

Hybrides Fächerlot- und Laserscannverfahren zur Erfassung hydrodynamischer Echtzeit- Strömungsvorgänge und Böschungsbewegungen

Prof. Dr. Tobias Hillmann
Hochschule Neubrandenburg

29. Oktober 2014

1. Motivation

- Forschungsprojekt beim BMWi
- Schadensereignisse durch Böschungsrutschungen und Setzungsfließen
- unterschiedliche Ursachen für Böschungsbewegungen
- allein ca. 2.000 km Uferlinie im Lausitzer und Mitteldeutschen Braunkohlerevier
- verpflichtende Rechtsnormen
- kein Betreten der Böschungen möglich
- Überwachungssystem der Böschung über und unter Wasser



1. Motivation
2. Messplattform und Registrierung
3. Raum-zeitliches Geo-Informationssystem
4. Zusammenfassung

Mobile-Mapping-Systeme



Abb. 2: Plattformen zur Aufnahme der Messsensoren

Alternative Messverfahren zur Überwachung von Tagebauböschungen

Böschung über Wasser	Böschung unter Wasser
Terrestrische Verfahren	aktives Sonar = Echolot
Photogrammetrie/Fernerkundung	Laserscanning
Laserscanning	
Radarinterferometrie	

Abb. 3: Alternative Messverfahren zur Böschungsüberwachung über und unter Wasser

2. Messplattform und Registrierung

Komponenten

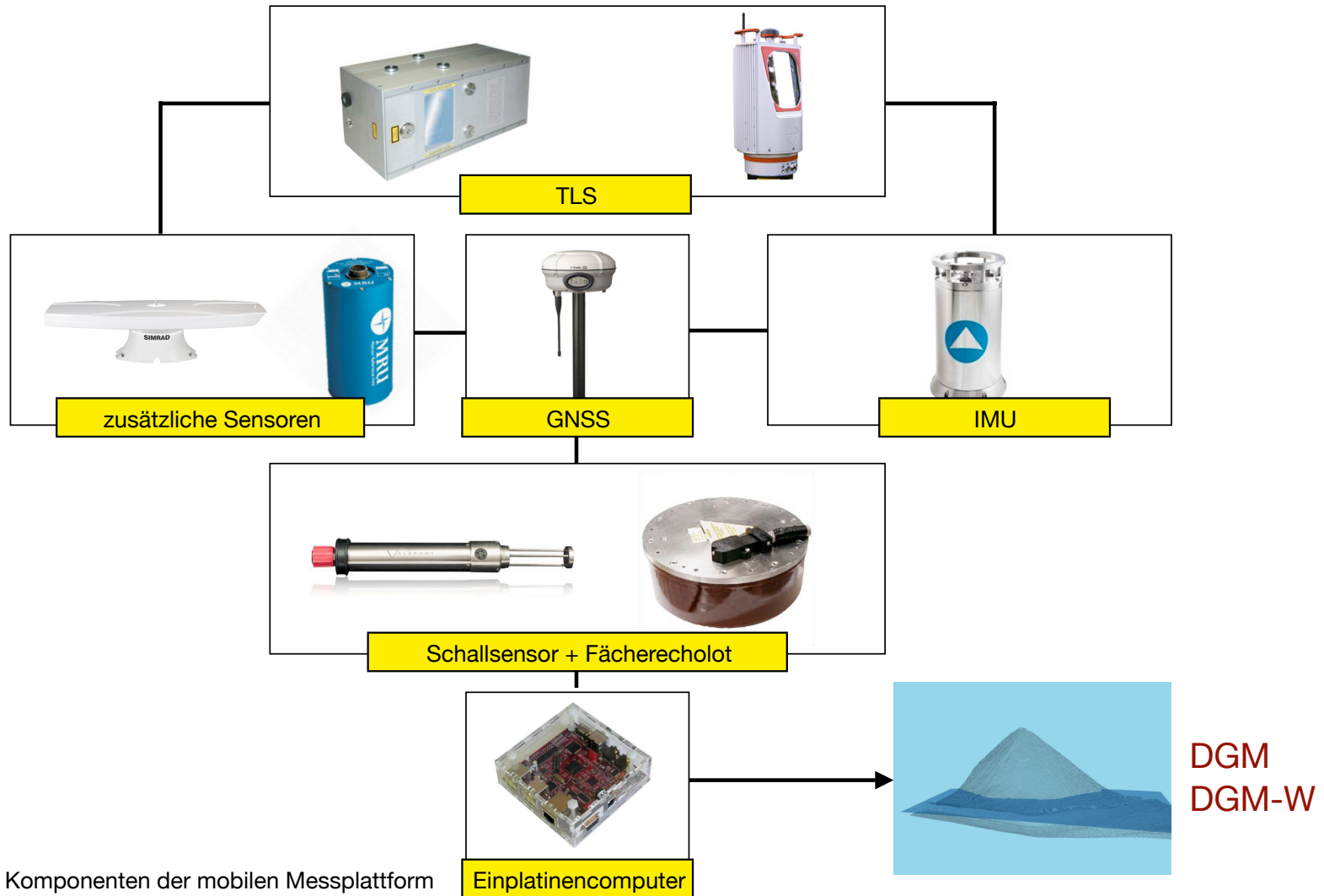


Abb. 4: Komponenten der mobilen Messplattform

Fehlereinflüsse und Genauigkeiten

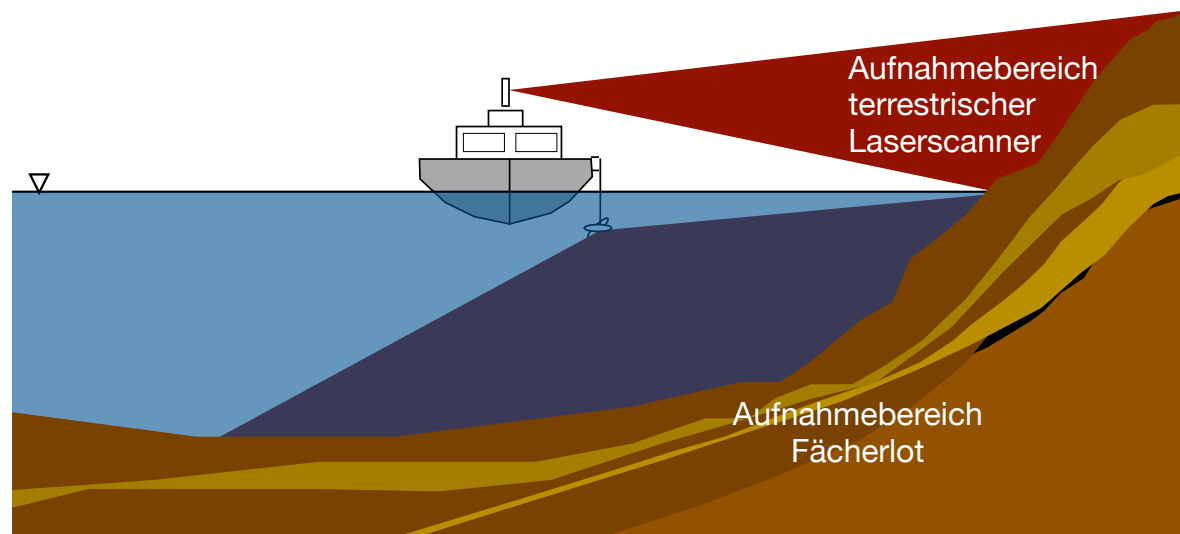


Abb. 5: Schematischer Überblick über die eingesetzten Sensoren auf der Messplattform

Standardabweichung Lage $s_L \leq 30\text{mm}$

Standardabweichung Höhe $s_H \leq 25\text{mm}$

2. Messplattform und Registrierung



Abb. 6: Sensoren auf der Messplattform

Automatische Registrierung und Vergleich von Messungen ohne Zielmarken

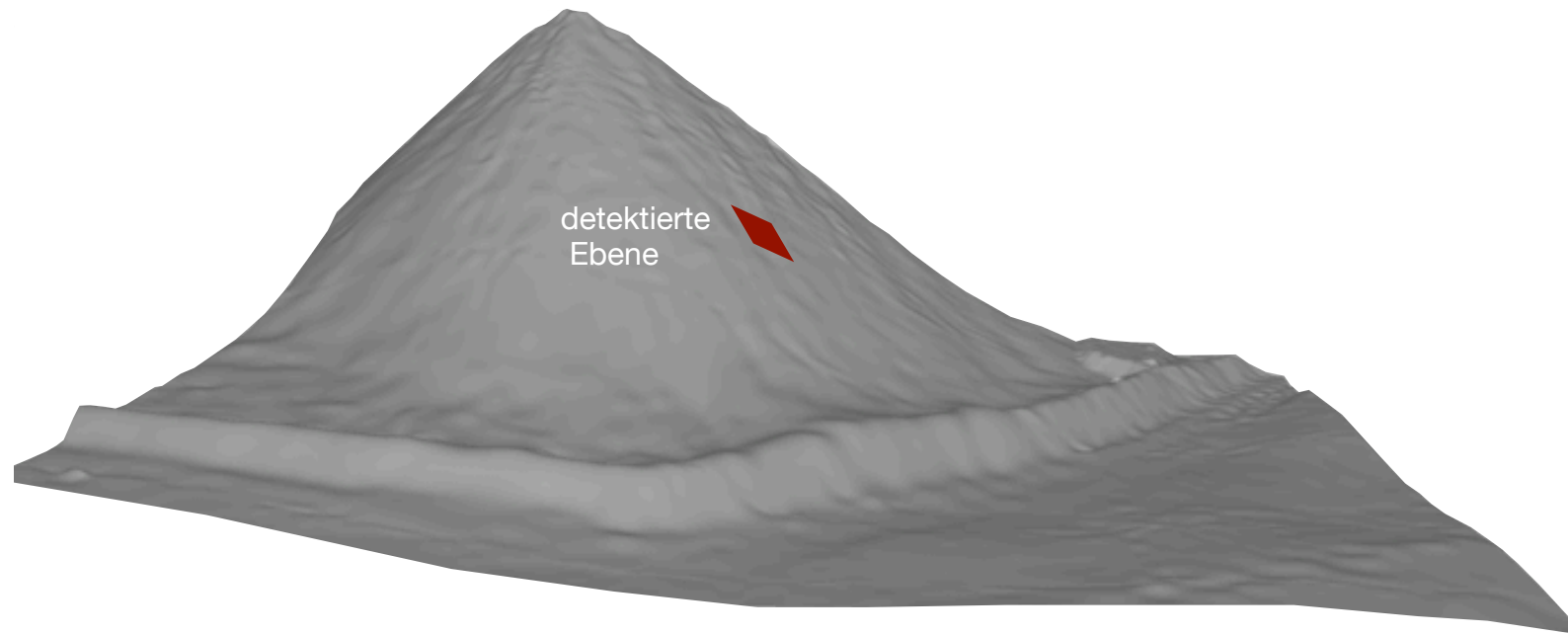


Abb. 7: 3D-Punktwolke aus Laserscandaten einer Böschung mit schematischer detektierter Ebene

Registrierung über Punkte

3 ... 10 Punktförmige Targets pro Scan

Funktionales Modell $\dot{x}_g = \dot{t} + \dot{q} \cdot \dot{x}_l \cdot \dot{q}^{-1}$

Unbekannte: 7

Restriktionen: 1

Freiheitsgrade: 6

Redundanz: 3 ... 24

Genauigkeit: $\sigma_t \approx \pm 3 \dots 5 \text{mm}$

Registrierung über Ebenen

100 ... 1000 identische Ebenen pro Scan

Funktionales Modell

$$\underbrace{(\dot{q}_k \dot{n}_i \dot{q}_k^{-1})}_{\dot{n}_i \text{ global}} \cdot \underbrace{(\dot{t}_k + \dot{q}_k \dot{s}_i \dot{q}_k^{-1})}_{\dot{s}_i \text{ global}} - \underbrace{(\dot{q}_l \dot{n}_j \dot{q}_l^{-1})}_{\dot{n}_j \text{ global}} \cdot \underbrace{(\dot{t}_l + \dot{q}_l \dot{s}_j \dot{q}_l^{-1})}_{\dot{s}_j \text{ global}} = 0$$

Freiheitsgrade: 6

Redundanz: 294 ... 2994

Genauigkeit: $\sigma_t \approx \pm 0,3 \dots 0,5 \text{ mm}$

2. Messplattform und Registrierung

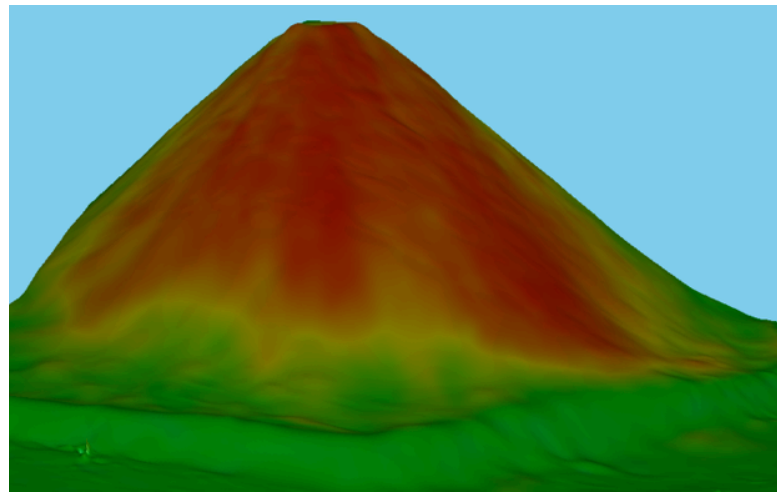
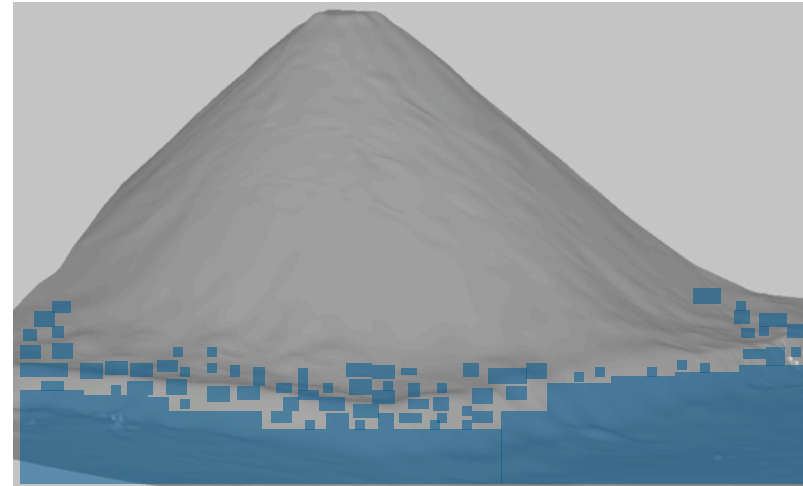
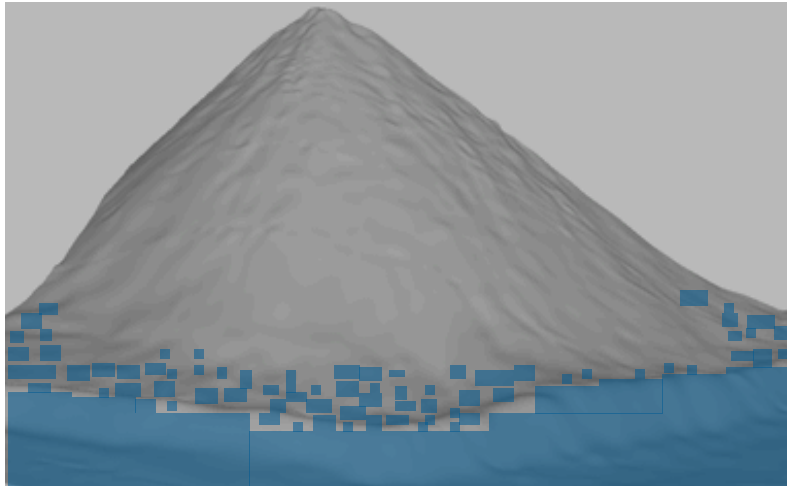


Abb. 8: Punktwolke einer Böschung, Nullmessung +12Tage

2 Standpunkte, 540 Identitäten $\sigma_x = \pm 3,1\text{mm}$, $\sigma_y = \pm 1,9\text{mm}$, $\sigma_z = \pm 1,4\text{mm}$

1. Motivation
2. Messplattform und Registrierung
3. Raum-zeitliches Geo-Informationssystem
4. Zusammenfassung

Definition der Zeit

„Die absolute, wahre und mathematische Zeit verfließt an sich und ist in ihrer Natur gleichförmig und ohne Beziehung auf irgendeinen äußeren Gegenstand.“

Isaac Newton (1687)

„Zeit und Raum erscheinen in den Grundgleichungen der Relativitätstheorie fast völlig gleichwertig nebeneinander und lassen sich daher zu einer vierdimensionalen Raumzeit vereinigen.“

Albert Einstein (1905)

Definition des Ereignisses

“In der Ontologie sind damit Objekte gemeint, das sich nicht wie ein Gegenstand, sondern wie ein Prozess verhalten. Ereignisse in diesem Sinne werden meist nicht als instantan, sondern als zeitlich ausgedehnt verstanden.“

“In der Relativitätstheorie wird ein durch Ort und Zeit festgelegter Punkt der Raumzeit als Ereignis bezeichnet.“

Speicherung von Bewegungsdaten

Raum-zeitliche Bezugssysteme:

- Level 0: valid value
- Level 1: temporal snapshots
- Level 2: object change
- Level 3: events, actions & processes



Abb. 10: Photorealistisches 4D-GIS Braunkohlentiefbau Malliß,
Darstellung Ereignisse, Aktionen: Tagesbruch

Object Change

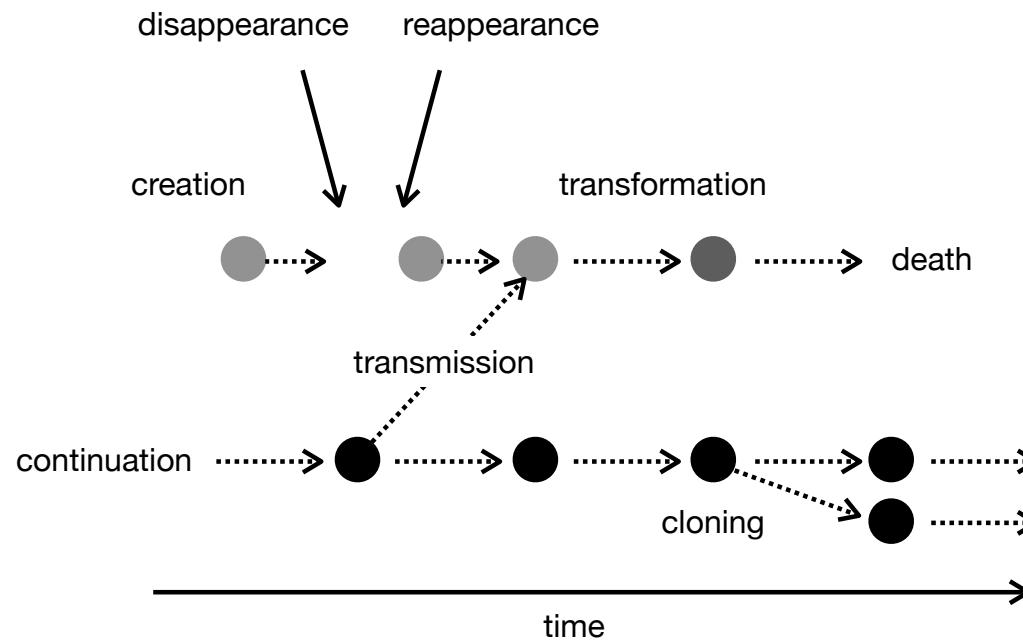


Abb. 11: Mögliche Änderungen von raum-zeitlichen Daten in Level 2 (object change) nach *WORBOYS*

Object Change

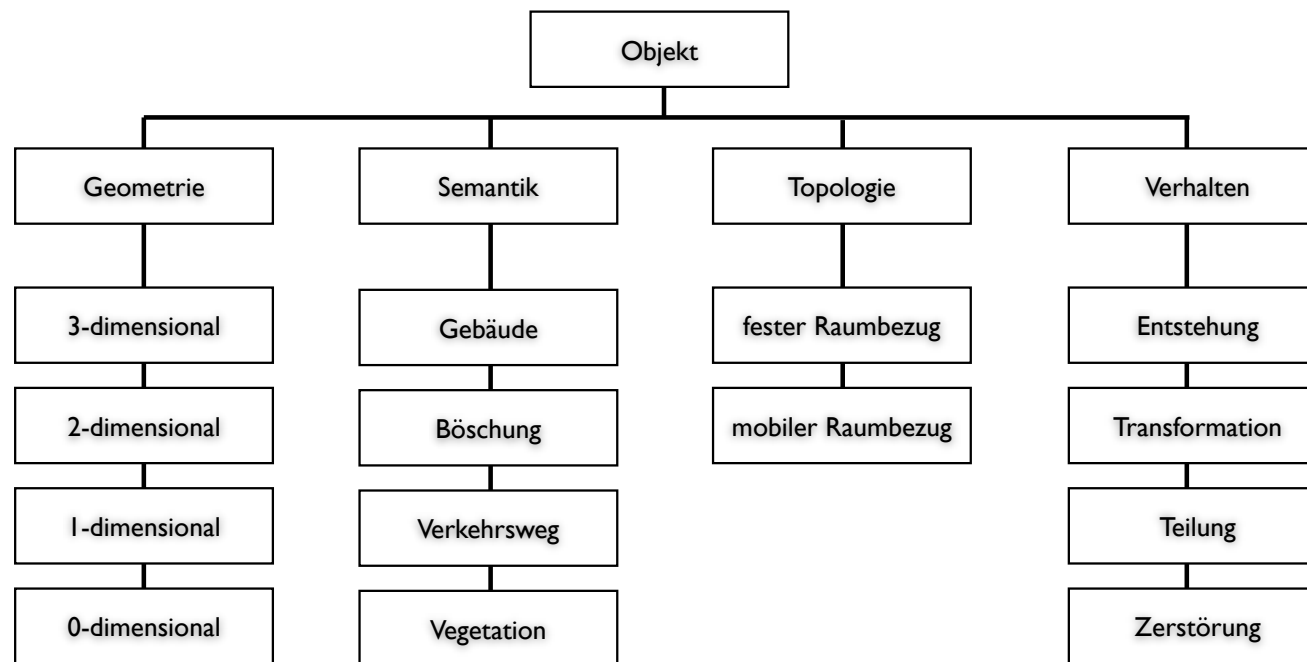


Abb. 12: Mögliche Änderungen von raum-zeitlichen Daten in Level 2 (object change) mittels SNAP-Ontologie

Events, Actions & Processes

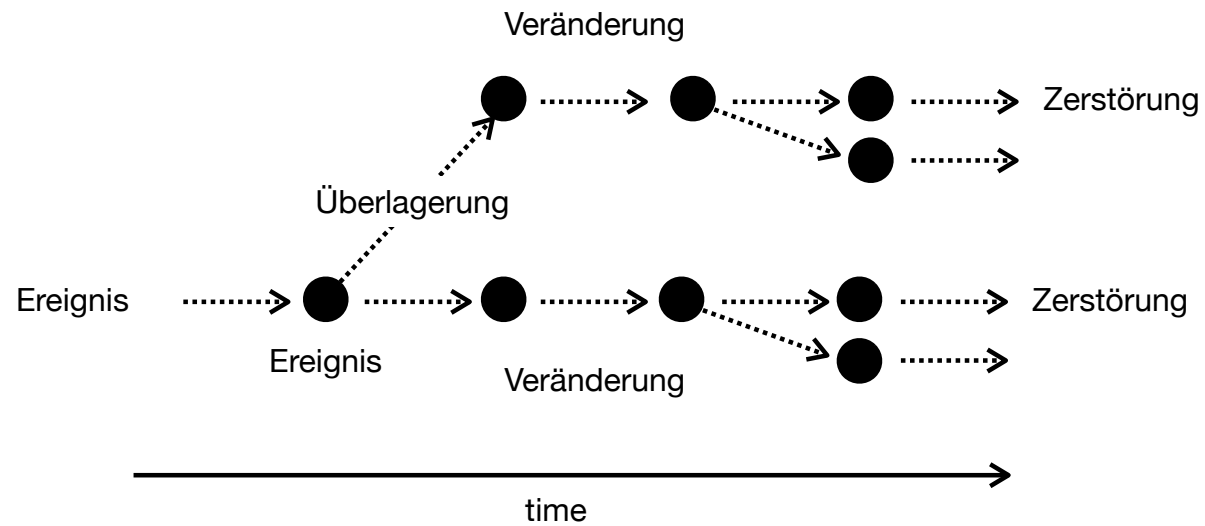


Abb. 13: Mögliche Änderungen von raum-zeitlichen Daten in Level 3 (events, actions & processes)

Events, Actions & Processes

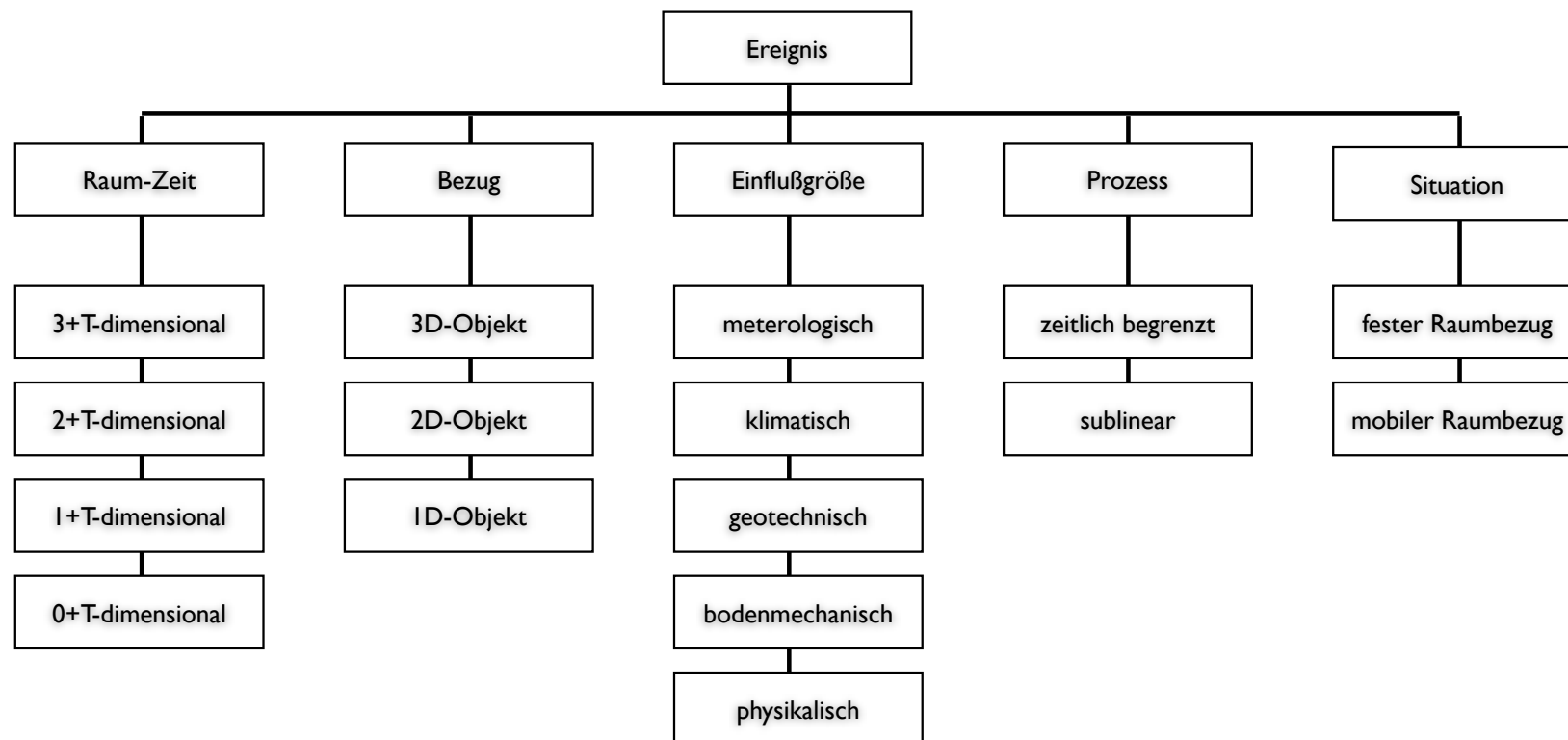


Abb. 14: Mögliche Änderungen von raum-zeitlichen Daten in Level 3 (events, actions & processes) mittels SPAN-Ontologie

Änderungen von raum-zeitlichen Objekten

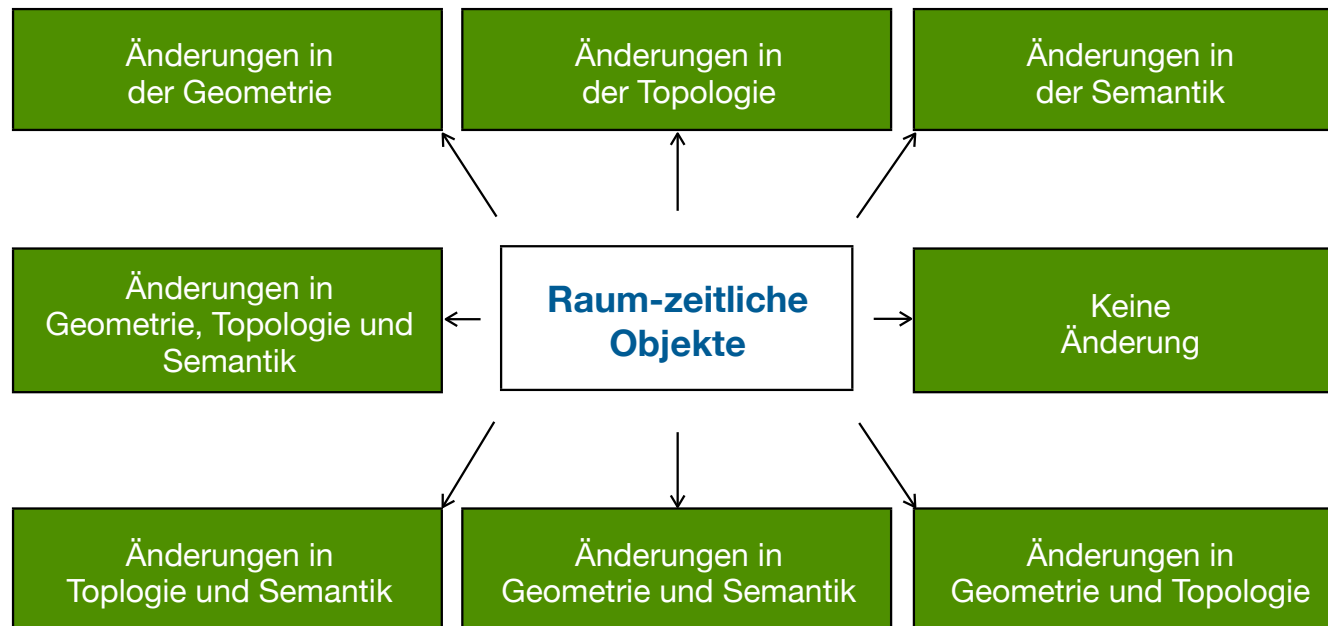
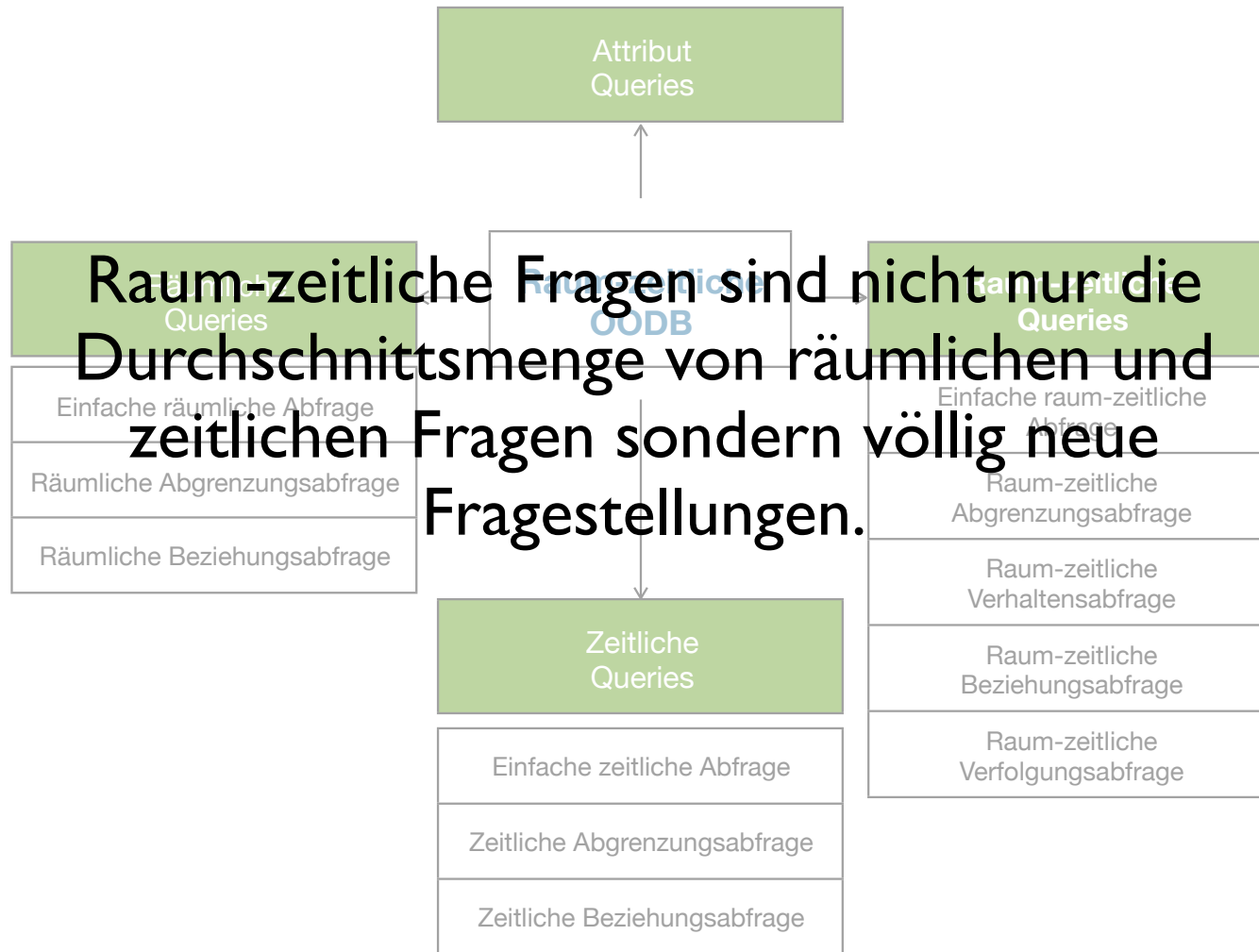


Abb. 15: Mögliche Veränderungen von raum-zeitlichen Objekten

Klassifizierung der Abfragen einer raum-zeitlichen objektorientierten Datenbank



Zeitontologie

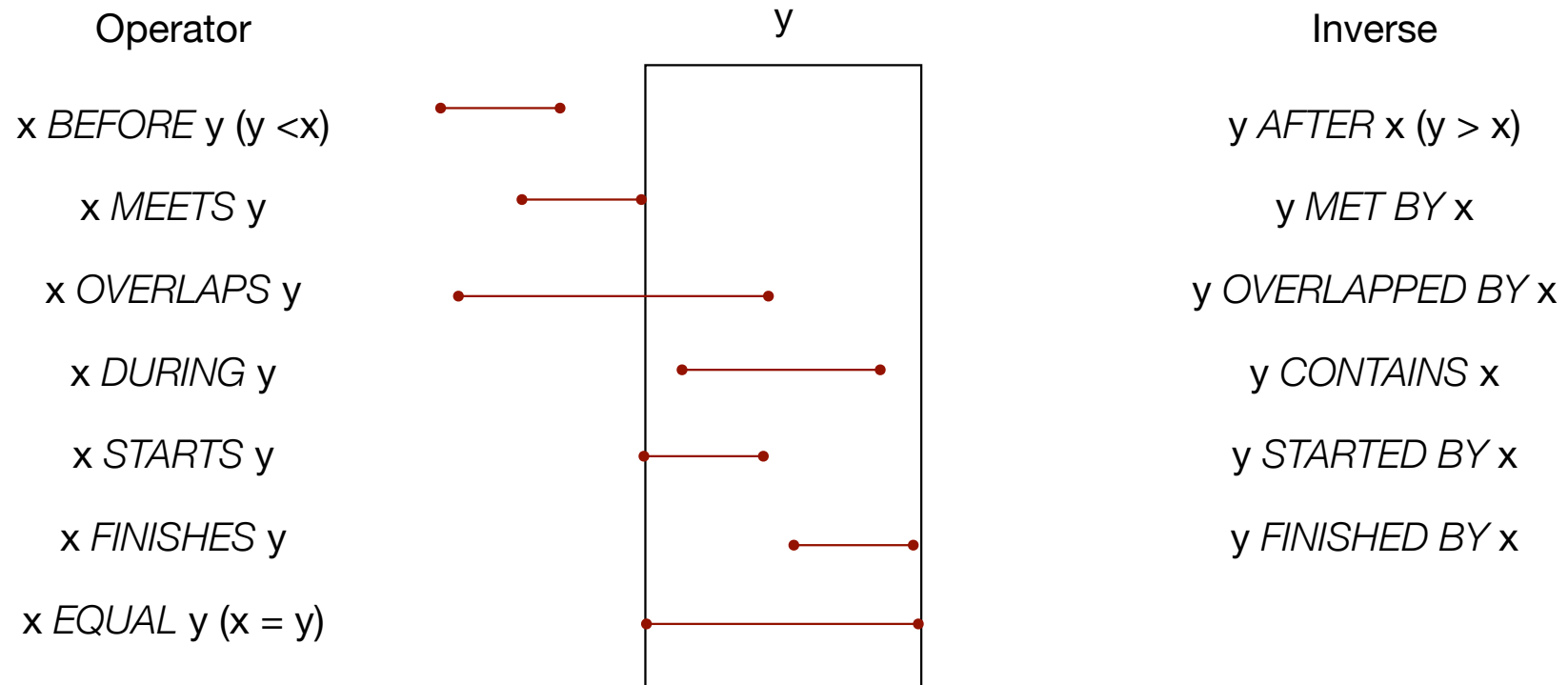
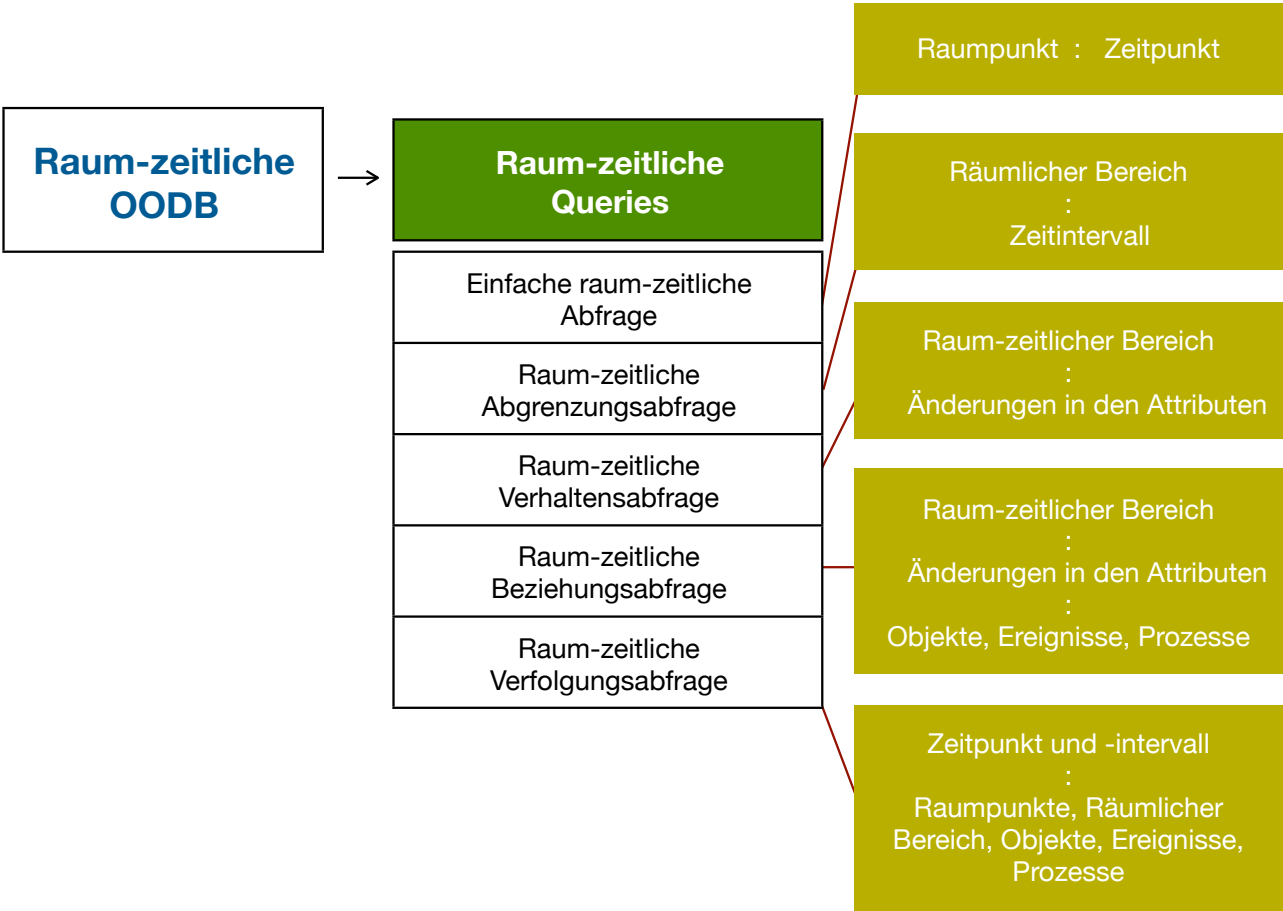


Abb. 13: Zeitontologie nach ALLEN

Klassifizierung der Abfragen einer raum-zeitlichen objektorientierten Datenbank



Raum-zeitliche Queries

- Einfache raum-zeitliche Abgrenzungsabfrage
 - Wo ist Objekt A am festgelegten Zeitpunkt?
 - Wann sind die Objekte am bestimmten Ort?
 - Was existiert an Position x zur festgelegten Zeit?
- Raum-zeitliche Verhaltensabfrage
 - Welche Böschungsflächen haben sich zwischen 2000 und 2010 **signifikant bewegt**?
 - An welchen Böschungsflächen trat zwischen 2000 und 2010 **Setzungsließen** auf?
- Raum-zeitliche Beziehungsabfrage
 - Wie hat sich der Niederschlag und die Temperatur ein Monat vor der **Rutschung** verändert?
- Raum-zeitliche Verfolgungsabfrage
 - Wo und wann wird die **Flutwelle** ein definiertes Gebiet erreichen?

Ereignisse

Umsetzung der raum-zeitlichen objektorientierten Datenbank

Programmierungsumgebung:

- C#
- db4objects
- LINQ

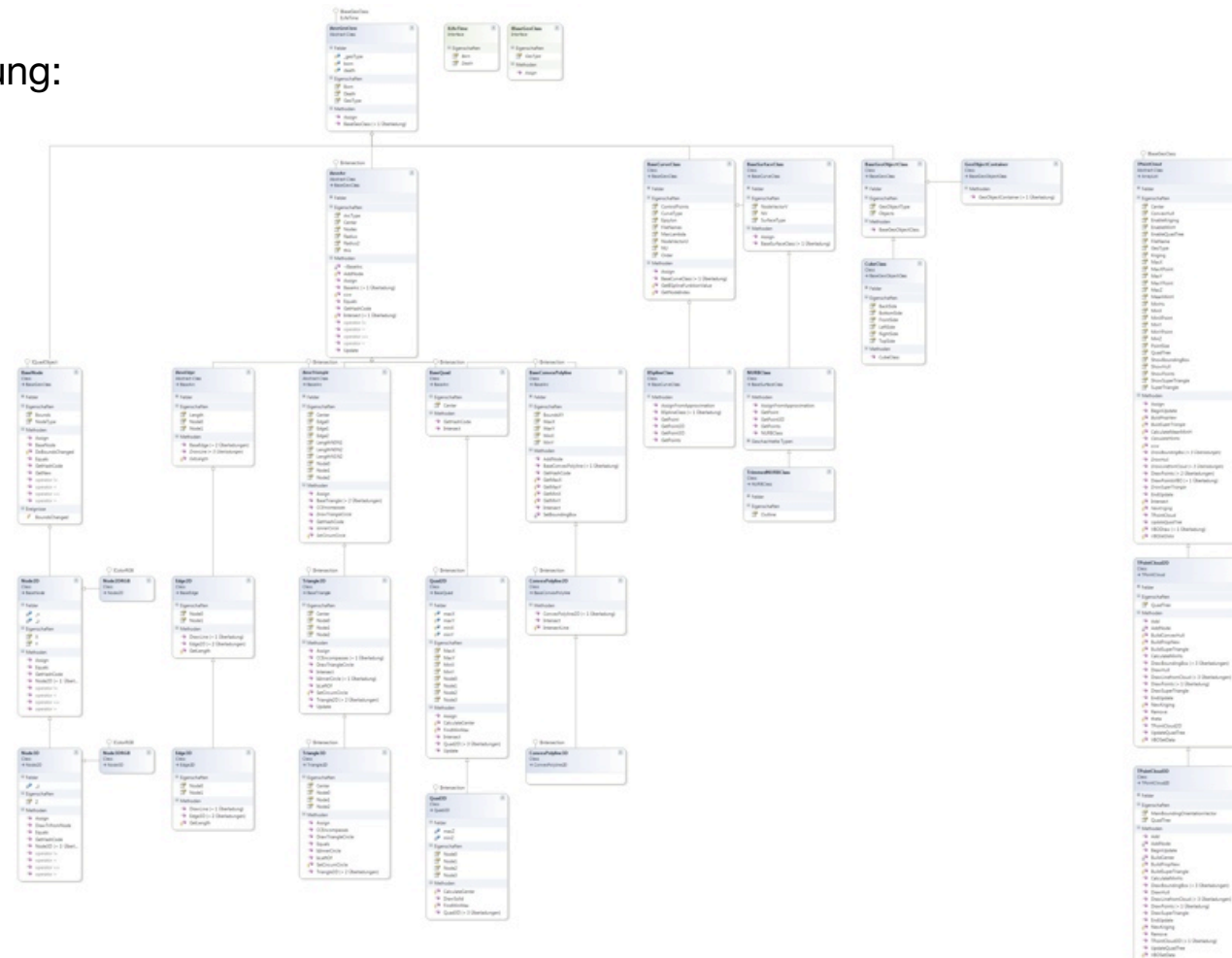


Abb. 16: UML-Klassendiagramm der temporalen, geometrischen und topologischen Klassen

Umsetzung des raum-zeitlichen GIS auf dem Einplatinencomputer

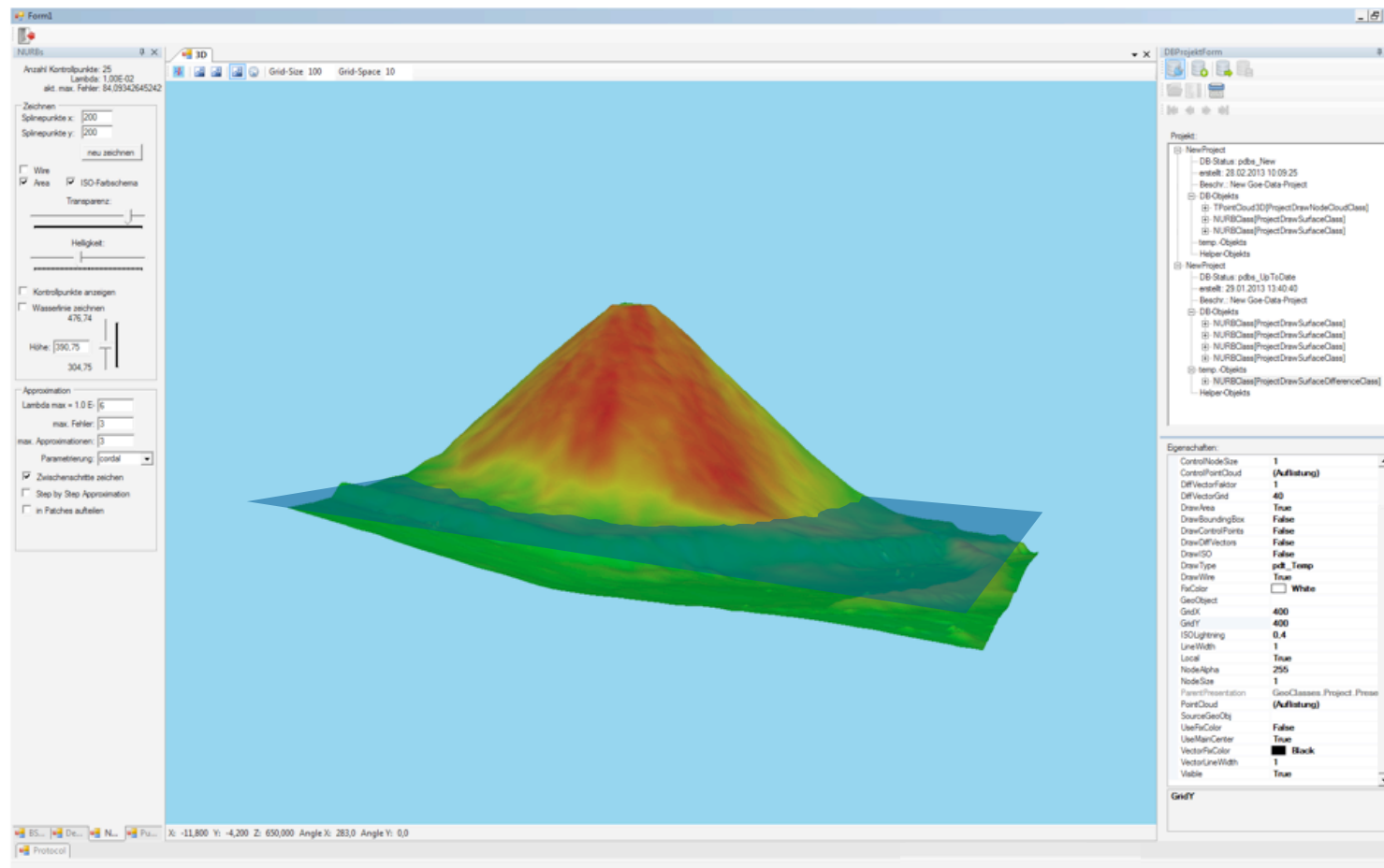


Abb. 17: Monitoringssystem auf dem Einplatinencomputer

1. Motivation
2. Messplattform und Registrierung
3. Raum-zeitliches Geo-Informationssystem
4. Zusammenfassung

4. Zusammenfassung

- Konzept und Aufbau eines mobilen Multi-Sensor-System
- Überwachung der Böschungen über und unter Wasser mit ausreichender Genauigkeit
- Verknüpfung der Punktwolken ohne künstliche Targets
- Suche von homologen Punkten
- Ereignisorientiertes raum-zeitliches GIS für Beantwortung komplexer Fragen