



*Erstellung konsistenter Digitaler Geländemodelle -
Erfahrungen aus dem Forschungsprojekt KoDiBa*

Dr.-Ing. Frank Sellerhoff
smile consult GmbH

Informationssysteme
Projektmanagement
Beratung
Dienstleistung



KoDiBa – Entwicklung und Implementierung von Methoden zur Erstellung konsistenter Digitaler Bathymetrien FKZ 03 KIS 042

Unser Dank für die freundliche Unterstützung geht an ...

Bundesministerium für Bildung und Forschung

Förderungsdauer: 2 Jahre (10/2002 – 09/2004)

1 wissenschaftlicher Mitarbeiter

1 studentische Hilfskraft

Förderquote: 46%



Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen



Projektbegleitende Gruppe

Projektpartner

Weitere Informationen zum Projekt erhalten Sie unter ...

<http://www.kodiba.de>

<http://www.smileconsult.de>

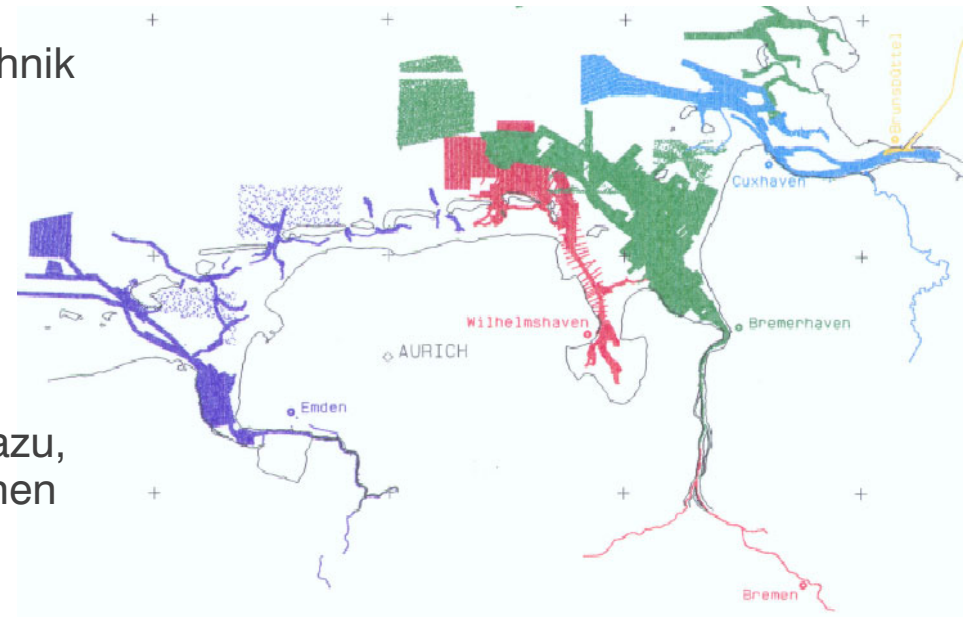
Seevermessung

Das Küstenvorfeld wird durch regelmäßige Seevermessungen von unterschiedlichen Institutionen mit unterschiedlichen Verfahren zu unterschiedlichen Zeitpunkten erfasst.

Trotz großer Fortschritte im Bereich der Messtechnik können immer nur Teilgebiete erfasst werden.

Betrachtet man größere Gebiete, so führt dies dazu, dass angrenzende Teilgebiete zu unterschiedlichen Zeitpunkten aufgenommen wurden.

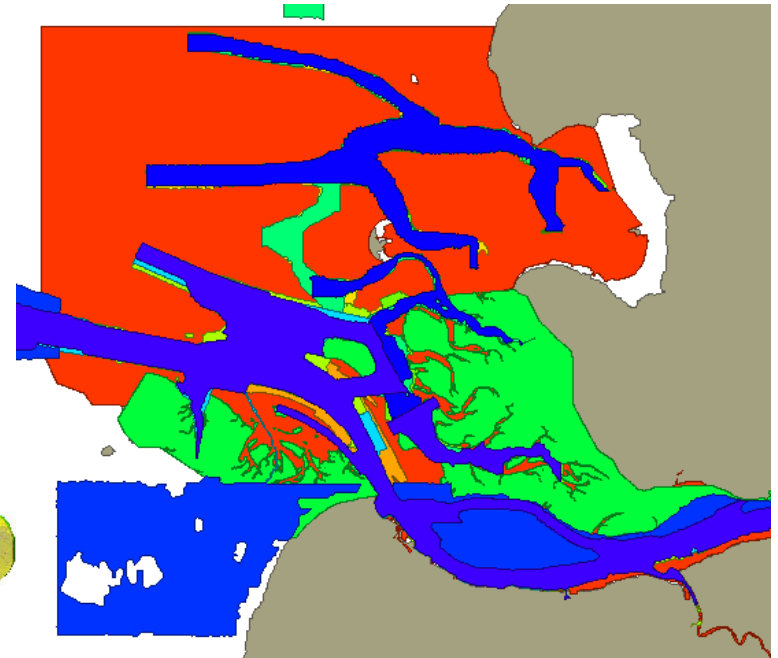
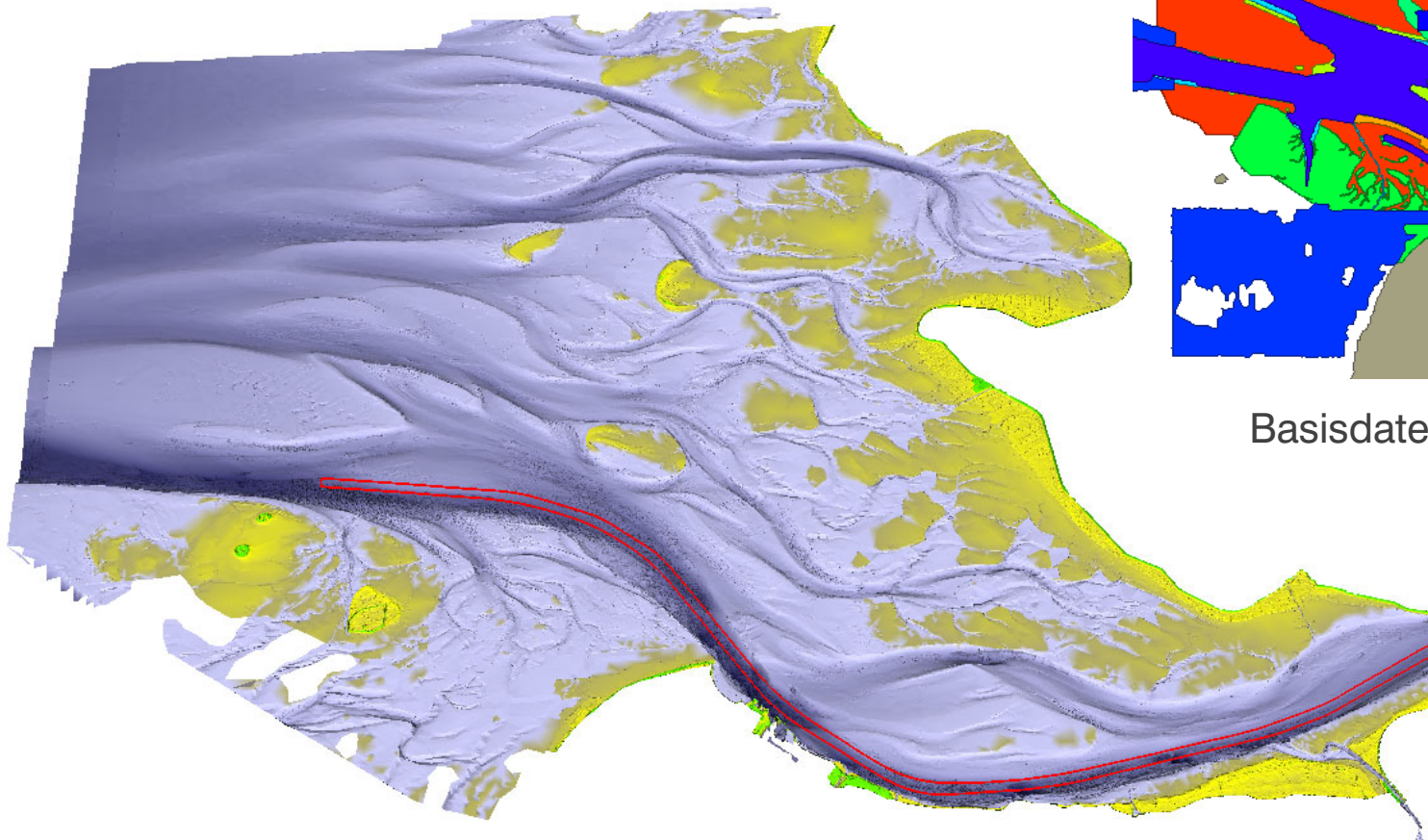
Für einige Fragestellungen, beispielsweise Modelluntersuchungen, ist die Verfügbarkeit großräumiger, konsistenter Digitaler Geländemodelle erforderlich.



Wasser- und Schifffahrtsdirektionen
Nord und Nordwest
Jahrespeilungen 2001
Quelle: kfki.baw.de, AG Synopse

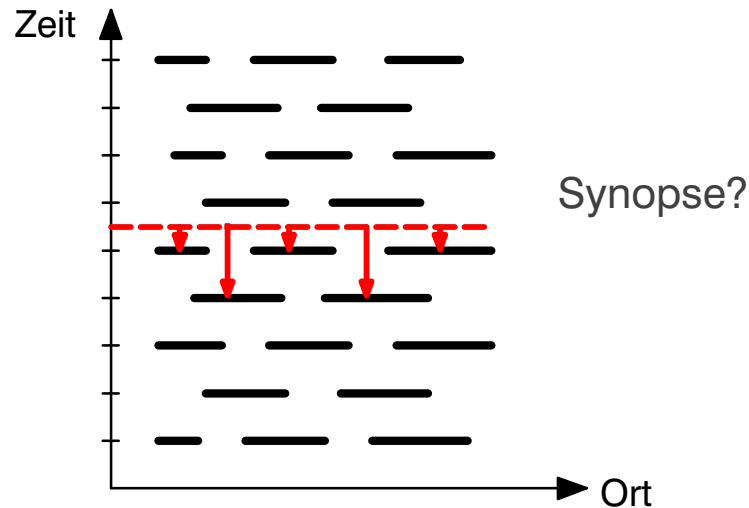
Basisdaten und Digitales Geländemodell

Digitales Geländemodell der Aussenelbe

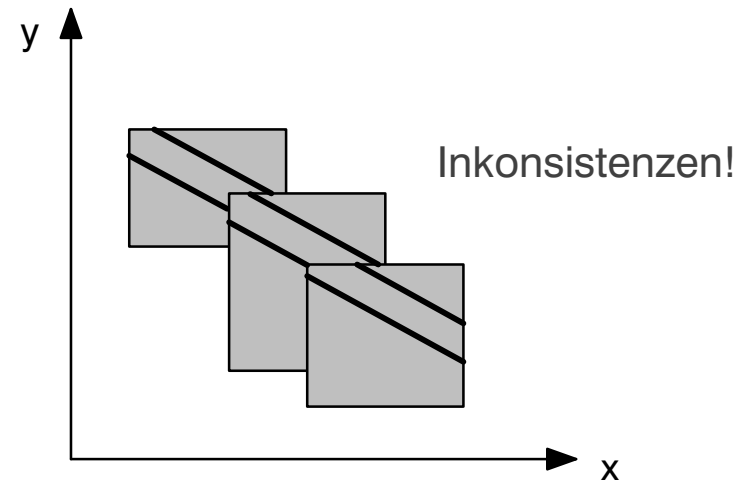


Basisdaten der Aussenelbe

Ableitung großräumiger Digitaler Geländemodelle



Verwendung des lokal aktuellsten Datensatzes "Aufprägen"



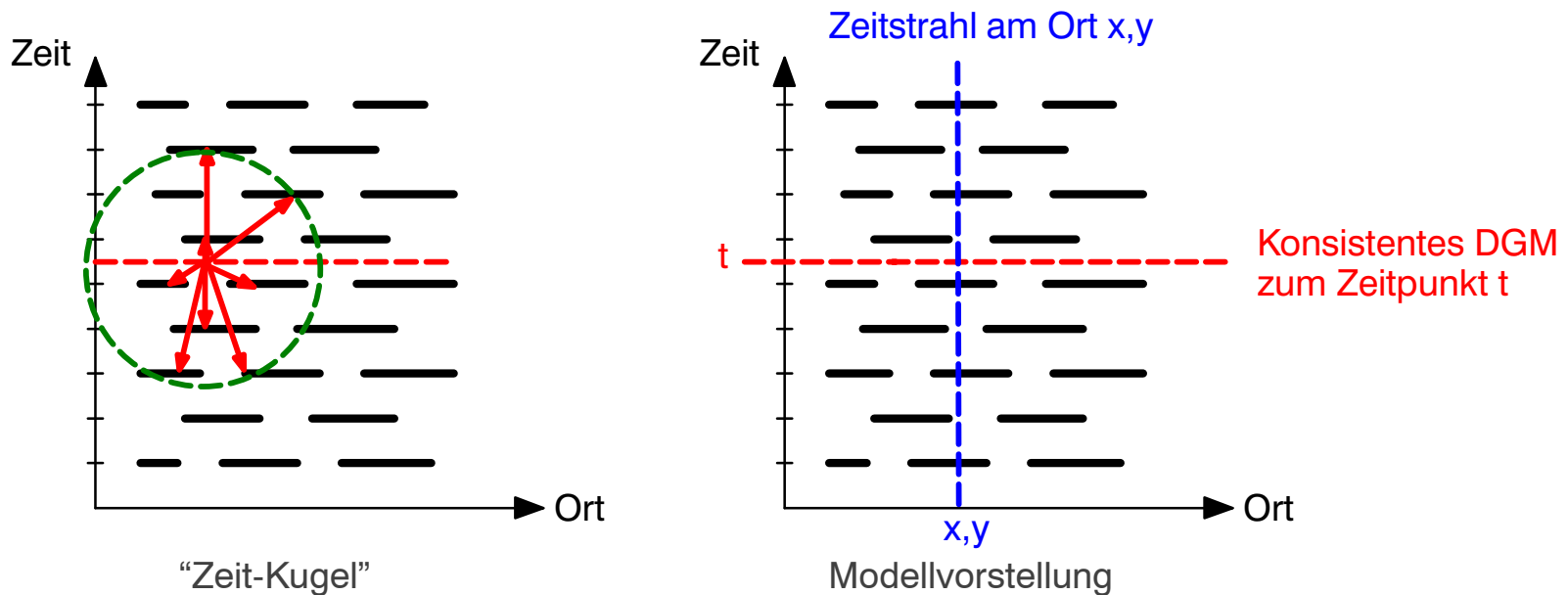
Inkonsistenzen infolge einer Rinnenverlagerung

Bei der Ableitung großräumiger Digitaler Geländemodelle wird häufig lokal der aktuell verfügbare Datensatz verwendet ("Aufprägen").

In Regionen mit hoher morphologischer Aktivität kann dies zu Inkonsistenzen im Digitalen Geländemodell führen.

Die Inkonsistenzen können zu Fehlinterpretationen führen und sind für den Betrieb von numerischen Simulationsmodellen unter Umständen nicht geeignet.

Entwicklung von räumlich–zeitlichen Interpolationsmethoden



Bei der Erzeugung Digitaler Geländemodelle wird der Zeitpunkt der Vermessung (stärker) berücksichtigt.

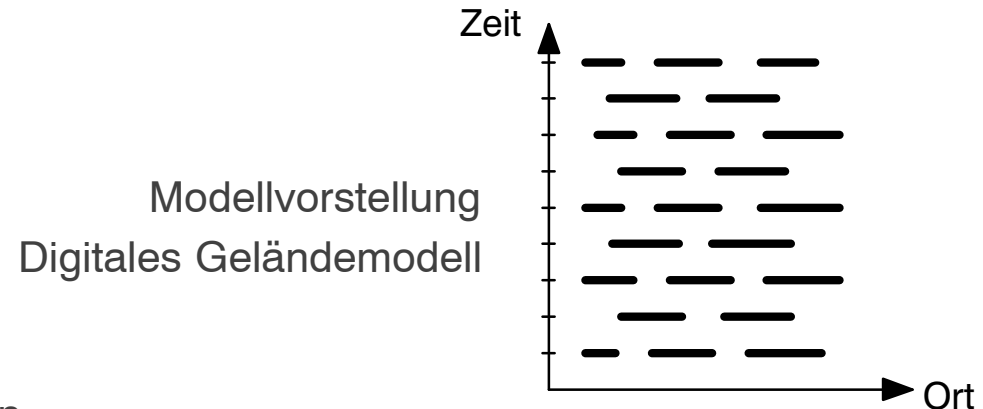
Bei der Ableitung eines Digitalen Geländemodells für einen vorgegebenen Zeitpunkt werden Vermessungen von unterschiedlichen Zeitebenen berücksichtigt.

Die Entwicklung räumlich-zeitlicher Interpolationsverfahren soll die Ableitung von konsistenten Digitalen Geländemodellen zu beliebigen Zeitpunkten ermöglichen.

Die Betrachtung unterschiedlicher Zustände aus verschiedenen Zeitebenen an einem Ort führt zur Modellvorstellung des “Zeitstrahls”

Voraussetzungen

Definition: *“Ein Digitales Geländemodell wird aufgefasst als eine wohlgeordnete Menge von Basisdatensätzen und deren Metainformationen zuzüglich einer Interpretationsvorschrift für jeden der Basisdatensätze.”*



Voraussetzungen:

Verfügbarkeit plausibler Basisdaten

“Feine Granularität” der Basisdatensätze (Tagesleistung statt Jahrespeilung)

Kenntnis des räumlichen und zeitlichen Aussagebereiches eines Basisdatensatzes

Verfügbarkeit von Metainformationen “feiner Granularität”

Umsetzung:

Entwicklung und Implementierung von Verfahren zur Plausibilisierung und Verifikation

Entwicklung und Implementierung von Raum-Zeit-Interpolationen

Entwicklung einer Projektdatenbank (Reversibles Datenbankmodell)

Intensive Verwendung und Erweiterung des NOKIS-Metadatenstandards

Projektdatenbank – Reversibles Datenbankmodell

Implementierung

- Ausschliessliche Verwendung von Standard-SQL-Anweisungen
- Plattform- und produktunabhängigkeit
- Beispielhafte Umsetzung mit MySQL (Open Source)
- Pilotimplementierung mit Informix

Reversibles Datenmodell

- Protokollierung aller vorgenommenen Veränderungen an den Basisdaten
- Die Basisoperatoren “Punkt erzeugen”, “Lageänderung”, “Tiefenänderung” und “Punkt Löschen” vermerken einen Eintrag in einer Historien-Tabelle
- Die Historien-Tabelle erlaubt die Interpretation der Basisdaten nach dem aktuellen Kenntnisstand

Erweiterbarkeit

- Die Archivierung zusätzlicher physikalischer Größen wie Sedimentparameter, Rauheiten, Bauwerke, Sohlform, etc. ist denkbar

Datenvolumen

- Datenbank: 1 Punkt (x,y,z,Attribute) ~50 byte → 1 GB ~ 21.000.000 Punkte.
- Dateisystem: 1 Punkt (x,y,z) ~30 byte → 1 GB ~ 35.000.000 Punkte.

NOKIS-konformer Metadatensatz

```
<nokis:record>
-   <nokis:mdRecordInfo>
<nokis:mdFileID>Peilung 2000</nokis:mdFileID>
<nokis:mdRefTitle>Elbe</nokis:mdRefTitle>
<nokis:mdLastModified>0000-00-00T00:00:00</nokis:mdLastModified>
<nokis:mdLang>de</nokis:mdLang>
<nokis:mdChar>004</nokis:mdChar>
<nokis:mdHrLv>005</nokis:mdHrLv>
<nokis:mdTimeSt>2000-11-01T12:00:00</nokis:mdTimeSt>
<nokis:mdStanName>ISO 19115</nokis:mdStanName>
<nokis:mdStanVer>DIS</nokis:mdStanVer>
</nokis:mdRecordInfo>
-   <nokis:dataIdInfo>
-   <nokis:idPoC>
-   <nokis:respPartyRec>
<nokis:rpIndName>WSA Hamburg</nokis:rpIndName>
<nokis:rpOrgName>Unternehmen</nokis:rpOrgName>
<nokis:rpPosName>-</nokis:rpPosName>
</nokis:respPartyRec>
</nokis:idPoC>
-   <nokis:dataExt>
-   <nokis:geoEle>
-   <nokis:GeoBndBox>
-   <nokis:othBndBox>
<nokis:westBndry>4540073.14</nokis:westBndry>
<nokis:eastBndry>4552300.00</nokis:eastBndry>
<nokis:southBndry>5415600.00</nokis:southBndry>
<nokis:northBndry>5423233.03</nokis:northBndry>
<nokis:refSysID/>
....
```

Identifikator

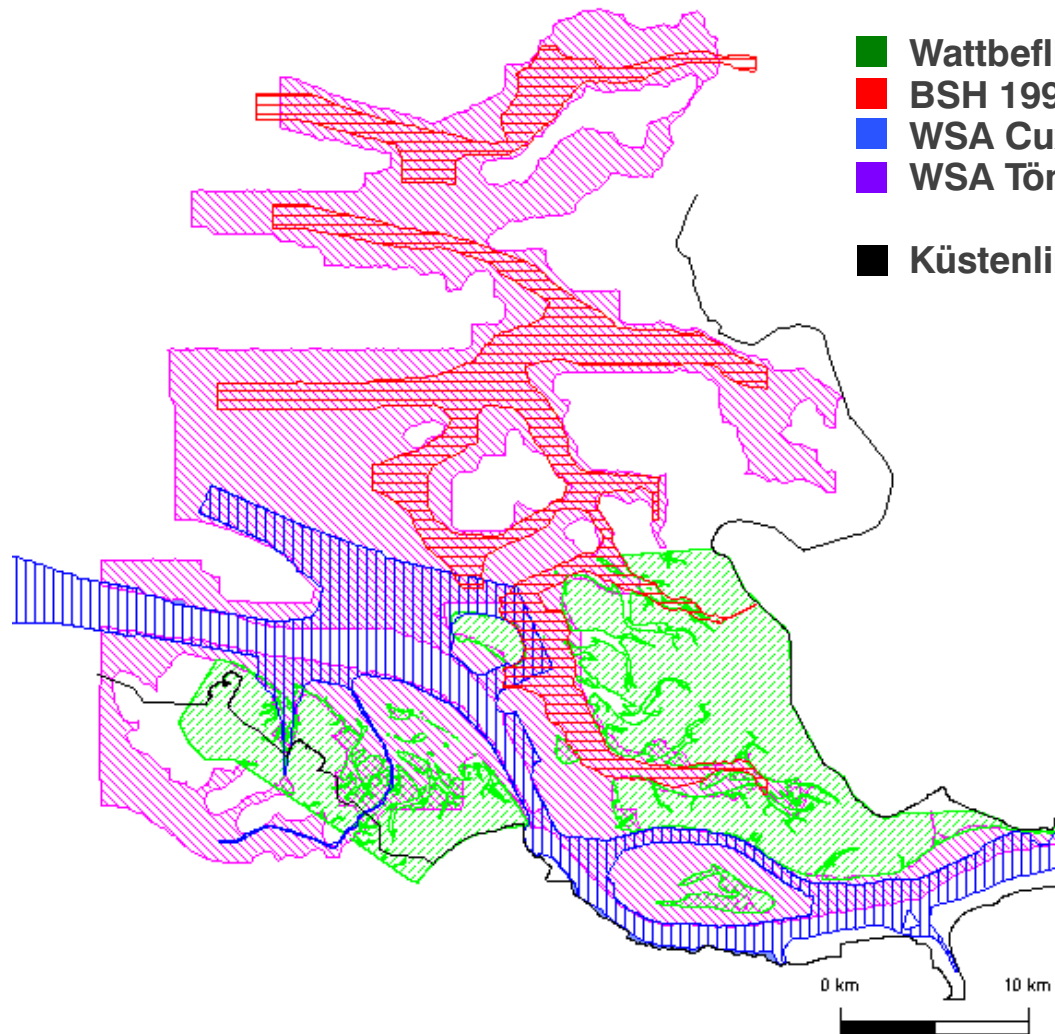
Gebiet

Zeitpunkt – Zeitraum

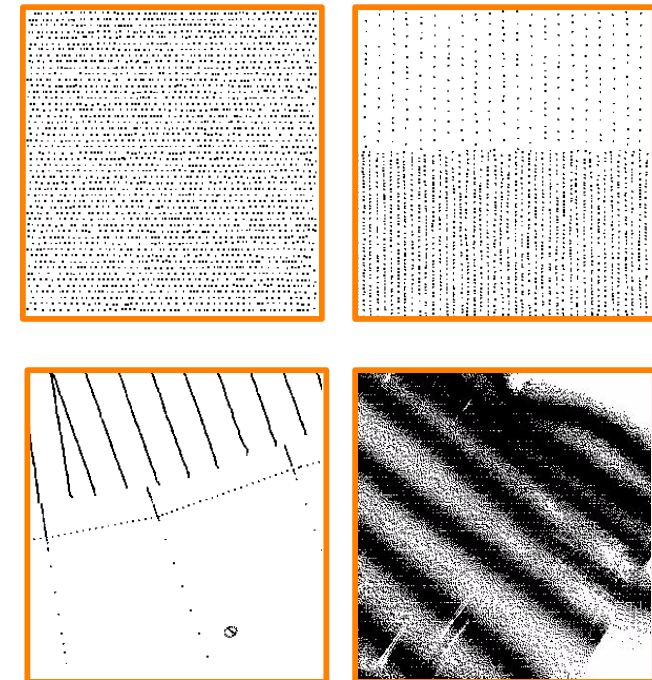
Datenerheber

Umschreibendes Rechteck

Räumlicher Aussagebereich



Bathymetrievermessungen in der Aussenelbe

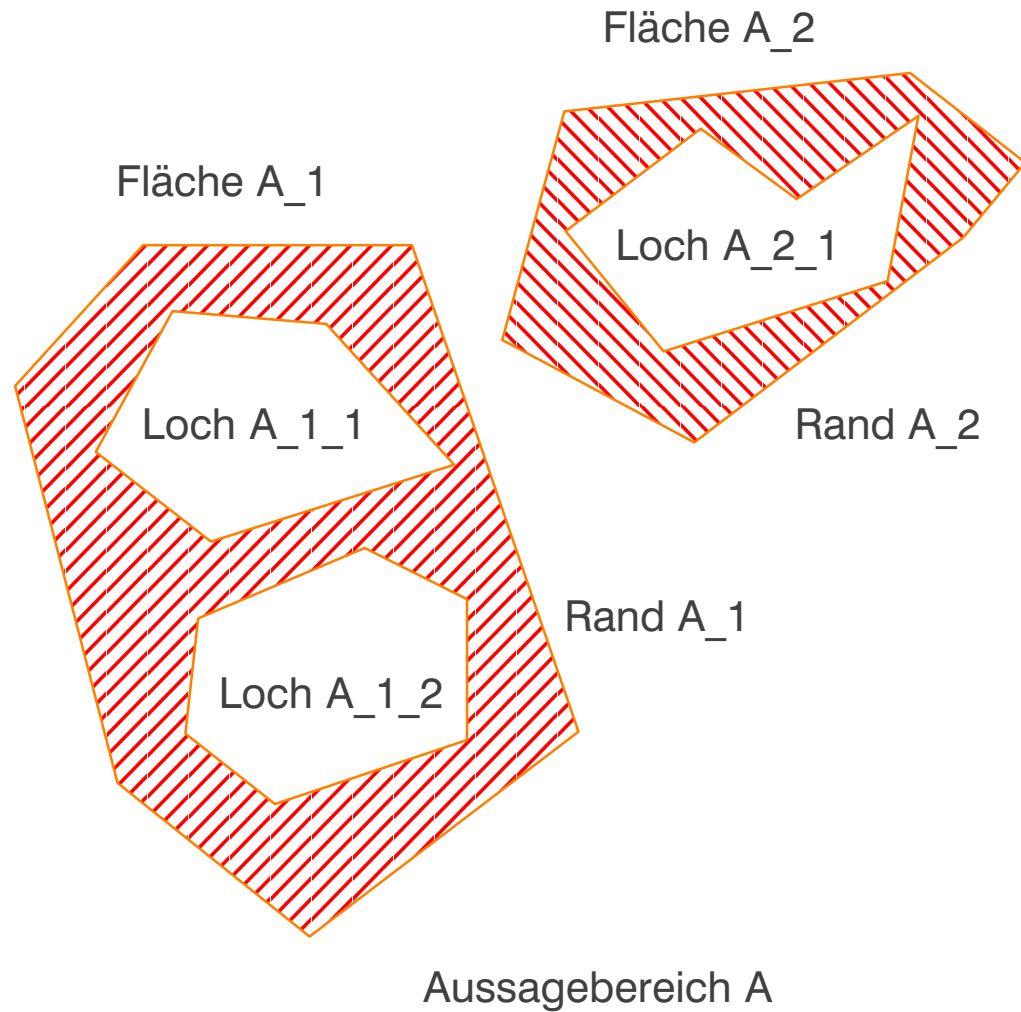


Unterschiede in der Verteilung, Struktur der Messpunkte

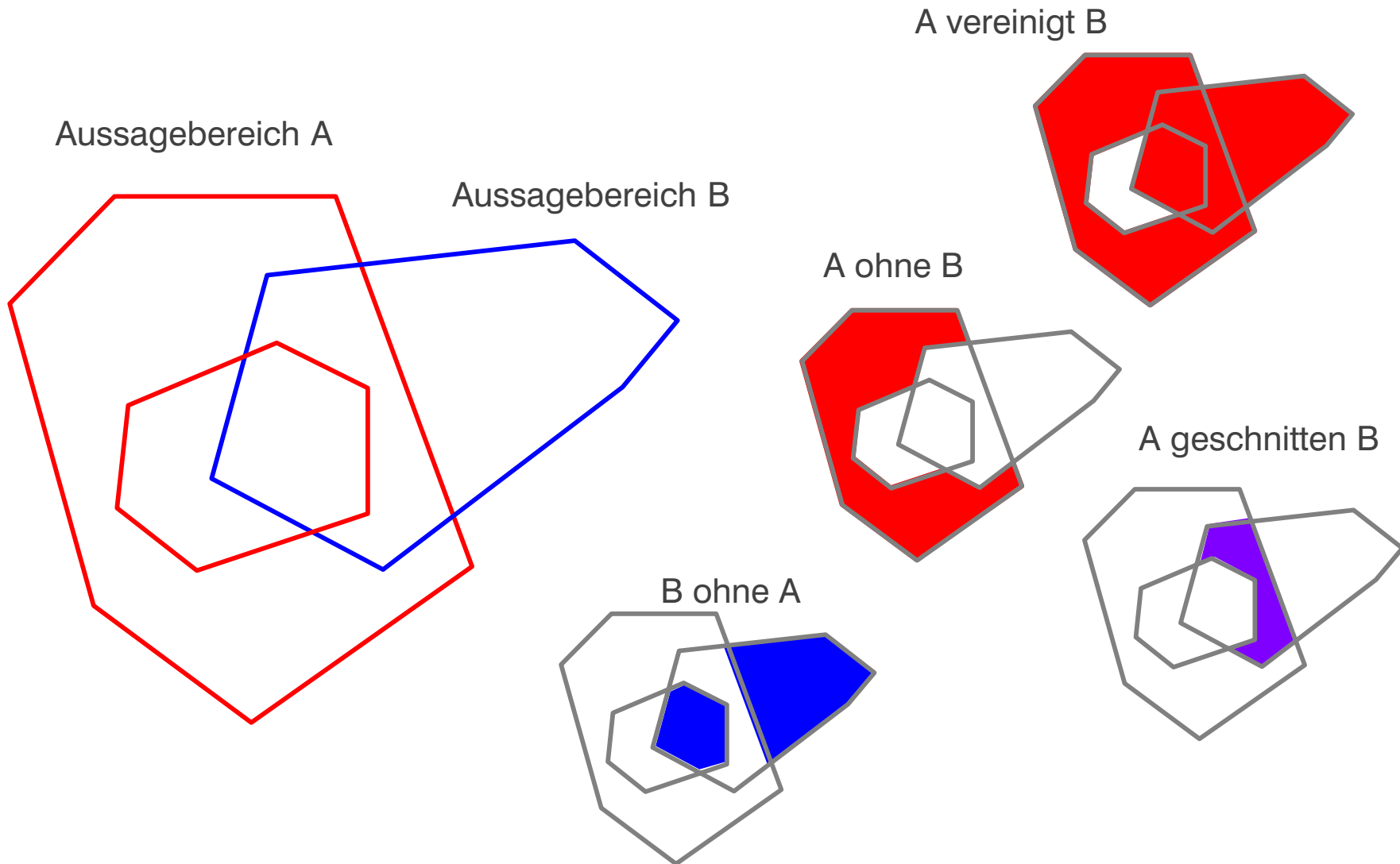
Aussagebereich für Geländedaten

Aussagebereich

```
{  
  Fläche 1  
  {  
    Polygon Rand  
    {  
      Punkt 1  
      ...  
      Punkt N  
    }  
    Polygon Loch 1  
    {}  
    ...  
    Polygon Loch N  
    {}  
  }  
  ...  
  Fläche N  
  { }  
}
```



Algebraische Flächenoperationen für Aussagebereiche



Bestimmung des Aussagebereiches

Halbautomatische Bestimmung von **Hüllpolygonen**

geeignet für flächenhafte Peildaten

basierend auf einer Triangulation

geeignet für die Bestimmung des Vertrauensbereiches

konfigurierbar über diverse Parameter

Halbautomatische Bestimmung von **Einhüllenden**

geeignet auch für linienhafte Peildaten

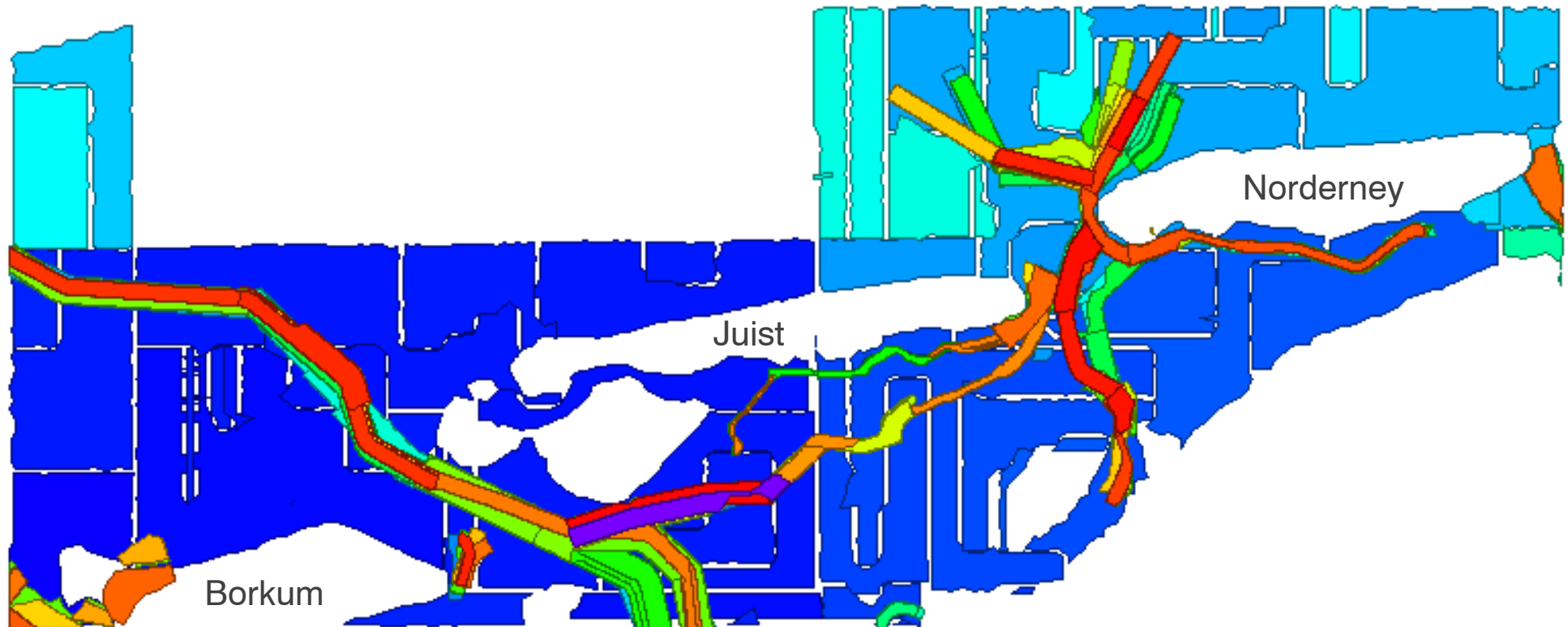
basierend auf einem temporären Raster

geeignet für die Visualisierung der Metainformationen

konfigurierbar über diverse Parameter

Die halbautomatische Bestimmung von Hüllpolygonen und Einhüllenden reduziert den erforderlichen Zeitaufwand auf wenige Minuten

Projektgebiet und Basisdatensätze



Sichten auf die Metadaten (räumliche Aussagebereiche) des Projektgebietes
Anzahl Datenpunkte: ca. 10 Millionen
Anzahl Datensätze: 1175 (aufgelöst in Tagesleistungen)
Zeitraum: 1989 – 2003 (14 Jahre)

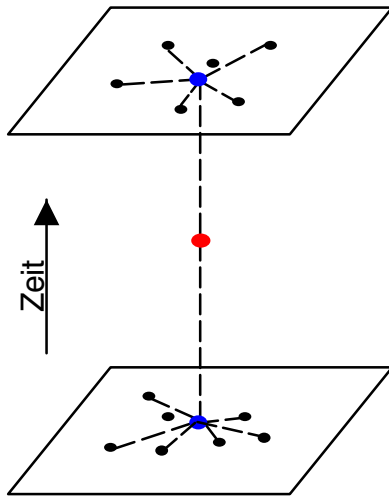
Räumlich-zeitliche Interpolationsverfahren

Die möglichen Interpolationsverfahren lassen sich in zwei **Kategorien** einteilen:

Trennung von Raum und Zeit

rein **geometrische** Betrachtungsweise

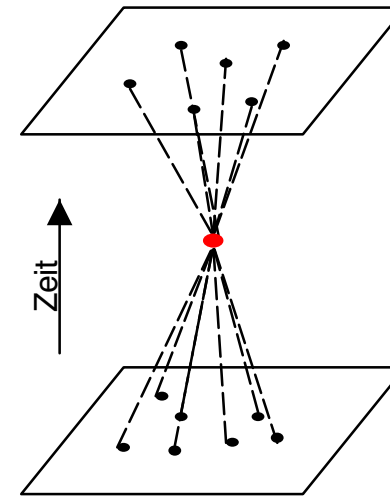
geringe Komplexität



Verknüpfung von Raum und Zeit

physikalische Betrachtungsweise

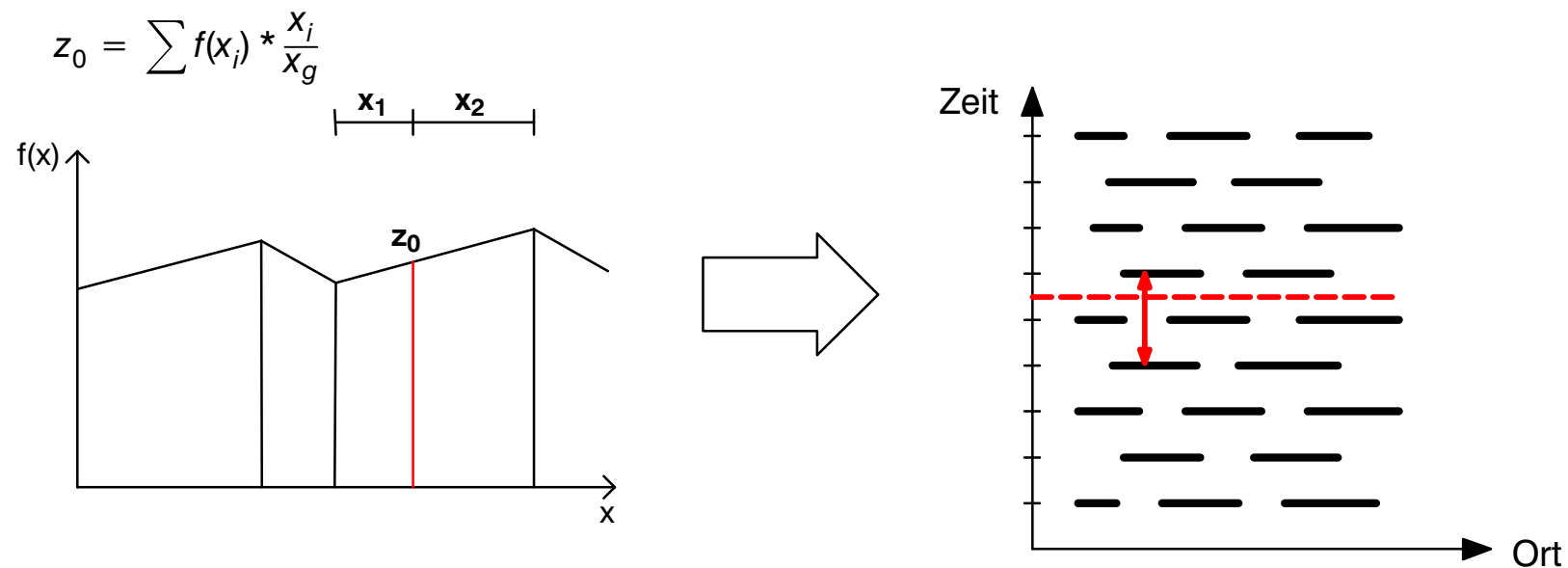
hohe Komplexität



Für alle Interpolationsverfahren wird gefordert, dass neben dem interpoliertem Wert eine Angabe über die **Vertrauenswürdigkeit** dieses Wertes angegeben wird

Zeitliche lineare Interpolation

Ableitung der **zeitlichen** Interpolation aus der räumlichen linearen Interpolation

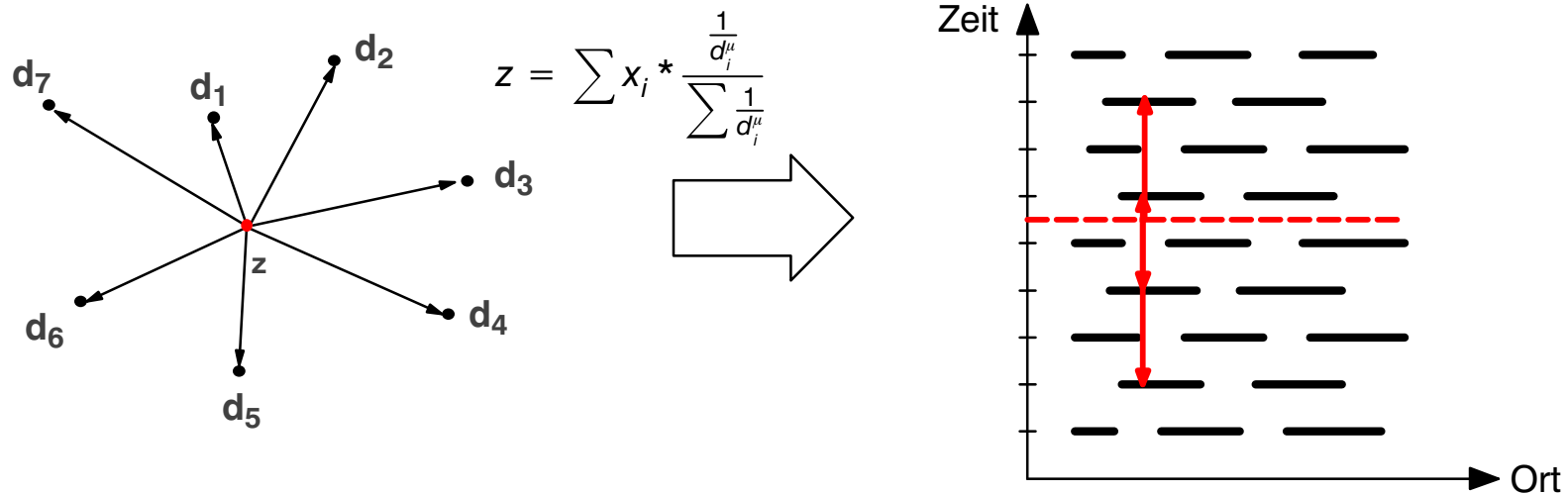


Verwendung der zeitlichen **Abstände** als Gewichte für die Interpolation

Die zeitlich lineare Interpolation benötigt genau **zwei** Messungen als Stützstellen

Zeitliche Interpolation mit umgekehrten Abständen

Übertragung der Interpolation mit **umgekehrten Abständen** auf die Zeit



Verwendung der Kehrwerte der **zeitlichen Abstände** als Gewichte

Benötigt **eine** oder **mehrere** Messungen, **längerfristige Entwicklungen** werden berücksichtigt

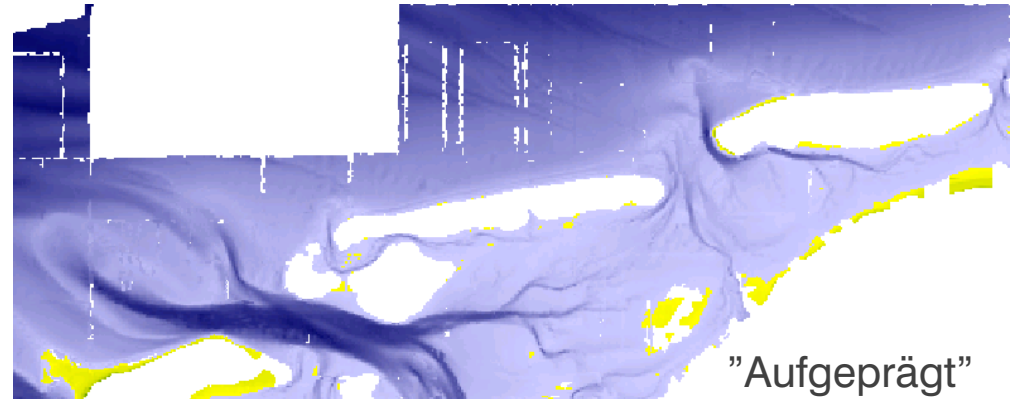
Auch Extrapolation möglich (**Tendenzen**)

Beispiele

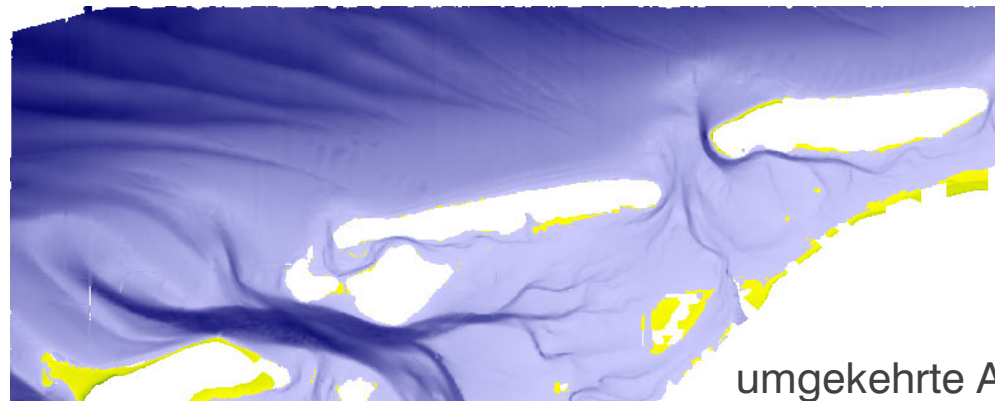
Anwendung unterschiedlicher Interpolationsverfahren für den 1.1.2000



lineare Interpolation



"Aufgeprägt"

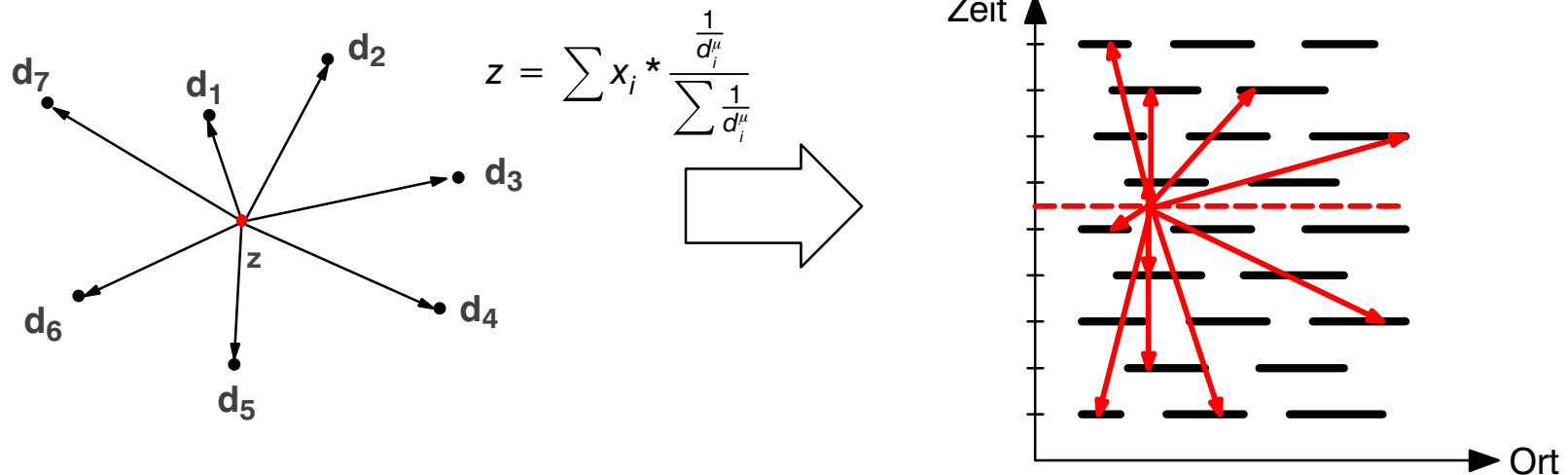


umgekehrte Abstände

Globale Raum-Zeit-Interpolation

Interpolation mit der Methode der umgekehrten Abstände.

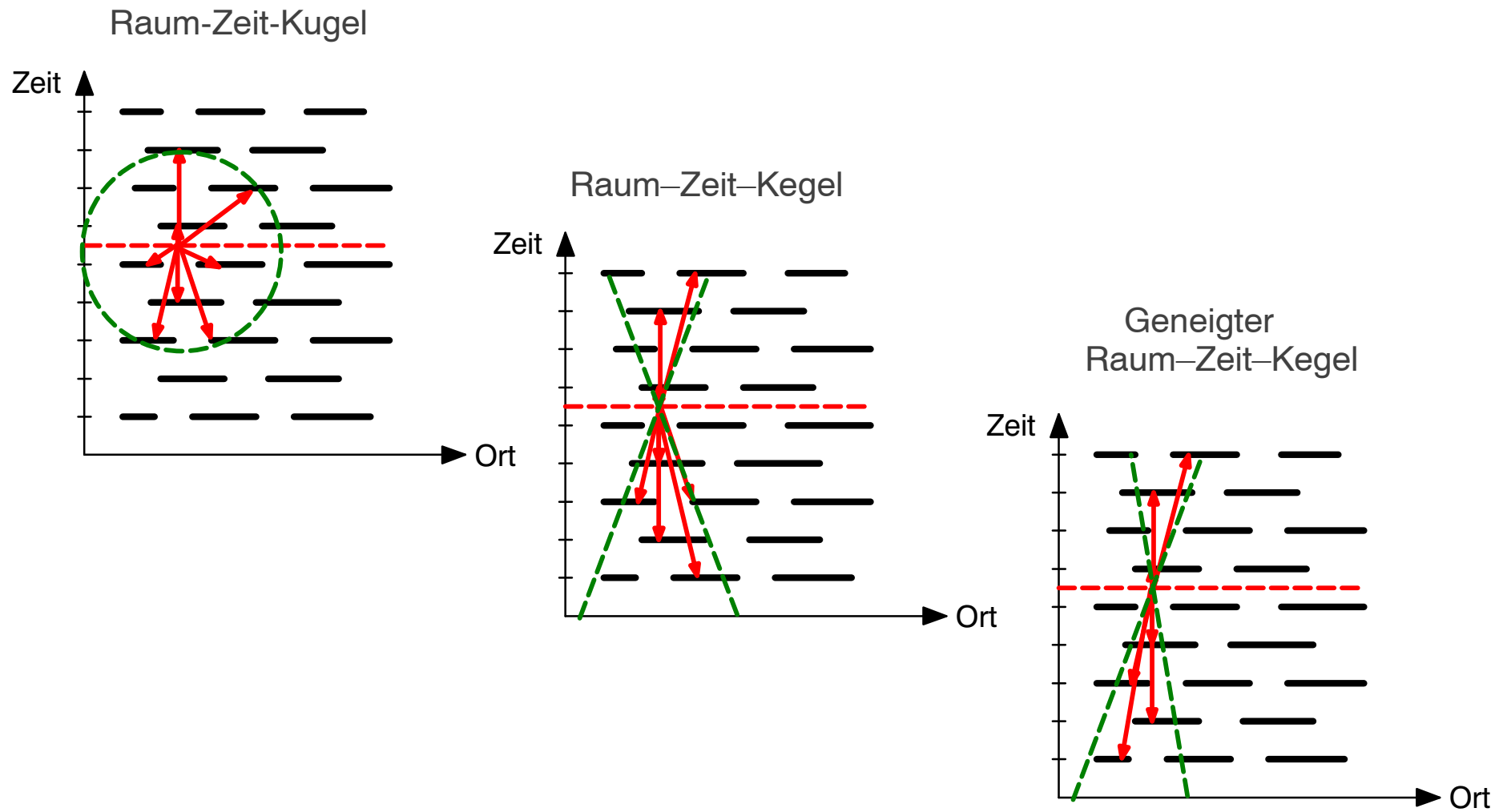
Umrechnung der Zeit über geeignete Systemgeschwindigkeiten in räumlich äquivalente Abstände.



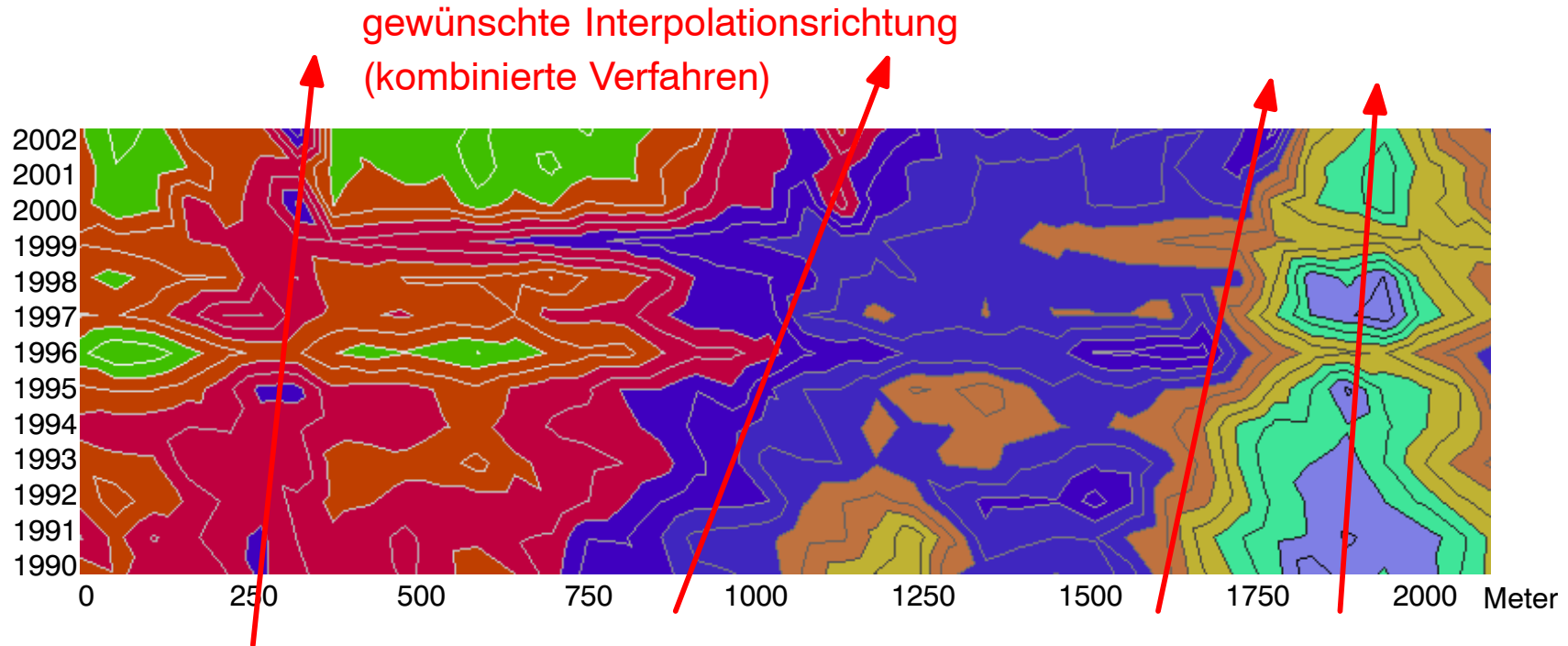
Globale Interpolation berücksichtigt alle Messwerte.

Durch eine Einschränkung der betrachteten Messwerte erhält man eine lokale Methode.

Lokale Raum-Zeit-Interpolation

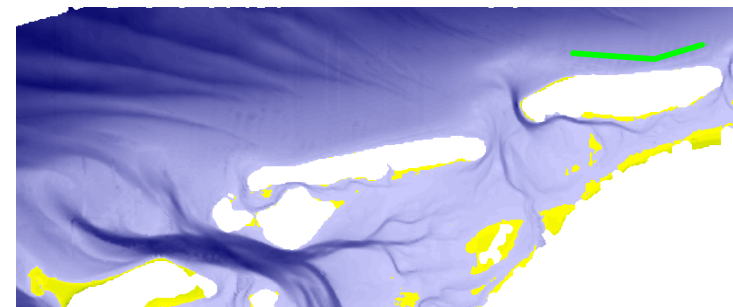


Zeitabhängiger Profilschnitt



Richtung bzw. **Geschwindigkeit** ist vom Ort und von der Zeit **abhängig**

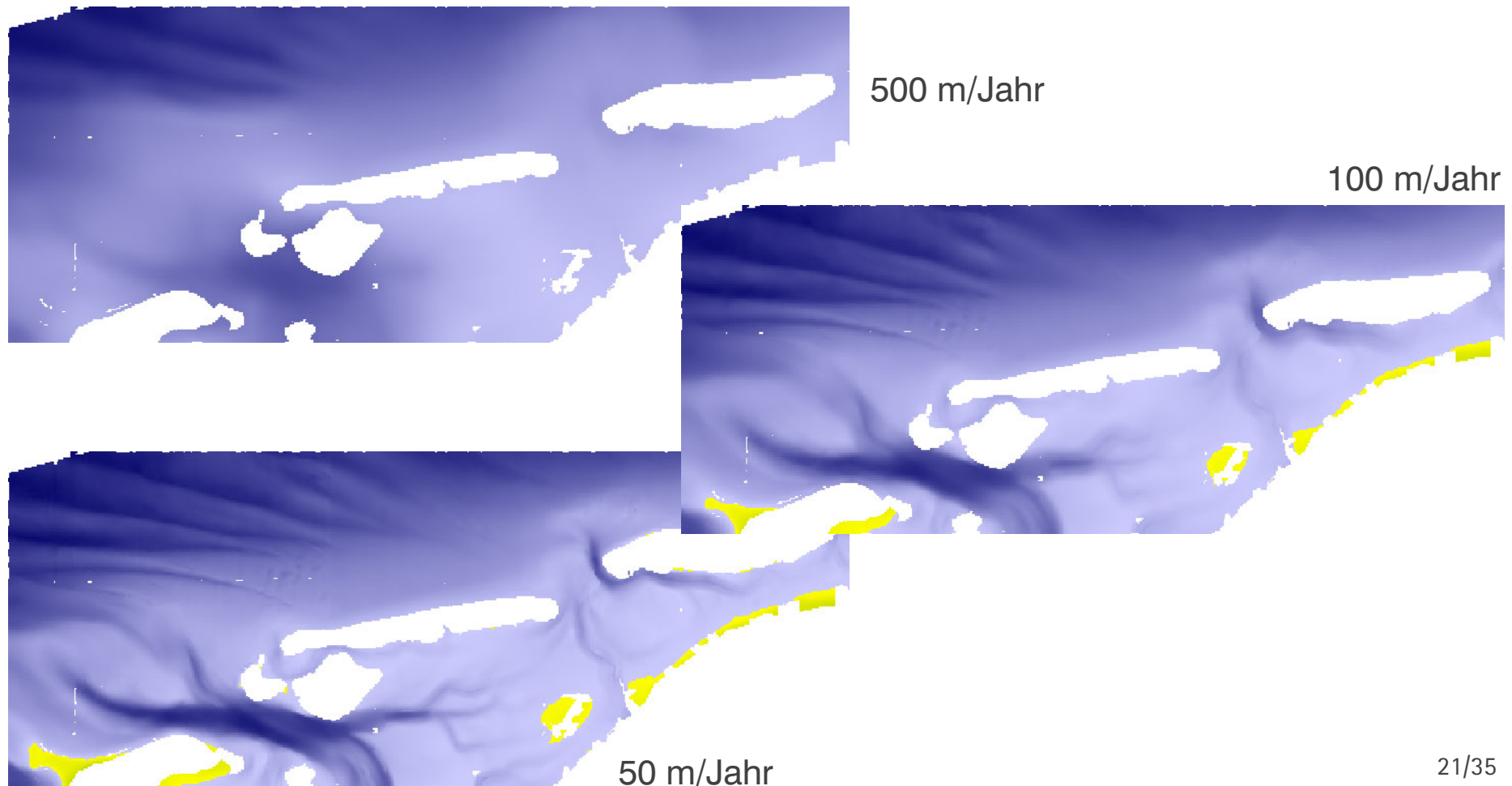
Vereinfachte Herangehensweise:
Verwendung einer **konstanten** Geschwindigkeit



Beispiele

Sensitivitätsanalyse zum Einfluss der **Systemgeschwindigkeit** auf die Interpolation.

Bei Verwendung geringerer Geschwindigkeiten degeneriert der Zeitkegel zum Zeitstrahl und geht somit über zur Interpolation mit Trennung von Raum und Zeit.



Auswertung des “Zeitstrahls”

Die genannten Interpolationsverfahren erlauben die **Erzeugung einer Zeitreihe** für die Tiefe an einem **beliebigen Ort** des Untersuchungsgebietes (“Zeitstrahl”).

Die **Auswertung der Zeitreihe** an einem Ort eröffnet die Möglichkeit zur Bestimmung

- der Anzahl der verschiedenen Zeitebenen,
- des min/max Messwertes
- des min/max Datums
- der min/max Differenz zwischen zwei zeitlich benachbarten Messwerten
- des min/max zeitlichen Abstandes zwischen zwei benachbarten Messwerten
- der mittleren Messhäufigkeit
- der min/max Steigung zwischen zwei benachbarten Messwerten
- die mittlere Änderung über die Zeit
- von systematischen Ausreißern
- des Datums des Minimums/Maximums
- ...

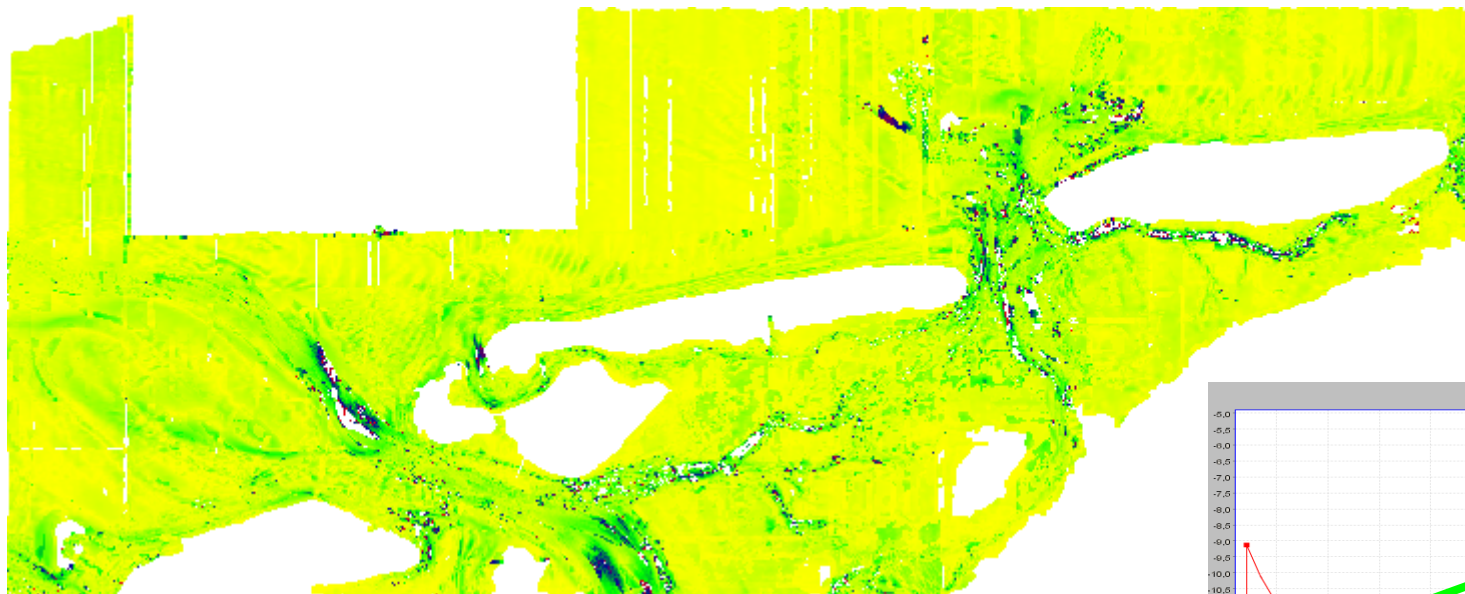
Anzahl Zeitebenen



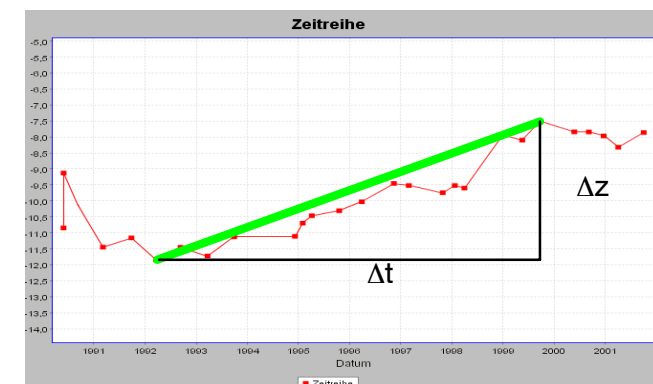
Anzahl der vorliegenden Datensätze an einem betrachteten Ort

Mittlere Tiefenänderungsrate

Die Auswertung der Zeitreihe an einem Ort eröffnet die Möglichkeit zur Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit der Tiefenänderung.

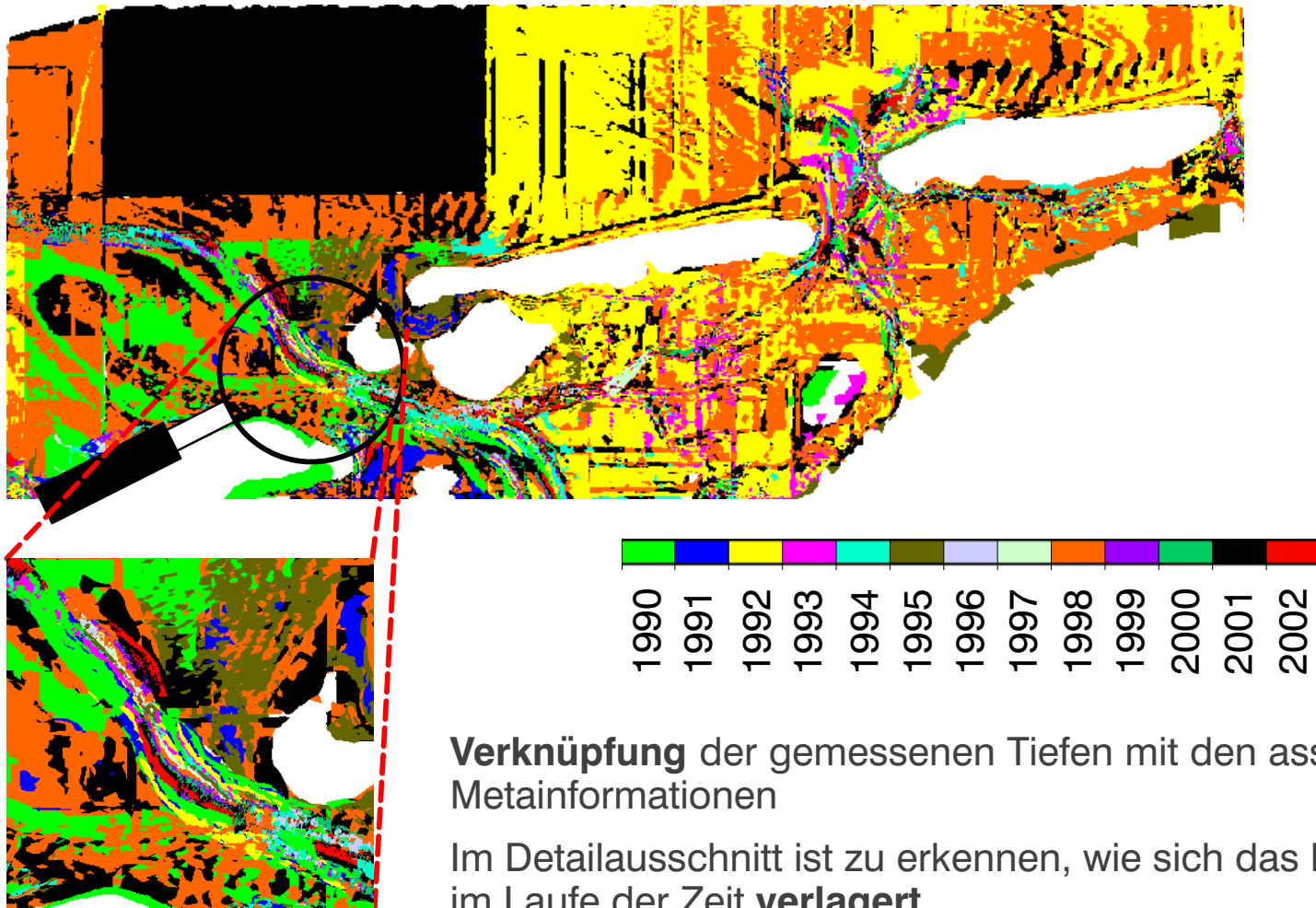


0 1 2 3 Meter/Jahr



Die mittlere Geschwindigkeit kann für **jeden Ort des Untersuchungsgebietes** ermittelt werden und führt so zu einer **flächenhaften Aussage**.

Zeitpunkt des Minimums

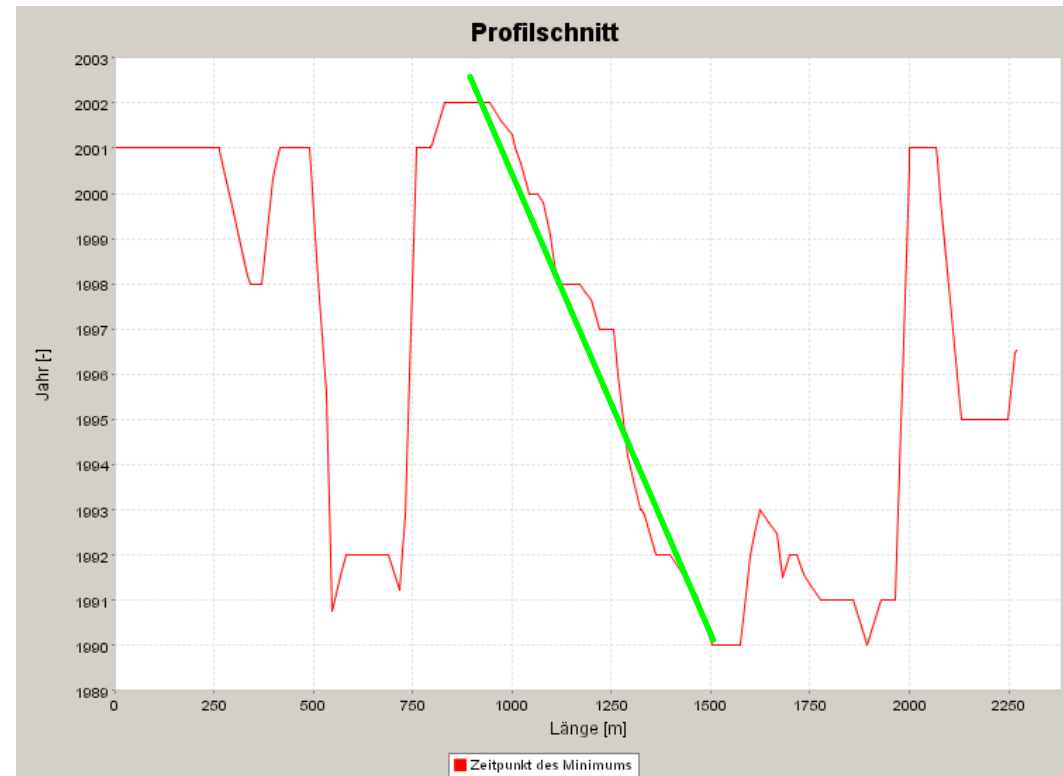
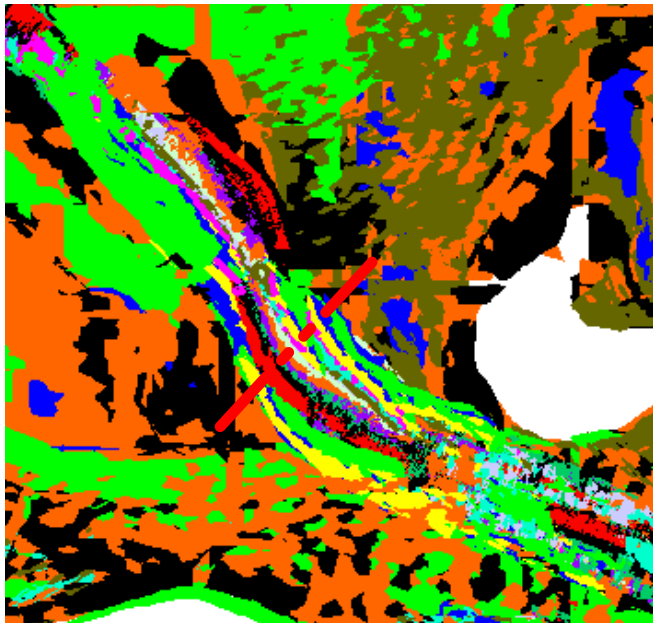


Verknüpfung der gemessenen Tiefen mit den assoziierten Metainformationen

Im Detailausschnitt ist zu erkennen, wie sich das **Minimum** im Laufe der Zeit **verlagert**.

Zeitpunkt des Minimums

Ein **Schnitt** in dieser Darstellung, zeigt die **Lageänderung des Minimums**.



Die räumliche Lageänderung des Minimums deutet auf die **Verlagerung einer Rinne** hin.

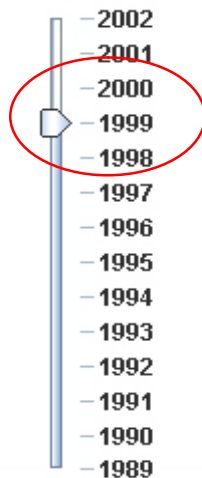
Bathymetriesimulation

Web-Service zur Ableitung einer Bathymetrie für einen beliebigen Zeitpunkt

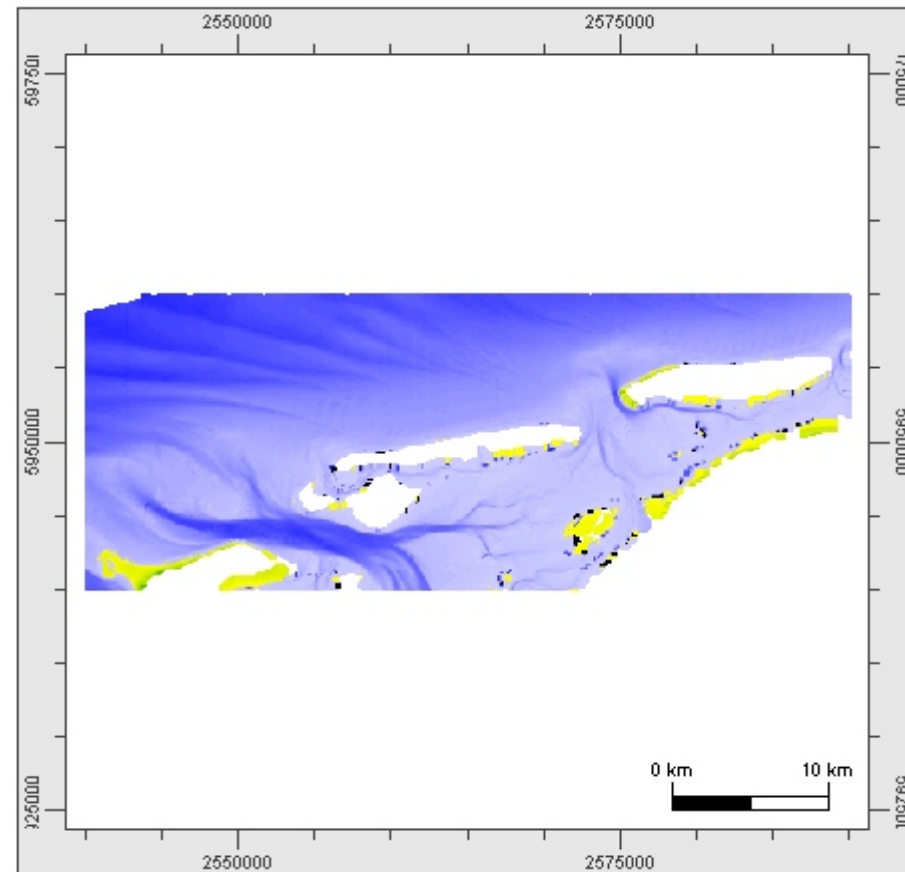
<http://www.kodiba.de>

Interpolationsverfahren über die Zeit:

- lineare Interpolation
- Shepard Interpolation



Anfrage abschicken



Metadatenbetrachter

[Start](#) [Projekt](#) [Projektstatus \(intern\)](#) [Web-Portale](#) [Dokumente \(intern\)](#) [News](#) [Kontakt](#)

Metadaten-Viewer für die Bathymetriedaten des Forschungsprojekt KoDiBa
(Entwicklung und Implementierung von Werkzeugen zur Erstellung konsistenter Digitaler Bathymetrien)

Dienststelle, die den Datensatz aufgenommen hat

BSH WSA Emden	WSA Emden
------------------	-----------

Zeitraum, in dem der Datensatz aufgenommen wurde

1989 1990 1991 1992 1993	1992
--------------------------------------	------

Datensätze, die der aktuellen Auswahl entsprechen

emd_100292 emd_100392 emd_100892 emd_100992 emd_101192	emd_100392 emd_110392
--	--------------------------

Darstellungsoptionen

Hintergrundbild anzeigen

Anfrage an den Server senden und Darstellung generieren

Ansicht starten

Auswahl von Datensätzen über die Metainformation

Filterung der Daten über die Dienststelle und den Aufnahmezeitraum ("WSA Emden", "1992")

Auswahl der Datensätze vom 10.3.92 und 11.3.92

Bitte beachten Sie, dass aus Kapazitätsgründen die getätigte Auswahl nach 10 Minuten (Session Timeout) ungültig wird.

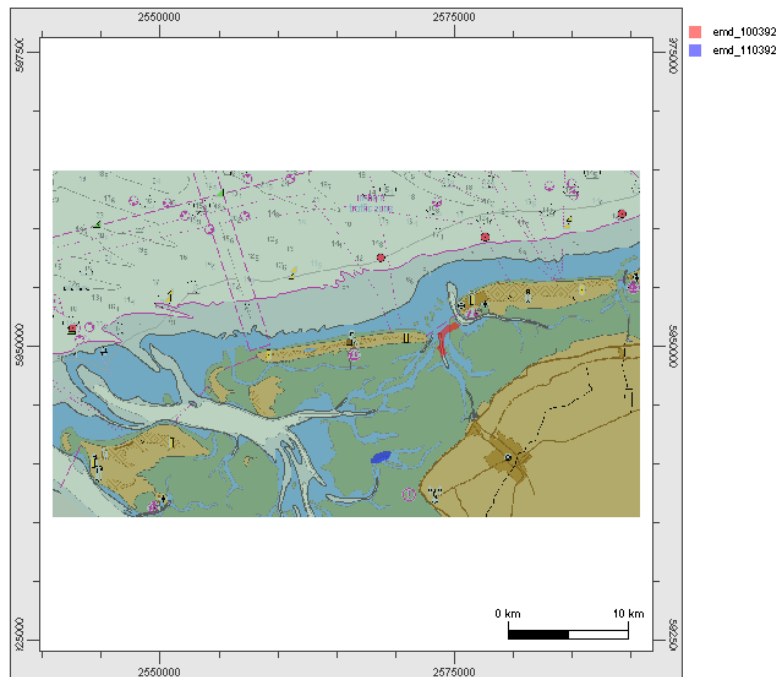
Metadatenbetrachter

[Start](#) [Projekt](#) [Projektstatus \(intern\)](#) [Web-Portale](#) [Dokumente \(intern\)](#) [News](#) [Kontakt](#)

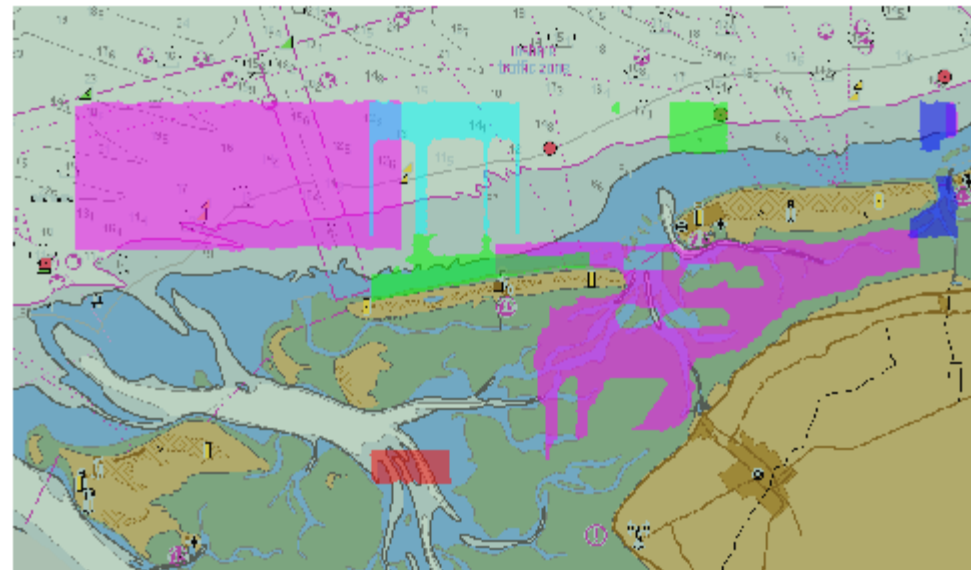
Metadaten-Viewer für die Bathymetriedaten des Forschungsprojekt KoDiBa
(Entwicklung und Implementierung von Werkzeugen zur Erstellung konsistenter Digitaler Bathymetriem)

[Informationen über das Projekt](#) - [Nachricht an den Administrator](#) - [smile consult GmbH](#)

Darstellung der Umrandungspolygone der auf der vorherigen Seite ausgewählten Datensätze.
Die Bezeichnung der Datensätze erfolgt nach dem Muster "quelle_TagMonatJahr".



[NOKIS-Metadaten \(XML-Datei\)](#)



Georeferenzierte Darstellung der Datensätze

Schnelle und komfortable Navigation über Datenbank

Die ausgewählten Kriterien ergeben folgende Liste von Datensätzen. Drücken Sie 'Fertig', um diese Auswahl zu übernehmen, Änderungen können Sie über den 'Zurück'-Button vornehmen.

Auswahl	ID in der Datenbank	Beginn der Aufnahme	
<input checked="" type="checkbox"/>	Modell25m_BAW_nn	01.01.1989	BAW
<input checked="" type="checkbox"/>	lva_sh	01.01.1990	Land
<input checked="" type="checkbox"/>	OSAE5m_199798	01.02.1997	OSAI
<input checked="" type="checkbox"/>	wsatoen_nn_1998	01.01.1998	WSA
<input checked="" type="checkbox"/>	wsacux_nn_1998	01.01.1998	WSA
<input checked="" type="checkbox"/>	wsalau_nn_1998	01.01.1998	WSA
<input checked="" type="checkbox"/>	wsatoen_nn_1999	01.01.1999	WSA
<input checked="" type="checkbox"/>	wsalau_nn_1999	01.01.1999	WSA
<input checked="" type="checkbox"/>	wsalau_befliegung_nn	01.01.1999	WSA
<input checked="" type="checkbox"/>	Wattbefliegung10m_NN	01.01.1999	Unbe
<input checked="" type="checkbox"/>	wsahh_nn_2000	01.01.2000	WSA
<input checked="" type="checkbox"/>	Nebenfluesse_WSA_HH	01.01.2000	WSA
<input checked="" type="checkbox"/>	wsatoen_nn_2000	01.01.2000	WSA
<input checked="" type="checkbox"/>	wsacux_nn_2000	01.01.2000	WSA

Wo ?
Wann ?
Wer ?
Wie ?

Auswertung von Metainformationen

Erstellen einer Menge von Metainformationen durch Suchanfrage

Themenbezogene Visualisierung einer Menge von Metainformationen

Farbliche Kennzeichnung des Datenvolumens

Farbliche Kennzeichnung des Aufnahmejahres

Farbliche Kennzeichnung der verantwortlichen Institution

...

Ermitteln der topologischen Beziehungen von Metainformationen und Daten

Überlappungsbereich von Geländedaten eines Jahrgangs, einer Periode

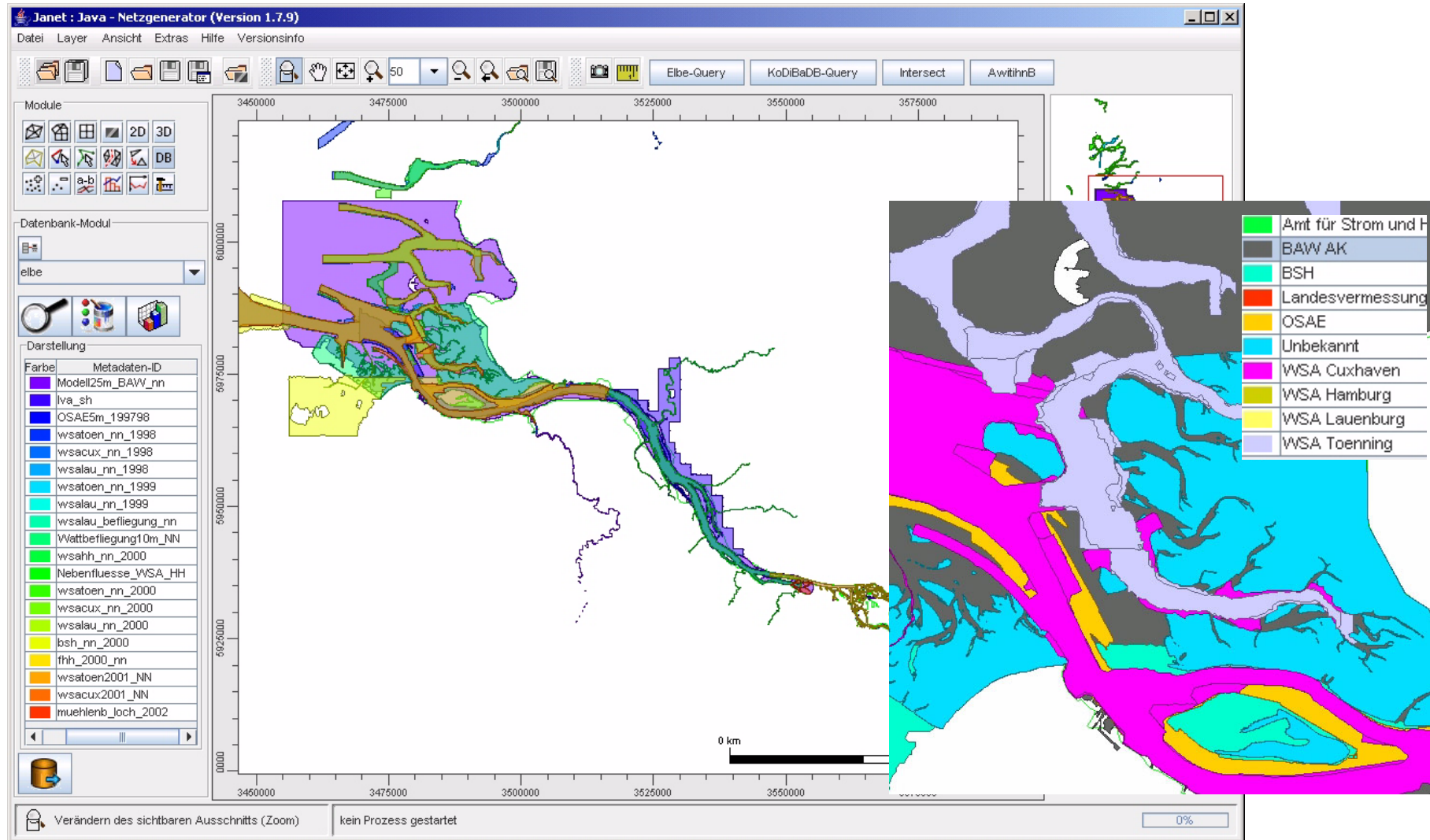
Überlappungsbereich von Geländedaten unterschiedlichen Typs

Ermitteln der "Datendichte" für ausgewählte Gebiete (Aufnahmeminutintervall, etc.)

...

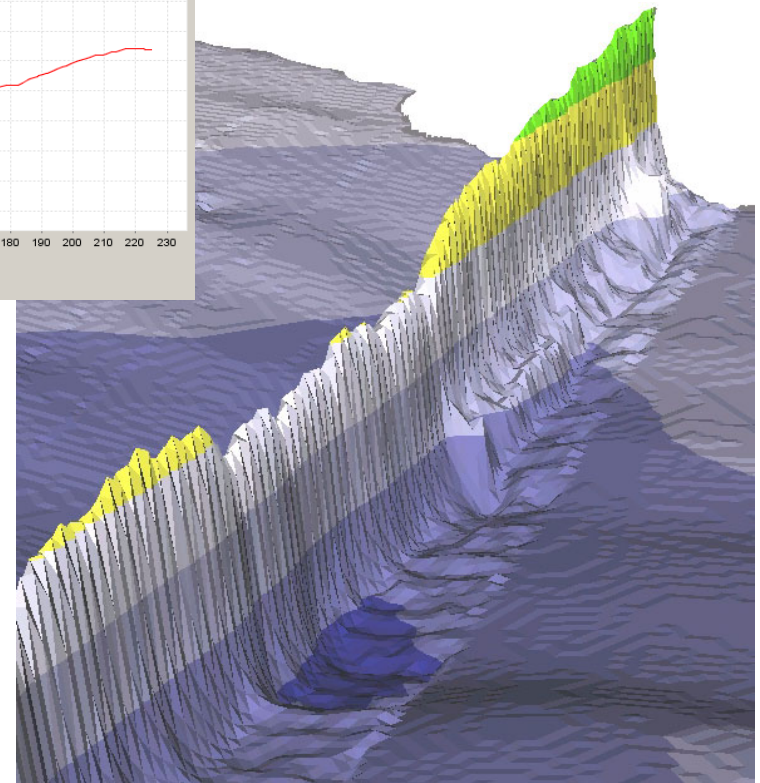
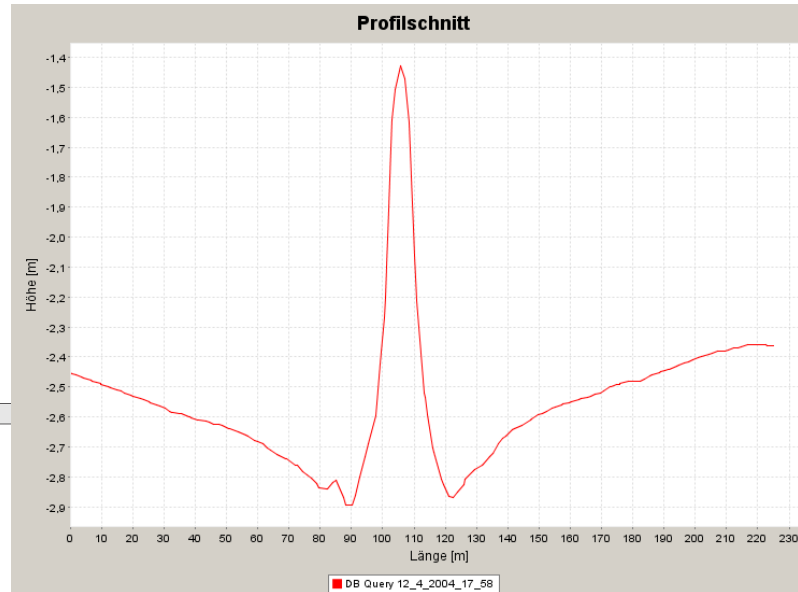
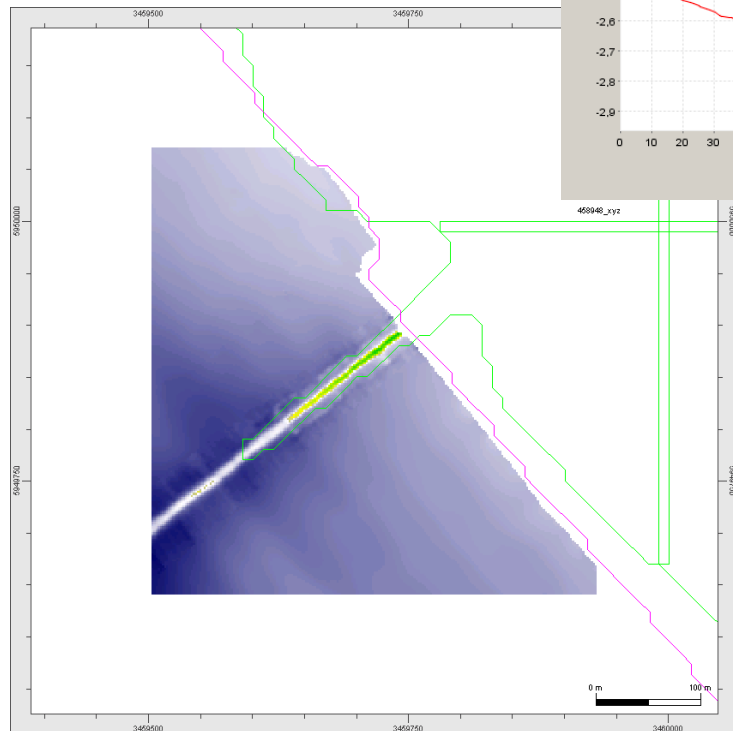
Anwendung im Rahmen eines "Planungstools für die integrierte Küstenhydrographie"

Assistent zur themenbezogenen Visualisierung von Metainformationen

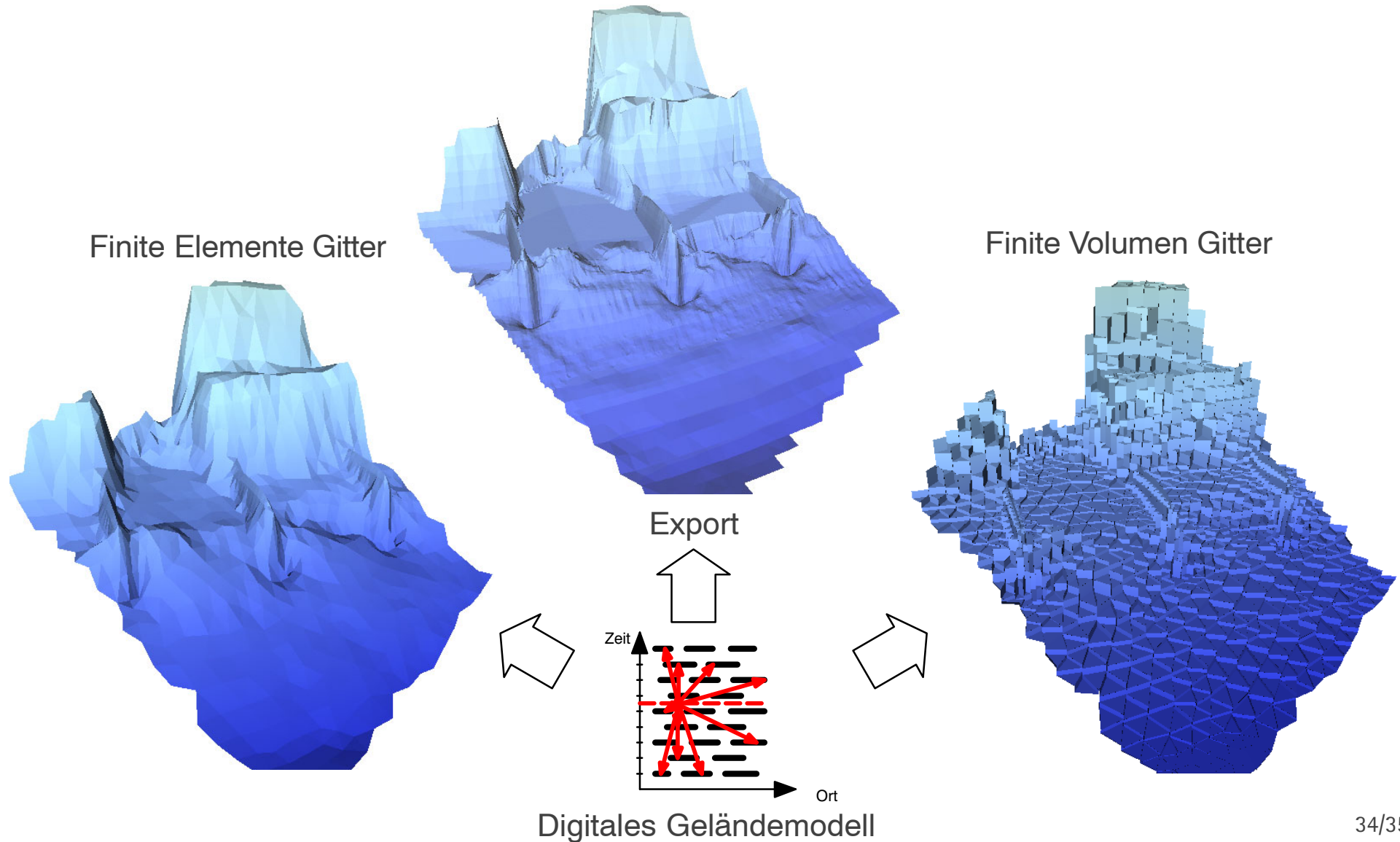


Selektiver Zugriff auch auf Teilmengen großer Datenbestände

Detailansicht
Leitwerk Robbenplate



Ableitung von Geländemodellen für verschiedene Modelltypen



Zusammenfassung und Ausblick

Die Kenntnis von Metainformationen über Geländedaten kann den Prozeß der Digitalen Geländemodellierung in erheblichem Umfang unterstützen

Bei der Erstellung konsistenter Digitaler Geländemodelle ist eine feine Granularität des zugrundeliegenden Archivs (der Basisdatensätze) notwendig

Die Berücksichtigung der Zeit bei der Digitalen Geländemodellierung eröffnet Möglichkeiten zur Erstellung konsistenter Digitaler Geländemodelle

Die Erzeugung von Zeitstrahlen erlaubt die Betrachtung eines einzelnen Datensatzes im Kontext vorangegangener sowie nachfolgender Vermessungen und erweitert somit die Möglichkeiten zur Plausibilisierung von Datensätzen

Die entwickelten Methoden werden in die bestehenden Werkzeuge zur Erstellung von Digitalen Geländemodellen und von Berechnungsgittern integriert.

Die Verfahren zur Speicherung, Suche und Anzeige von Metainformationen werden auch im Forschungsprojekt NOKIS++ verwendet und weiterentwickelt

Sie werden dort als Grundlage für die Entwicklung eines Planungstools für die integrierte Küstenhydrographie herangezogen