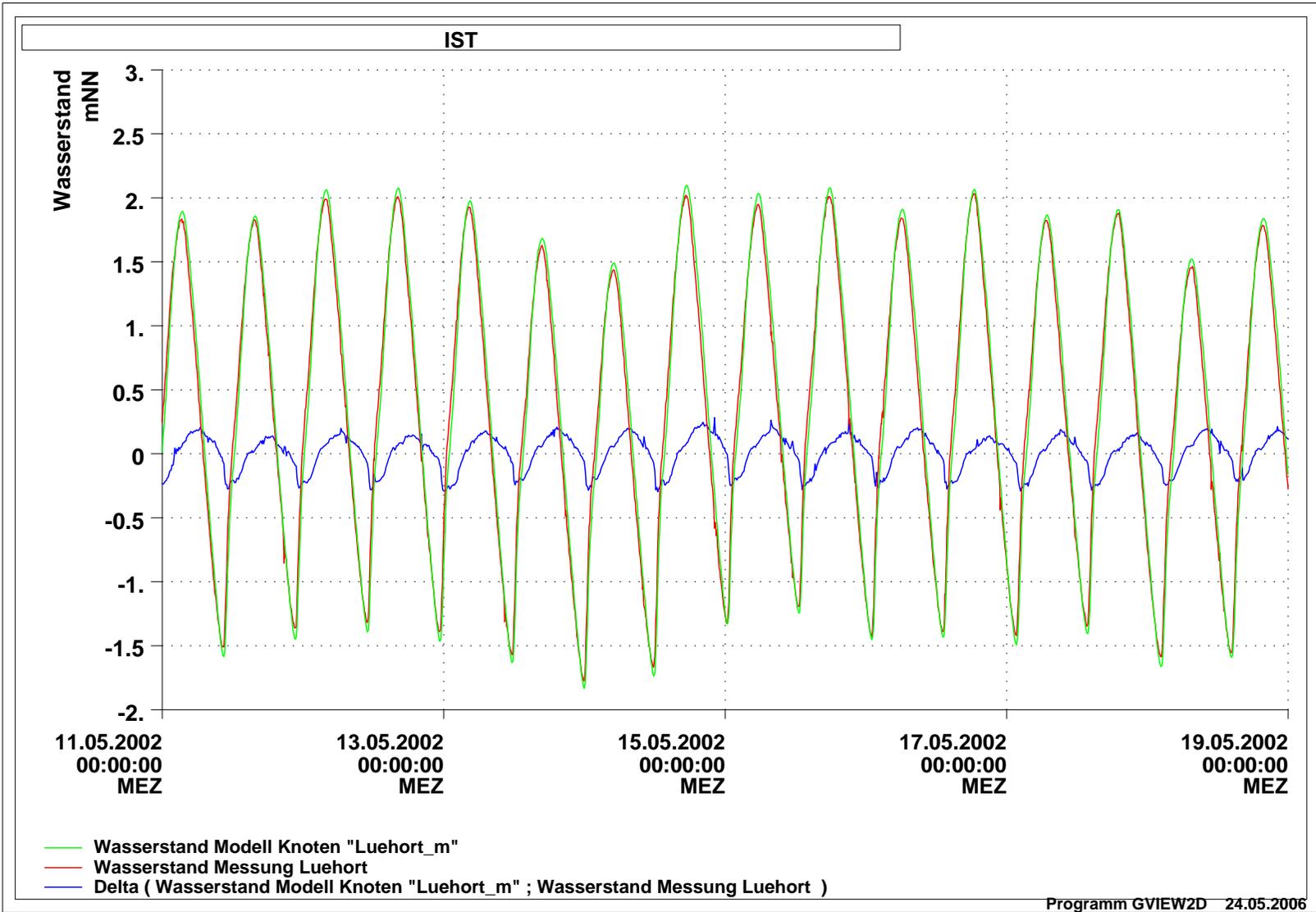
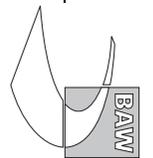


Bild 43: Wasserstand am Pegel Lühort, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

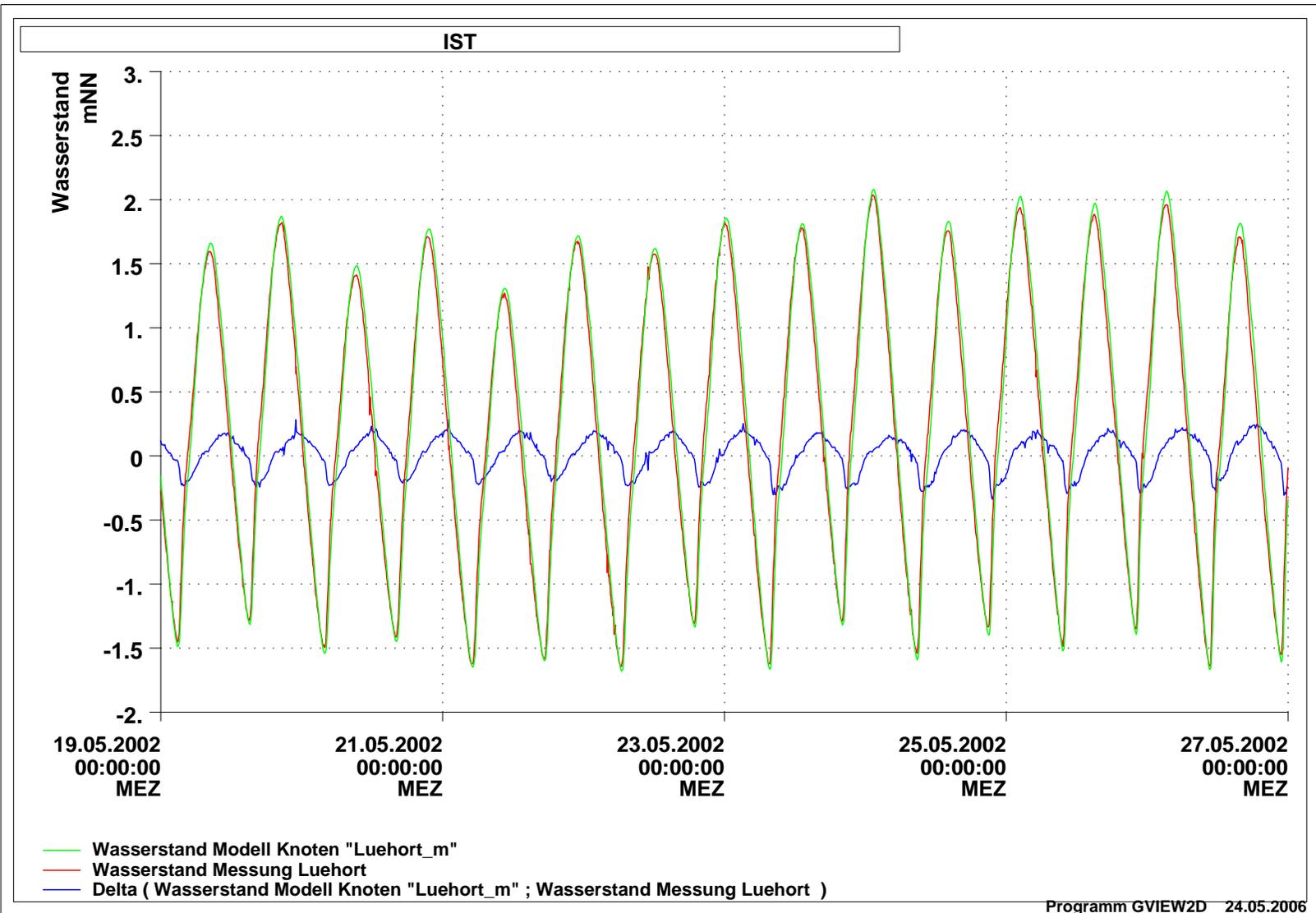


Bild 44: Wasserstand am Pegel Lühort, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

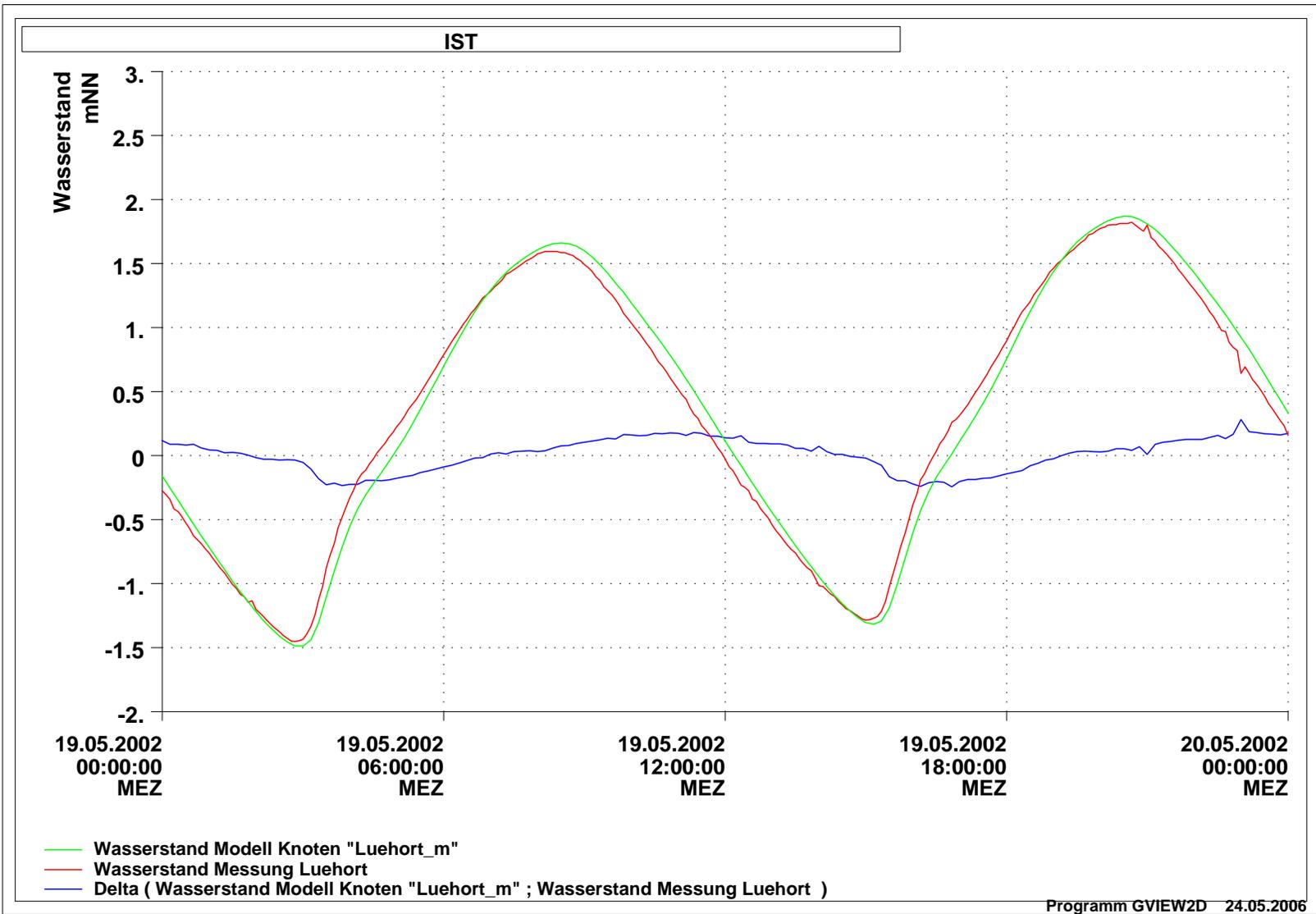
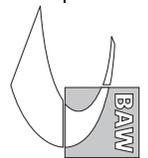


Bild 45: Wasserstand am Pegel Lühort, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

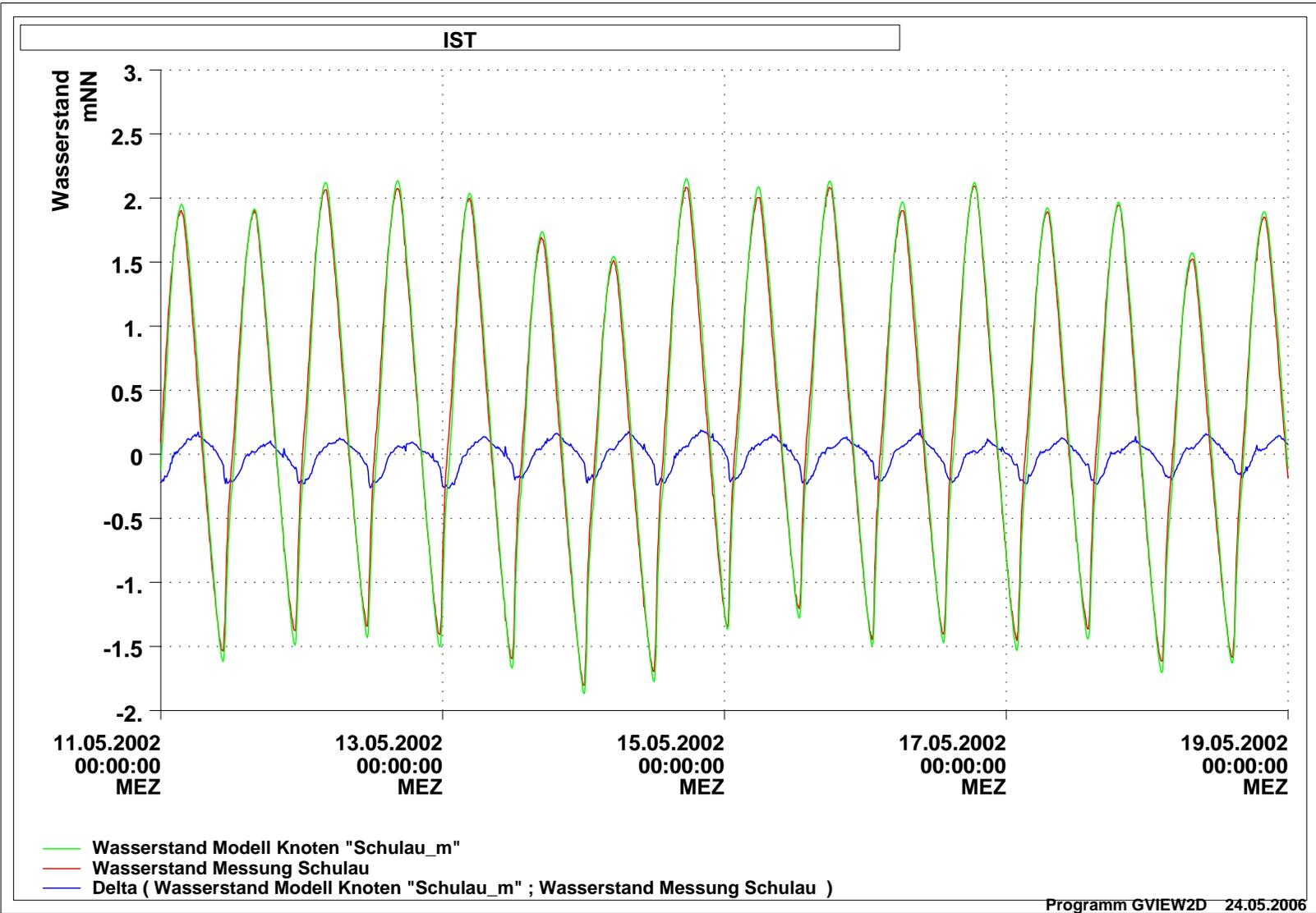
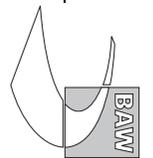


Bild 46: Wasserstand am Pegel Schulau, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

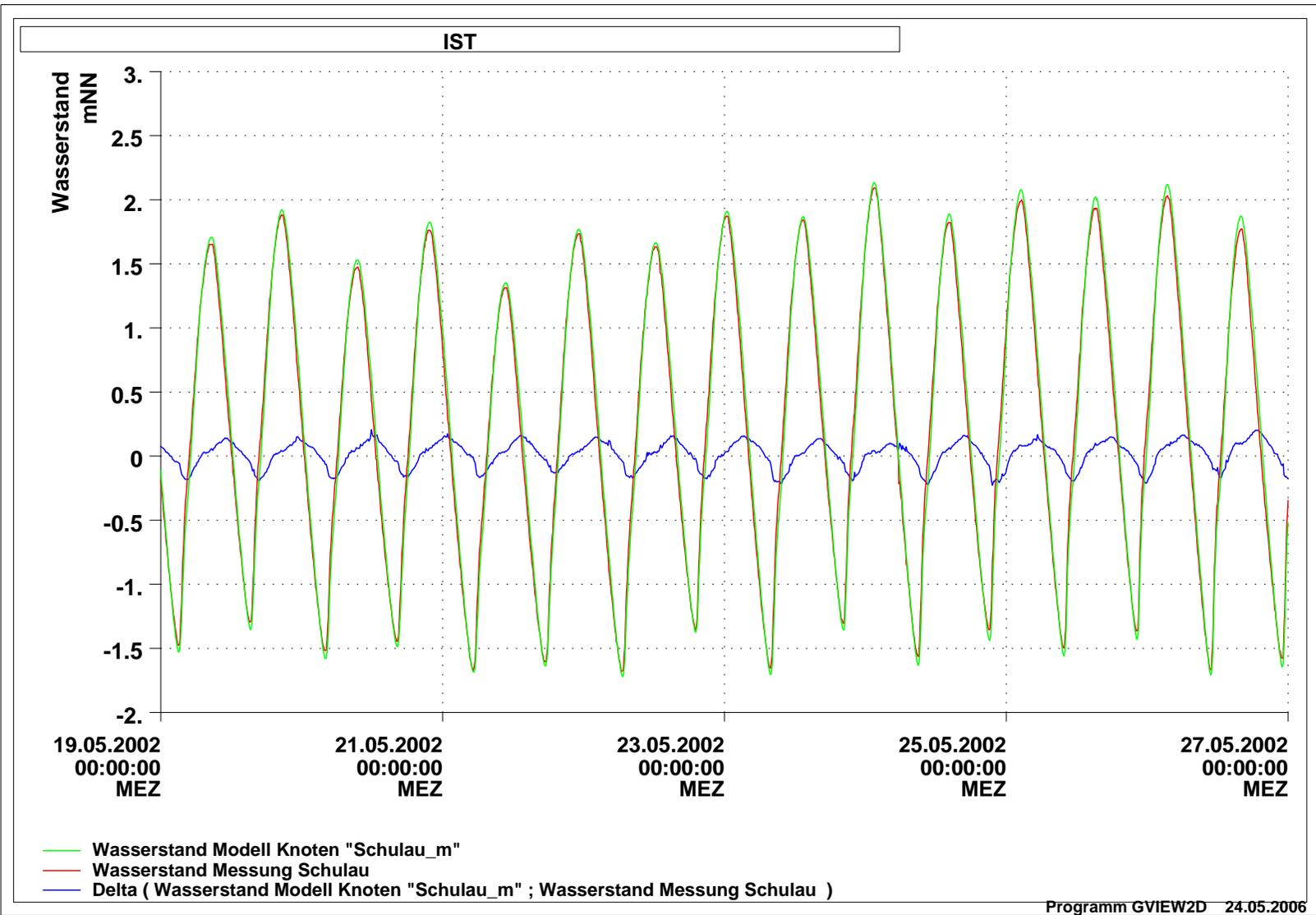


Bild 47: Wasserstand am Pegel Schulau, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

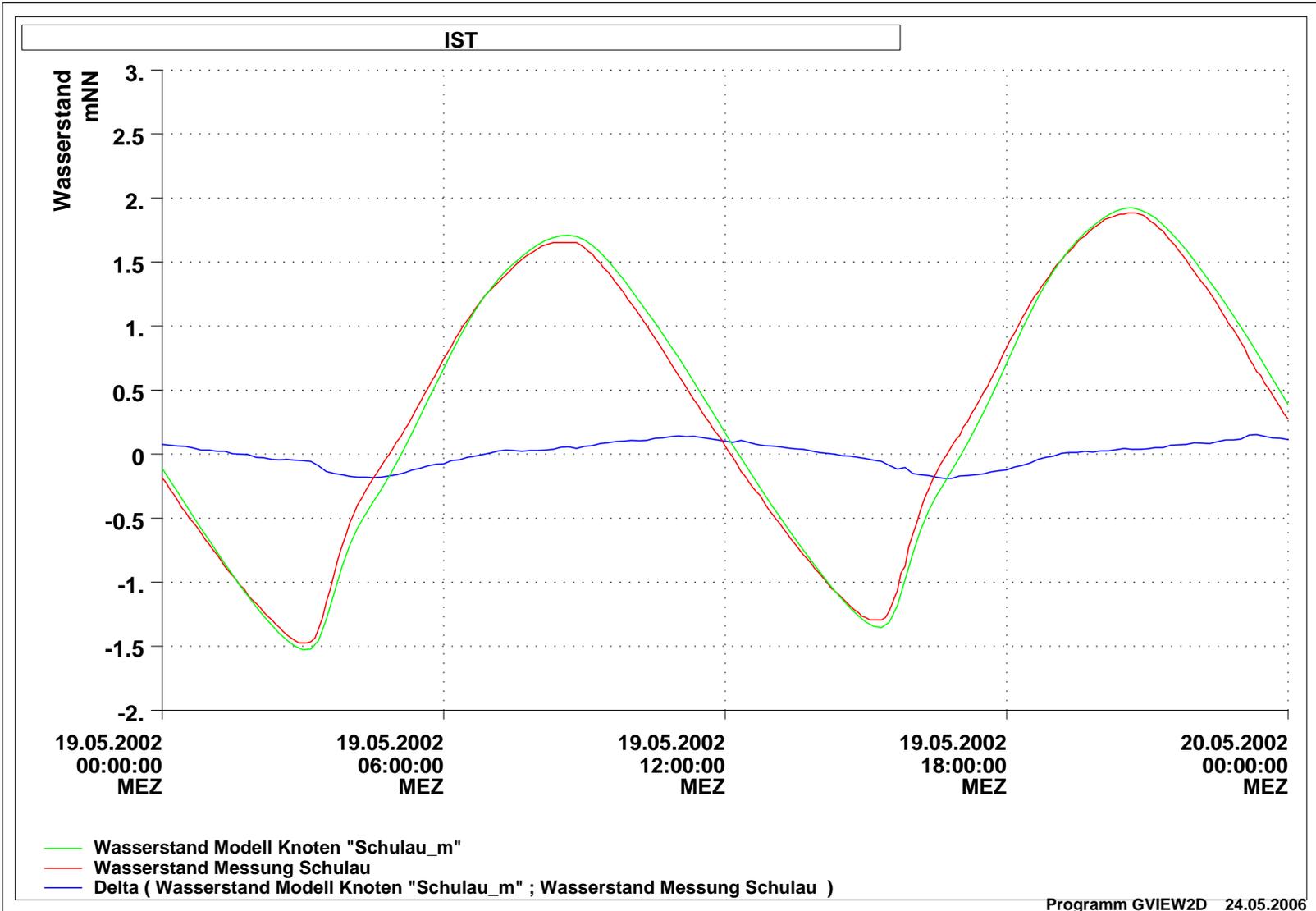


Bild 48: Wasserstand am Pegel Schulau, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

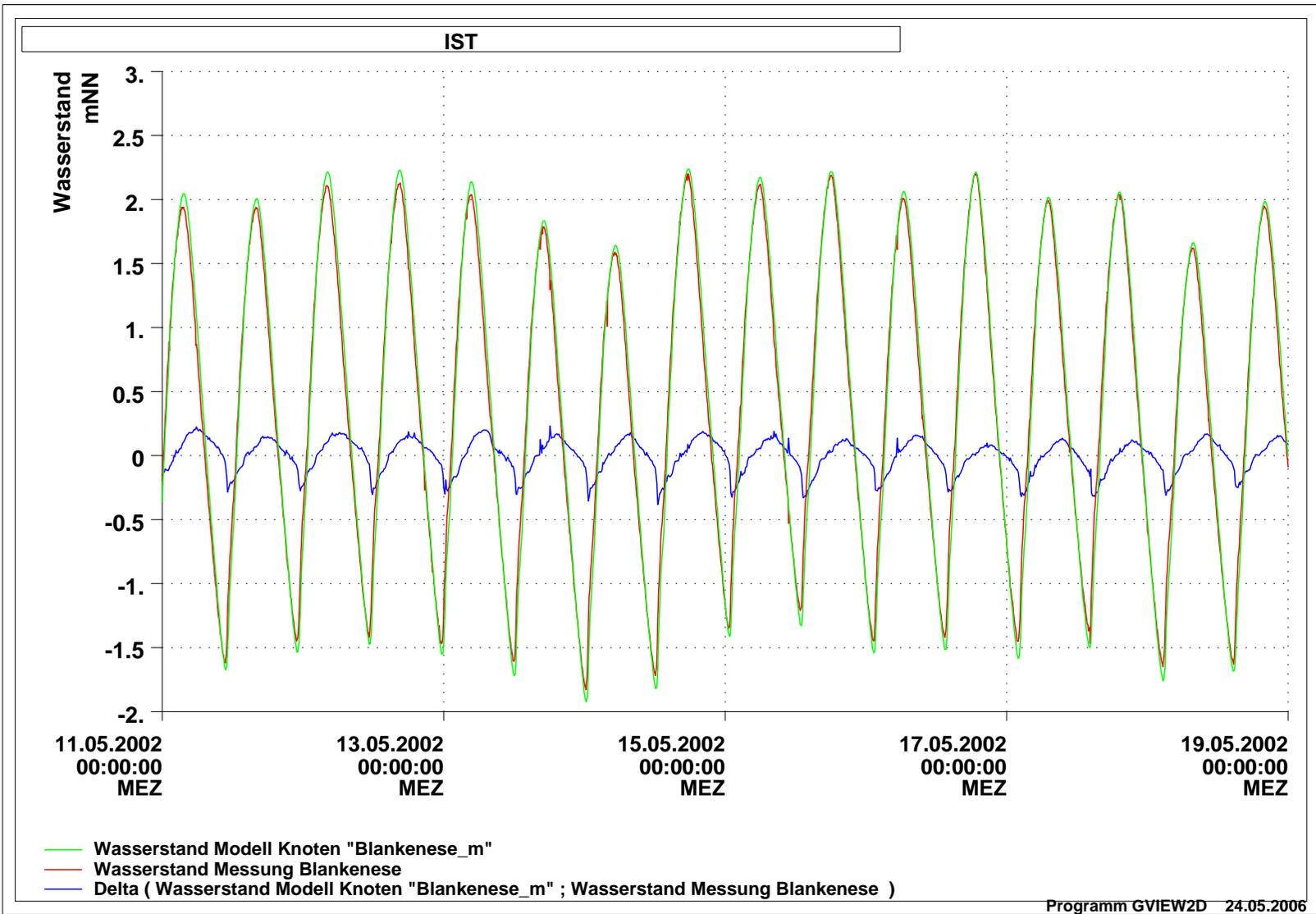


Bild 49: Wasserstand am Pegel Blankenese, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

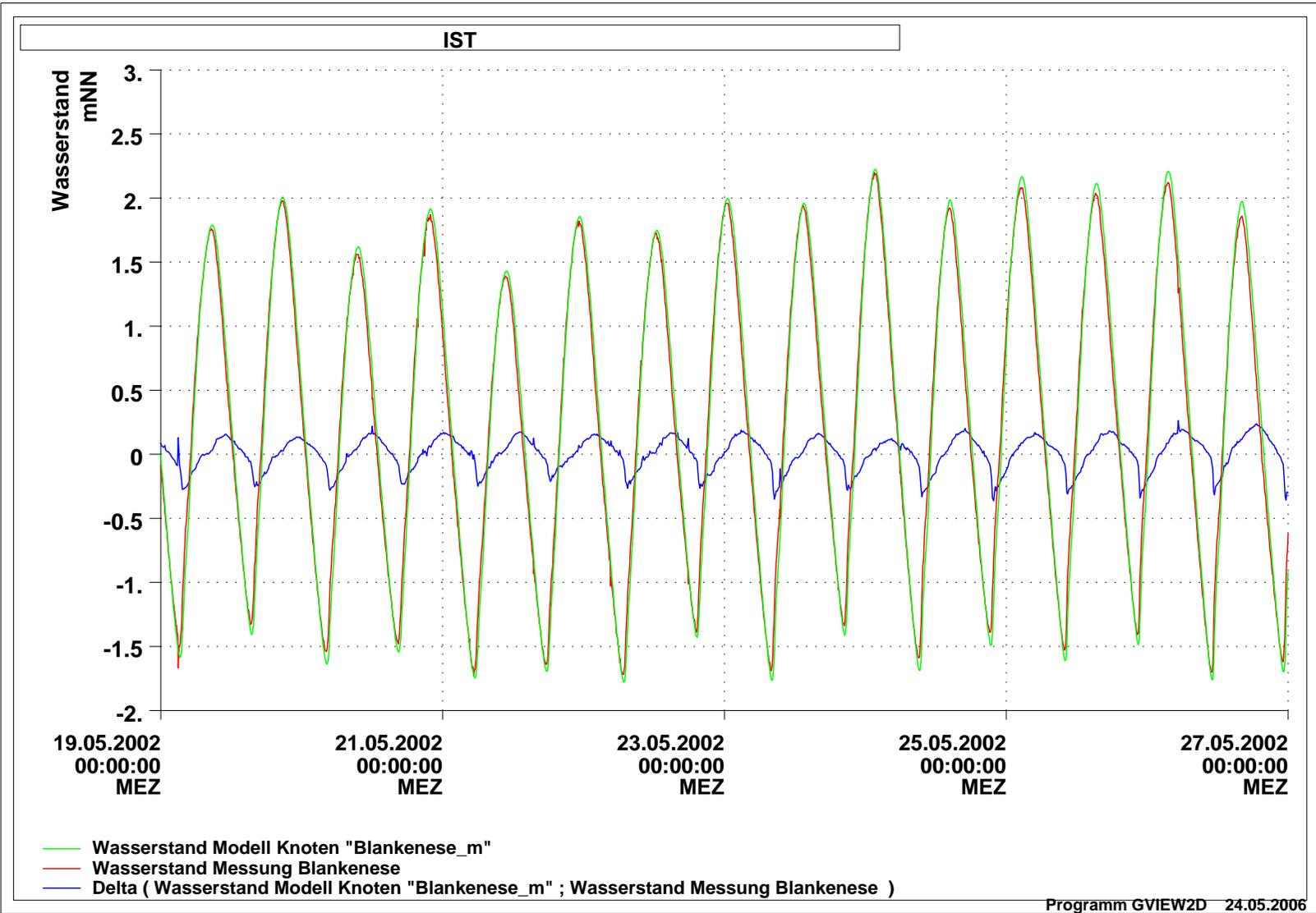


Bild 50: Wasserstand am Pegel Blankenese, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

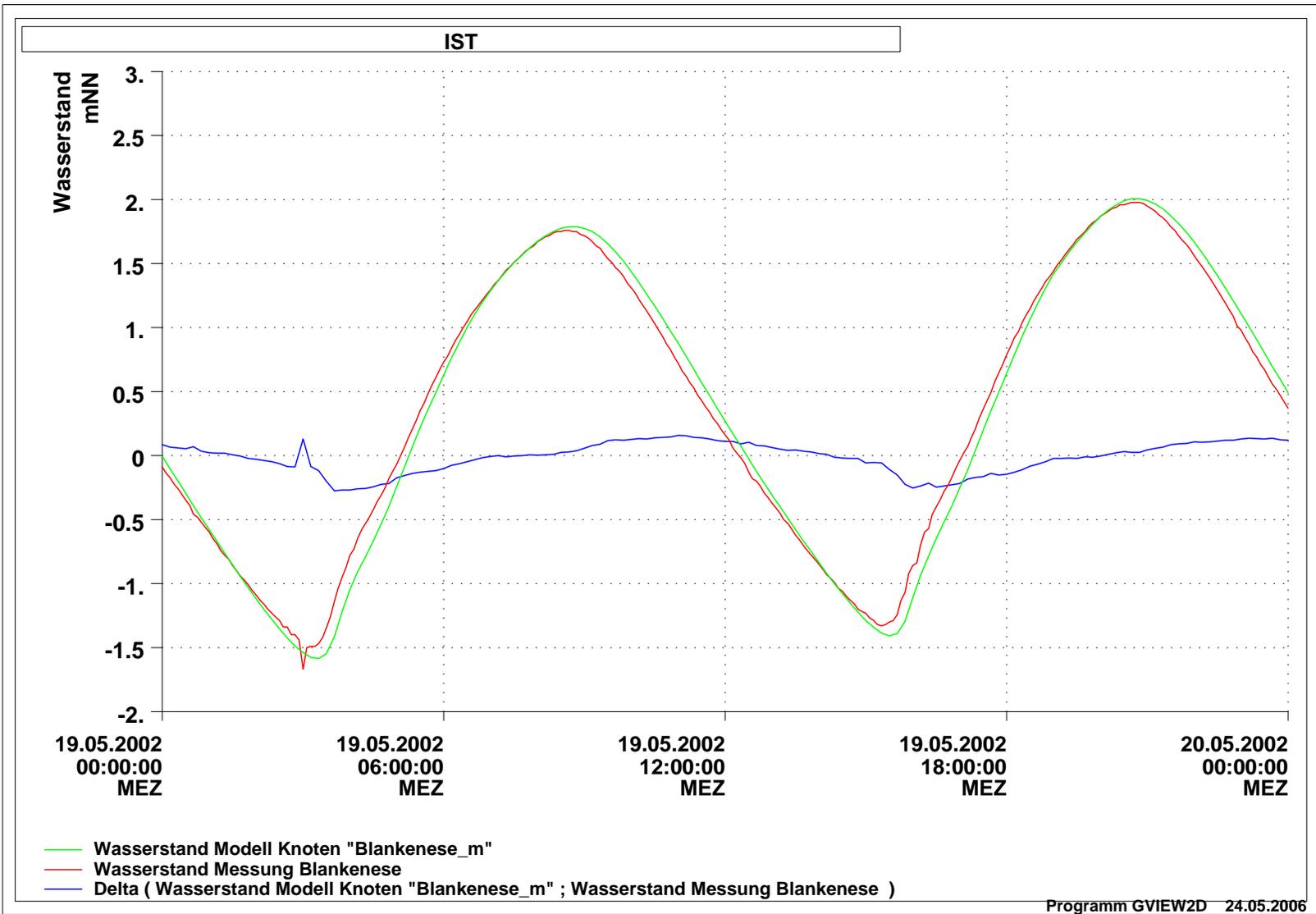
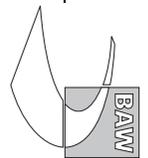


Bild 51: Wasserstand am Pegel Blankenese, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

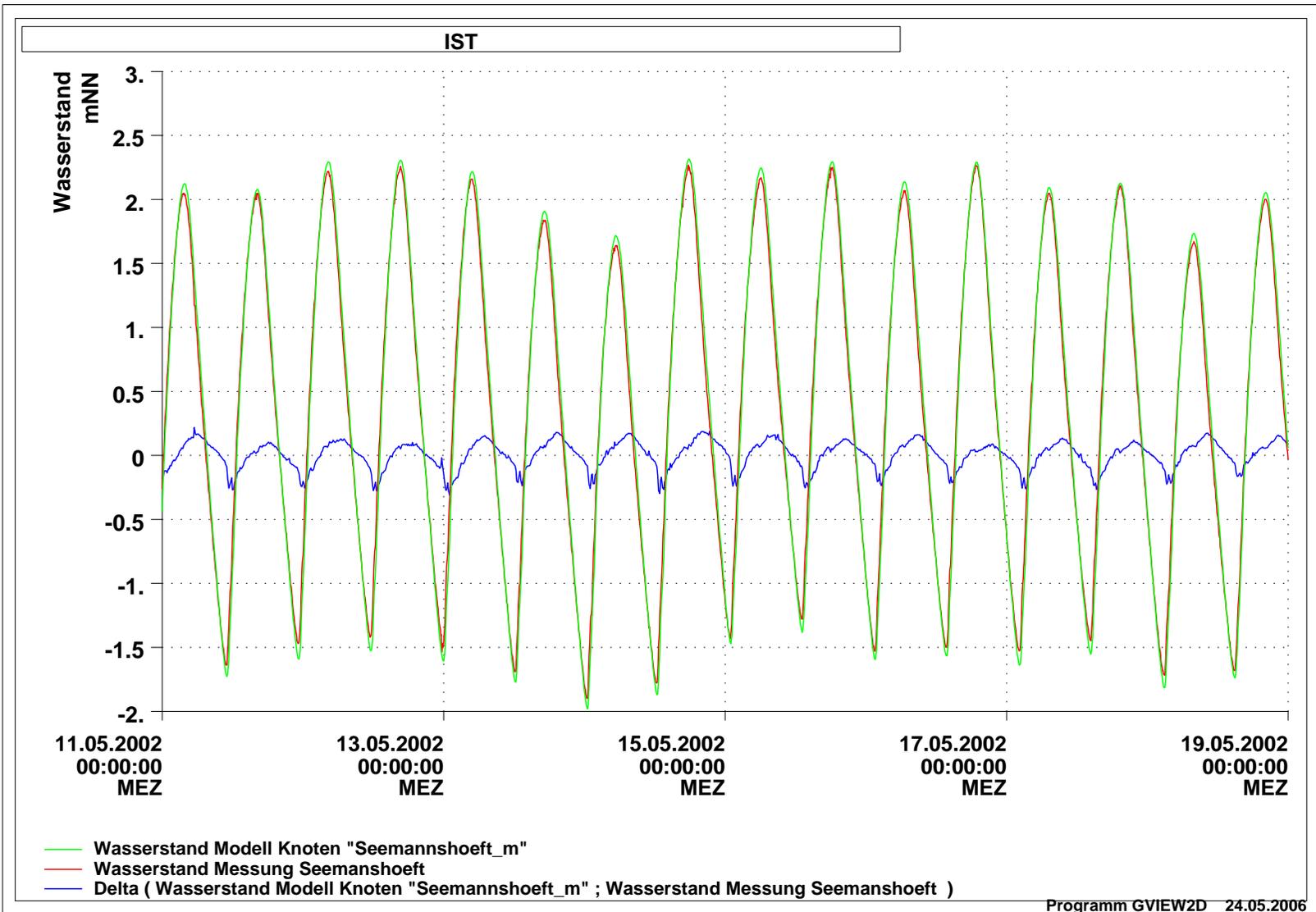


Bild 52: Wasserstand am Pegel Seemannshoefl, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

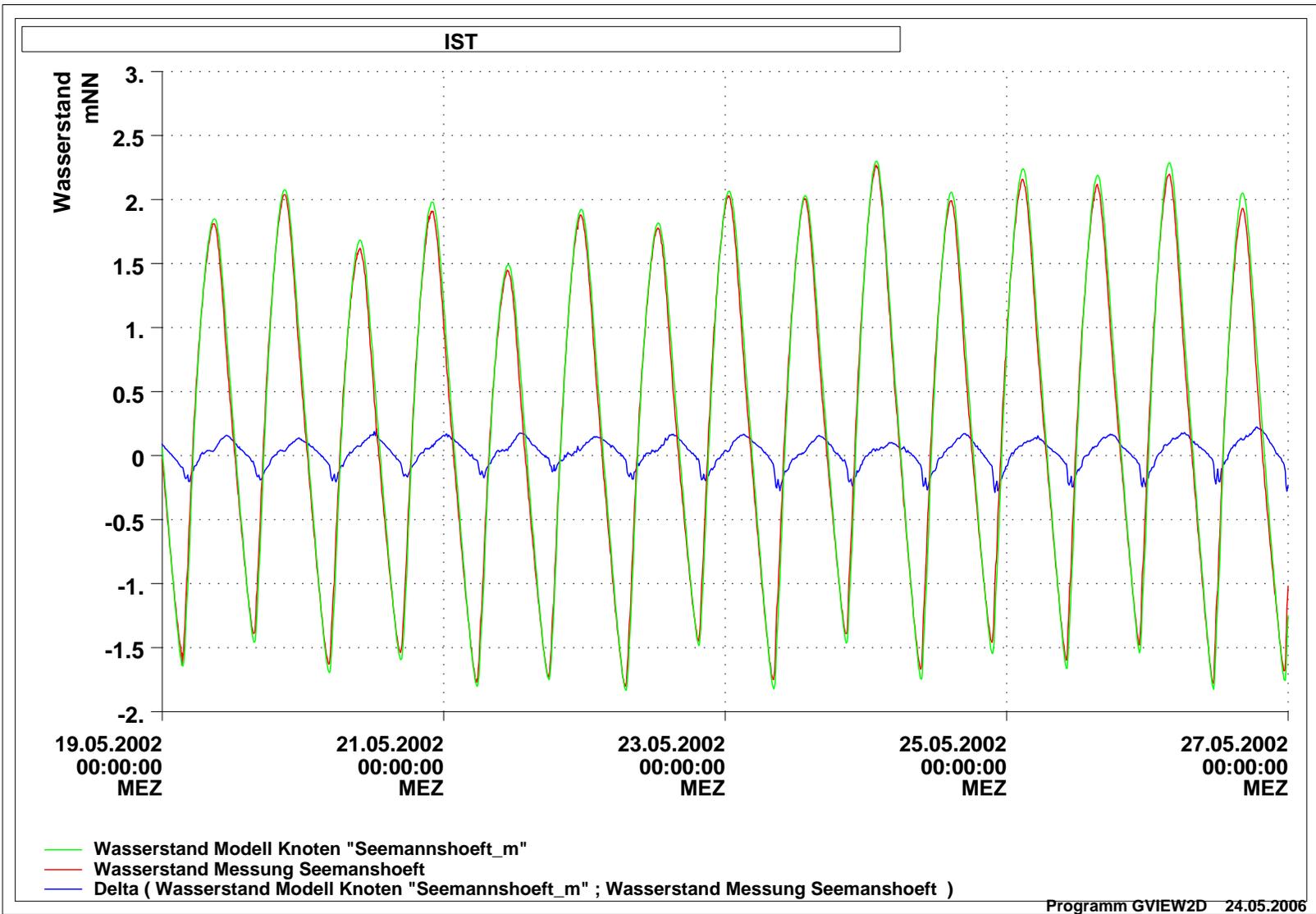
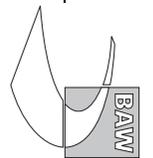


Bild 53: Wasserstand am Pegel Seemannshoefl, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

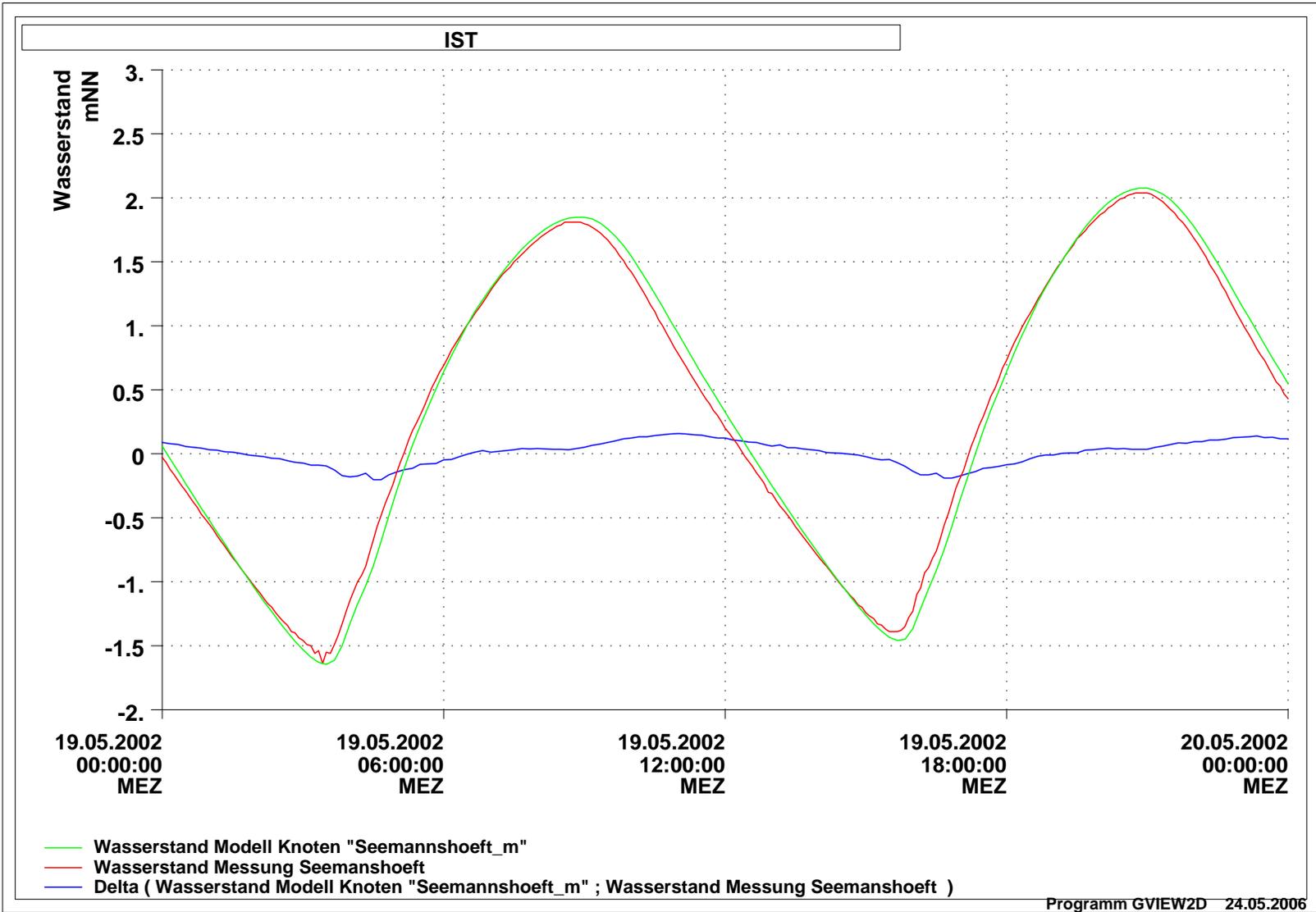
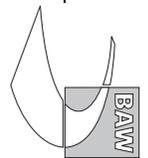


Bild 54: Wasserstand am Pegel Seemannshoefl, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

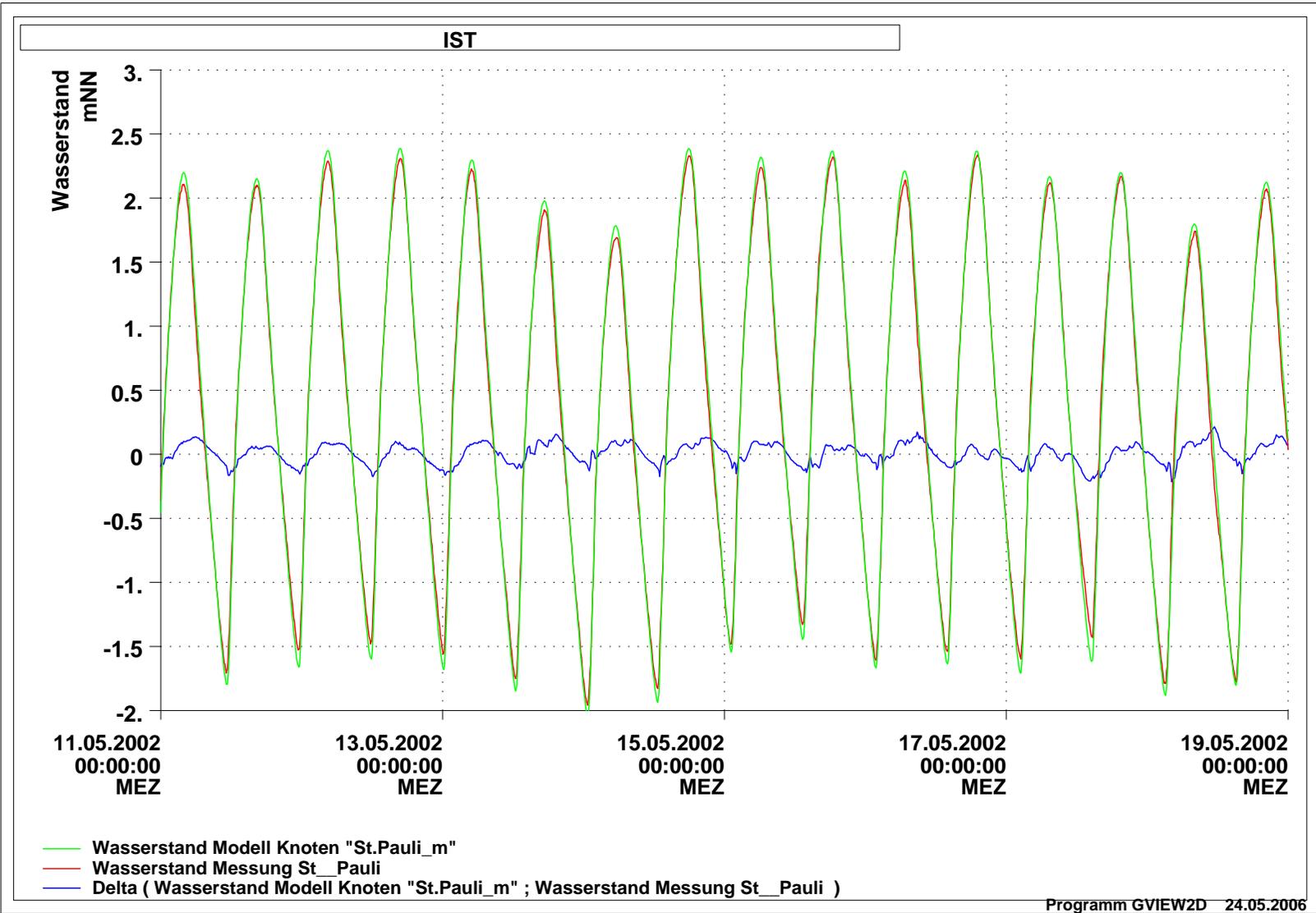
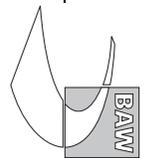


Bild 55: Wasserstand am Pegel St. Pauli, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

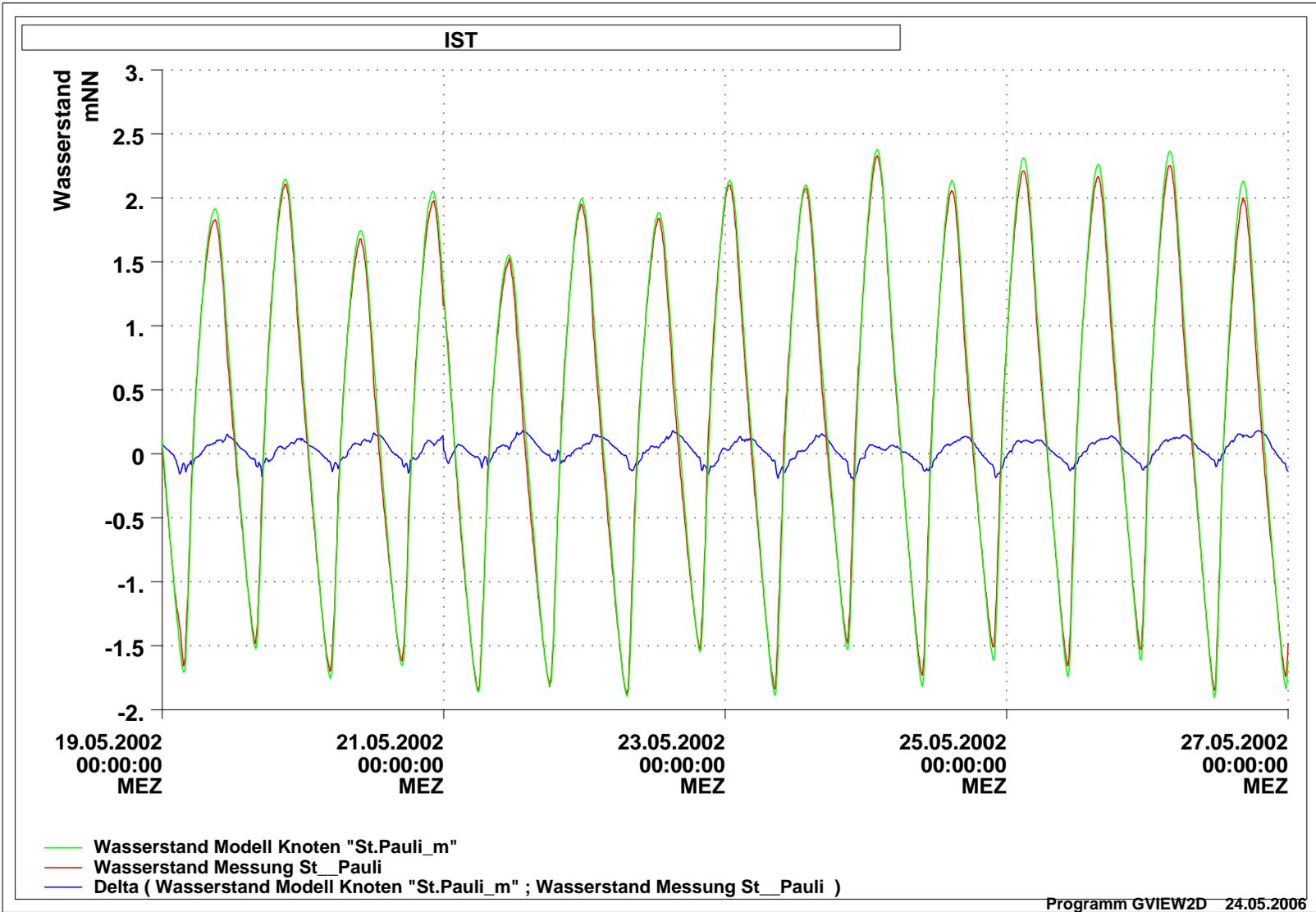
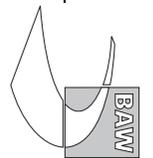


Bild 56: Wasserstand am Pegel St. Pauli, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

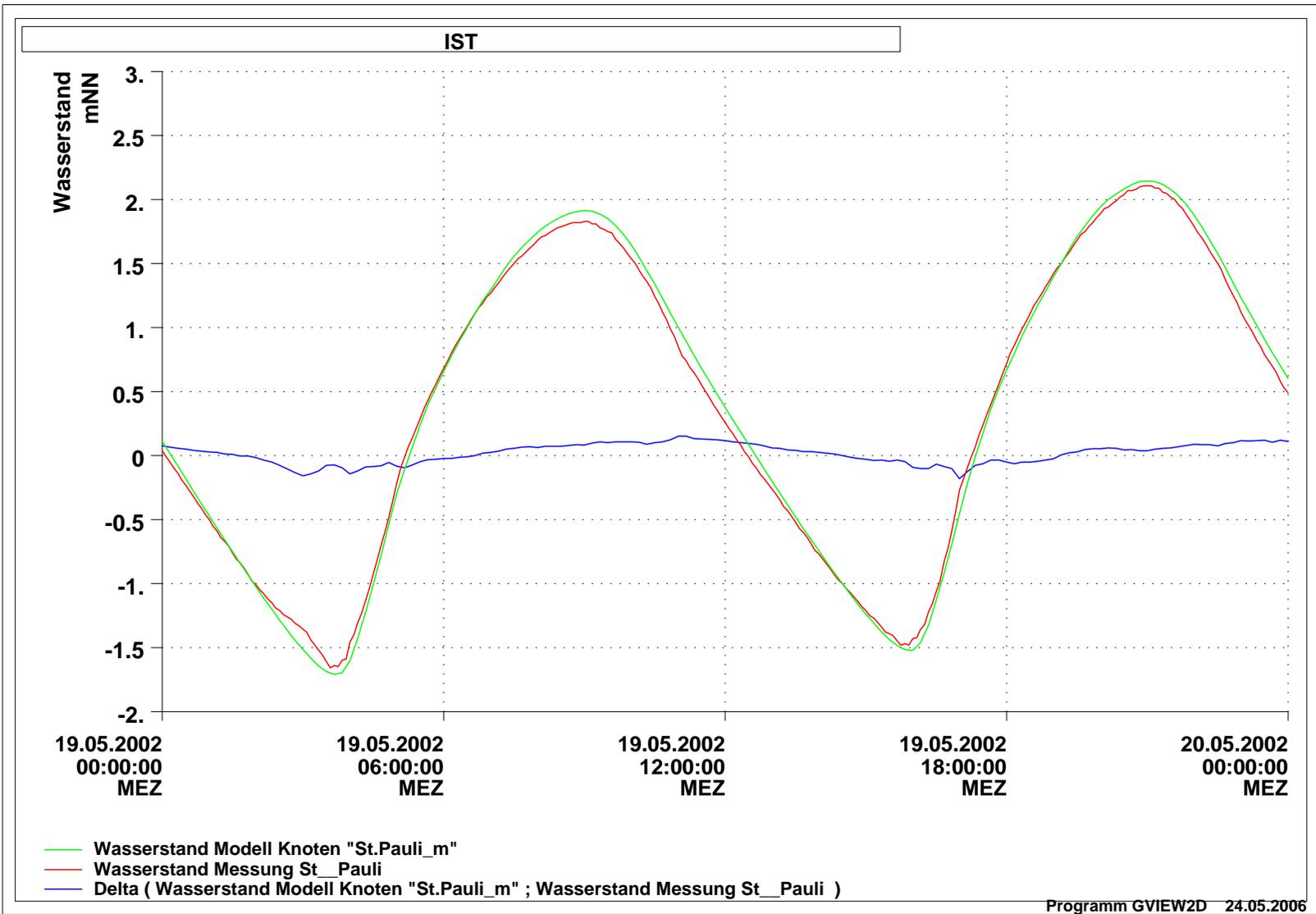
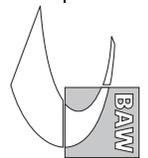


Bild 57: Wasserstand am Pegel St. Pauli, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

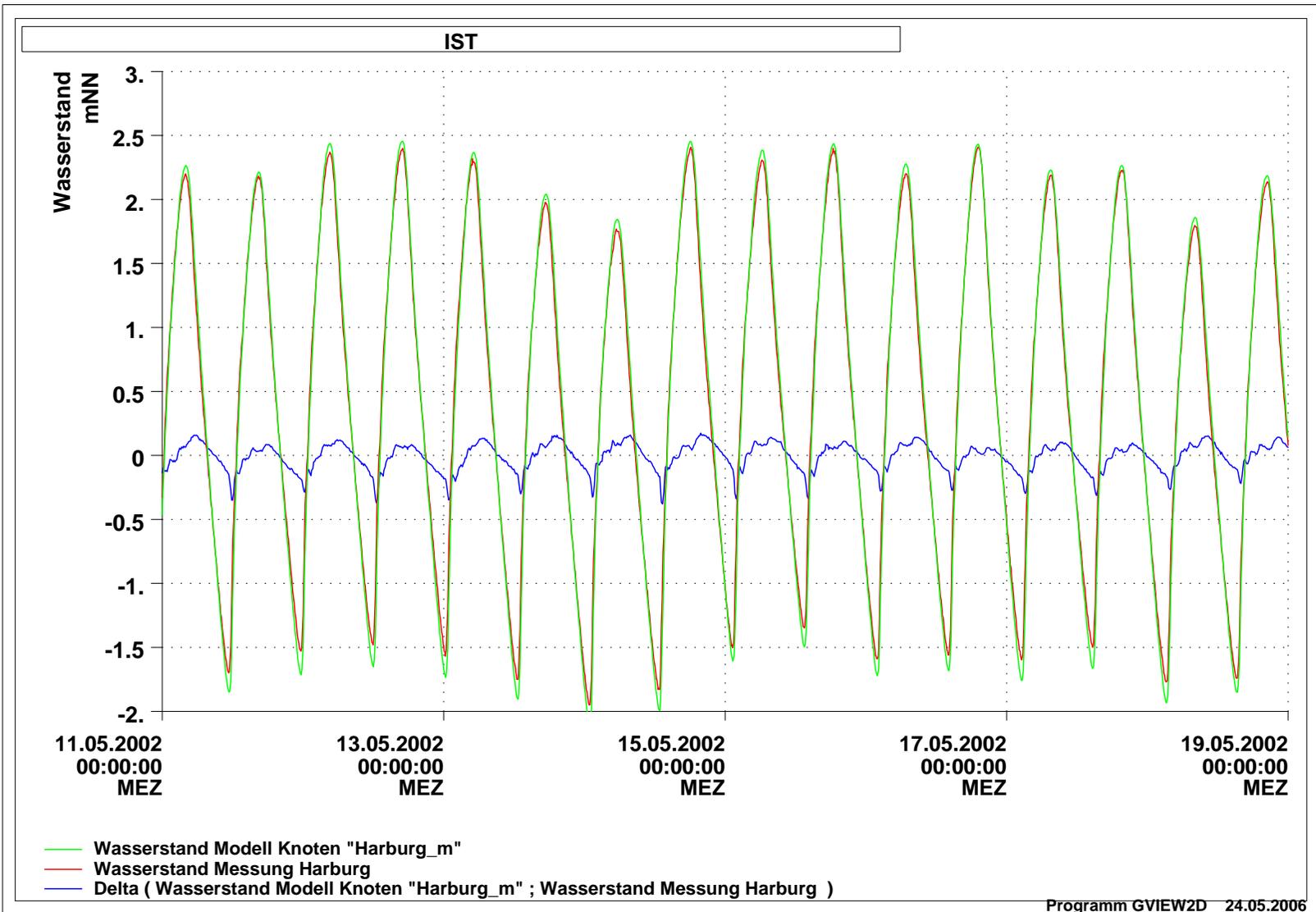


Bild 58: Wasserstand am Pegel Harburg, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

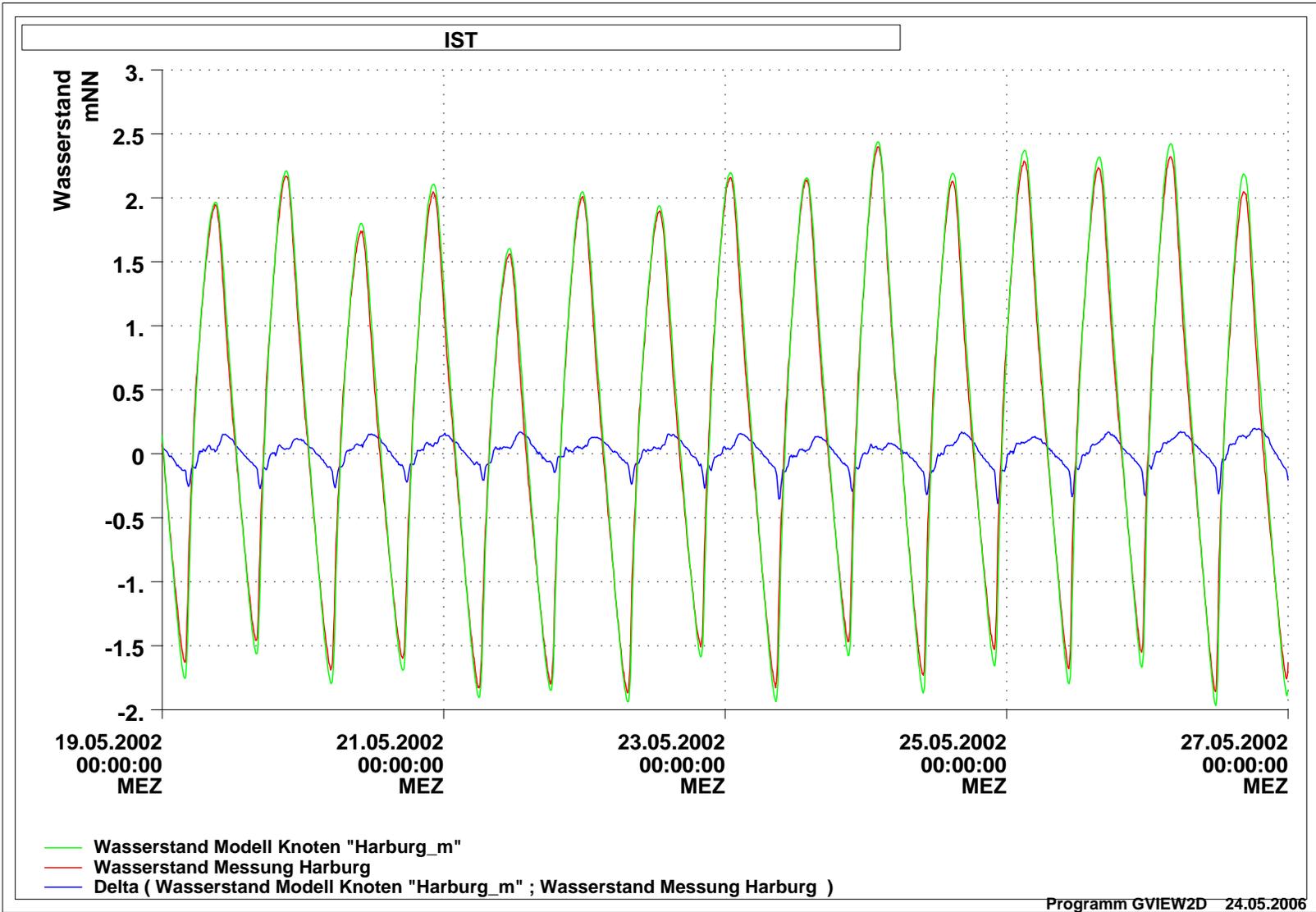


Bild 59: Wasserstand am Pegel Harburg, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

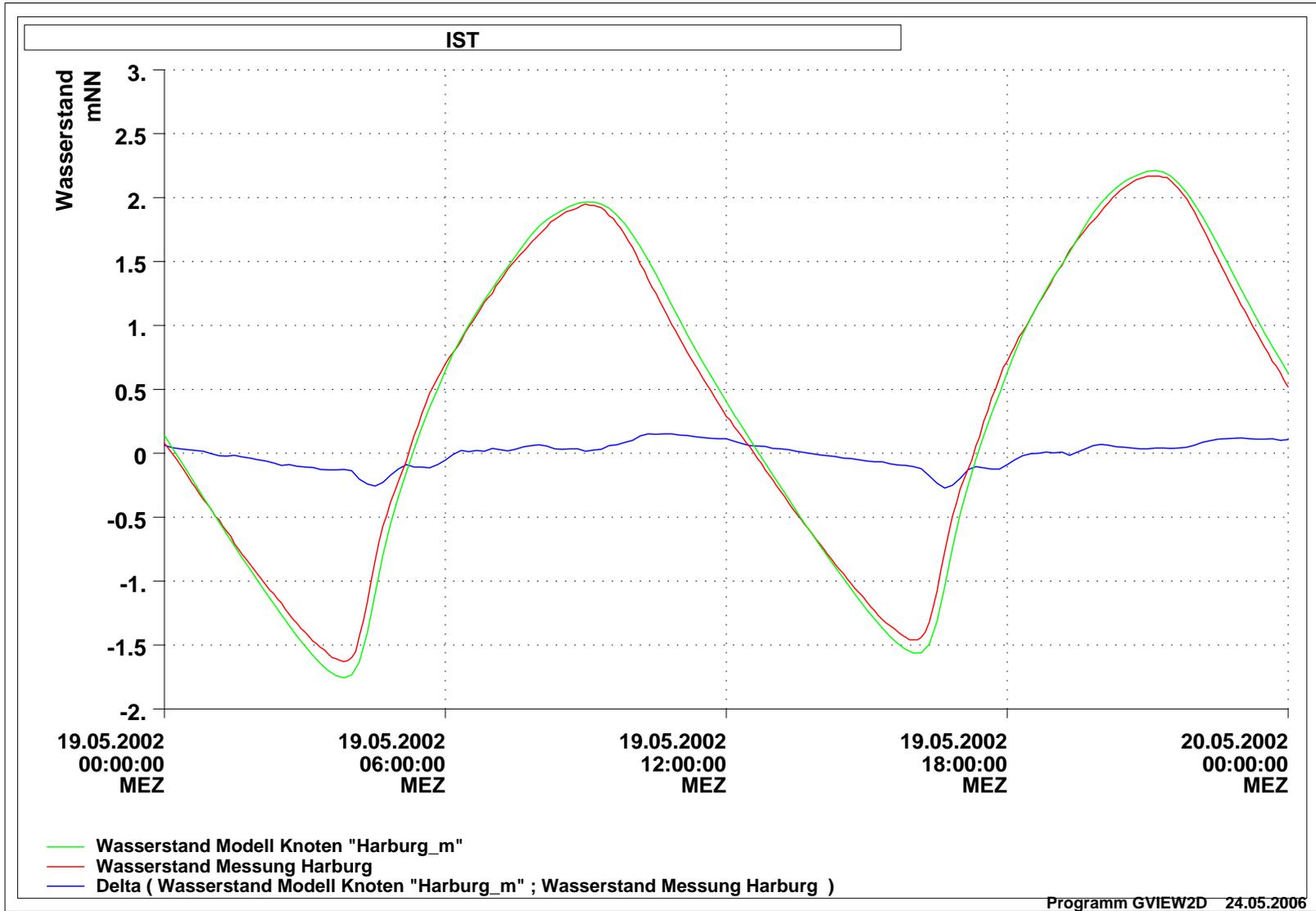
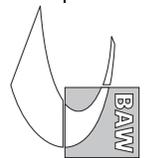


Bild 60: Wasserstand am Pegel Harburg, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

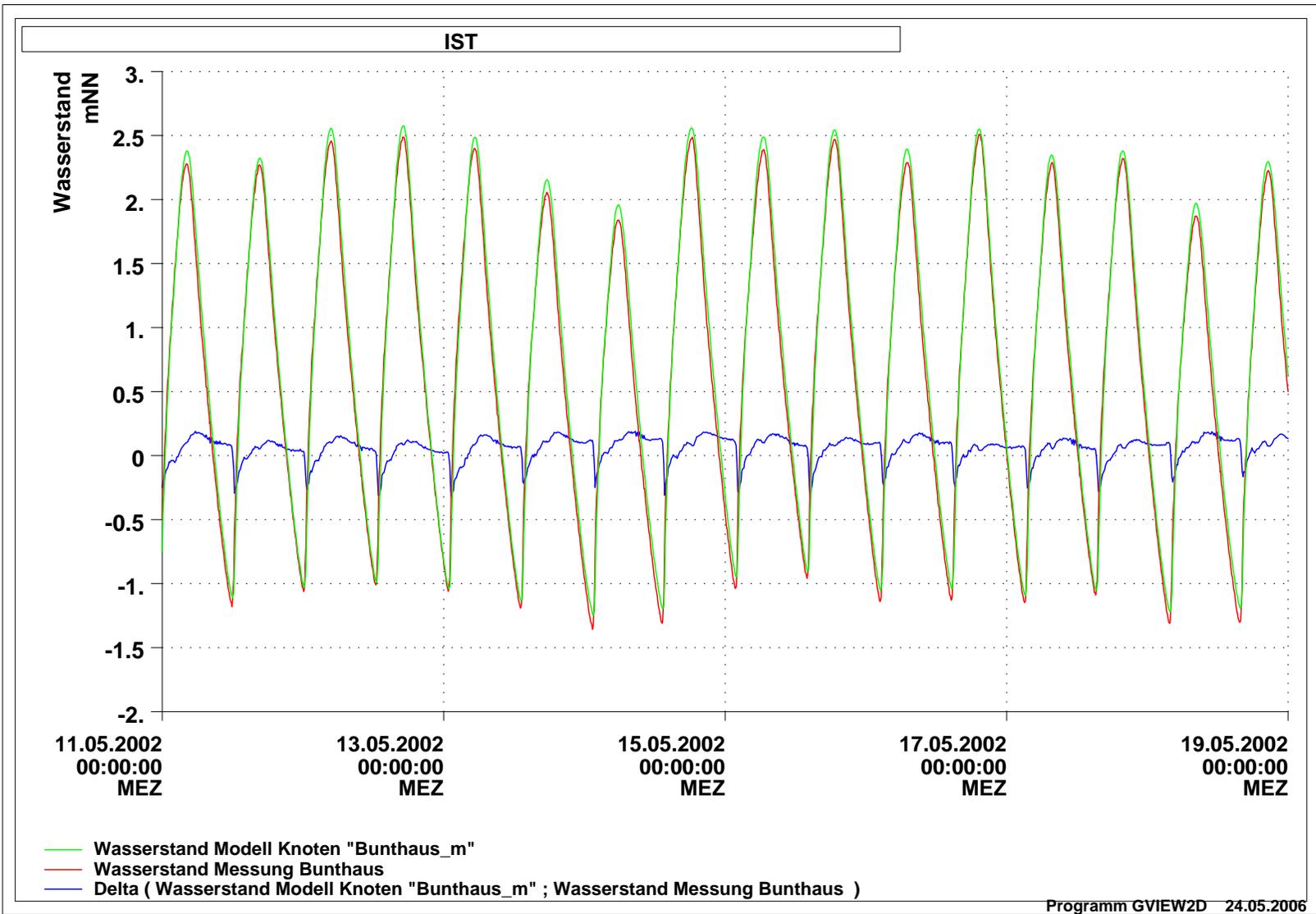
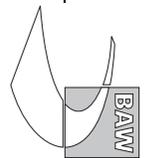


Bild 61: Wasserstand am Pegel Bunthaus, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

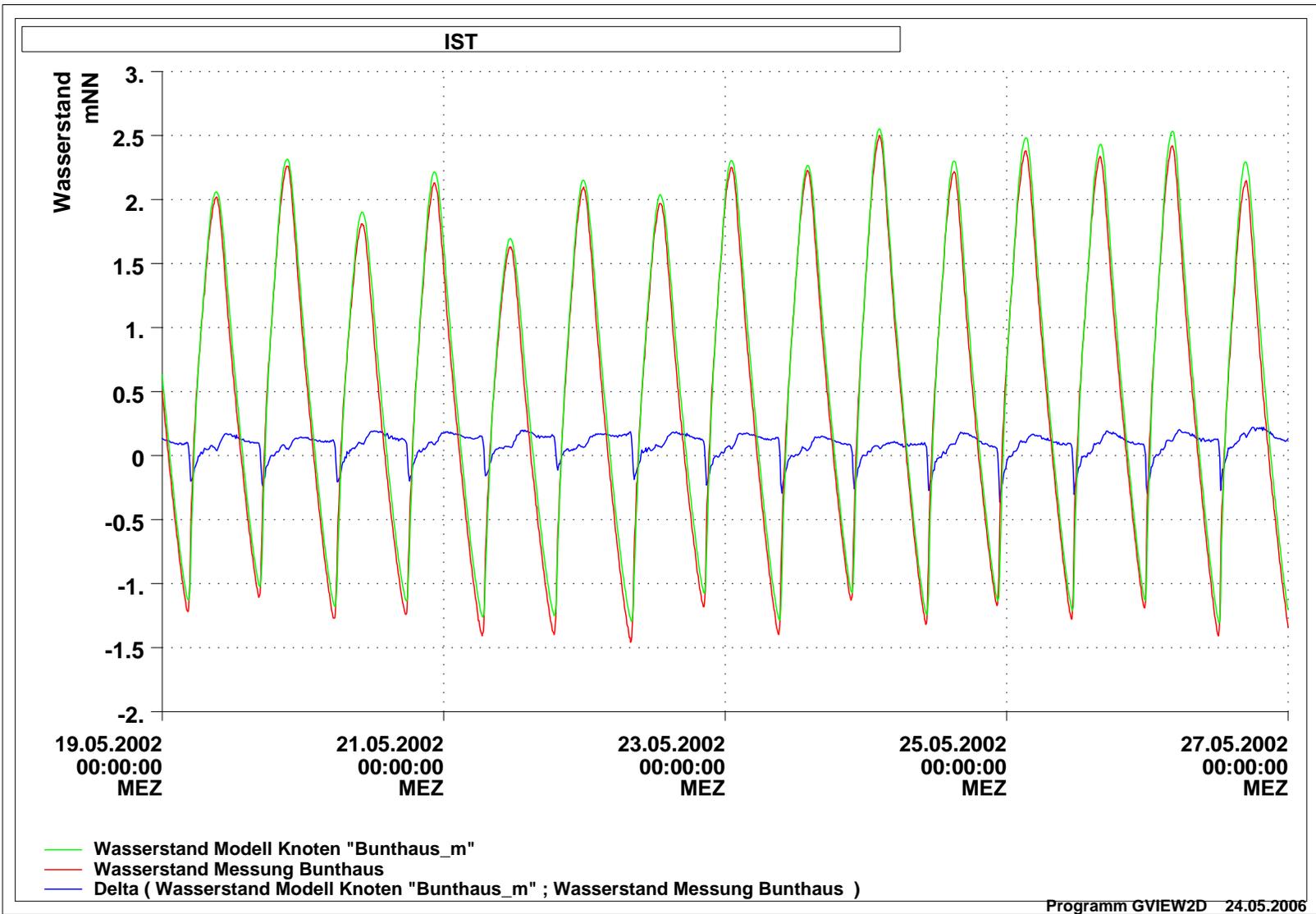


Bild 62: Wasserstand am Pegel Bunthaus, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

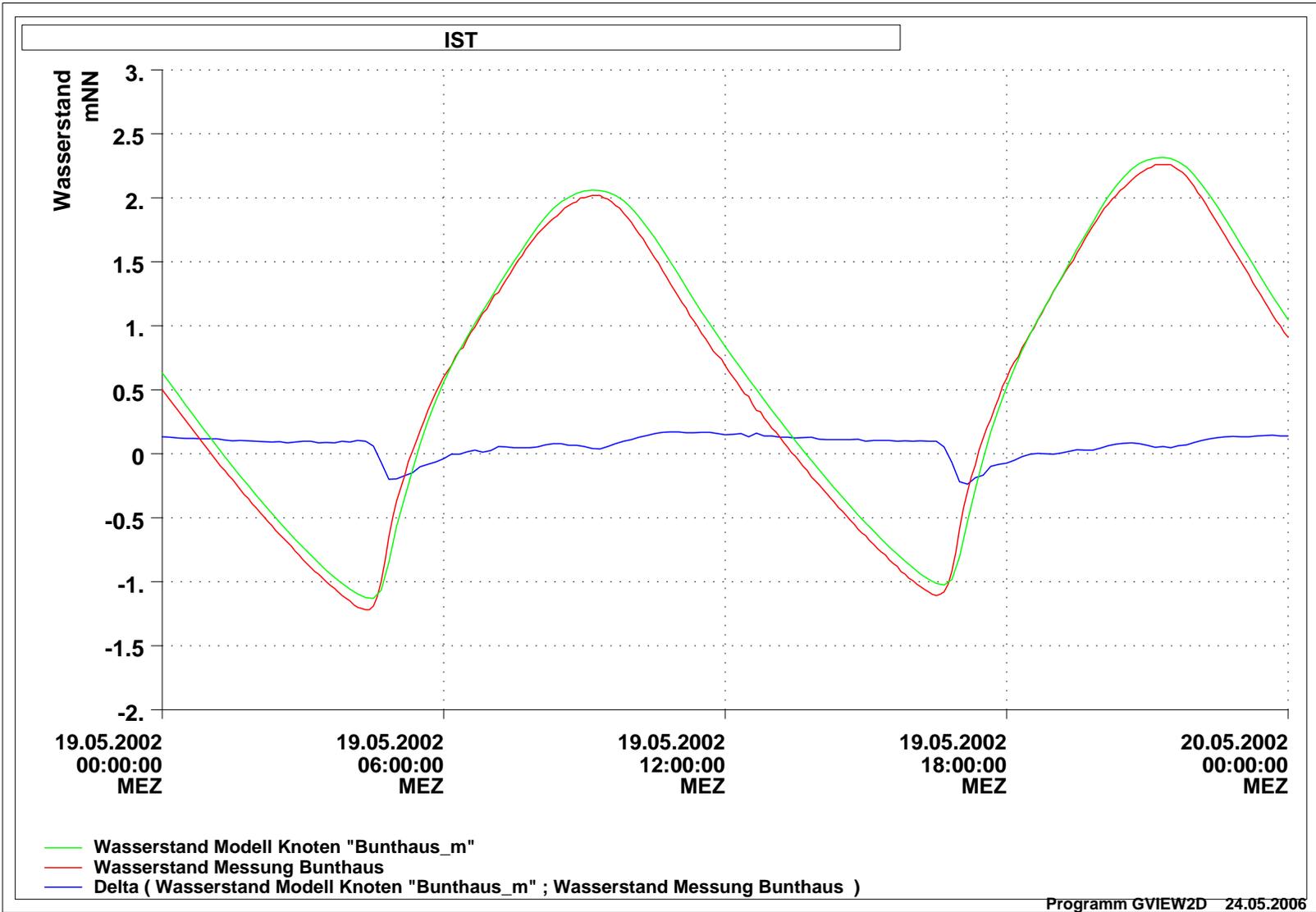
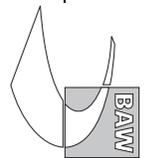


Bild 63: Wasserstand am Pegel Bunthaus, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

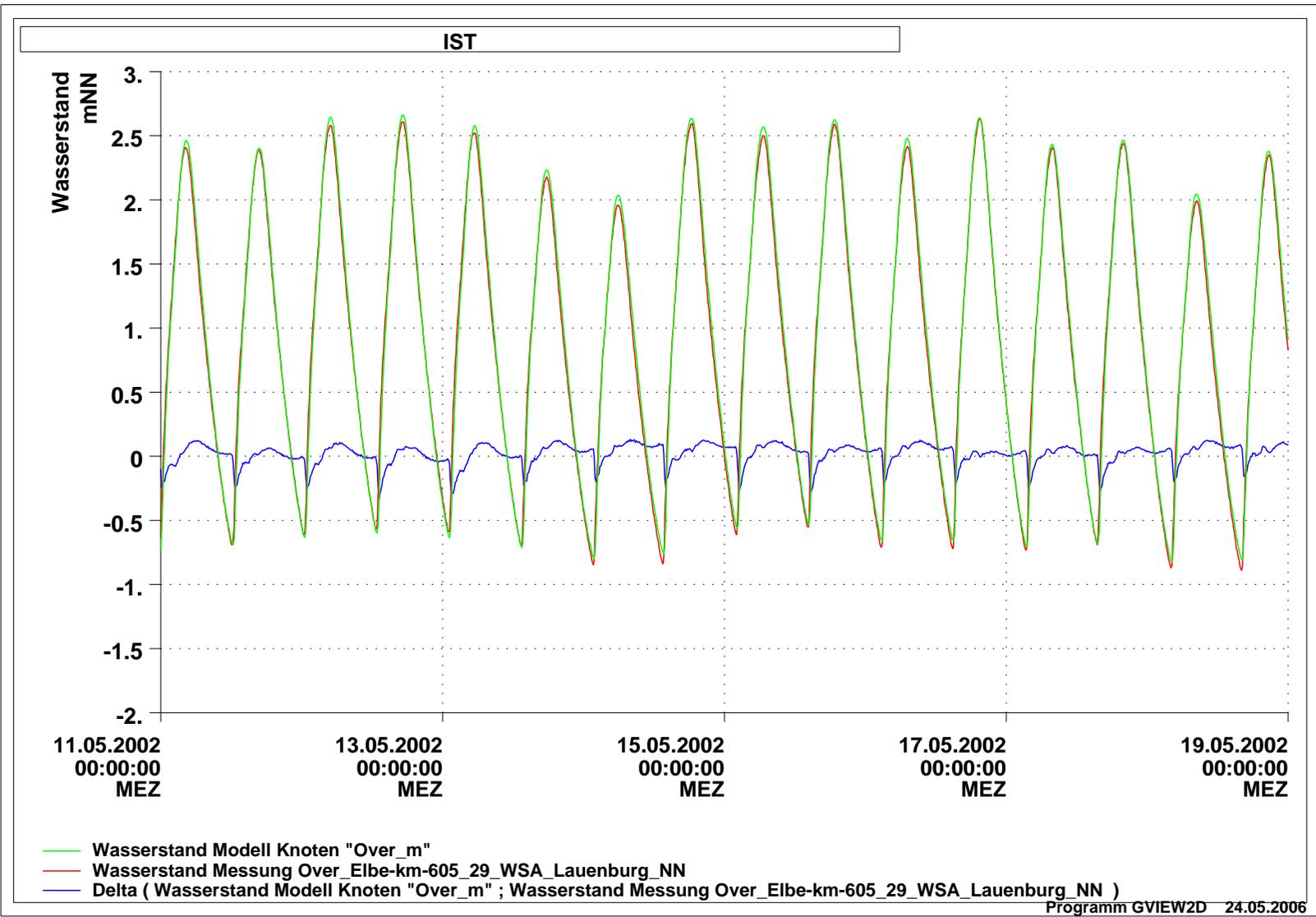
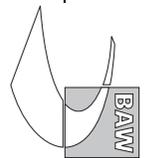


Bild 64: Wasserstand am Pegel Over, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

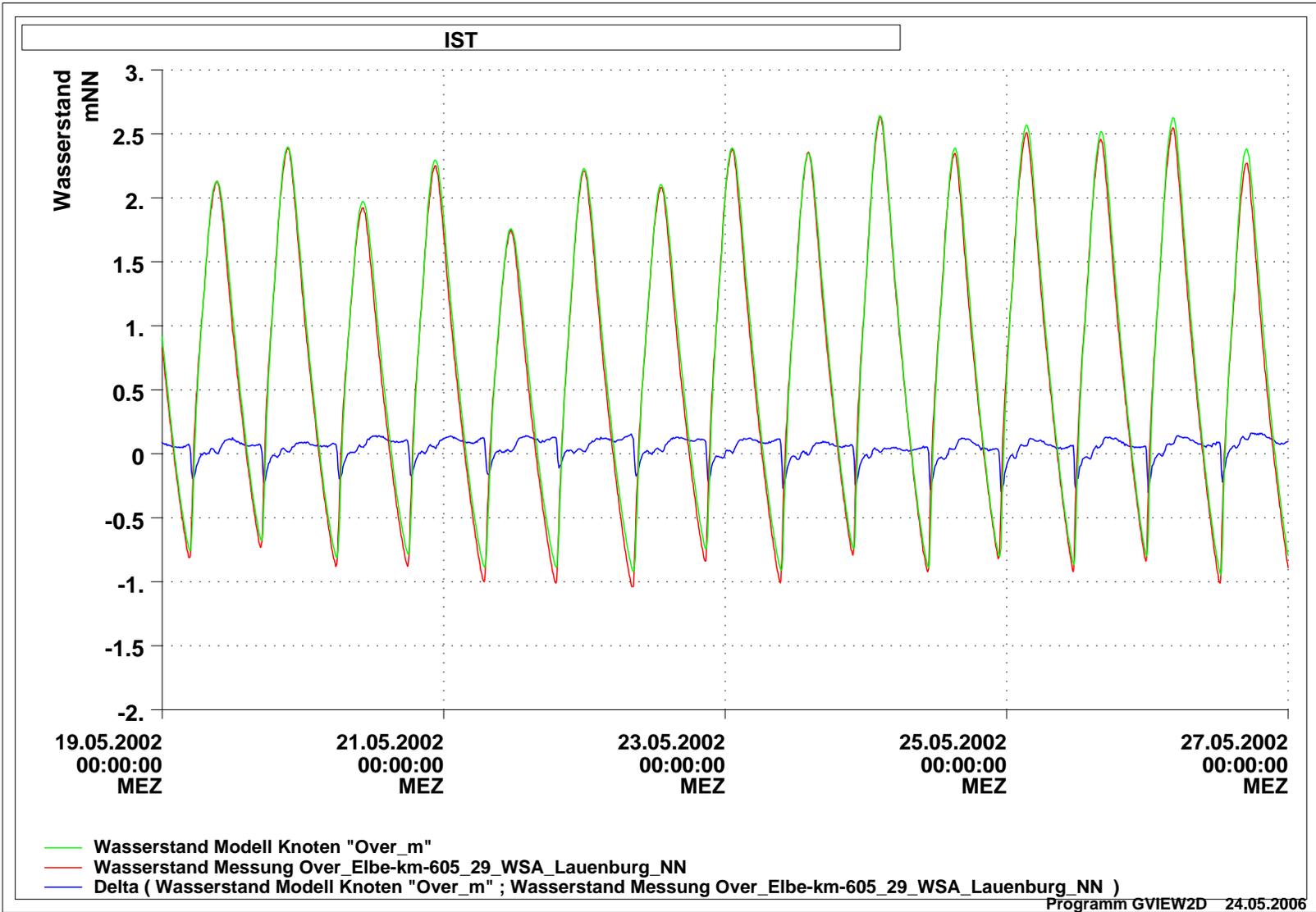
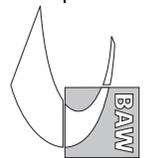


Bild 65: Wasserstand am Pegel Over, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

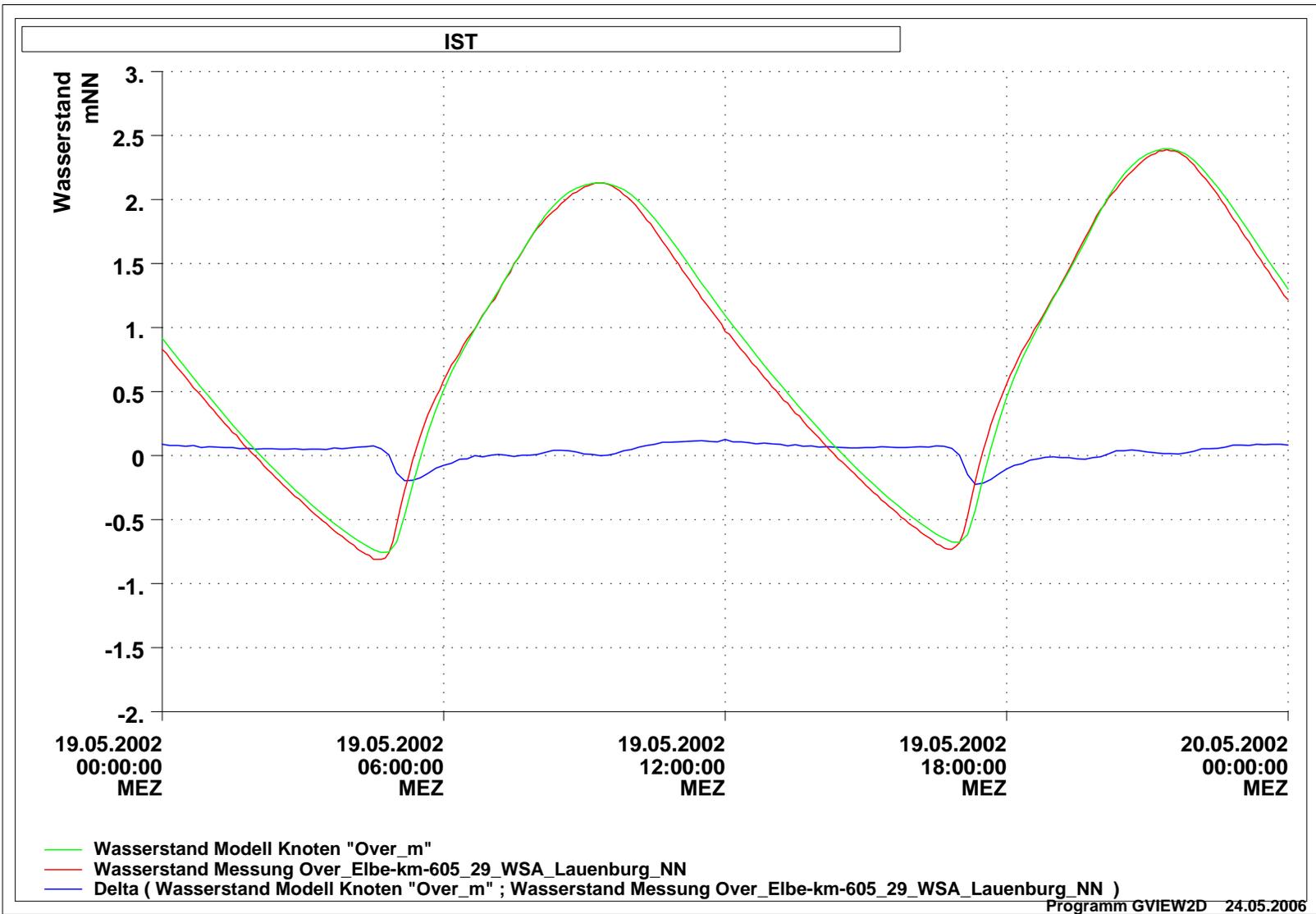


Bild 66: Wasserstand am Pegel Over, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

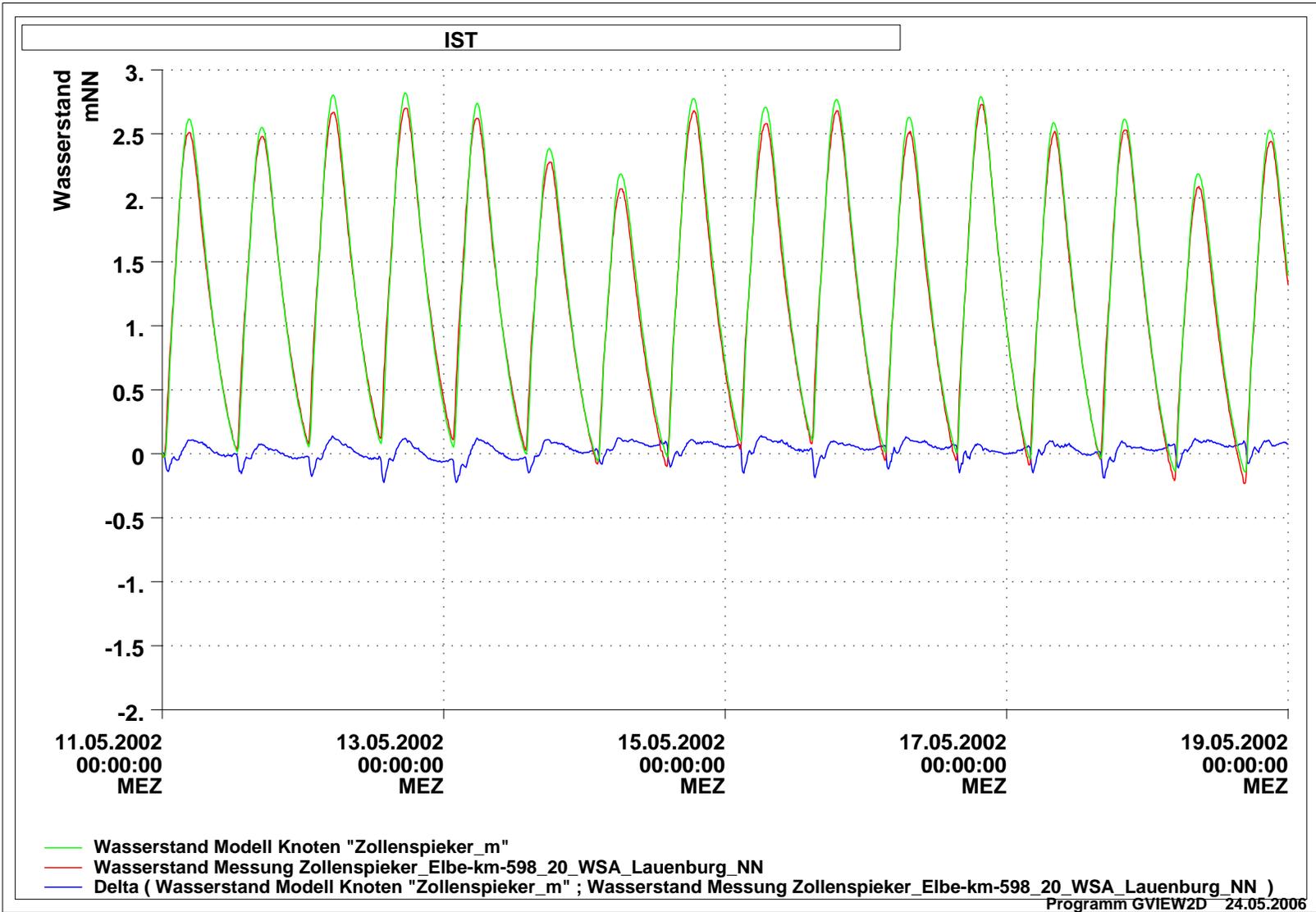
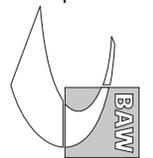


Bild 67: Wasserstand am Pegel Zollenspieker, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

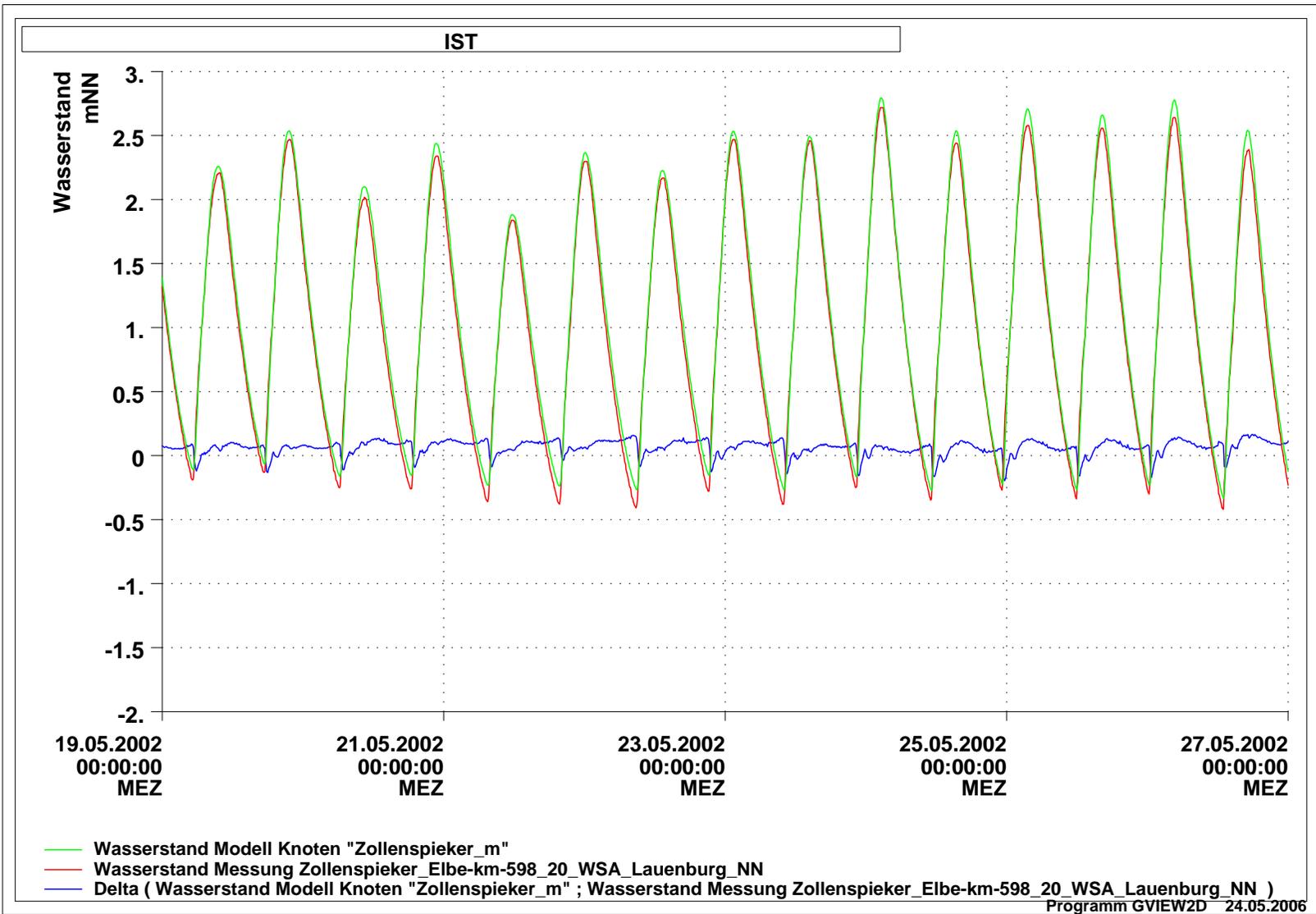


Bild 68: Wasserstand am Pegel Zollenspieker, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

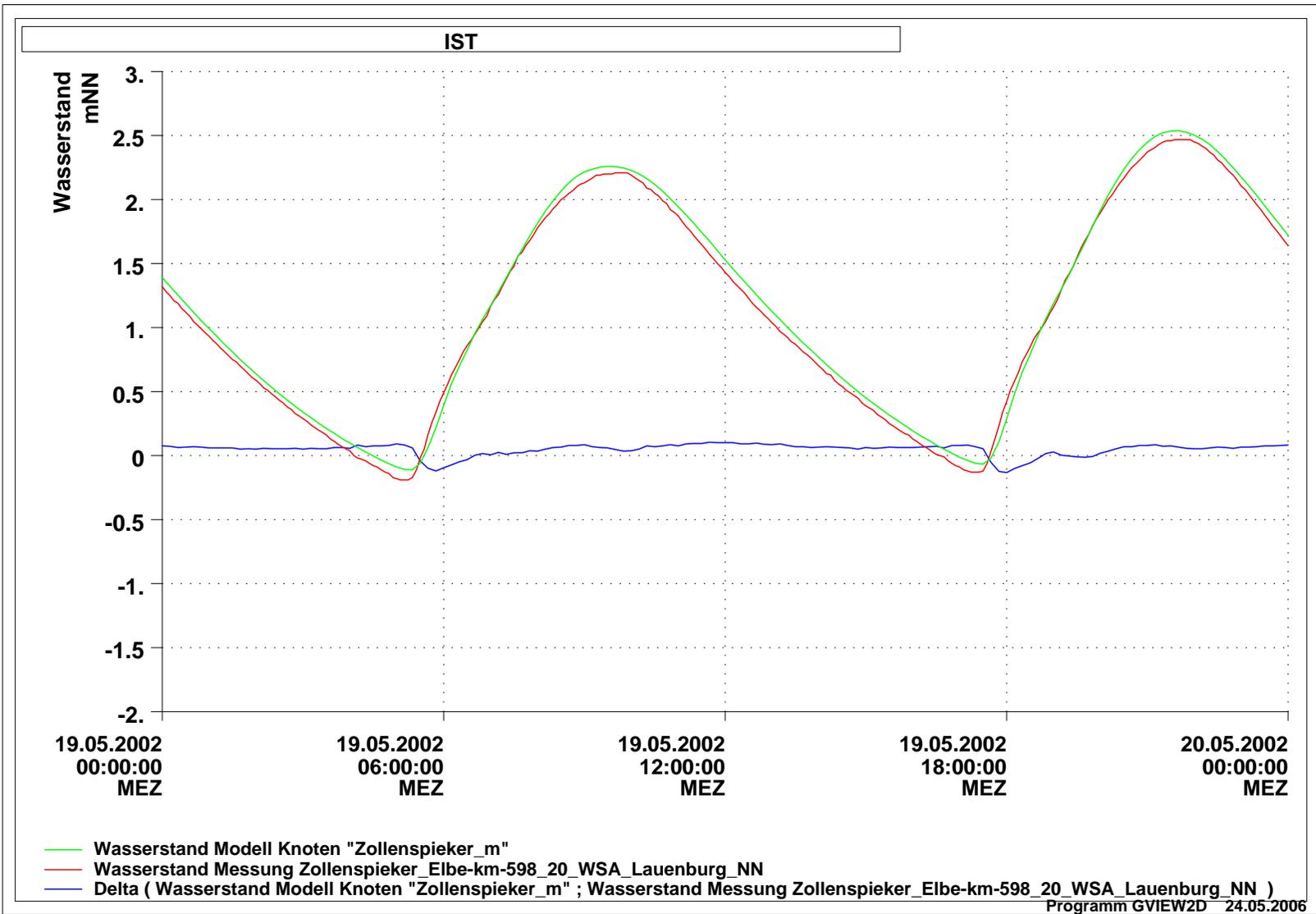


Bild 69: Wasserstand am Pegel Zollenspieker, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

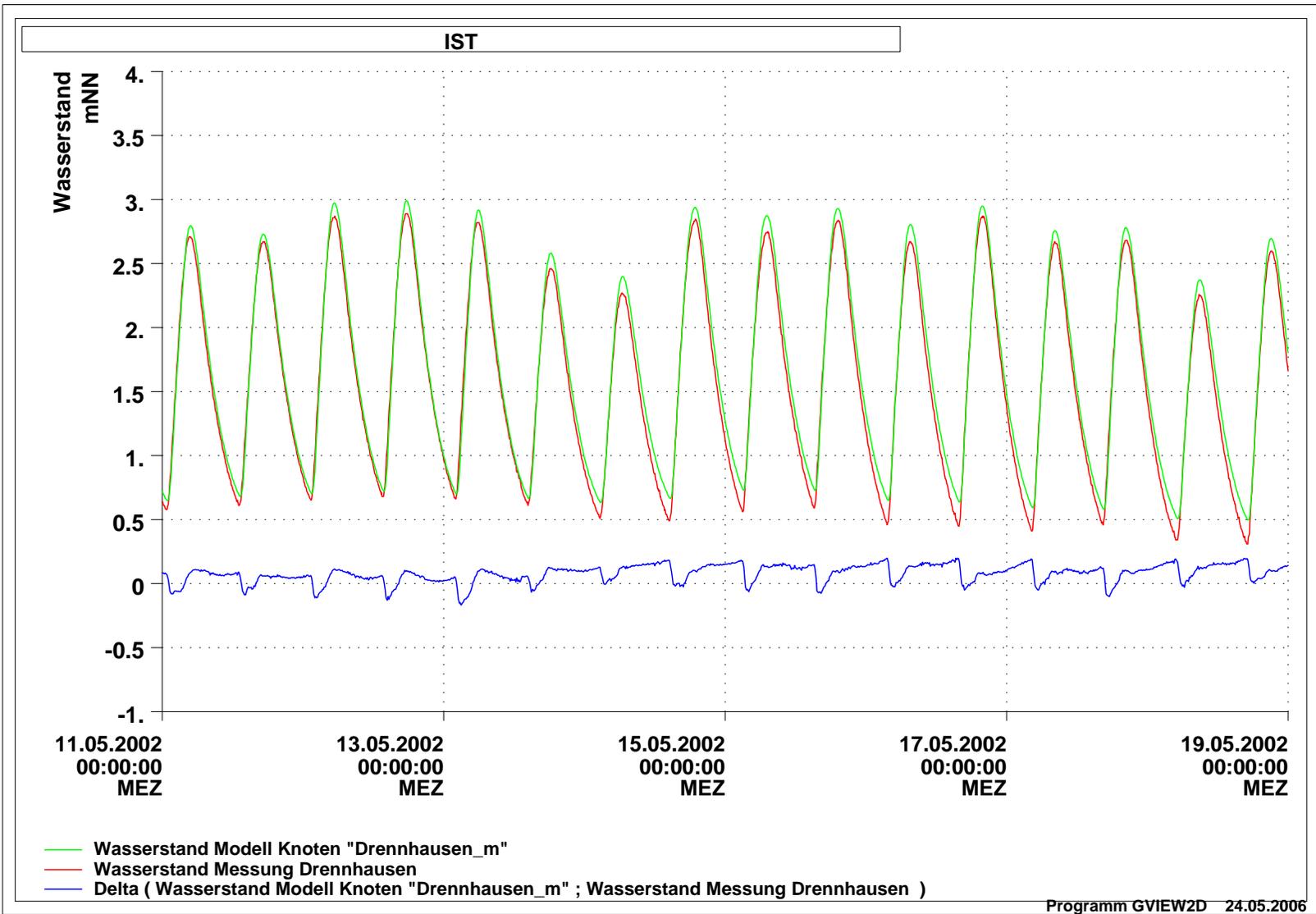


Bild 70: Wasserstand am Pegel Drennhausens, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

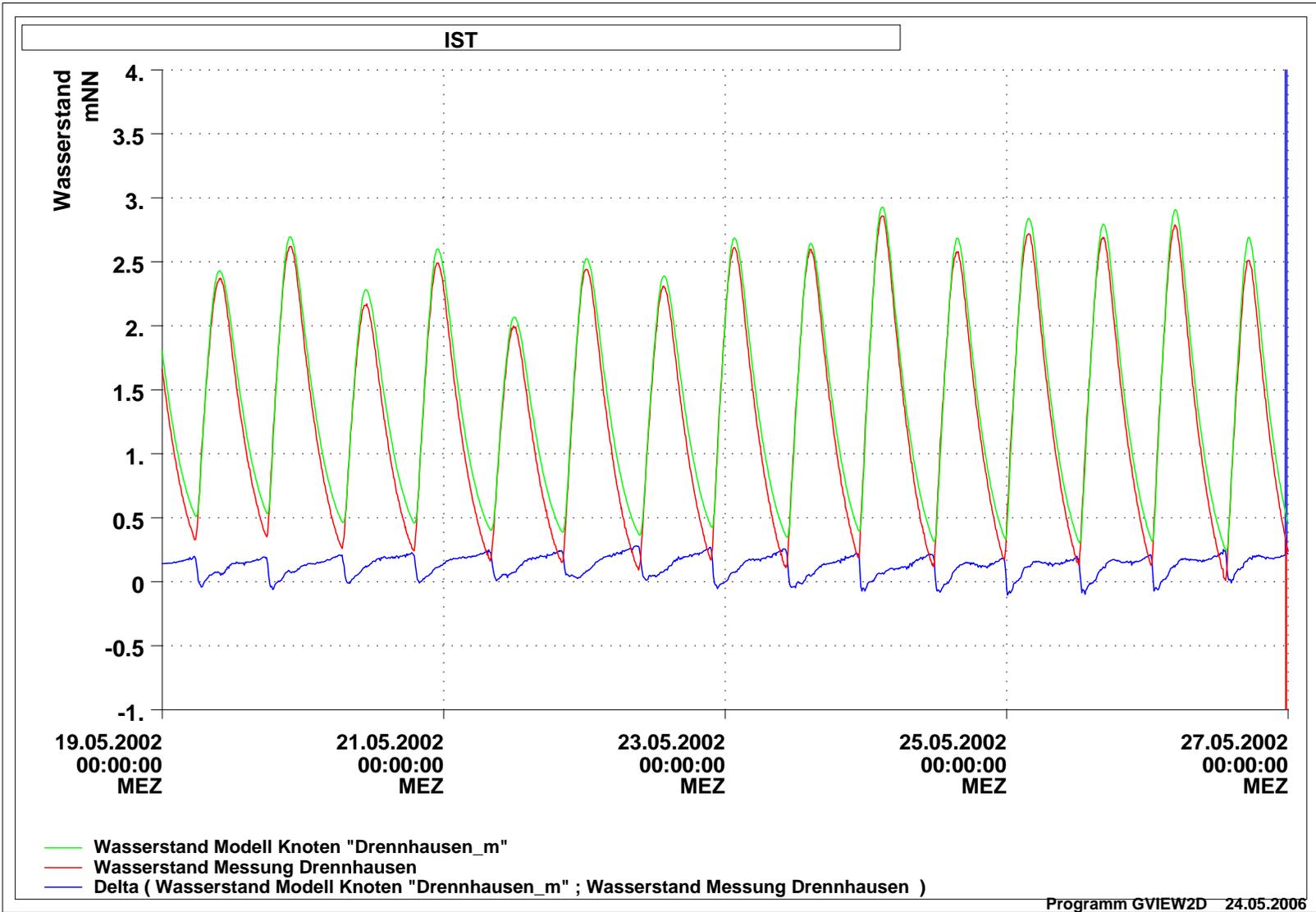
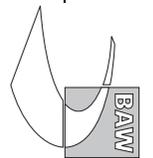


Bild 71: Wasserstand am Pegel Drennhausens, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

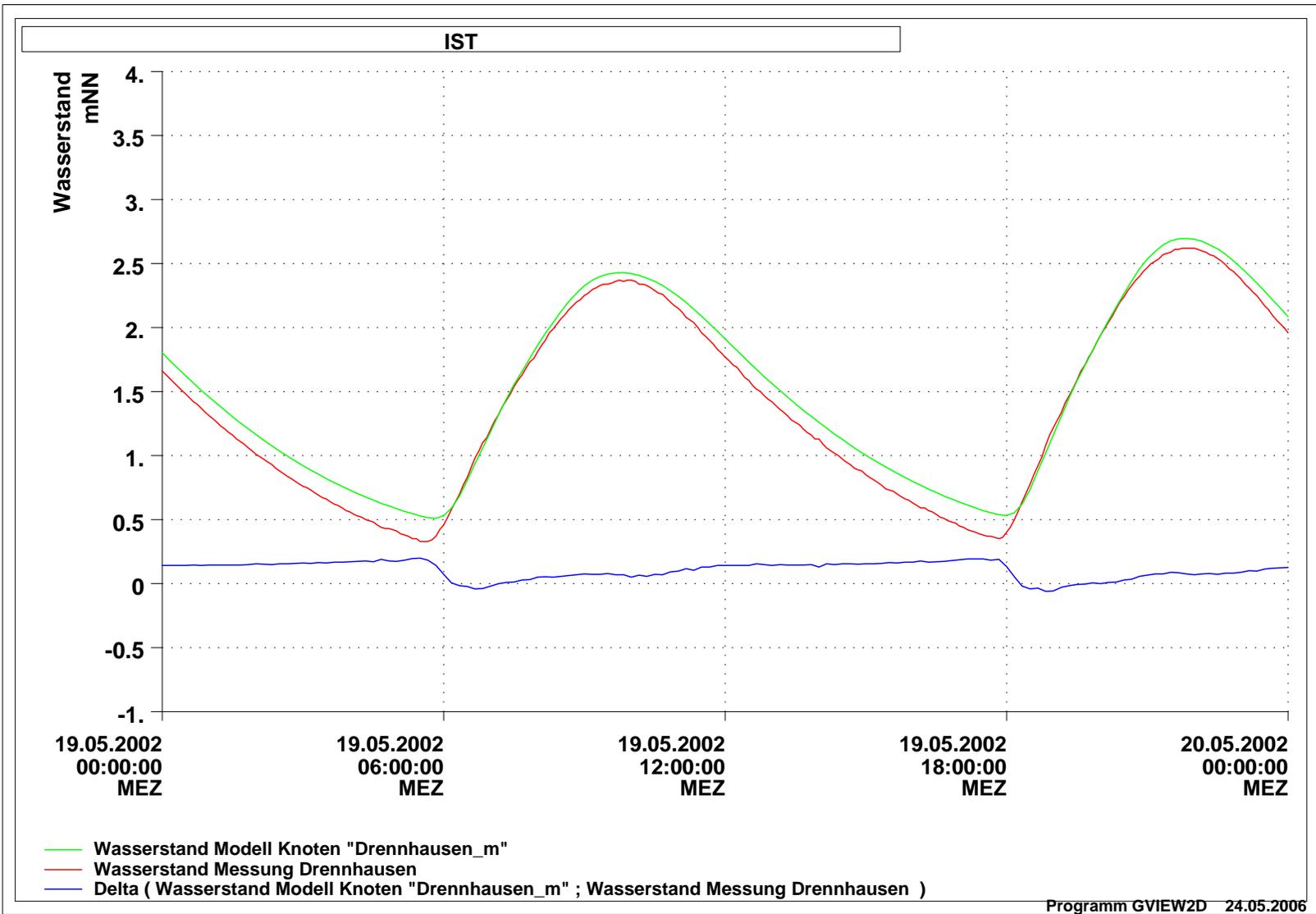
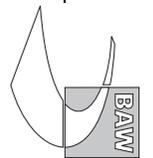


Bild 72: Wasserstand am Pegel Drennhausens, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

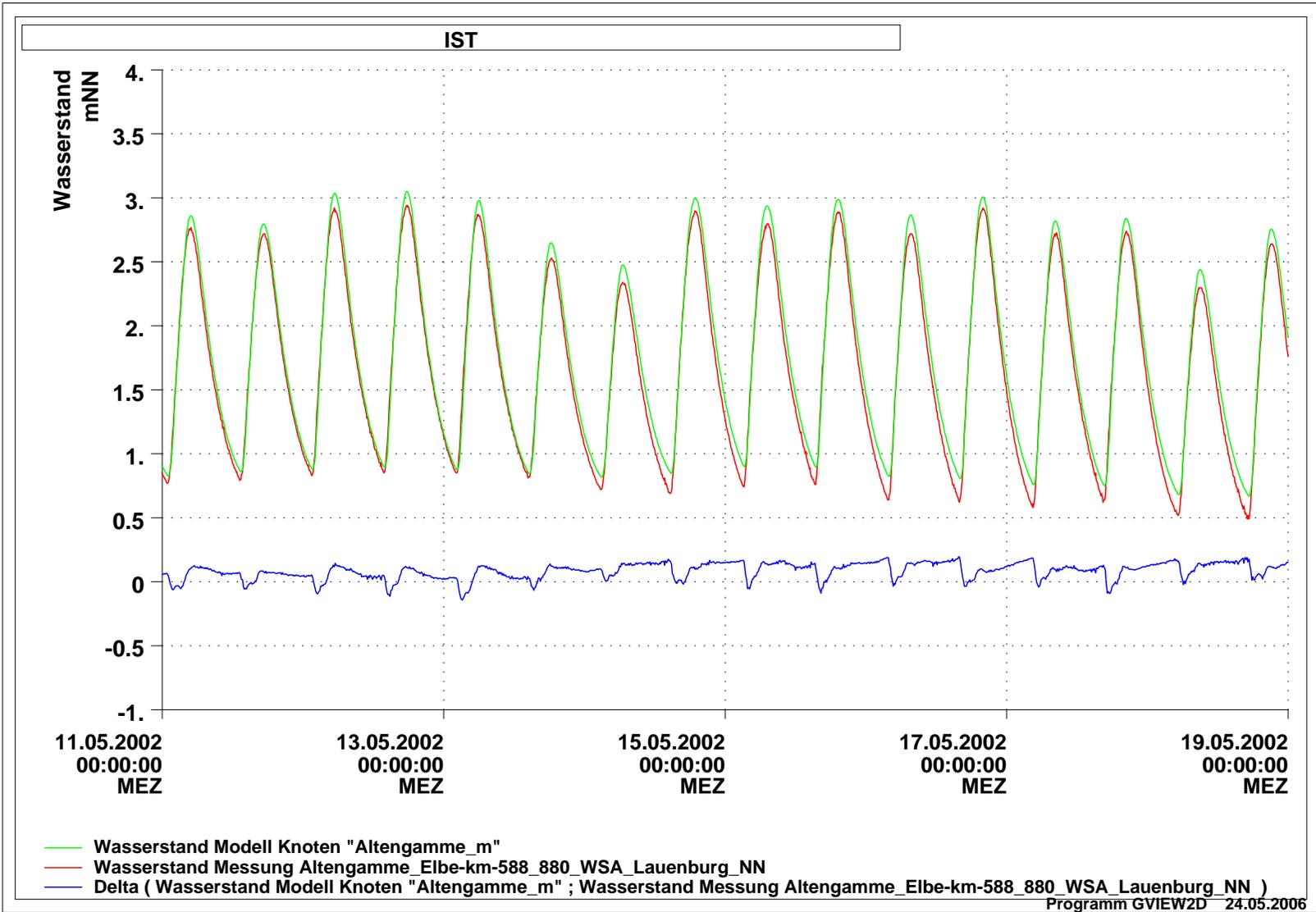
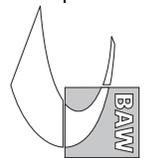


Bild 73: Wasserstand am Pegel Altengamme, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

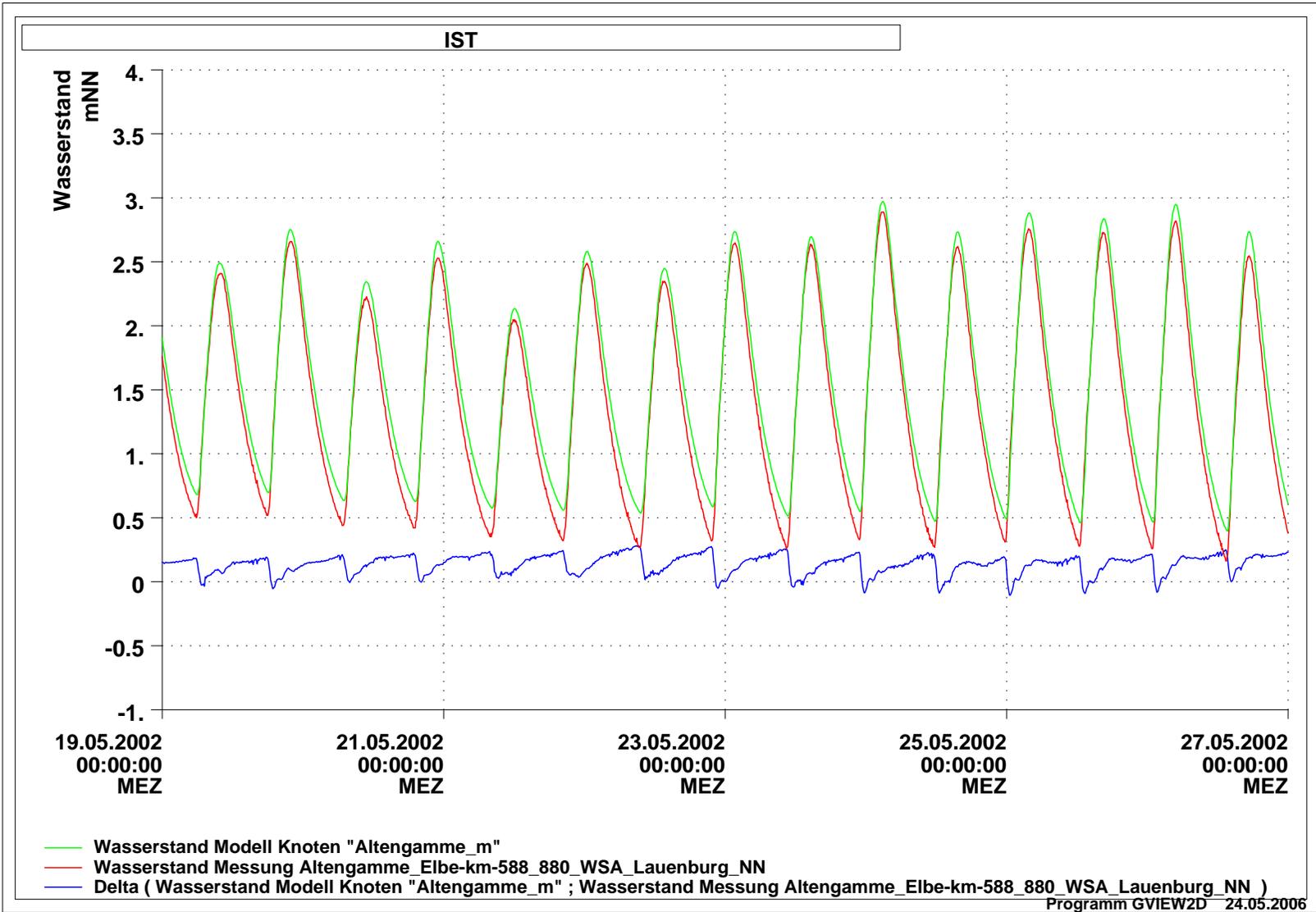
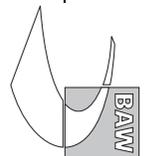


Bild 74: Wasserstand am Pegel Altengamme, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

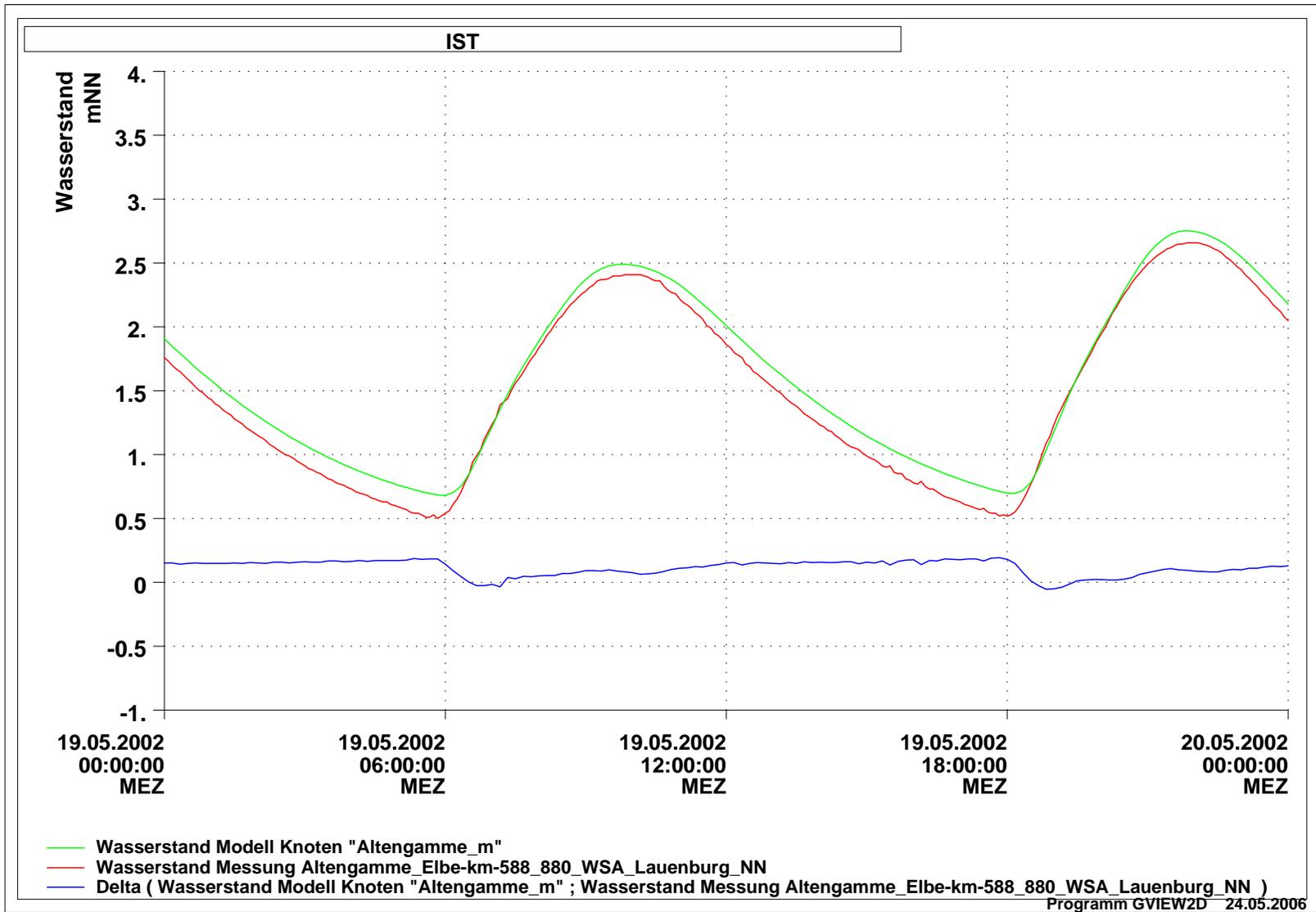
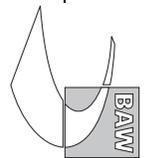


Bild 75: Wasserstand am Pegel Altengamme, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

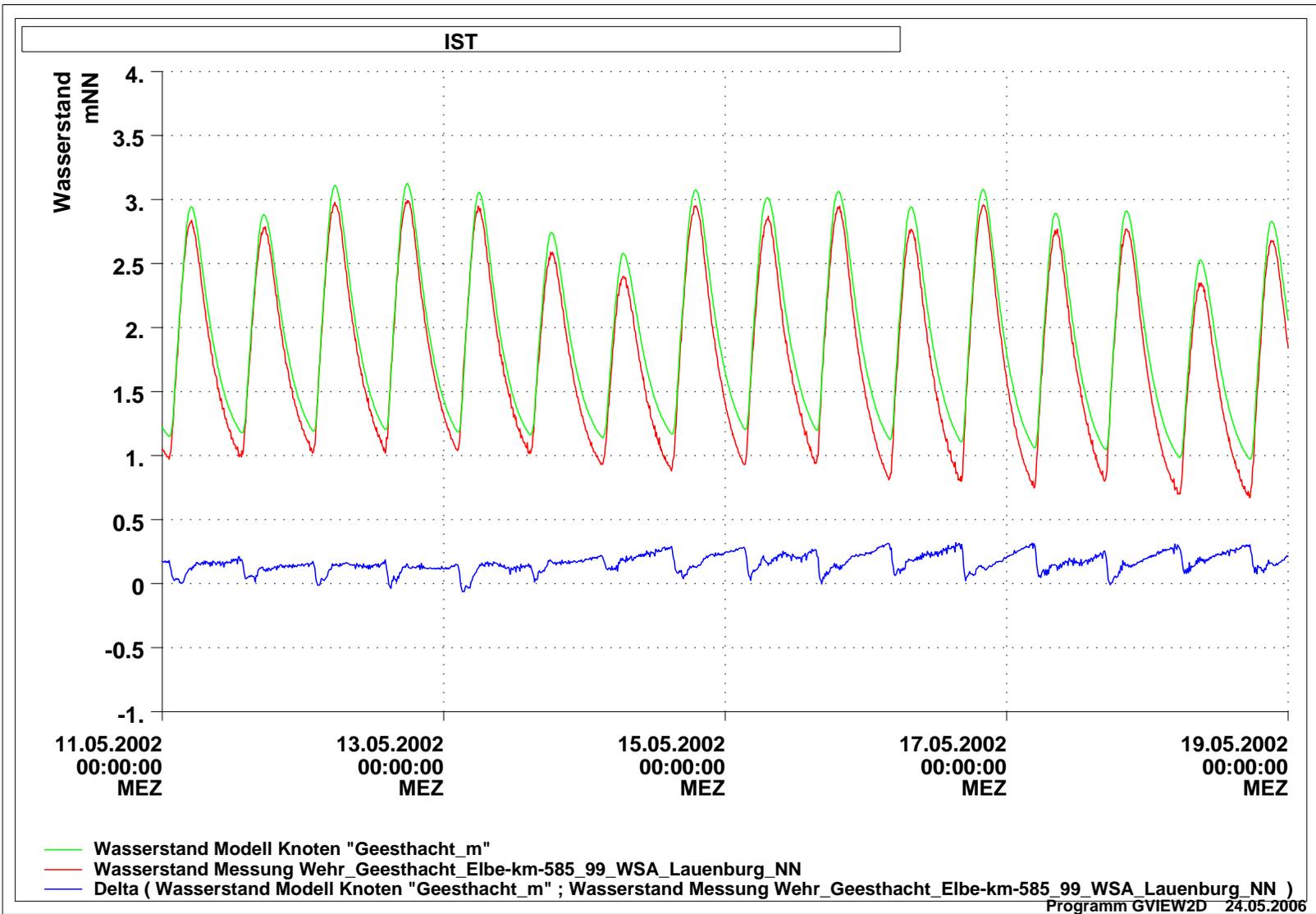
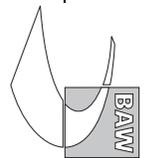


Bild 76: Wasserstand am Pegel Wehr Geesthacht, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

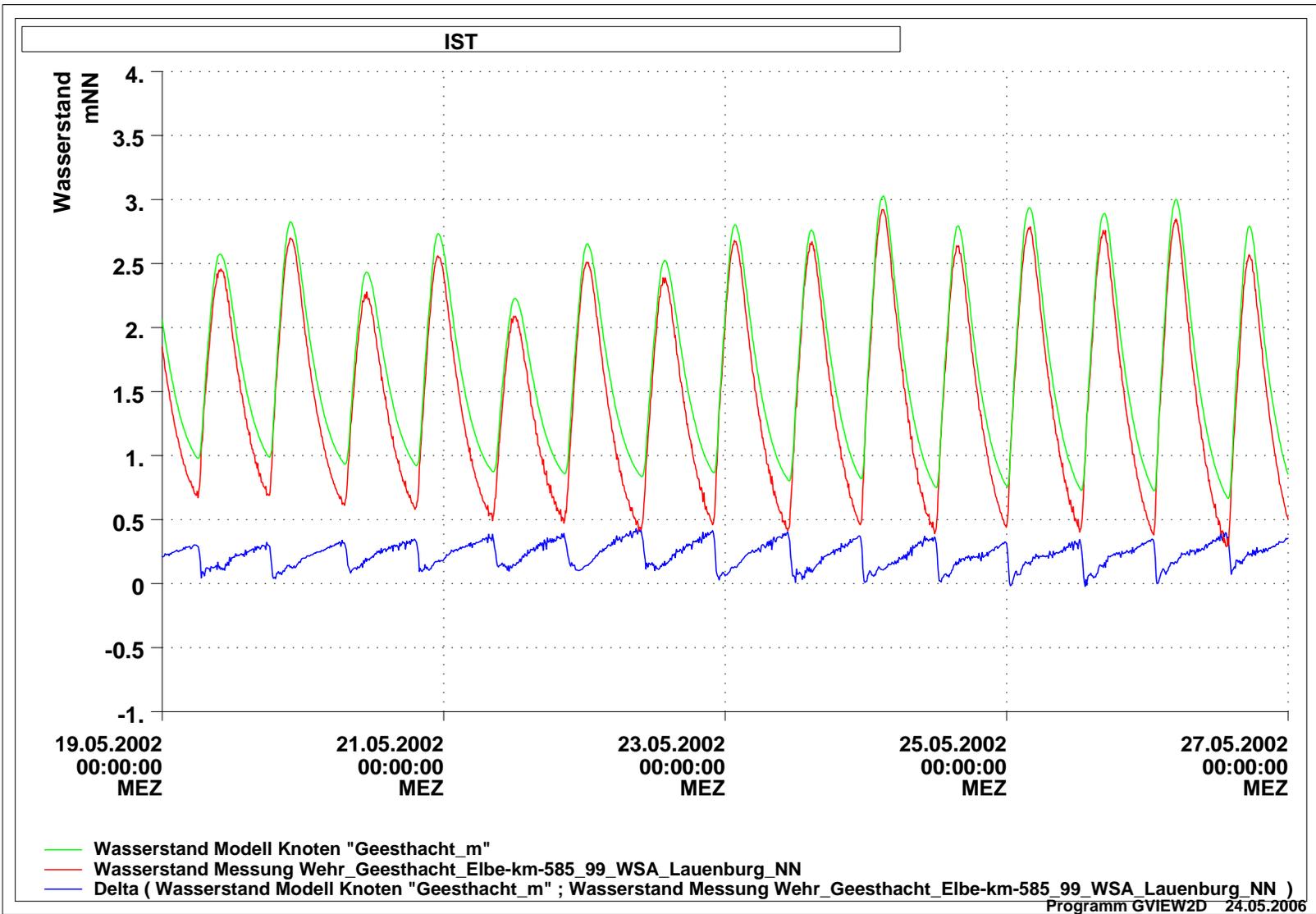


Bild 77: Wasserstand am Pegel Wehr Geesthacht, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung

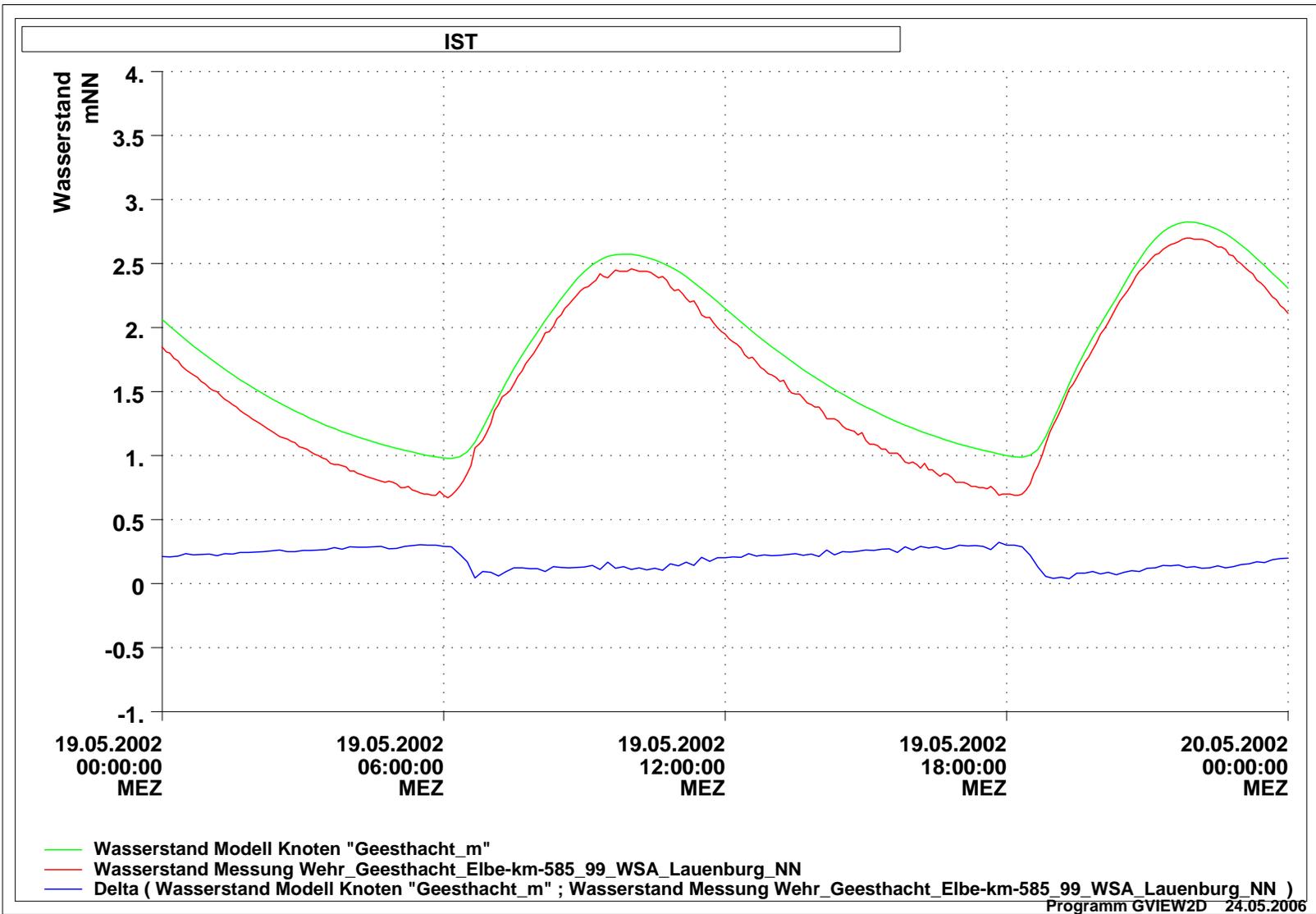


Bild 78: Wasserstand am Pegel Wehr Geesthacht, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Modellergebnisse, Messung und Differenz aus Modellergebnissen und Messung



3 Strömungsgeschwindigkeit an Langzeitmessstationen

Die Strömungsgeschwindigkeiten werden im Bereich des WSA Cuxhaven an sechs Langzeitmessstationen zwischen Scharhörn (Langzeitmessstation LZ5) und Brunsbüttel (LZ1) gemessen. Die vier Dauermessstationen des WSA Hamburg liegen zwischen Glückstadt (D4) und Wedel (D1). Der Untersuchungszeitraum vom 11.05.2002 bis zum 26.05.2002 wird wie bei den Wasserstandsplots in zwei achttägige und einen eintägigen Abschnitt unterteilt. Beim Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung ist zu beachten:

- dass die hydronumerischen Modelle zeitlich gemittelte Ergebnisse berechnen, während die Messungen auf Momentaufnahmen beruhen und stärker schwanken.
- Räumliche Mittelungen werden ebenfalls vorgenommen, da die im Modell berechneten Werte für eine Zelle des Modelles gelten und die Modelltopographie die tatsächlichen Verhältnisse nur vereinfacht wiedergeben kann.

Die folgenden Abbildungen zeigen einen Vergleich der Ergebnisse der Messsonde mit den Modellergebnissen aus einer bestimmten Schicht aus der Wassersäule über dem Messort. Da die Bestimmung dieser Schicht relativ zur Gewässersohle aus der vereinfachten Modelltopographie erfolgt, kann es an dieser Stelle zu Abweichungen kommen. Sie sind größer an stärker geneigten Böschungen und vermutlich der Grund für größere Differenzen zwischen modellierten und gemessenen Strömungsgeschwindigkeiten.

Zusammenfassend läßt sich sagen, dass die Übereinstimmung an den meisten Messstationen qualitativ gut ist, aber von Station zu Station stärker variiert. Quantitativ ist der Vergleich aus den genannten Gründen nur bedingt angemessen. Quantitativ zeigen die Hamburger Stationen eine bessere Übereinstimmung als die Cuxhavener. Ein konkreter Grund läßt sich jedoch dafür nicht angeben.

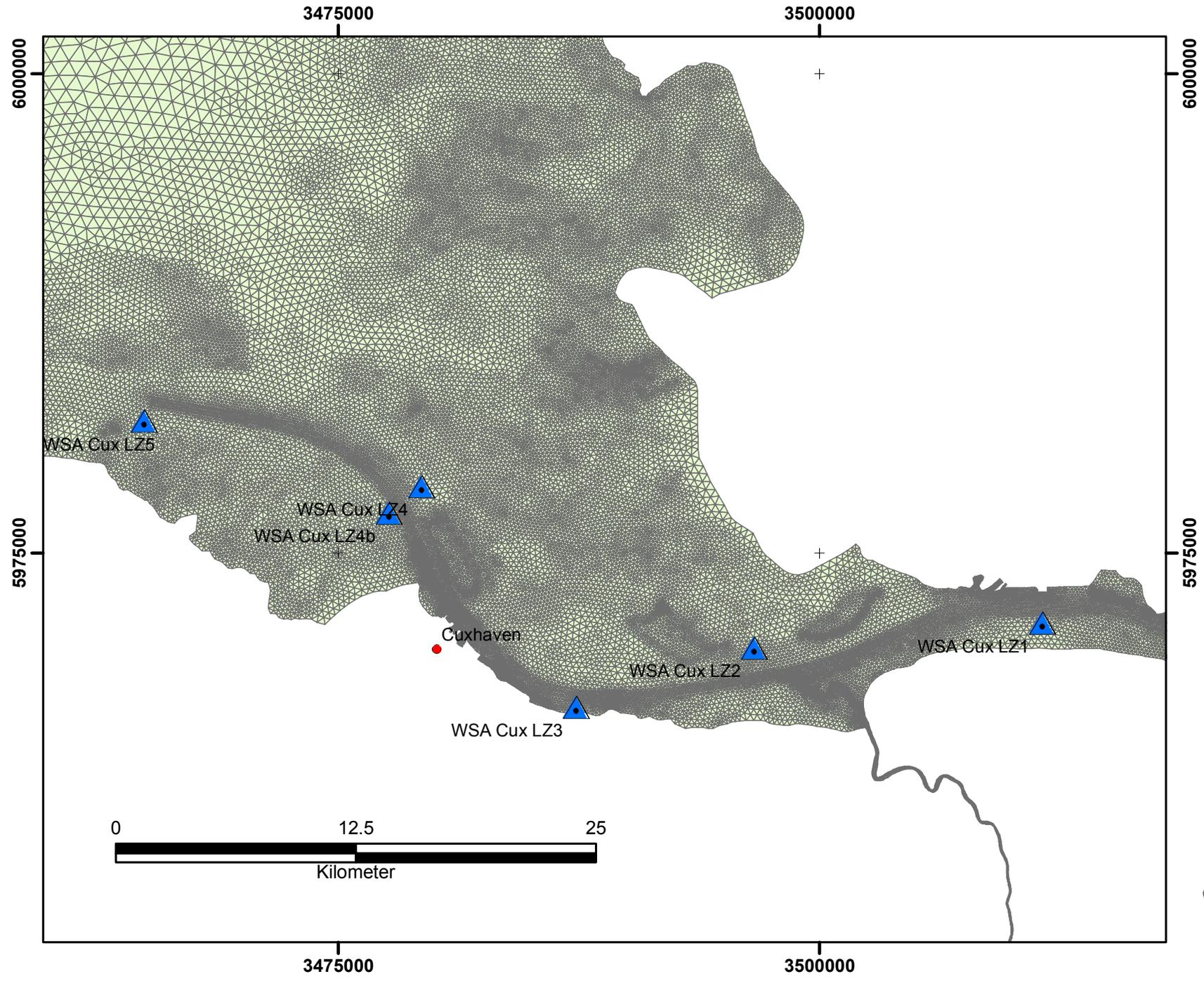
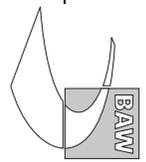


Bild 79: Positionen der Dauermessstationen des WSA Cuxhaven

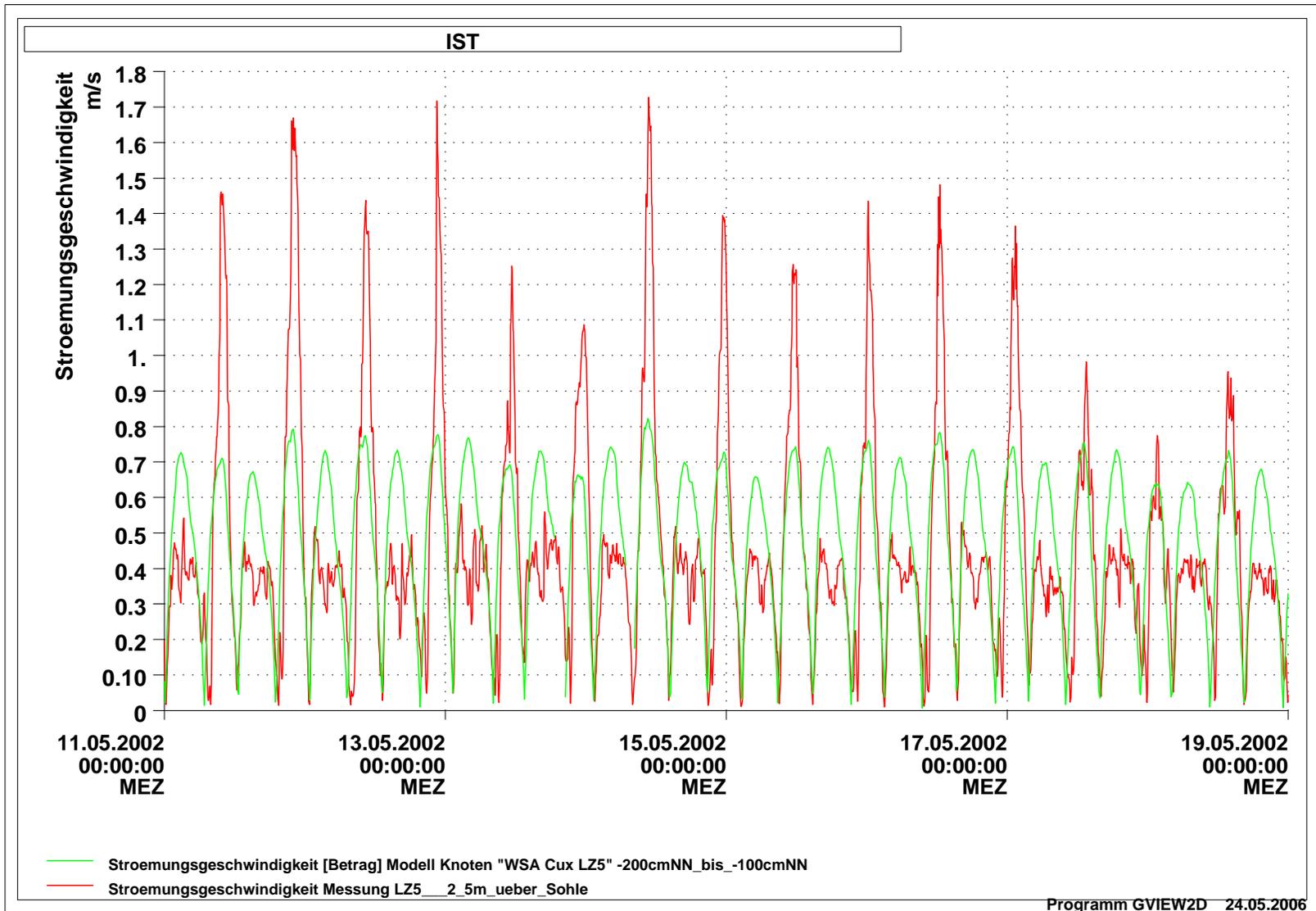
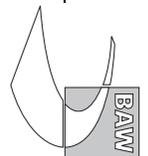


Bild 80: Strömungsgeschwindigkeit an der Langzeitmessstation 5 des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

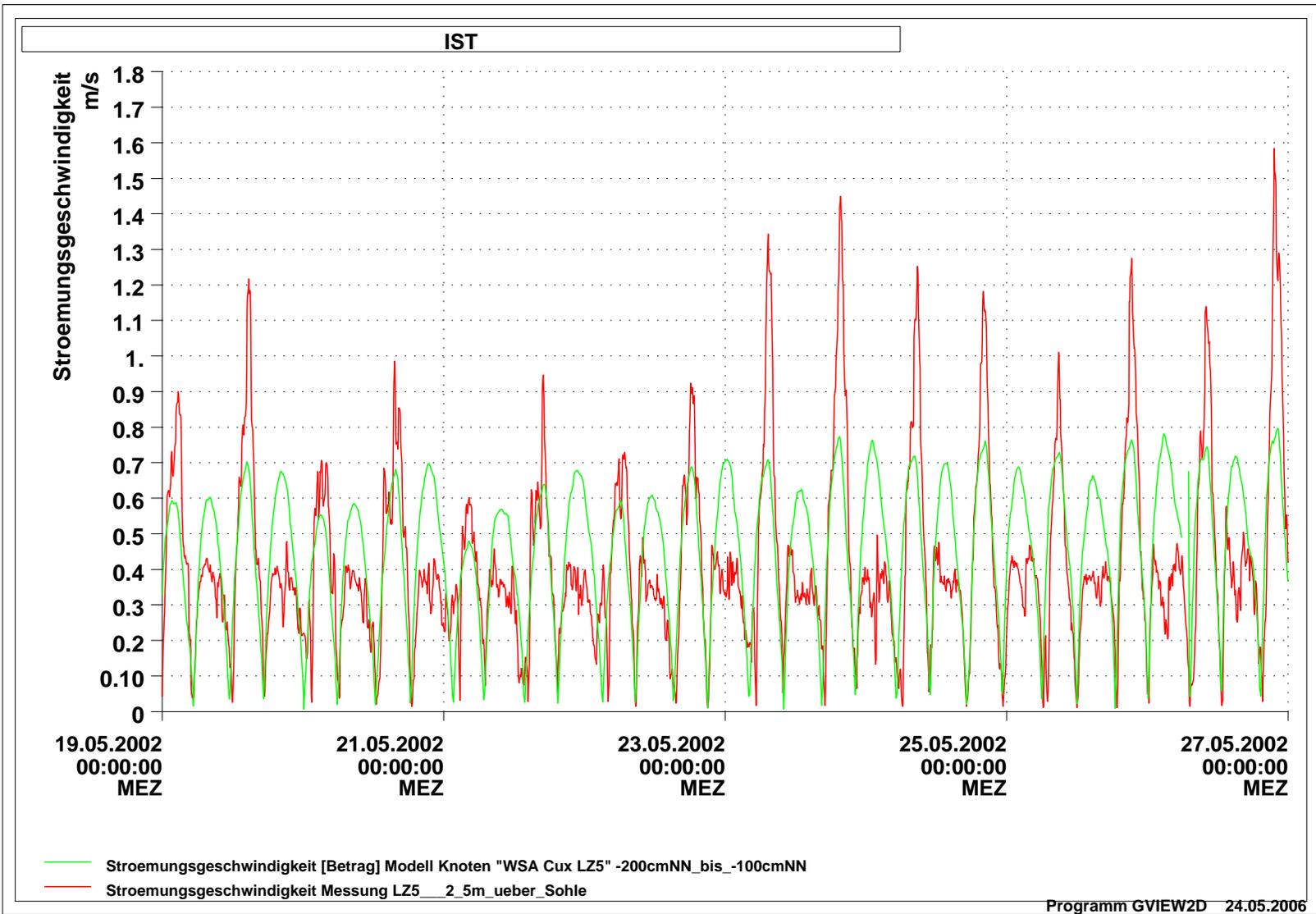
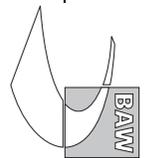


Bild 81: Strömungsgeschwindigkeit an der Langzeitmessstation 5 des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

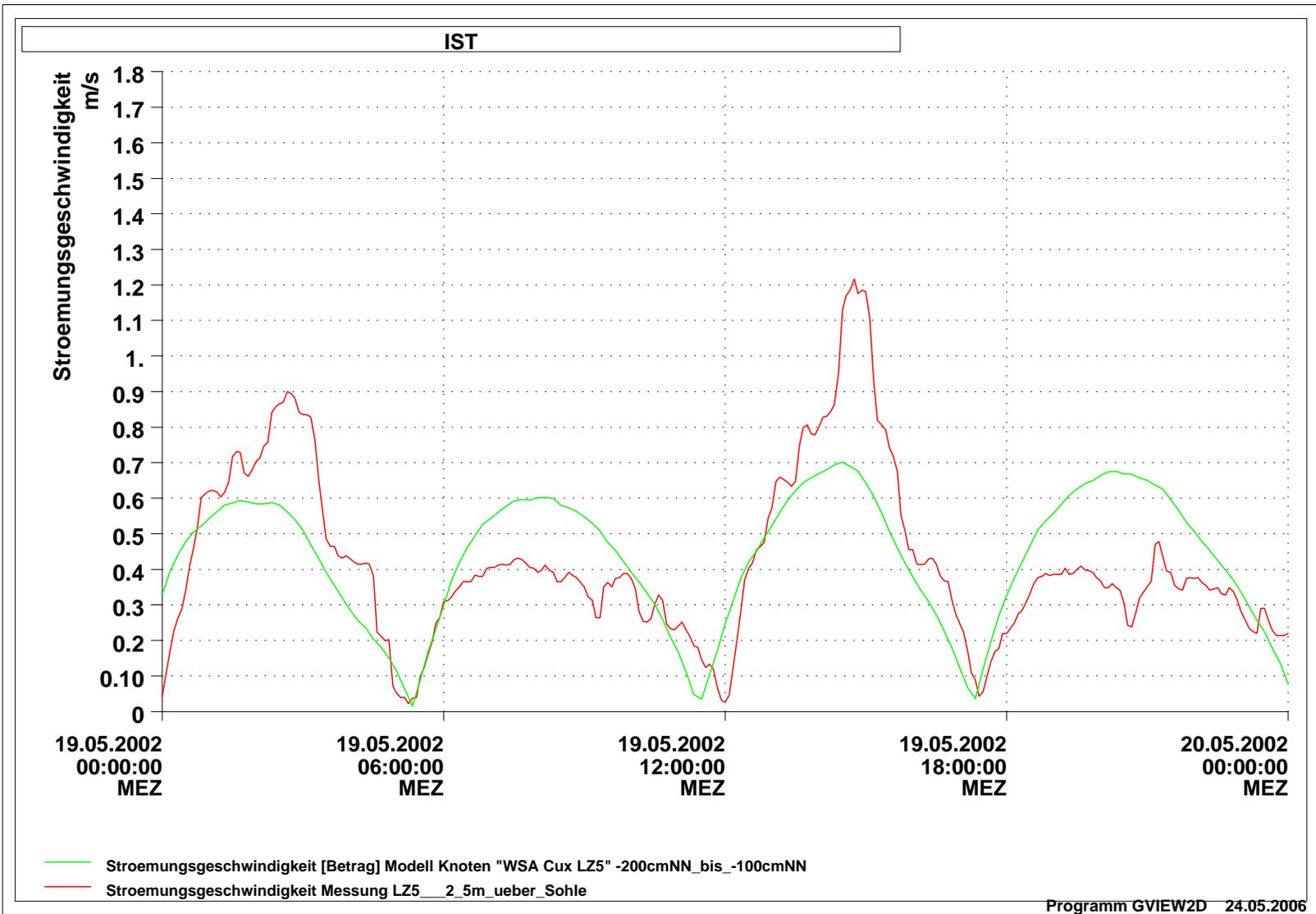
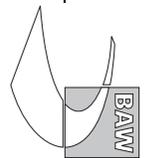


Bild 82: Strömungsgeschwindigkeit an der Langzeitmessstation 5 des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

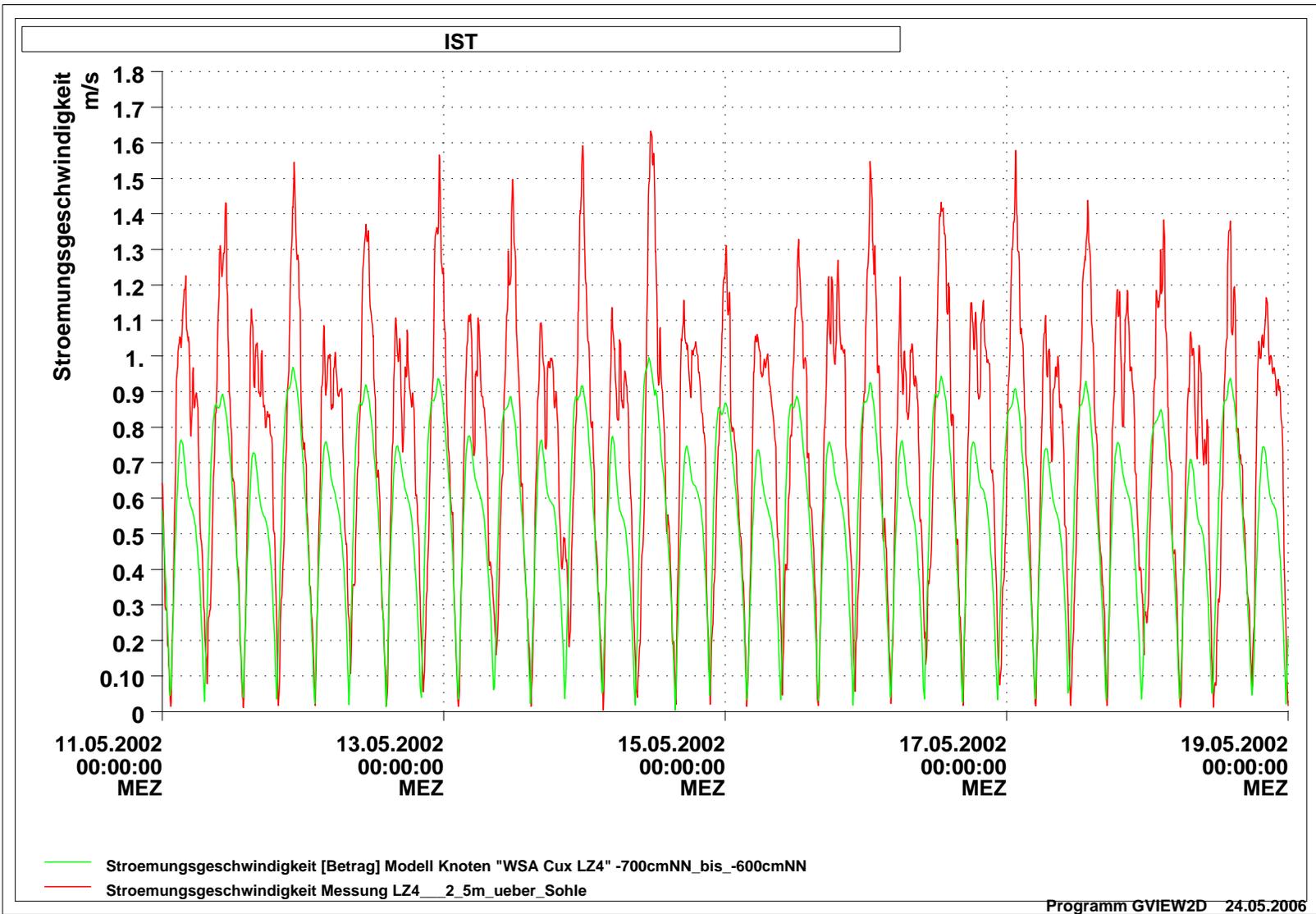


Bild 83: *Stromungsgeschwindigkeit an der Langzeitmessstation 4 des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung*

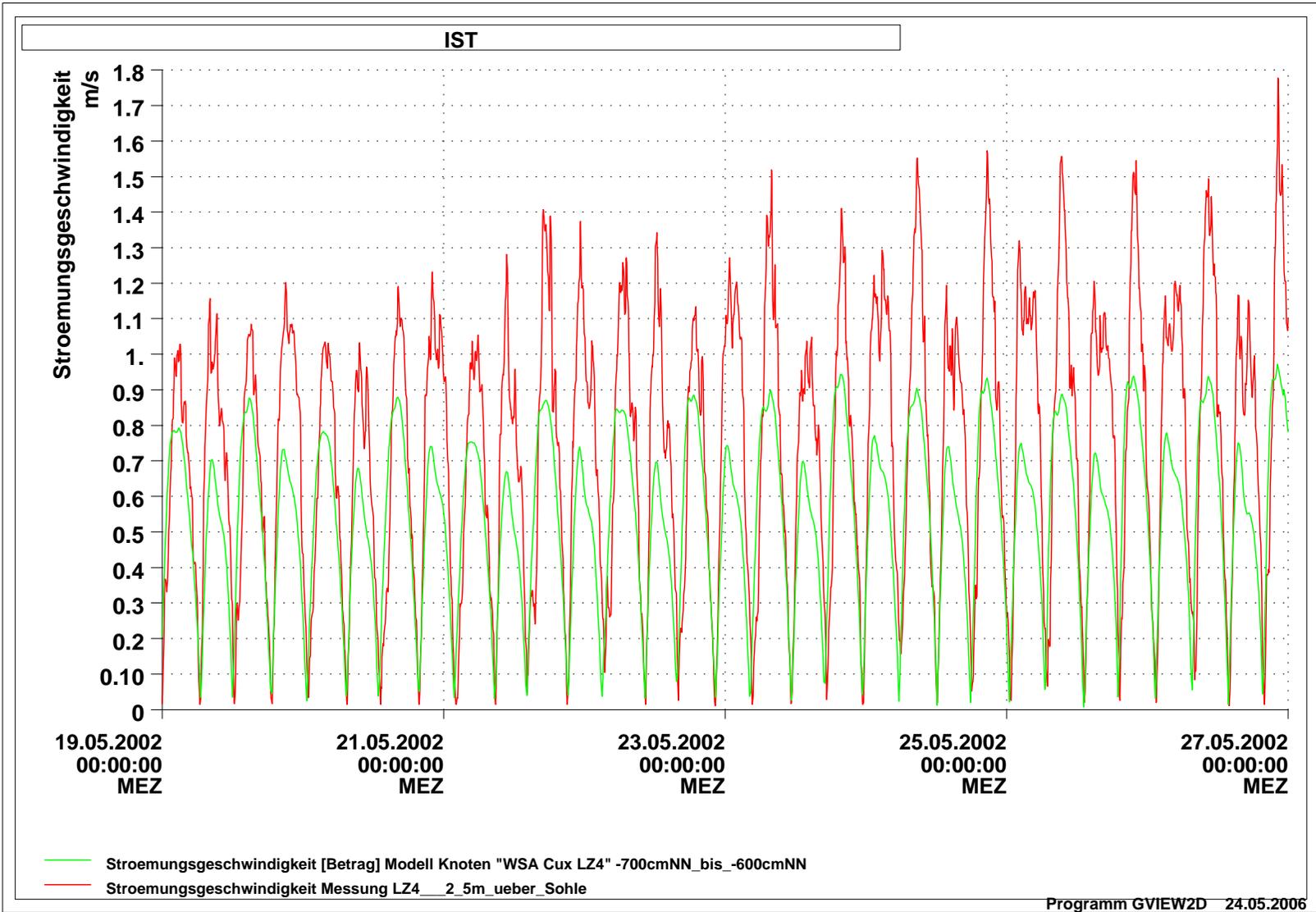
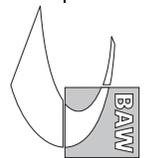


Bild 84: Strömungsgeschwindigkeit an der Langzeitmessstation 4 des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

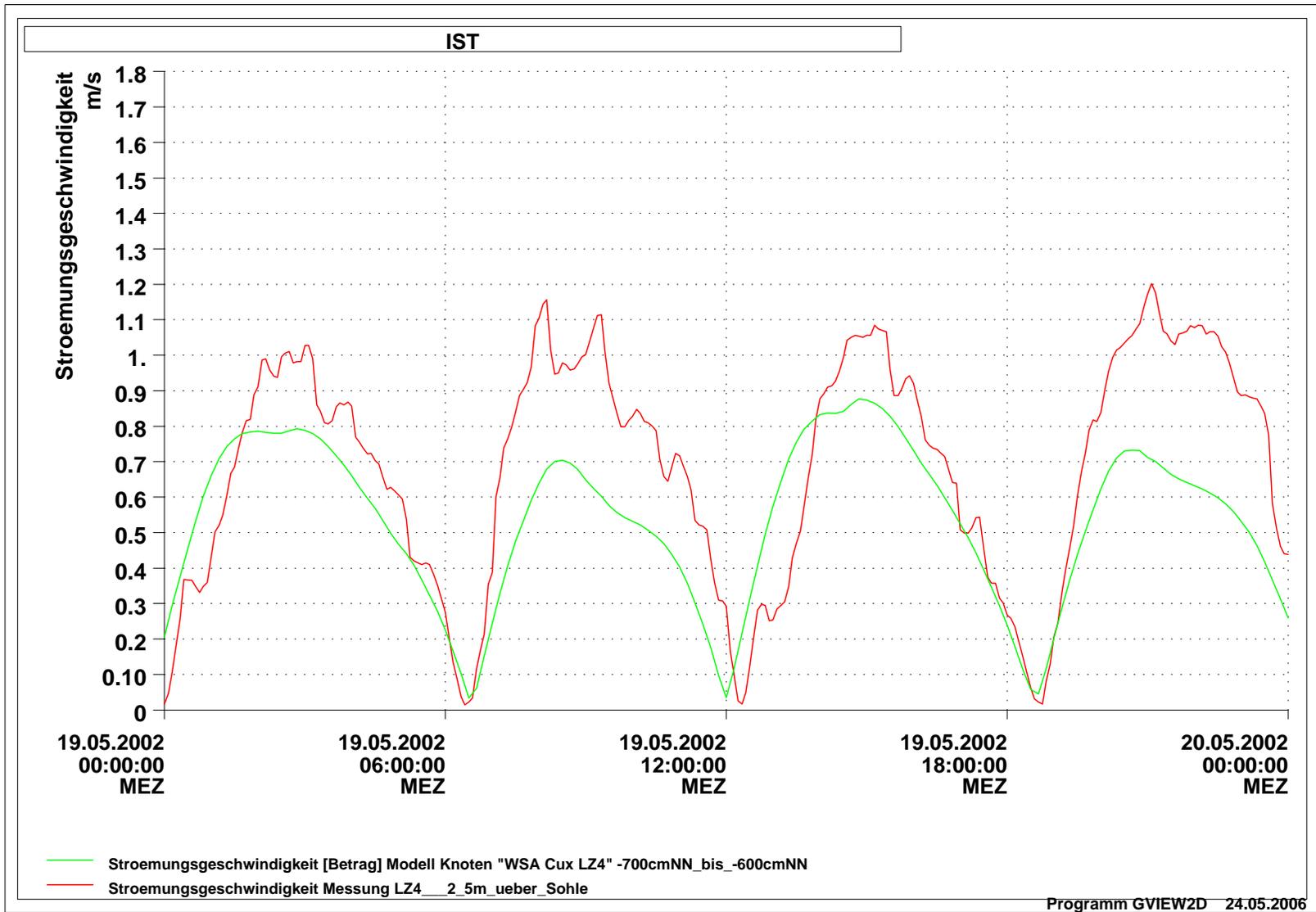
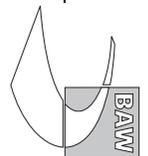


Bild 85: Strömungsgeschwindigkeit an der Langzeitmessstation 4 des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

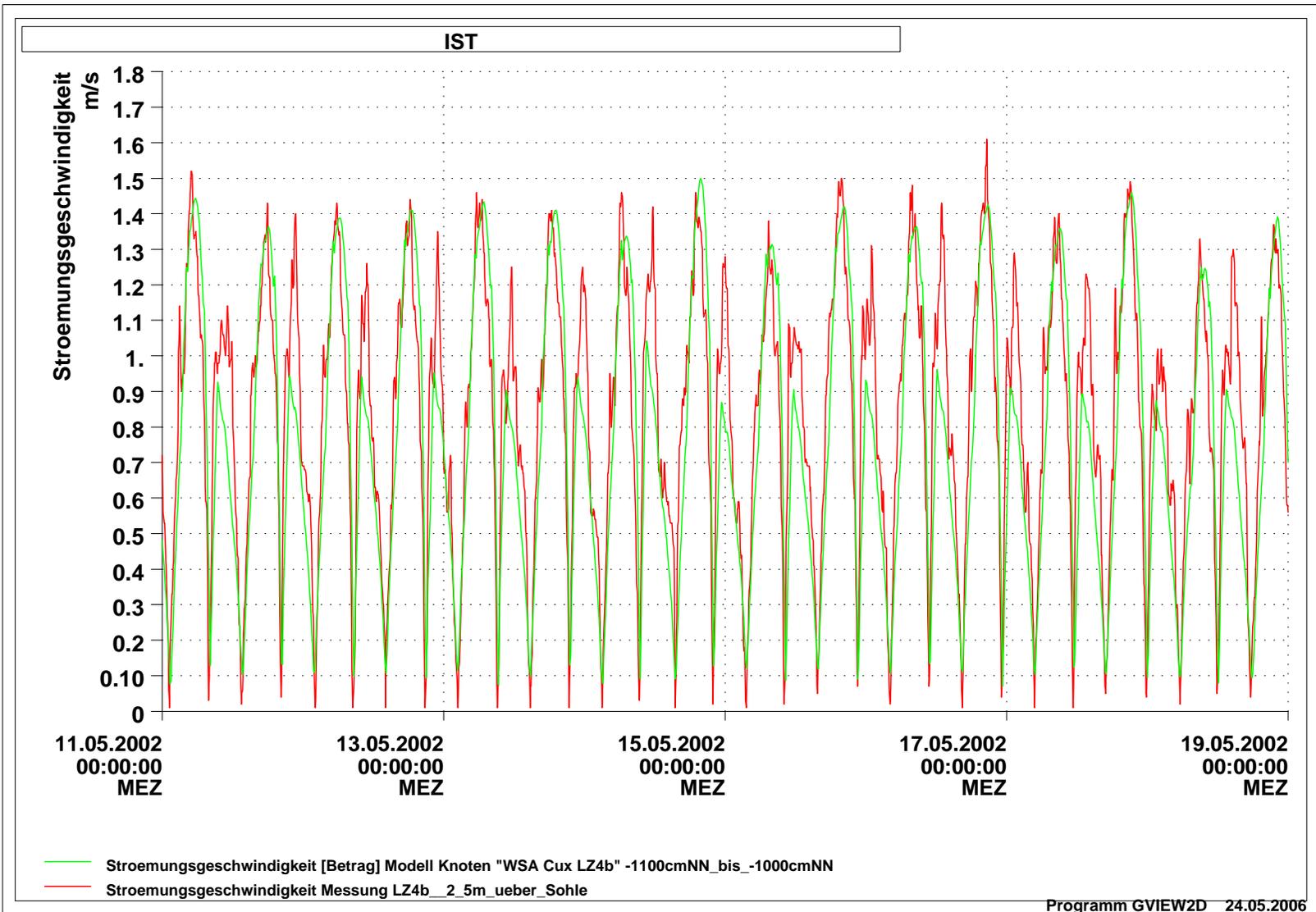
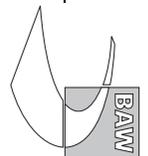


Bild 86: Strömungsgeschwindigkeit an der Langzeitmessstation 4b des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

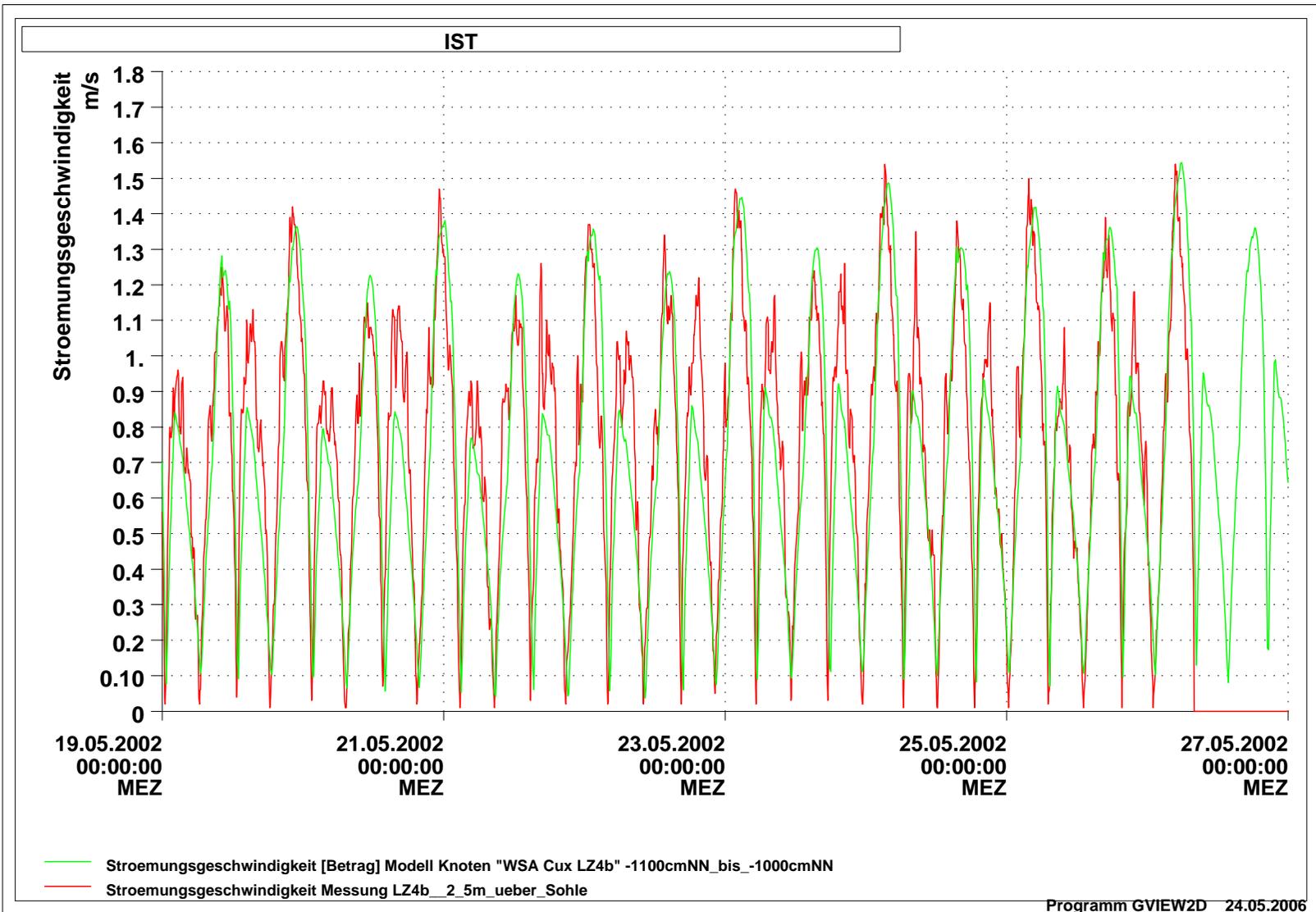


Bild 87: Strömungsgeschwindigkeit an der Langzeitmesstation 4b des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

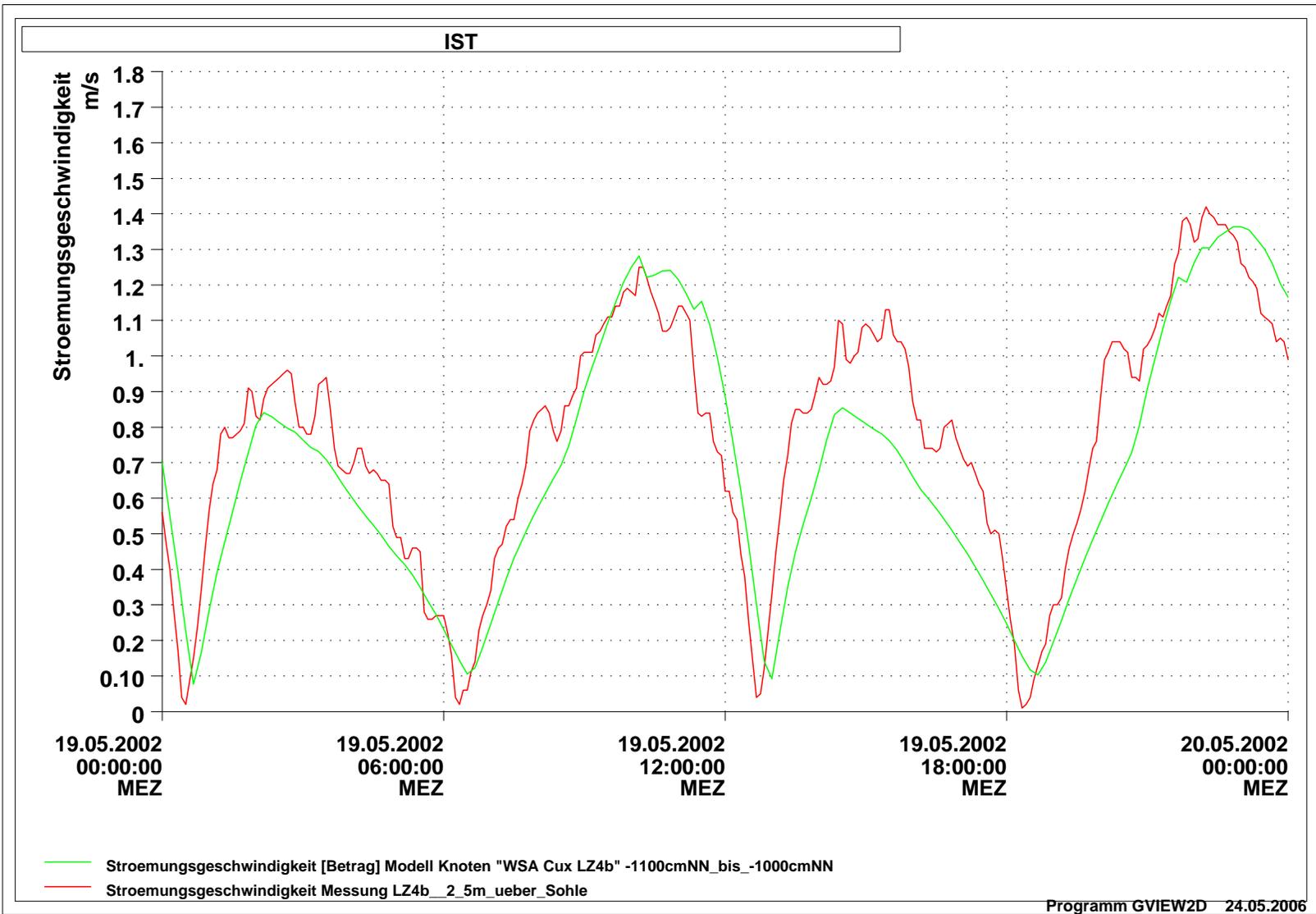
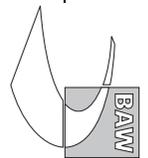


Bild 88: *Stromungsgeschwindigkeit an der Langzeitmessstation 4b des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung*

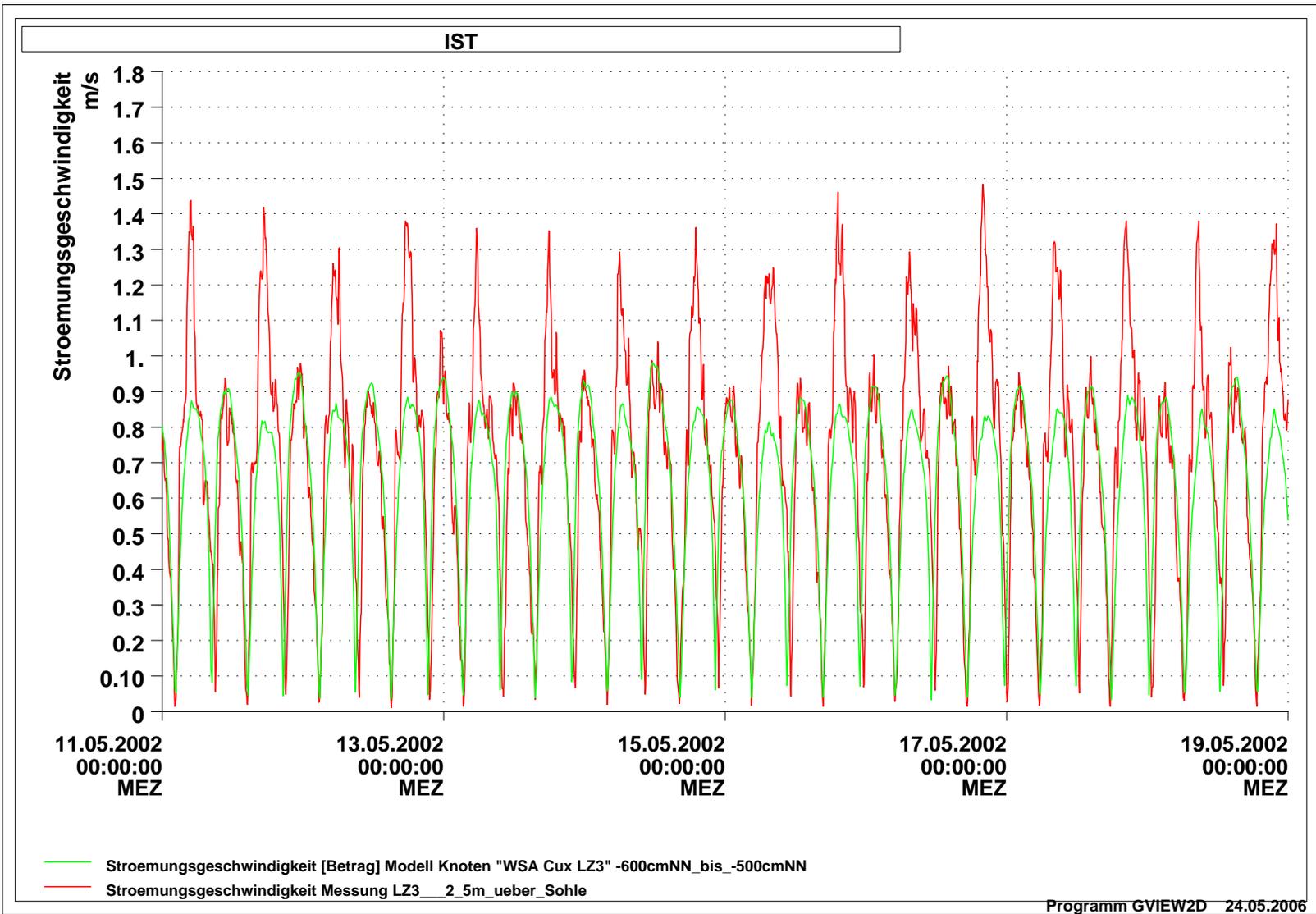


Bild 89: *Stromungsgeschwindigkeit an der Langzeitmessstation 3 des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung*

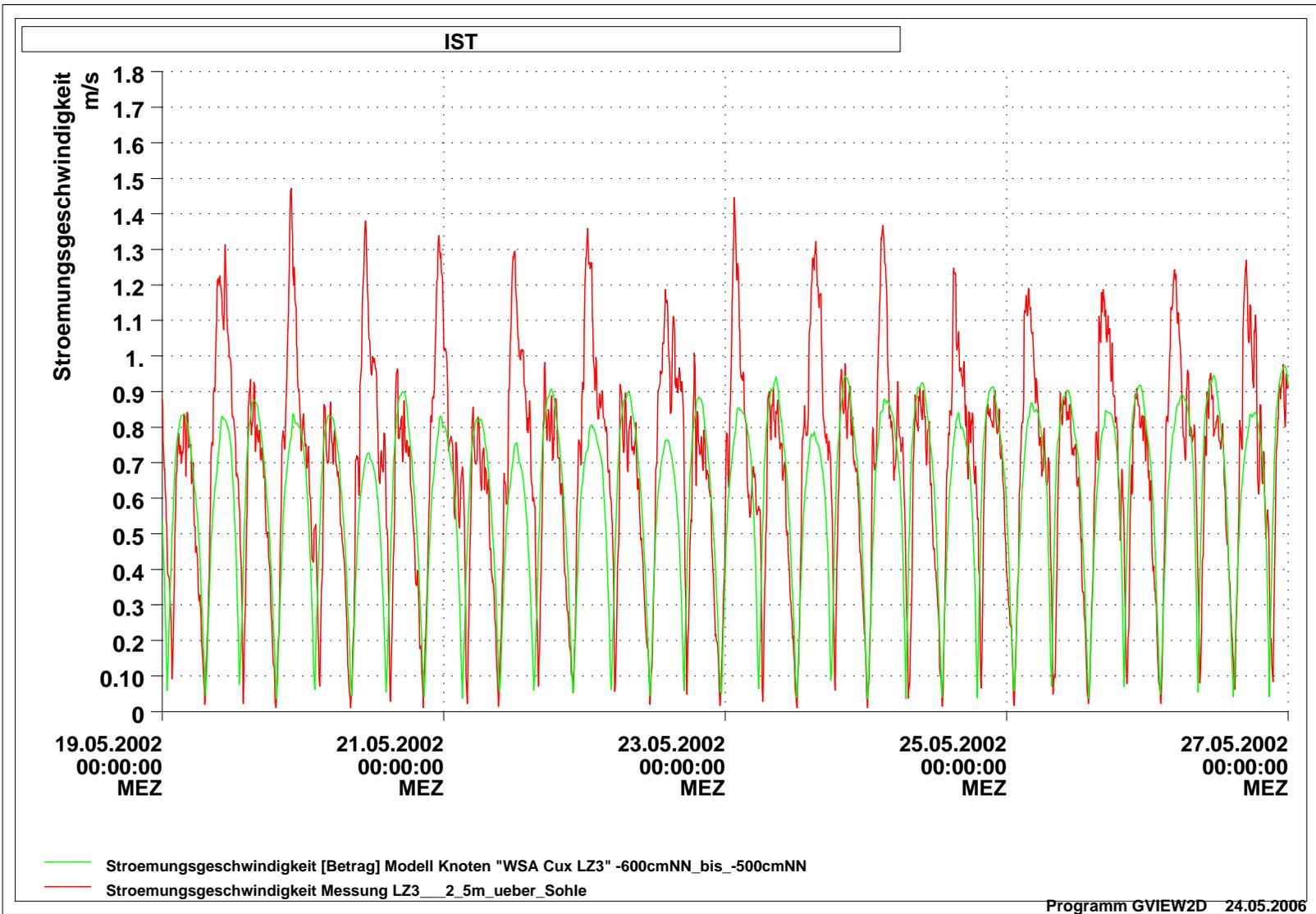
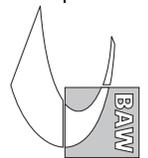


Bild 90: Stroemungsgeschwindigkeit an der Langzeitmessstation 3 des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

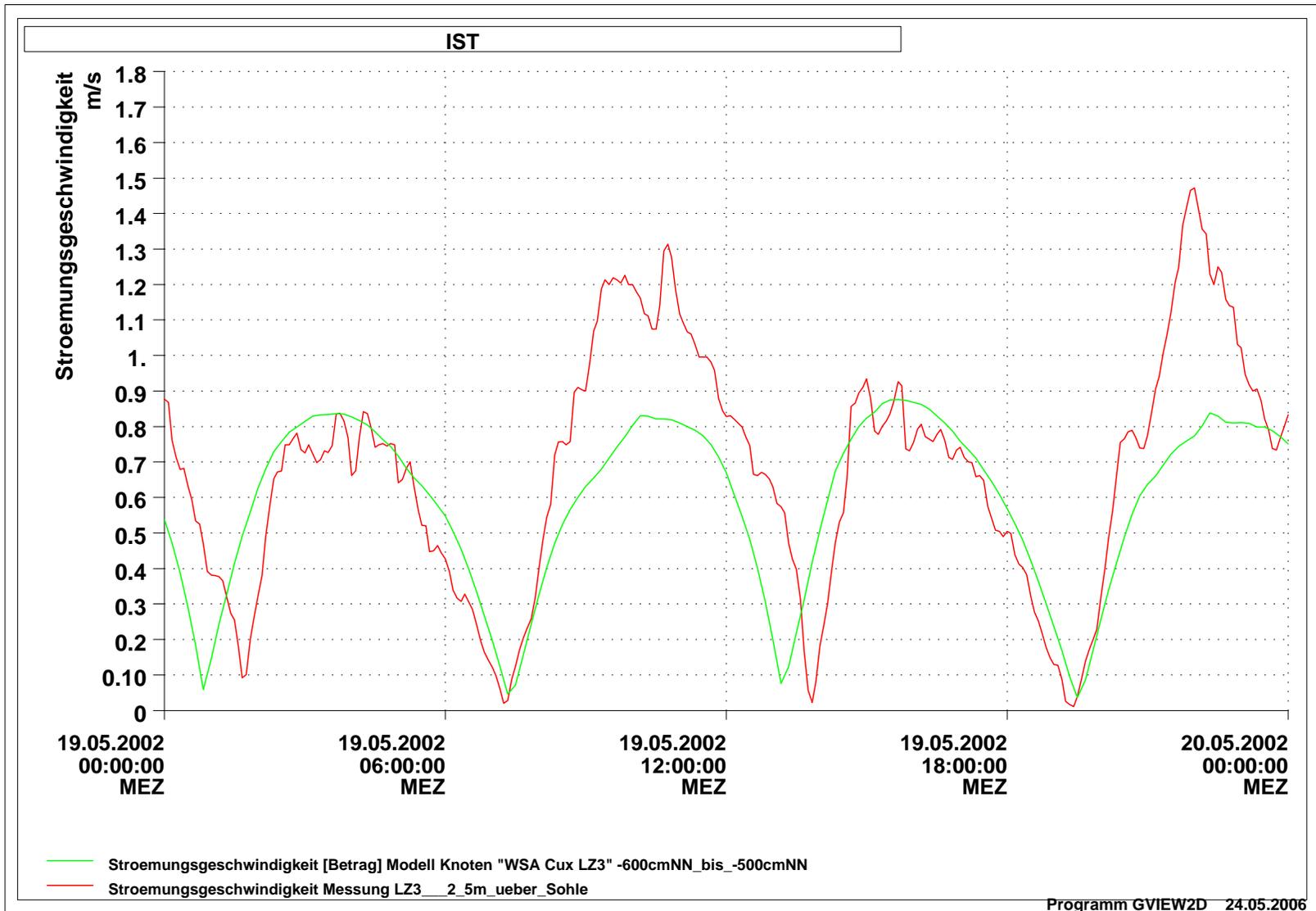


Bild 91: Strömungsgeschwindigkeit an der Langzeitmessstation 3 des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

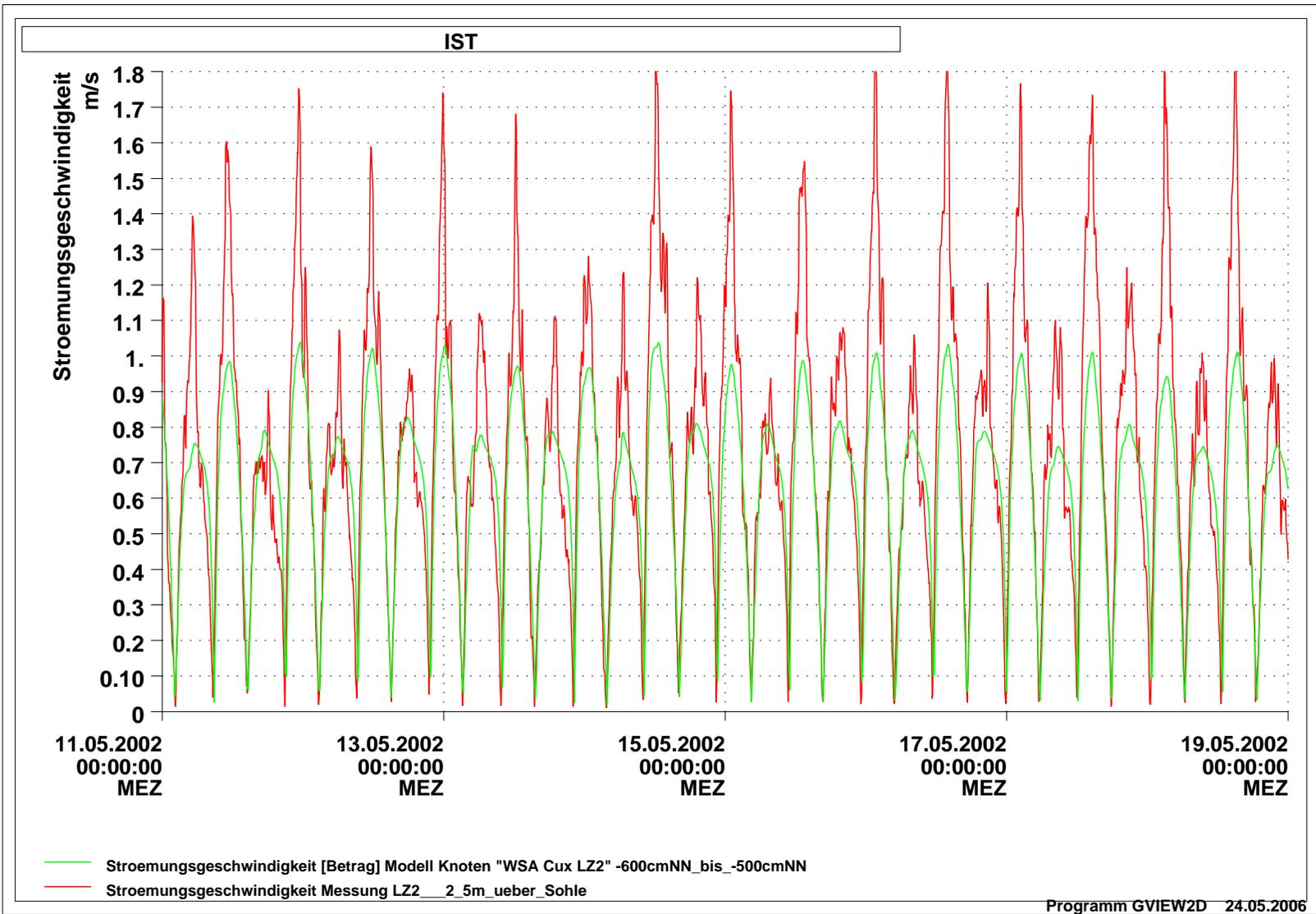
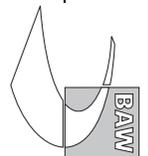


Bild 92: *Stromungsgeschwindigkeit an der Langzeitmessstation 2 des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung*

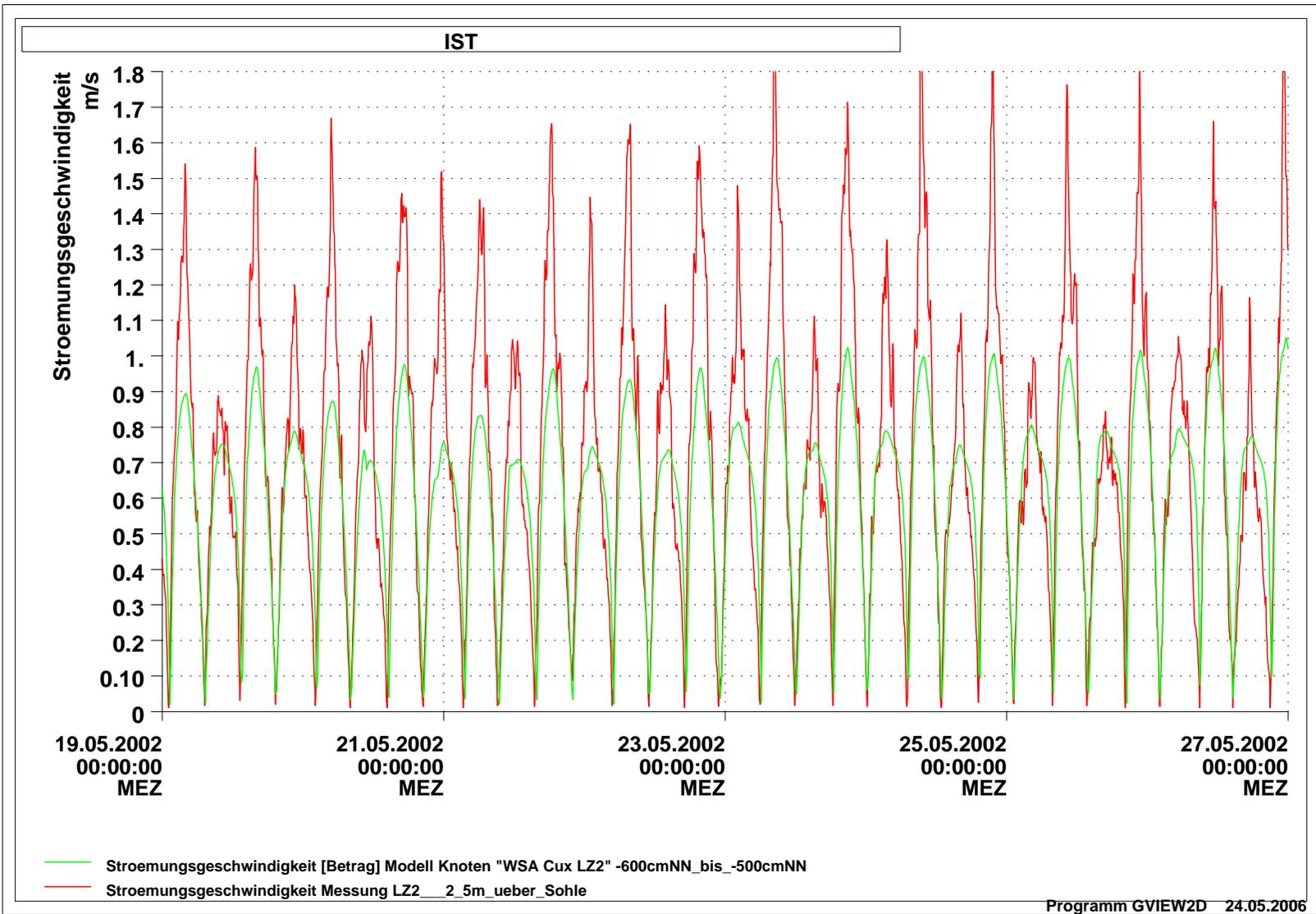


Bild 93: *Stroemungsgeschwindigkeit an der Langzeitmessstation 2 des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung*

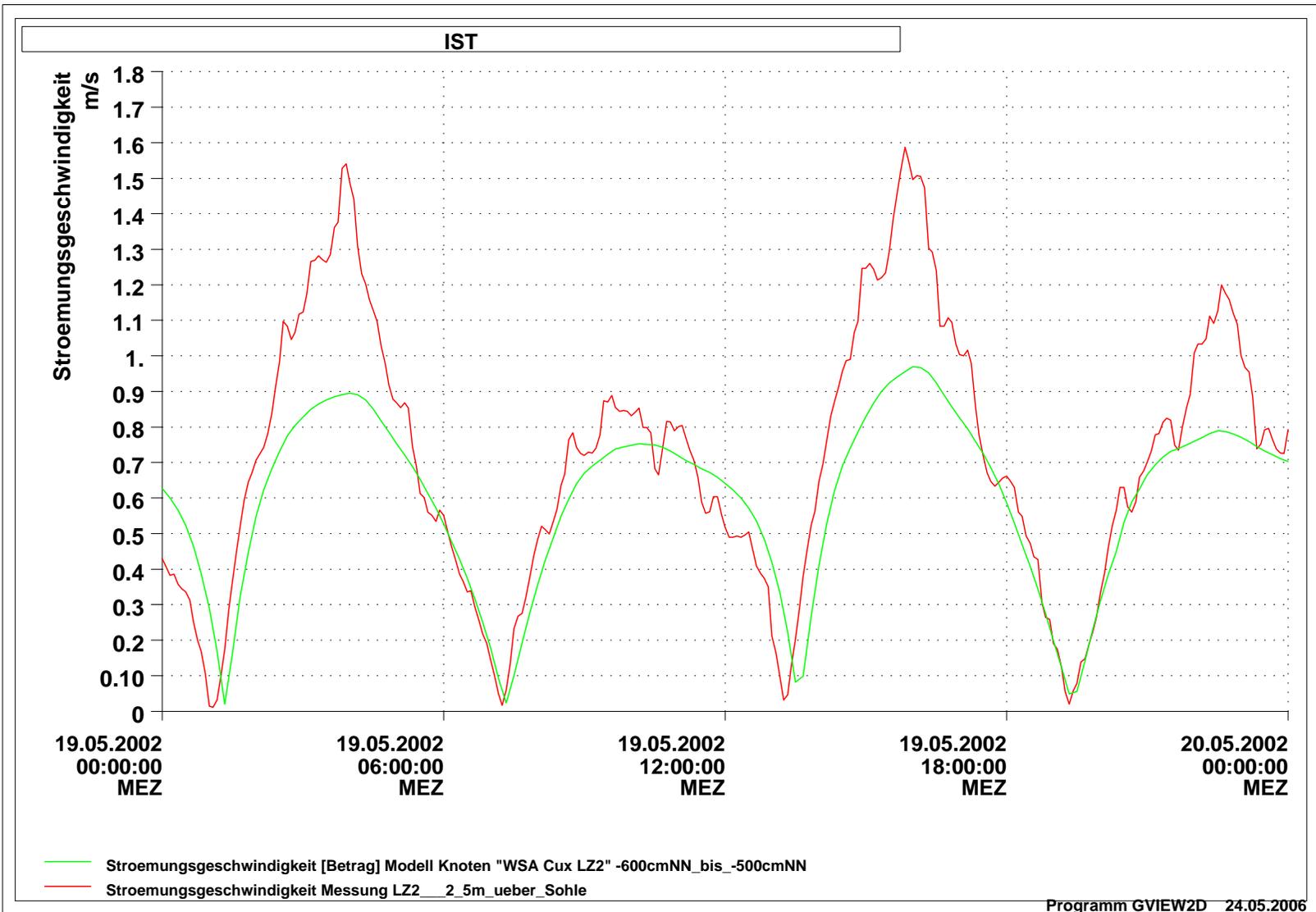
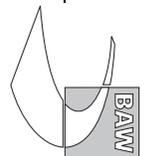


Bild 94: *Stromungsgeschwindigkeit an der Langzeitmessstation 2 des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung*

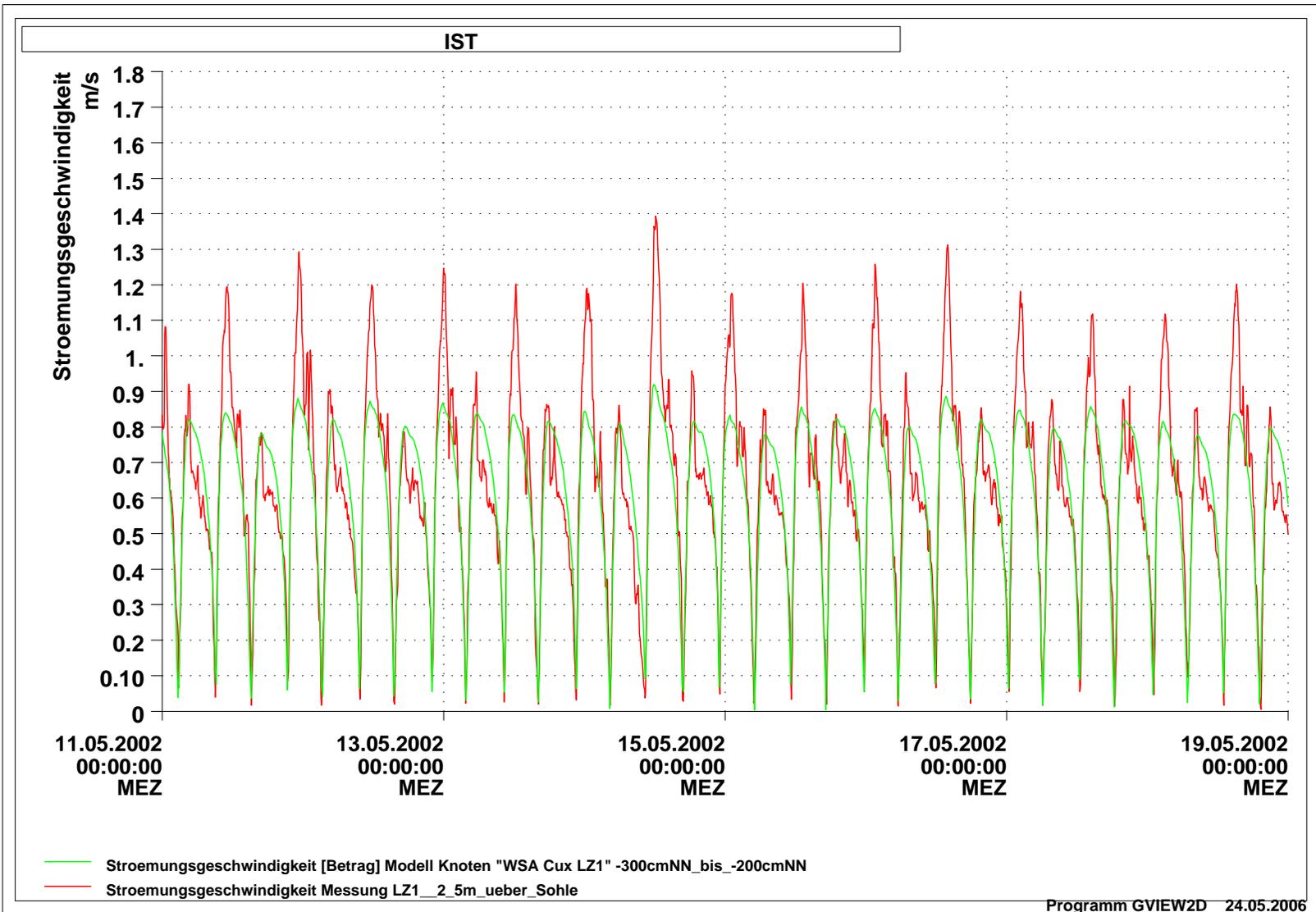


Bild 95: *Stromungsgeschwindigkeit an der Langzeitmessstation 1 des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung*

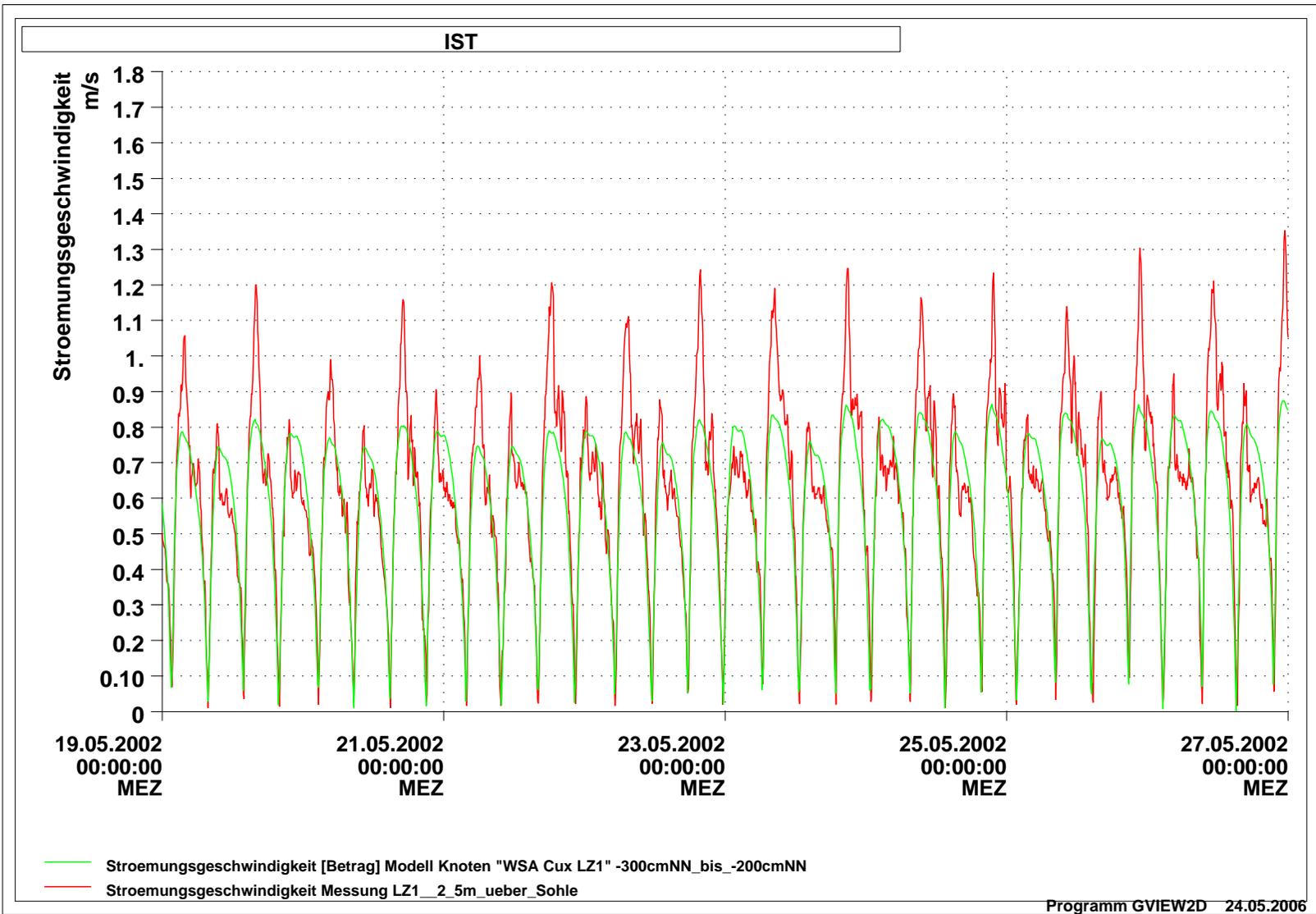
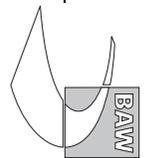


Bild 96: *Stroemungsgeschwindigkeit an der Langzeitmessstation 1 des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung*

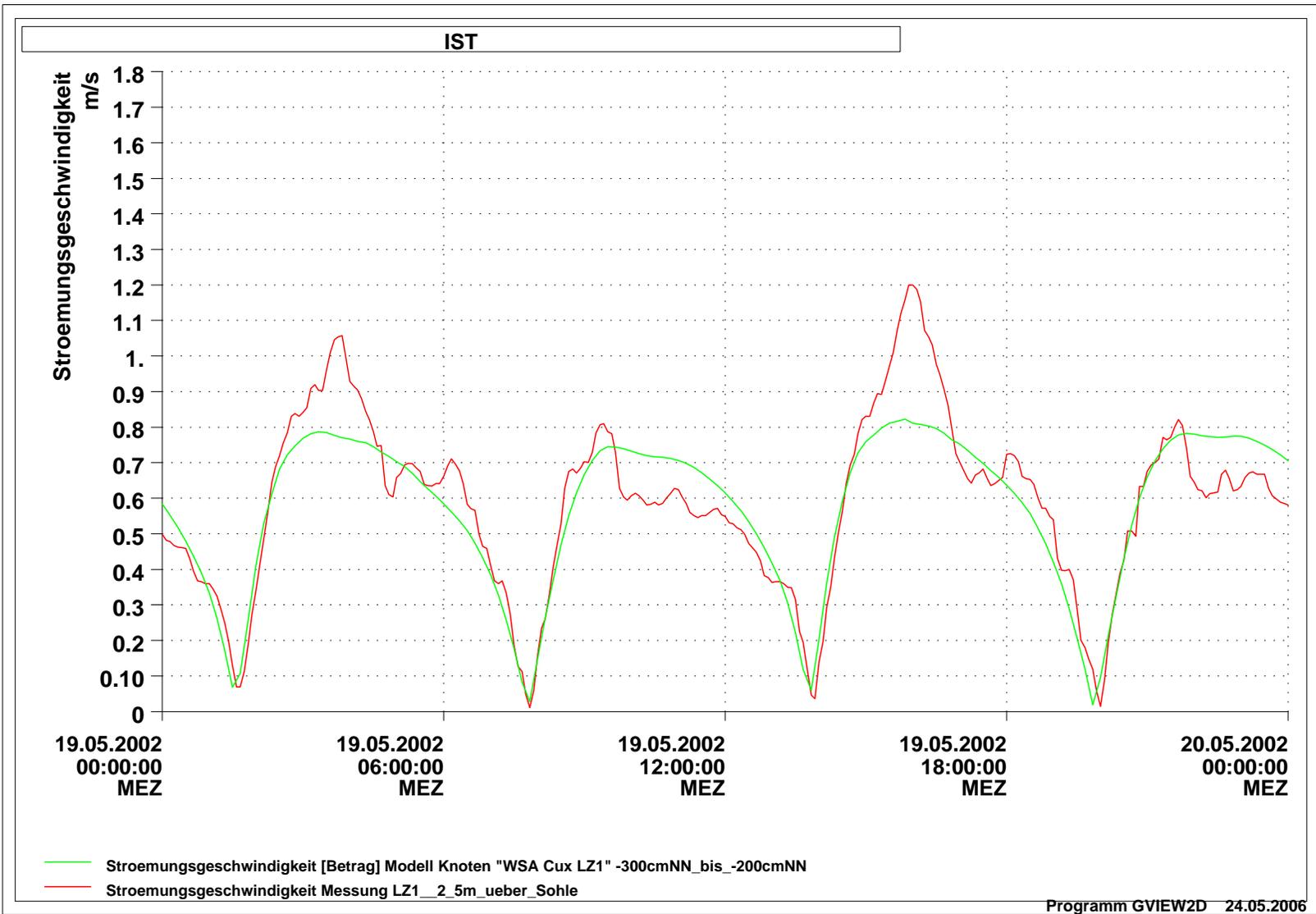
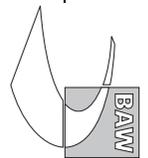


Bild 97: Strömungsgeschwindigkeit an der Langzeitmessstation 1 des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

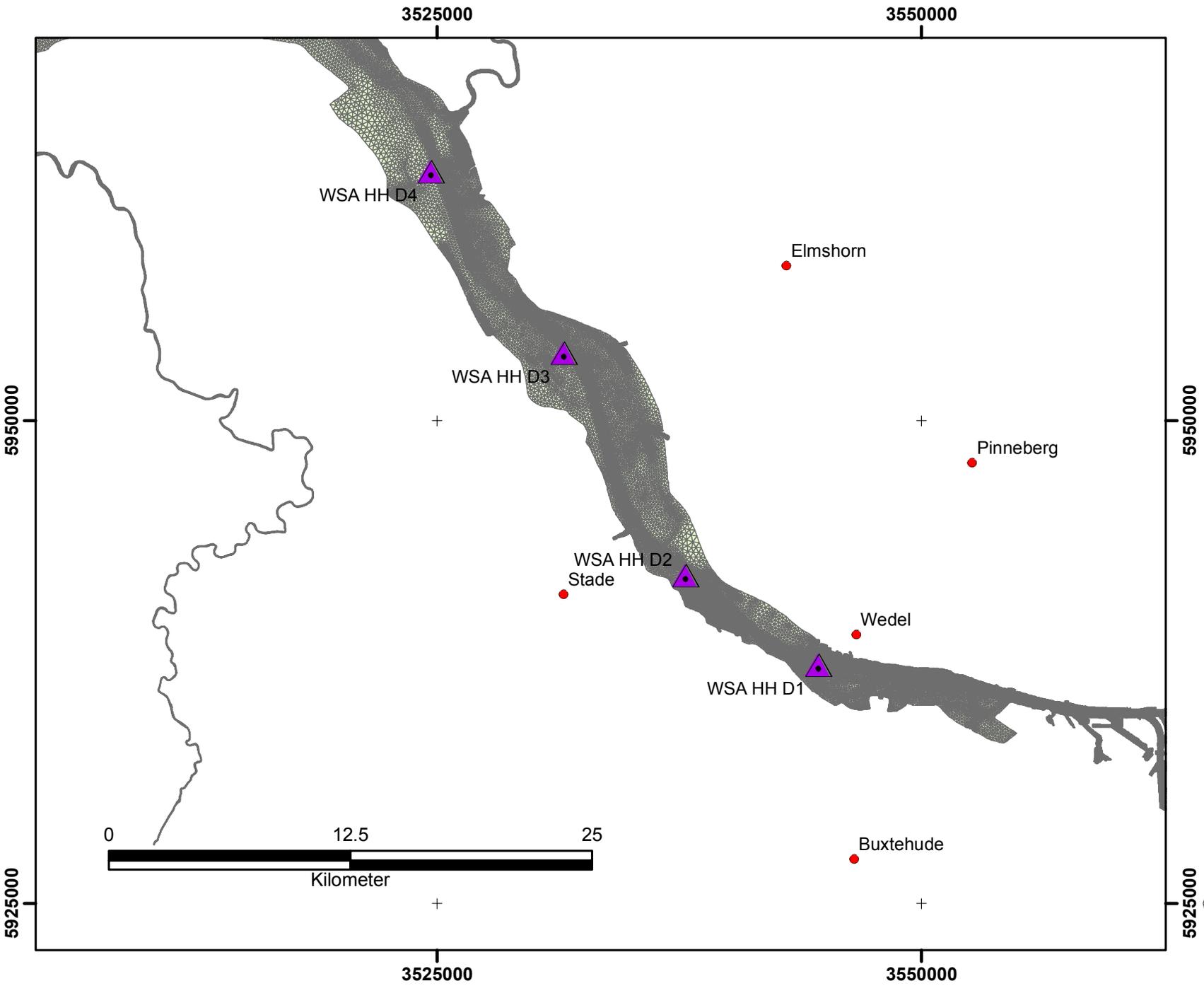


Bild 98: Positionen der Dauermessstationen des WSA Hamburg

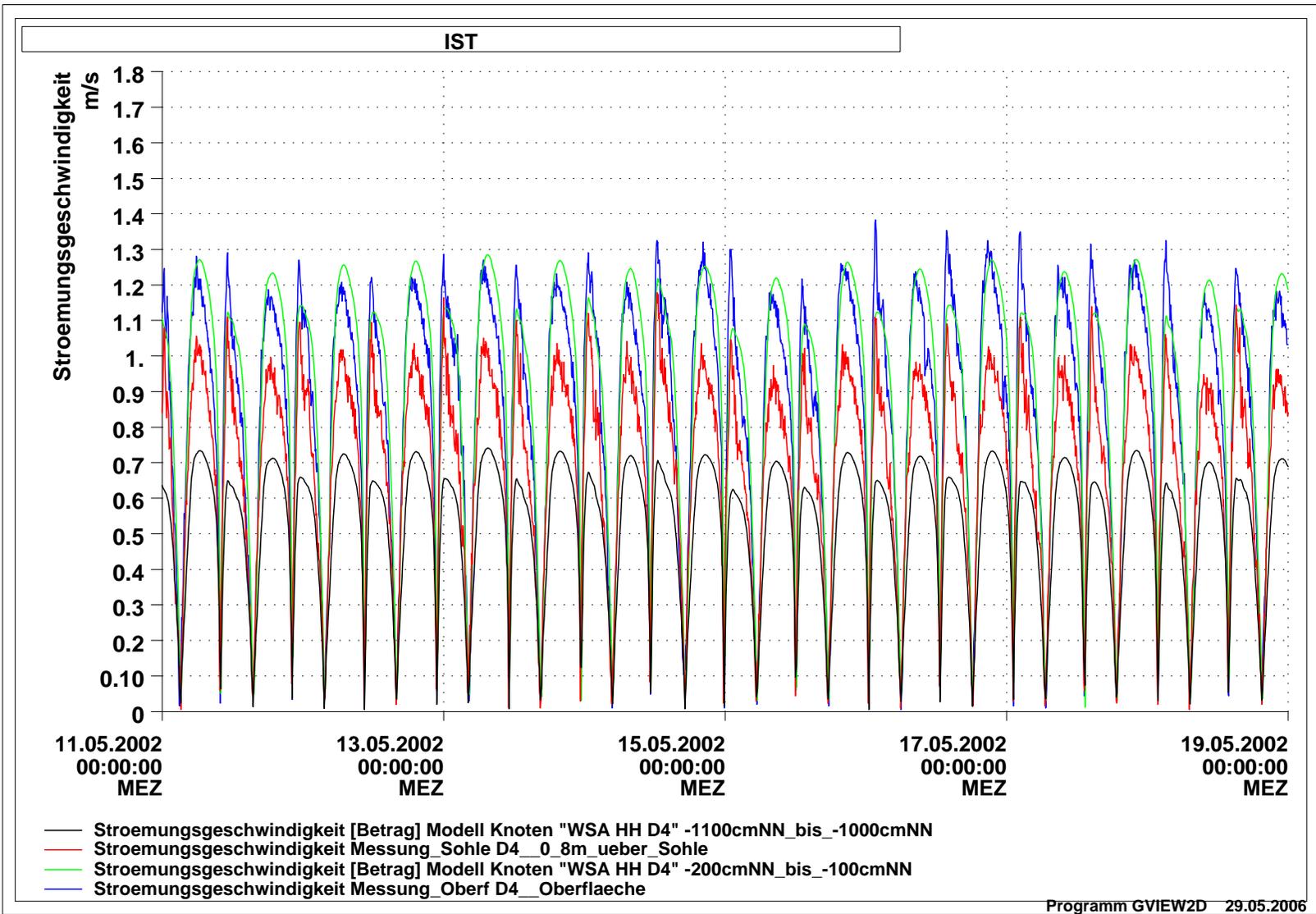
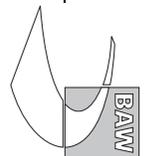


Bild 99: Strömungsgeschwindigkeit an Station D4 des WSA Hamburg, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

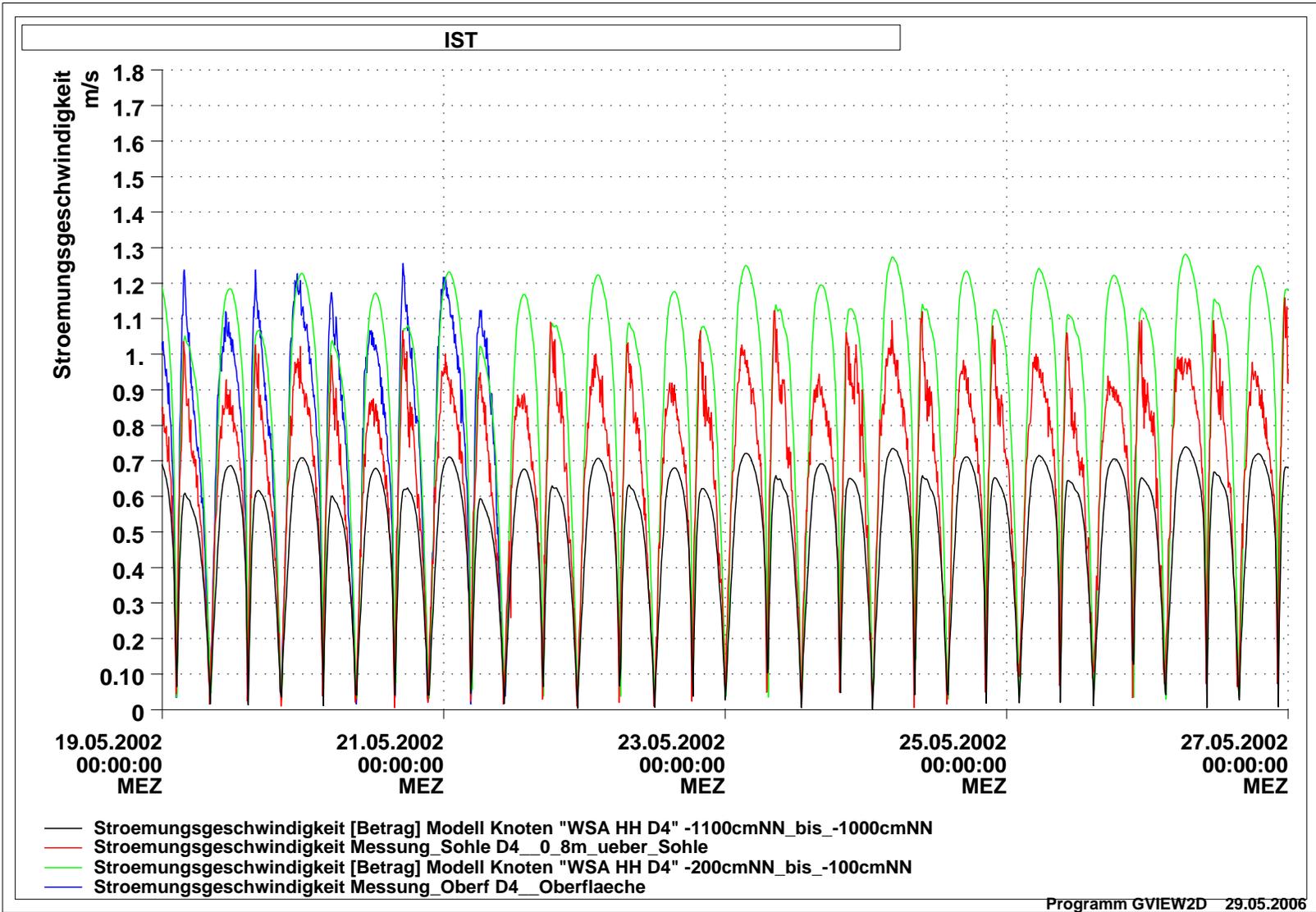
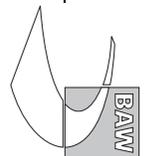


Bild 100: Strömungsgeschwindigkeit an Station D4 des WSA Hamburg, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

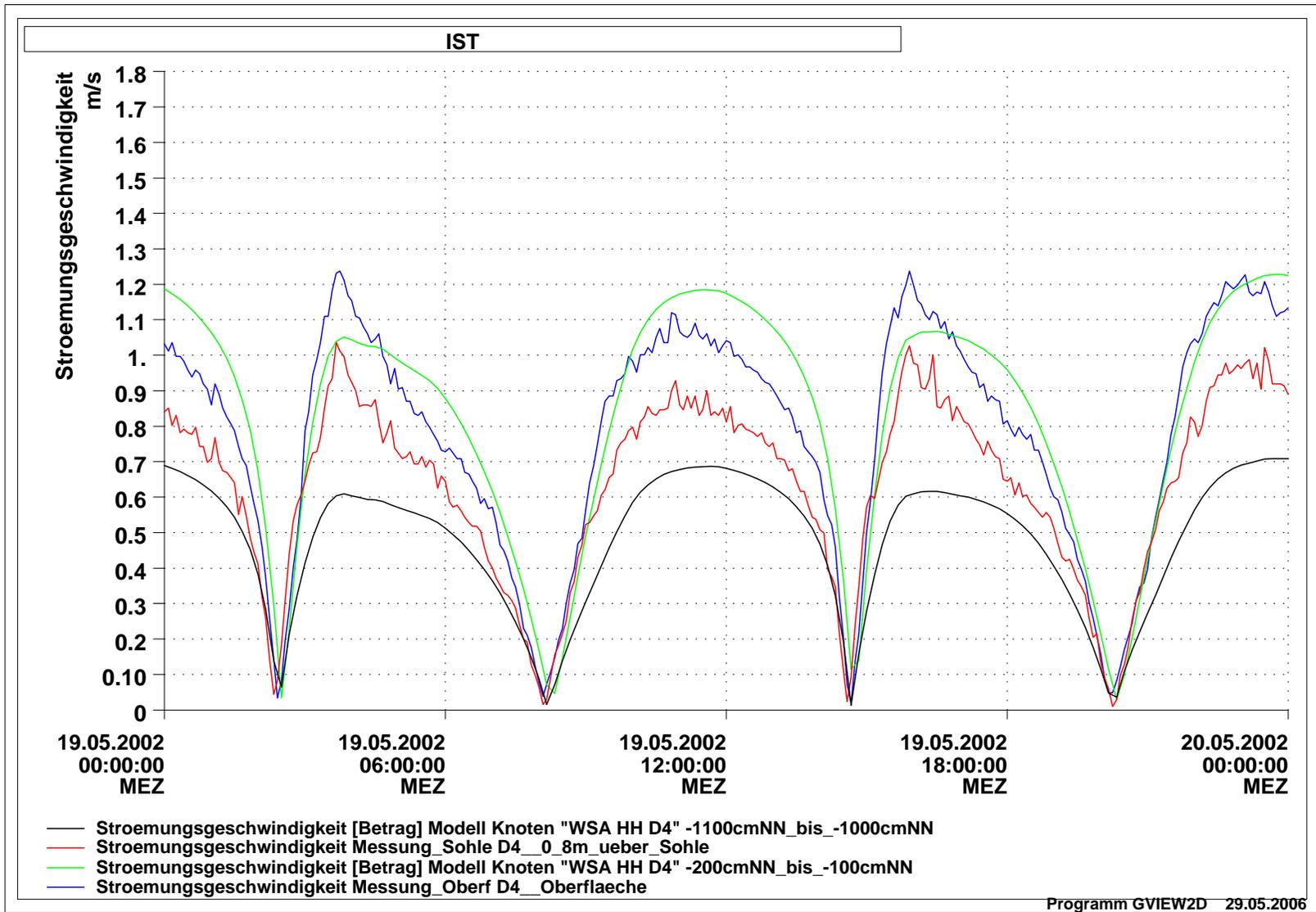
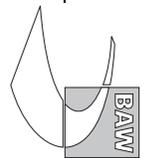


Bild 101: *Stroemungsgeschwindigkeit an Station D4 des WSA Hamburg, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung*

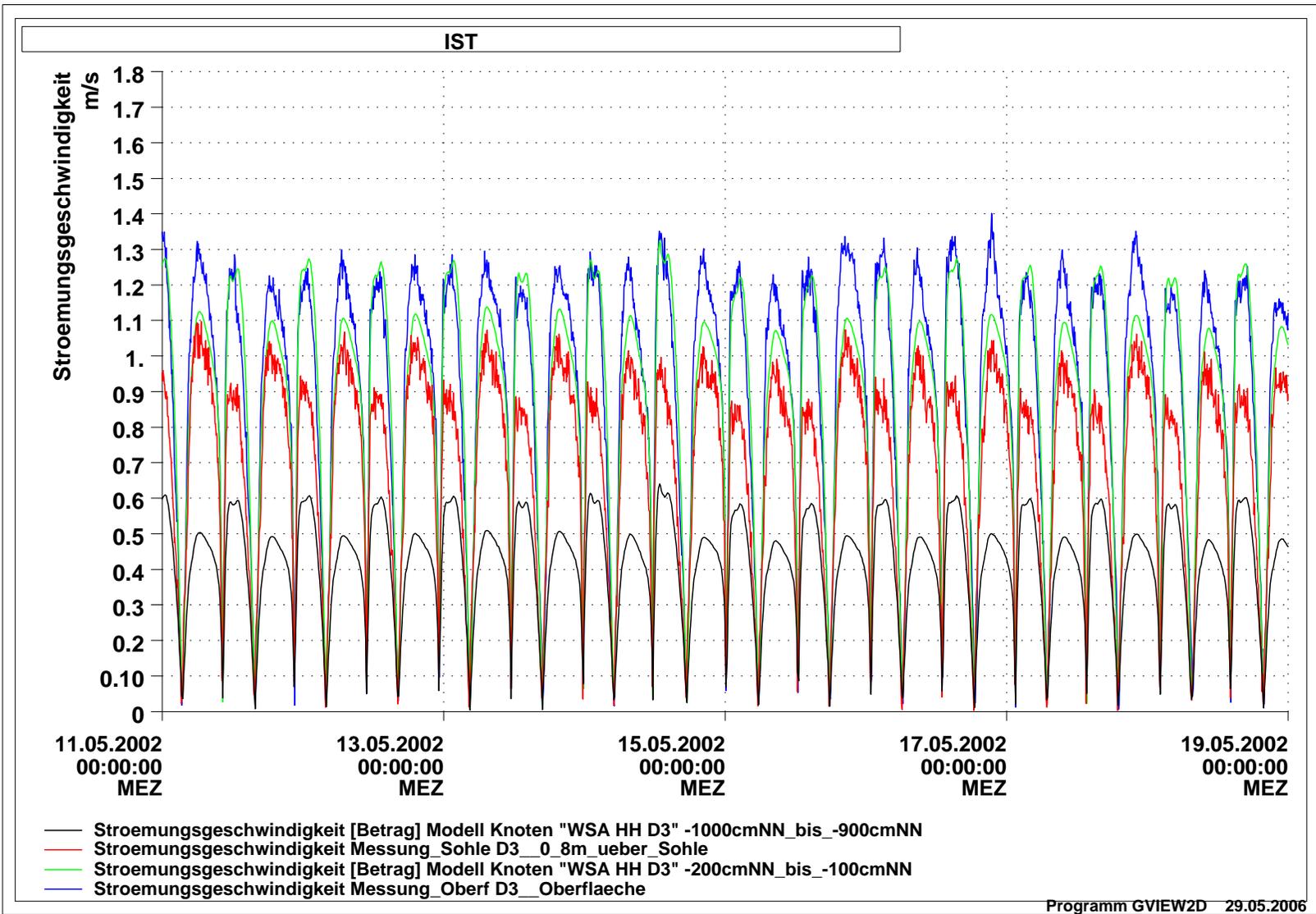


Bild 102: Strömungsgeschwindigkeit an Station D3 des WSA Hamburg, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

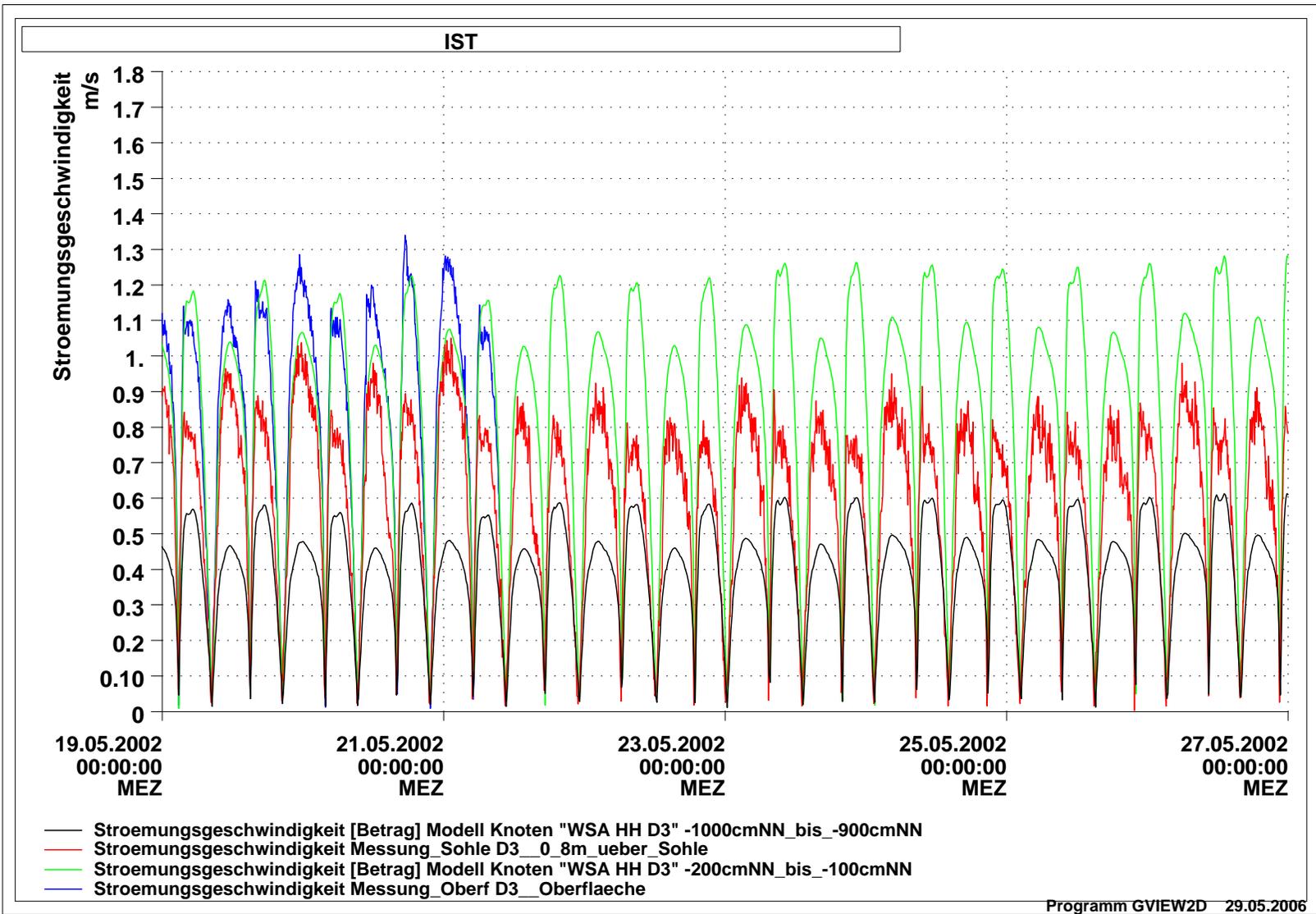


Bild 103: Strömungsgeschwindigkeit an Station D3 des WSA Hamburg, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

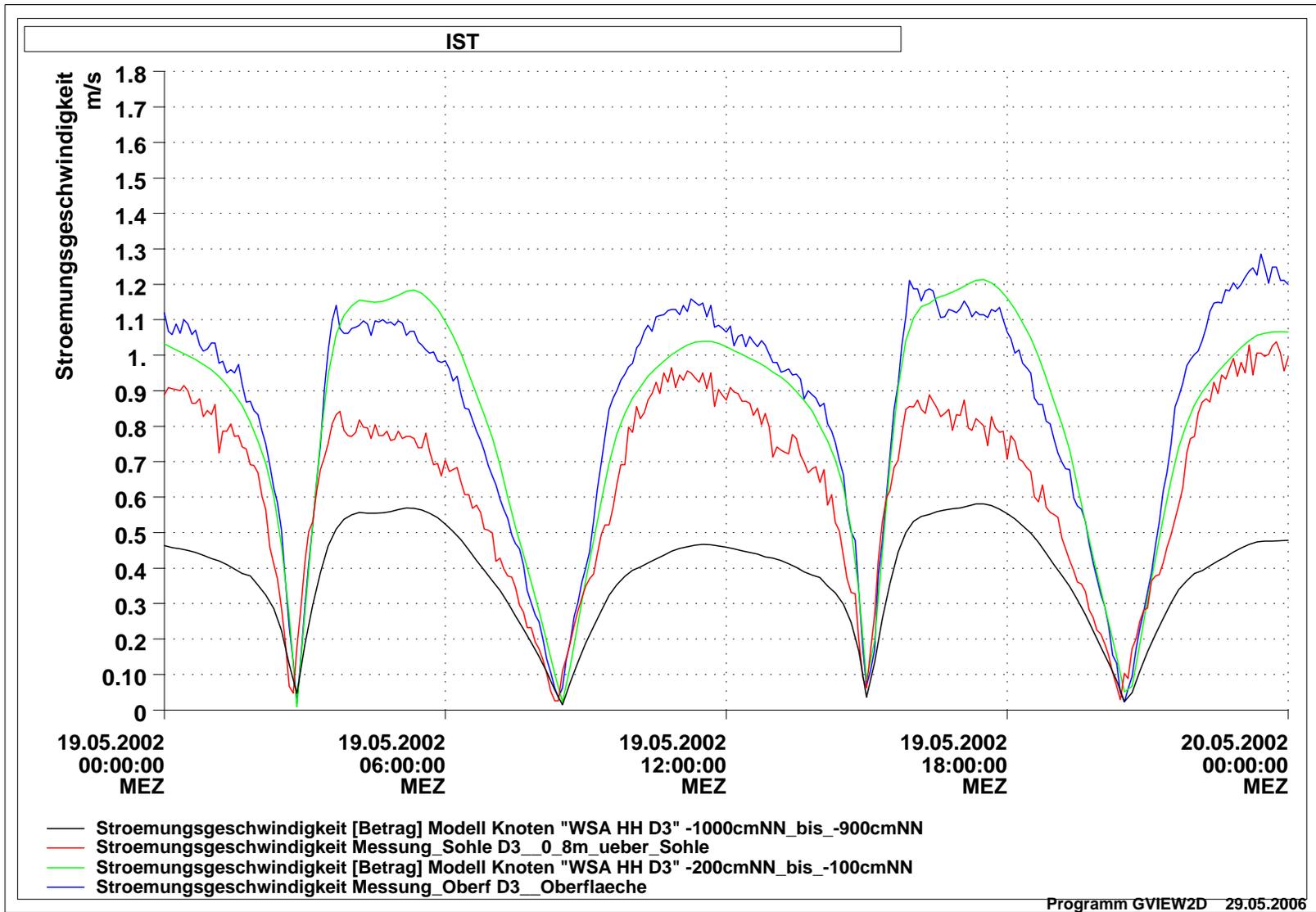
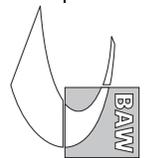


Bild 104: Strömungsgeschwindigkeit an Station D3 des WSA Hamburg, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

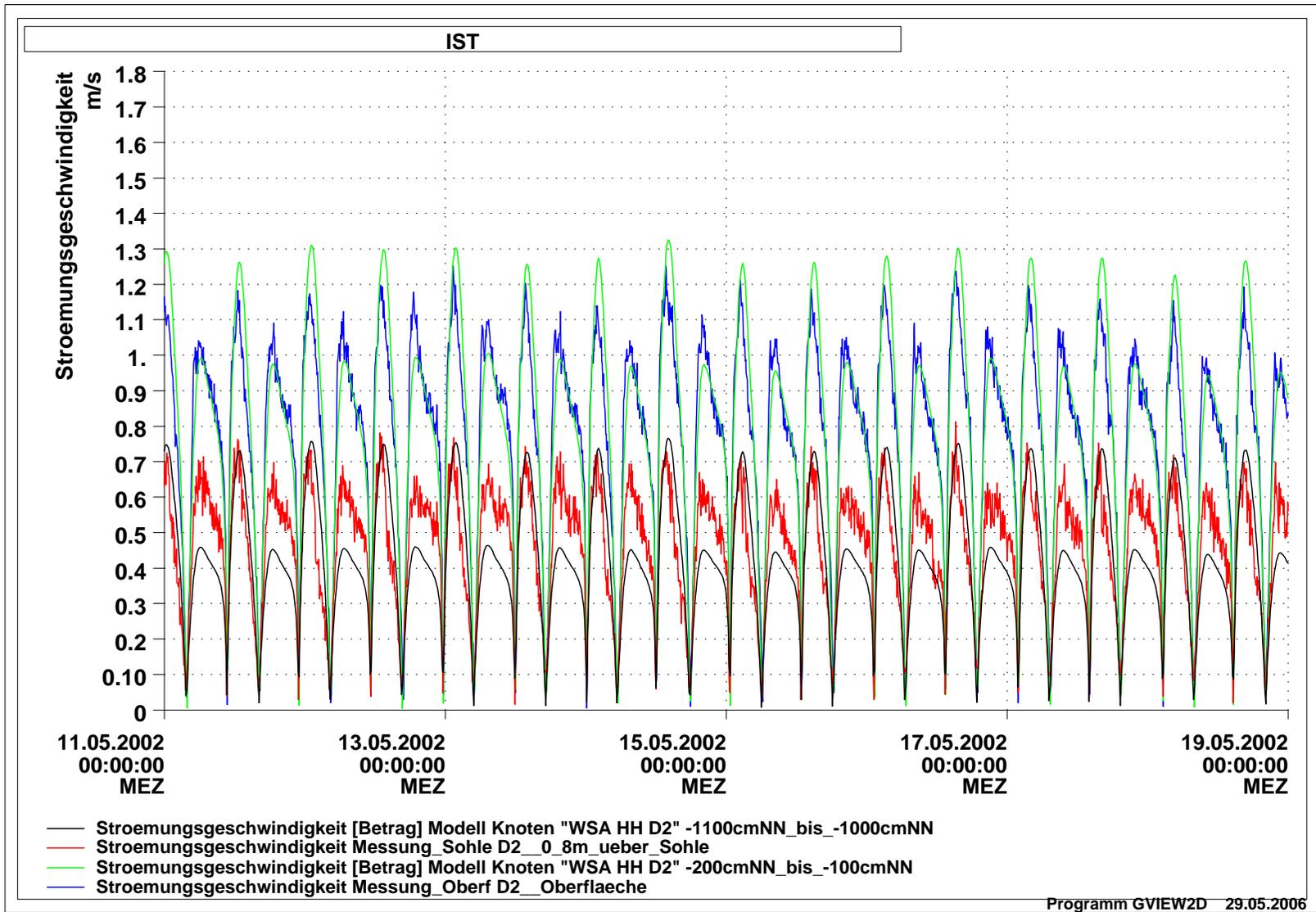
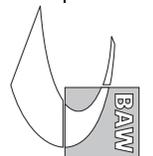


Bild 105: Strömungsgeschwindigkeit an Station D2 des WSA Hamburg, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

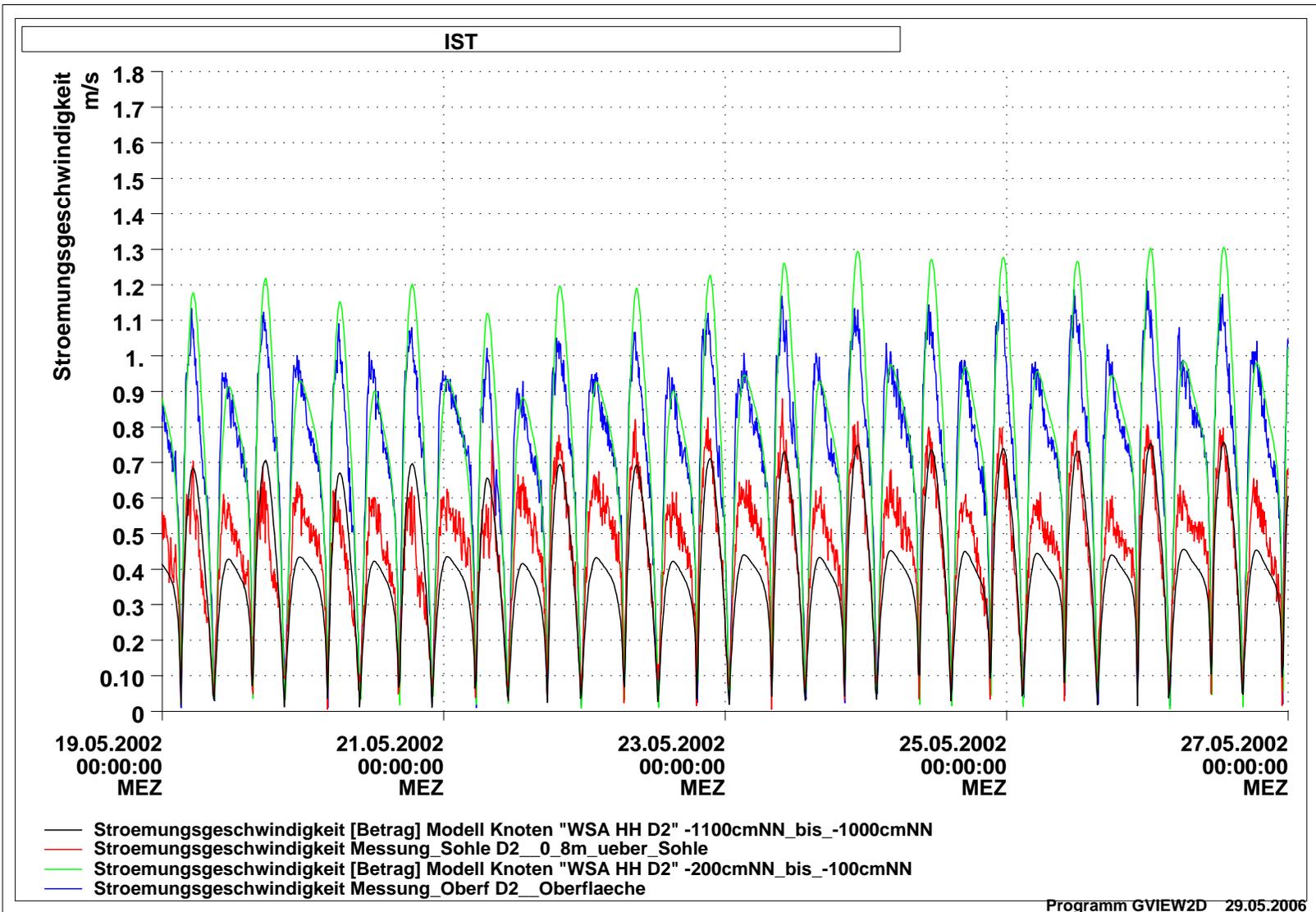


Bild 106: Strömungsgeschwindigkeit an Station D2 des WSA Hamburg, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

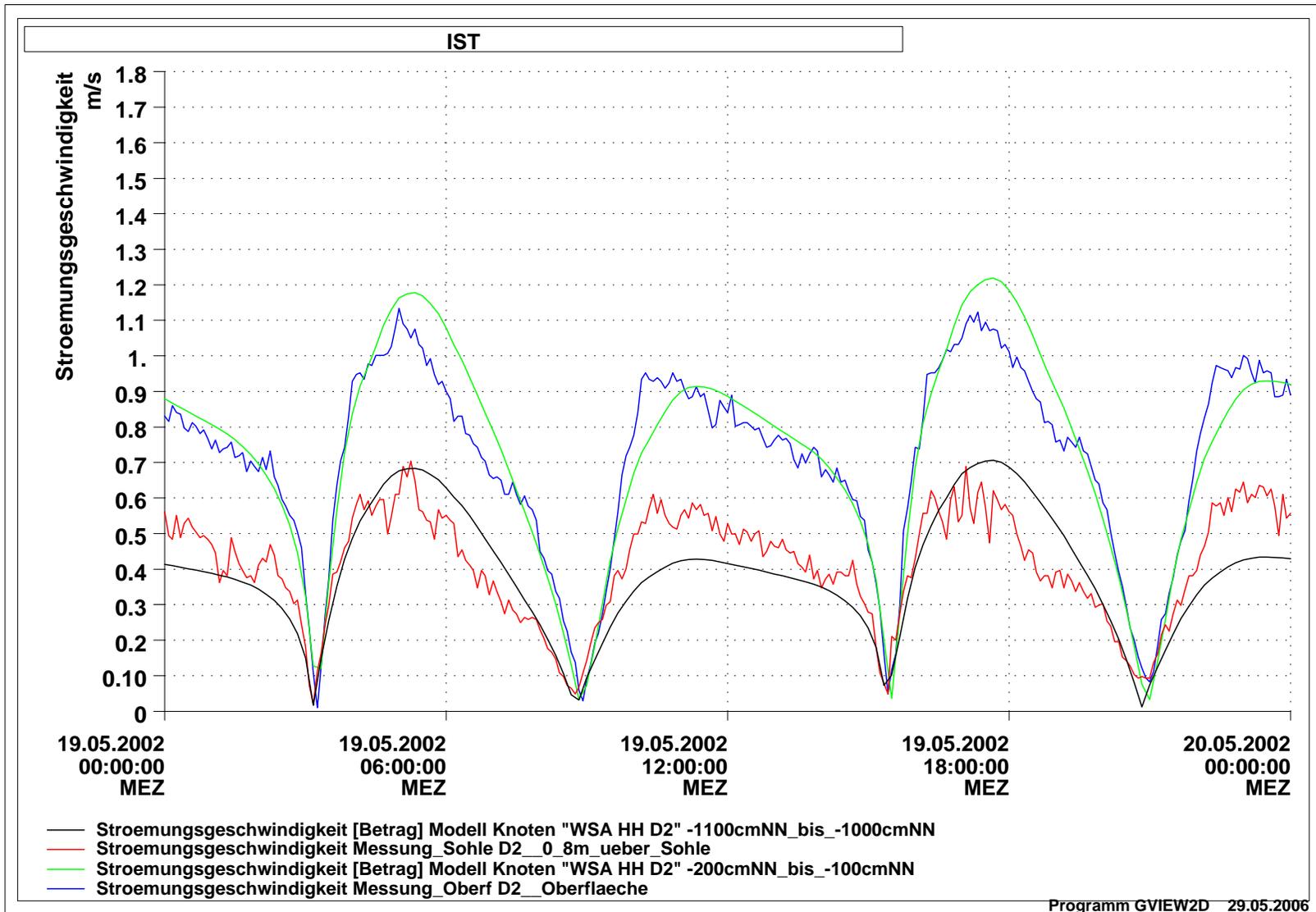


Bild 107: Strömungsgeschwindigkeit an Station D2 des WSA Hamburg, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

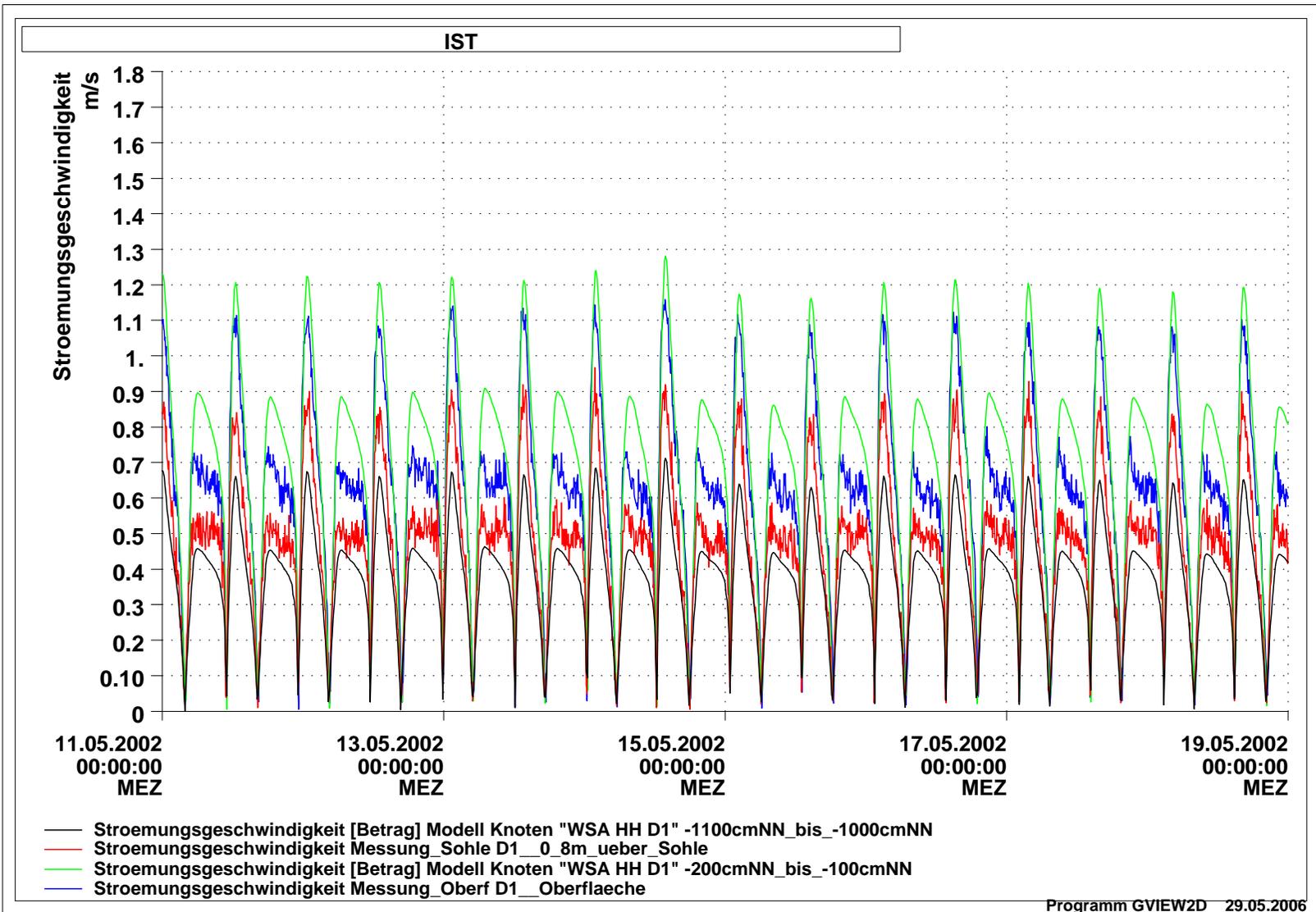
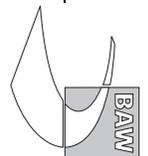


Bild 108: Strömungsgeschwindigkeit an Station D1 des WSA Hamburg, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

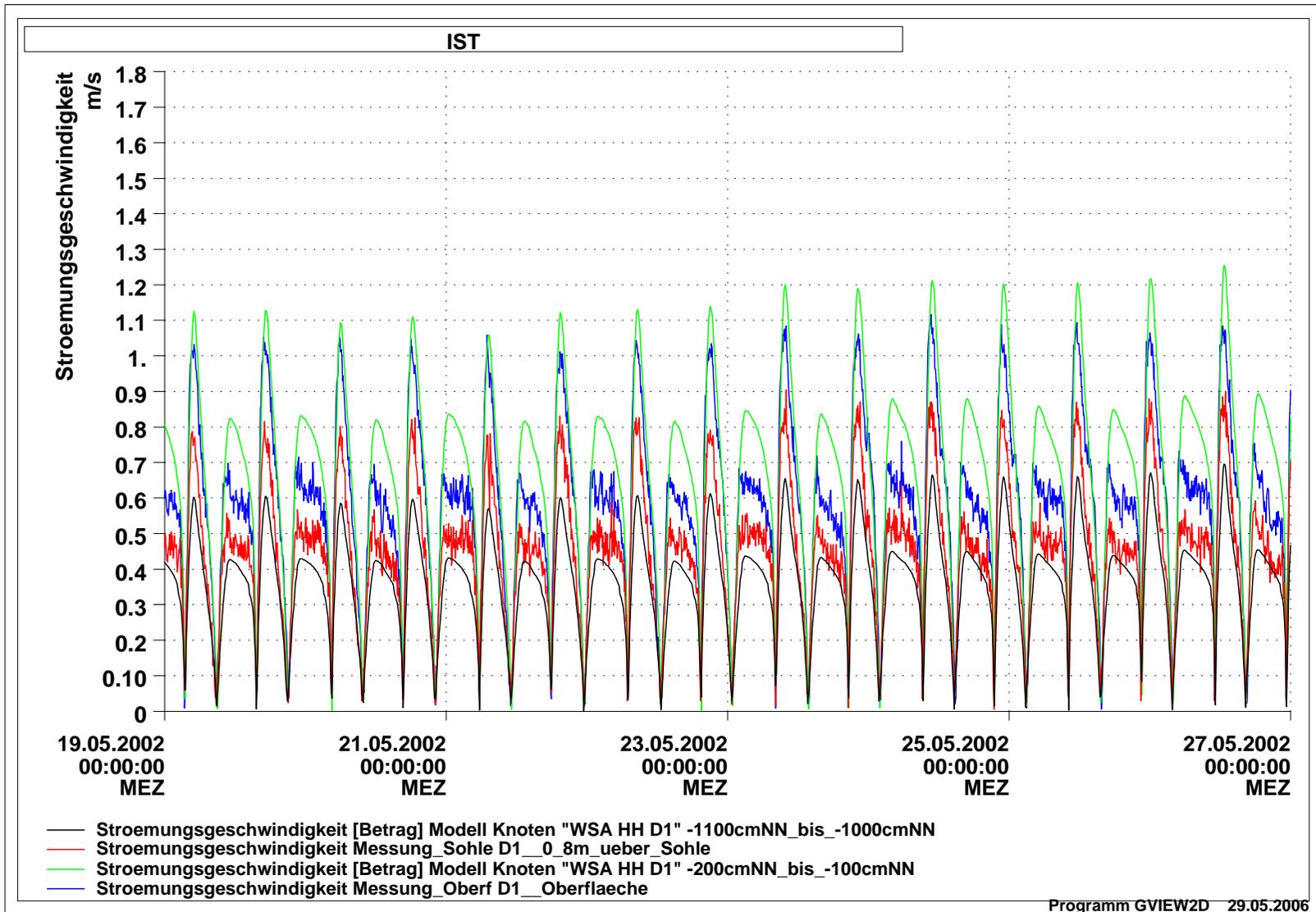


Bild 109: *Stromungsgeschwindigkeit an Station D1 des WSA Hamburg, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung*

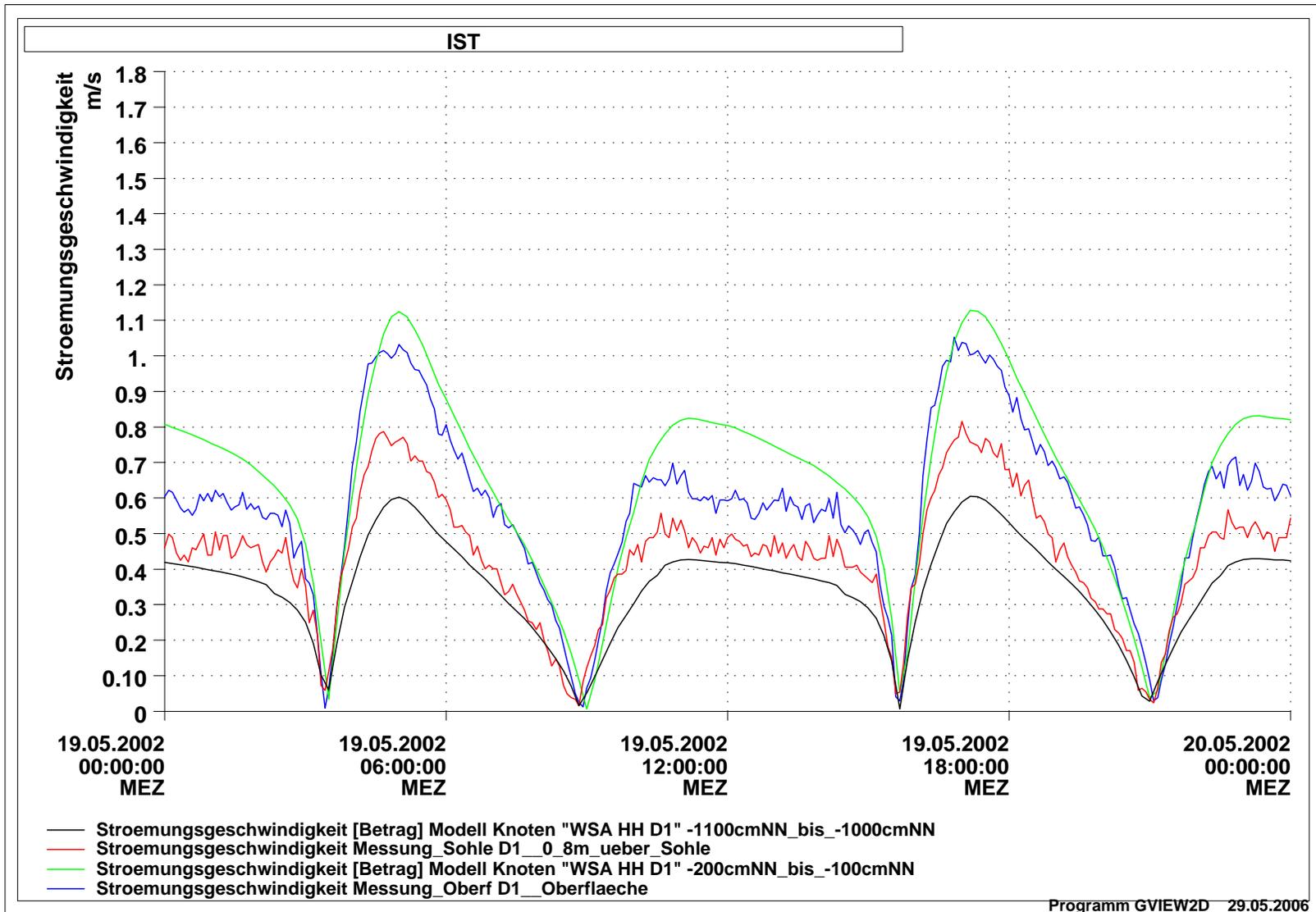


Bild 110: Strömungsgeschwindigkeit an Station D1 des WSA Hamburg, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung



4 Zeit-Tiefen-Diagramme der Strömungsgeschwindigkeit

Die folgenden Zeit-Tiefen-Diagramme der Strömungsgeschwindigkeit wurden mit stationären ADCP-Workhorse-Geräten gemessen. Ursprünglich wurden fünf Workhorses eingesetzt. Workhorse 1 liegt genau auf dem seeseitigen Rand des Modellgebietes. Die Strömungsgeschwindigkeiten aus dem Modell sind dort von Randeinflüssen beeinflusst, so dass ein Vergleich mit der Messung nicht durchgeführt werden darf. Workhorse 2 hat inplausible Daten geliefert. Bleiben also die Geräte westlich und östlich von Brunsbüttel (WH3 und WH4) und vor Glückstadt (WH5). Der geplottete Teil des Simulationszeitraumes reicht vom 11.05.2002 bis zum 16.05.2002 und umfasst einen zusätzlich Plot über einen Tag am 15.05.2002. Nicht alle Messungen beinhalten diesen Zeitraum. Bei Workhorse 5 wurden deshalb 14 Tage früher aufgenommene Messungen verwendet, der eintägige Plot zeigt beispielsweise Messungen vom 01.05.2002.

Der Vergleich zwischen Messung und Modell ist aufgrund zweier Faktoren nur qualitativ und in der Größenordnung möglich:

- die Messwerte stellen Punktmessungen an einem Ort dar, die ausschließlich durch die zeitliche Samplingrate gemittelt werden, während die Modellergebnisse die Mittelwerte einer räumlich ausgedehnten Zelle darstellen.
- die Modellergebnisse filtern Signale unterhalb der Gitterauflösung und des Zeitschrittes heraus, so dass insgesamt ein glatteres Bild erscheint.
- gemessene Strömungsgeschwindigkeiten sind mit einer größeren Ungenauigkeit behaftet, als beispielsweise Wasserstandsdaten, die an Pegeln durch ein integratives Messverfahren bestimmt werden.

Die Tiefenlage der Messungen wurde soweit möglich aus den Tiefenangaben der Protokolle bestimmt. Trotzdem bleibt eine Unbestimmtheit, die insbesondere zu der Frage führt inwieweit die Messwerte an der Wasseroberfläche noch glaubhaft sind. Je nach Tidephase liefern bestimmte oberflächennahe Schichten unplausible Werte. Bei Tideniedrigwasser sind auch tiefere Schichten betroffen. Sie reichen in Messungen an WH3 und WH5 hinunter bis etwa -2 mNN und bei Workhorse 4 sogar bis zu -6 mNN.

Bei Workhorse 5 unterscheiden sich die Modelltiefe und die angenommene Sohlentiefe der Messung so deutlich, dass die Tiefenlage der Messung anders bestimmt wird. Der Messdatensatz wird solange vertikal verschoben, bis in den oberen Schichten die Lage der an einer verminderten Geschwindigkeit kenntlichen Reflexionsschicht mit der Lage der freien Oberfläche übereinstimmt.

Die Modellergebnisse geben im Rahmen des Prozesses, der durch das Modell beschrieben werden soll, die zeitliche Entwicklung der Strömungsgeschwindigkeiten gut wieder.

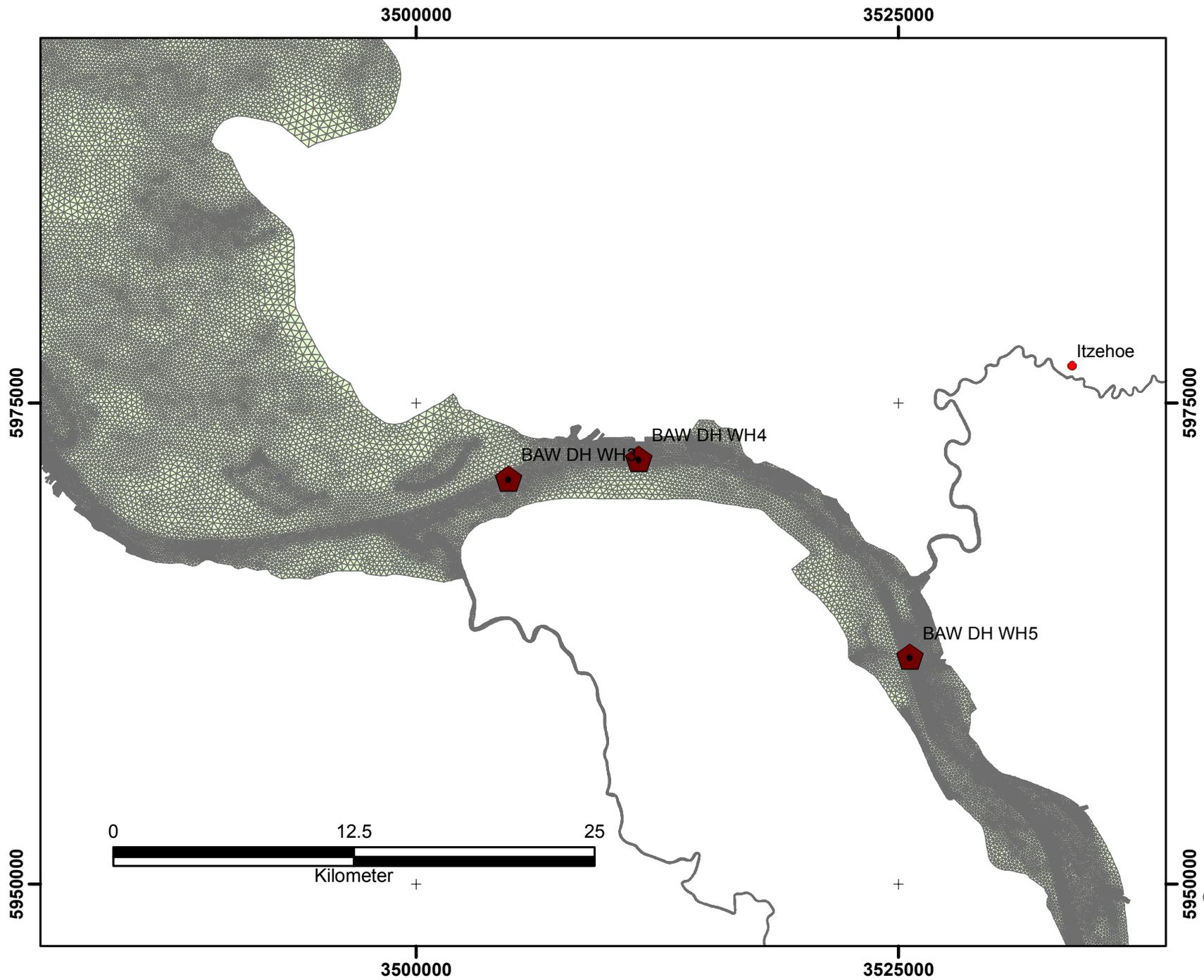


Bild 111: Positionen der Workhorse-Stationen

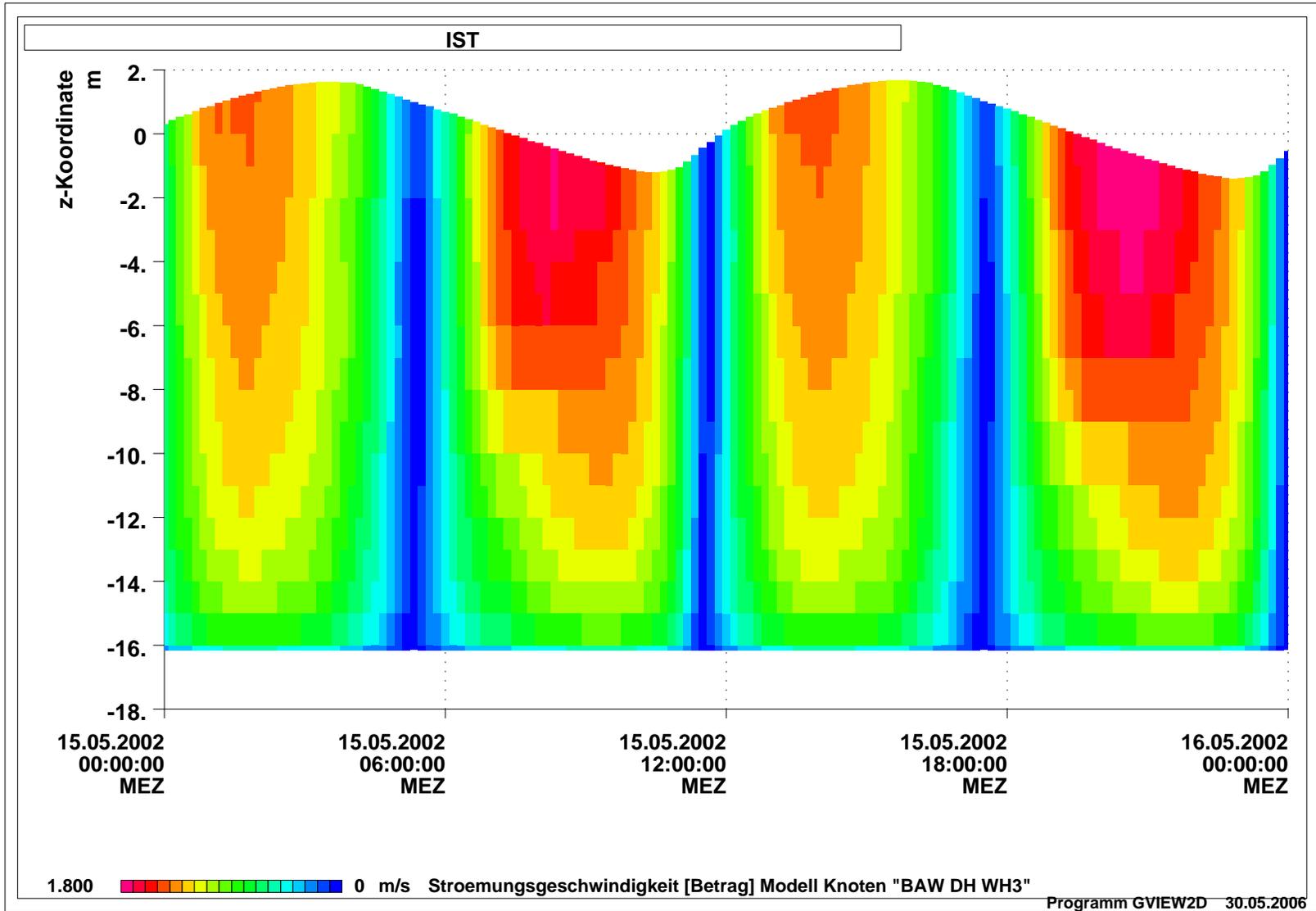
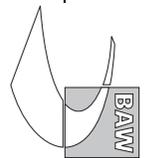


Bild 112: Zeit-Tiefen-Diagramm der Strömungsgeschwindigkeit aus dem Modell an Workhorse 3, Zeitraum vom 15.05.2002 00:00 Uhr bis zum 16.05.2002 00:00 Uhr

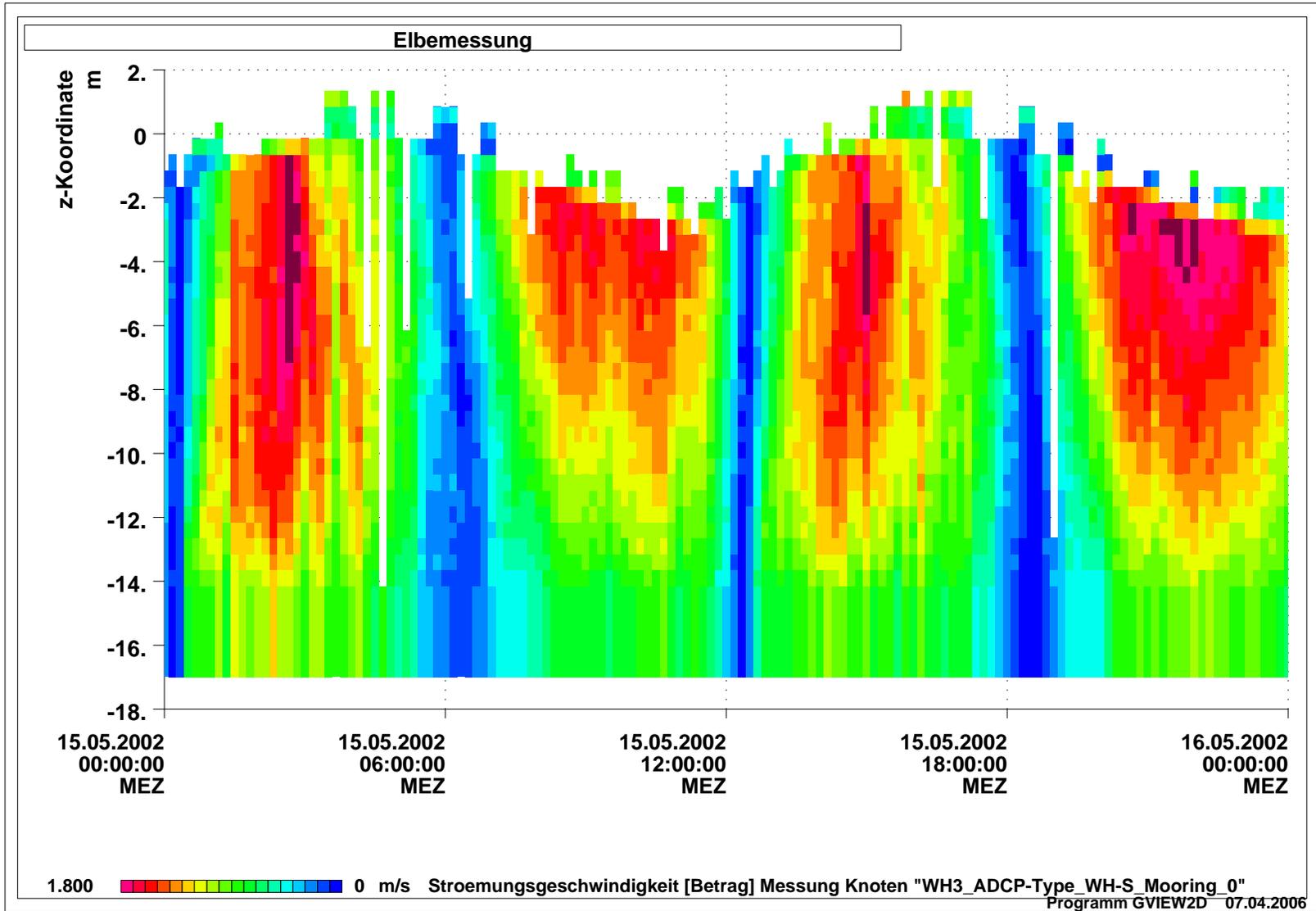
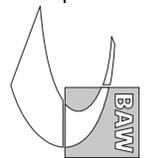


Bild 113: Gemessenes Zeit-Tiefen-Diagramm der Strömungsgeschwindigkeit an Workhorse 3, Zeitraum vom 15.05.2002 00:00 Uhr bis zum 16.05.2002 00:00 Uhr

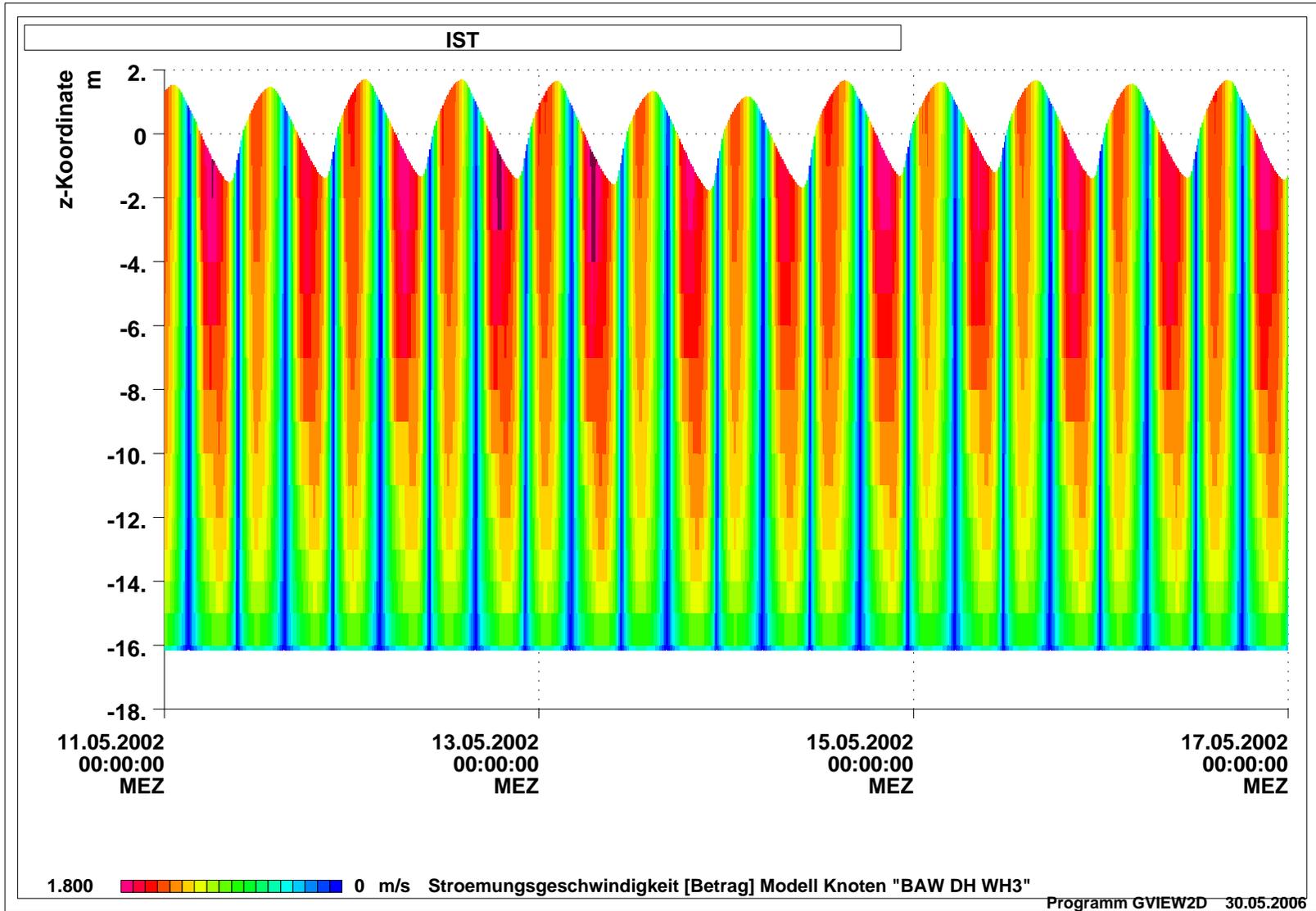
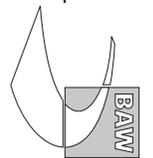


Bild 114: Zeit-Tiefen-Diagramm der Strömungsgeschwindigkeit aus dem Modell an Workhorse 3, Zeitraum vom 11.05.2002 00:00 Uhr bis zum 17.05.2002 00:00 Uhr

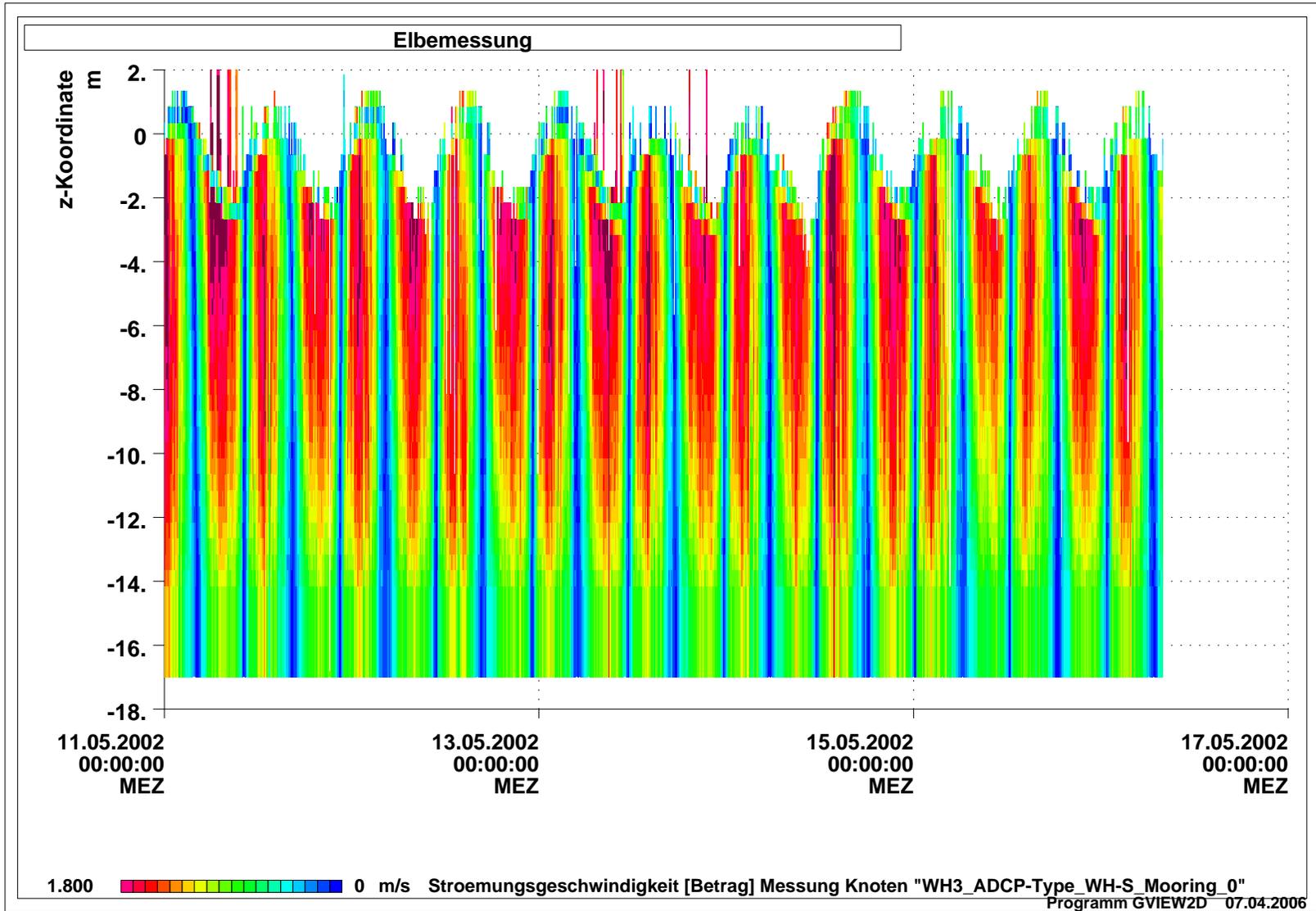
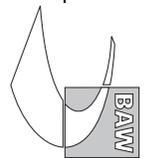


Bild 115: Gemessenes Zeit-Tiefen-Diagramm der Strömungsgeschwindigkeit an Workhorse 3, Zeitraum vom 11.05.2002 00:00 Uhr bis zum 17.05.2002 00:00 Uhr

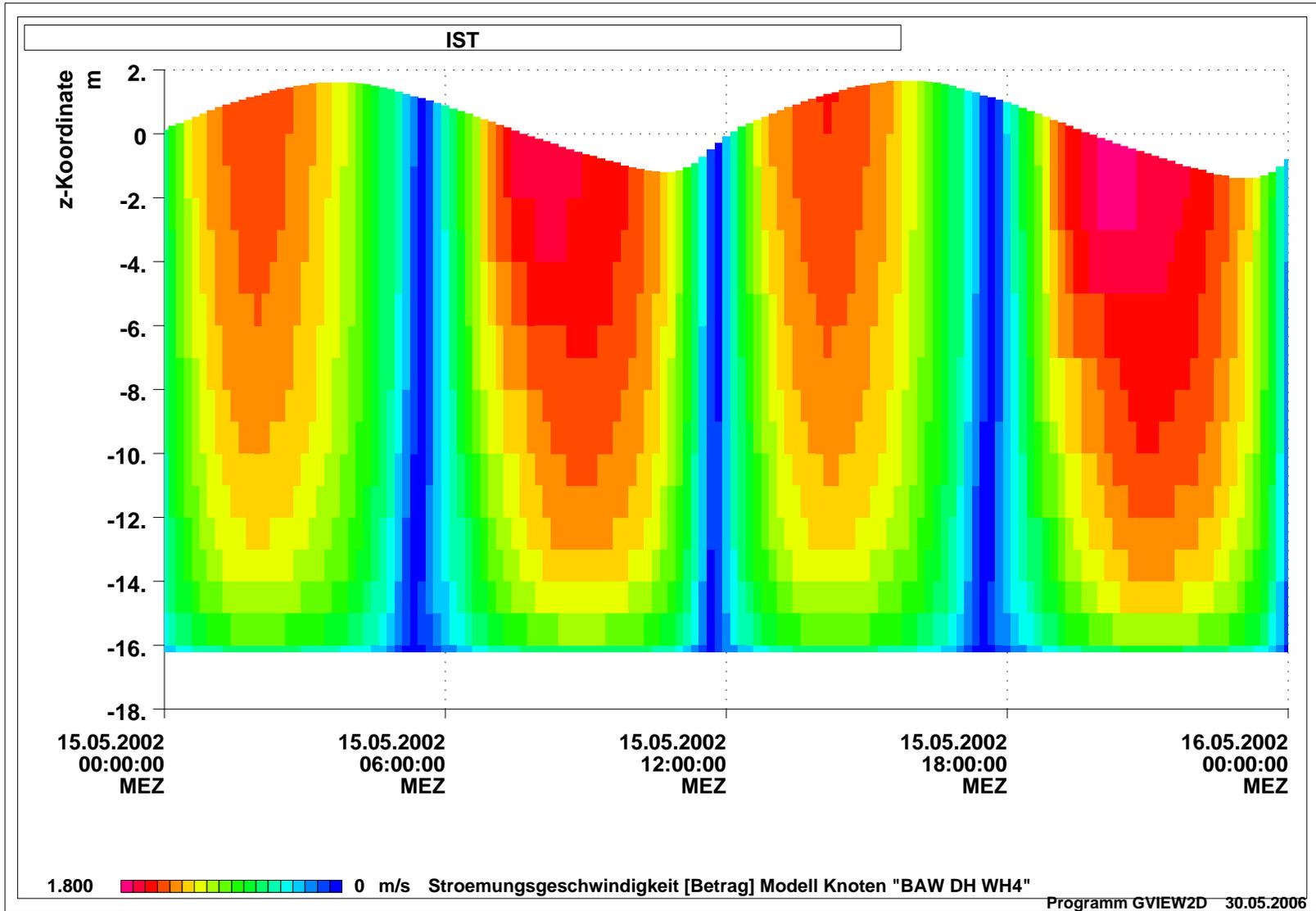
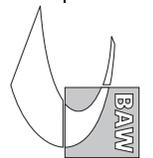


Bild 116: Zeit-Tiefen-Diagramm der Strömungsgeschwindigkeit aus dem Modell an Workhorse 4, Zeitraum vom 15.05.2002 00:00 Uhr bis zum 16.05.2002 00:00 Uhr

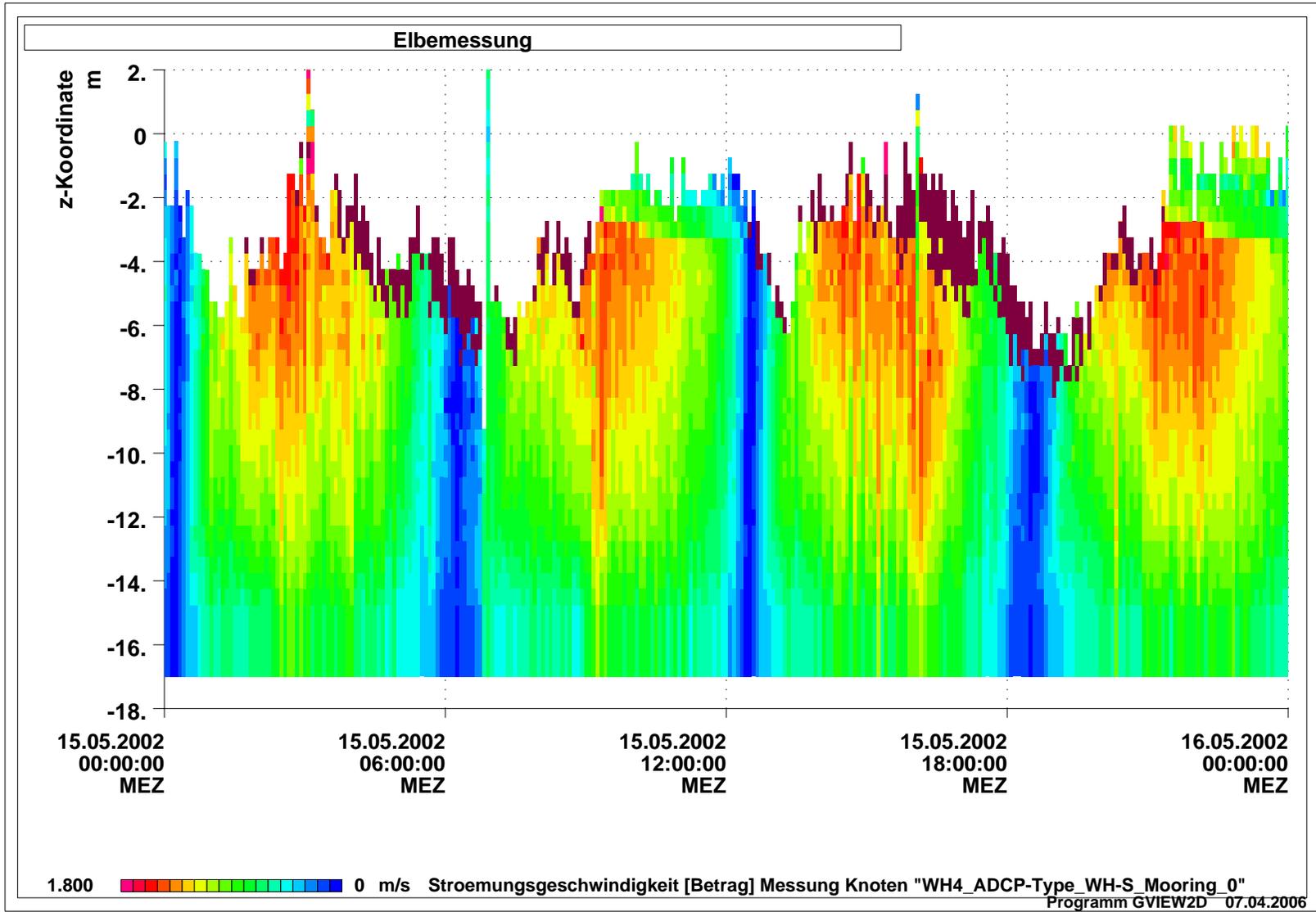
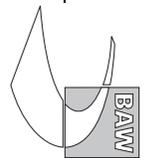


Bild 117: Gemessenes Zeit-Tiefen-Diagramm der Strömungsgeschwindigkeit an Workhorse 4, Zeitraum vom 15.05.2002 00:00 Uhr bis zum 16.05.2002 00:00 Uhr

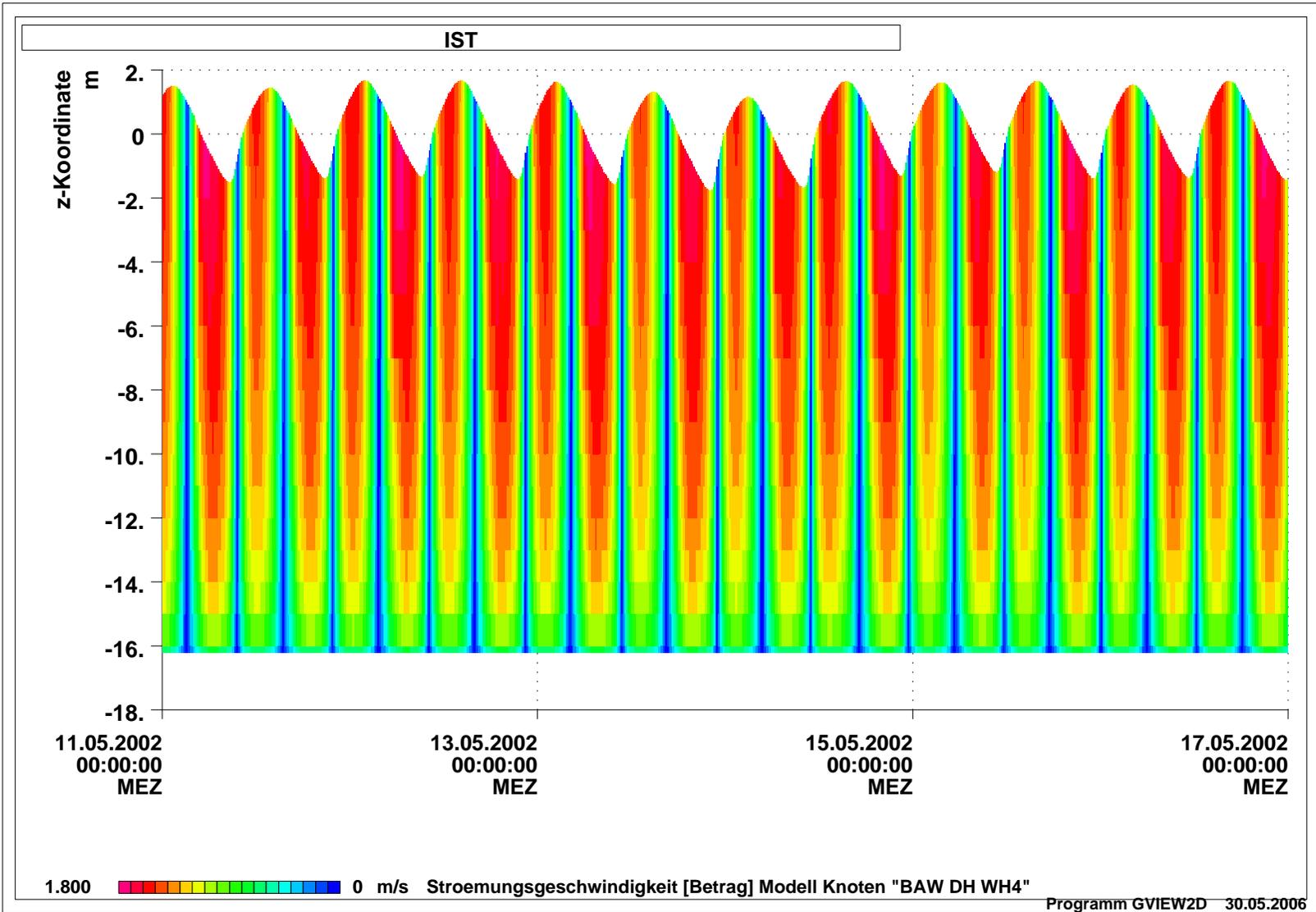
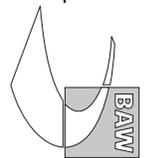


Bild 118: Zeit-Tiefen-Diagramm der Strömungsgeschwindigkeit aus dem Modell an Workhorse 4, Zeitraum vom 11.05.2002 00:00 Uhr bis zum 17.05.2002 00:00 Uhr

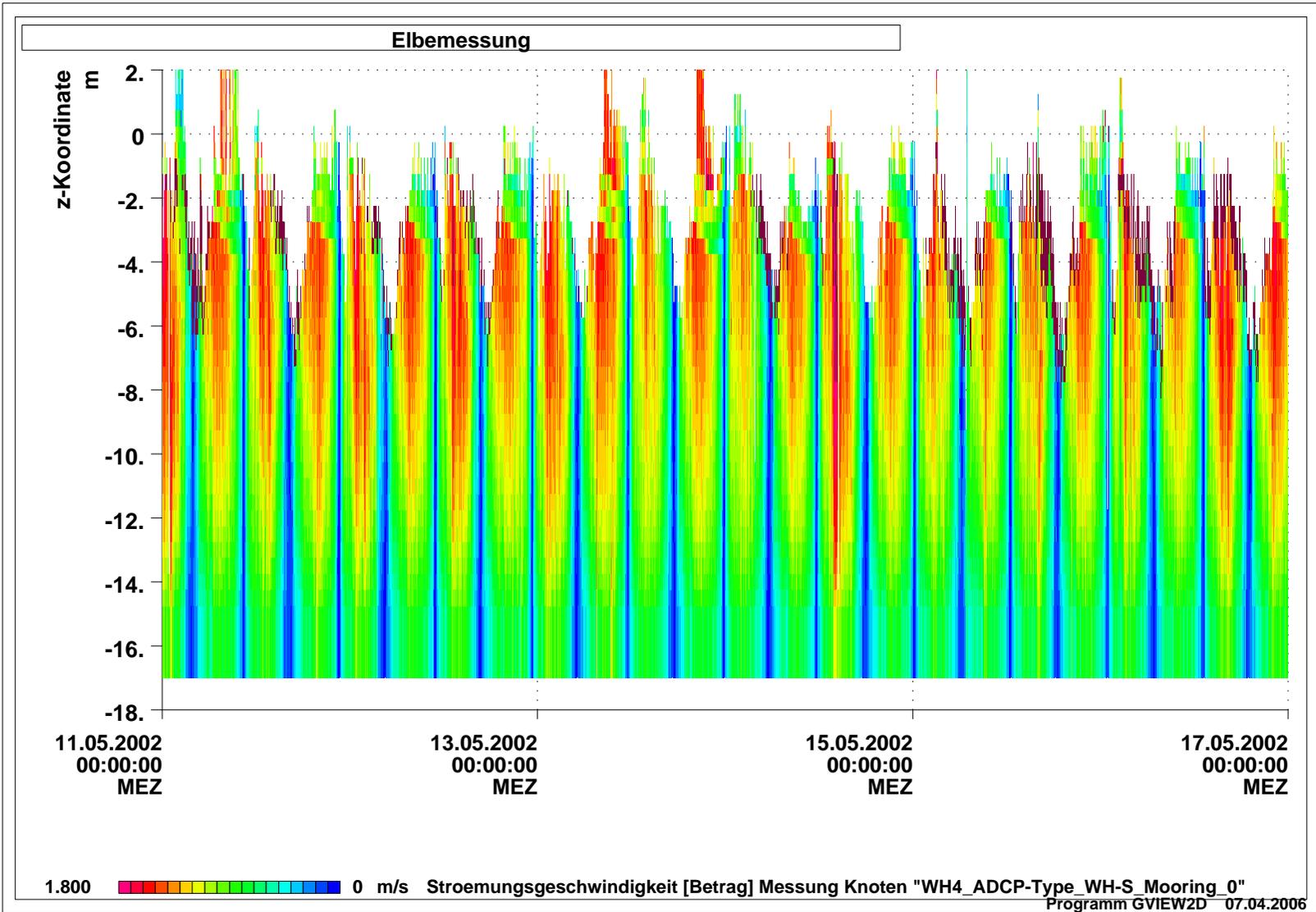
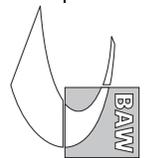


Bild 119: Gemessenes Zeit-Tiefen-Diagramm der Strömungsgeschwindigkeit an Workhorse 4, Zeitraum vom 11.05.2002 00:00 Uhr bis zum 17.05.2002 00:00 Uhr

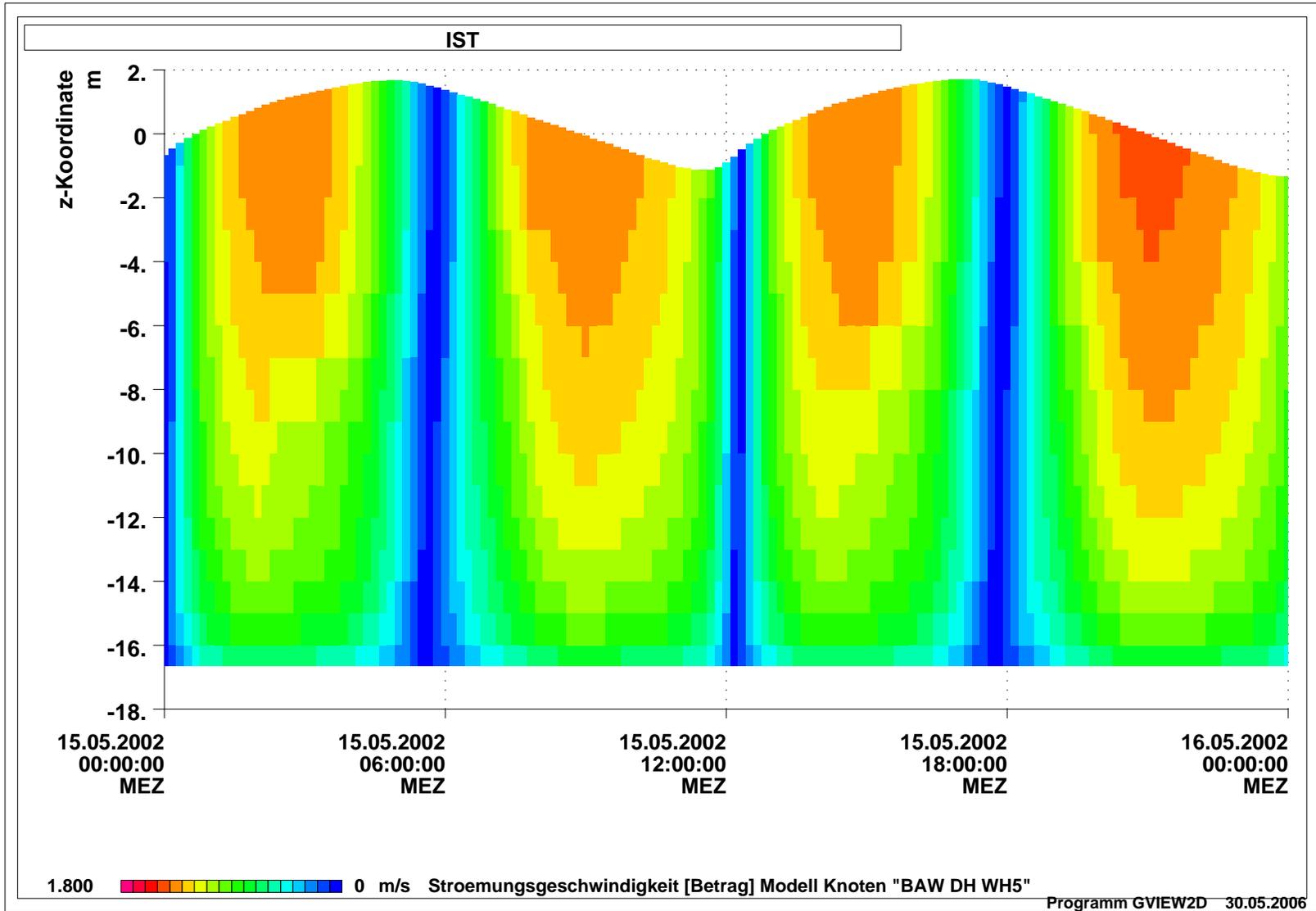
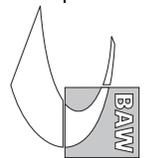


Bild 120: Zeit-Tiefen-Diagramm der Strömungsgeschwindigkeit aus dem Modell an Workhorse 5, Zeitraum vom 15.05.2002 00:00 Uhr bis zum 16.05.2002 00:00 Uhr

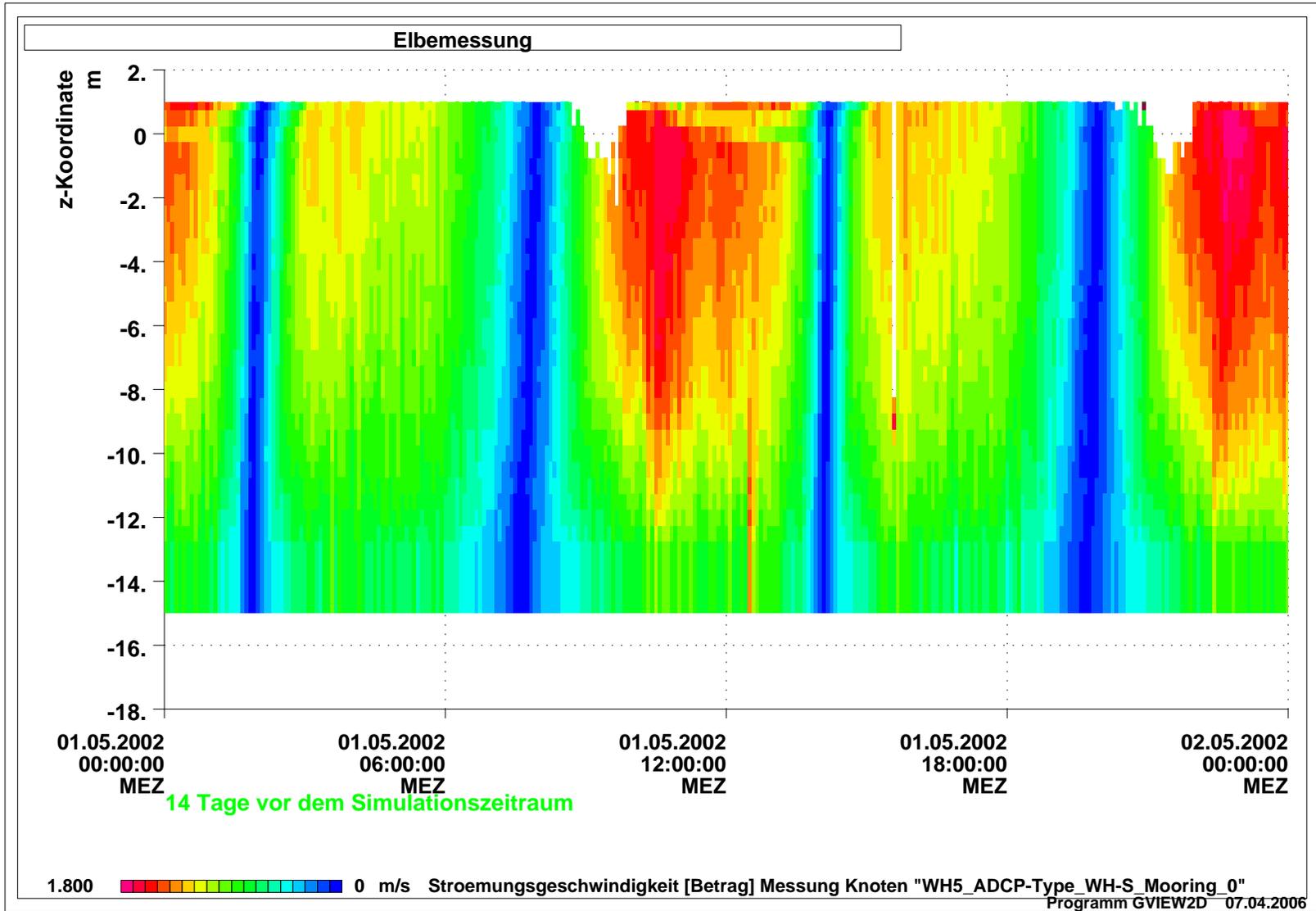
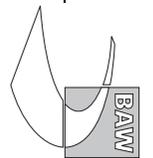


Bild 121: Gemessenes Zeit-Tiefen-Diagramm der Strömungsgeschwindigkeit an Workhorse 5, Zeitraum vom 01.05.2002 00:00 Uhr bis zum 02.05.2002 00:00 Uhr

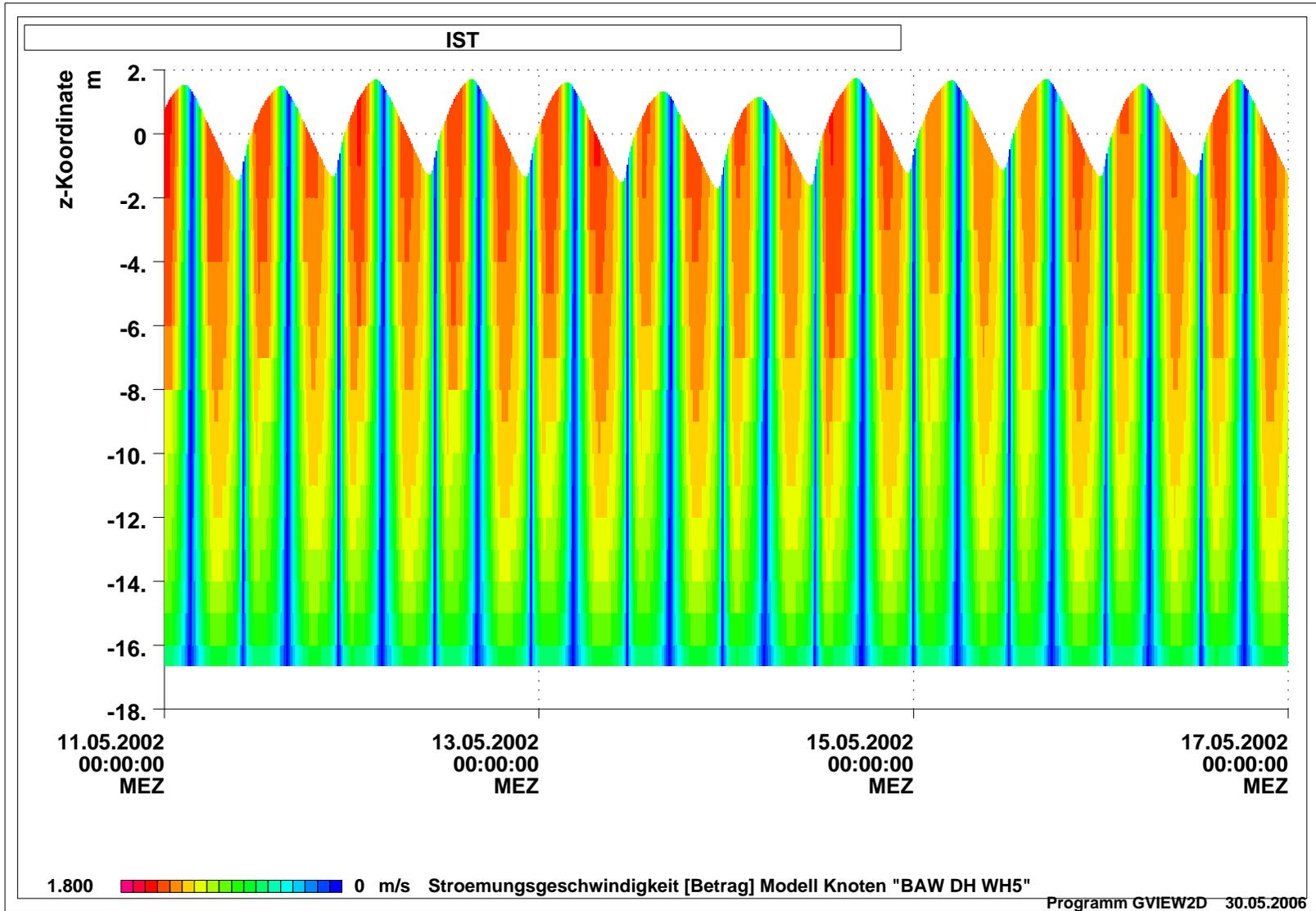
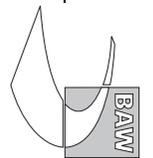


Bild 122: Zeit-Tiefen-Diagramm der Strömungsgeschwindigkeit aus dem Modell an Workhorse 5, Zeitraum vom 11.05.2002 00:00 Uhr bis zum 17.05.2002 00:00 Uhr

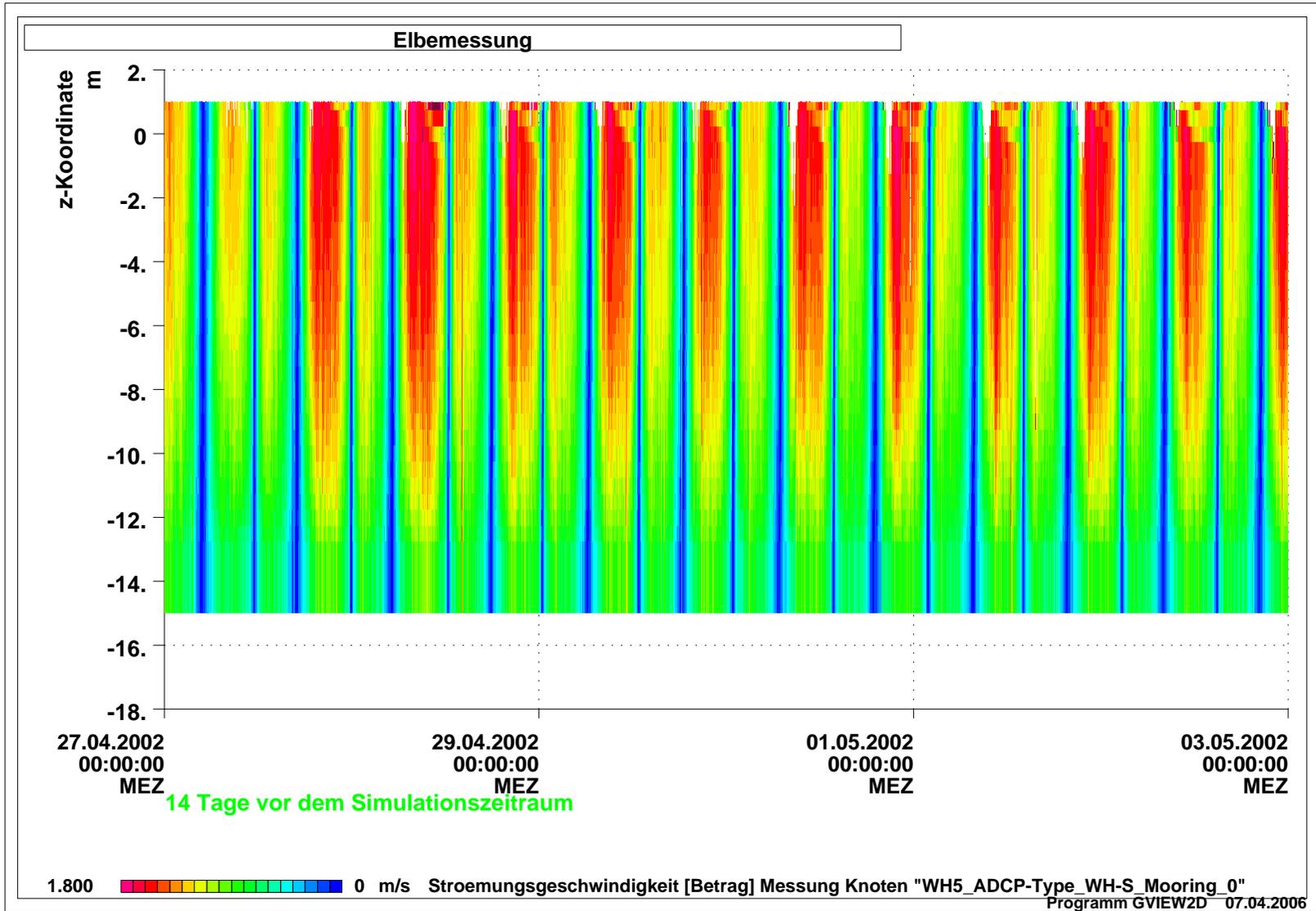
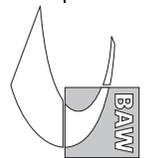


Bild 123: Gemessenes Zeit-Tiefen-Diagramm der Strömungsgeschwindigkeit an Workhorse 5, Zeitraum vom 27.04.2002 00:00 Uhr bis zum 03.05.2002 00:00 Uhr



5 Strömungsgeschwindigkeit auf ADCP-Querprofilen

Die Strömungsgeschwindigkeit wurde auf 15 Querprofilen vom fahrenden Schiff aus mit ADCP-Geräten gemessen. Beispielhaft zeigen die folgenden Abbildungen Modellergebnisse und Messungen auf Profil 08 über eine Tide in einstündigen Zeitintervallen. Die exakte Lage findet sich auf den anschließenden Lageplänen. Diese tatsächlich gefahrenen Profile sind kürzer als die geplanten, da in den Flachwasserbereichen nicht gemessen wurde.

Der Vergleich zwischen den Modellergebnissen und den Messungen führt qualitativ zu einer guten Übereinstimmung. Folgende Punkte sind beim Vergleich zwischen Modell- und Messdaten zu berücksichtigen:

- Das Modell berechnet die über die Zellen gemittelten Strömungsverhältnisse. Die Modellauflösung führt so zu einem geglätteten Bild. Die Messergebnisse wurden in einer sehr viel höheren räumlichen Datendichte aufgenommen und sind daher Mittelwerte eines sehr viel feineren Zellrasters. Durch die hohe Auflösung werden auch Turbulenzeinflüsse sichtbar. Das führt z.B. entlang eines horizontalen Schnittes durch ein Profil zu größeren Gradienten und insgesamt zu einem unruhigeren Bild der Strömungsgeschwindigkeit.
- Messtechnisch bedingt können die Geschwindigkeiten direkt über der Sohle und unter der Wasseroberfläche nicht erfasst werden. Diese Bereiche sind in den Plots hellgrau hinterlegt. Setzt man ein logarithmisches Tiefenprofil der Geschwindigkeit voraus, fehlt an der Wasseroberfläche somit der Bereich der höchsten Geschwindigkeiten, der in den Modellergebnissen sehr wohl zu sehen ist. Für einen visuellen Vergleich muss man diese Werte des Modells gedanklich ausblenden.
- Das Modell berechnet einen synoptischen Datensatz zu einem exakten Zeitpunkt. Die Messfahrt hat eine Dauer, d.h. es gibt eine Abweichung der tatsächlichen Messzeit von der mittleren und die mittlere Messzeit weist wiederum eine Abweichung vom Modellzeitpunkt auf. Die beiden Abweichungen sind zu addieren. In günstigen Fällen heben sich die Wirkungen gegenseitig etwas auf, in ungünstigen vergrößert sich der Fehler. Gerade bei längeren Fahrten, wie den ca. 30minütigen auf Querprofil 01 bis 03 ist dies in den Randbereichen zu beachten. Je weiter man sich stromauf bewegt, desto kürzer werden die Profile. Ab Querprofil 13 auf Höhe von Hamburg-Blankenese, das eine Fahrtdauer von knapp vier Minuten aufweist, kann man die Messergebnisse als quasi-synoptisch betrachten.
- Das Messschiff kann den Kurs entlang des Sollprofils natürlich nicht exakt halten. Die folgende Skizze zeigt in einer Draufsicht die einzelnen Messungen einer Profildfahrt und deren Abstand vom Sollprofil. Übersteigt dieser Abstand einen maximal erlaubten Wert, so wird die Messung verworfen, in den Querprofil-Plots wird die entsprechende Stelle grau hinterlegt. Die Abweichungen vom Sollprofil waren in der Außenelbe am größten. Um nicht zu viele Werte auszublenden, wurde der maximal erlaubte Abstand zwischen Querprofil 01 vor Scharhörn bis Querprofil 08 nahe Brokdorf



auf 100m festgelegt. Ab dem vor Glückstadt gelegenen Querprofil 09 stromauf beträgt dieser Abstand 50m.

- Die Farblegende bezieht sich auf den Betrag des Strömungsvektors an jener Stelle. Die grauen Kreise geben Auskunft über die Richtung der Vektorkomponente orthogonal zur Zeichenebene. Enthält der Kreis Mittelpunkt und Radius zeigt diese Komponente aus der Ebene hin zum Betrachter. Im umgekehrten Fall enthält der Kreis ein Kreuz und der Pfeil zeigt in die Zeichenebene hinein. Da der Betrachter stromab schaut, liegt im ersten Falle Flut- und im zweiten Ebbestrom vor.

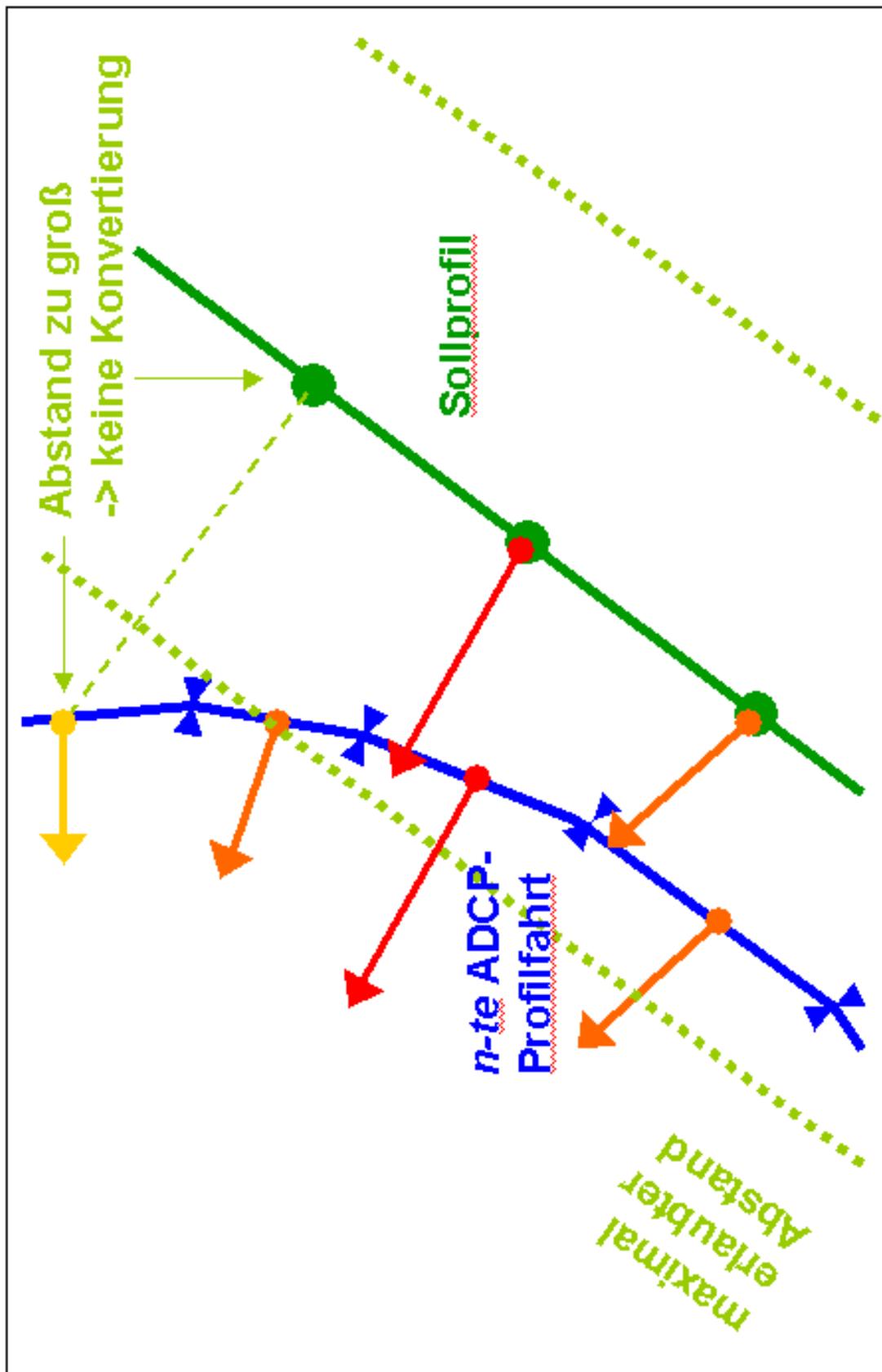


Bild 124: Draufsicht auf Sollprofil und tatsächliche Messfahrt, Messungen oberhalb der grün punktierten Linie überschreiten den max. erlaubten Abstand und werden verworfen.

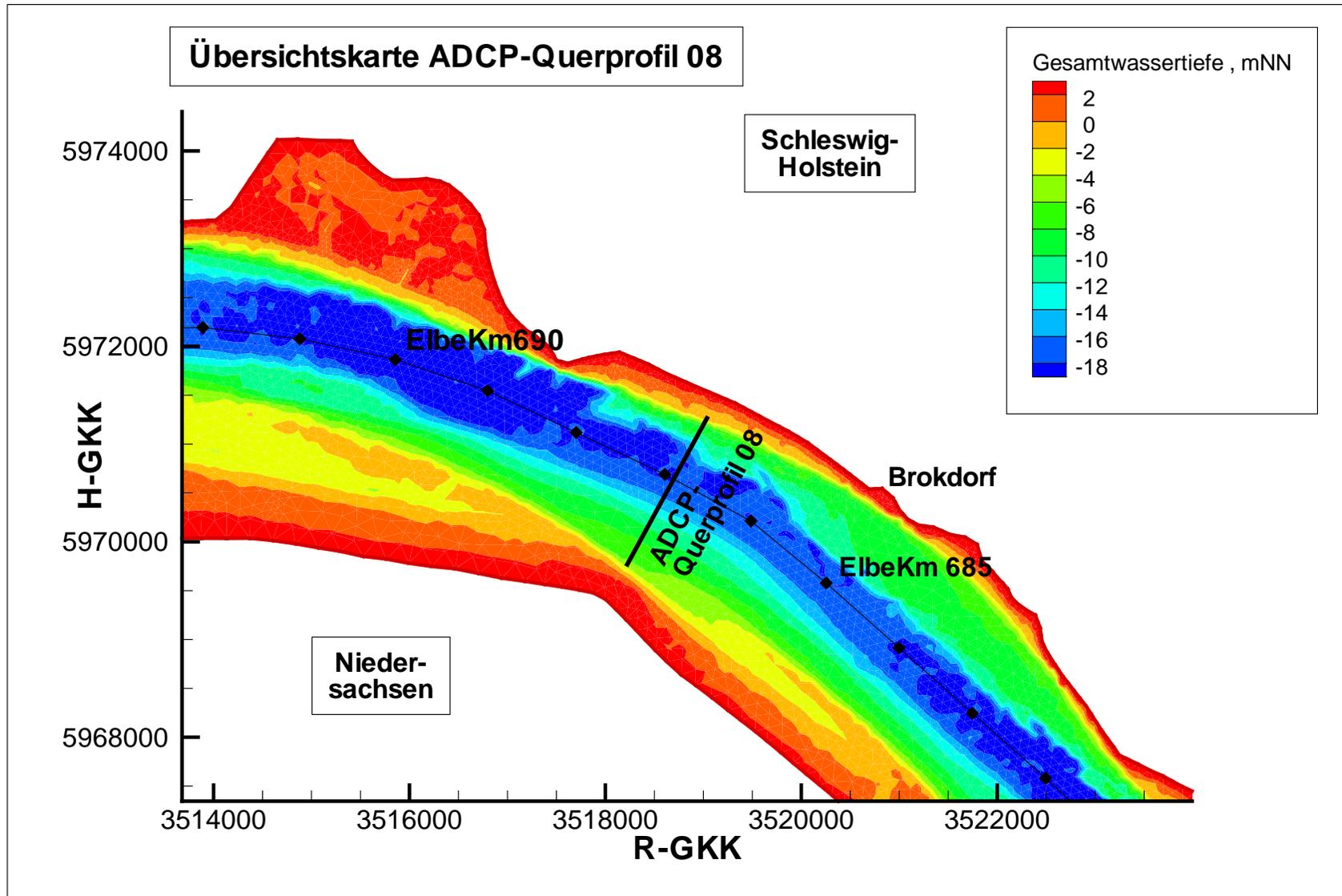
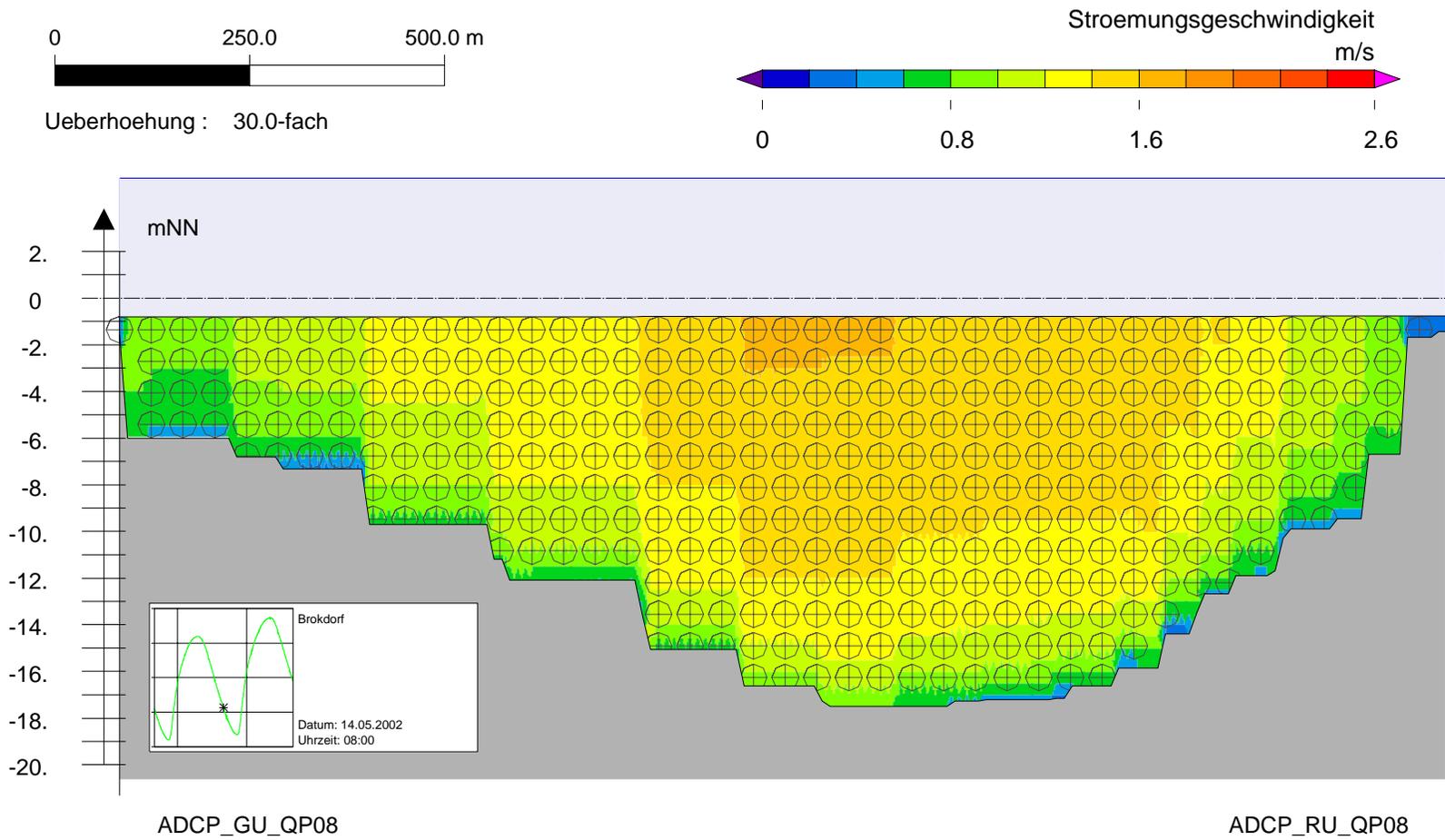


Bild 125: Lageplan des ADCP-Querprofiles 08 westlich von Brokdorf; in den folgenden Darstellungen blickt man auf das Profil in Richtung stromab.

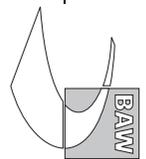


IST - Querprofil ADCP 08

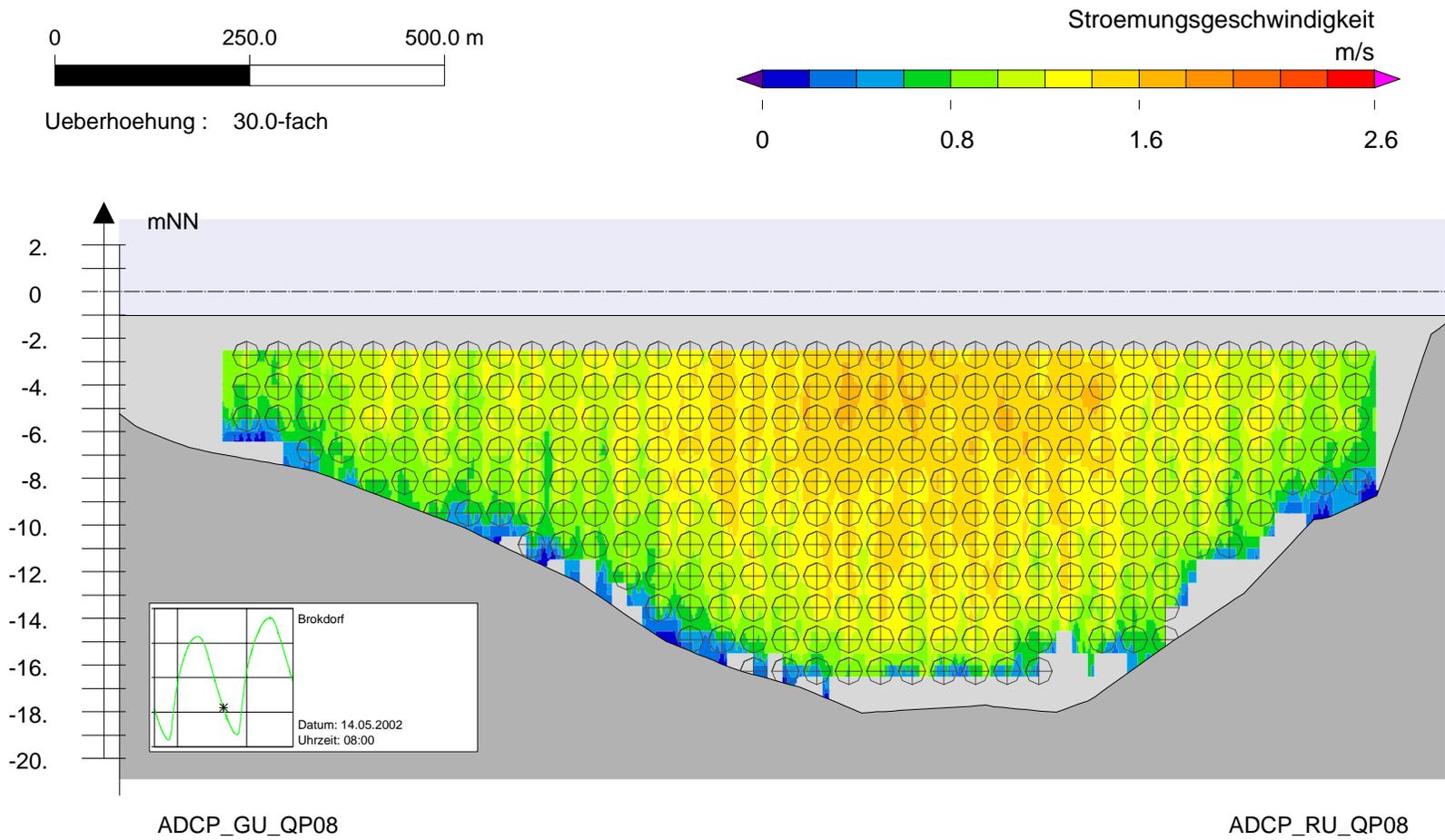


Profil : Elbe_ADCP2002_Querprofil08

Bild 126: Strömungsgeschwindigkeit aus dem Modell auf ADCP-Querprofil 08, Zeitpunkt am 14.05.2002 um 08:00 Uhr

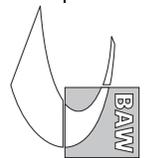


Messung - Querprofil ADCP 08

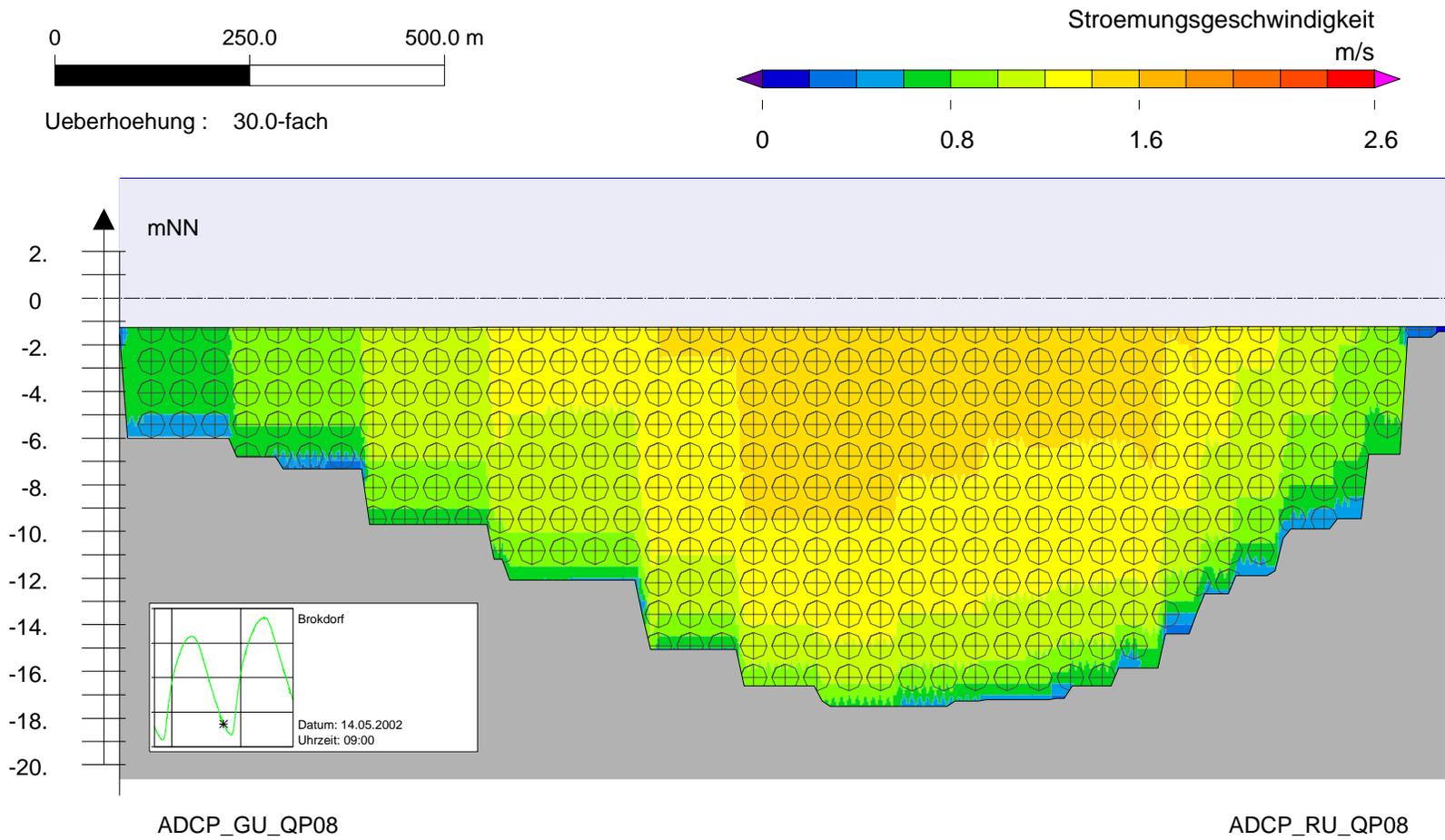


Profil : Elbe_ADCP2002_Querprofil08

Bild 127: Gemessene Stroemungsgeschwindigkeit auf ADCP-Querprofil 08, mittlere Zeit der Messfahrt am 14.05.2002 um 08:00 Uhr



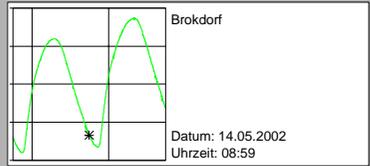
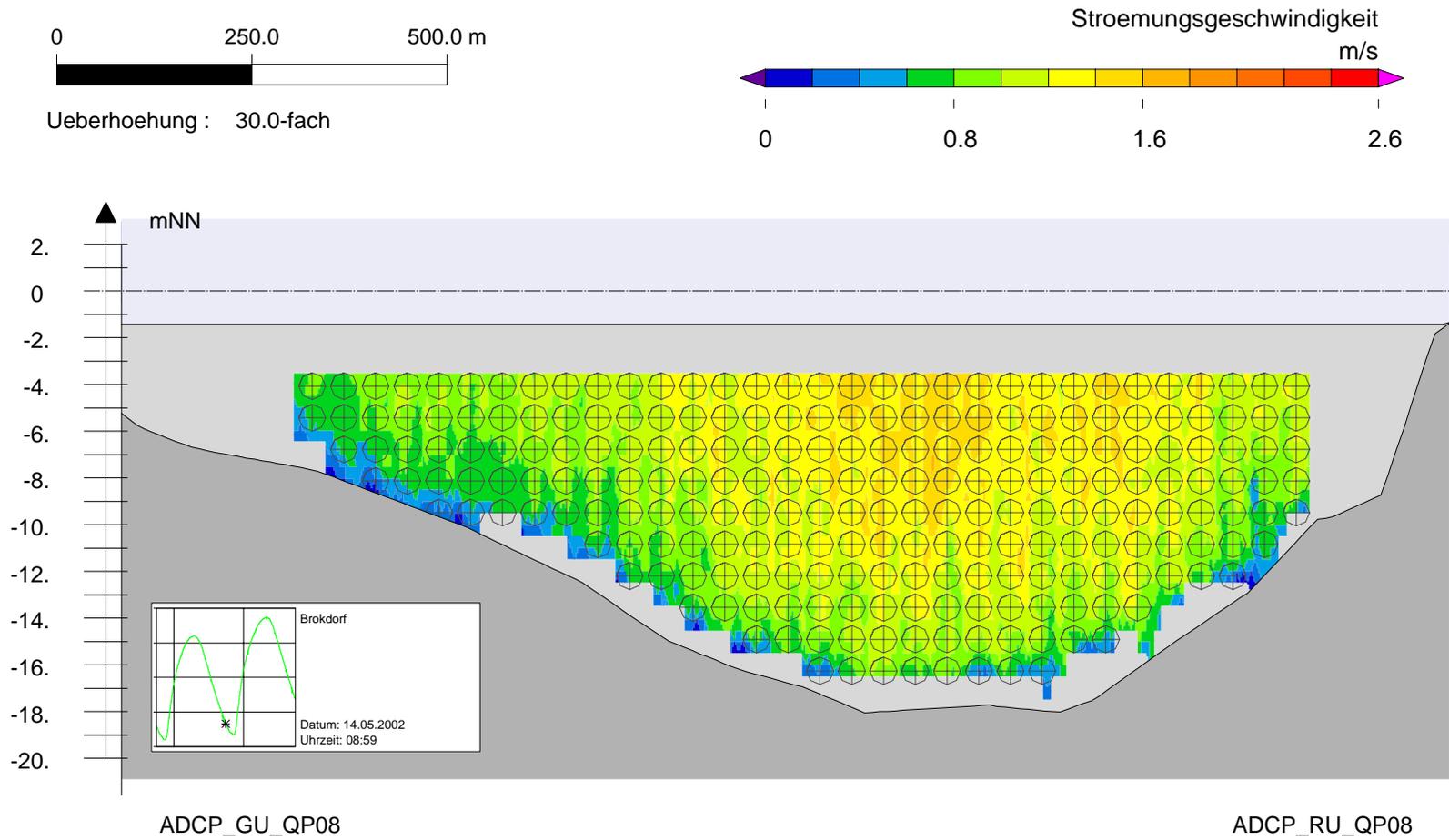
IST - Querprofil ADCP 08



Profil : Elbe_ADCP2002_Querprofil08

Bild 128: Strömungsgeschwindigkeit aus dem Modell auf ADCP-Querprofil 08, Zeitpunkt am 14.05.2002 um 09:00 Uhr

Messung - Querprofil ADCP 08



Profil : Elbe_ADCP2002_Querprofil08

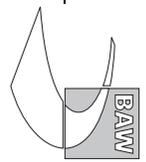
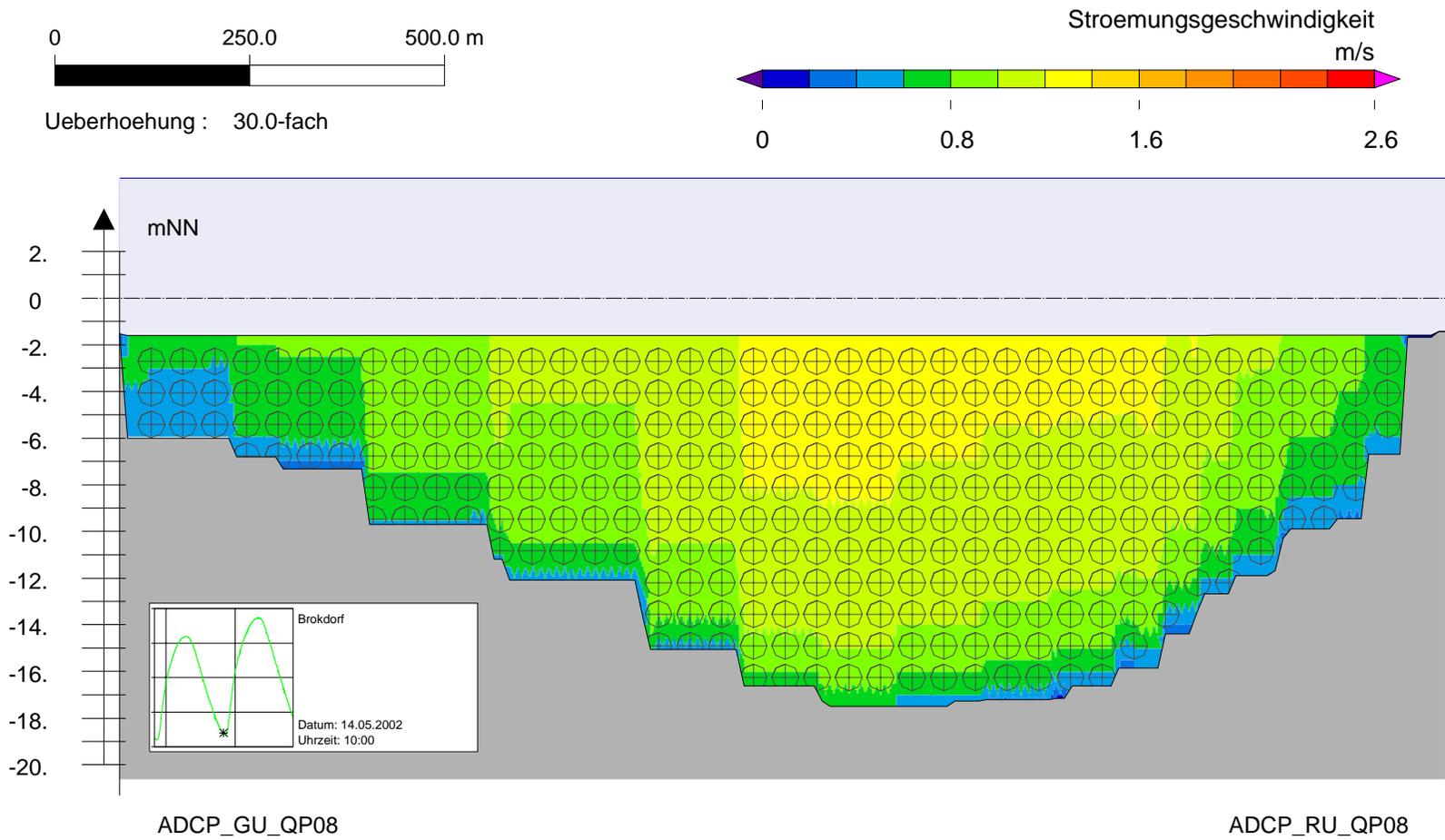


Bild 129: Gemessene Strömungsgeschwindigkeit auf ADCP-Querprofil 08, mittlere Zeit der Messfahrt am 14.05.2002 um 08:59 Uhr



IST - Querprofil ADCP 08



Profil : Elbe_ADCP2002_Querprofil08

Bild 130: Strömungsgeschwindigkeit aus dem Modell auf ADCP-Querprofil 08, Zeitpunkt am 14.05.2002 um 10:00 Uhr

Messung - Querprofil ADCP 08

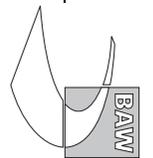
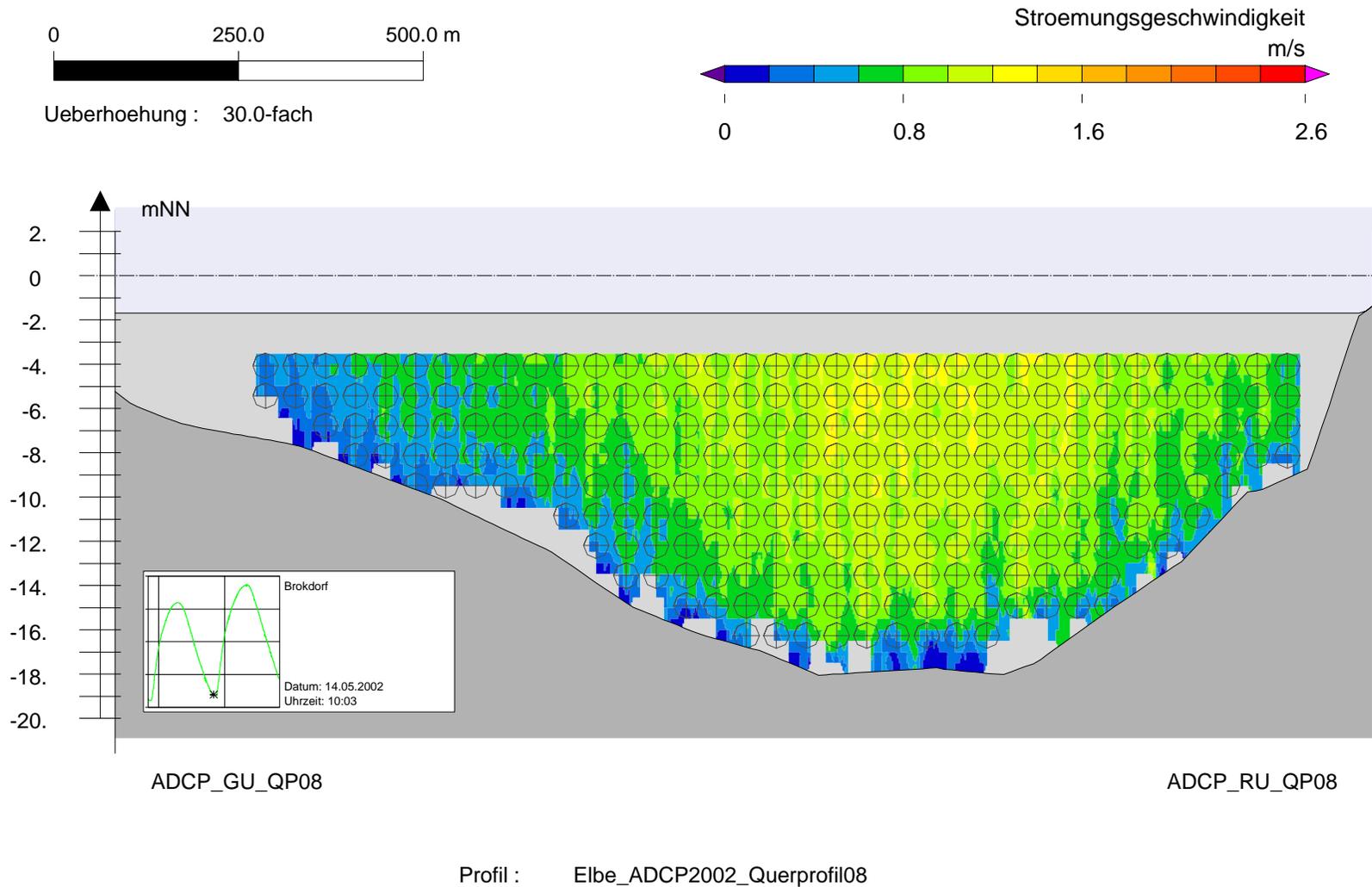
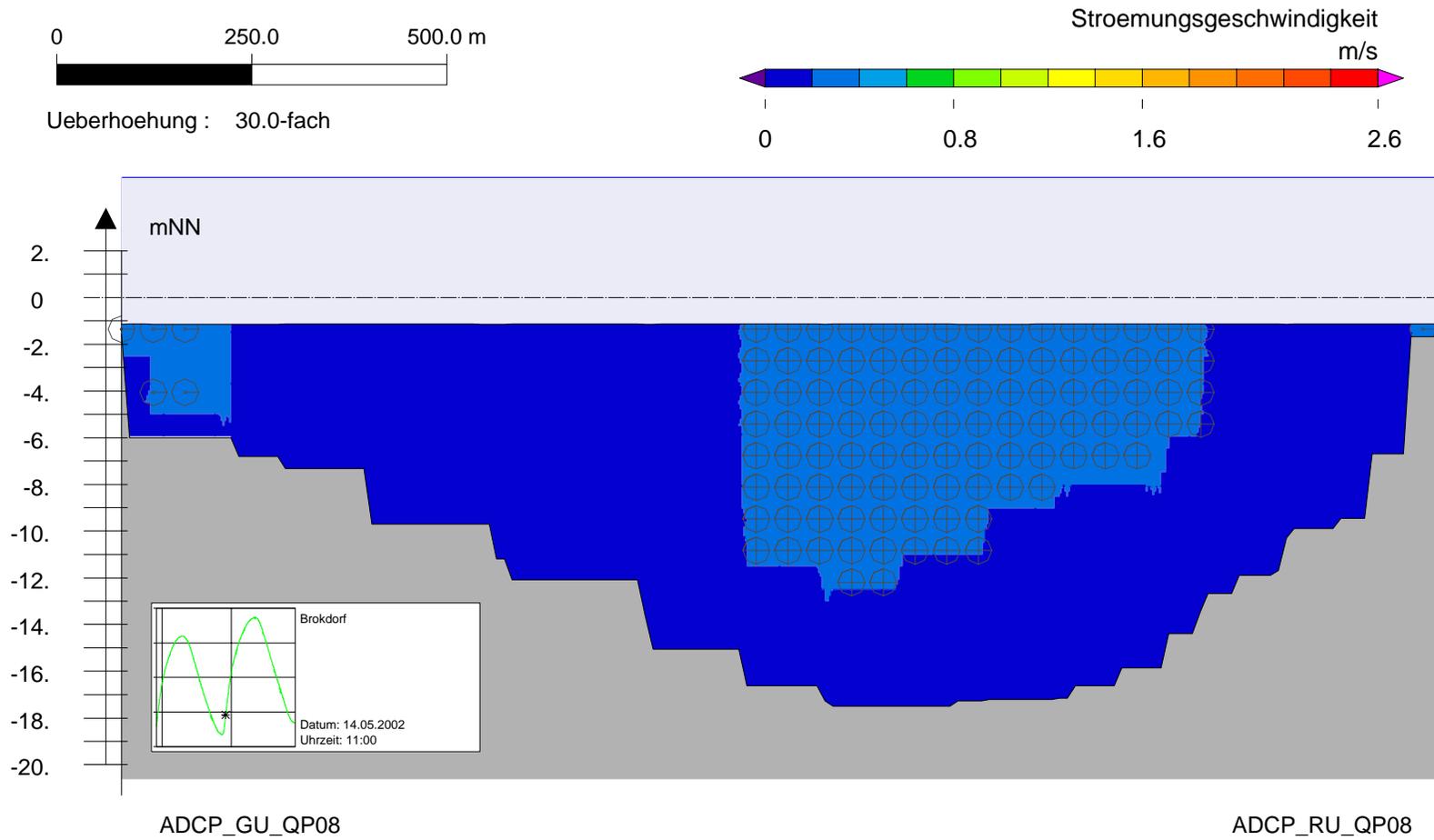


Bild 131: Gemessene Strömungsgeschwindigkeit auf ADCP-Querprofil 08, mittlere Zeit der Messfahrt am 14.05.2002 um 10:03 Uhr

IST - Querprofil ADCP 08



Profil : Elbe_ADCP2002_Querprofil08

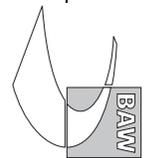
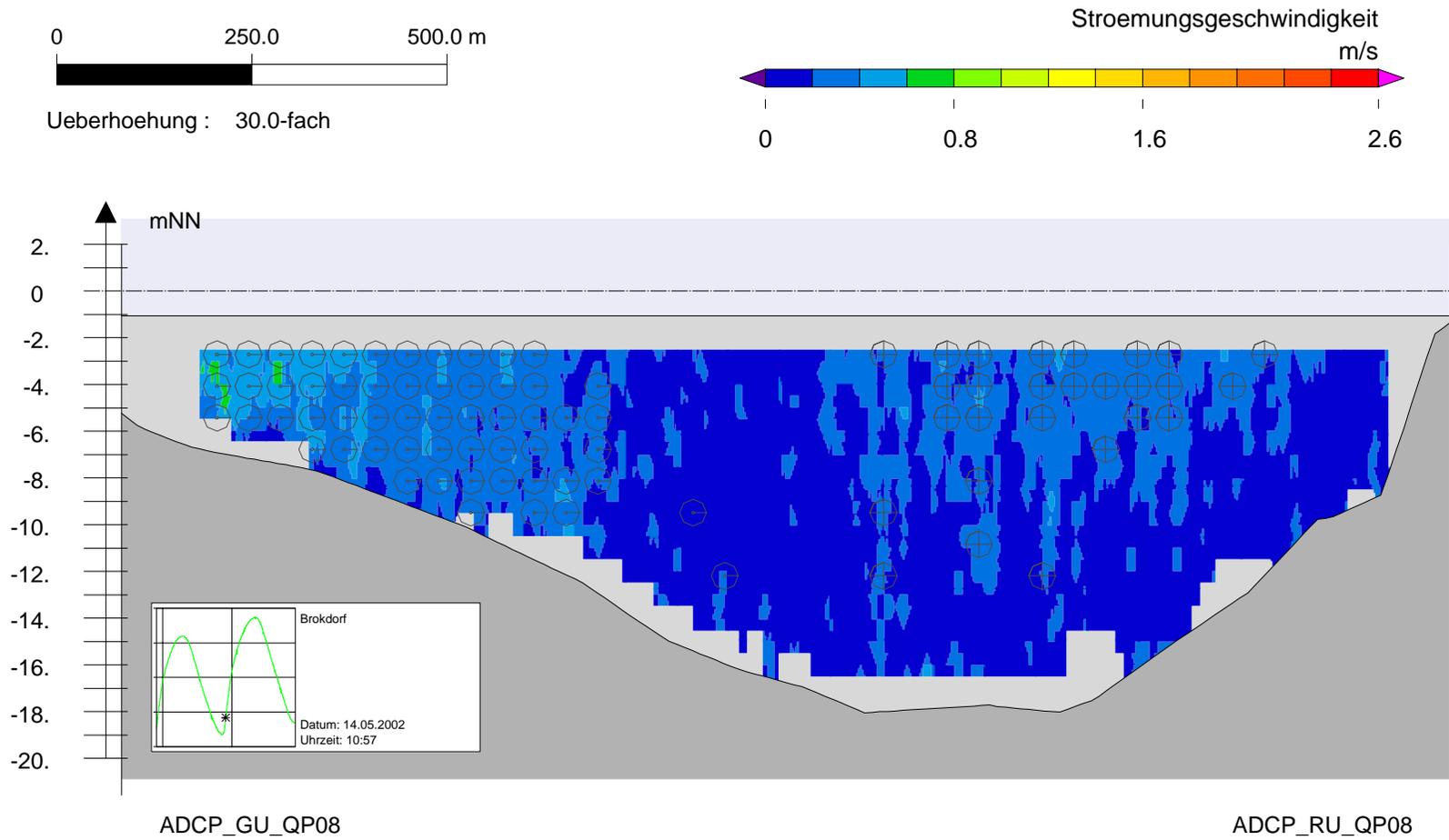


Bild 132: Strömungsgeschwindigkeit aus dem Modell auf ADCP-Querprofil 08, Zeitpunkt am 14.05.2002 um 11:00 Uhr

Messung - Querprofil ADCP 08



Profil : Elbe_ADCP2002_Querprofil08

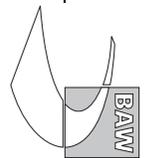
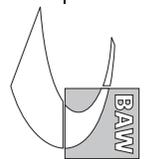
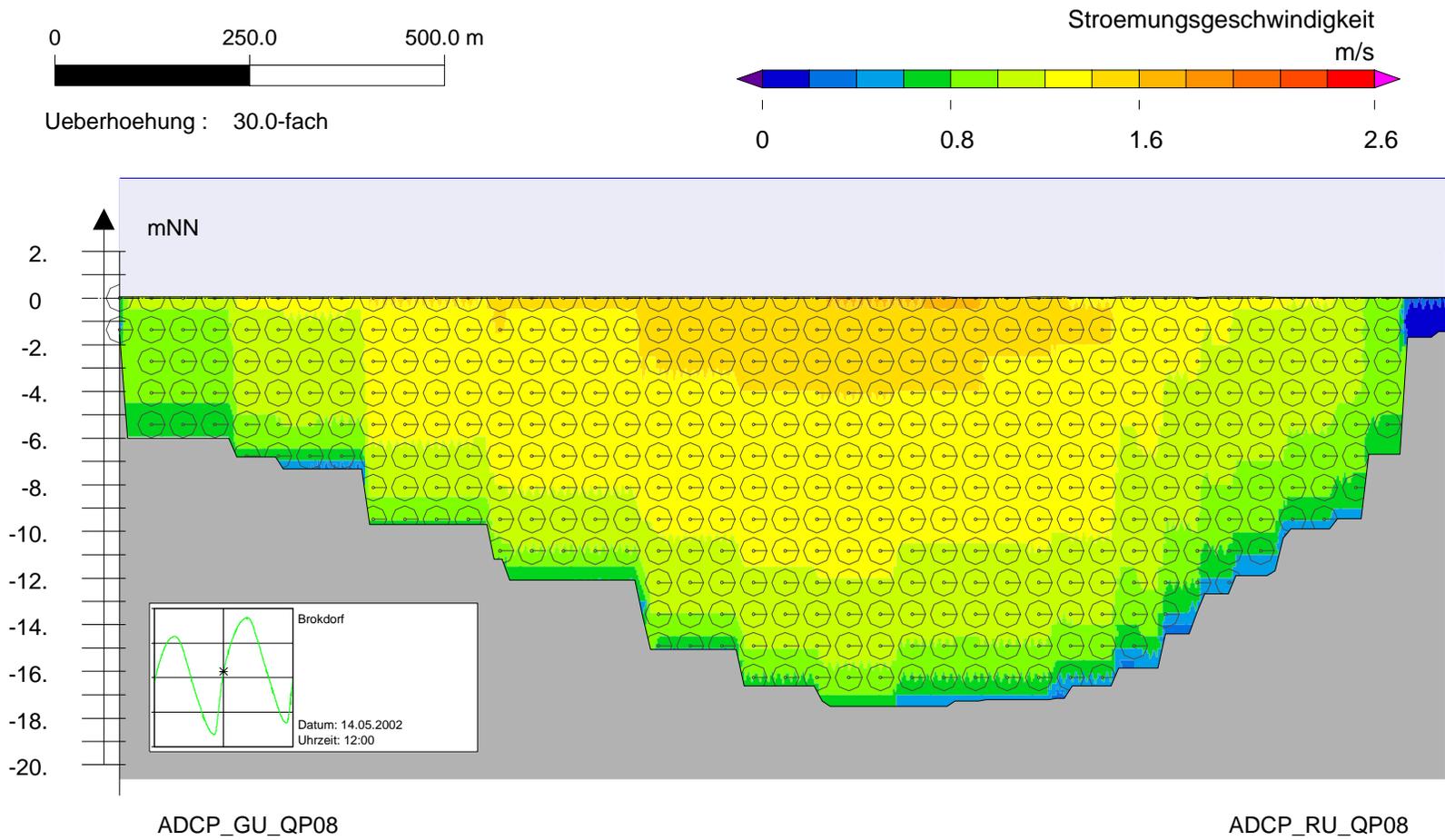


Bild 133: Gemessene Strömungsgeschwindigkeit auf ADCP-Querprofil 08, mittlere Zeit der Messfahrt am 14.05.2002 um 10:57 Uhr

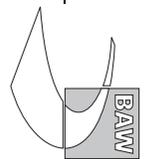


IST - Querprofil ADCP 08

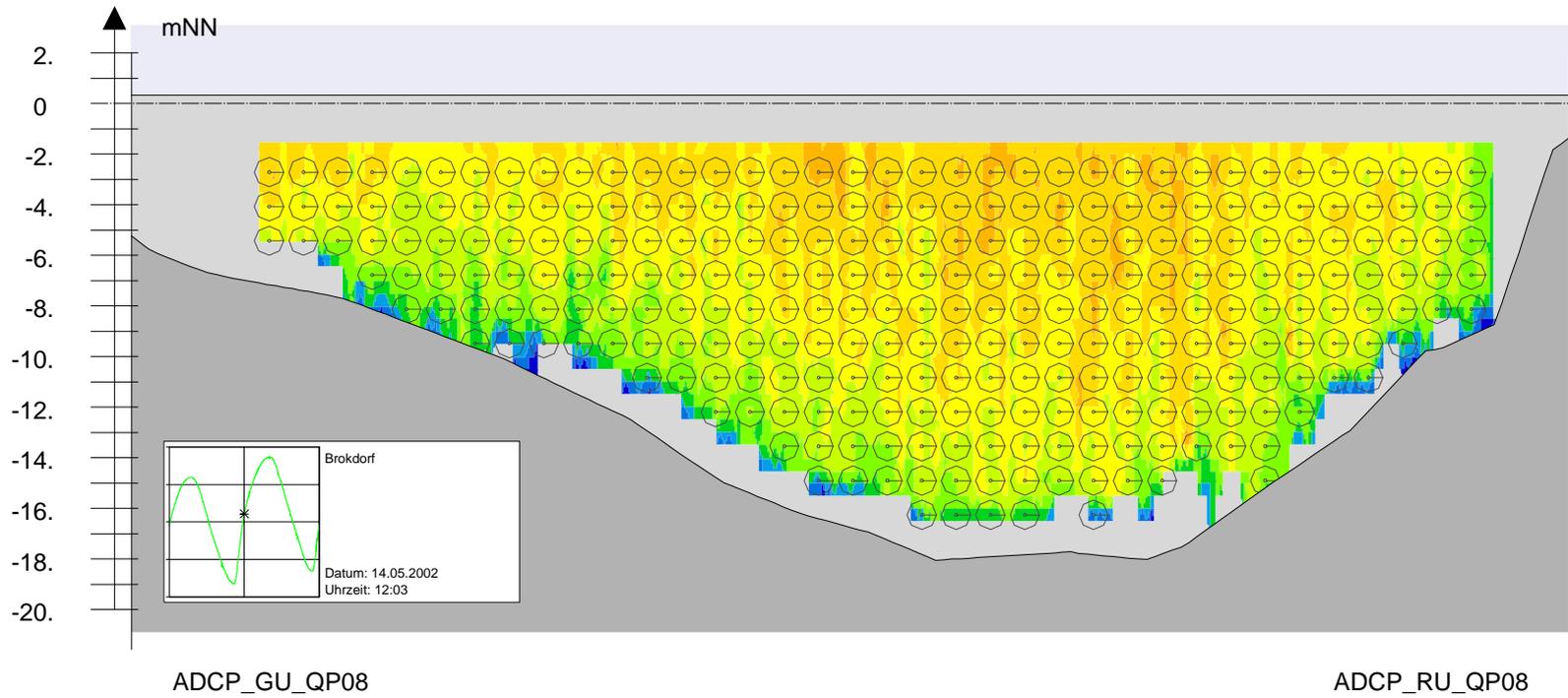
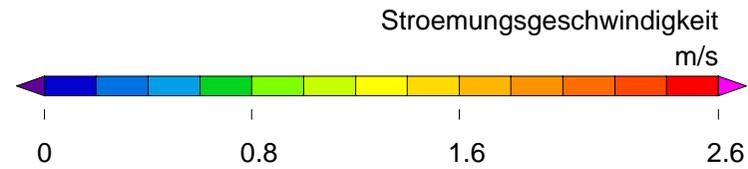
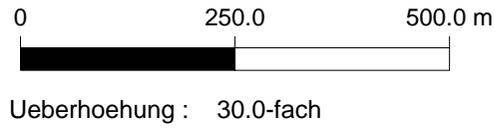


Profil : Elbe_ADCP2002_Querprofil08

Bild 134: Strömungsgeschwindigkeit aus dem Modell auf ADCP-Querprofil 08, Zeitpunkt am 14.05.2002 um 12:00 Uhr

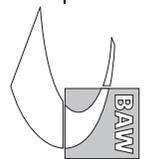


Messung - Querprofil ADCP 08

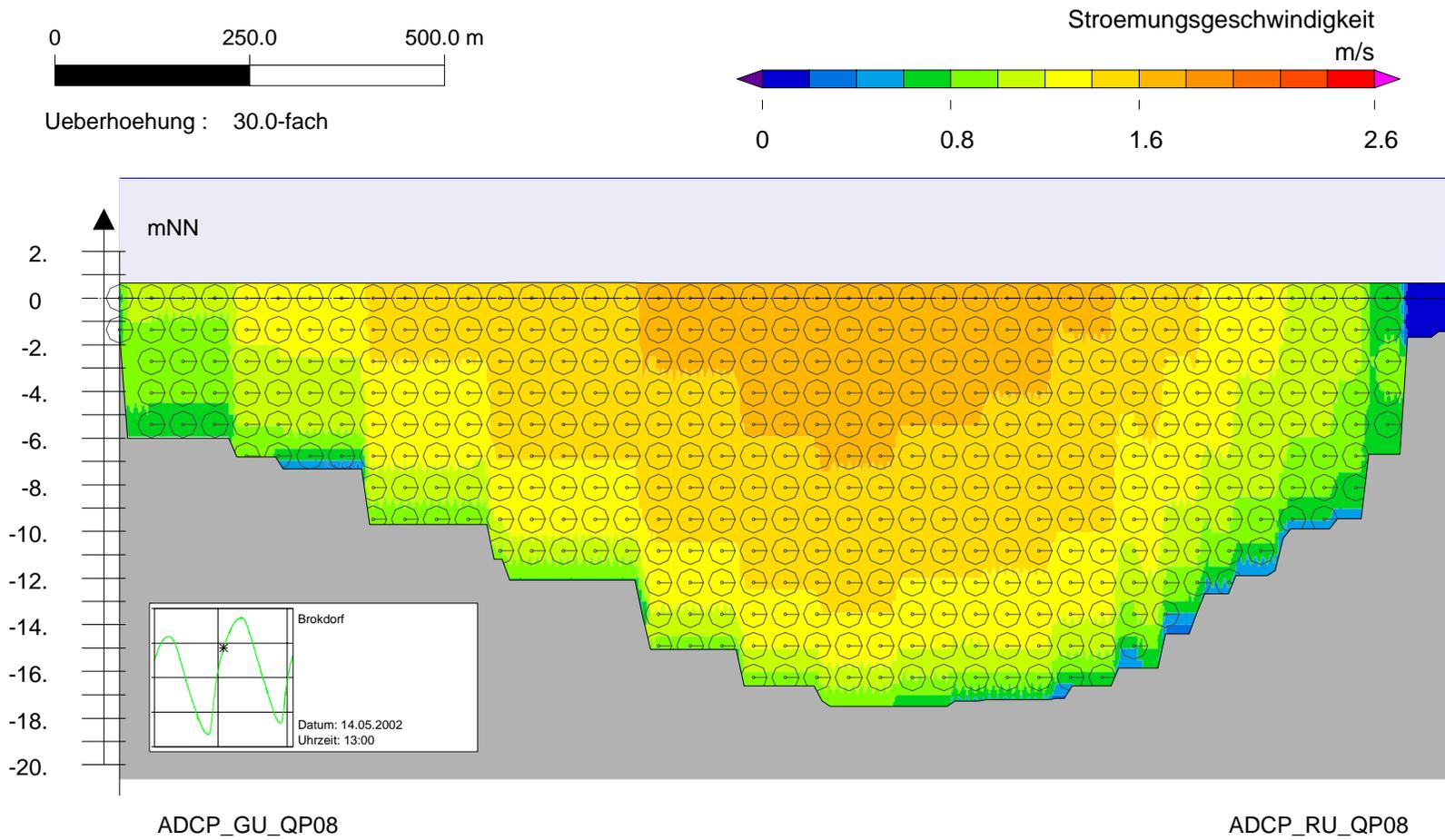


Profil : Elbe_ADCP2002_Querprofil08

Bild 135: Gemessene Strömungsgeschwindigkeit auf ADCP-Querprofil 08, mittlere Zeit der Messfahrt am 14.05.2002 um 12:03 Uhr



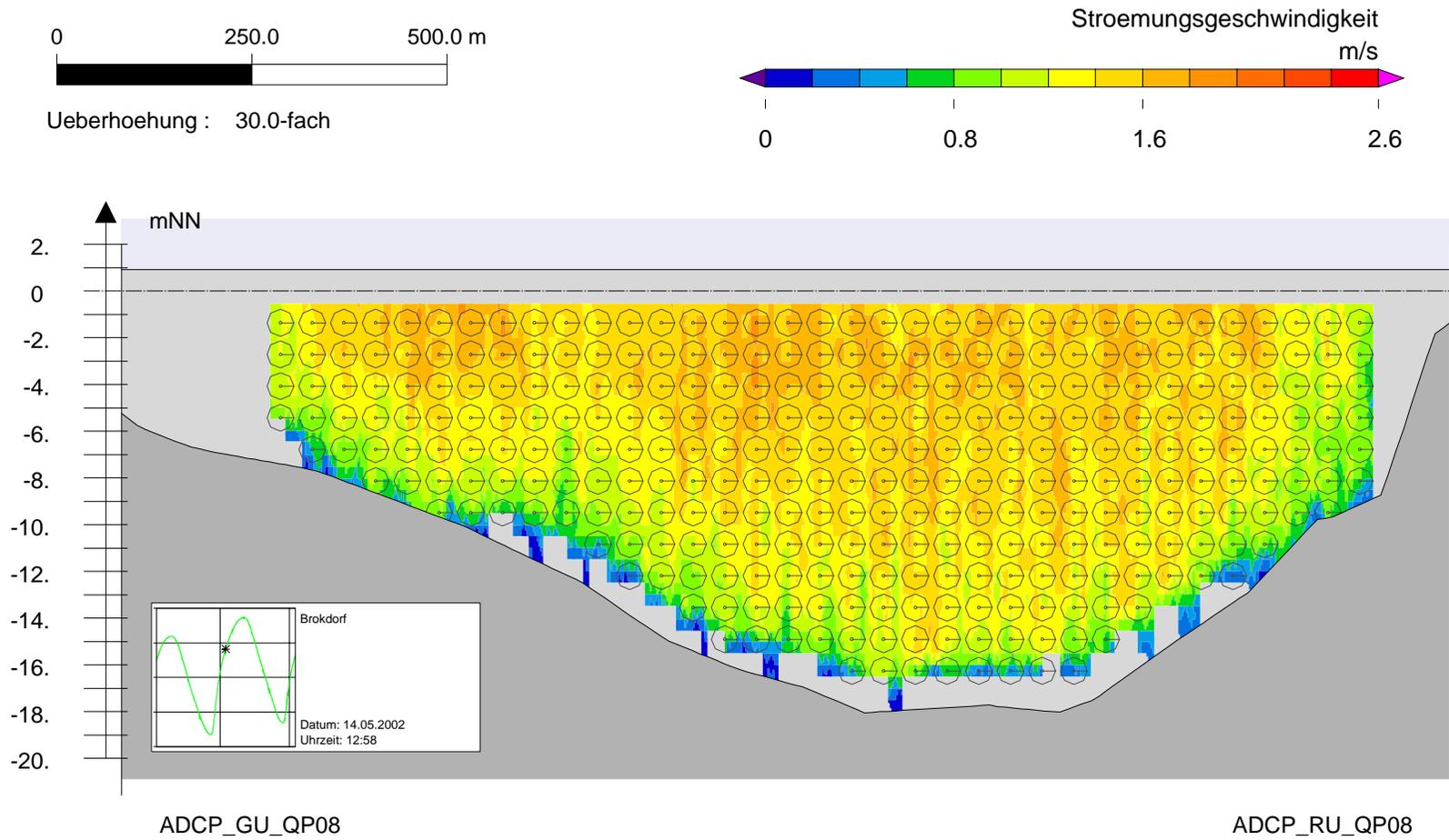
IST - Querprofil ADCP 08



Profil : Elbe_ADCP2002_Querprofil08

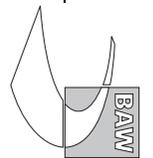
Bild 136: Strömungsgeschwindigkeit aus dem Modell auf ADCP-Querprofil 08, Zeitpunkt am 14.05.2002 um 13:00 Uhr

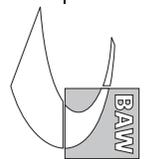
Messung - Querprofil ADCP 08



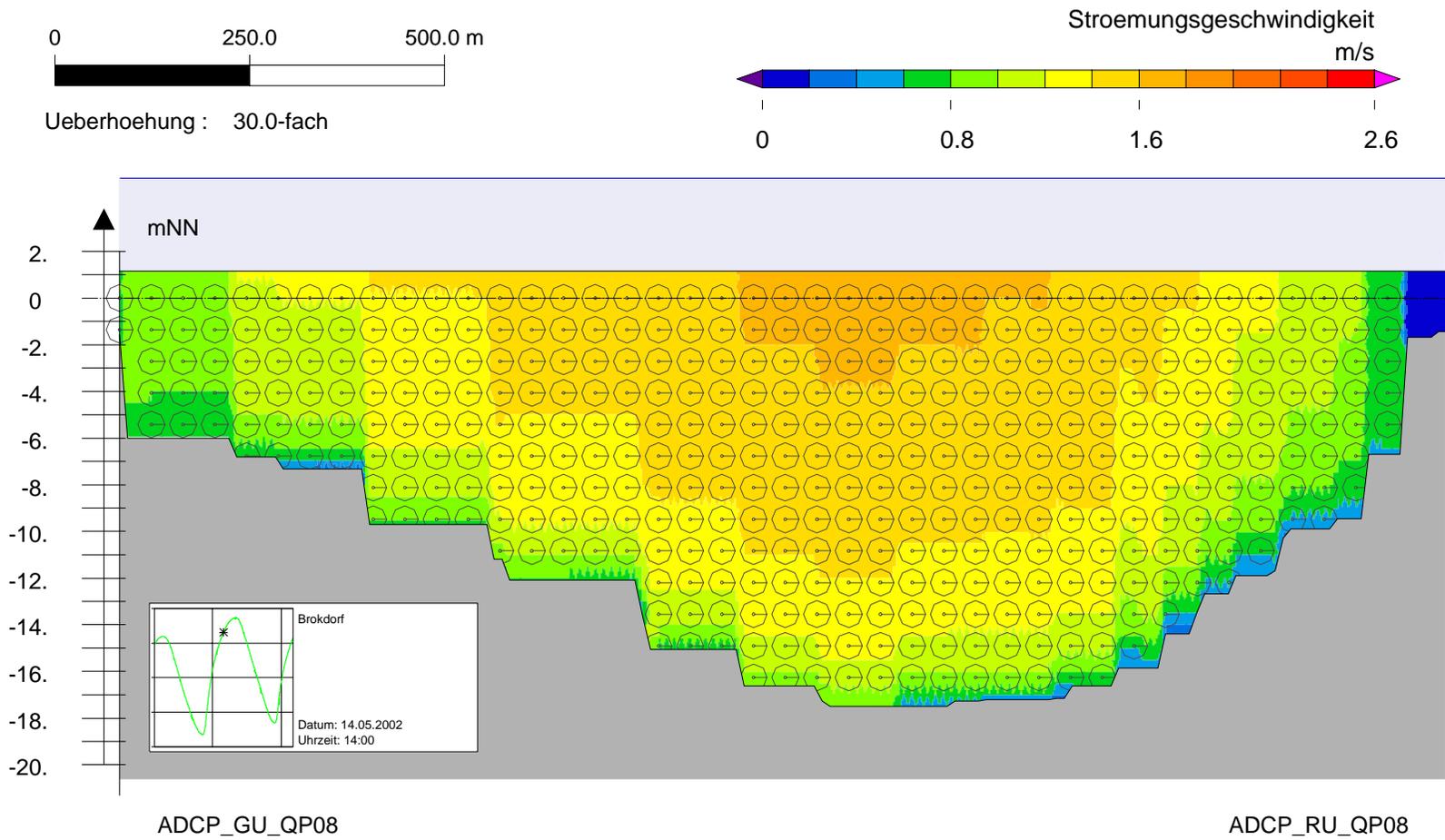
Profil : Elbe_ADCP2002_Querprofil08

Bild 137: Gemessene Strömungsgeschwindigkeit auf ADCP-Querprofil 08, mittlere Zeit der Messfahrt am 14.05.2002 um 12:57 Uhr





IST - Querprofil ADCP 08



Profil : Elbe_ADCP2002_Querprofil08

Bild 138: *Stromungsgeschwindigkeit aus dem Modell auf ADCP-Querprofil 08, Zeitpunkt am 14.05.2002 um 14:00 Uhr*



Messung - Querprofil ADCP 08

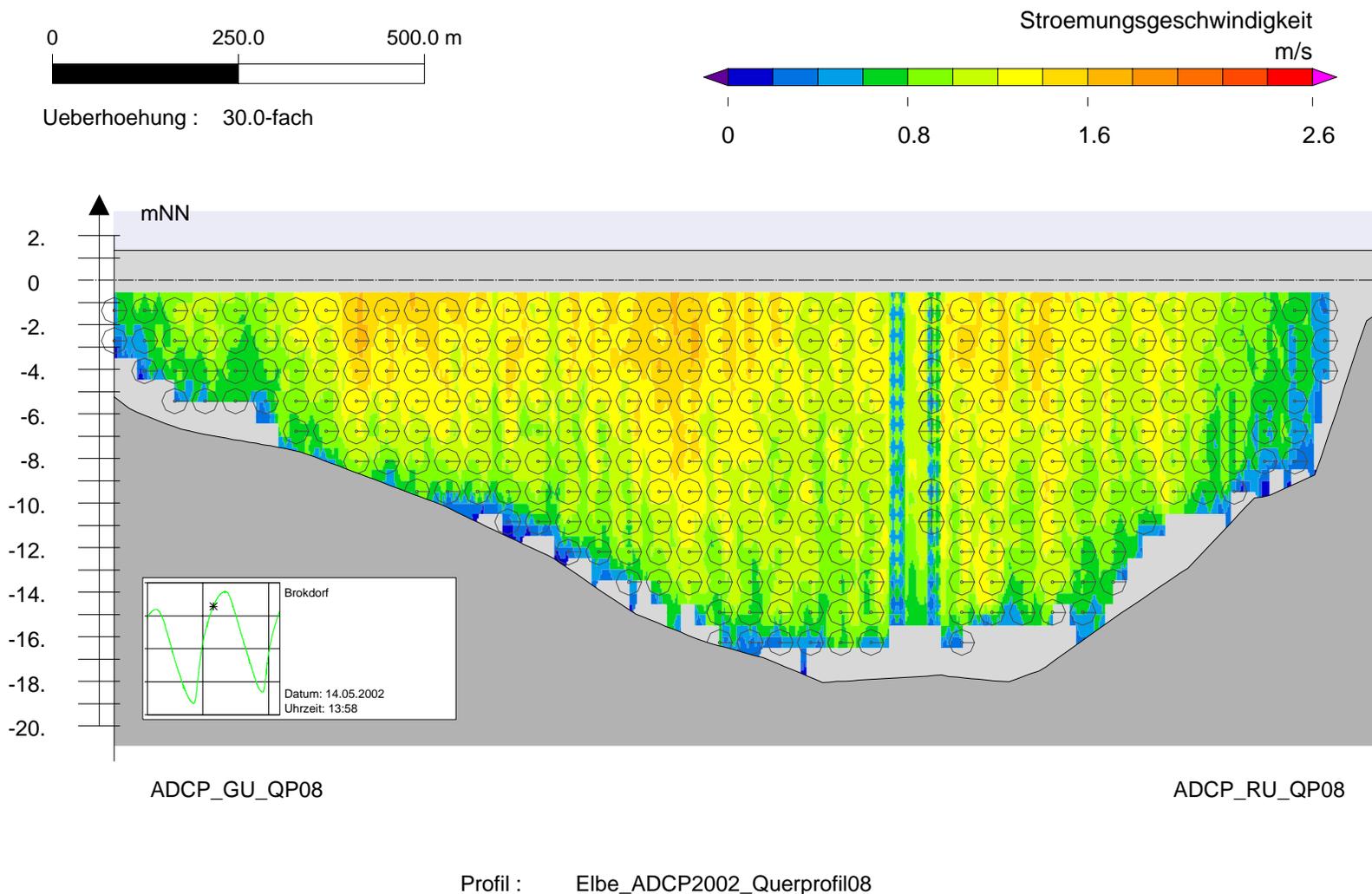
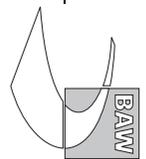
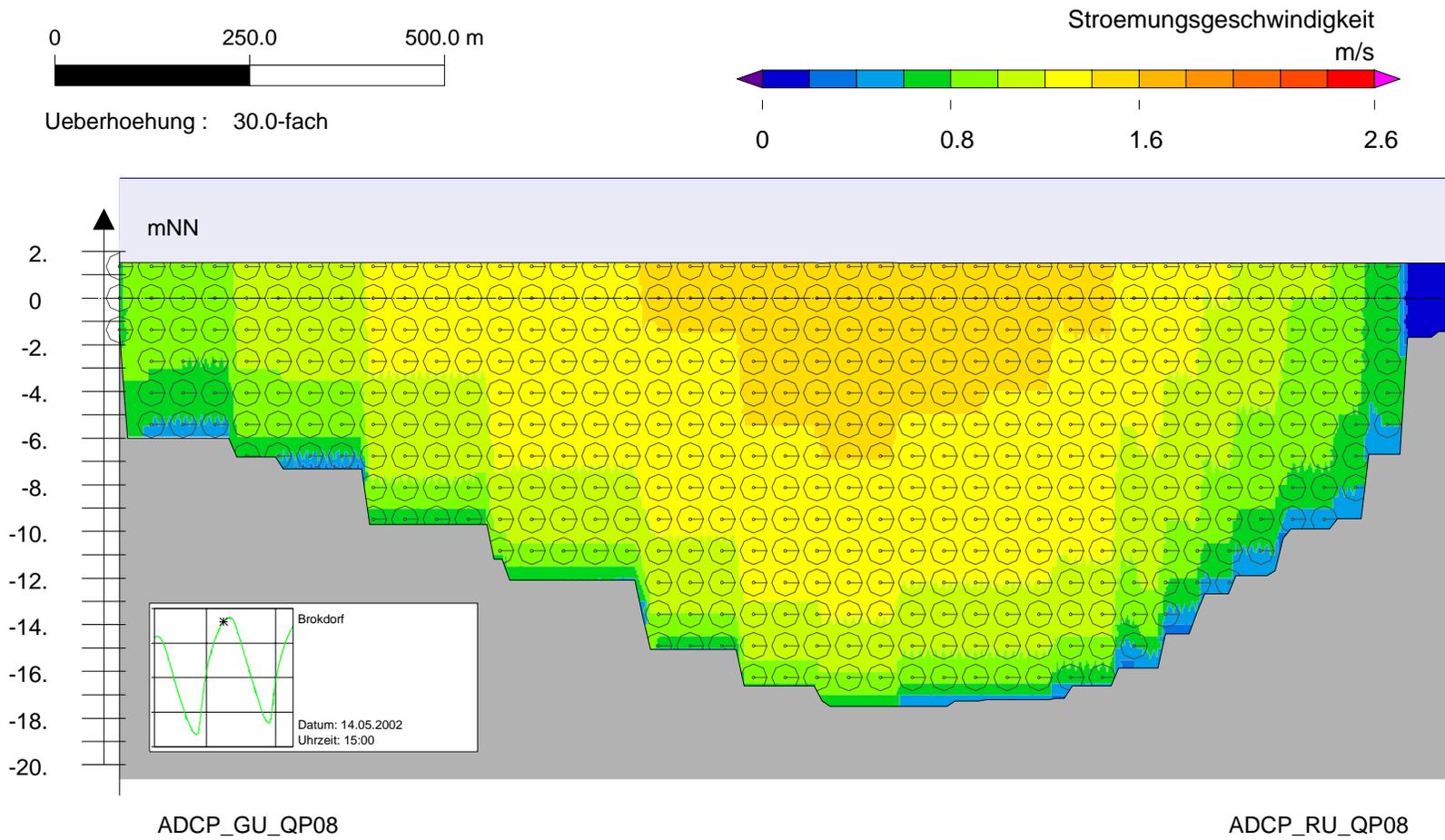


Bild 139: Gemessene Stroemungsgeschwindigkeit auf ADCP-Querprofil 08, mittlere Zeit der Messfahrt am 14.05.2002 um 13:58 Uhr

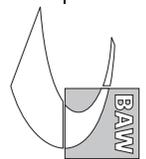


IST - Querprofil ADCP 08

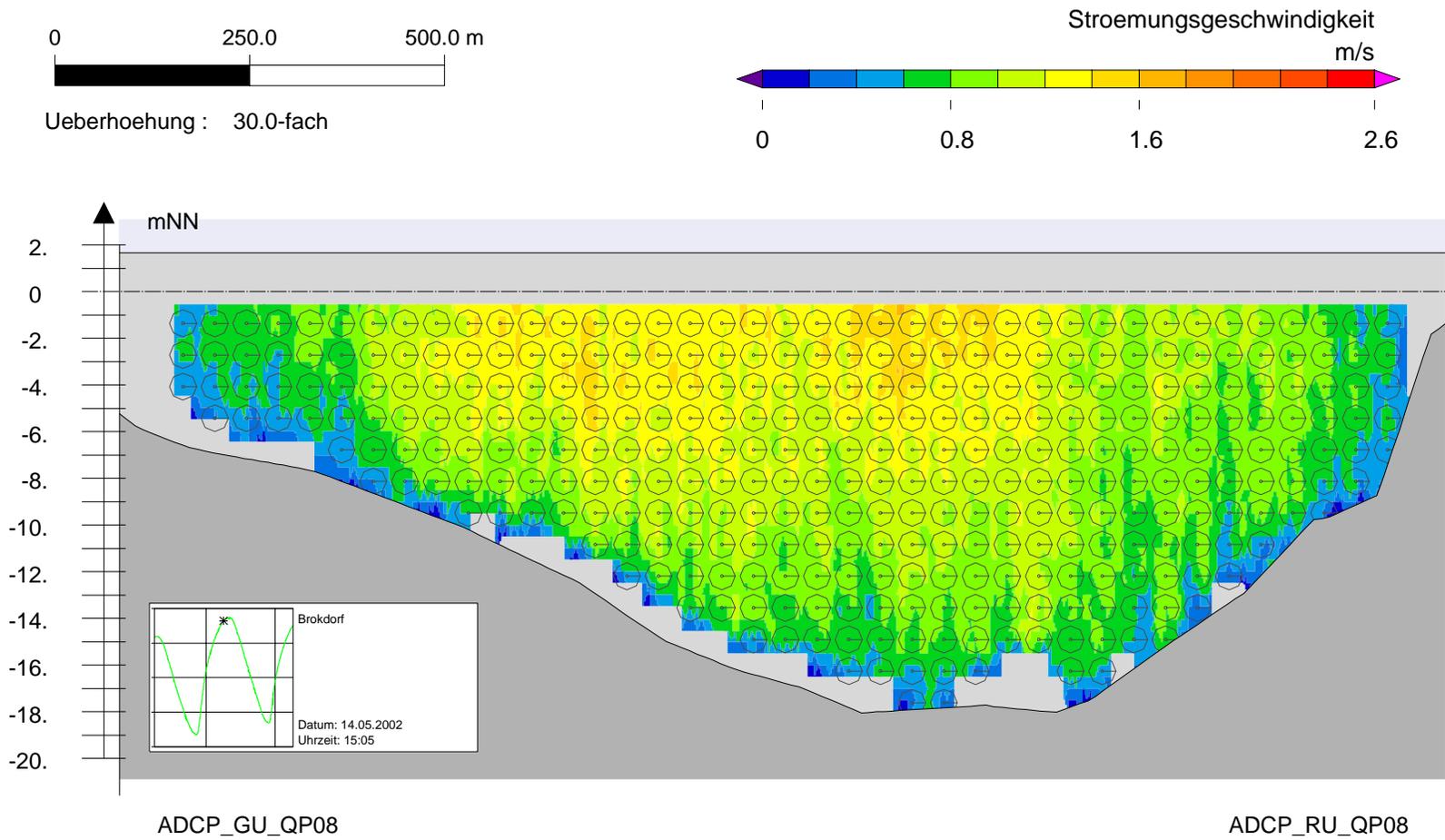


Profil : Elbe_ADCP2002_Querprofil08

Bild 140: Strömungsgeschwindigkeit aus dem Modell auf ADCP-Querprofil 08, Zeitpunkt am 14.05.2002 um 15:00 Uhr

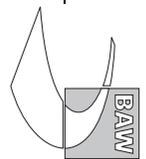


Messung - Querprofil ADCP 08

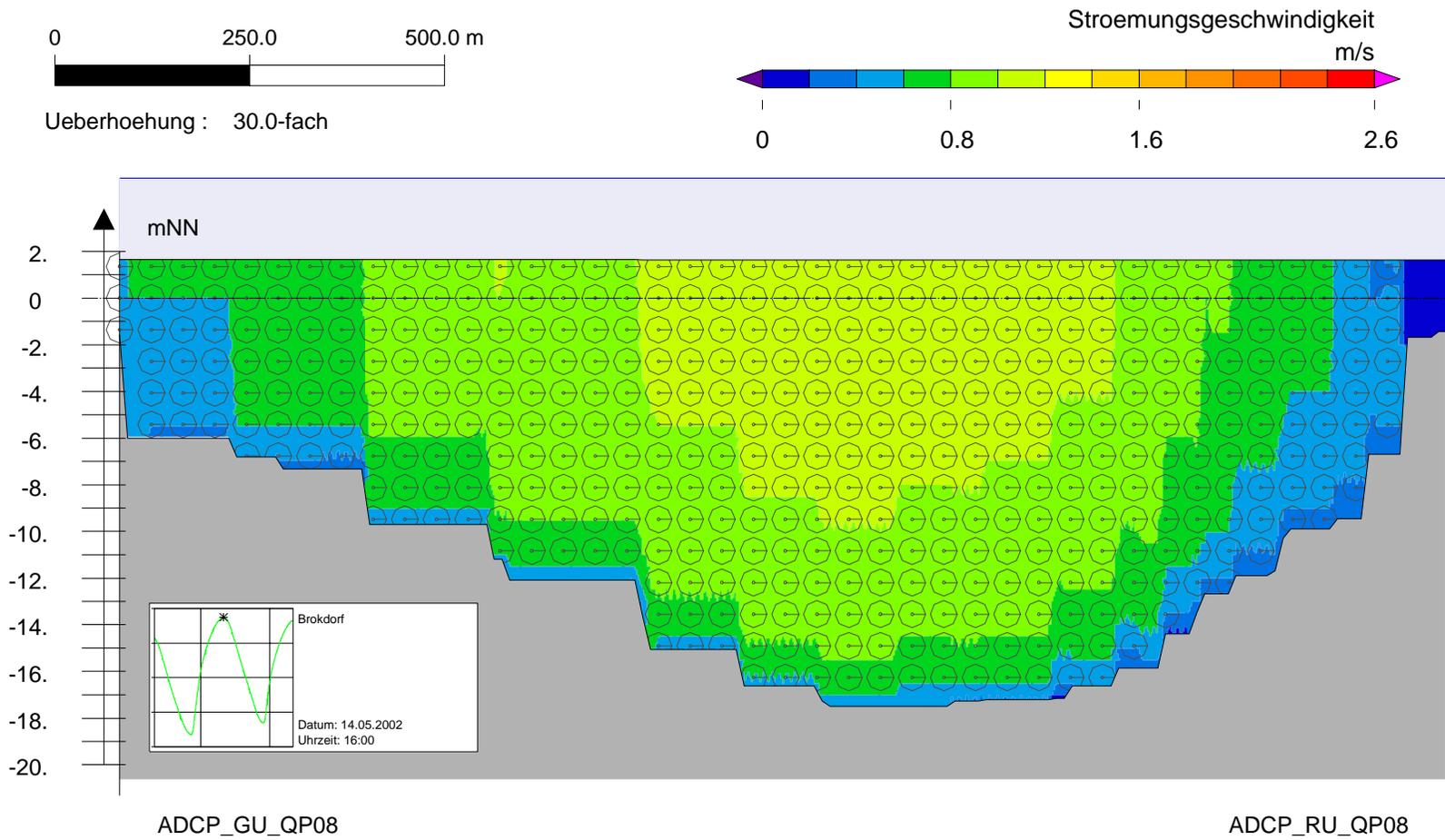


Profil : Elbe_ADCP2002_Querprofil08

Bild 141: Gemessene Strömungsgeschwindigkeit auf ADCP-Querprofil 08, mittlere Zeit der Messfahrt am 14.05.2002 um 15:05 Uhr



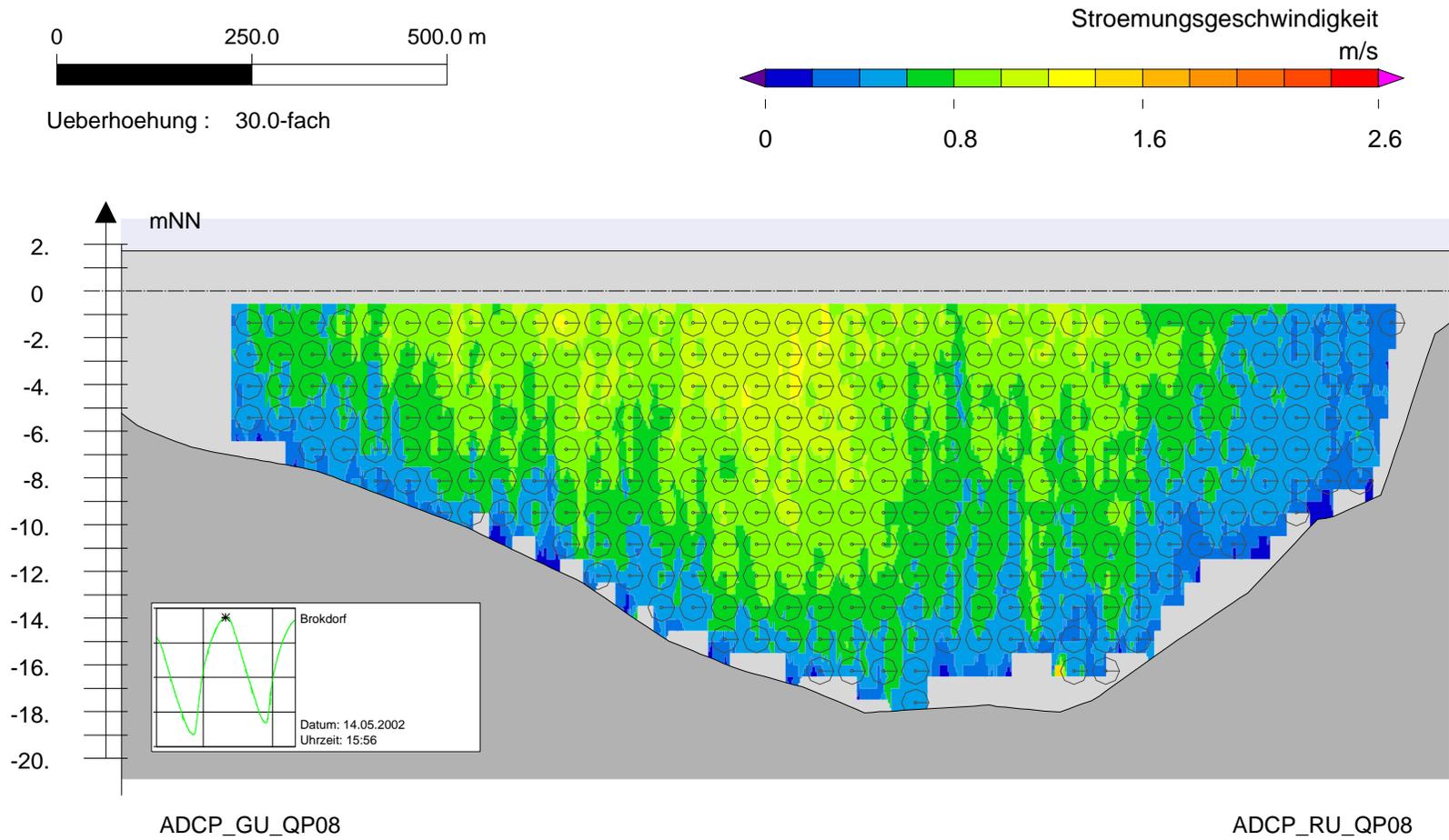
IST - Querprofil ADCP 08



Profil : Elbe_ADCP2002_Querprofil08

Bild 142: Strömungsgeschwindigkeit aus dem Modell auf ADCP-Querprofil 08, Zeitpunkt am 14.05.2002 um 16:00 Uhr

Messung - Querprofil ADCP 08

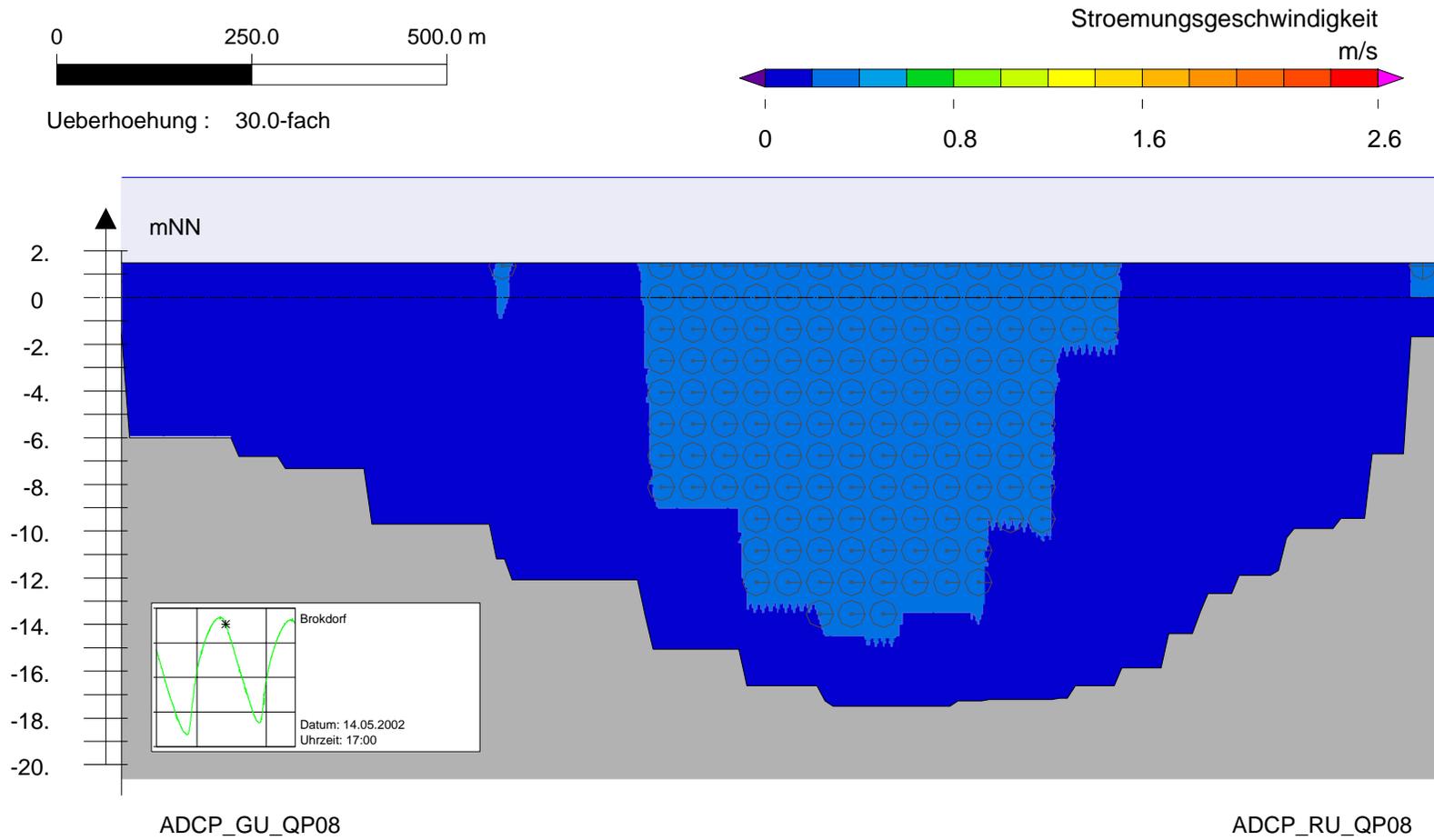


Profil : Elbe_ADCP2002_Querprofil08

Bild 143: Gemessene Strömungsgeschwindigkeit auf ADCP-Querprofil 08, mittlere Zeit der Messfahrt am 14.05.2002 um 15:56 Uhr



IST - Querprofil ADCP 08



Profil : Elbe_ADCP2002_Querprofil08

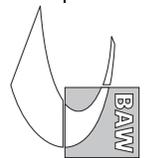
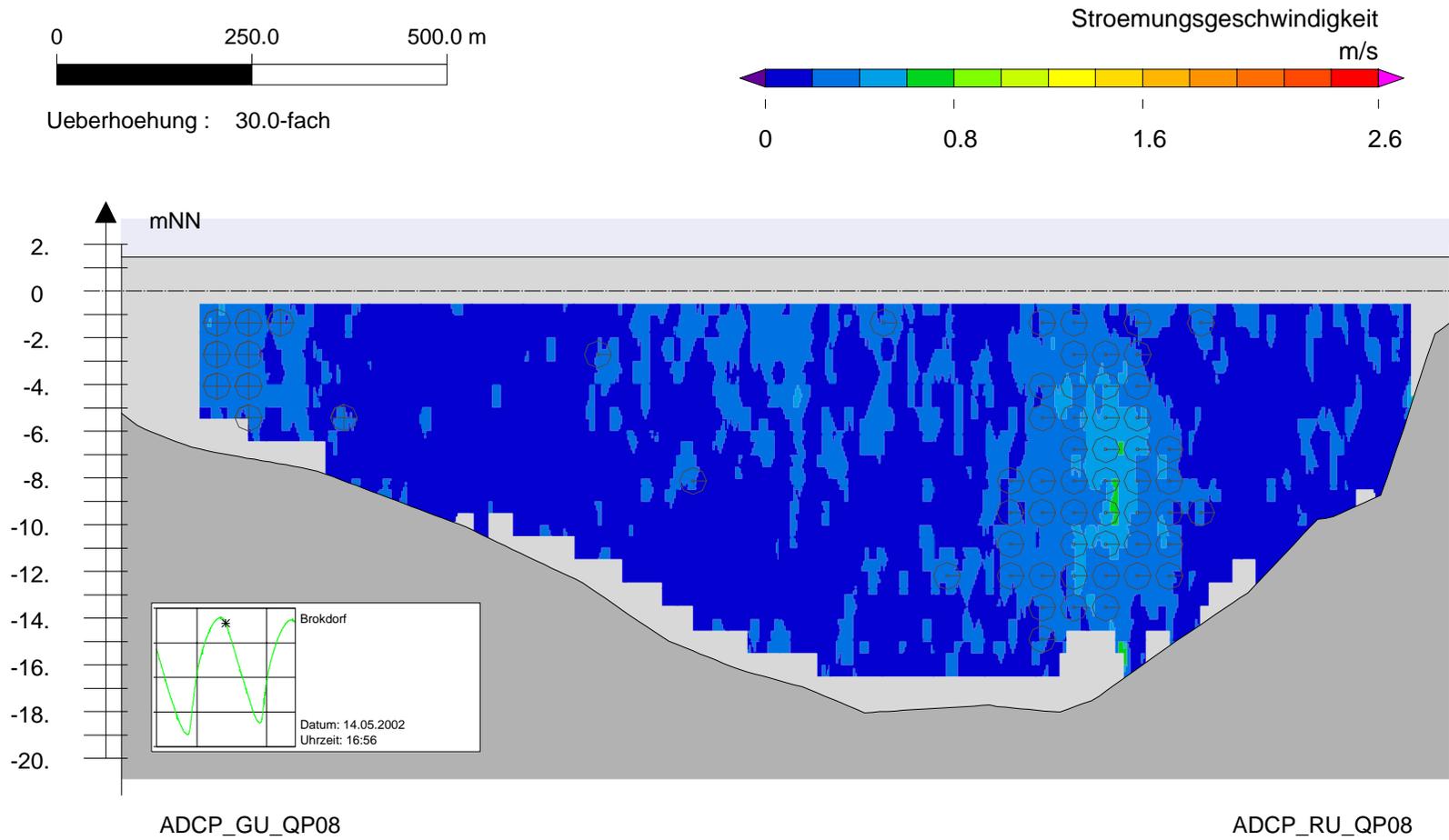


Bild 144: Strömungsgeschwindigkeit aus dem Modell auf ADCP-Querprofil 08, Zeitpunkt am 14.05.2002 um 17:00 Uhr

Messung - Querprofil ADCP 08



Profil : Elbe_ADCP2002_Querprofil08

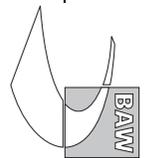
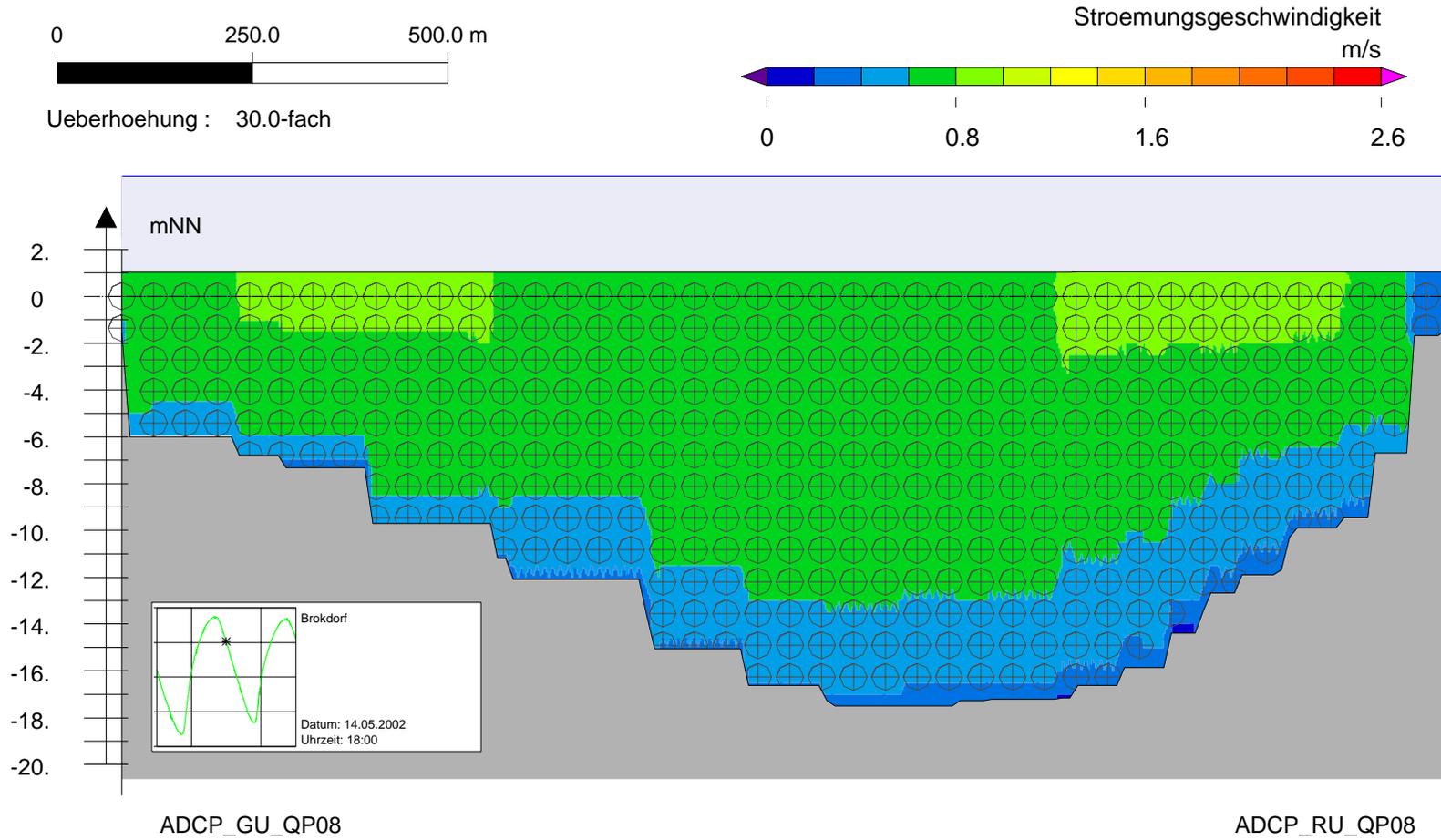


Bild 145: Gemessene Strömungsgeschwindigkeit auf ADCP-Querprofil 08, mittlere Zeit der Messfahrt am 14.05.2002 um 16:56 Uhr

IST - Querprofil ADCP 08

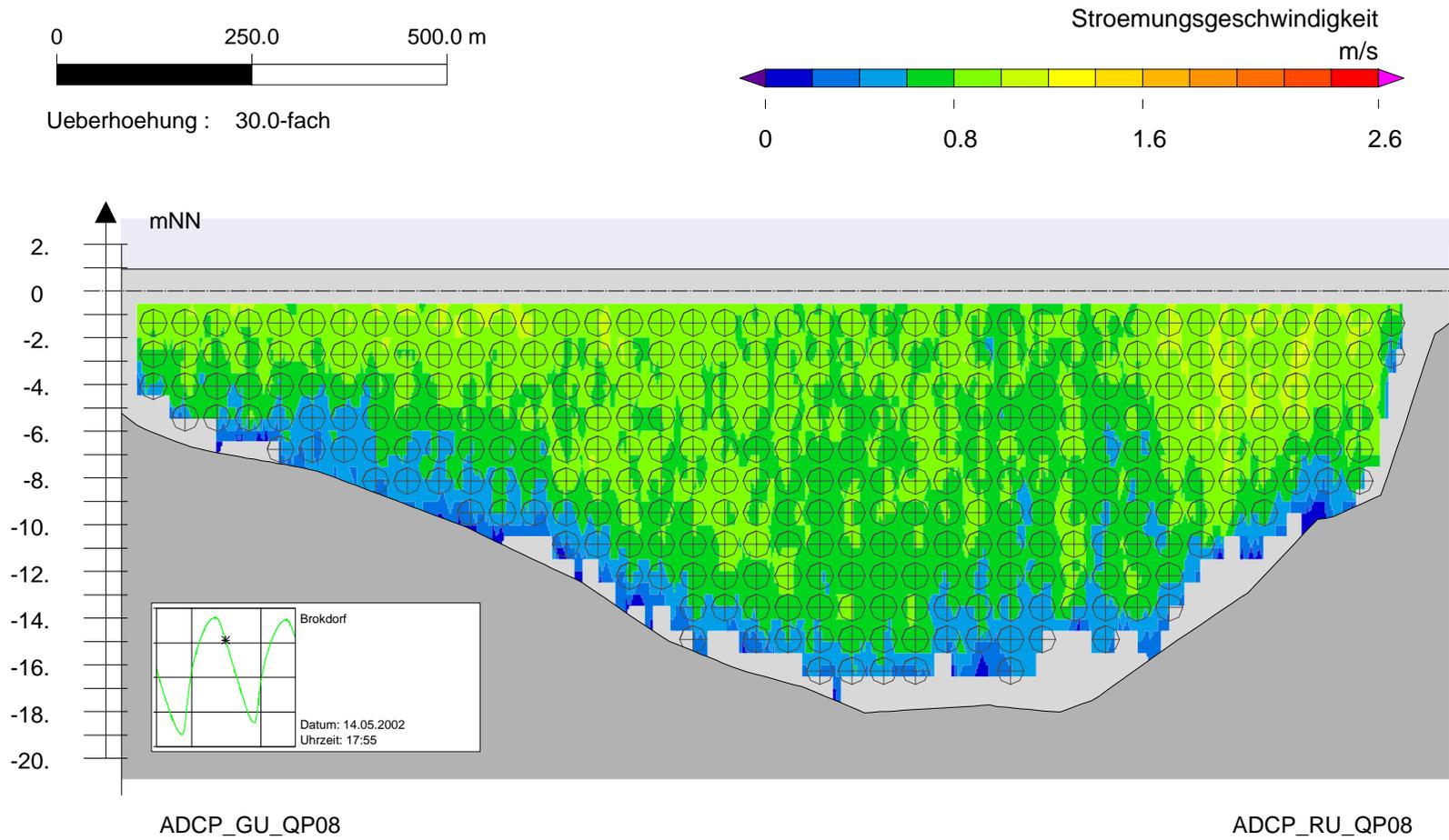


Profil : Elbe_ADCP2002_Querprofil08



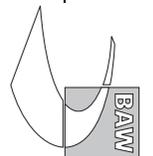
Bild 146: Strömungsgeschwindigkeit aus dem Modell auf ADCP-Querprofil 08, Zeitpunkt am 14.05.2002 um 18:00 Uhr

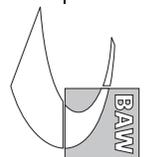
Messung - Querprofil ADCP 08



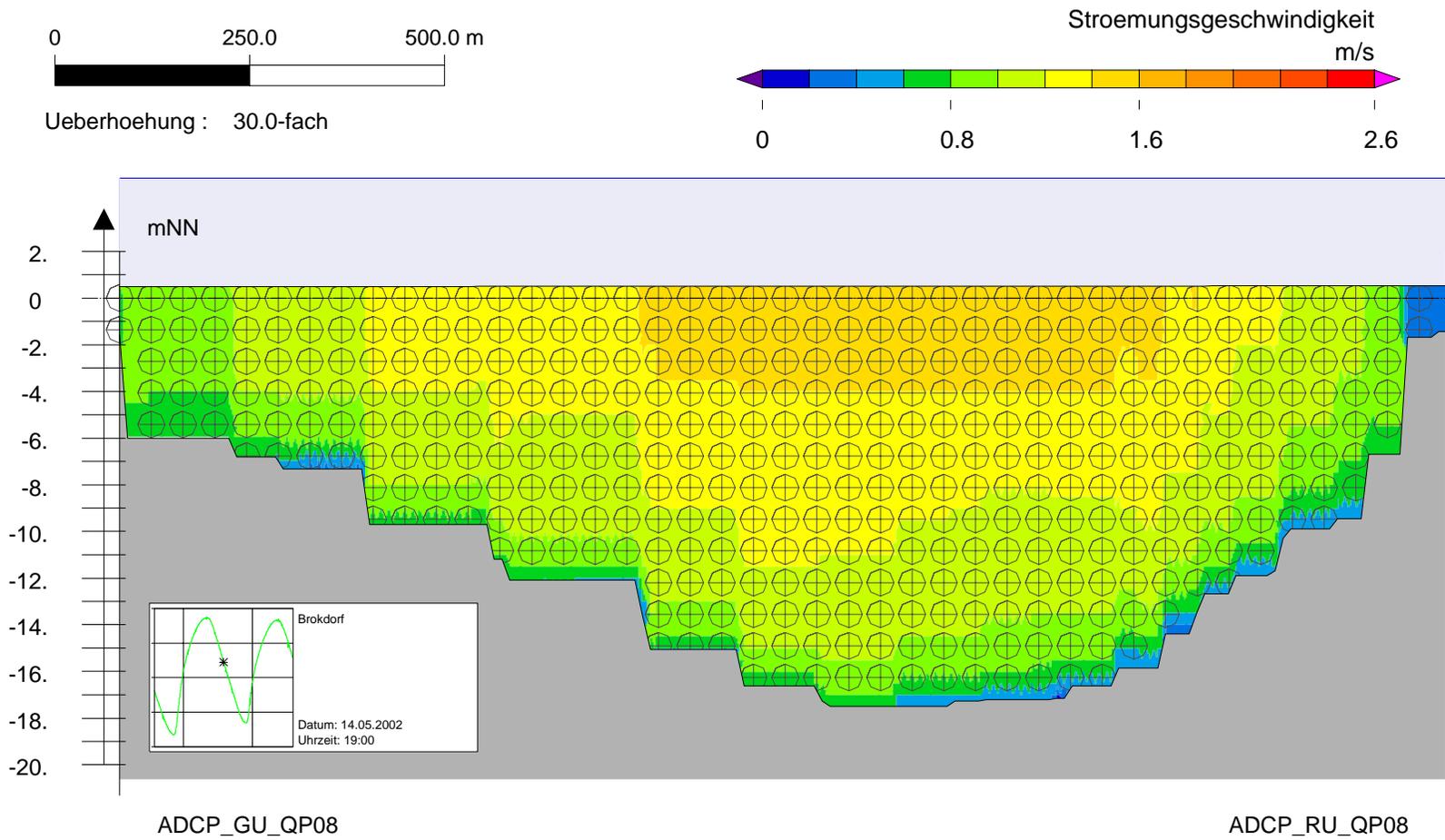
Profil : Elbe_ADCP2002_Querprofil08

Bild 147: Gemessene Strömungsgeschwindigkeit auf ADCP-Querprofil 08, mittlere Zeit der Messfahrt am 14.05.2002 um 17:55 Uhr





IST - Querprofil ADCP 08



Profil : Elbe_ADCP2002_Querprofil08

Bild 148: Strömungsgeschwindigkeit aus dem Modell auf ADCP-Querprofil 08, Zeitpunkt am 14.05.2002 um 19:00 Uhr

Messung - Querprofil ADCP 08

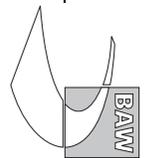
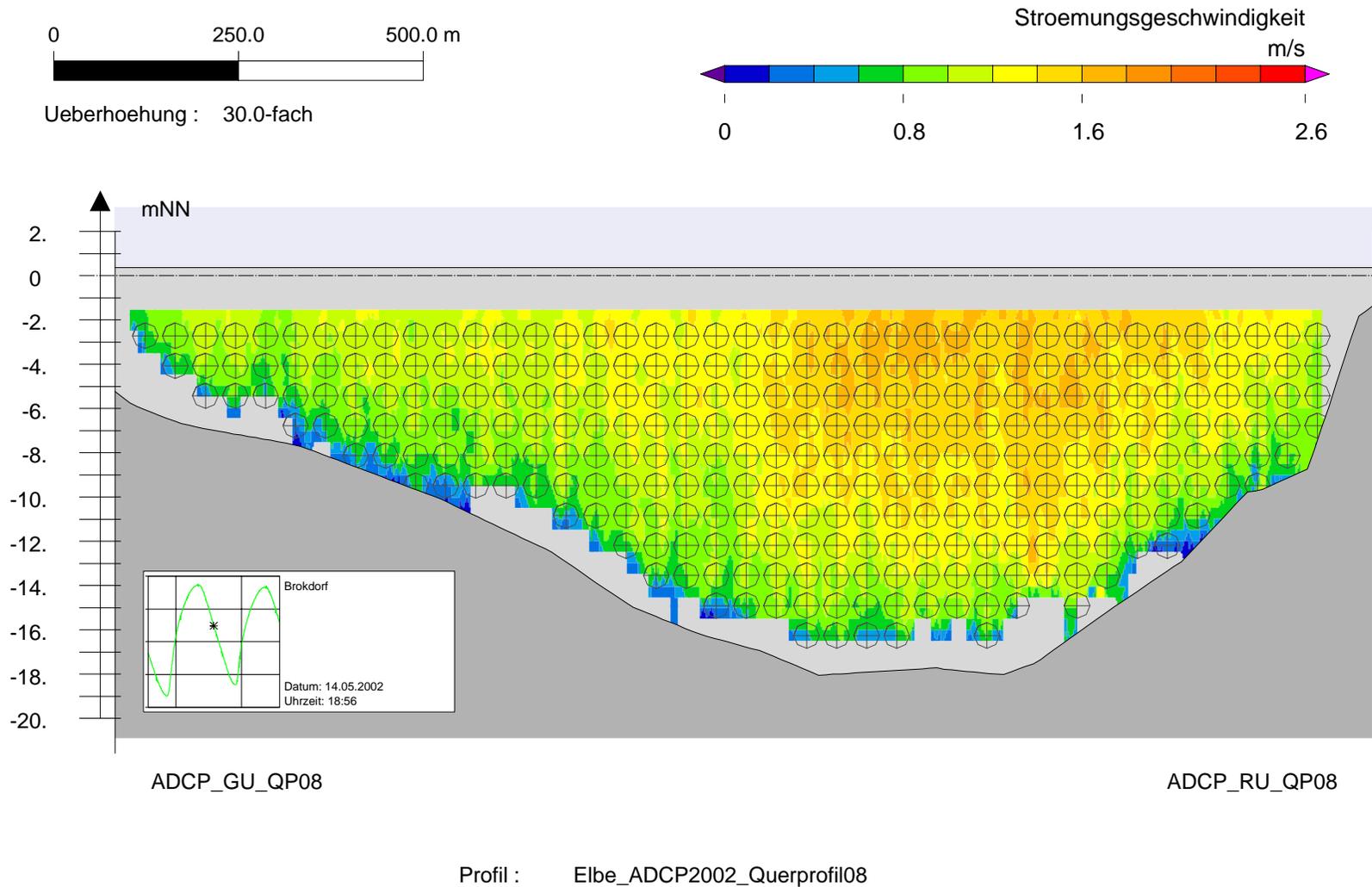


Bild 149: Gemessene Strömungsgeschwindigkeit auf ADCP-Querprofil 08, mittlere Zeit der Messfahrt am 14.05.2002 um 18:56 Uhr



6 Salzgehalt an Langzeitmessstationen

Die Langzeitmessstationen, an denen auch die Strömungsgeschwindigkeiten (Kapitel 3) gemessen wurden, haben auch den Salzgehalt aufgenommen. Dies sind sechs Stationen im Bereich des WSA Cuxhaven. Die Dauermessstation D4 des WSA Hamburg war vor Glückstadt verankert. Wegen der geringen Salzgehalte wurde der Wertebereich der Skalierung dort reduziert. Der Untersuchungszeitraum reicht vom 11.05.2002 bis zum 26.05.2002.

Ein eindeutiges Signal ist an der Station D4 des WSA Hamburg nur während einer kurzen Zeitspanne zu erkennen, die Werte liegen im Bereich des Signalrauschens bei etwa einem halben Promille. Erst gegen Ende des Simulationszeitraums am 25. und 26.05.2002 kann man in den sohnahen Messungen das Salzgehaltsmaximum erkennen, das phasenrichtig zum modellierten Maximum liegt. Messung und Modellergebnisse liegen dann auch in der gleichen Größenordnung. Das Modell erzielt in Salzgehaltsvariation (Amplitude des Signals) überwiegend eine hohe Übereinstimmung zwischen Messung und Modell. In einigen Fällen liefert es eine etwas zu geringe Variation. Tendenziell liegen die Modellwerte an den Stationen des WSA Cuxhaven etwas niedriger als die Messwerte.

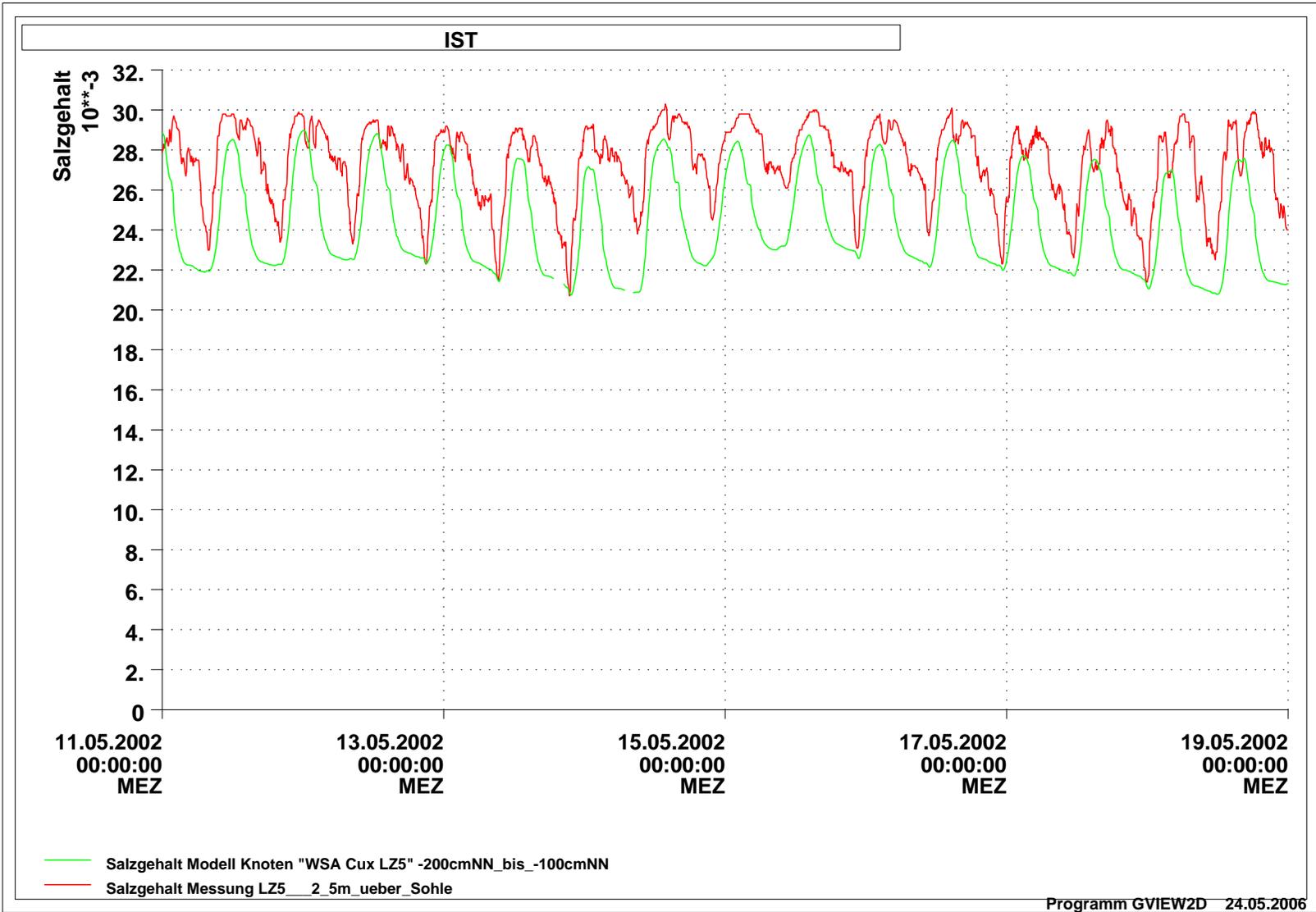
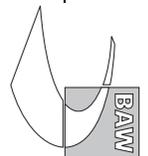


Bild 150: Salzgehalt an der Langzeitmessstation 5 des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

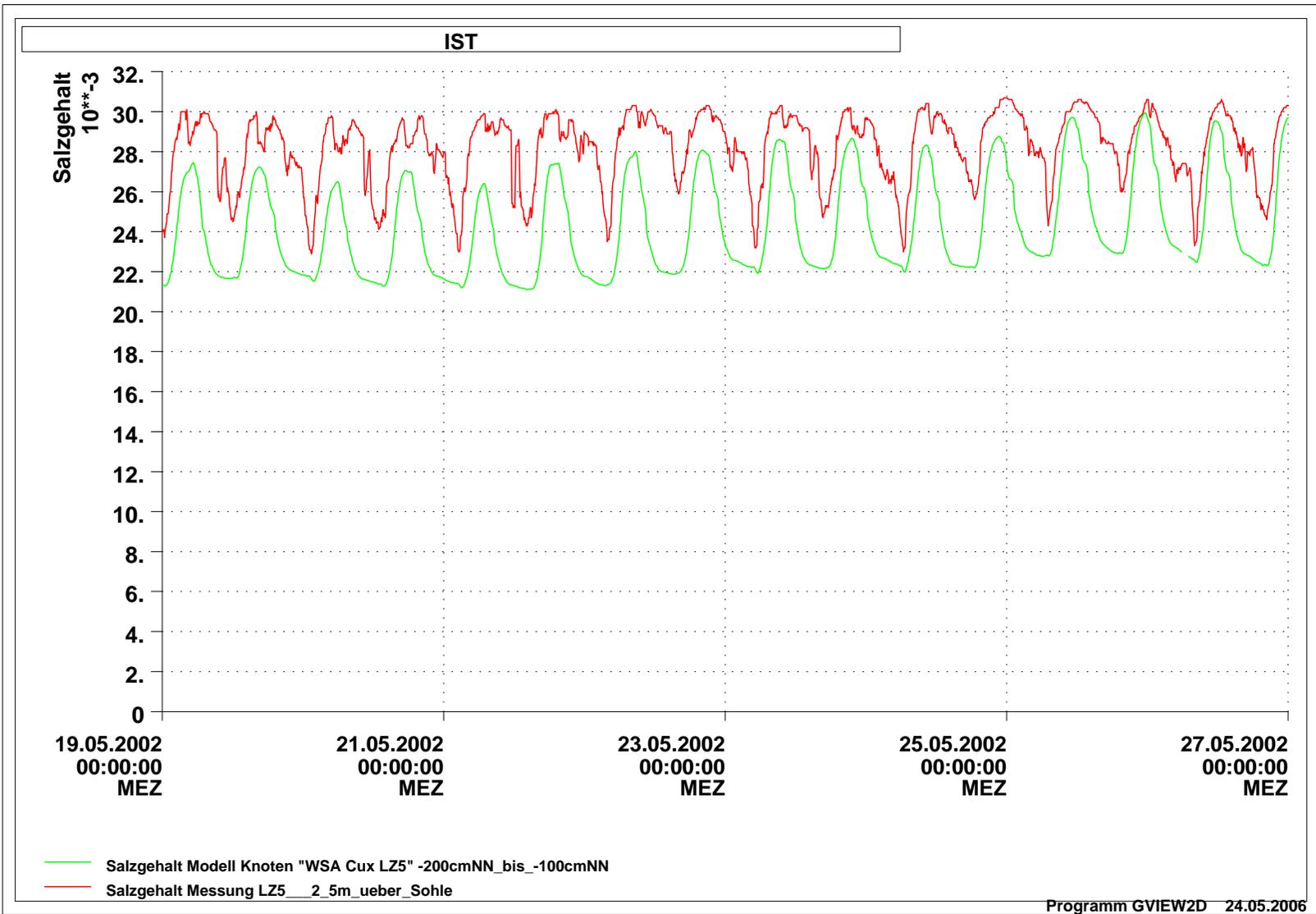


Bild 151: Salzgehalt an der Langzeitmessstation 5 des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

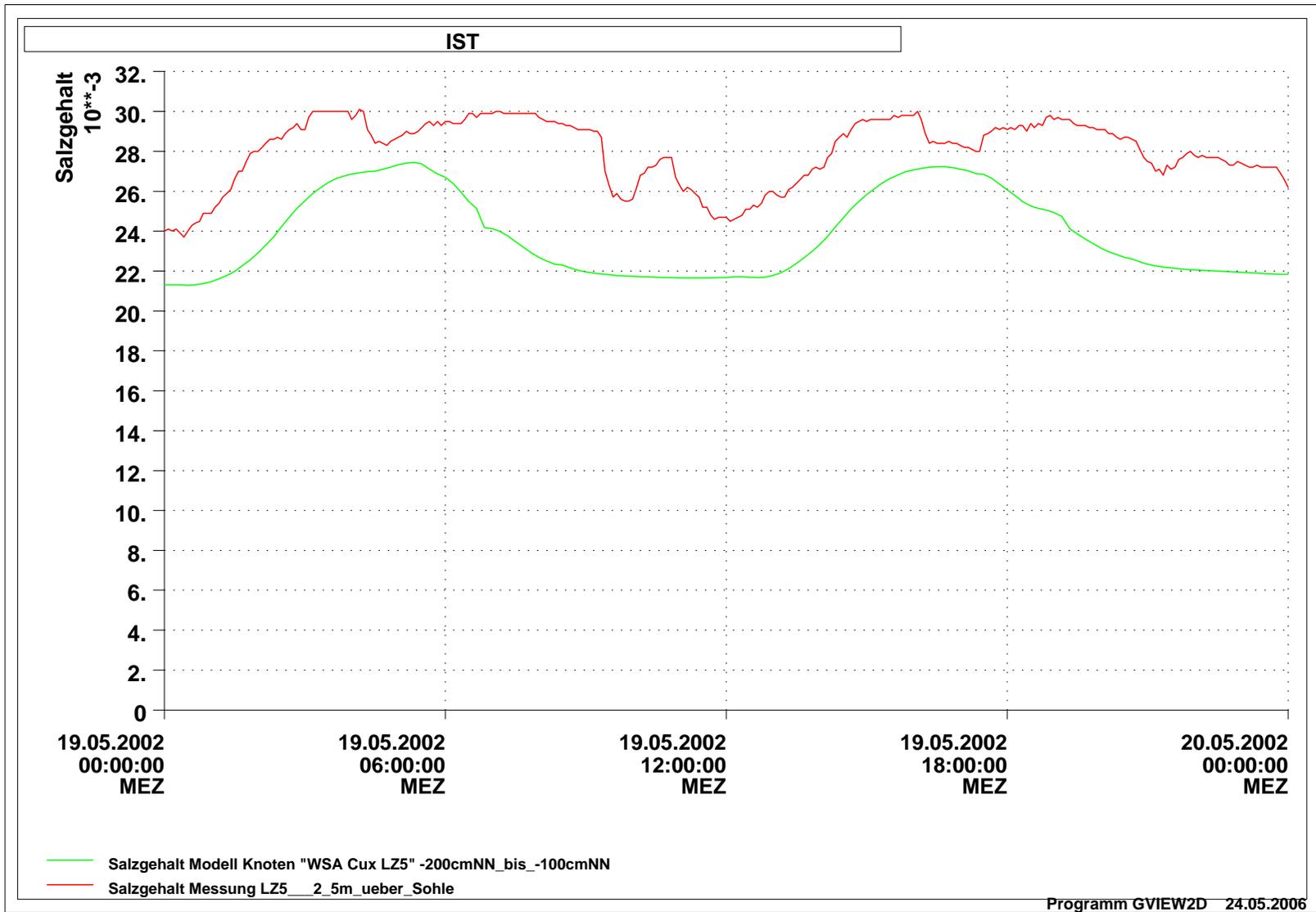


Bild 152: Salzgehalt an der Langzeitmessstation 5 des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

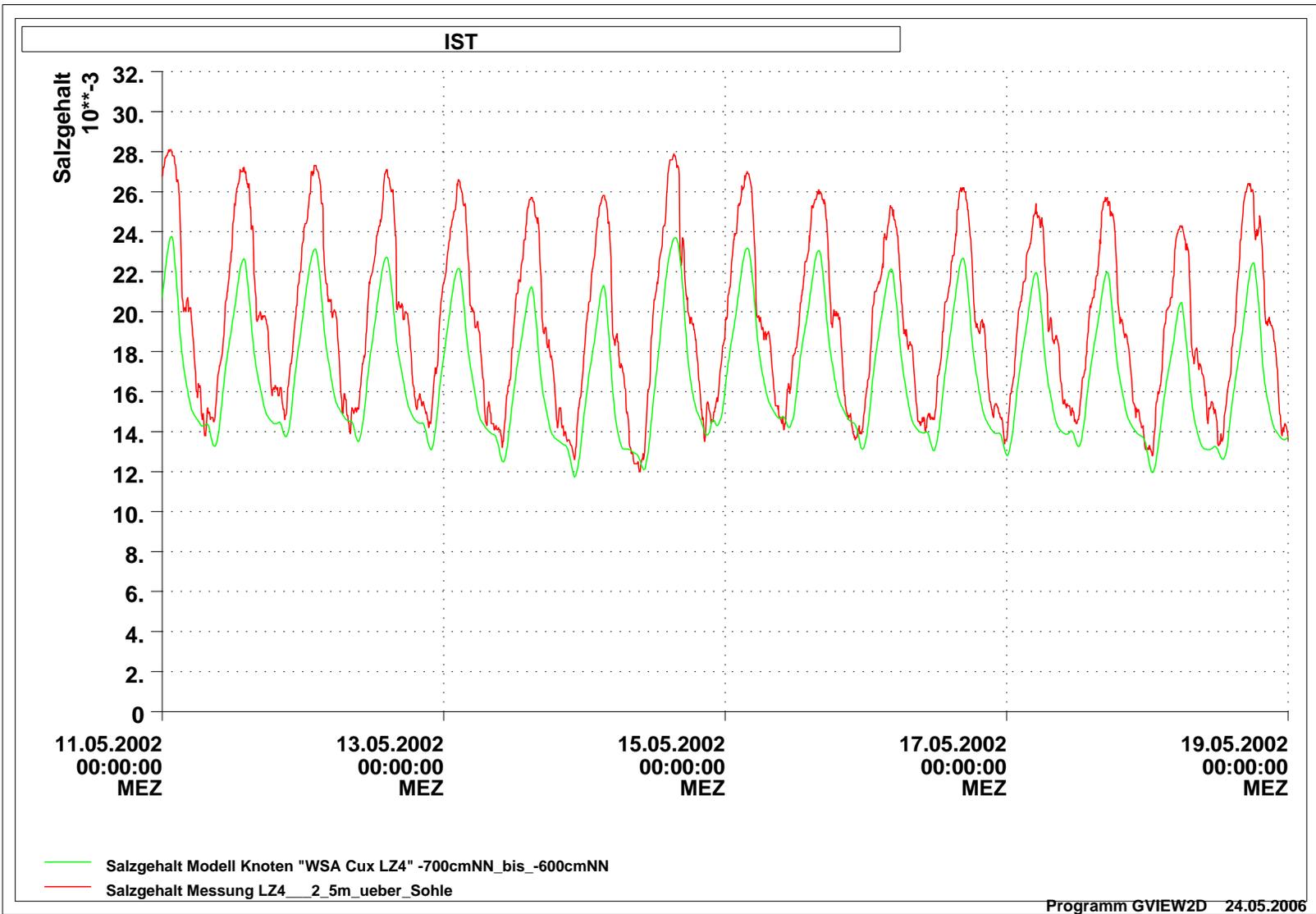


Bild 153: Salzgehalt an der Langzeitmessstation 4 des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

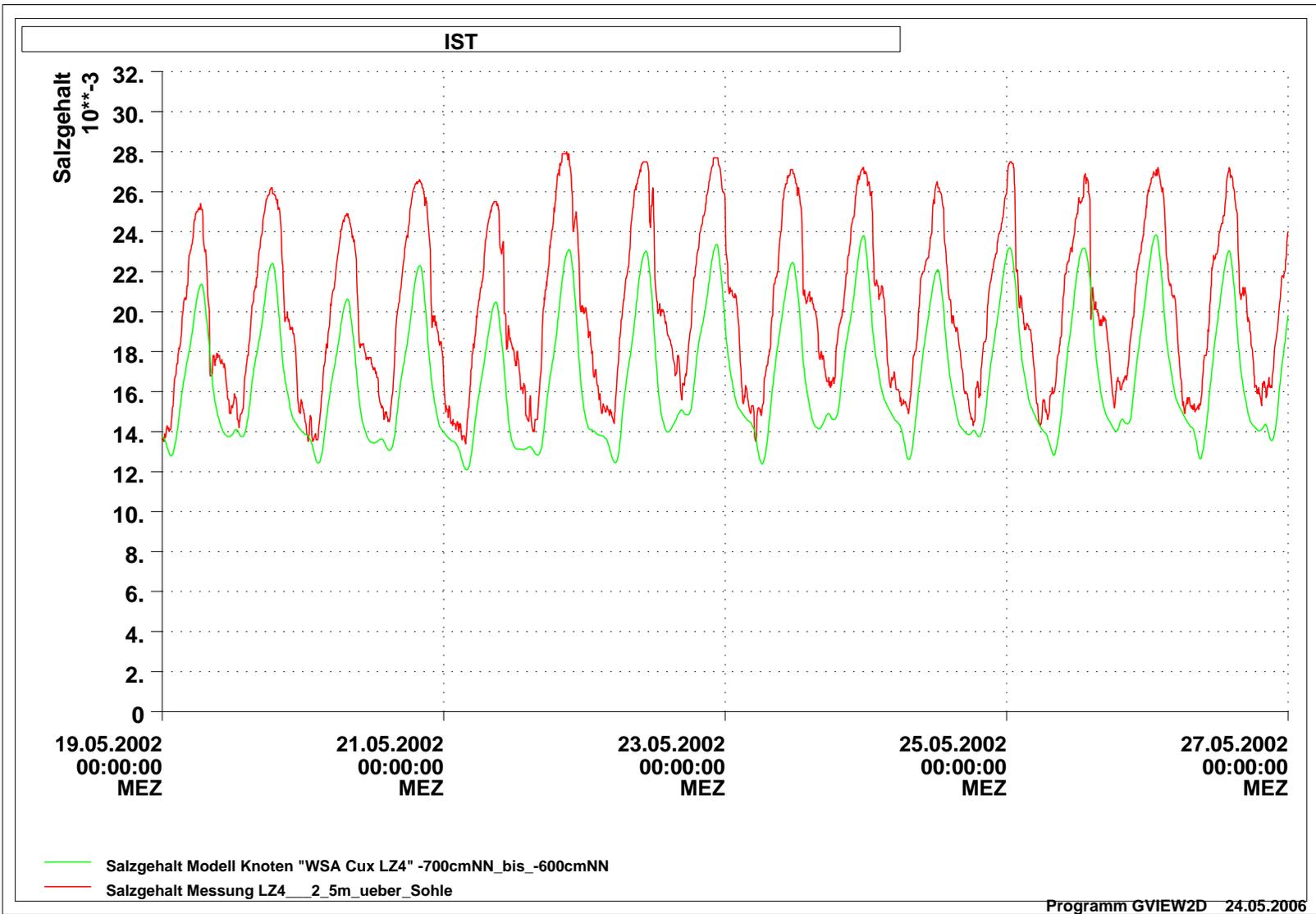


Bild 154: Salzgehalt an der Langzeitmessstation 4 des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

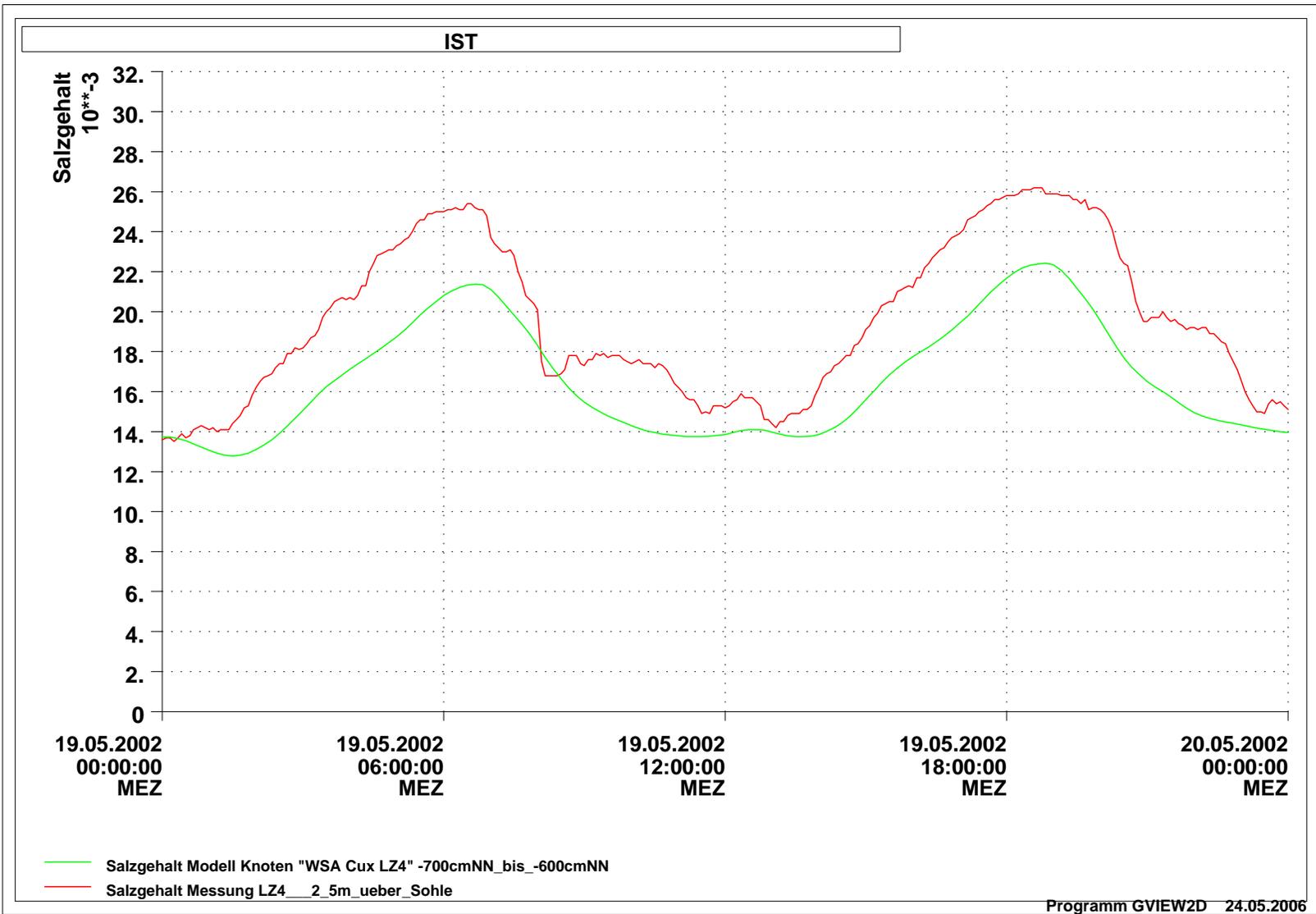


Bild 155: Salzgehalt an der Langzeitmessstation 4 des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

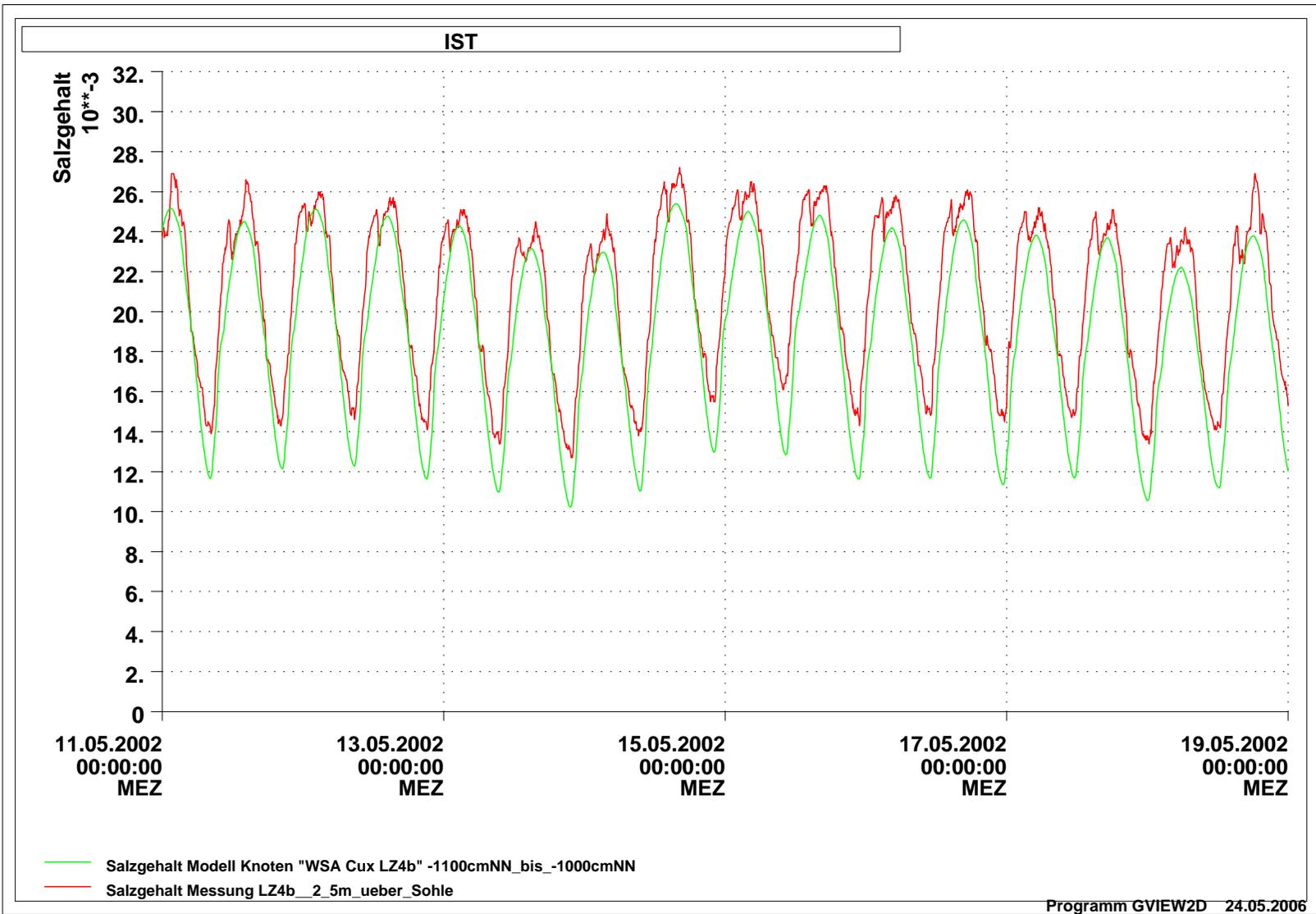


Bild 156: Salzgehalt an der Langzeitmessstation 4b des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

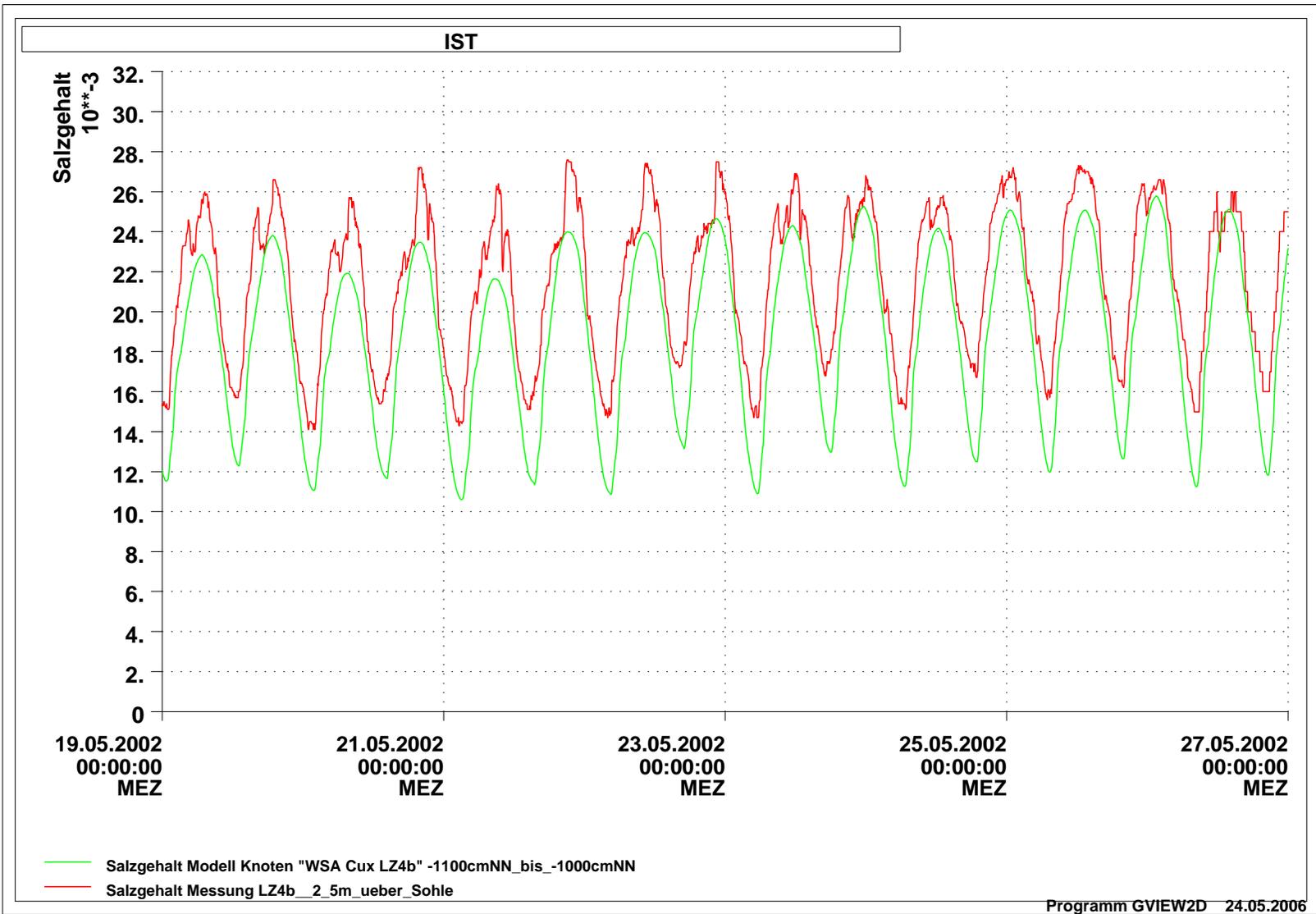


Bild 157: Salzgehalt an der Langzeitmessstation 4b des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

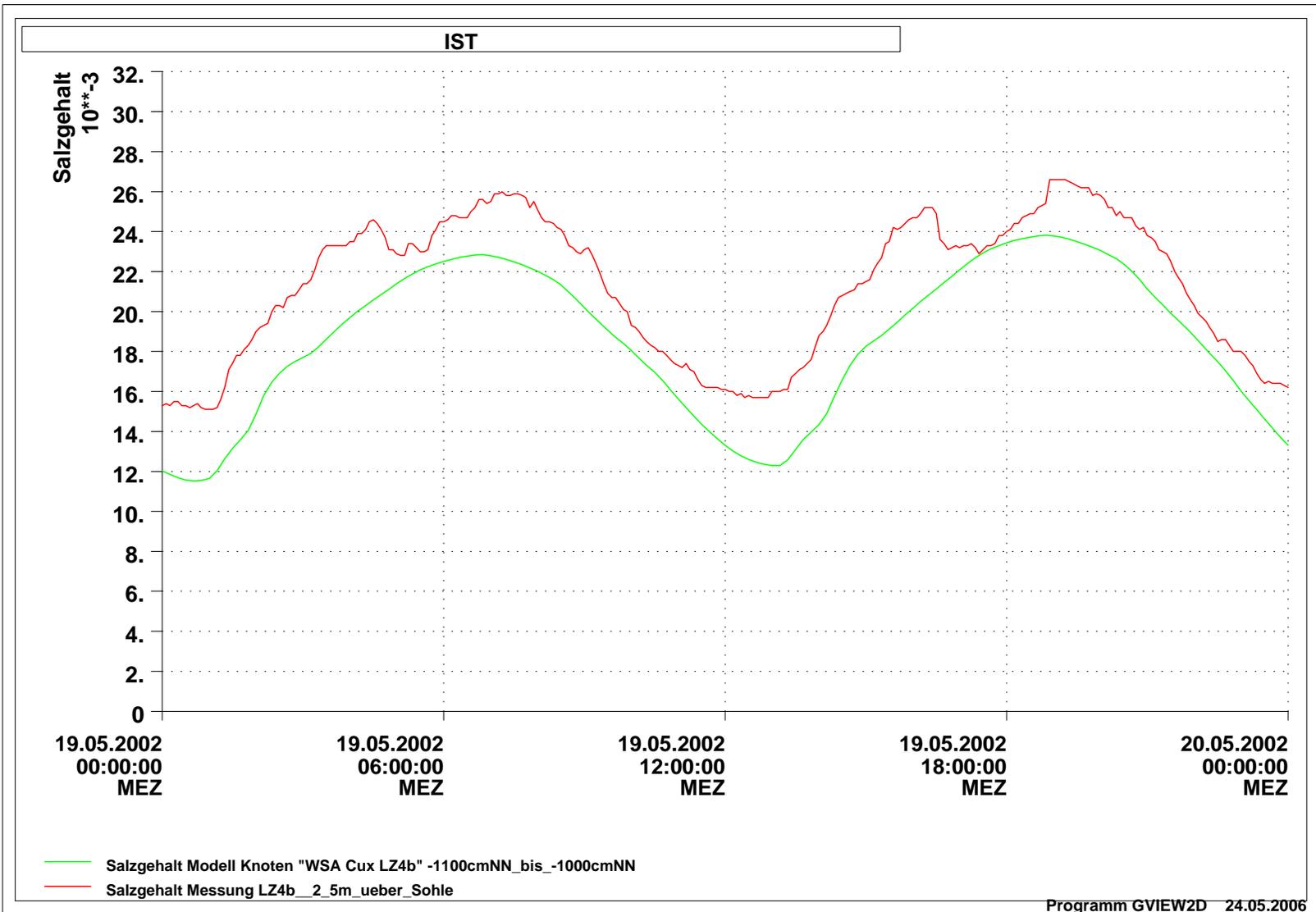


Bild 158: Salzgehalt an der Langzeitmessstation 4b des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

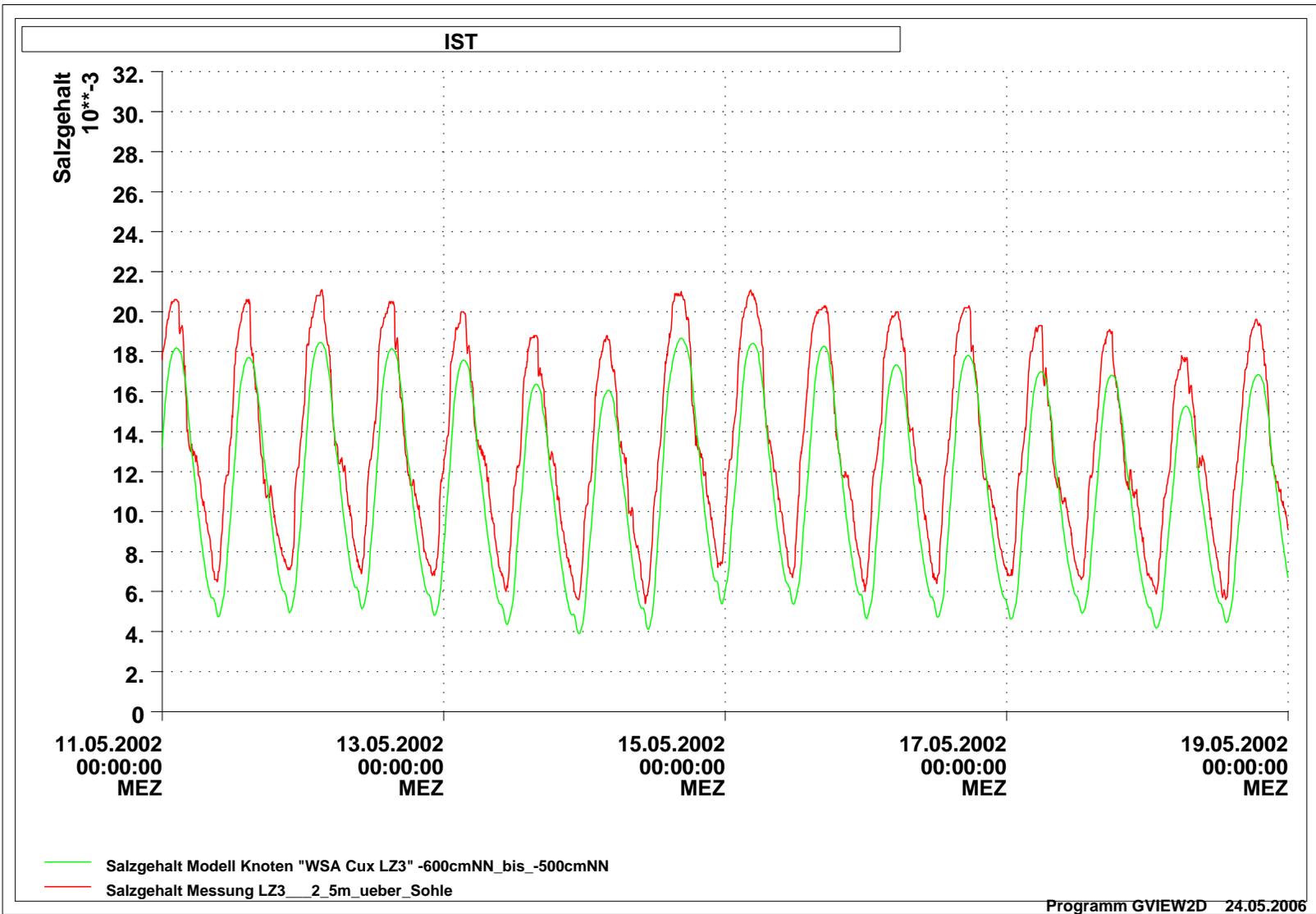


Bild 159: Salzgehalt an der Langzeitmessstation 3 des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

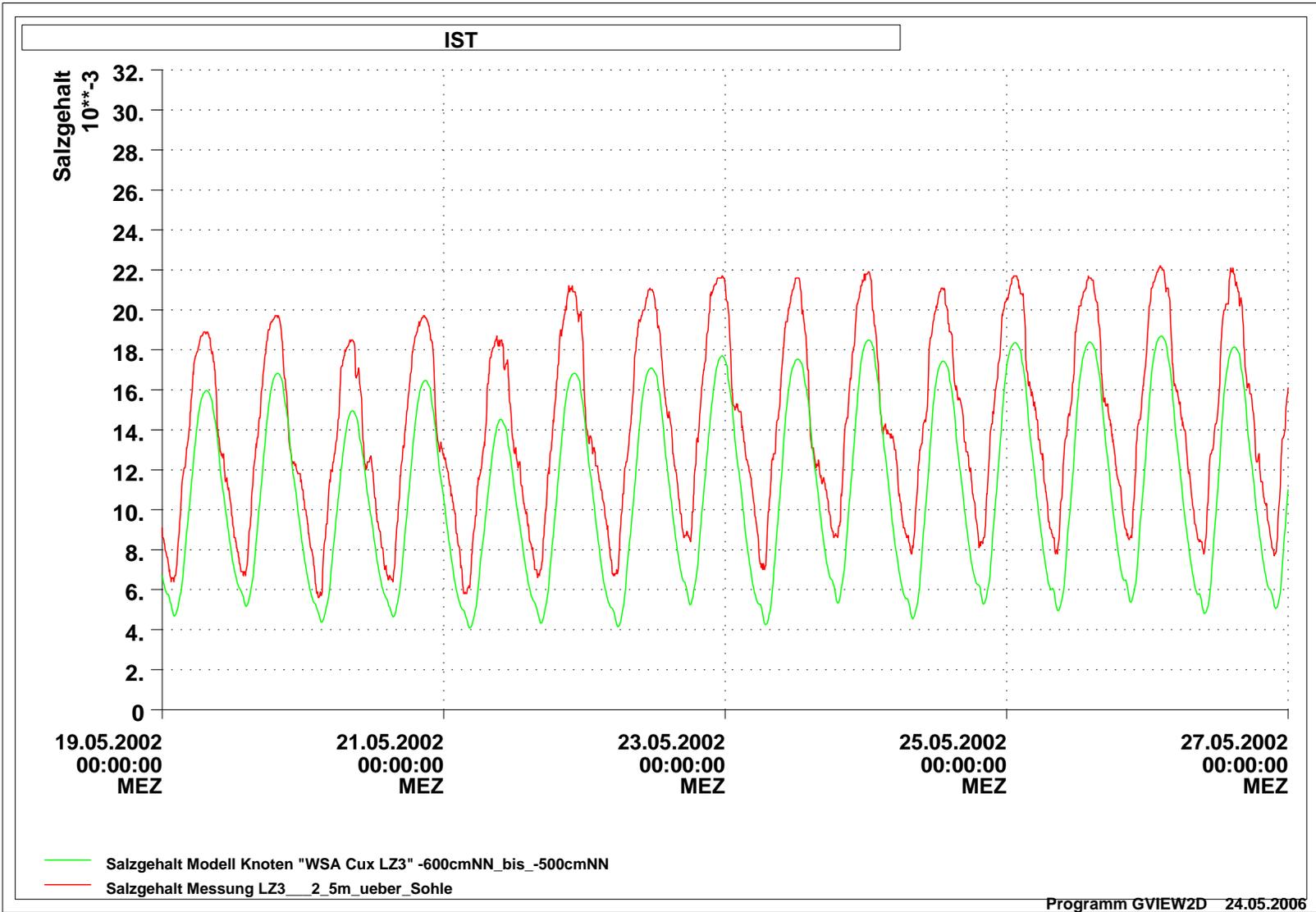
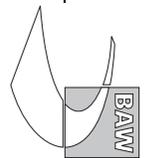


Bild 160: Salzgehalt an der Langzeitmessstation 3 des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

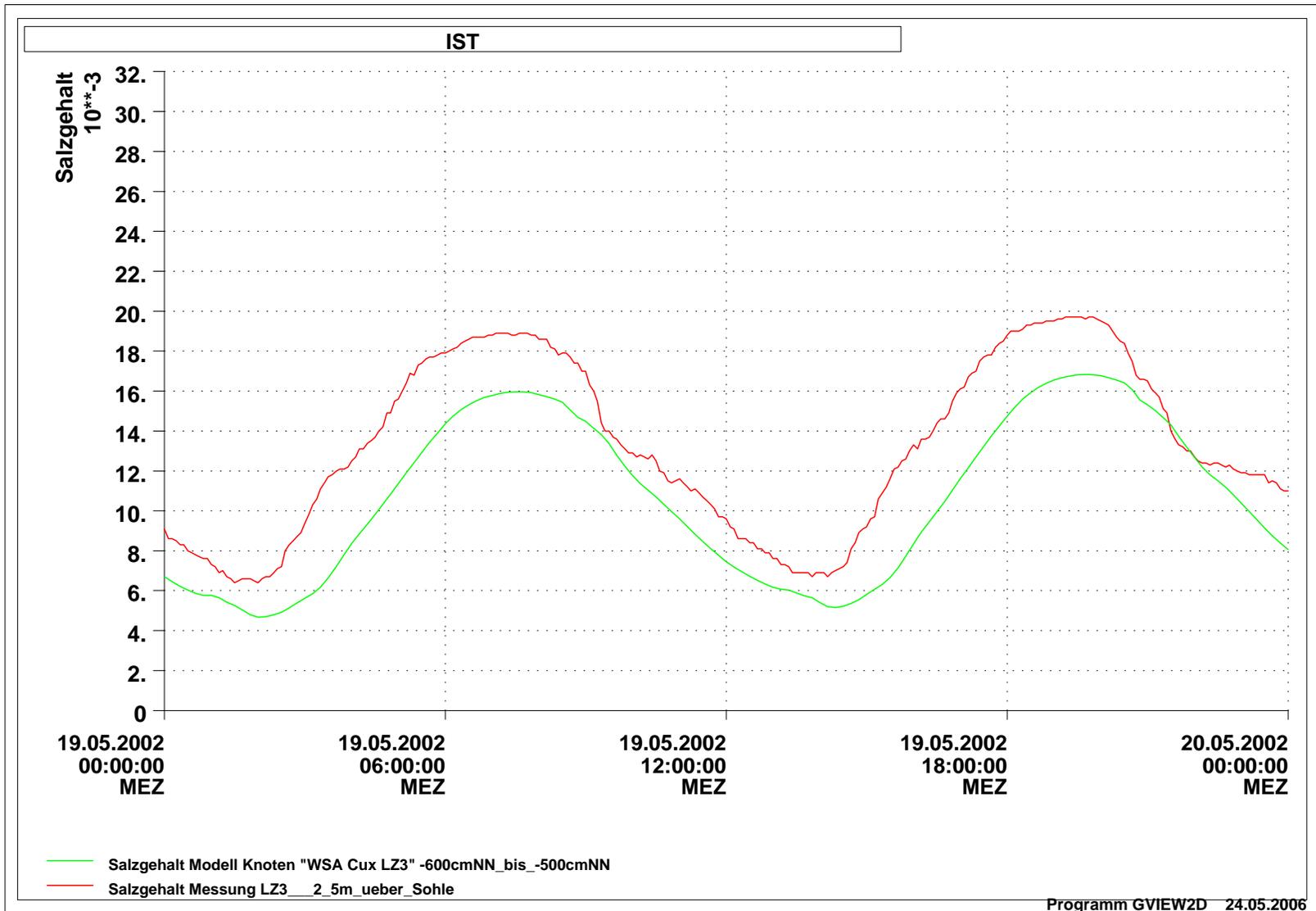
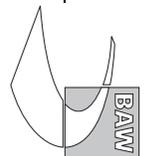


Bild 161: Salzgehalt an der Langzeitmessstation 3 des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

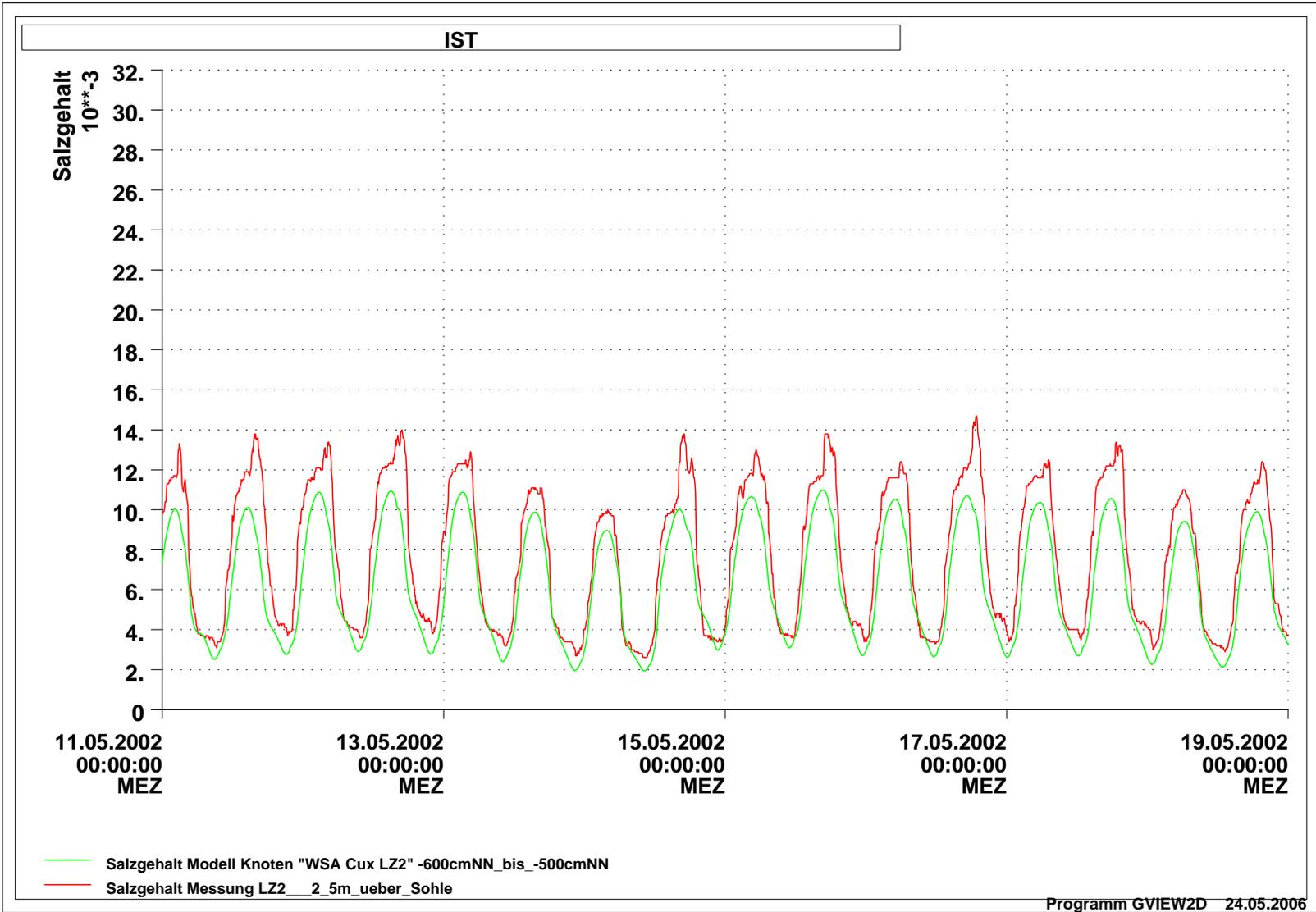


Bild 162: Salzgehalt an der Langzeitmessstation 2 des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

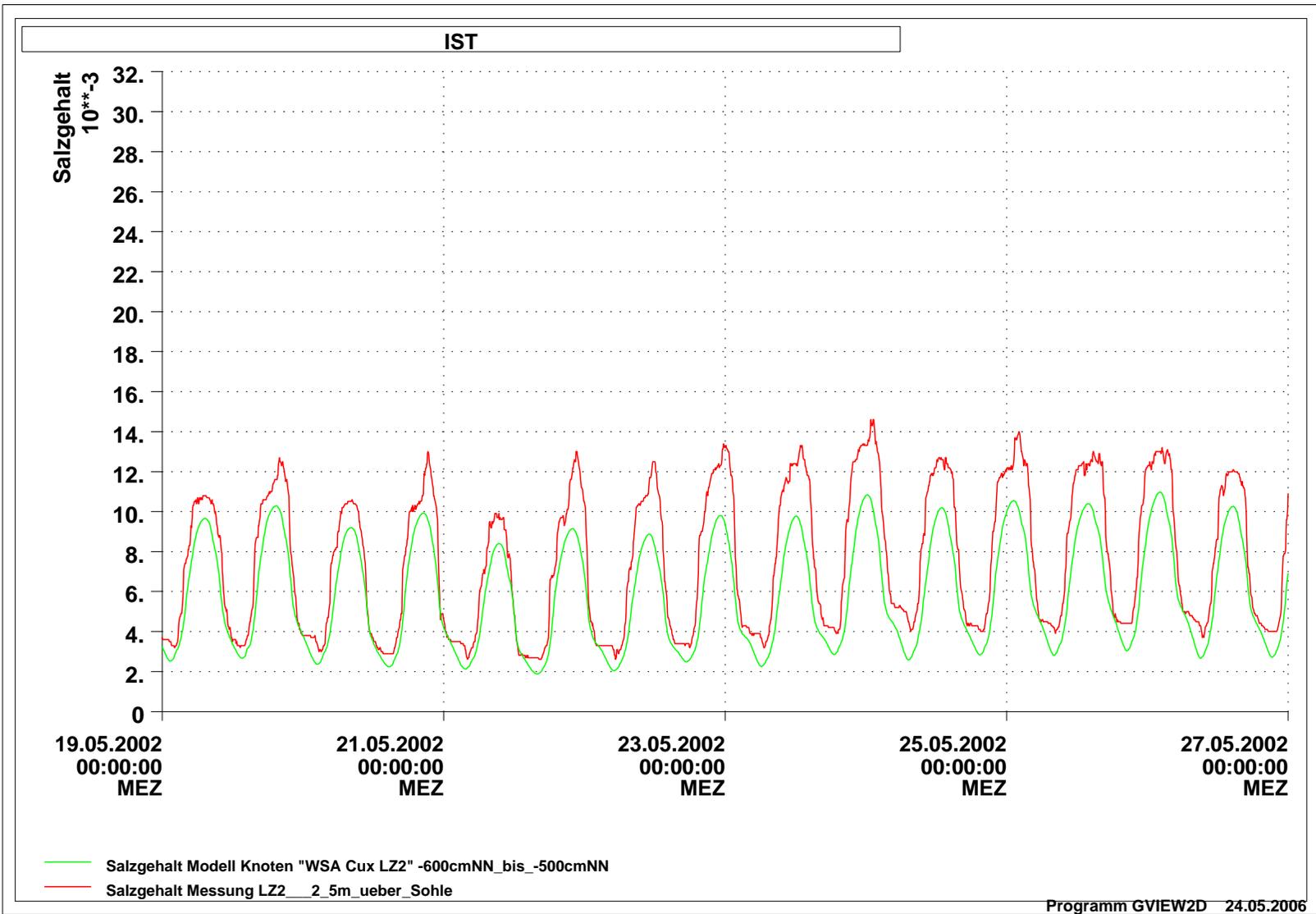


Bild 163: Salzgehalt an der Langzeitmessstation 2 des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

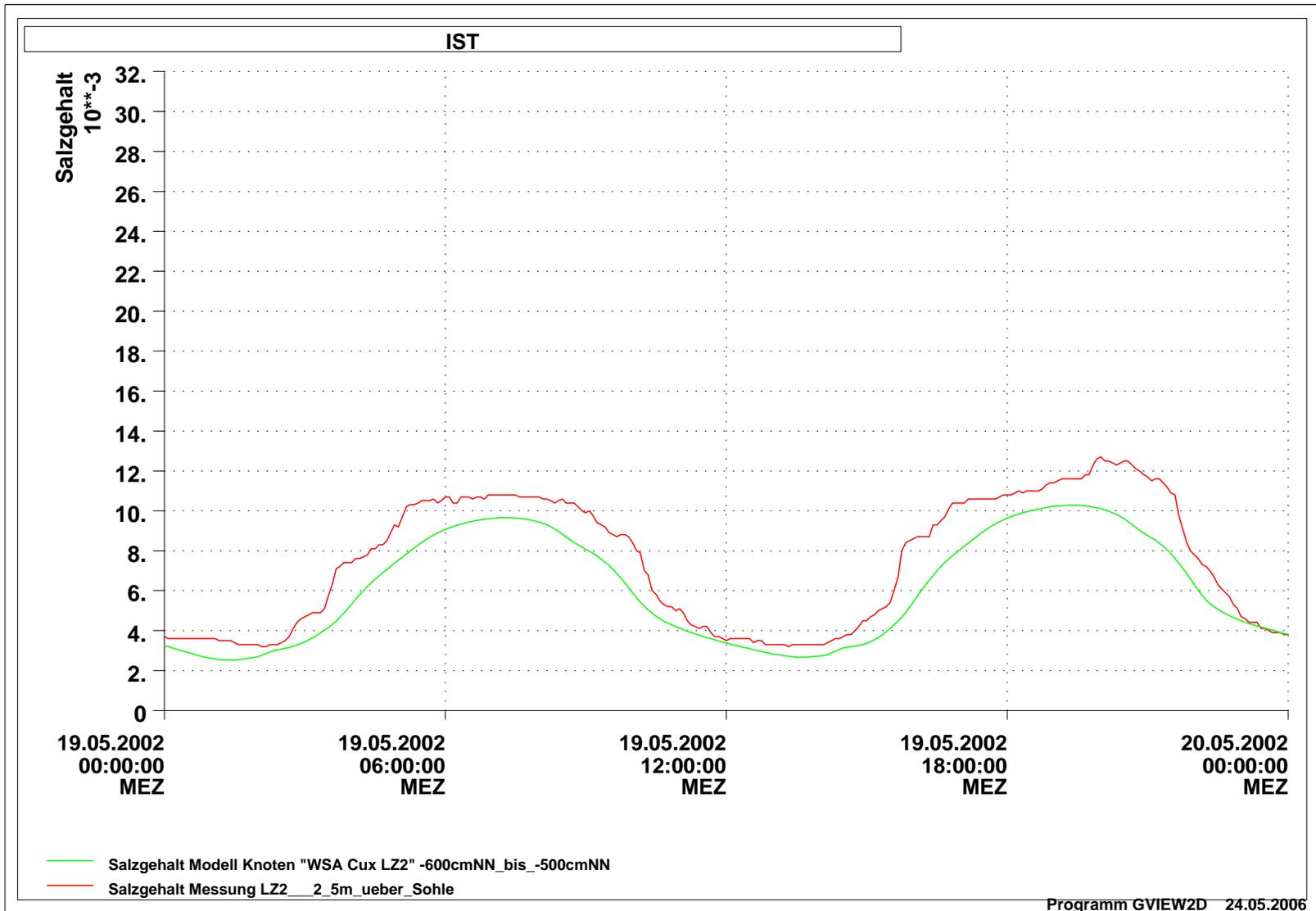


Bild 164: Salzgehalt an der Langzeitmessstation 2 des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

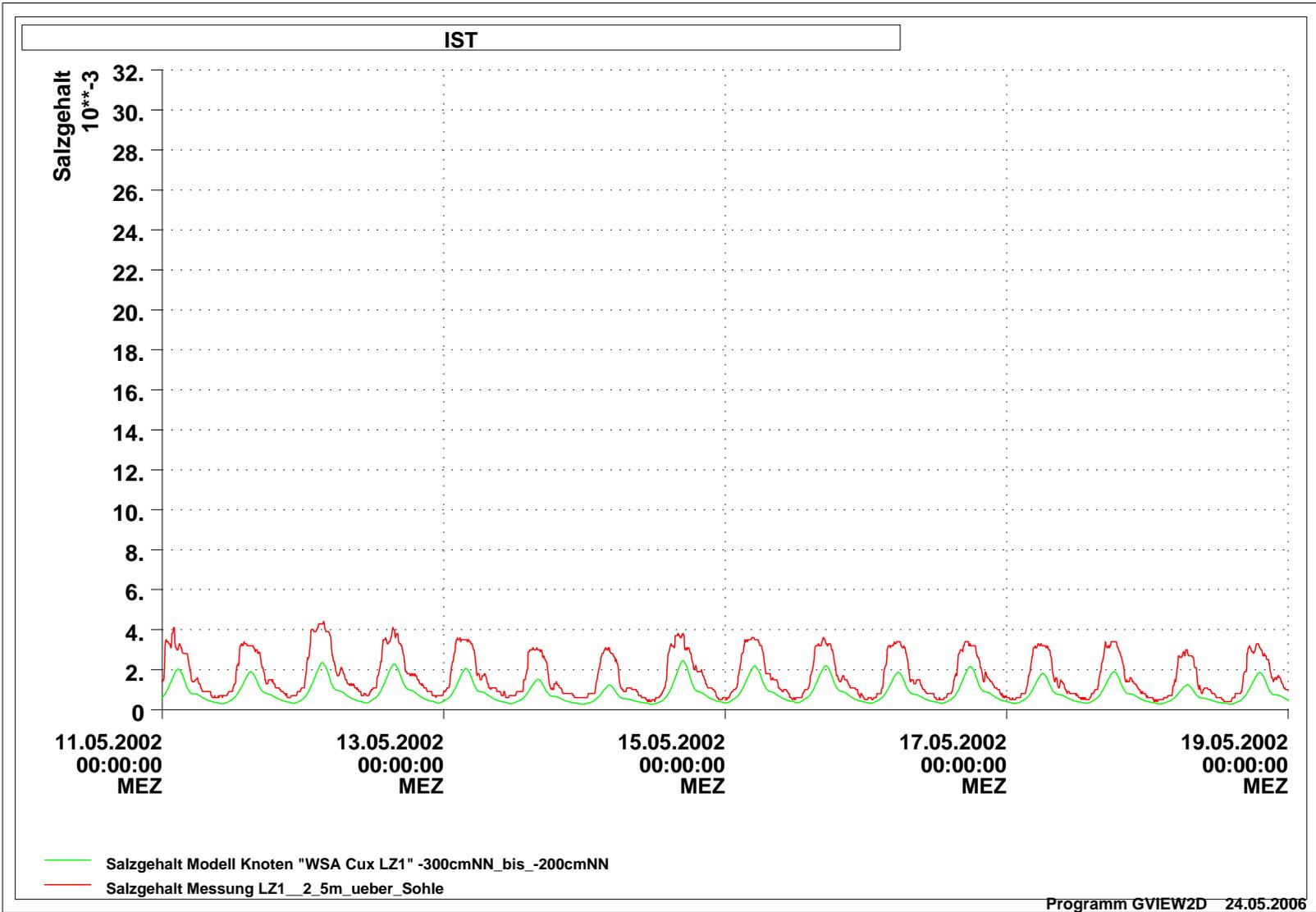


Bild 165: Salzgehalt an der Langzeitmessstation 1 des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

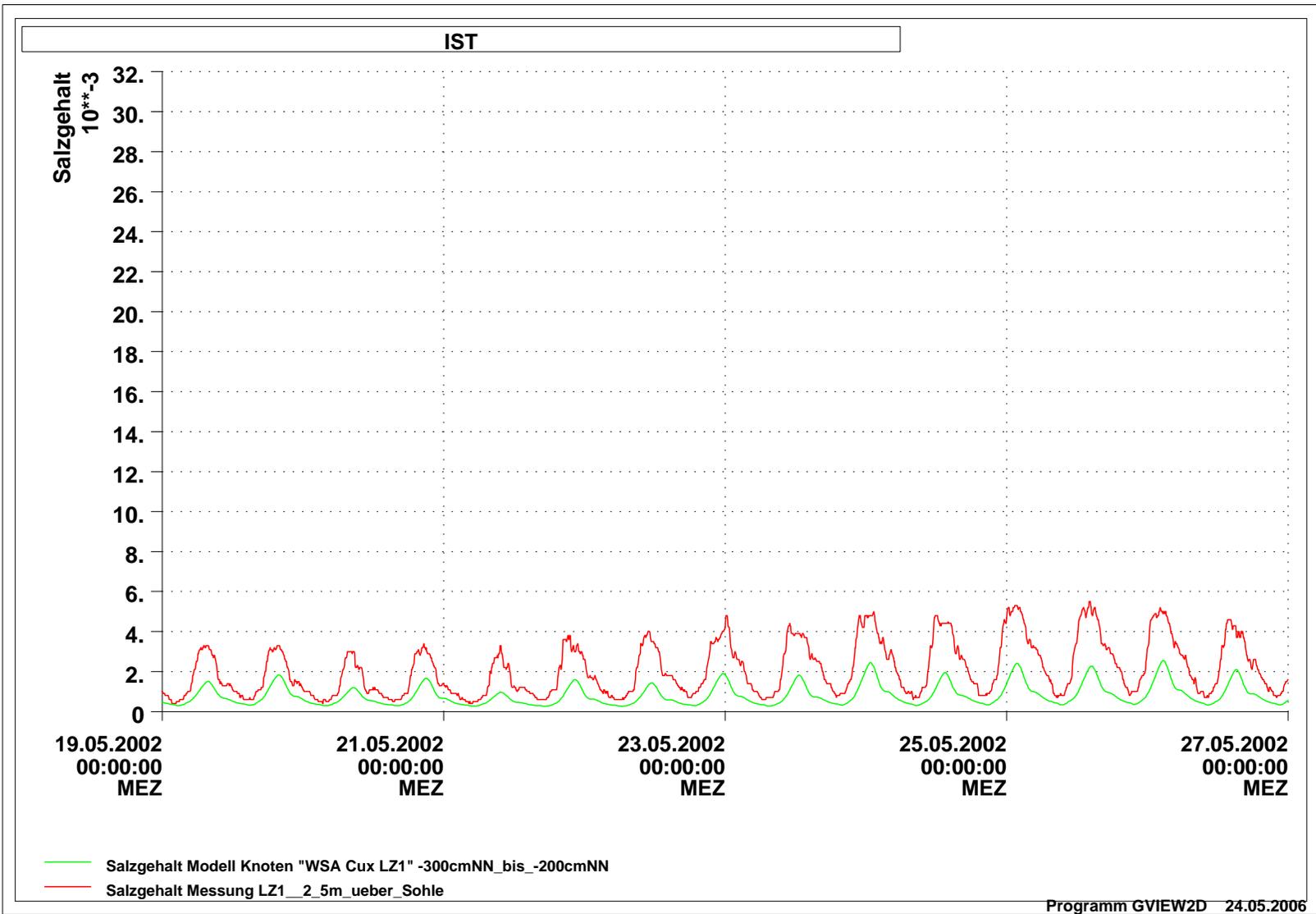


Bild 166: Salzgehalt an der Langzeitmessstation 1 des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

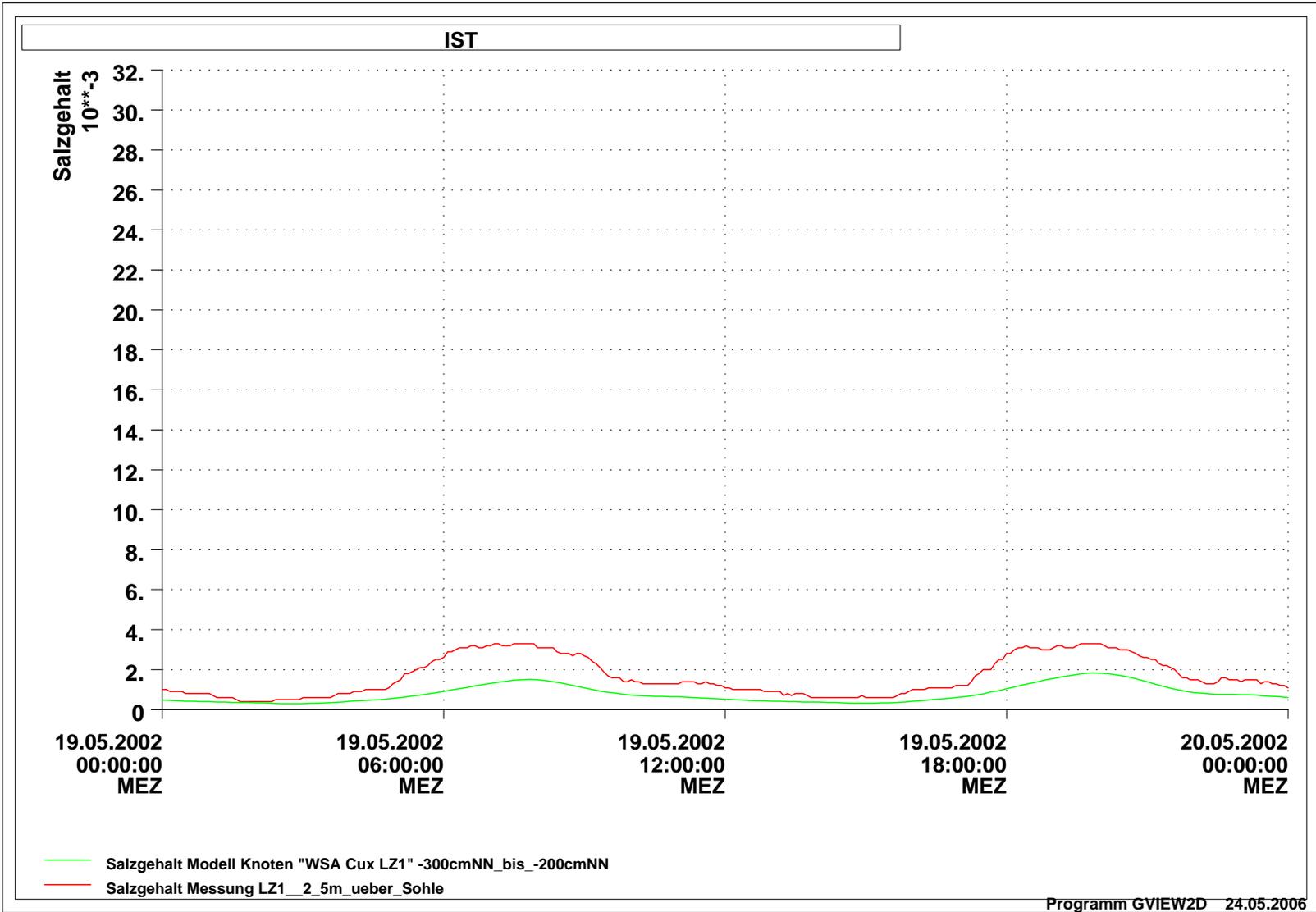


Bild 167: Salzgehalt an der Langzeitmessstation 1 des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

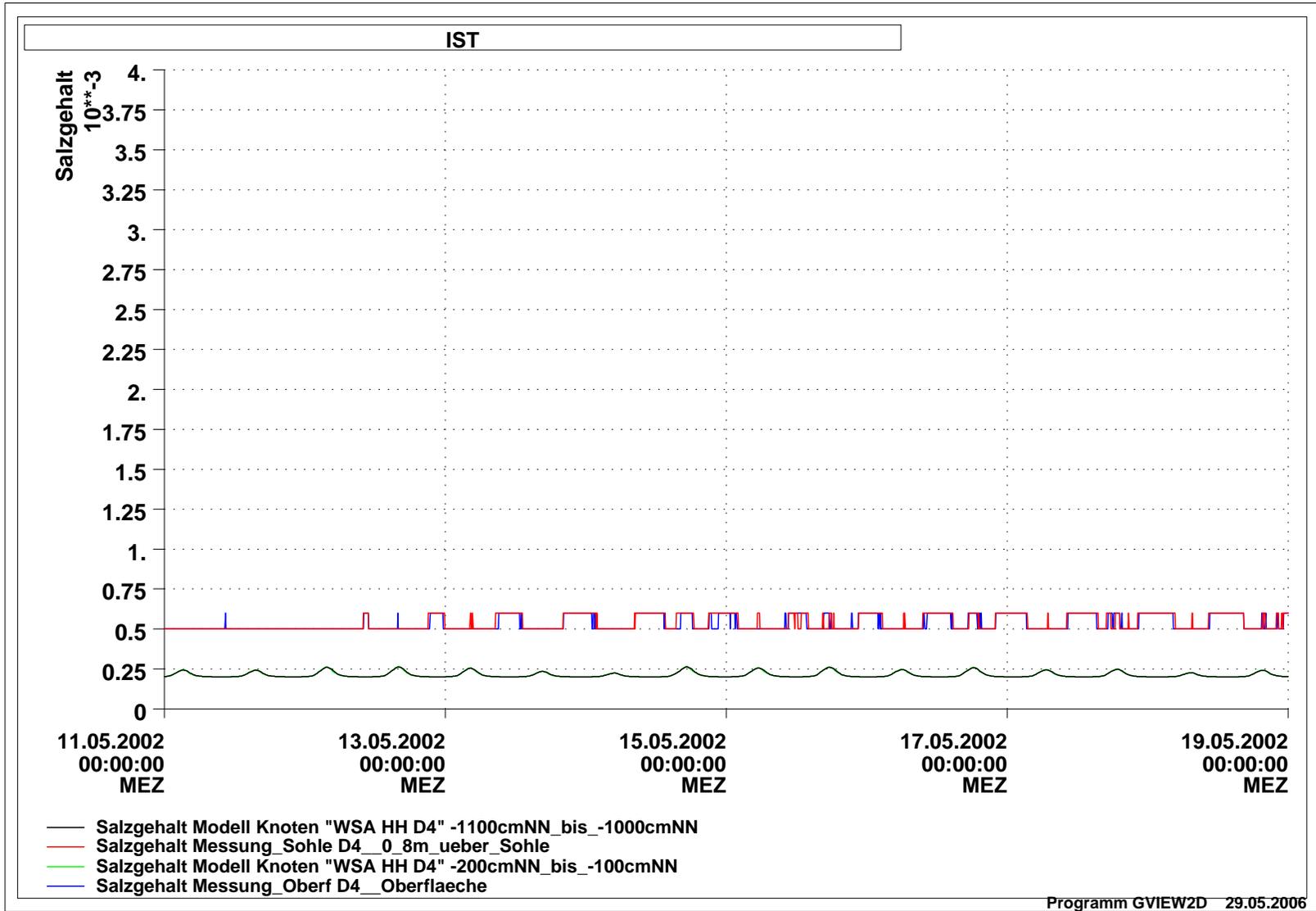
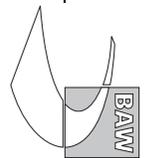


Bild 168: Salzgehalt an der Langzeitmessstation 4 des WSA Hamburg, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

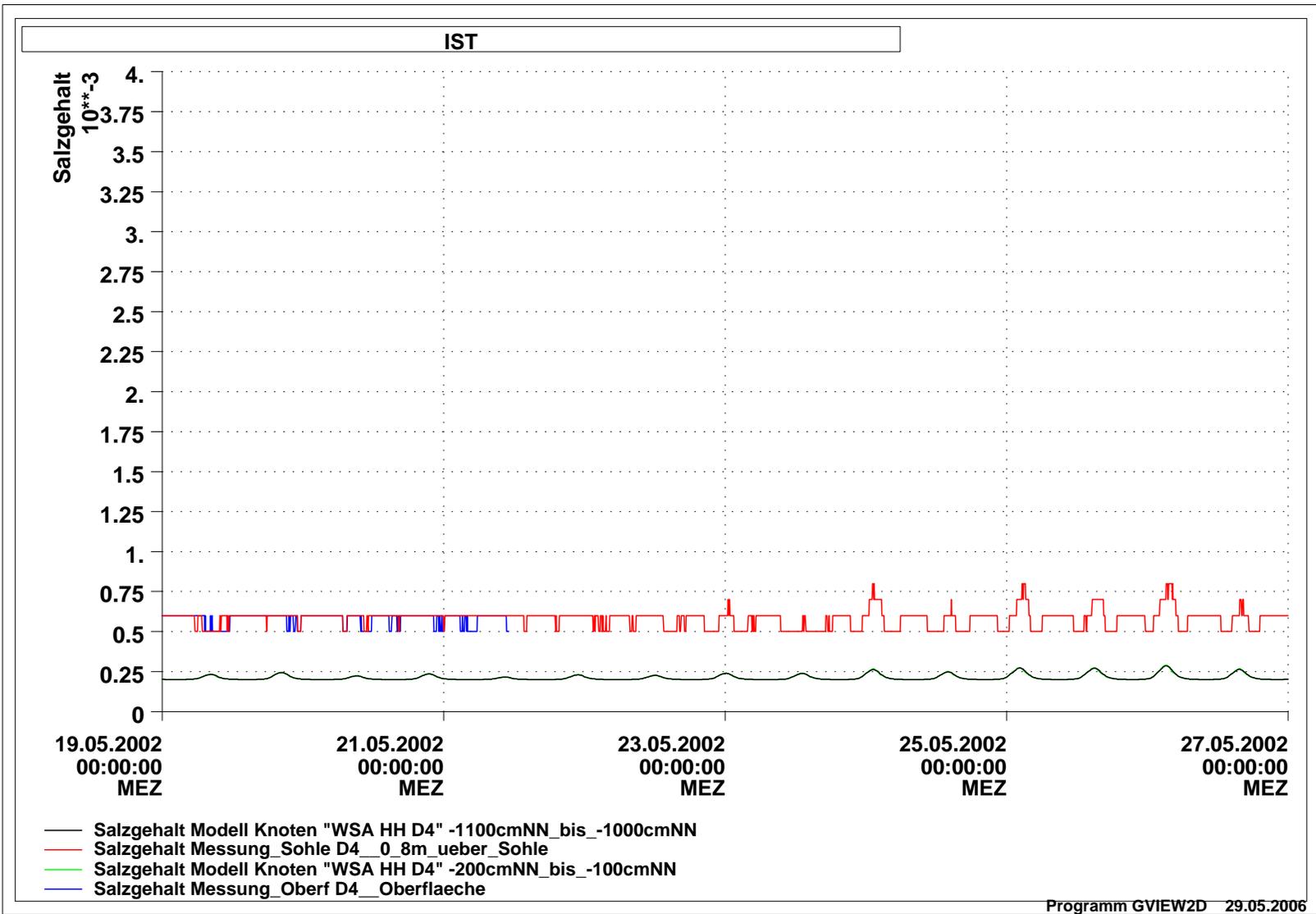
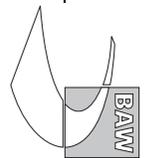


Bild 169: Salzgehalt an der Langzeitmessstation 4 des WSA Hamburg, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

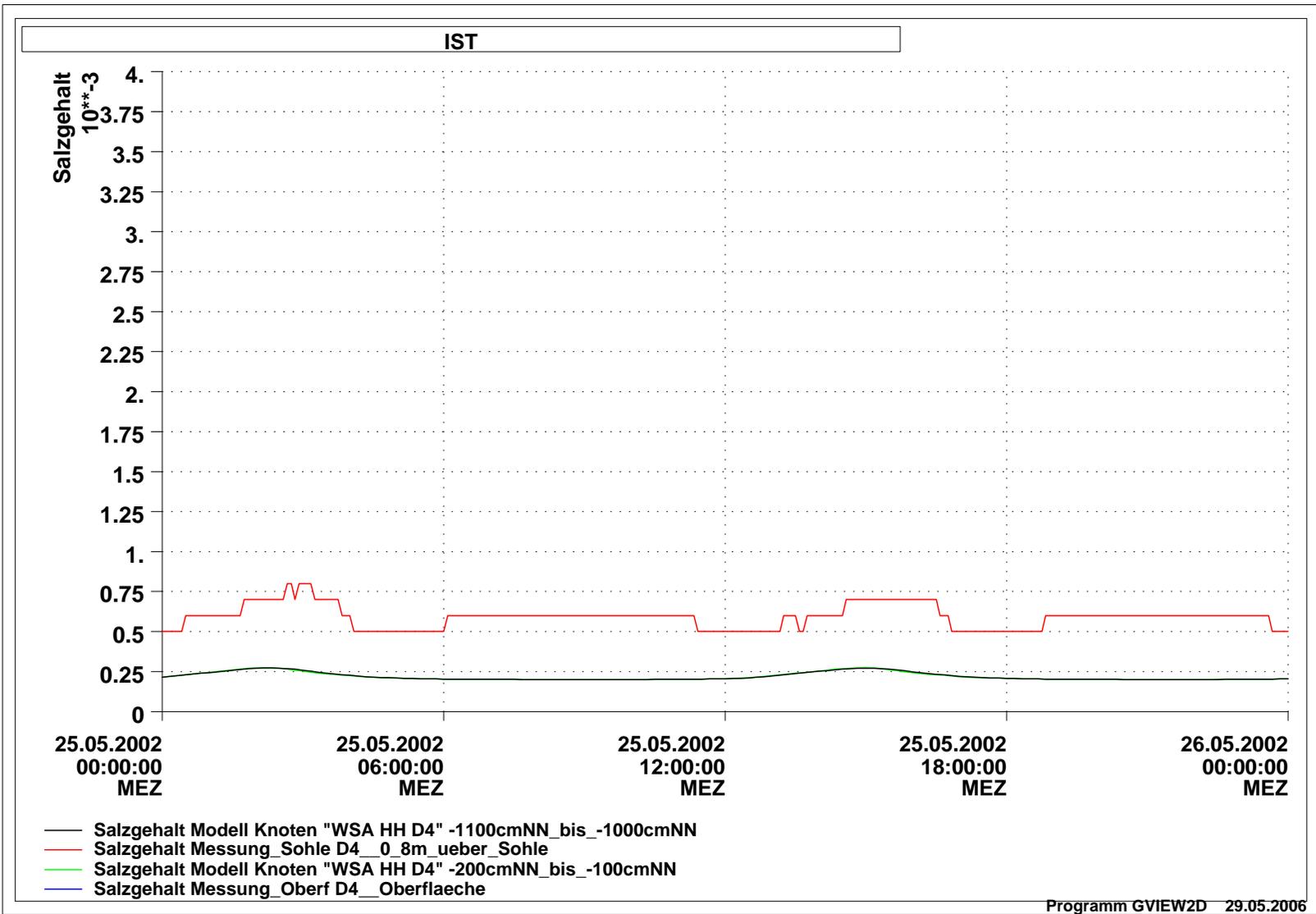


Bild 170: Salzgehalt an der Langzeitmessstation 4 des WSA Hamburg, Zeitraum vom 25.05.2002 00:00 Uhr bis zum 26.05.2002 00:00 Uhr, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

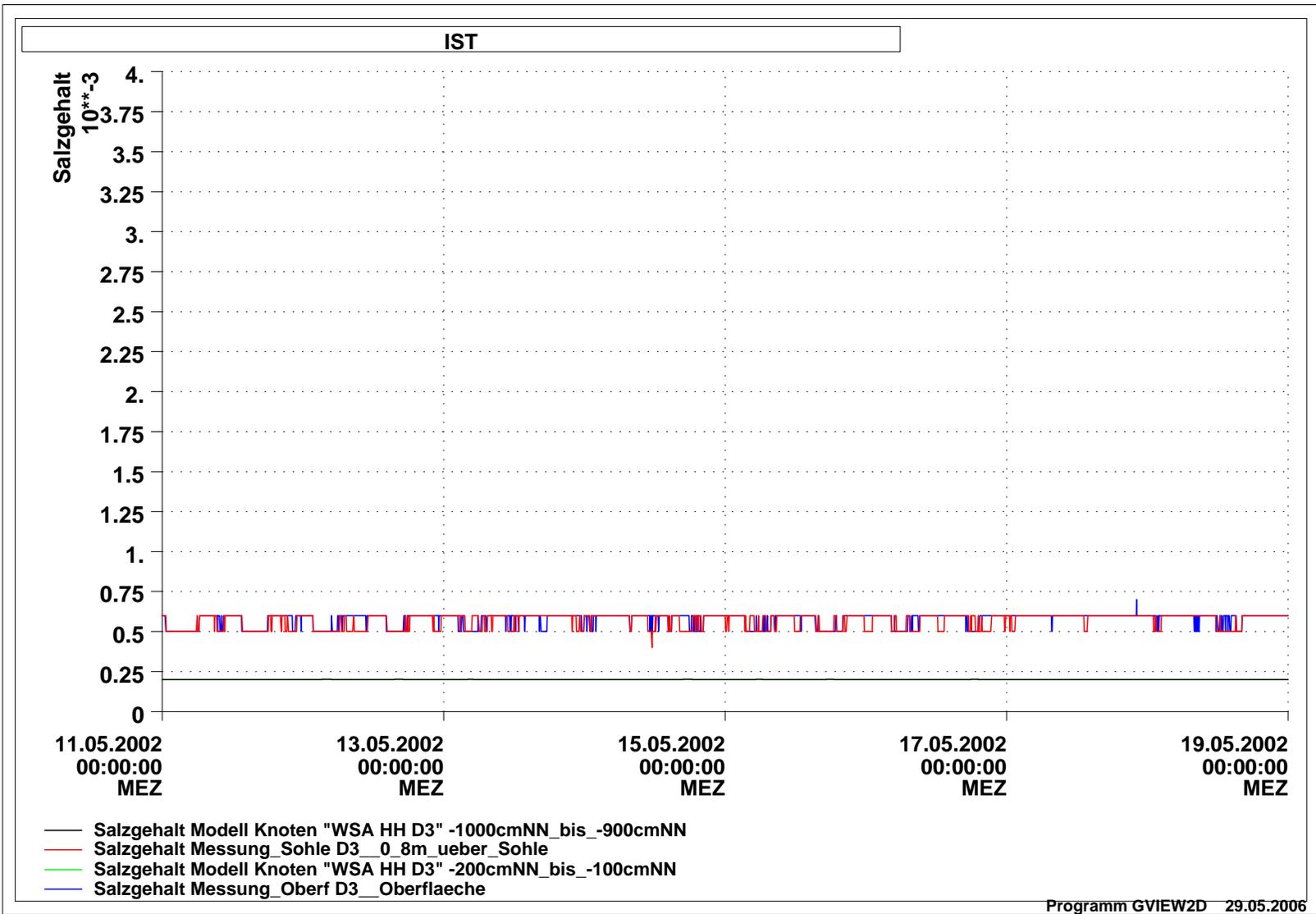
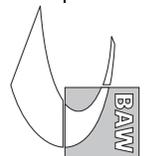


Bild 171: Salzgehalt an der Langzeitmessstation 3 des WSA Hamburg, Zeitraum vom 11.05.2002 bis zum 18.05.2002, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

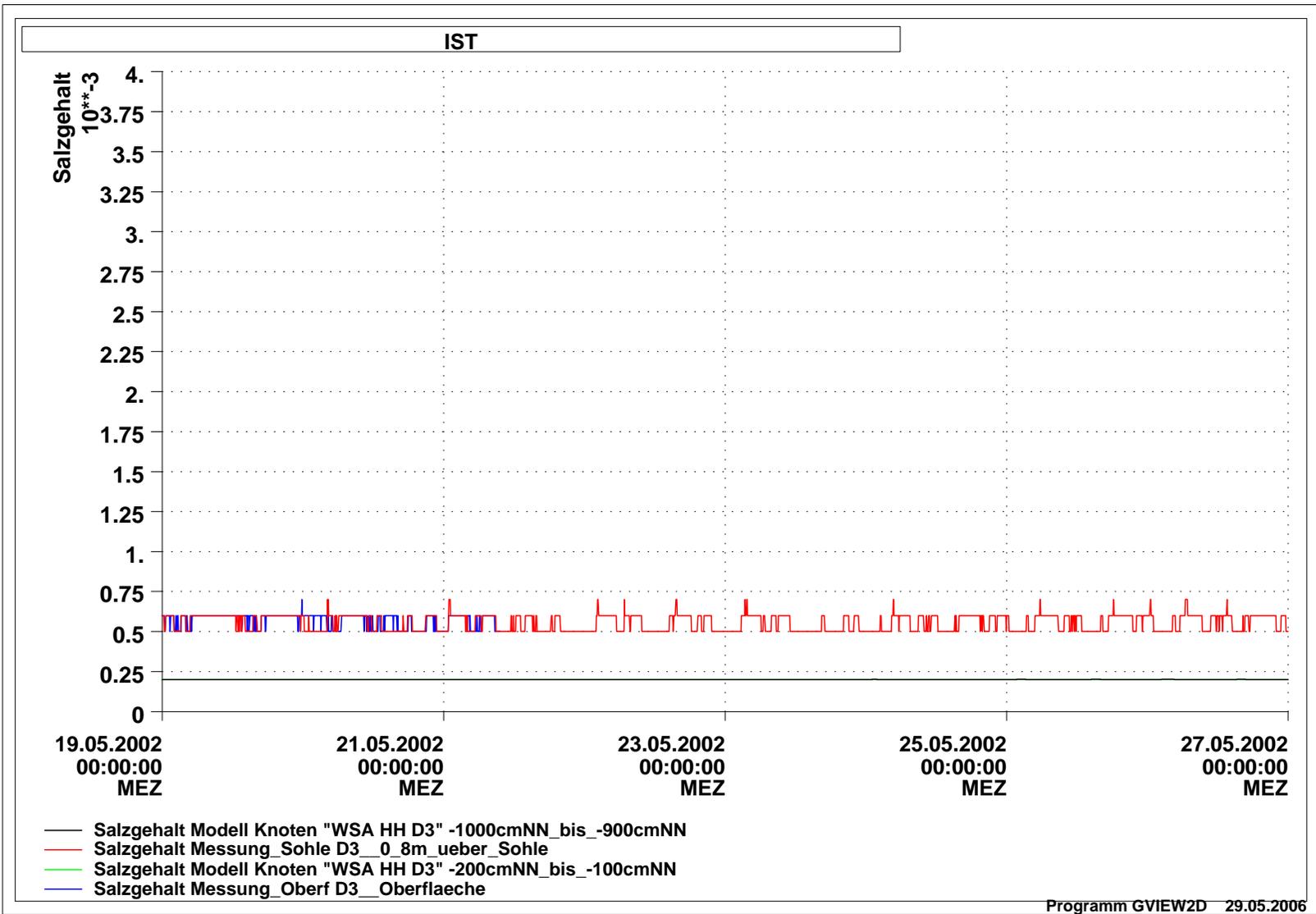
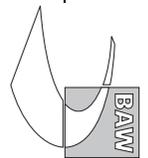


Bild 172: Salzgehalt an der Langzeitmessstation 3 des WSA Hamburg, Zeitraum vom 19.05.2002 bis zum 26.05.2002, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung

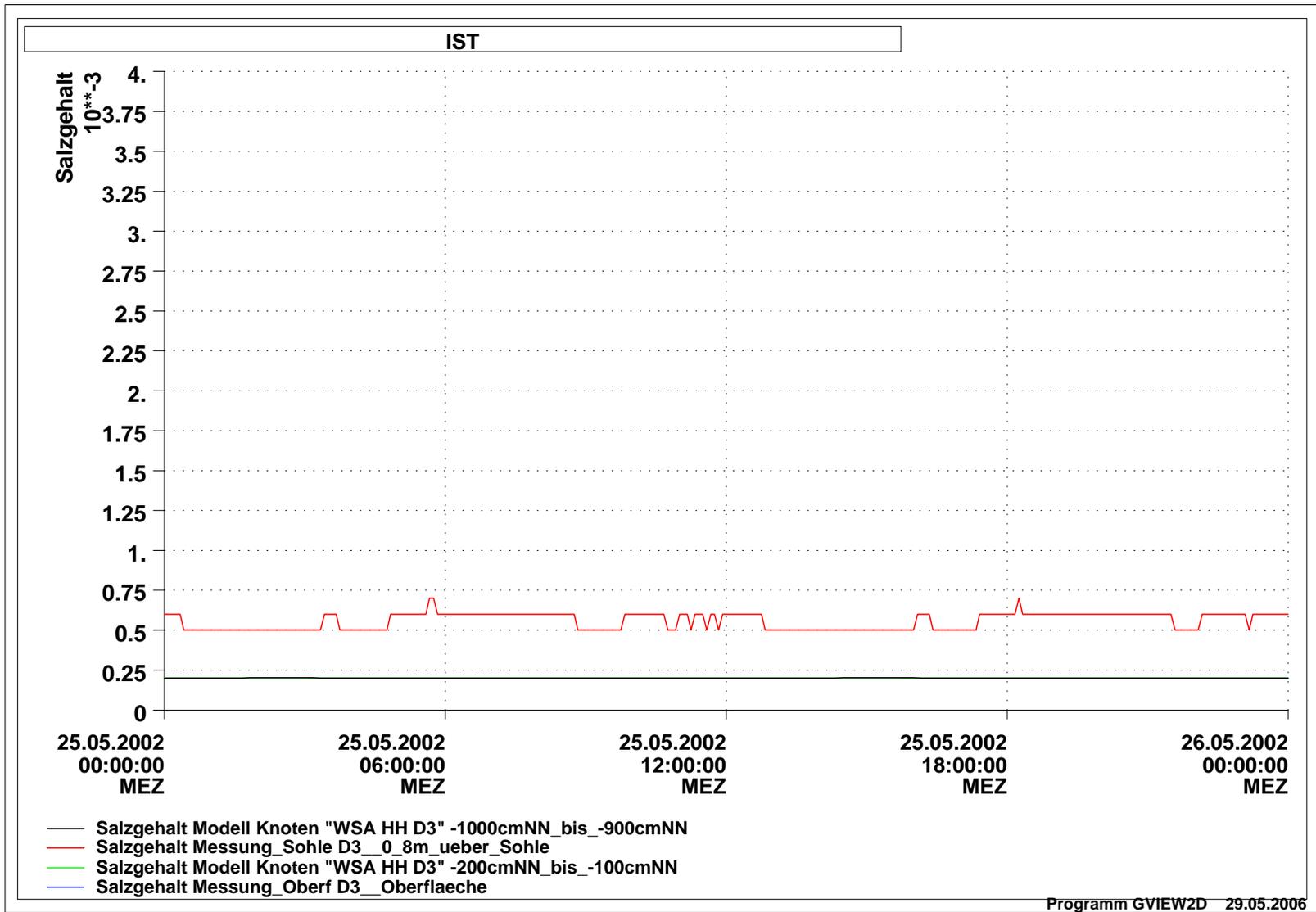


Bild 173: Salzgehalt an der Langzeitmessstation 3 des WSA Hamburg, Zeitraum vom 25.05.2002 00:00 Uhr bis zum 26.05.2002 00:00 Uhr, Vergleich zwischen Modellergebnissen und Messung



7 Zeit-Tiefen-Diagramme des Salzgehaltes

Dieses Kapitel enthält die Zeit-Tiefen-Diagramme des modellierten Salzgehaltes am 19.05. 2002. Die Skalierung der Farblegende umspannt stets 15 Promille, allerdings mit wechselnden Legendenminima und -maxima.

Obwohl es keine Salzgehaltsmessungen über alle Tiefenschichten gibt, kann man erkennen, dass die vertikale Verteilung des Salzgehaltes während der verschiedenen Tidephasen plausibel aussieht. So tritt der stärkste Salzgehaltsgradient entlang der Vertikalen meist während und nach der Flutstromkenterung auf, deutlich zu sehen an der Langzeitmessstation 2. Bei der Betrachtung der Plausibilität hilft auch der Vergleich mit den Zeitreihen der Strömungsgeschwindigkeit (Kapitel 3 dieses Dokumentes) und des Salzgehaltes (Kapitel 6) an den gleichen Messpunkten.

Das Modell spiegelt im Rahmen seiner von der räumlichen und zeitlichen Auflösung die Salzverteilung plausibel wider.

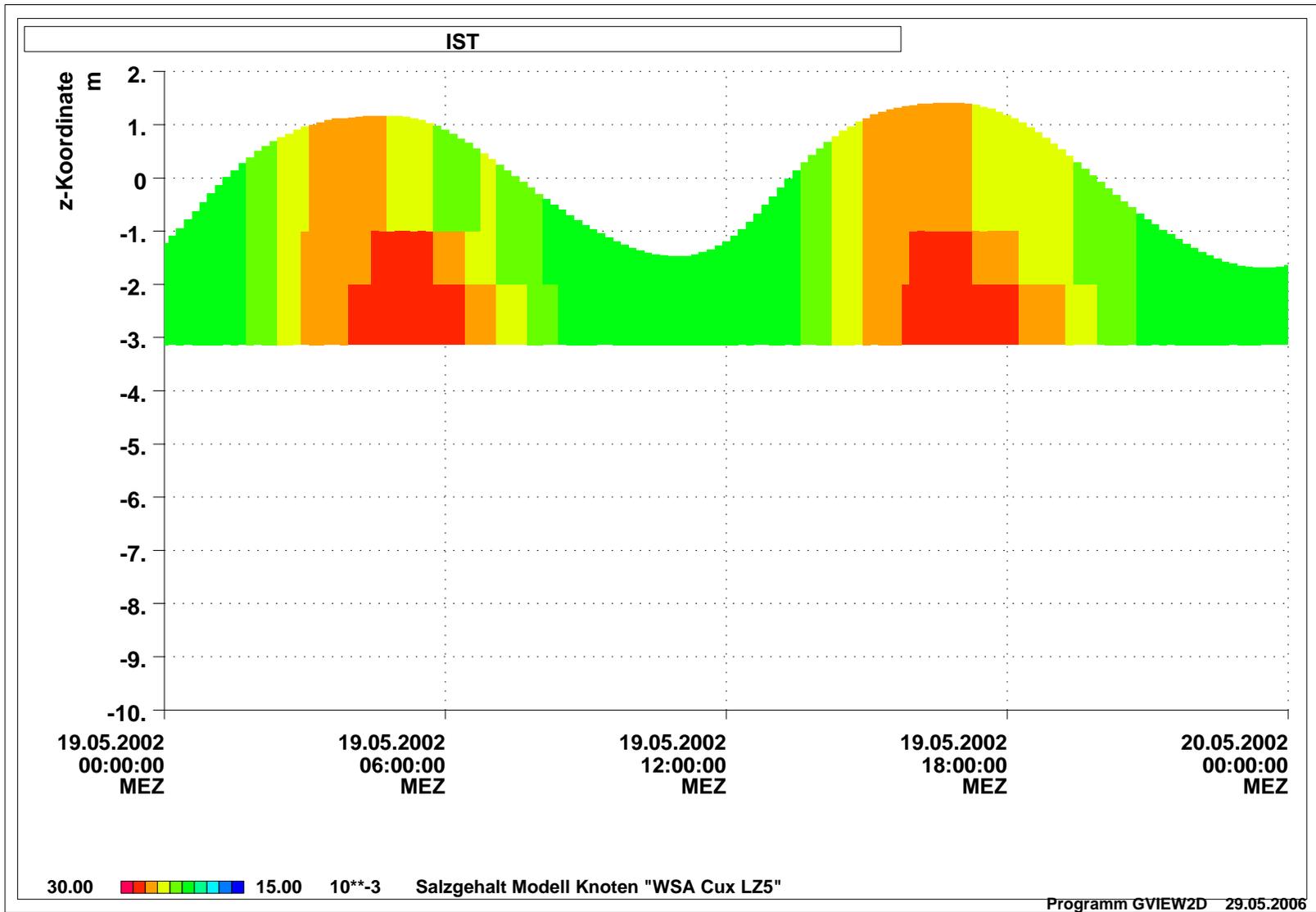
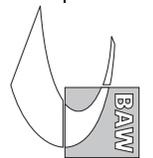


Bild 174: Zeit-Tiefen-Diagramm des Salzgehaltes an der Langzeitmessstation 5 des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Modellergebnisse

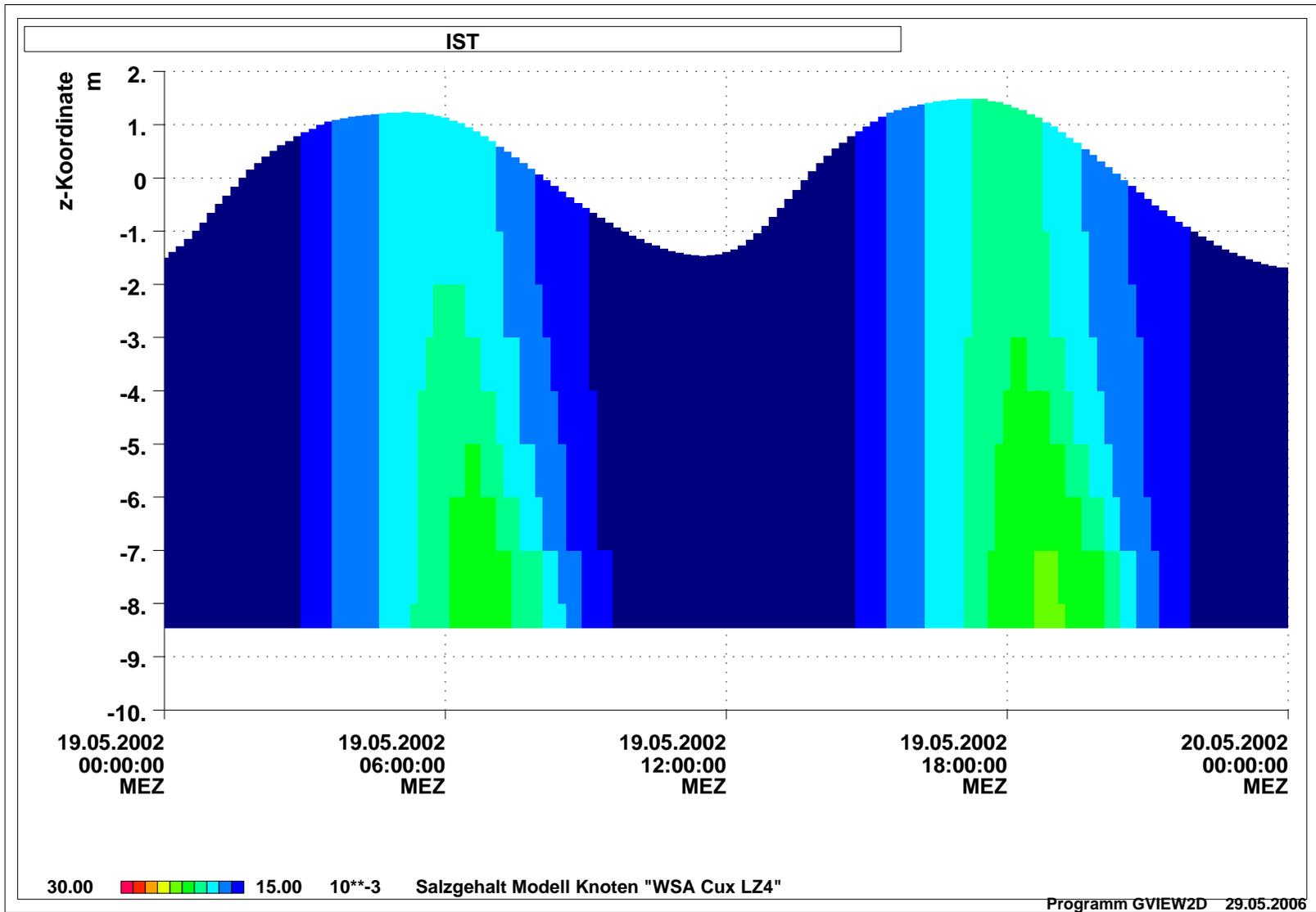
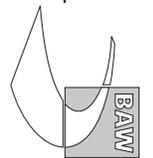


Bild 175: Zeit-Tiefen-Diagramm des Salzgehaltes an der Langzeitmessstation 4 des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Modellergebnisse

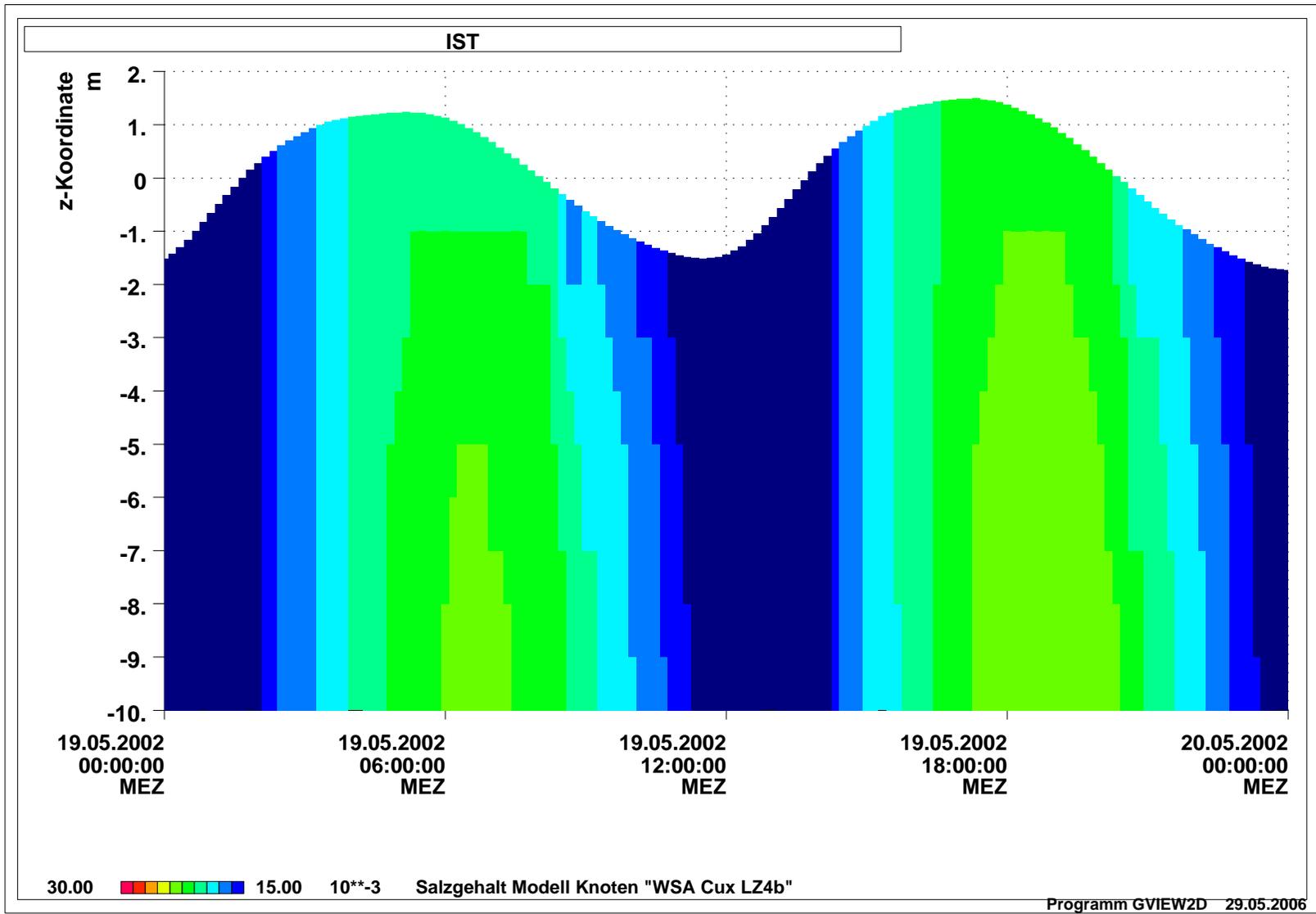
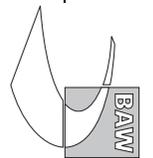
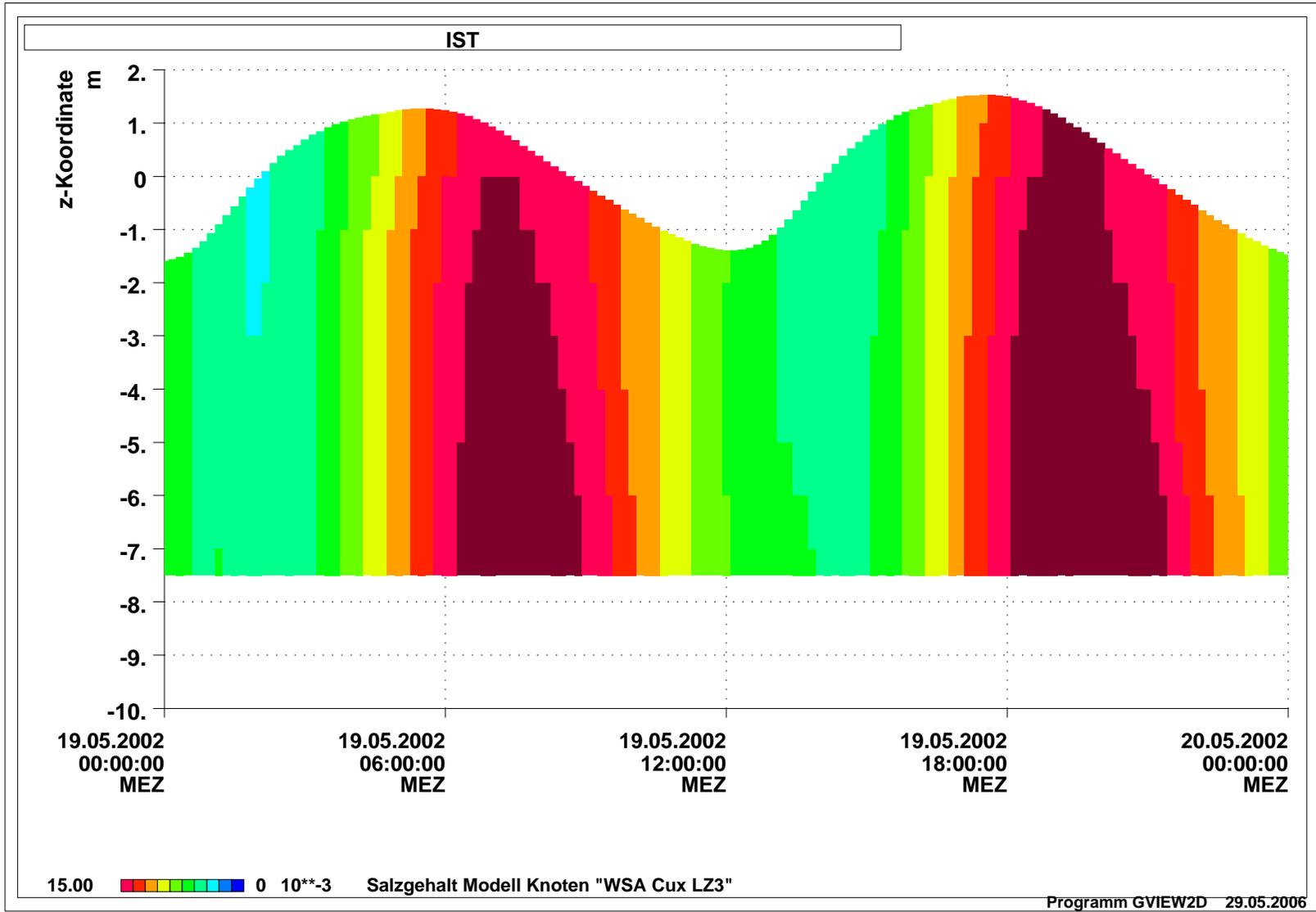
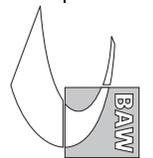


Bild 176: Zeit-Tiefen-Diagramm des Salzgehaltes an der Langzeitmessstation 4b des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Modellergebnisse



Programm GVIEW2D 29.05.2006

Bild 177: Zeit-Tiefen-Diagramm des Salzgehaltes an der Langzeitmessstation 3 des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Modellergebnisse

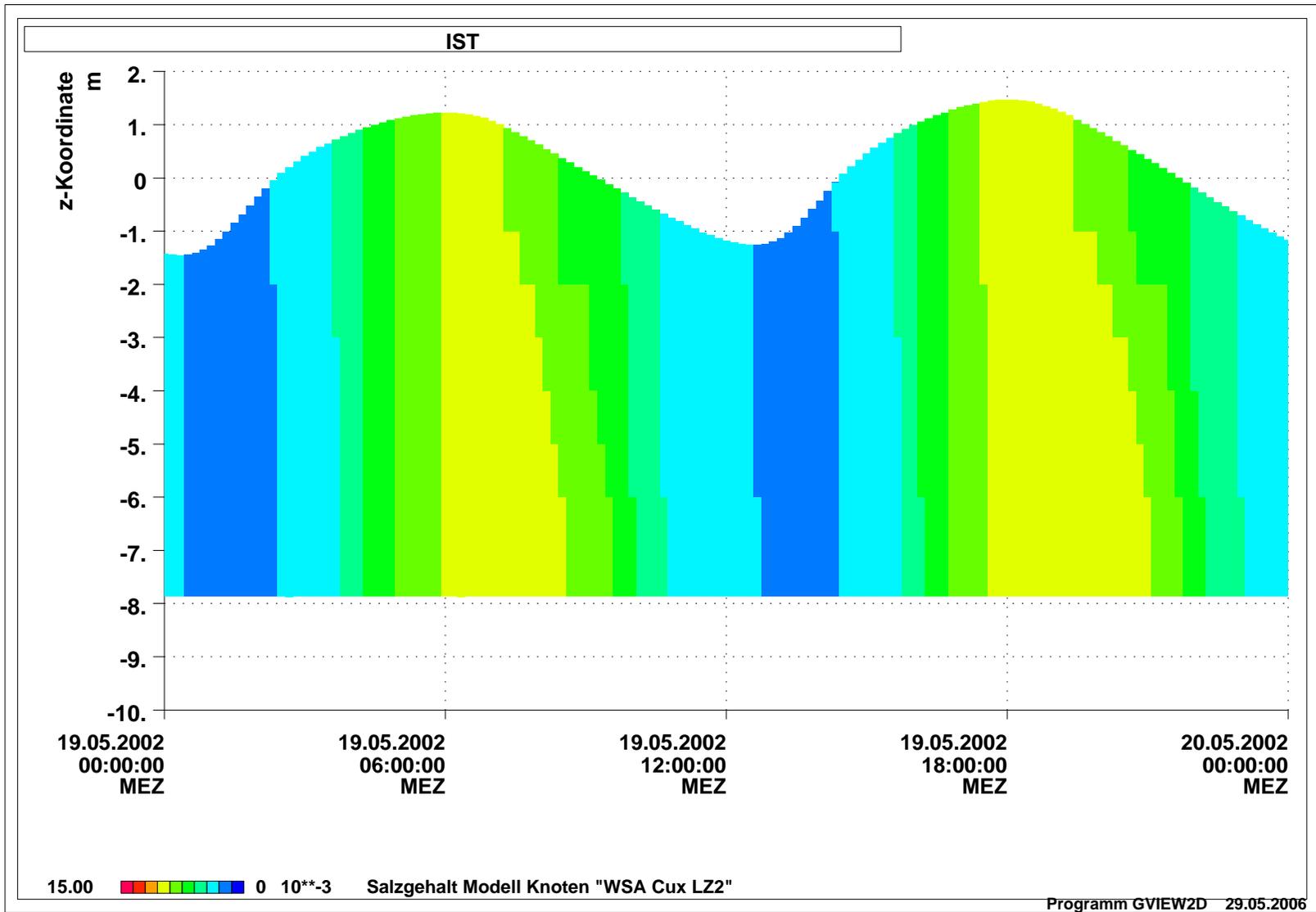
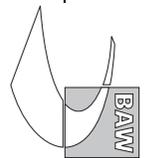


Bild 178: Zeit-Tiefen-Diagramm des Salzgehaltes an der Langzeitmessstation 2 des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Modellergebnisse

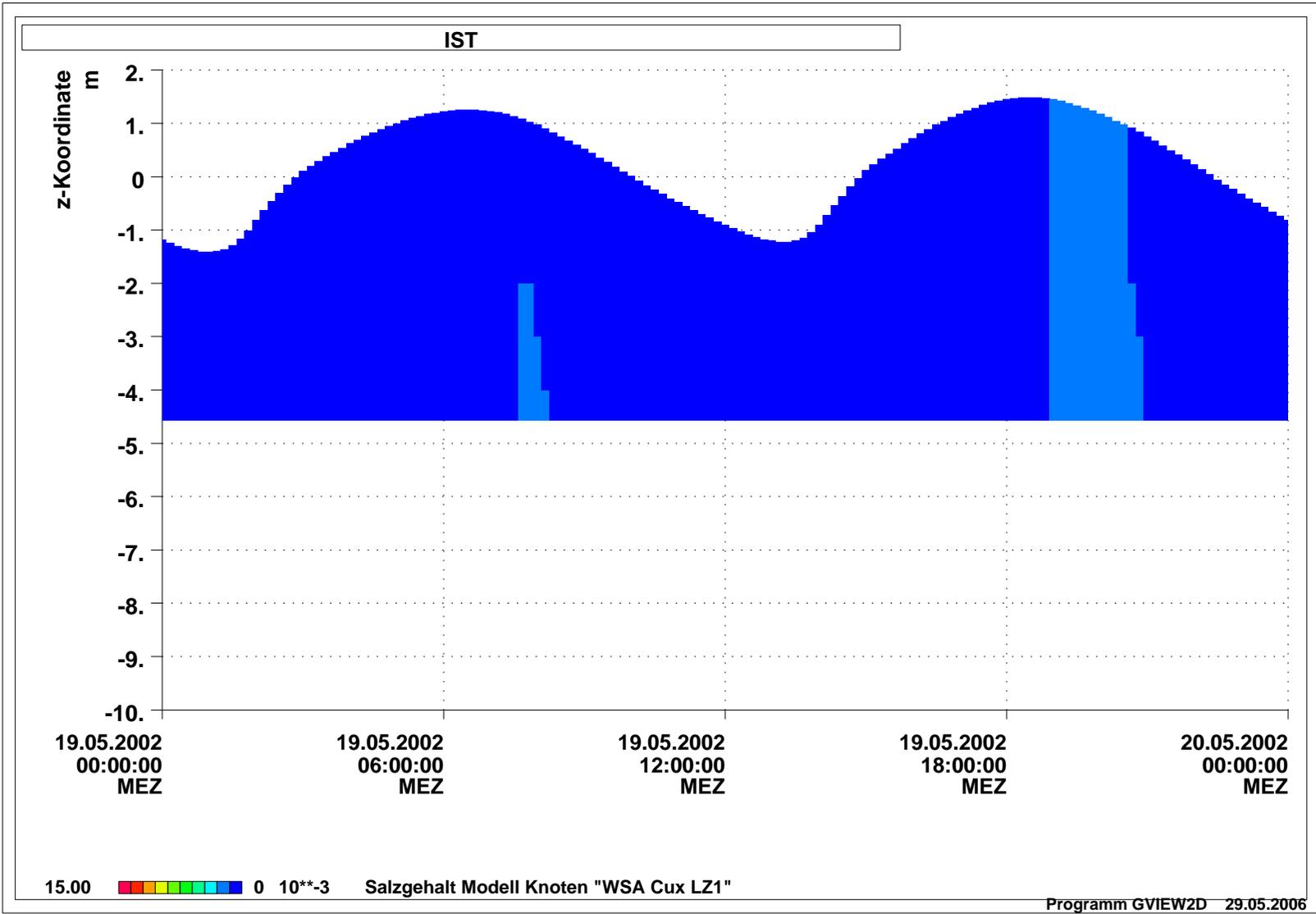
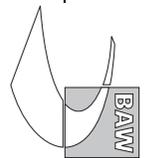


Bild 179: Zeit-Tiefen-Diagramm des Salzgehaltes an der Langzeitmessstation 1 des WSA Cuxhaven, Zeitraum vom 19.05.2002 00:00 Uhr bis zum 20.05.2002 00:00 Uhr, Modellergebnisse