

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

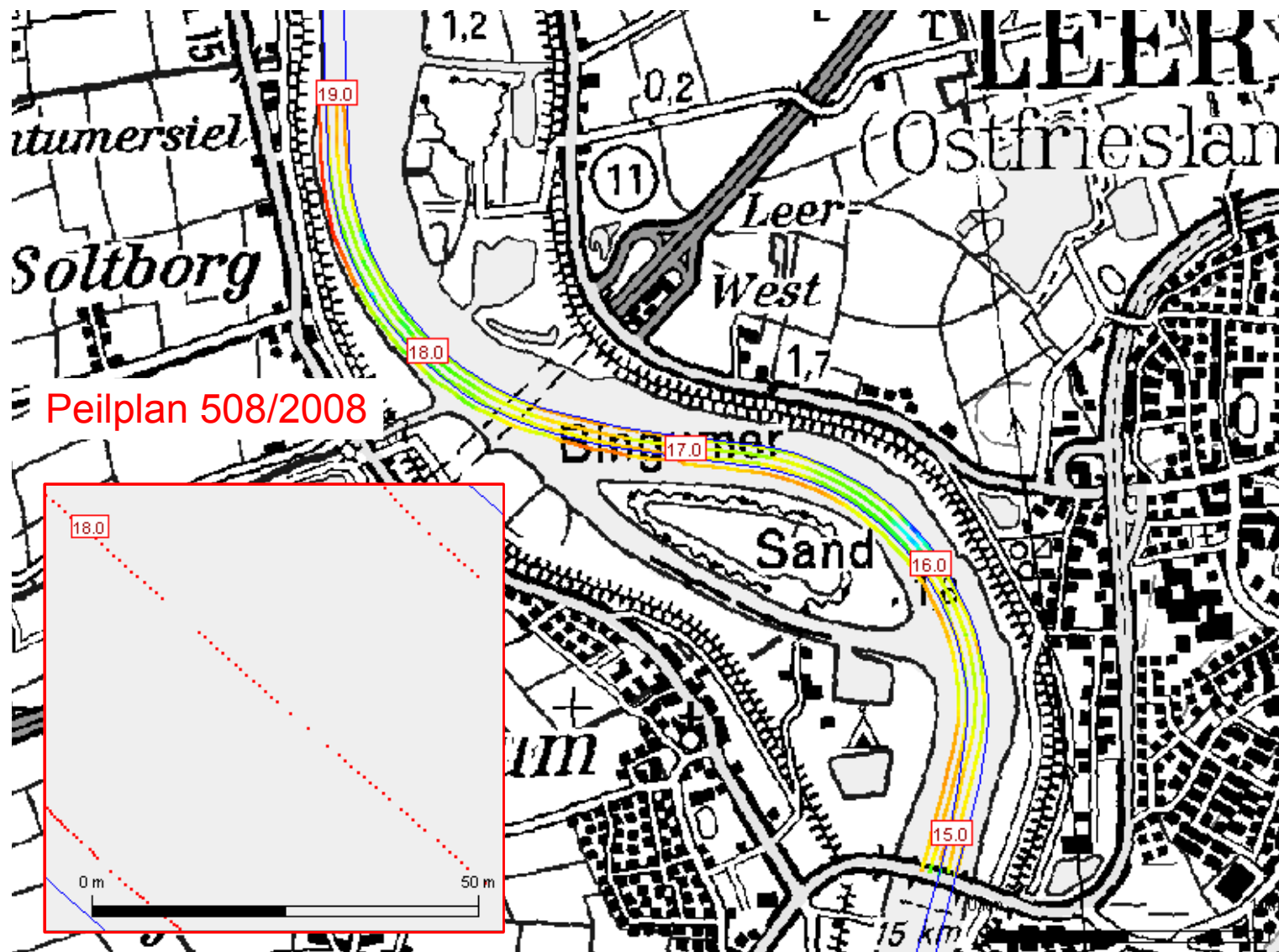
BAW-Kolloquium, Hamburg, 5.11.2009

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 ?

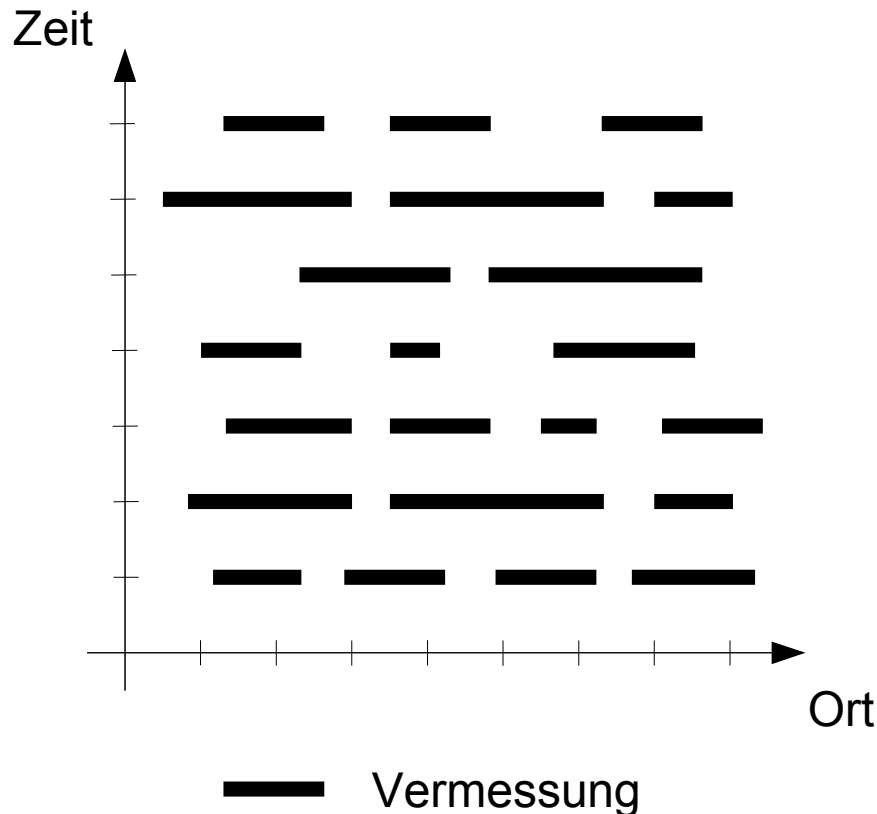
# Verkehrssicherungspeilung 508/2008



Quelle: WSA Emden

# Konzept und Implementierung: MorphoIS-Ems

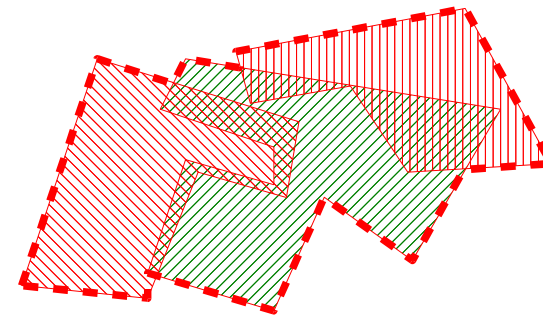
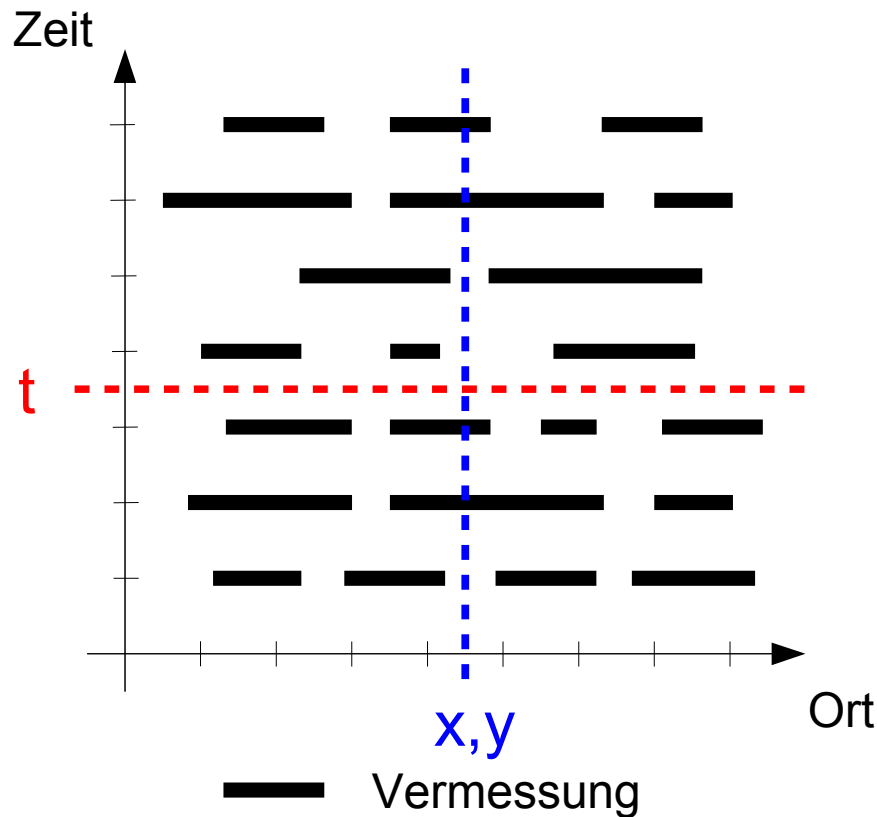
# Datenlage in der Gewässervermessung



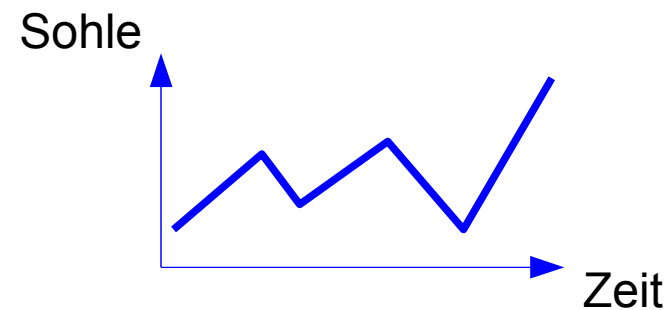
- **Messungen der Gewässersohle werden zu unterschiedlichen Zeiten an unterschiedlichen Orten vorgenommen**
- **Dabei kommen unterschiedliche Messverfahren (Single-/Multi-Beam, Laserscan, terrestrisch) zum Einsatz**
- **Eine einzelne Vermessung deckt meist immer nur einen Teilbereich eines Untersuchungsgebietes 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

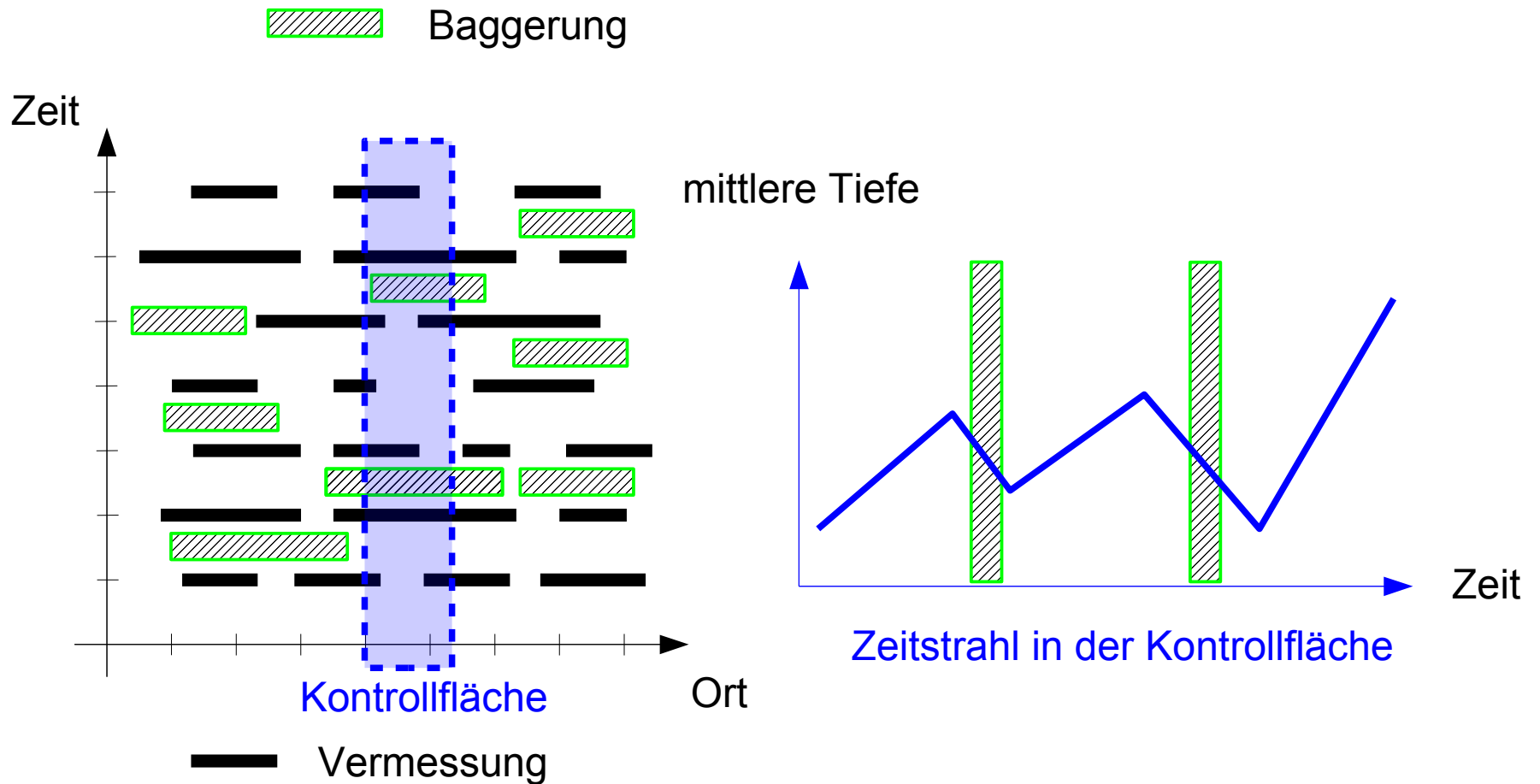


Konsistentes DGM zum Zeitpunkt  $t$

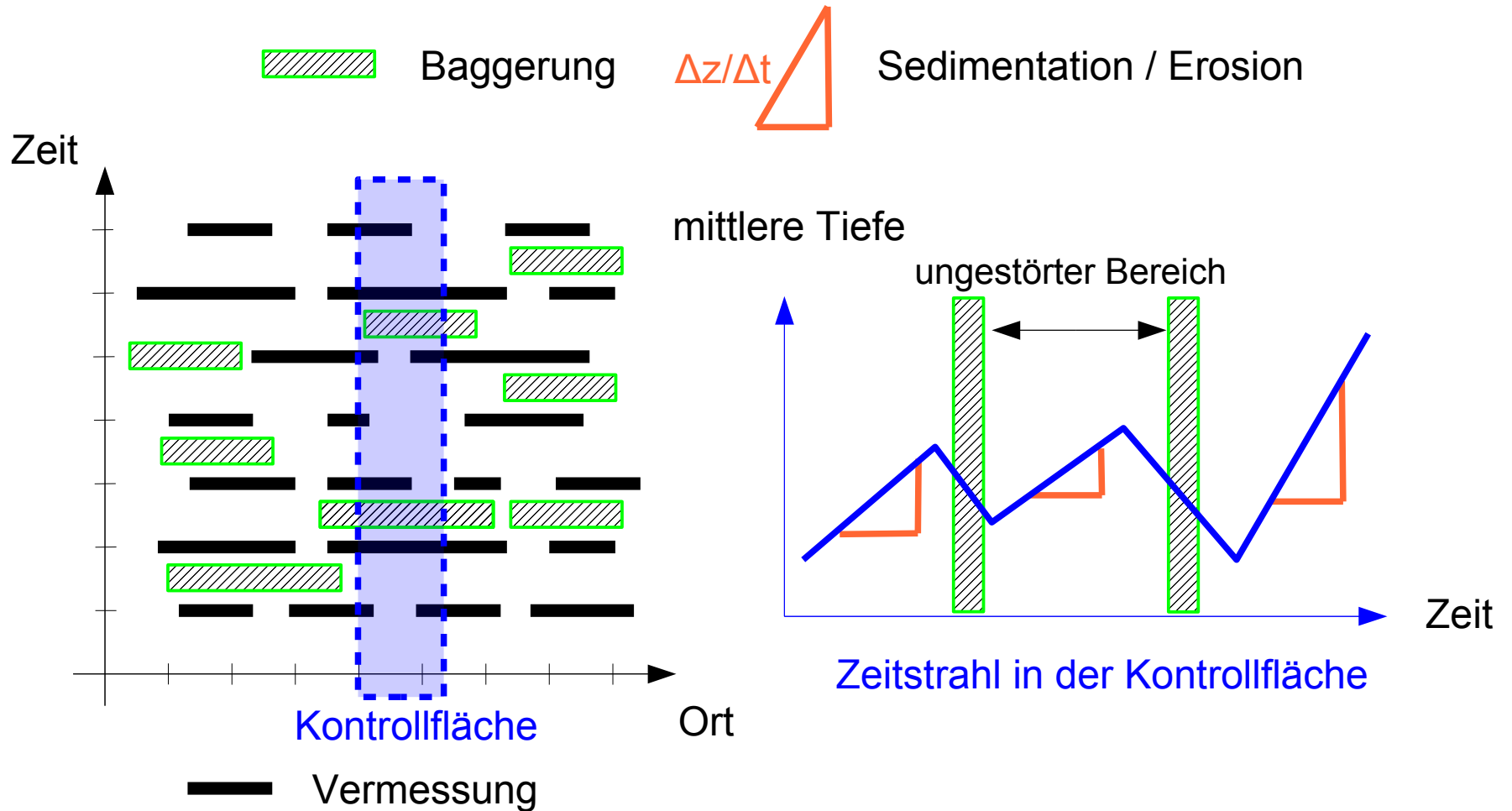


Zeitstrahl am Ort  $x, y$

# 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**

**{**

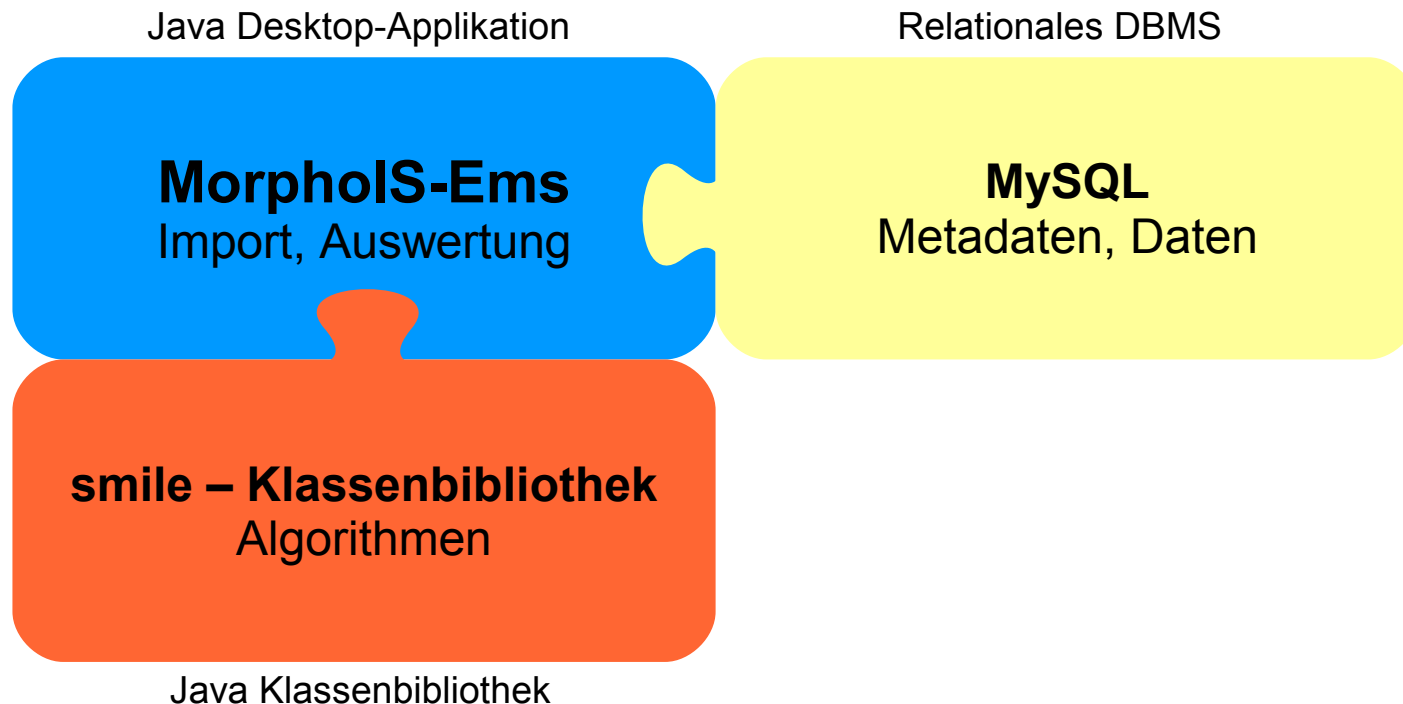
**Bestimme die Sedimentationsrate / Erosionsrate**

**}**

**Aufbereitung / Zusammentragen der Ergebnisse**

**Dokumentation der Datengrundlage**

# MorphoS-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

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

Plannummer

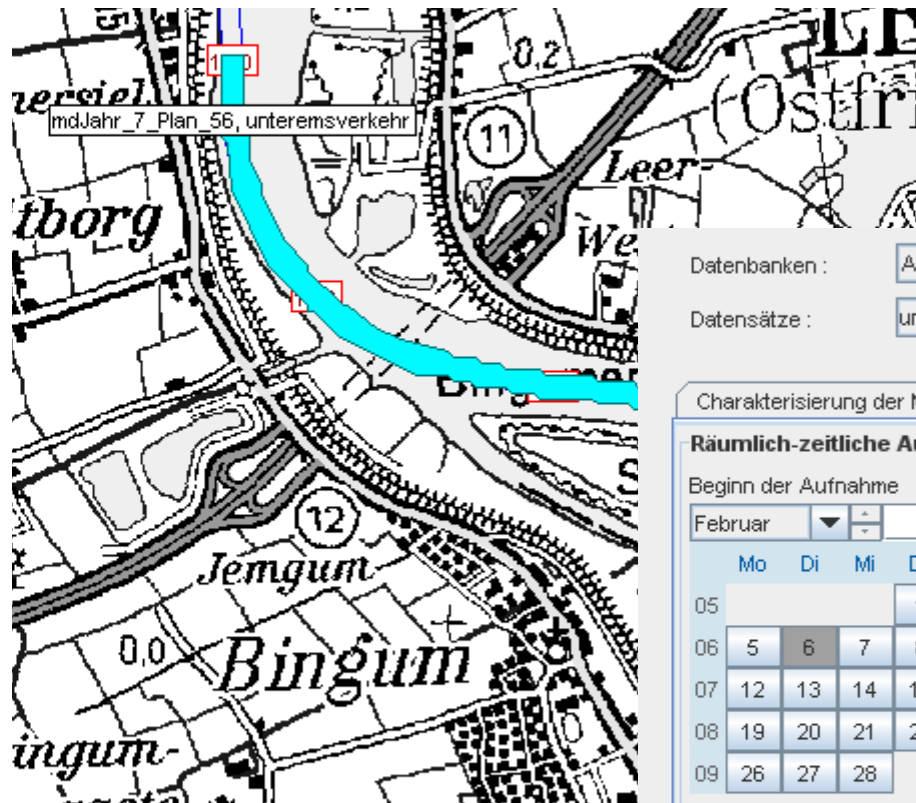
Verkehrspeilung

Bezeichner

Datum

- 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 :

Datensätze :

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

**Räumlich-zeitliche Ausdehnung**

Beginn der Aufnahme    Ende der Aufnahme

Februar 2007    Februar 2007

	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
05				1	2	3	4
06	5	6	7	8	9	10	11
07	12	13	14	15	16	17	18
08	19	20	21	22	23	24	25
09	26	27	28				

	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So
05				1	2	3	4
06	5	6	7	8	9	10	11
07	12	13	14	15	16	17	18
08	19	20	21	22	23	24	25
09	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		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	A-Menge	A-Menge	T-Menge	A-Menge	T-Menge			
km 0,0 - 4,0	342,293	318,508	232,777	275,351	262,728	269,076			
km 4,0 - 6,8	197,324	133,289	100,638	107,887	94,528	109,624			
km 6,8 - 10,8	279,226	101,068	60,340	97,160	66,573	73,216			
km 10,8 - 14,8	87,696	45,493	7,664	13,156	22,994	23,452			
km 14,8 - 20,9	25,551	36,860	13,119	22,354	13,569	15,444			
km 20,9 - 24,0	159,001	130,398	20,100	39,732	32,006	90,553			
km 24,0 - 30,0	0	6,833	0	0	0	0			
km 30,0 - 34,5	128,461	162,983	110,000	125,471	130,244	188,453			
km 34,5 - 40,0	0	0	16,475	17,000	20,000	21,935			
Liegewanne	8,551	6,377	10,503	12,336	27,567	56,848			
Baggermenge Ems [m³]	1,228,104	941,809	571,616	710,447	670,209	848,601			
Leda	85,351	36,288	61,844	61,854	47,000	74,765			
Baggermenge Leda [m³]	85,351	36,288	61,844	61,854	47,000	74,765			
Gesamtmenge ohne Std.-Lohn [m³]	1,313,455	978,097	633,460	772,301	717,209	923,366			

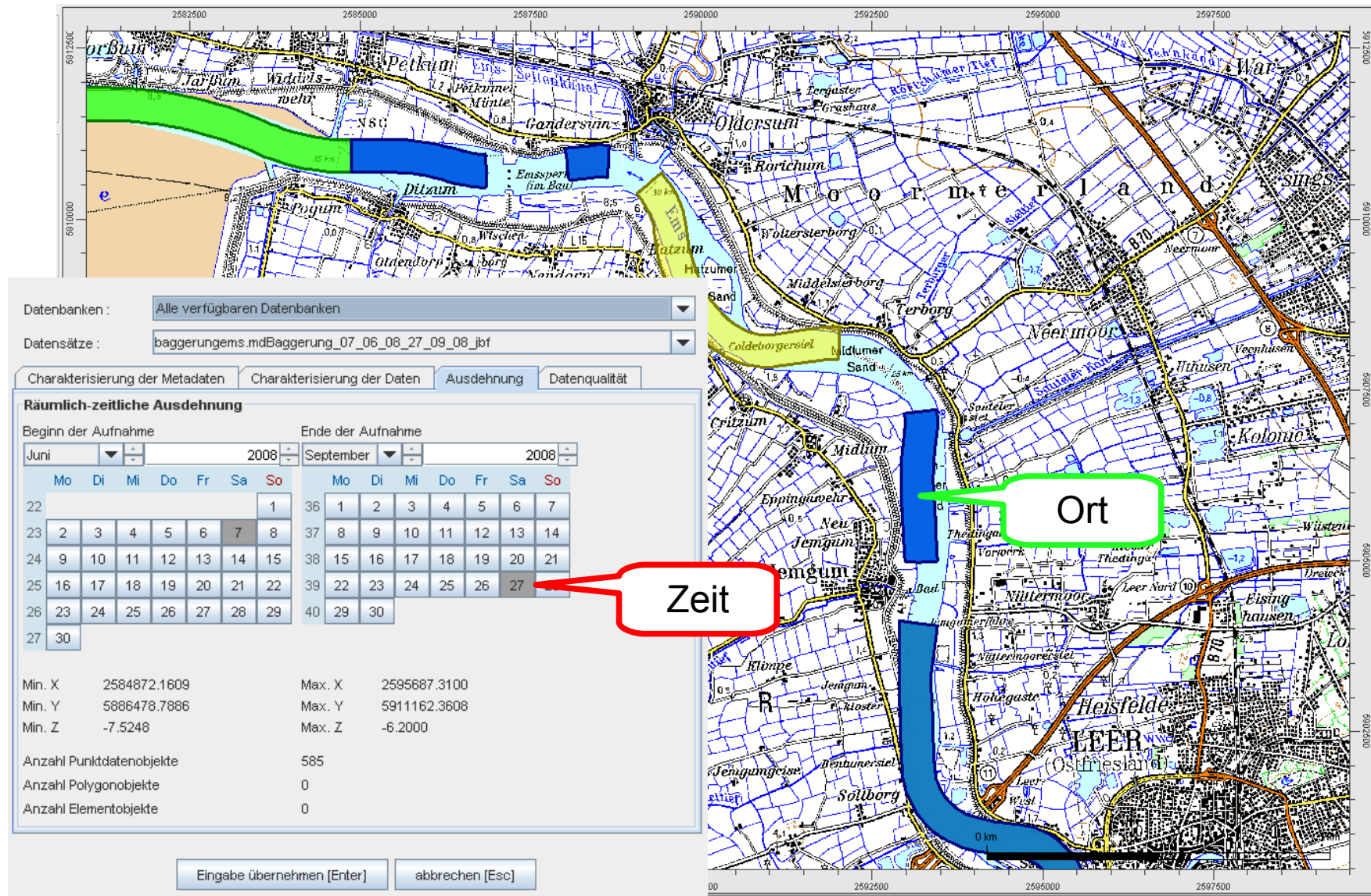
Gesamtaufstellung der Überführung				
Baggerkampagne	"Jewel of the Seas"	"Norwegian Jewel"		
Schiffsabmessungen	L=293m / B=32,2m / T=7,55m	L=294m / B=32,2m / T=7,70m		
Baggerzeitraum (ohne Leda)	24.11.03 - 04.04.04	07.03.05 - 25.06.05		
Baggerstrecke [km]	2004 [m³]	2005 [m³]		
	A-Menge	A-Menge		
km 0,0 - 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 20,9 - 24,0	159,001	130,398		
km 24,0 - 30,0	0	6,833		
km 30,0 - 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		
Gesamtmenge ohne Std.-Lohn [m³]	1,313,455	978,097		

Zeit

Ort

Quelle: WSA Emden

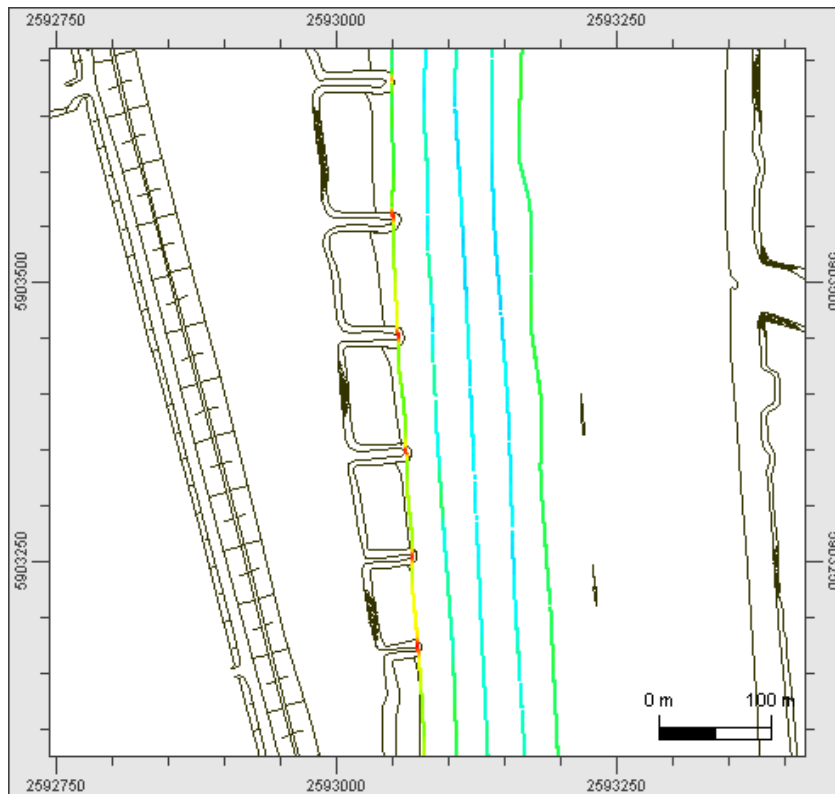
# Baggerdaten nach dem Import



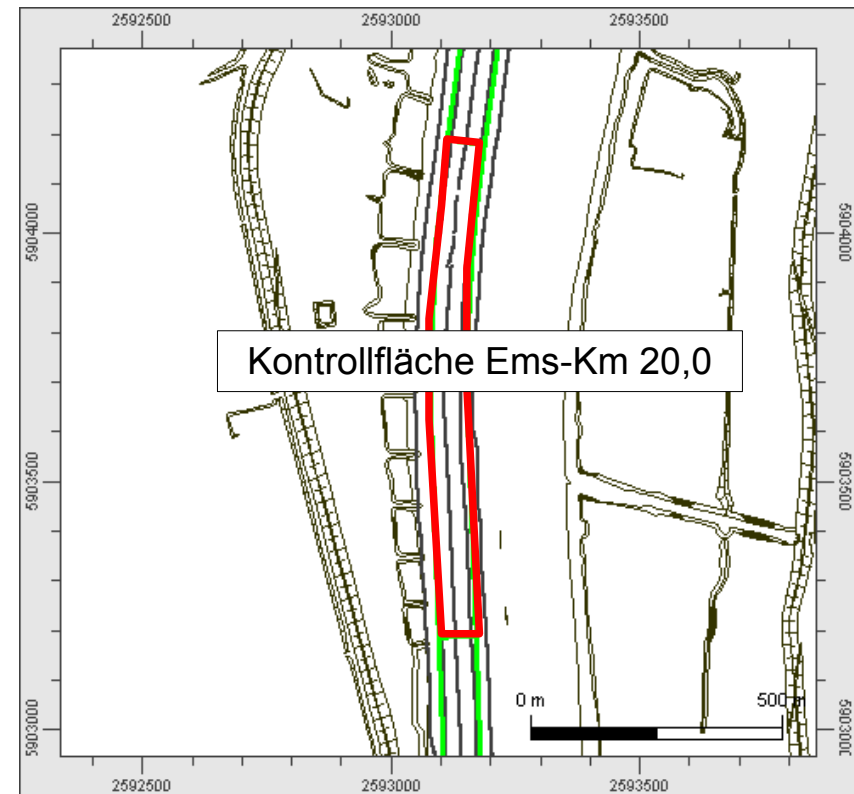


# Bestimmung der mittleren Tiefe einer Kontrollfläche

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



Peillinien

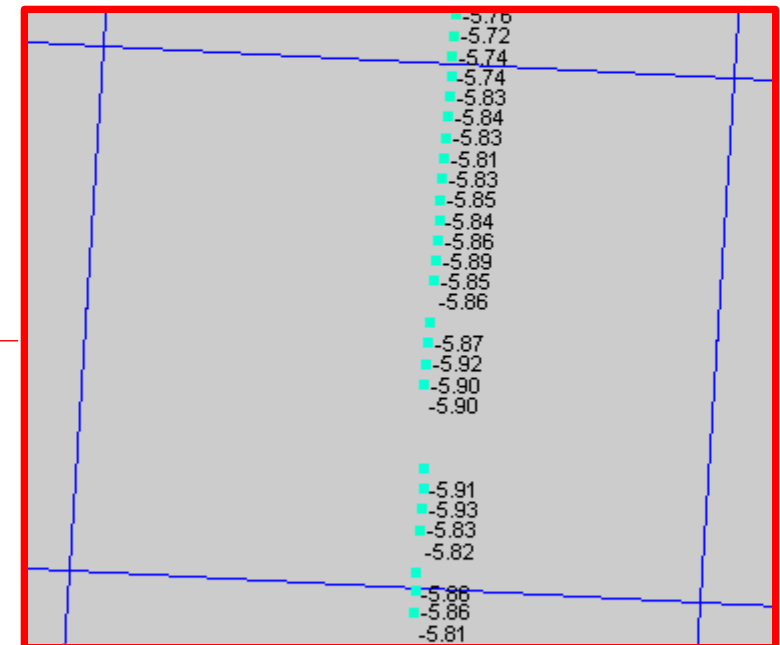


Kontrollfläche

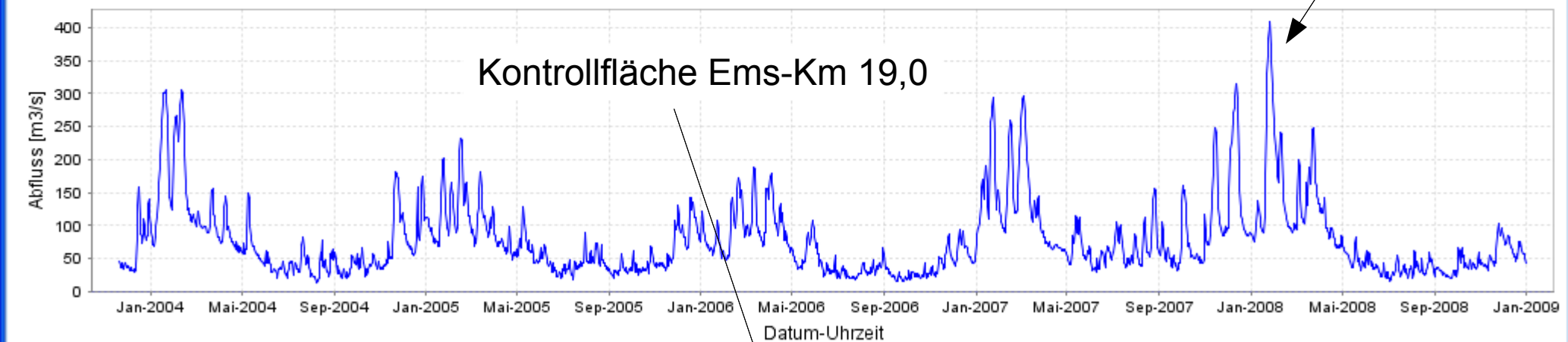
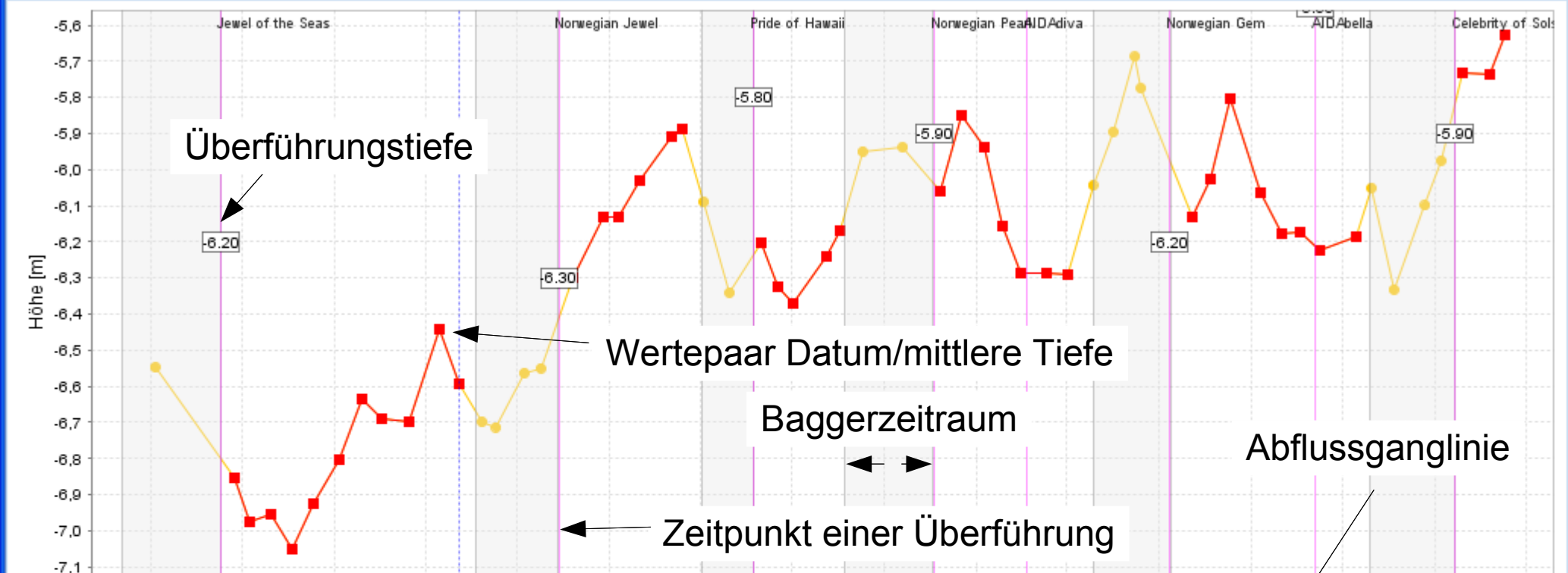
# Achsorientiertes orthogonales Raster



Achsorientiertes orthogonales Raster mit einer Auflösung von ~25 m

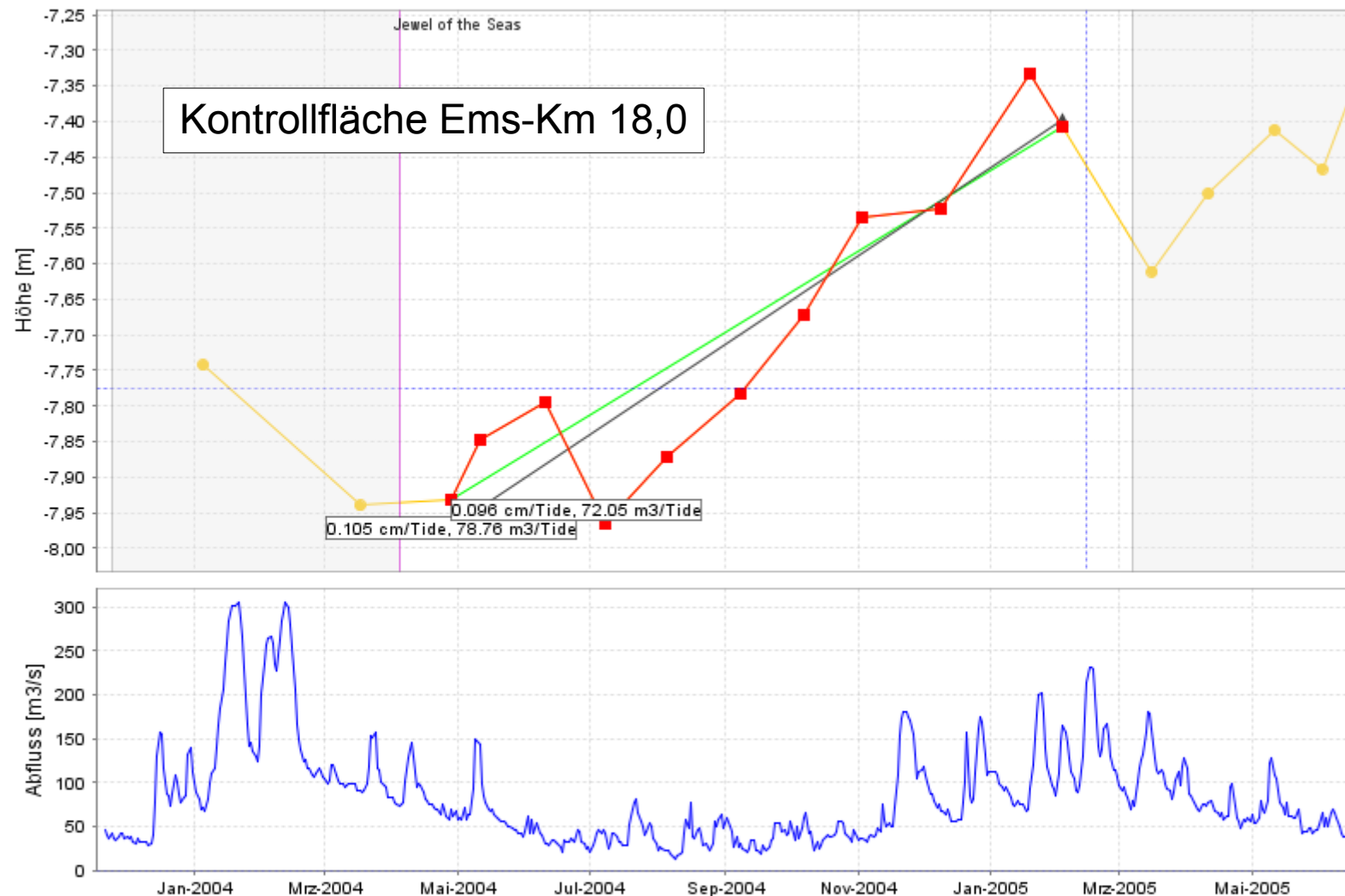


Ermittlung der mittleren Tiefe ungestört von Lage und Dichte der Peildaten



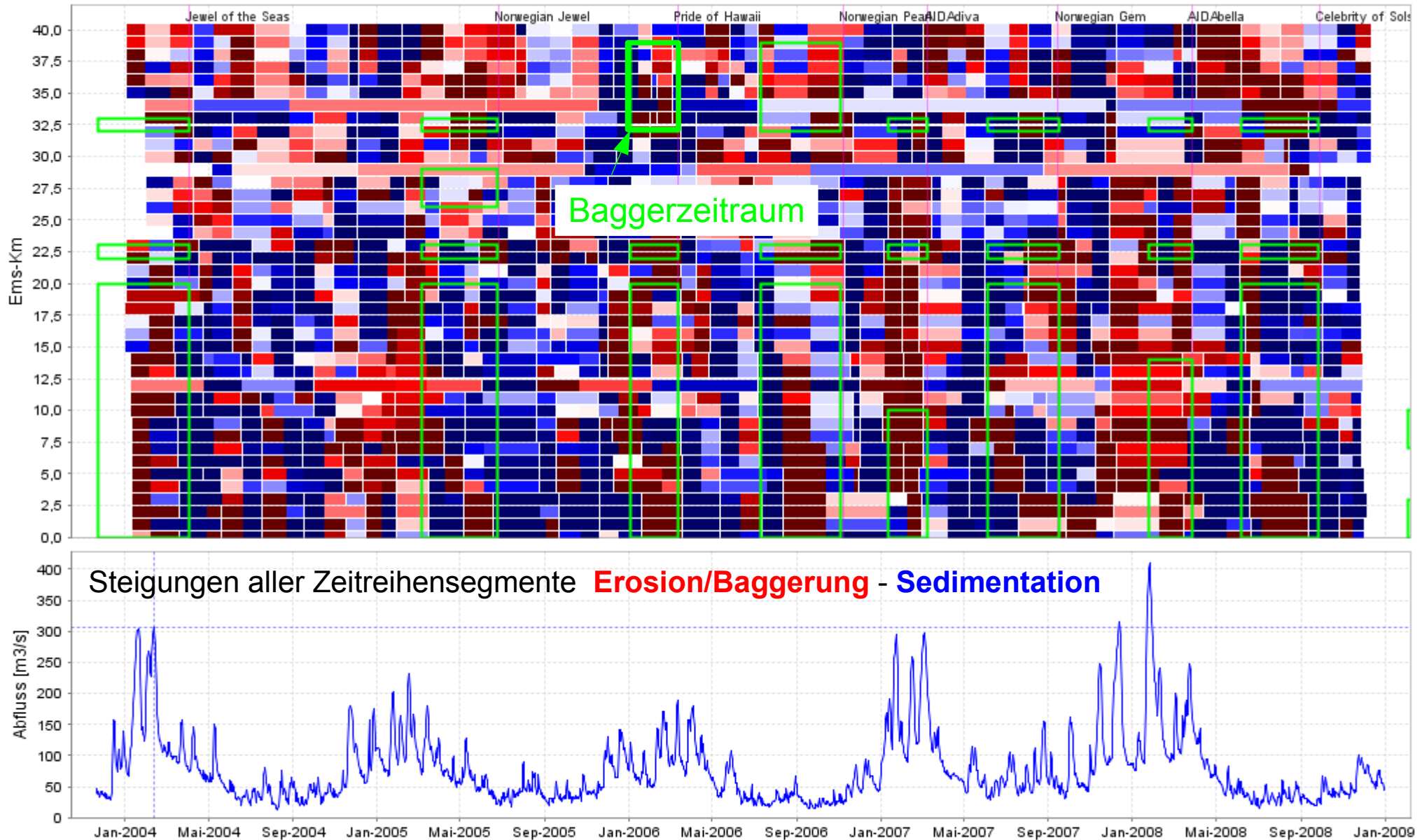
- 19 (Rasterzellen-Layer, Auswertungsraster (25m), Umgebungsapprox. (Fläche), Mittelwert)
- 19 (Rasterzellen-Layer, Auswertungsraster (25m), Umgebungsapprox. (Fläche), Mittelwert)

# 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,  $\Delta V=78,76 \text{ m}^3/\text{Tide}$ )

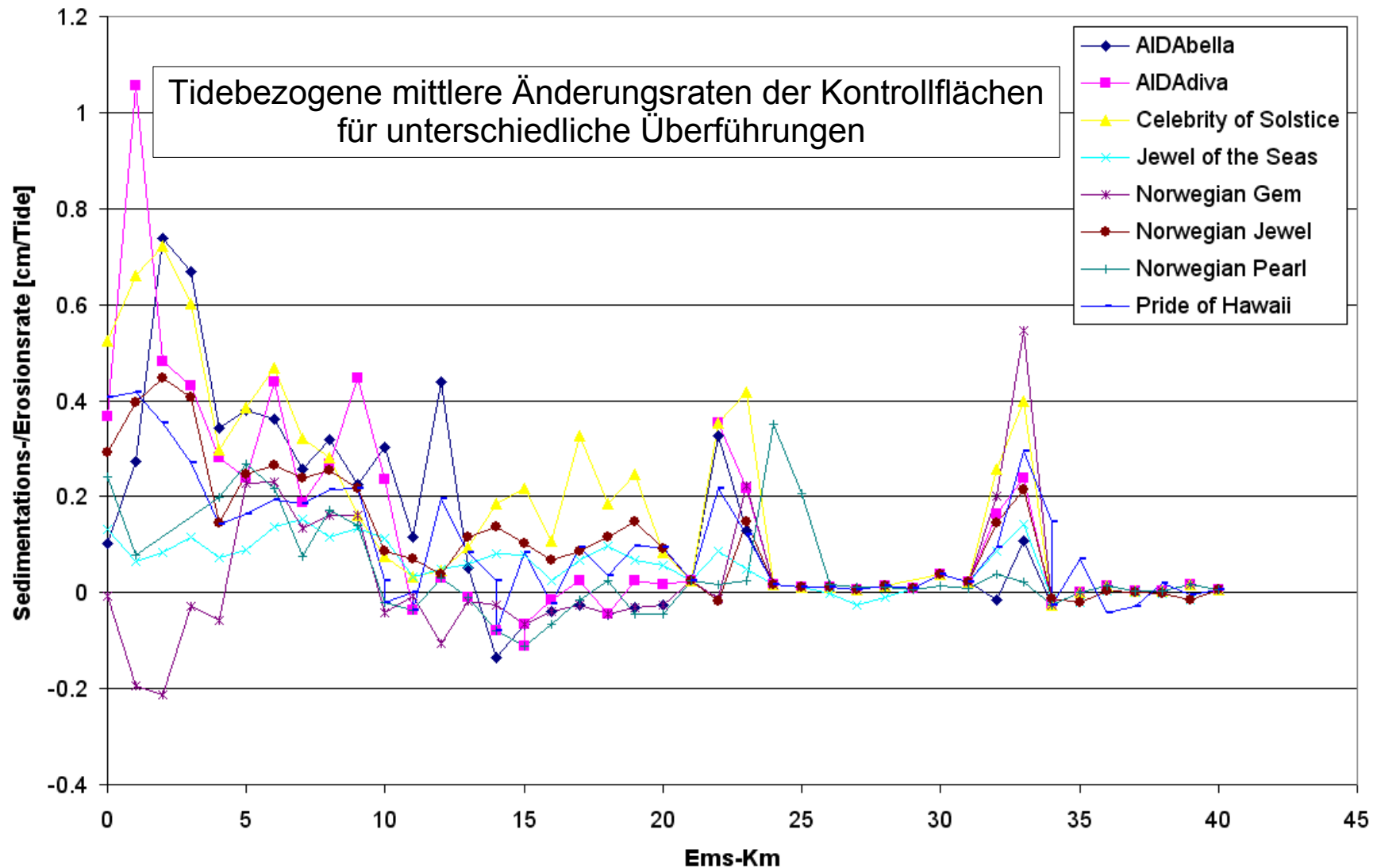
# Aufbereiten und Zusammentragen der Ergebnisse (1)



# Aufbereiten und Zusammentragen der Ergebnisse (2)

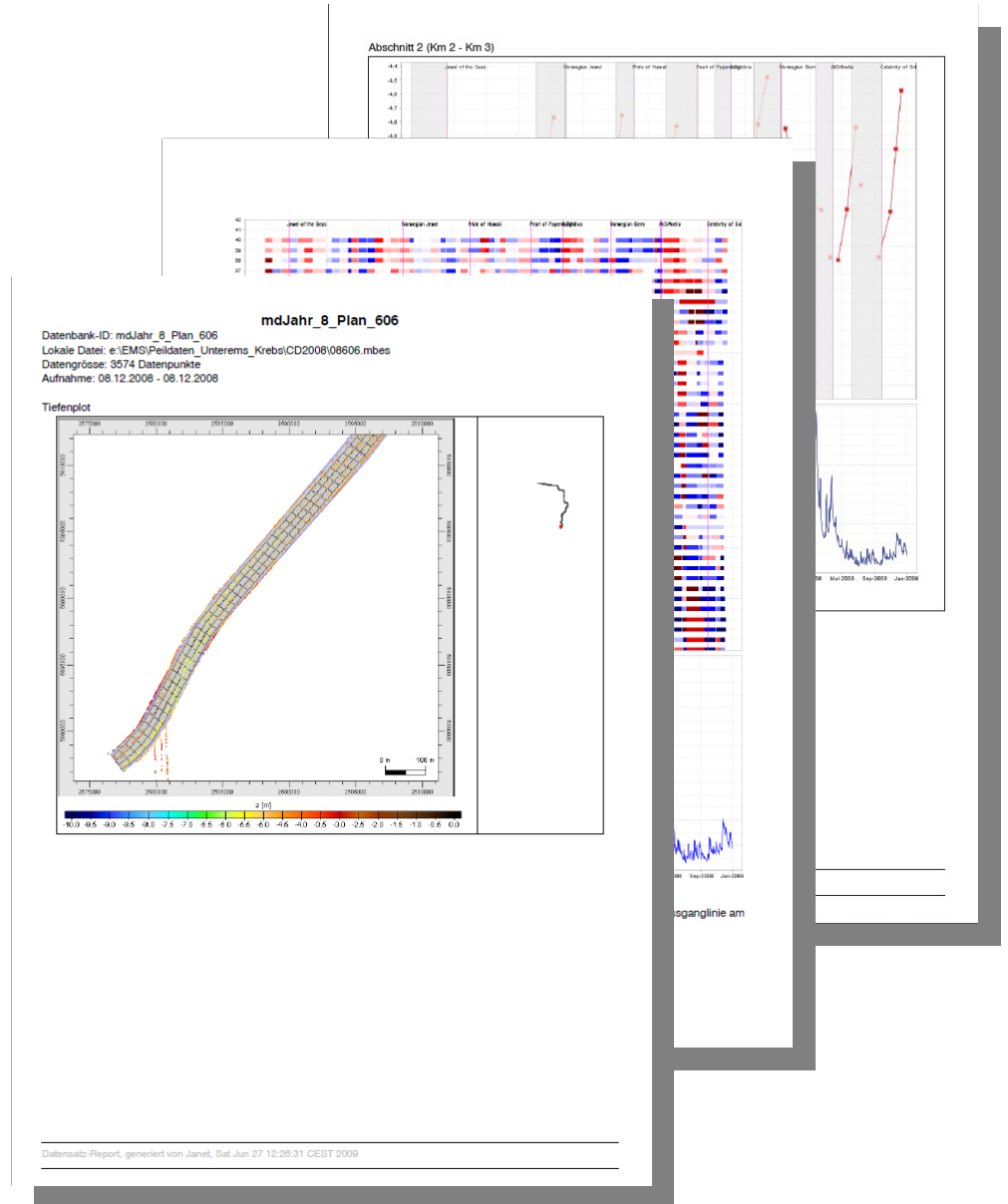


# Aufbereiten und Zusammentragen der Ergebnisse (3)



# 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 !**

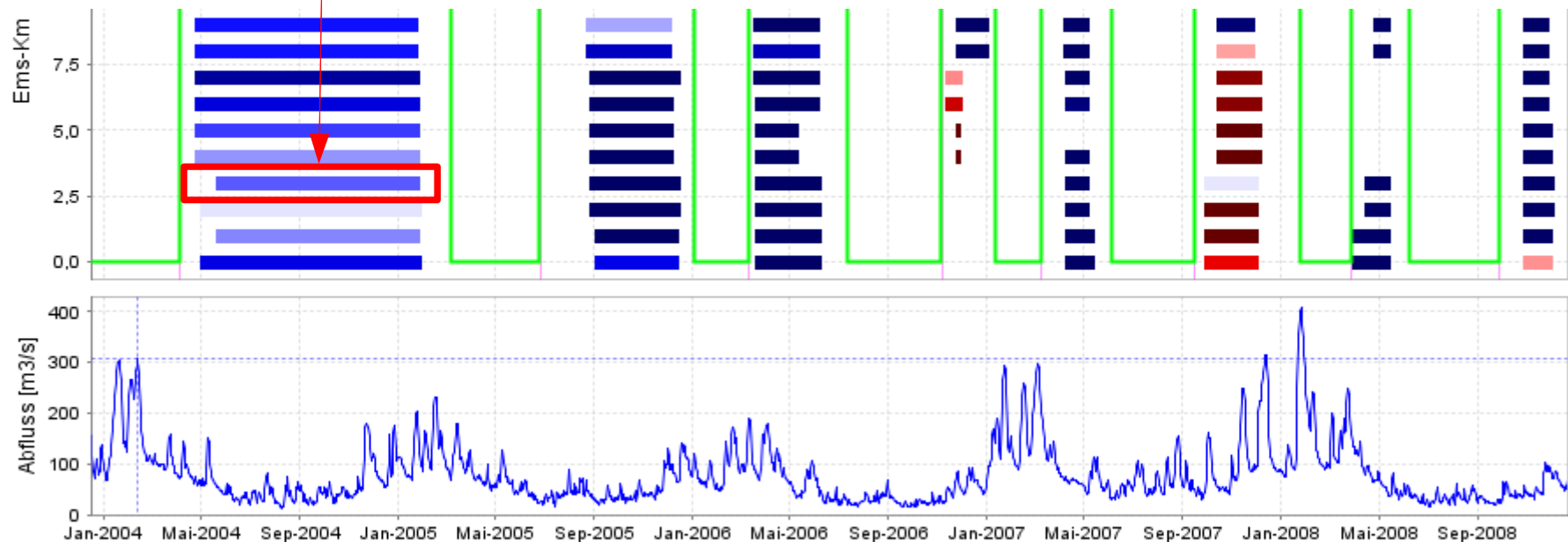




# Nachvollziehbarkeit (1)

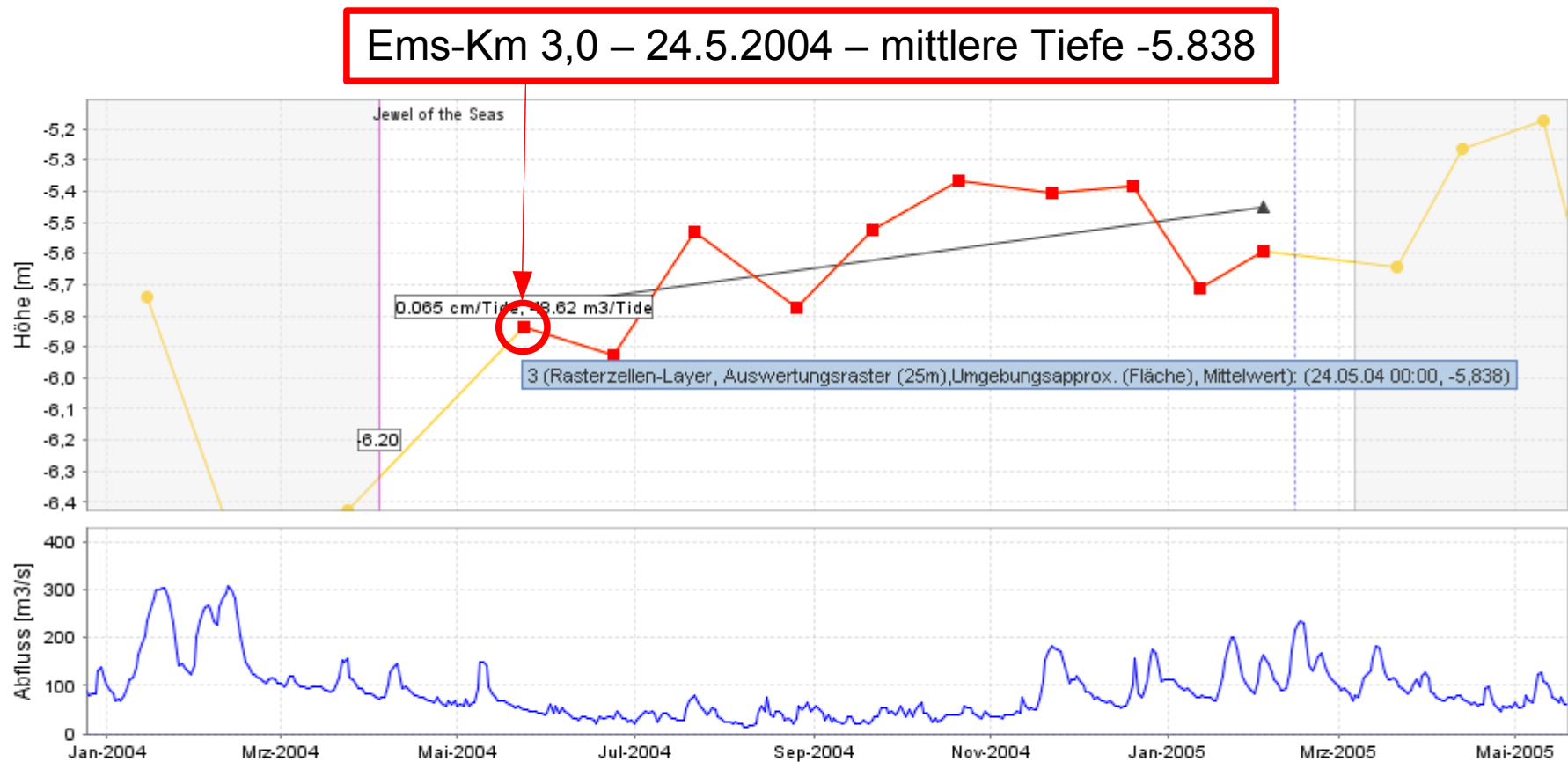
- Von der berechneten Rate kann auf die Zeitreihe geschlossen werden

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



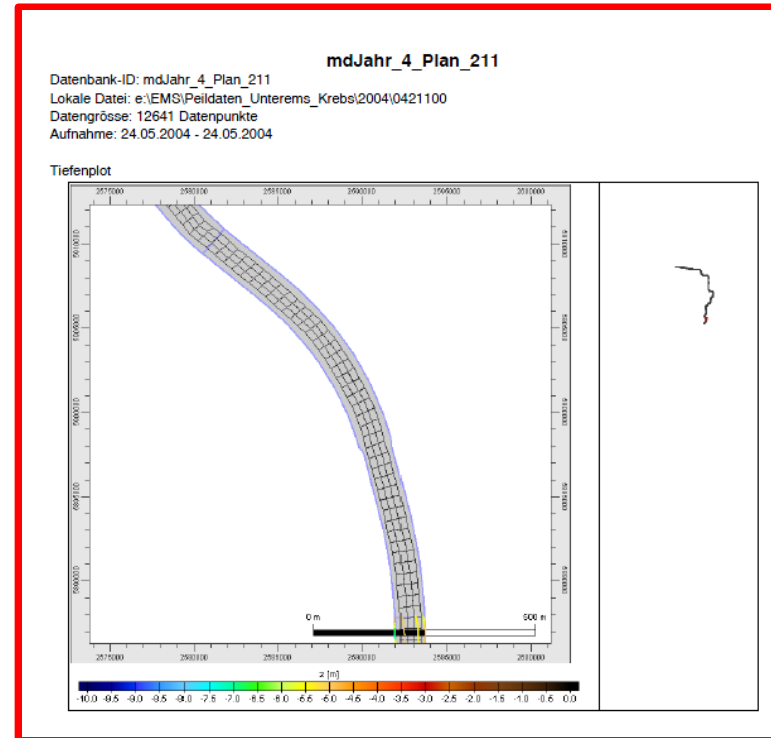
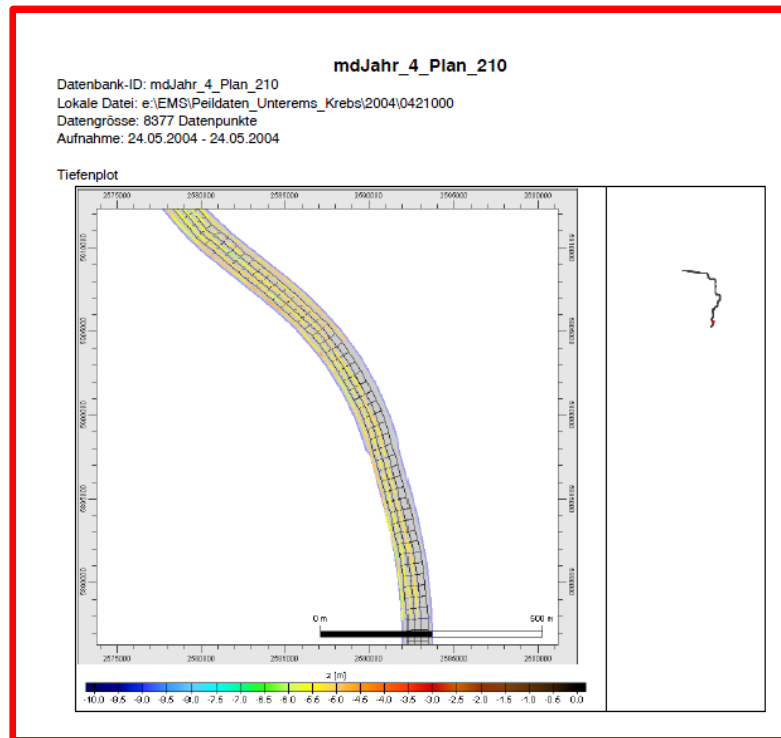
# Nachvollziehbarkeit (2)

- 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 MorphoS-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](mailto:sellerho@smileconsult.de)

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

