



Ansätze zur Quantifizierung des Eintriebes von Sedimenten in die Fahrrinne der Unterems

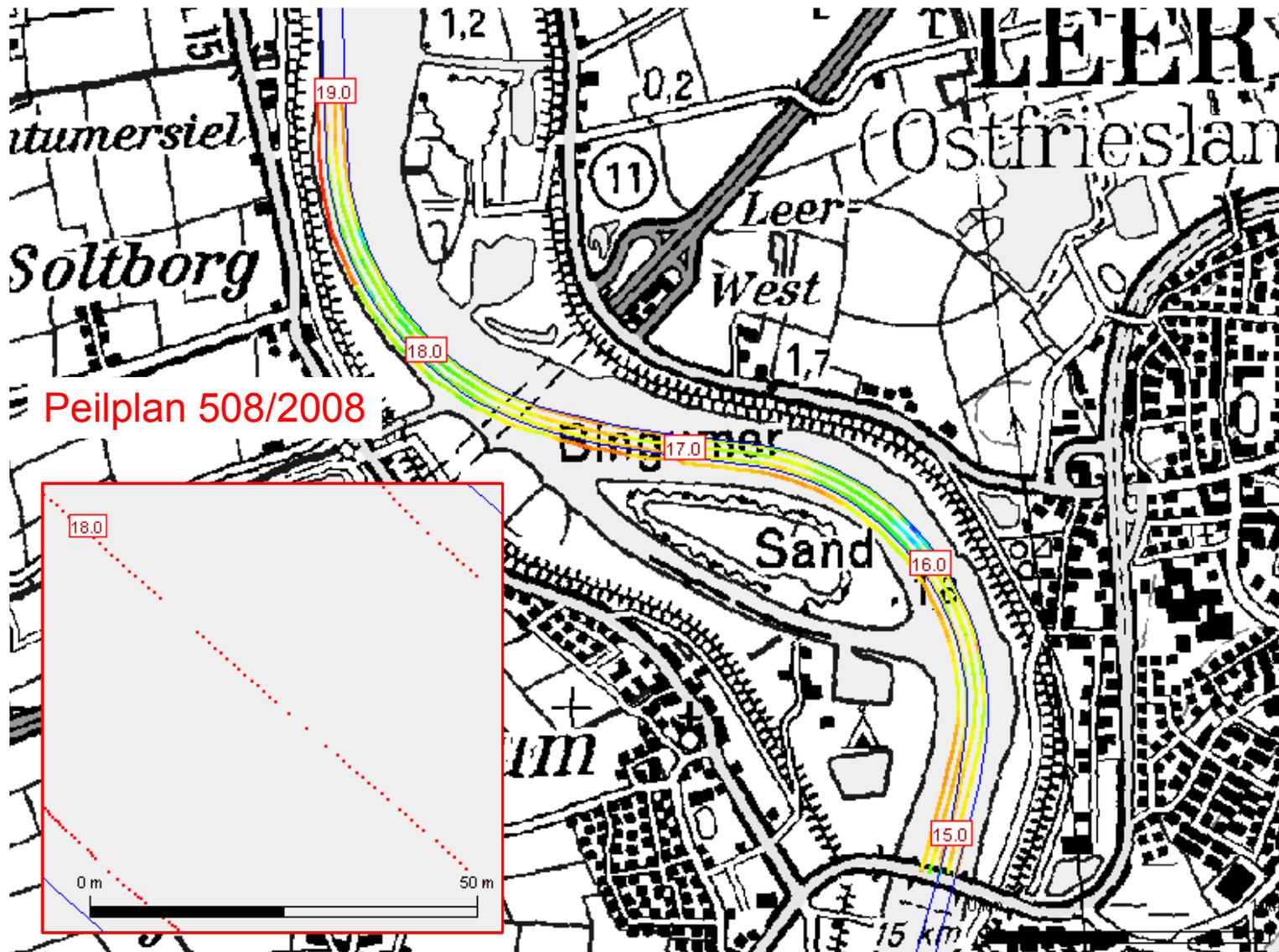
BAW-Kolloquium, Hamburg, 5.11.2009

Dr.-Ing. Frank Sellerhoff
smile consult GmbH

Fragestellung:

Lässt sich der Wiedereintrieb von Sedimenten in der Unterems auf der Grundlage von Daten aus Verkehrssicherungspeilungen ermitteln ?

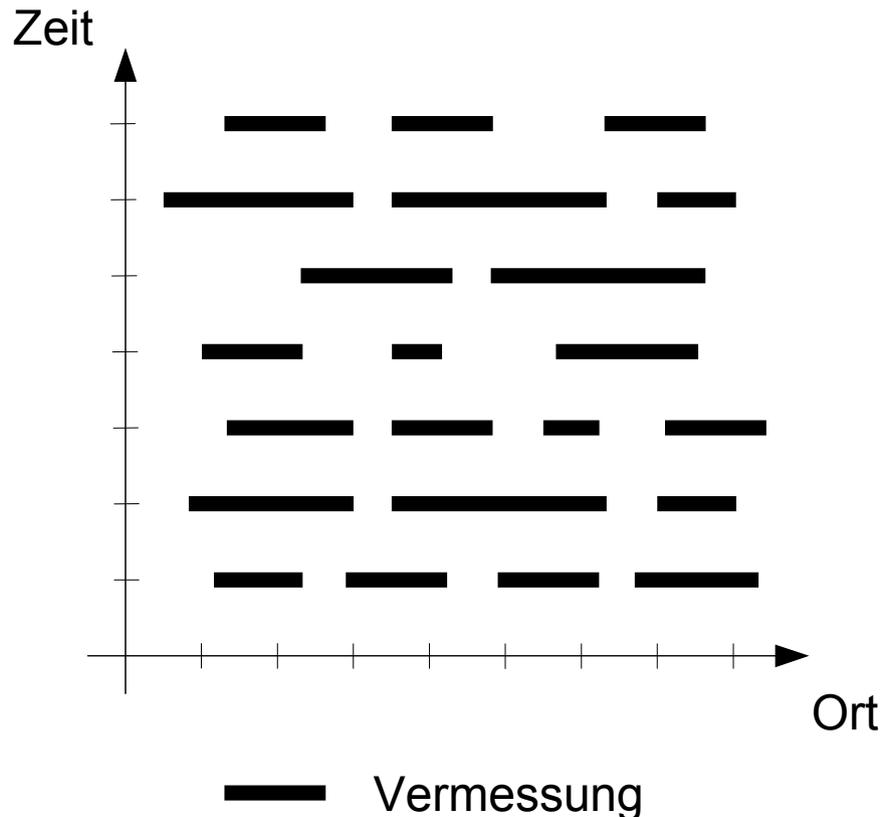
Verkehrssicherungspeilung 508/2008



Quelle: WSA Emden

Konzept und Implementierung: MorphoIS-Ems

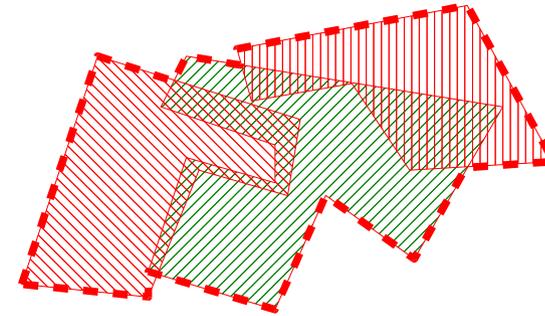
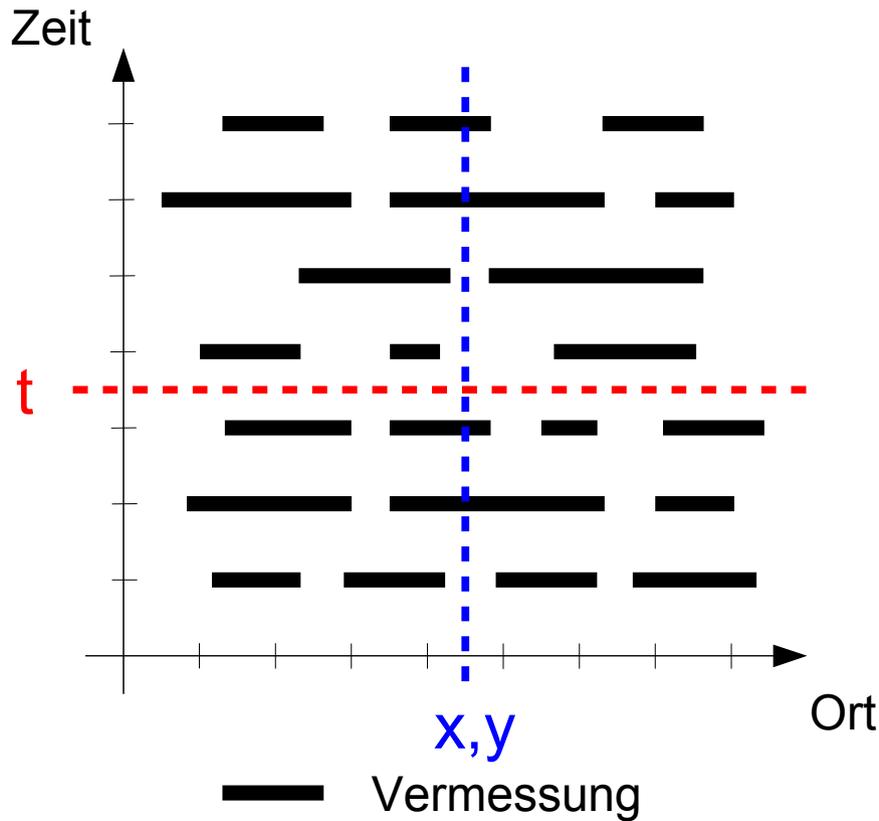
Datenlage in der Gewässervermessung



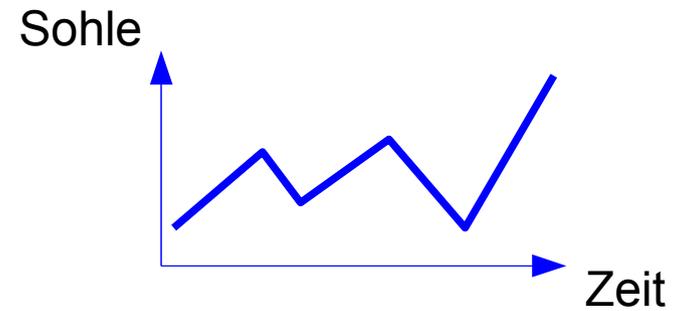
- **Messungen der Gewässersohle werden zu unterschiedlichen Zeiten an unterschiedlichen Orten vorgenommen**
- **Dabei kommen unterschiedliche Messverfahren (Single-/Multi-Beam, Laserscan, terrestrisch) zum Einsatz**
- **Eine einzelne Vermessung deckt meist immer nur einen Teilbereich eines Untersuchungsgebietes ab**
- **Der Übergang zwischen zwei Vermessungen (zu unterschiedlichen Zeitpunkten) kann Inkonsistenzen oder Unstetigkeiten aufweisen**

Methoden nach KoDiBa*

*Entwicklung und Implementierung von Methoden zur Erstellung **K**onsistenter **D**igitaler **B**athymetrien
KFKI-Projekt 03KIS042, smile consult GmbH, Laufzeit 10/2002 – 9/2004

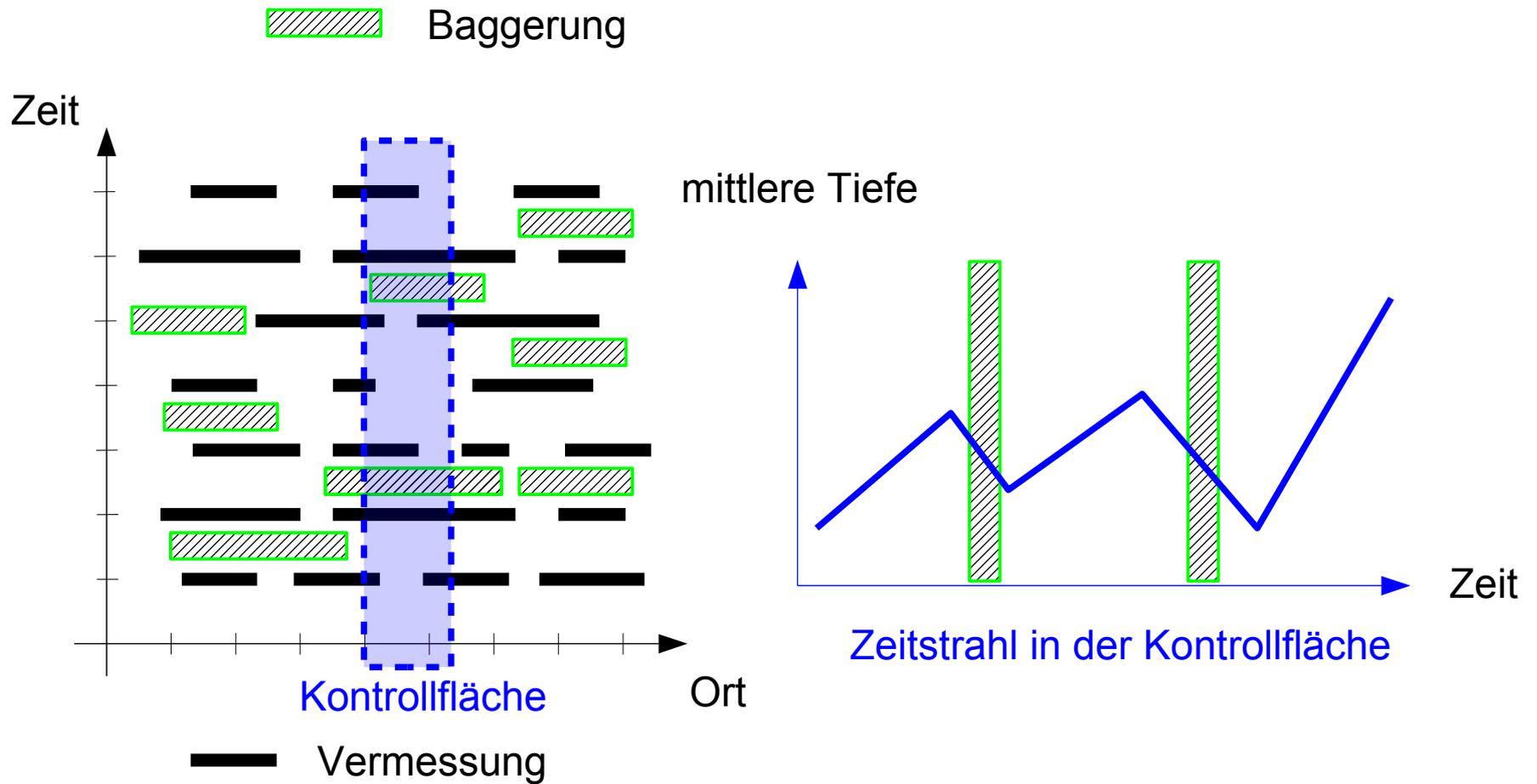


Konsistentes DGM zum Zeitpunkt t

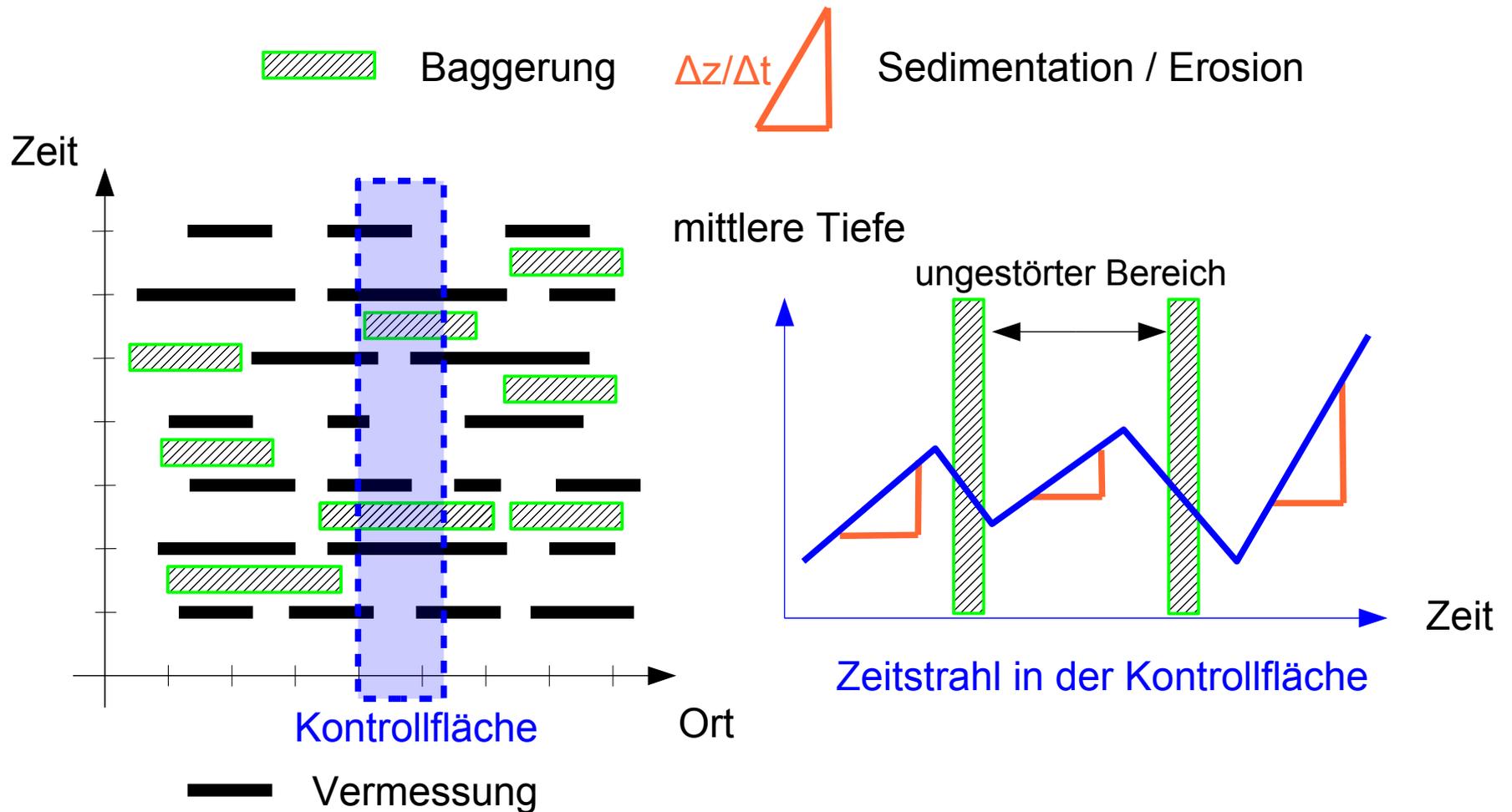


Zeitstrahl am Ort x, y

Weiterentwicklung der Analyse-Methoden



Weiterentwicklung der Analyse-Methoden



Teilaufgaben (1)

Aufbau einer konsistenten Datenbank aus Peildaten und Baggerdaten

Erheben von Metainformationen

Für alle Kontrollflächen

{

Für alle Verkehrspeilungen

{

Bestimme die mittlere Tiefe in der Kontrollfläche

Trage das Ergebnis in die Zeitreihe der Kontrollfläche ein

}

}

Für alle Baggerdaten

{

Trage den Baggerzeitraum in die Zeitreihen ein

}

Teilaufgaben (2)

Für alle Zeitreihen

{

Bestimme die ungestörten Zeiträume (des Wiedereintriebs)

}

Für alle ungestörten Zeiträume

{

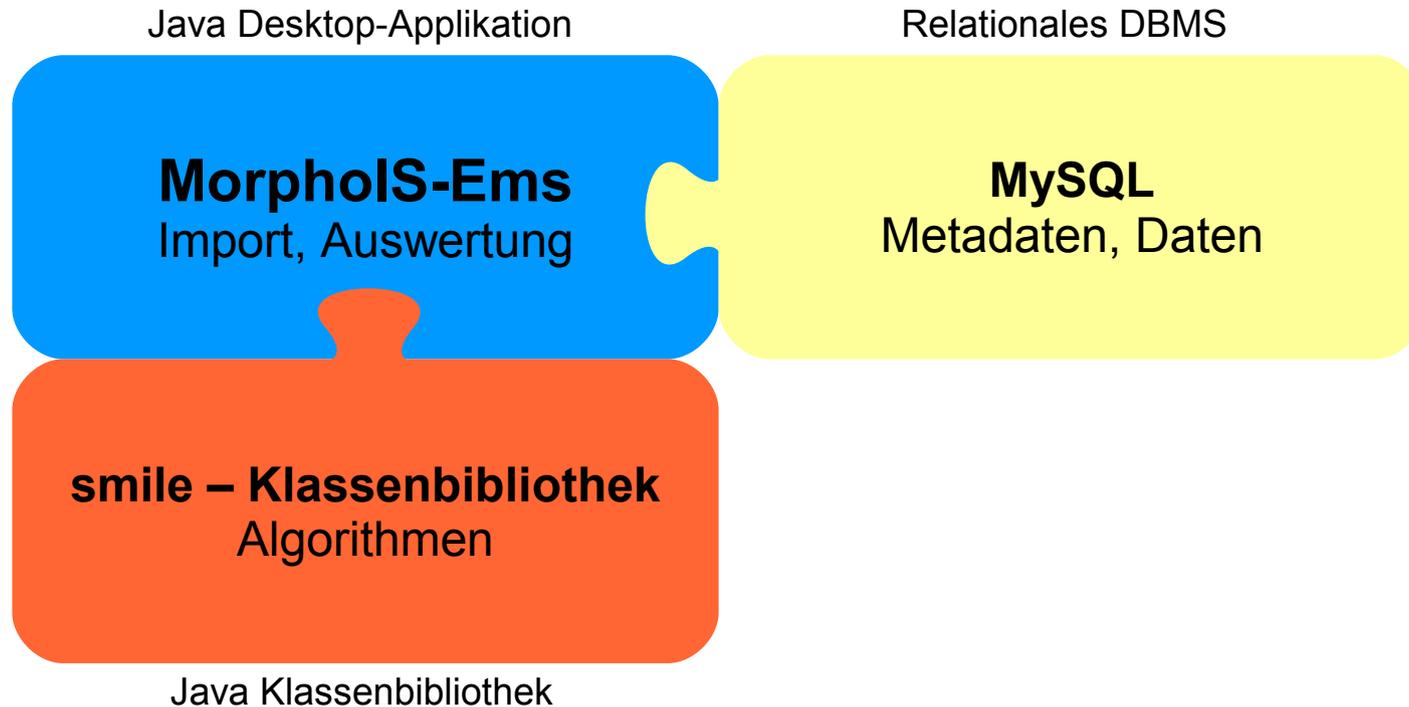
Bestimme die Sedimentationsrate / Erosionsrate

}

Aufbereitung / Zusammentragen der Ergebnisse

Dokumentation der Datengrundlage

MorphoIS-Ems - Architektur



- **Die Metadaten (inklusive Hüllpolygone) werden beim Import erzeugt**
- **Die Navigation auf den Daten erfolgt über die Metadaten**
- **Die Metadaten werden auch zur Prozess-Steuerung verwendet**

Aufbau einer konsistenten Datengrundlage

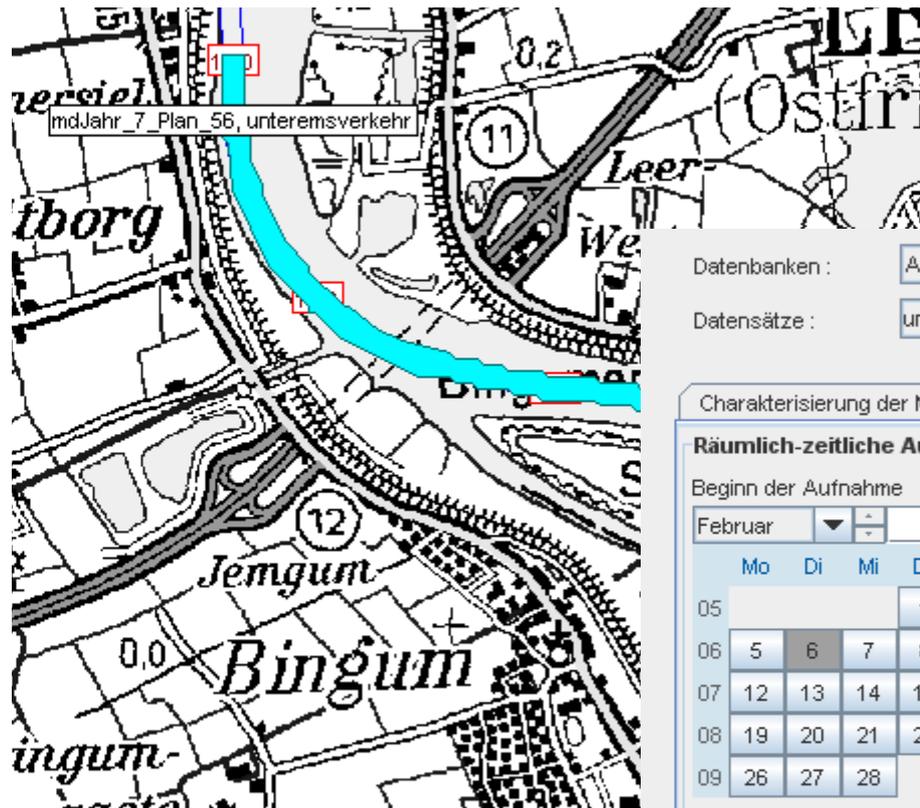
0661402	0701800	0703801	0706802.000	0710301	0713000	0715201	0717801	0720401.000
0661403	0701901	0703801.000	0706901	0710301.000	0713000.000	0715301	0717801.000	0720500
0661404	0701902	0704000	0706901.000	0710400	0713200	0715401	0717802	0720600
0661405	0702000	0704000.000	0707001	0710400.000	0713301	0715500	0717802.000	0720701
0661405.000	0702100	0704301	0707002	0710500	0713401	0715601	0717900	0720702
0661406	0702100.000	0704401	0707100	0710601	0713501	0715701	0717900.000	0720801
0661406.000	0702200	0704401.000	0707201	0710700	0713600	0715702	0718001	0720802
0661801	0702200.000	0704500	0707301	0710801	0713701	0715800	0718101	0720900
0661801.000	Peildaten ca. 5000 Dateien im Format Kuefo bzw. mbes							0721001
0661802								0721001.000
0661803								0721001.001
0661804	0702400	0704702	0707501.000	0711301	0713901.000	0716002	0718401.000	0721101
0661805	0702501	0704704	0707601	0711401	0713902	0716002.000	0718501	0721101.000
0700100	0702502	0704704.000	0707700	0711501	0713902.000	0716101	0718701	0721300
0700100.000	0702503	0704801	0707901	0711601	0714001	0716101.000	0718801	0721400
0700200	0702504	0704802	0708001	0711700	0714101	0716200	0718801.000	0721500
0700200.000	0702601	0704901	0708002	0711901	0714201	0716300	0718900	0721600
0700301	0702601.000	0705001	0708101	0712001	0714201.000	0716400	0719001	0721701
0700301.000	0702602	0705001.000	0708200	0712101	0714202	0716500	0719002	0721800
0700301.001	0702603	0705100	0708301	0712200	0714202.000	0716601	0719002.000	0721900
0700400	0702603.000	0705501	0708401	0712200.000	0714301	0716602	0719100	0722001
0700400.000	0702700	0705502	0708402	0712301	0714302	0716602.000	0719201	0722100
0700501	0702700.000	0705601	0708501	0712401	0714303	0716701	0719300	0722201
0700501.000	0702700.001	0705701	0708601	0712501	0714304	0716701.000	0719401	0722202
0700600	0702801	0705702	0708801	0712501.000	0714305	0716801	0719402	0722300
0700600.000	Dateiname 071901 = Jahr + fortlaufende Plannummer							0722401
0700600.001								0722402
0700700								0722501
0700800	0702900.000	0706101	0709000	0712701.000	0714309	0717102	0719700	0722501.000
0700900	0703001	0706102	0709000.000	0712701.001	0714310	0717103	0719801	0722601
0701000	0703002	0706201	0709101	0712702	0714311	0717200	0719901	0722701
0701000.000	0703101	0706202	0709201	0712800	0714501	0717301	0720001	0722701.000
0701101	0703201	0706203	0709301	0712901	0714502	0717401	0720002	0722801
0701102	0703201.000	0706300	0709401	0712902	0714502.000	0717402	0720003	0722901
0701201	0703202	0706401	0709401.000	0712903	0714503	0717403	0720004	0723000
0701202	0703203	0706401.000	0709501	0712903.000	0714600	0717404	0720005	0723000.000
0701300	0703300	0706501	0709501.000	0712904	0714700	0717404.000	0720006	0723101
0701300.000	0703400	0706501.000	0709600	0712905	0714800	0717500	0720007	0723201
0701400	0703501	0706600	0709600.000	0712906	0714901	0717500.000	0720101	0723301
0701500	0703601	0706700	0709700	0712907	0714901.000	0717601	0720201	0723302
0701600	0703602	0706801	0709901	0712908	0714902	0717602	0720201.000	0723303
0701700	0703700	0706801.000	0710001	0712909	0714902.000	0717603	0720201.001	0723304

Erheben von Metainformationen

43	1	Gatjebogen, Tn. 50 - 56/K8	Km 50.0 - 52.5		02.02.	822	SKN		1		
44	3	Dukegat, Tn. 34 - 40,	Km 62.0 - 69.0		01.02.	723	SKN		1	1	
45	40	Busetief, südl. Teil, Tn. B20 - WM	Querpr.		01.02.	921	SKN				
46	24	In und vor dem Alten Hafen Borkum			30.01.	736	SKN		1		
47	45	Osterems, Tn. O36 - 32/O44			30.+ 31.01.	706	SKN		1		
		Osterems, Tn. O30/L2 - O36				705	SKN		1		
		Imder Fahrwasser, Tn. 56/K8 - 64	nicht herausgegeben!			805	SKN				
		Imder Fahrwasser, Tn. 64 - OM	nicht herausgegeben!			810	SKN				
51	0	Kontrollpeilung Unterems	Km 0,0 - 2,0	Quer	06.02.	1041	NN				
52	0	Kontrollpeilung Unterems	Km 2,0 - 4,0	Quer	06.02.	1042	NN				
56	7	Unterems, Km 14.8 - 19.0		Längspr.						06.02.	
56	7	Unterems, Km 14.8 - 19.0		Längspr.	06.02.	1004	SKN		1		
57	34	Liegestelle Borkum	Km 15,3		05.02.	1037	SKN		1		
58	7	Unterems, Km 24.0 - 29.5		Längspr.	06.02.	1006	SKN		1		
59	7			Längspr.	07.02.	1047	SKN				
60	7			Längspr.	07.02.	1046	SKN				
61	34	Liegestelle Leerort	Km 13.98 - 14.72		07.02.	1036	SKN		1		
62	43	Otzumer Balje, Tn. OB2 - OB8	mit Fahrwassersuche		07.+08.02.	935	SKN				
63	7	Unterems, Km 8.0 - 10.0		Längspr.	08.02.	1045	SKN		1		

- Stichwort „Längsprofil“ weist auf eine Verkehrspeilung hin
- Die Verknüpfung mit der Datendatei erfolgt über die Plannummer
- Ergebnis 909 Verkehrspeilungen aus den Jahren 2004 bis 2008, gefiltert aus ca. 5000 Dateien

Durchgängigkeit von Metainformationen



Erzeugtes Hüllpolygon

Metadaten im Informationssystem

Datenbanken : Alle verfügbaren Datenbanken

Datensätze : unteremsverkehr.mdJahr_7_Plan_56

Charakterisierung der Metadaten | Charakterisierung der Daten | **Ausdehnung** | Datenqualität

Räumlich-zeitliche Ausdehnung

Beginn der Aufnahme: Februar 2007 | Ende der Aufnahme: Februar 2007

Beginn der Aufnahme							Ende der Aufnahme						
Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
			1	2	3	4				1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11	5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18	12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25	19	20	21	22	23	24	25
26	27	28					26	27	28				

Min. X	2593138.5000	Max. X	2595476.2000
Min. Y	5899401.2000	Max. Y	5902192.3000
Min. Z	-12.7600	Max. Z	-4.9800
Anzahl Punktdatenobjekte	13109		
Anzahl Polygonobjekte	0		
Anzahl Elementobjekte	0		

Baggerdaten vor dem Import

Gesamtaufstellung der Überführungsarbeiten									
Baggerkampagne	"Jewel of the Seas"	"Norwegian Jewel"	"Pride of Hawaii"		"Norwegian Pearl"				
Schiffsabmessungen	L=293m / B=32,2m / T=7,55m		L=294m / B=32,2m / T=7,70m		L=294m / B=32,2m / T=7,70m				
Baggerzeitraum (ohne Leda)	24.11.03 - 04.04.04		07.03.05 - 25.06.05		02.01.06 - 12.03.06		11.07.06 - 04.11.06		
Baggerstrecke [km]	2004 [m³]		2005 [m³]		2006-1 [m³]		2006-2 [m³]		
	A-Menge	T-Menge	A-Menge	T-Menge	A-Menge	T-Menge	A-Menge	T-Menge	Σ
km 0,0 - 4,0	342,293		318,508		232,777		275,351		829,329
km 4,0 - 6,8	197,324		133,289		100,638		107,887		439,138
km 6,8 - 10,8	279,226		101,068		60,340		97,160		477,794
km 10,8 - 14,8	87,696		45,493		7,664		13,156		153,009
km 14,8 - 20,9	25,551		36,860		13,119		22,354		77,884
km 21,8 - 24,0	159,001		130,398		20,100		39,732		449,231
km 25,7 - 30,0	0		6,833		0		0		6,833
km 32,5 - 34,5	128,461		162,983		110,000		125,471		526,915
km 34,5 - 40,0	0		0		16,475		17,000		33,475
Liegewanne	8,551		6,377		10,503		12,336		37,767
Baggermenge Ems [m³]	1,228,104		941,809		571,616		710,447		2,451,976
Leda	85,351		36,288		61,844		130,107		273,590
Baggermenge Leda [m³]	85,351		36,288		61,844		130,107		273,590
Gesamtmenge ohne Std.-Lohn [m³]:	1,313,455		978,097		633,460		840,554		2,726,566

Ort

Gesamtaufstellung der Überführ		
Baggerkampagne	"Jewel of the Seas"	"Norwegian Jewel"
Schiffsabmessungen	L=293m / B=32,2m / T=7,55m	L=294m / B=32,2m / T=7,70m
Baggerzeitraum (ohne Leda)	24.11.03 - 04.04.04	07.03.05 - 25.06.05
Baggerstrecke [km]	2004 [m³]	2005 [m³]
		A-Menge
km 0,0 - 4,0	342,293	318,508
km 4,0 - 6,8	197,324	133,289
km 6,8 - 10,8	279,226	101,068
km 10,8 - 14,8	87,696	45,493
km 14,8 - 20,9	25,551	36,860
km 21,8 - 24,0	159,001	130,398
km 25,7 - 30,0	0	6,833
km 32,5 - 34,5	128,461	162,983
km 34,5 - 40,0	0	0
Liegewanne	8,551	6,377
Baggermenge Ems [m³]	1,228,104	941,809
Leda	85,351	36,288
Baggermenge Leda [m³]	85,351	36,288
Gesamtmenge ohne Std.-Lohn [m³]:	1,313,455	978,097

Zeit

Quelle: WSA Emden

Baggerdaten nach dem Import

Datenbanken: Alle verfügbaren Datenbanken

Datensätze: baggerungems.mdBaggerung_07_06_08_27_09_08_jbf

Charakterisierung der Metadaten | Charakterisierung der Daten | Ausdehnung | Datenqualität

Räumlich-zeitliche Ausdehnung

Beginn der Aufnahme: Juni 2008

Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30						

Ende der Aufnahme: September 2008

Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30					

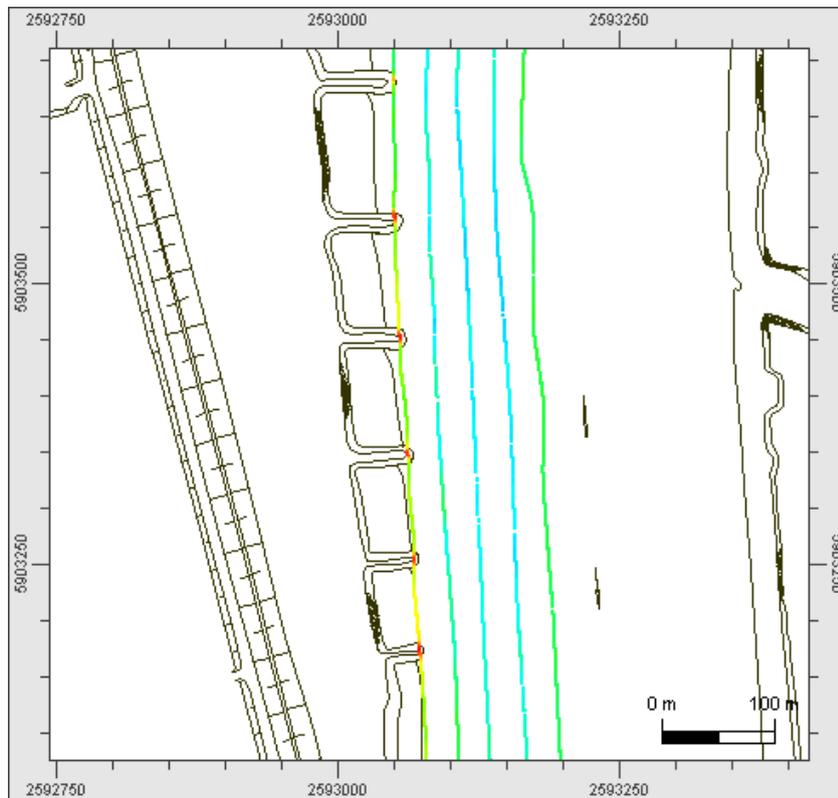
Min. X: 2584872.1609 | Max. X: 2595687.3100
 Min. Y: 5886478.7886 | Max. Y: 5911162.3608
 Min. Z: -7.5248 | Max. Z: -6.2000

Anzahl Punktdatenobjekte: 585
 Anzahl Polygonobjekte: 0
 Anzahl Elementobjekte: 0

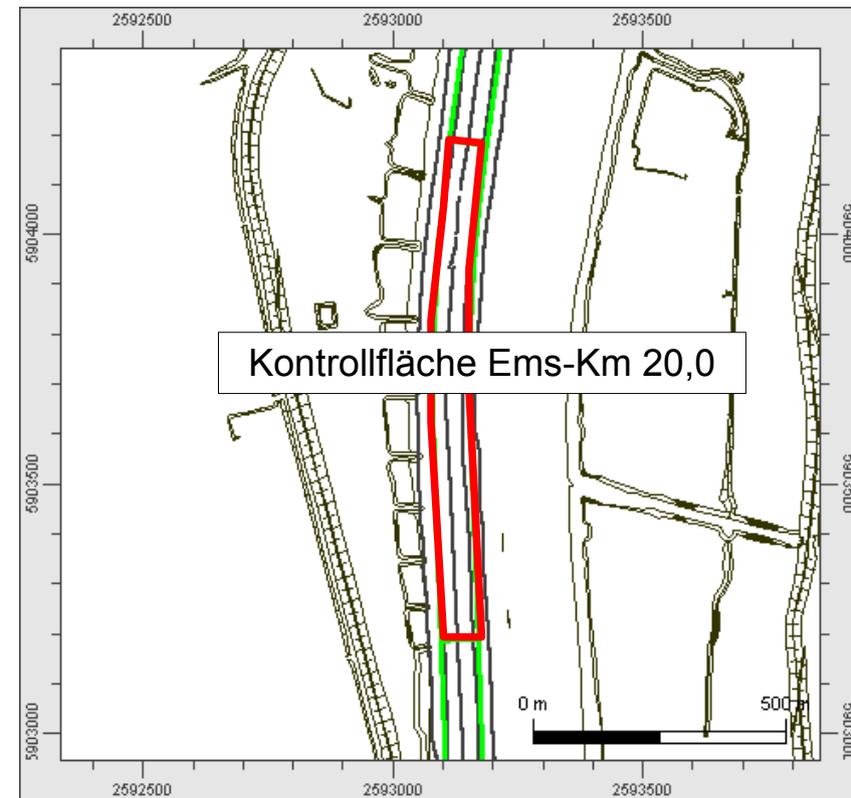
Eingabe übernehmen [Enter] | abbrechen [Esc]

Bestimmung der mittleren Tiefe einer Kontrollfläche

Frage: Wie wird aus den spärlichen, ungleich verteilten Peildaten für eine Kontrollfläche die mittlere Tiefe ermittelt ?



Peillinien

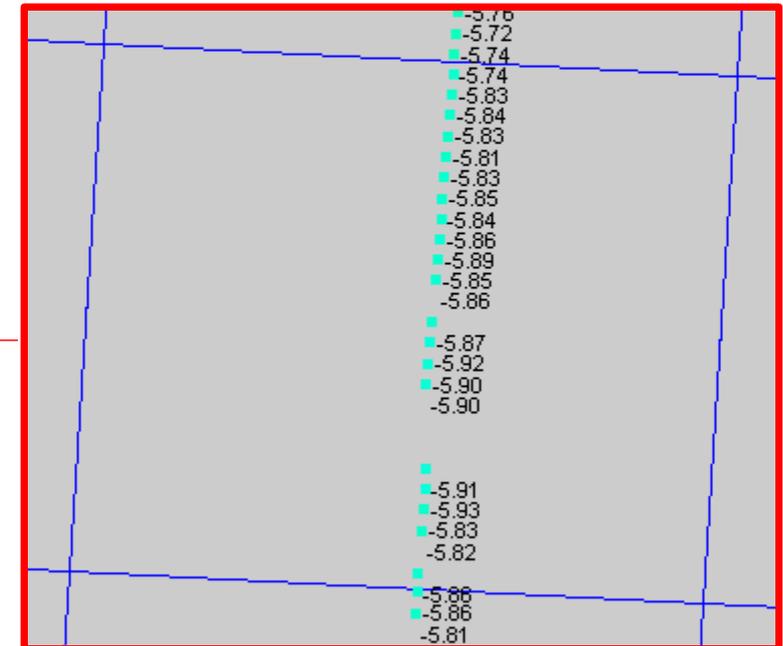


Kontrollfläche

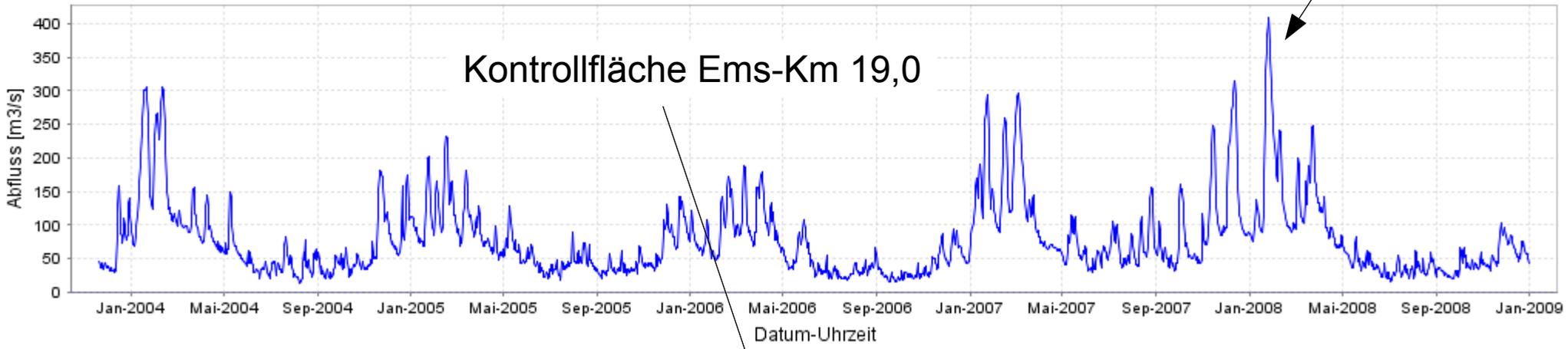
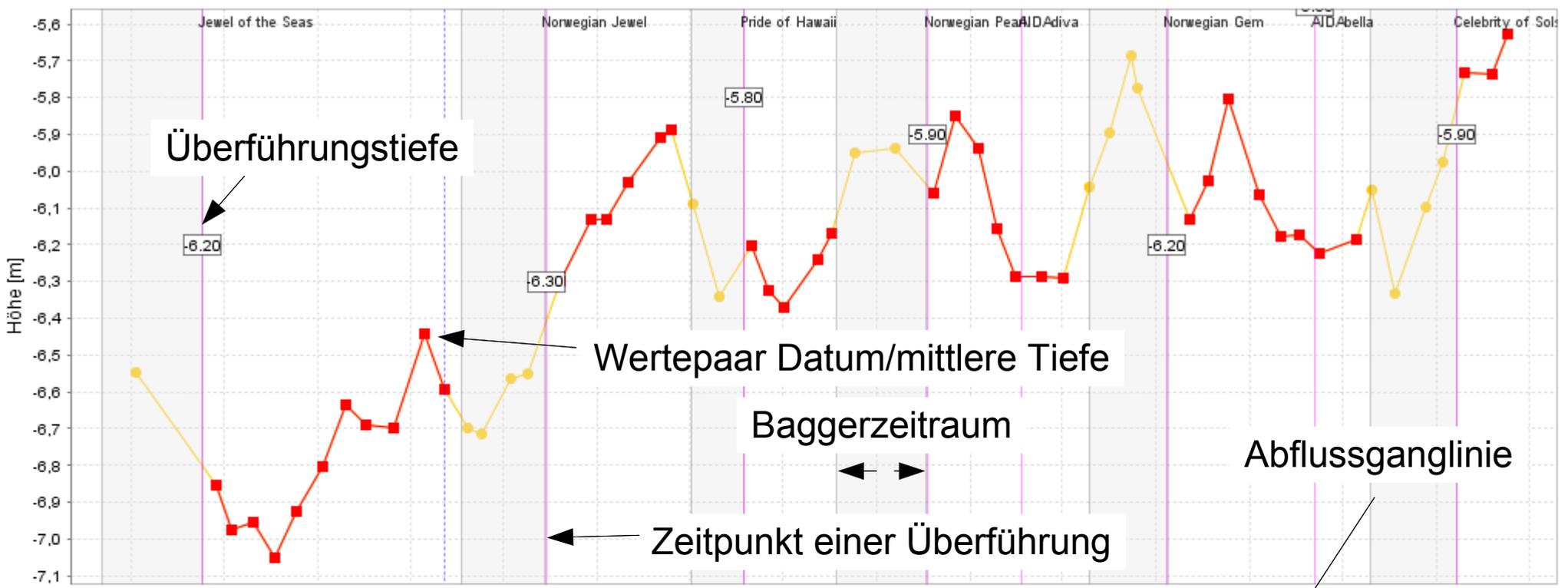
Achsorientiertes orthogonales Raster



Achsorientiertes orthogonales Raster
mit einer Auflösung von ~25 m

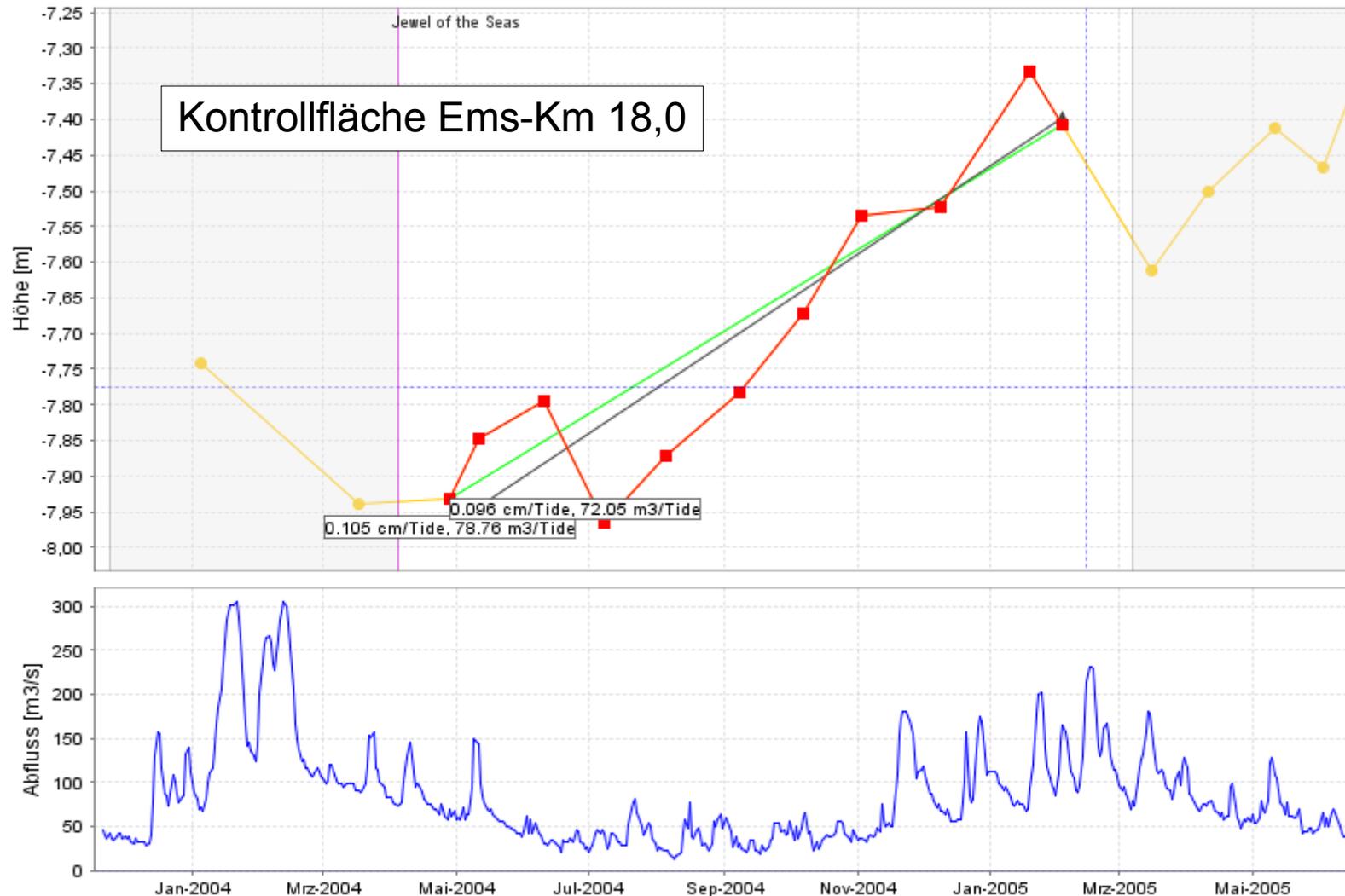


Ermittlung der mittleren Tiefe ungestört von Lage und Dichte der Peildaten



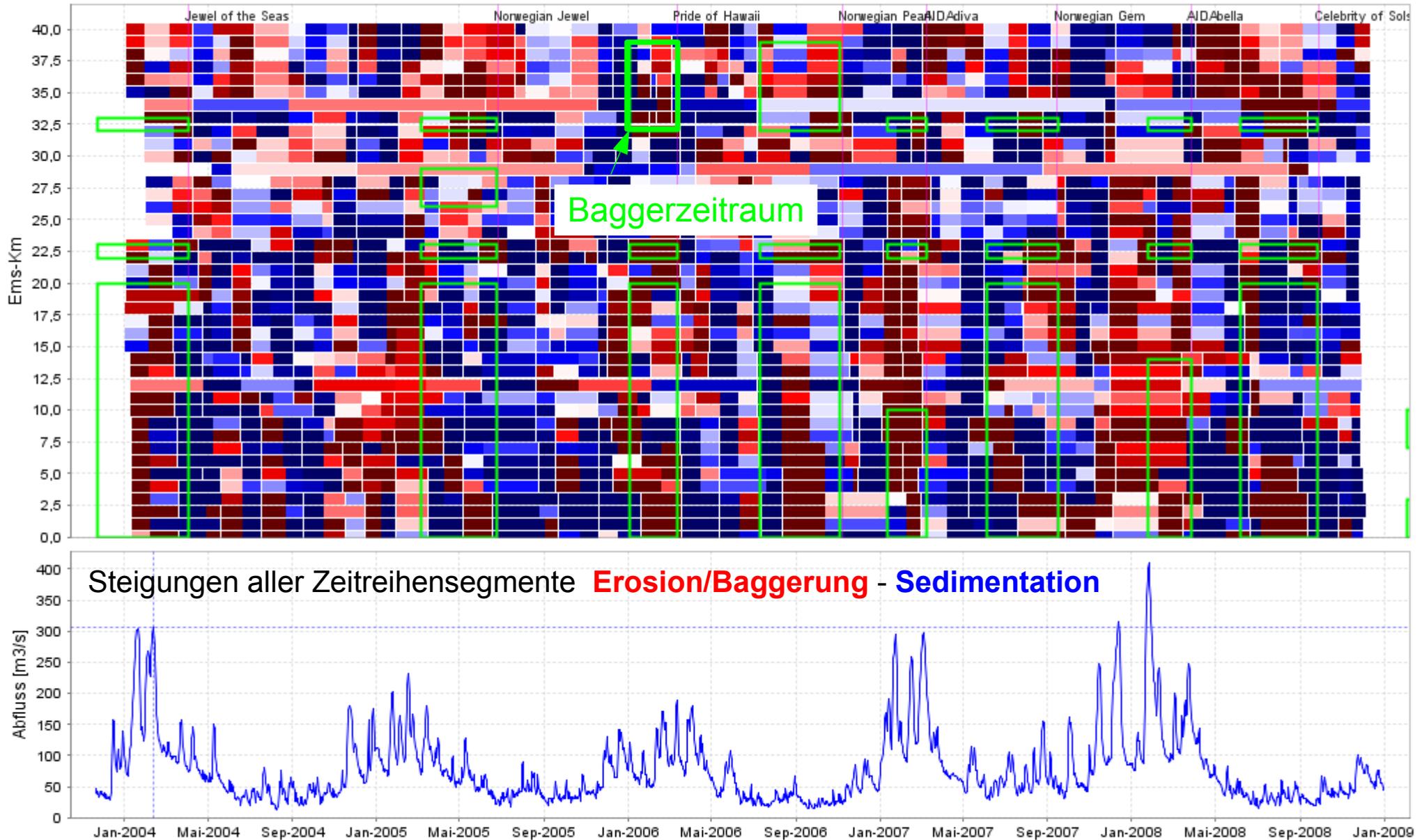
■ 19 (Rasterzellen-Layer, Auswertungsraster (25m), Umgebungsapprox. (Fläche), Mittelwert)
● 19 (Rasterzellen-Layer, Auswertungsraster (25m), Umgebungsapprox. (Fläche), Mittelwert)

Bestimmung der mittleren Sedimentationsrate

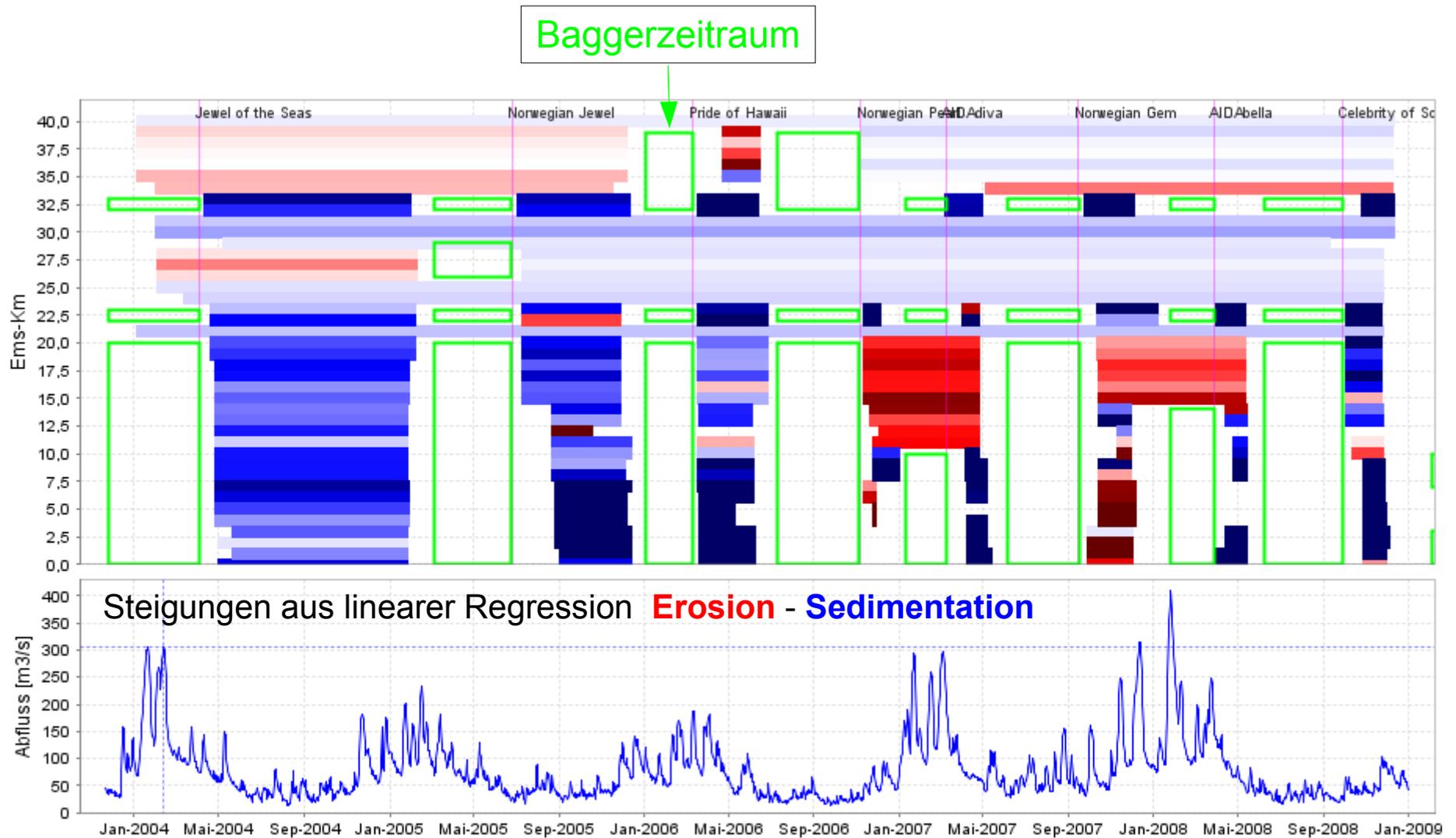


Steigung zwischen Anfangs- und Endpunkt (0.096 cm/Tide, $\Delta V=72,05 \text{ m}^3/\text{Tide}$)
Lineare Regression (0.105 cm/Tide, $\Delta V=78,76 \text{ m}^3/\text{Tide}$)

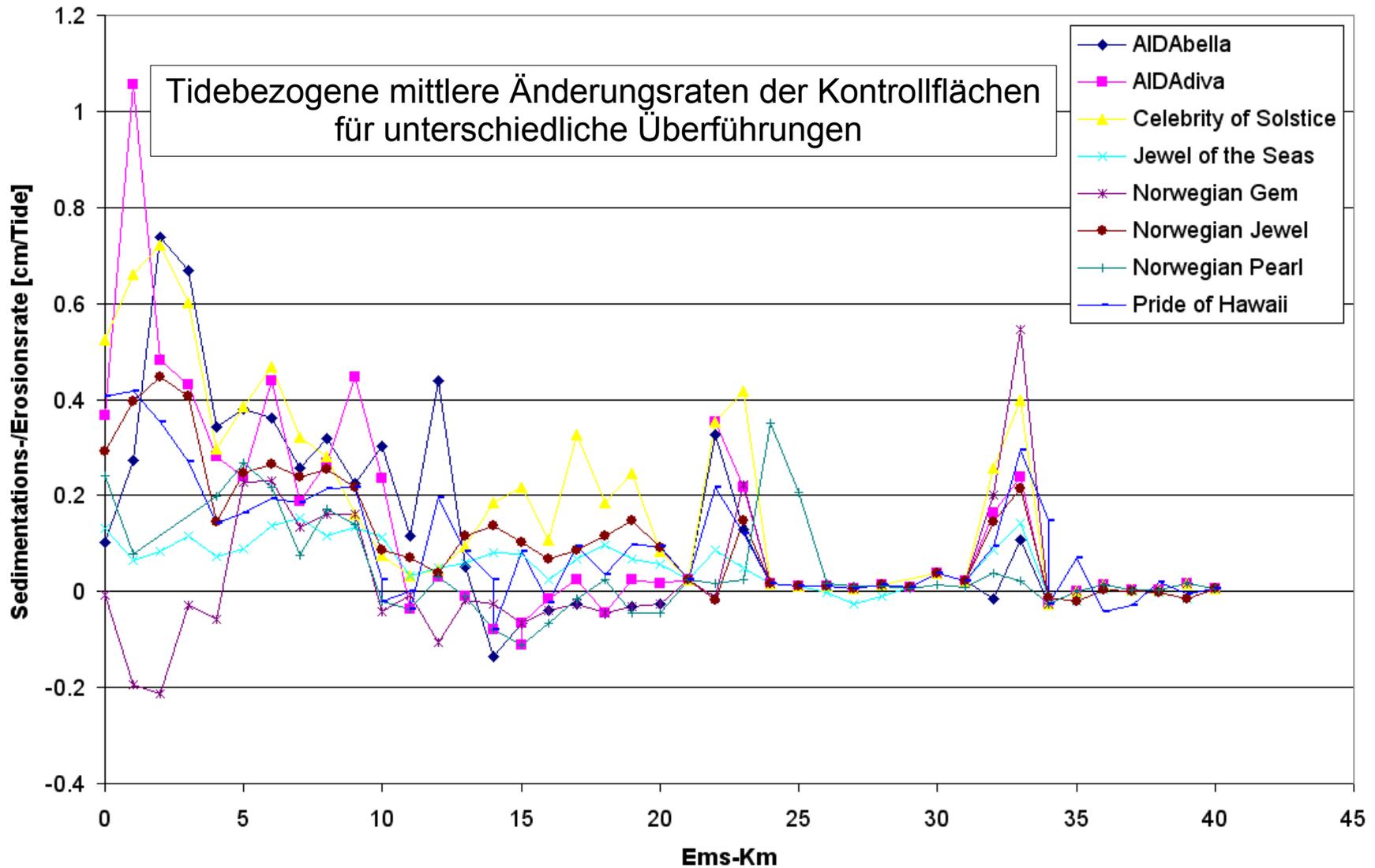
Aufbereiten und Zusammentragen der Ergebnisse (1)



Aufbereiten und Zusammentragen der Ergebnisse (2)

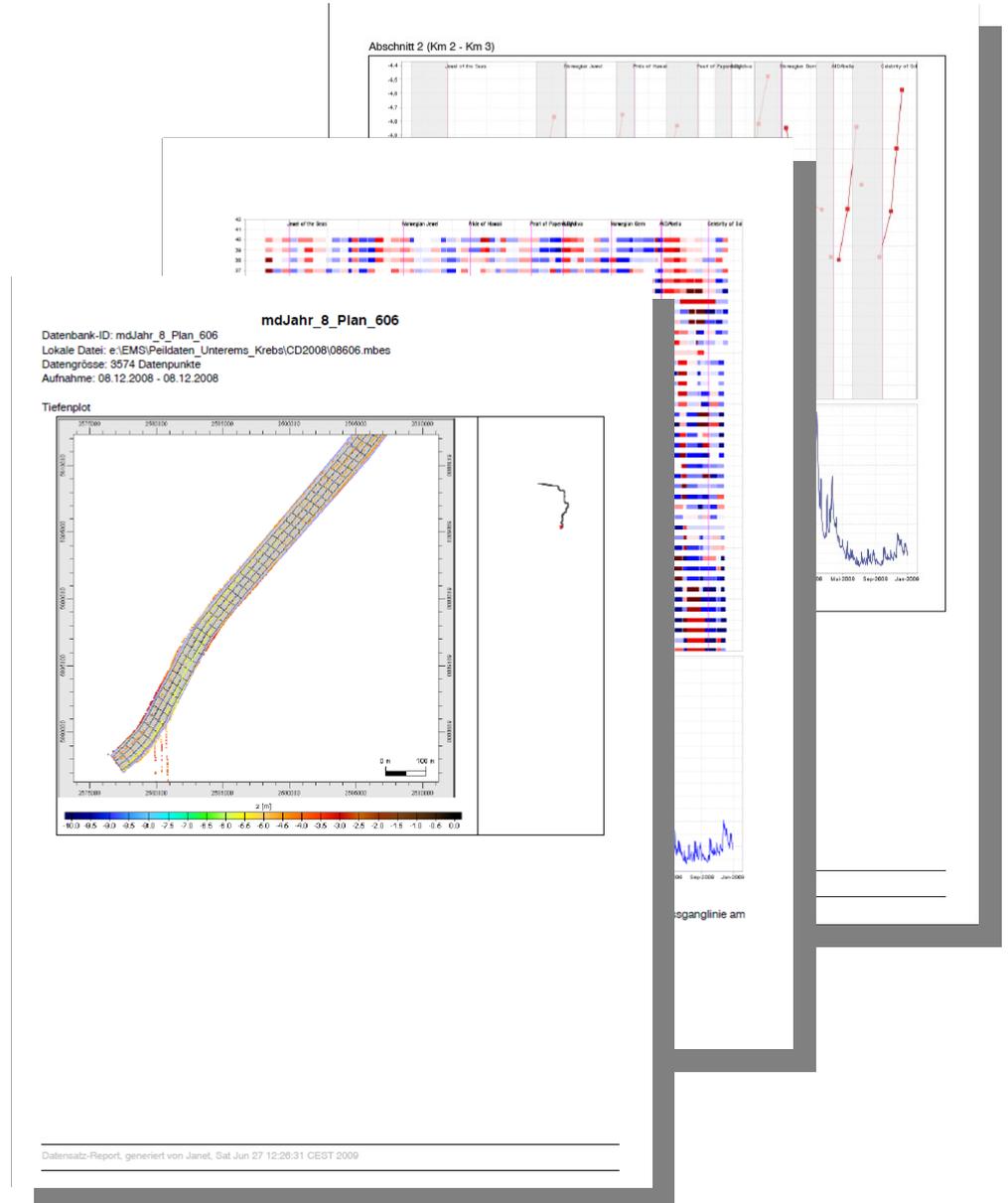


Aufbereiten und Zusammentragen der Ergebnisse (3)



Dokumentation

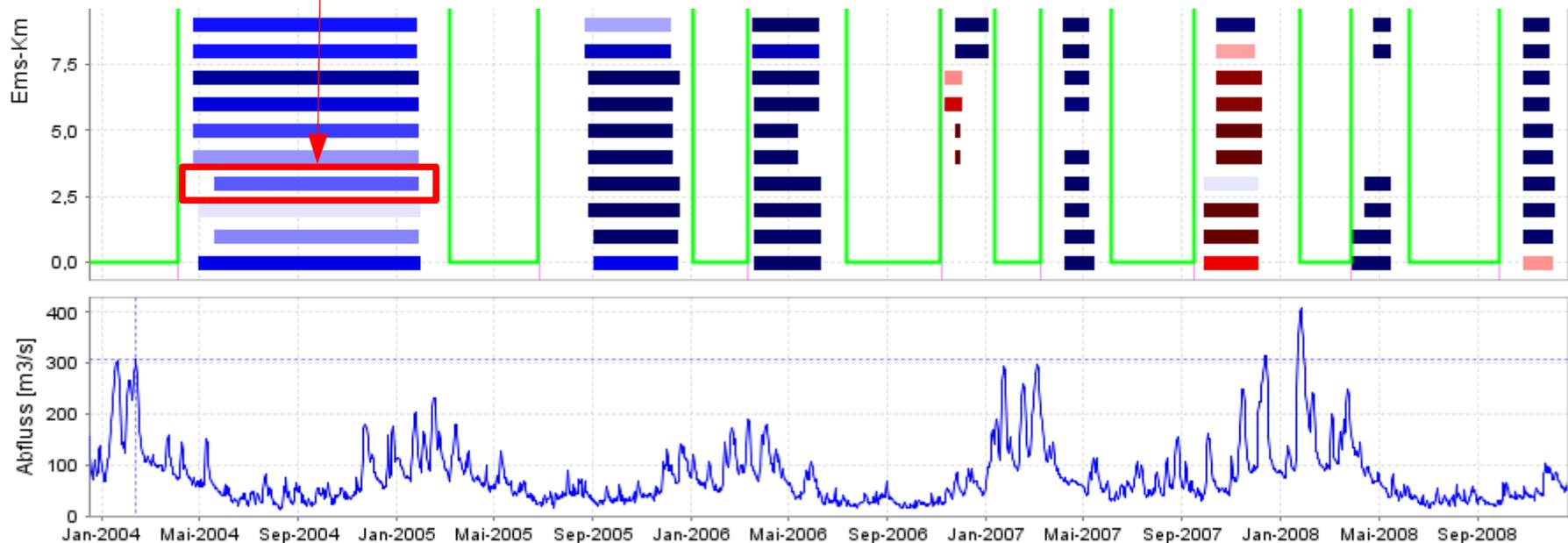
- **Darstellung aller Zeitreihen mit/ohne Baggerungen als pdf-Bericht (41 Seiten)**
- **Darstellung aller mittleren Raten als pdf-Bericht (41 Seiten)**
- **Gemeinsame Darstellung aller Raten im Überblick (3 Seiten)**
- **Darstellung aller Verkehrspeilungen / mittlereren Tiefenwerte pro Kontrollfläche (41 Dokumente zu je ~ 60 Seiten)**
- **Nachvollziehbarkeit gewährleistet !**



Nachvollziehbarkeit (1)

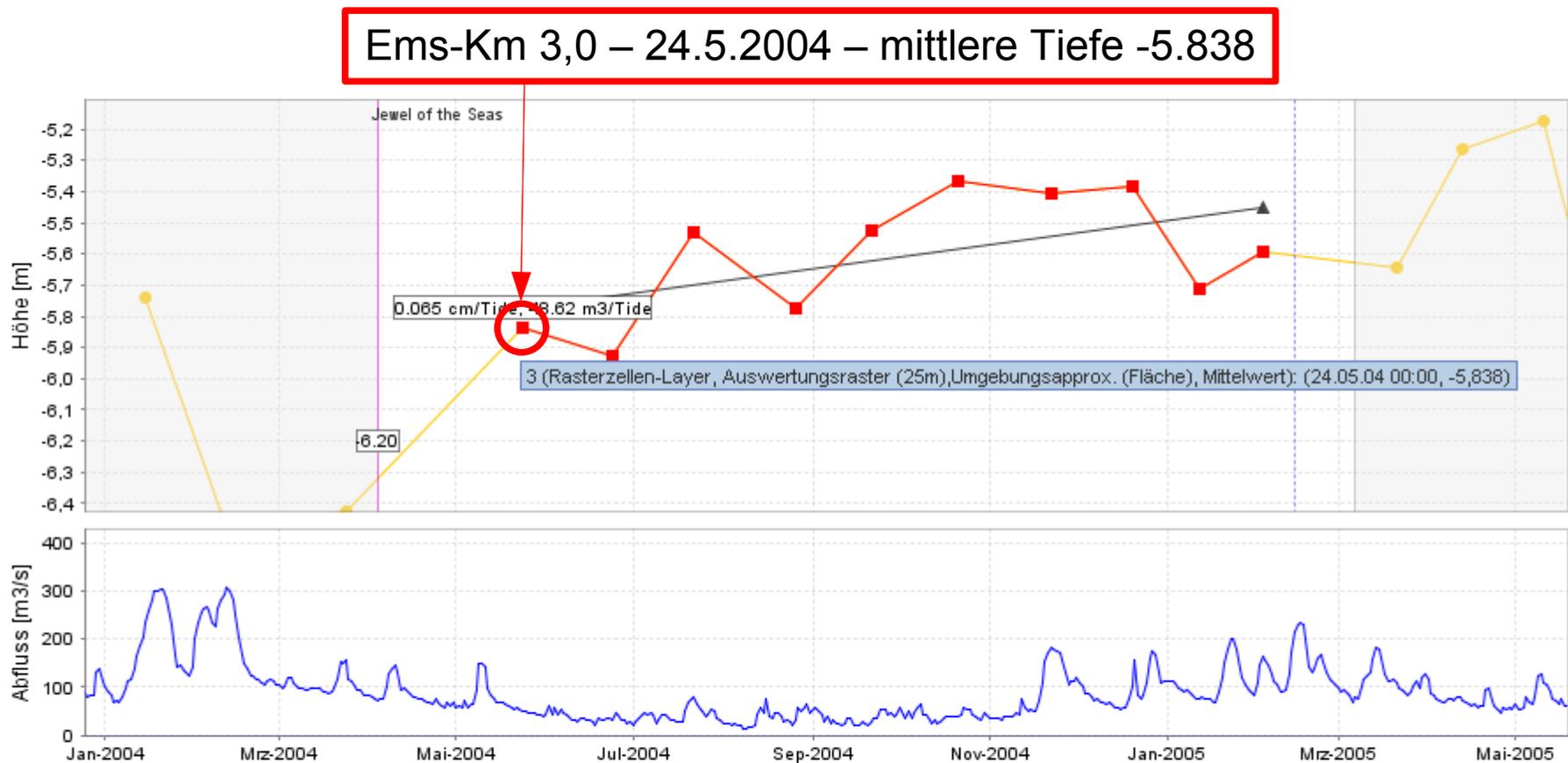
- Von der berechneten Rate kann auf die Zeitreihe geschlossen werden

Ems-Km 3,0 – Mai 2004 bis Mai 2005, nach Überführung „Jewel of the Seas“



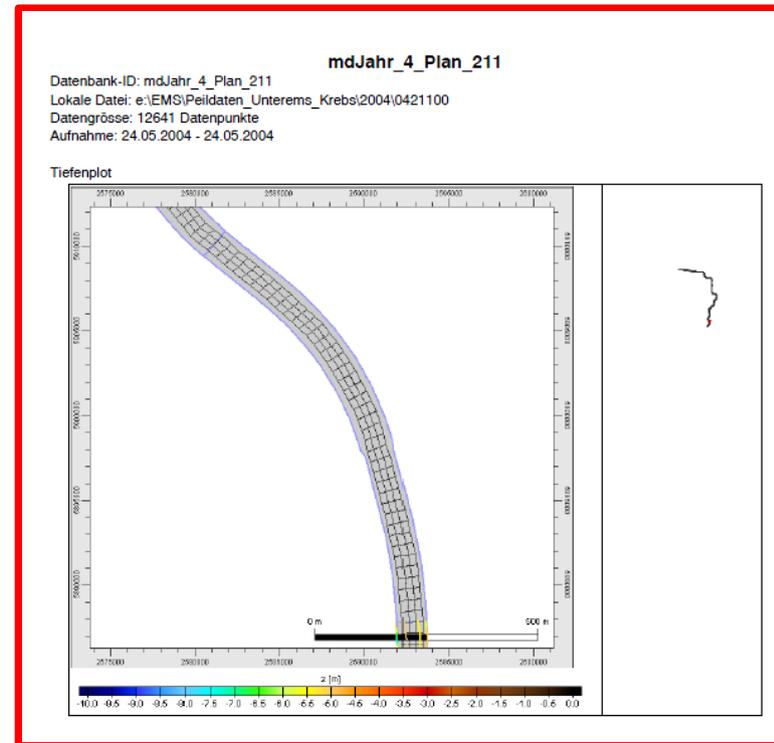
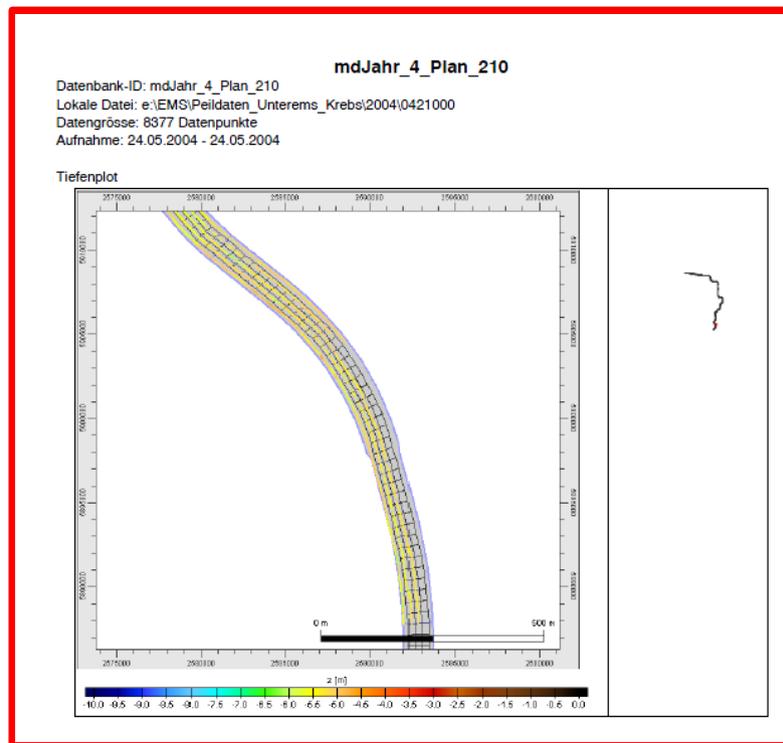
Nachvollziehbarkeit (2)

- Von der berechneten Rate kann auf die Zeitreihe geschlossen werden
- Vom Zeitreihenknoten kann auf die Peilung geschlossen werden



Nachvollziehbarkeit (3)

- Die verwendeten Peildaten sind lückenlos dokumentiert
- Die mittlere Tiefe für den Abschnitt Km 3,0 am 24.5.2004 entstammt den Peilplänen **210/2004** und **211/2004**



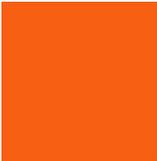
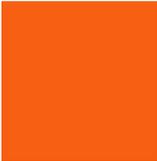
Ems-Km 3,0 – 24.5.04 – mittlere Tiefe -5.838

Zusammenfassung

- **Bereits auf der Grundlage von verfügbaren Verkehrssicherungs-
peilungen lässt sich der Wiedereintrieb von Sedimenten ermitteln**
- **Die Gesamtschau der Zeitreihen eröffnet die Möglichkeit zu einem
besseren Verständnis der Sedimentationsprozesse in der Unterems**
- **Die Auswertung ist transparent und lässt sich bis hin zu den
Basisdaten zurückverfolgen**
- **Die Verfügbarkeit hochwertiger Metadaten ist von essentieller
Bedeutung für die Qualität der Auswertung**
- **Das entstandene Informationssystem ist performant
(5 min. / komplette Auswertung) und einfach in der Anwendung**
- **Das System ist erweiterbar und
kann für weitere Aufgabenstellungen herangezogen werden**

Ausblick

- **Das entstandene Informationssystem MorphoIS-Ems wird in seiner aktuellen Form den Auftraggebern zur eigenen Verwendung übergeben**
- **Das System lässt sich durch aktuelle Peil- und Baggerdaten fortlaufend ergänzen**
- **Potenzielle Weiterentwicklung :**
 - **Korrelation Änderungsraten mit dem Oberwasserabfluss**
 - **Einbezug der Baggermengen bei der Auswertung**
 - **Einbezug des Sperrwerkbetriebs bei der Auswertung**
 - **Hinzunahme weiterer Messgrößen
(Tidegang, Strömung, Trübung, Salzgehalt, Temperatur, ...)**
 - **Auswertung von Modelldaten mit gleicher Logik**
 - **...**



Kontakt

Dr.-Ing. Frank Sellerhoff

post: smile consult GmbH
Vahrenwalder Straße 7
30165 Hannover

tel: 0511 / 935762-0

fax: 0511 / 935762-9

mail: sellerho@smileconsult.de

web: <http://www.smileconsult.de>

smile:)
consult