Von der hydrologischen zur risiko-basierten Hochwasservorhersage

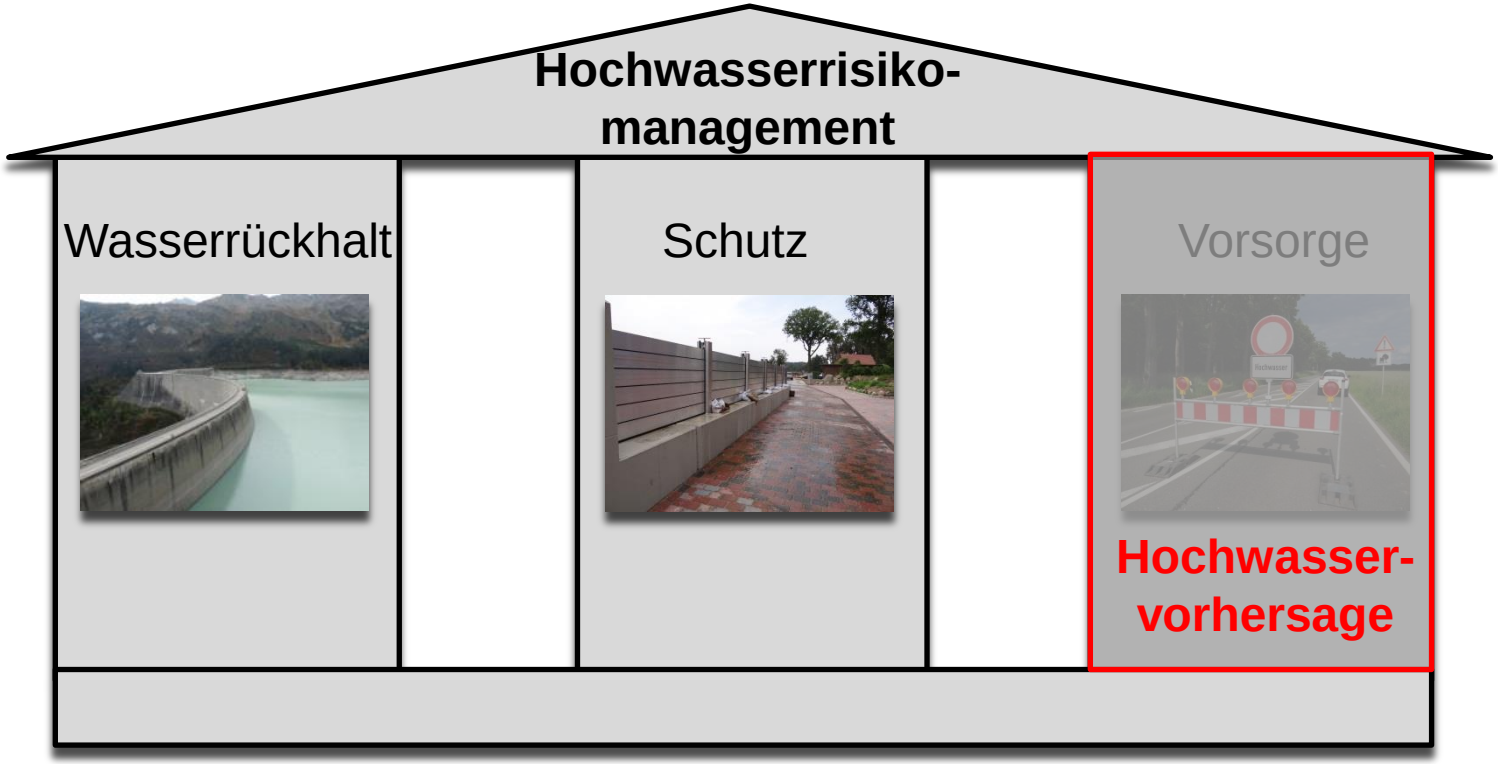
Daniel Bachmann

D. Eilander, A. de Leeuw, F. Diermanse, J. Beckers, P. Gijsbers, (Deltares, NL)

39. Dresdener Wasserbaukolloquium, Dresden

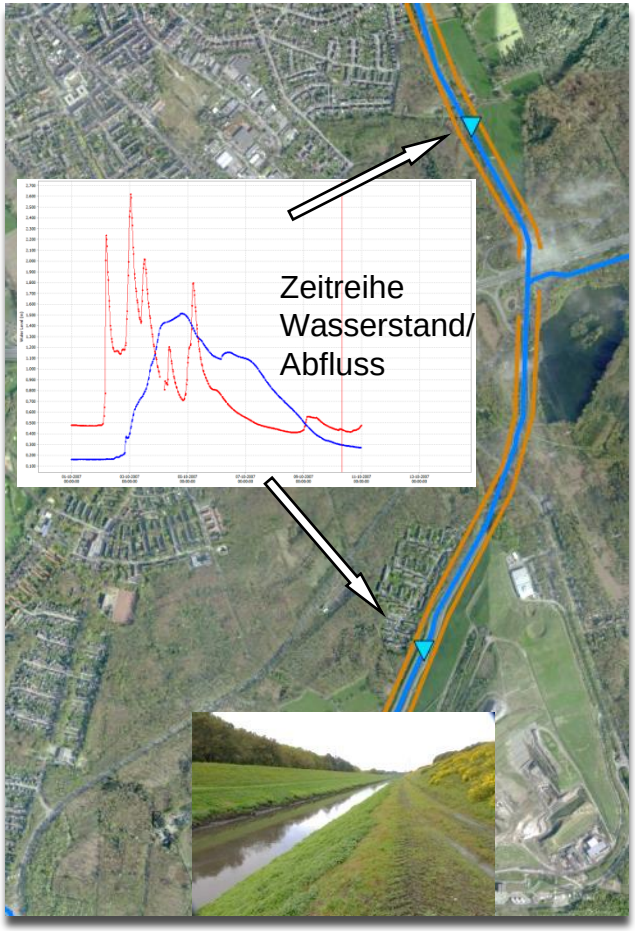
03. März 2016

Säulen des Hochwasserrisikomanagements



Stand der Technik: Hochwasservorhersage

System Fluss

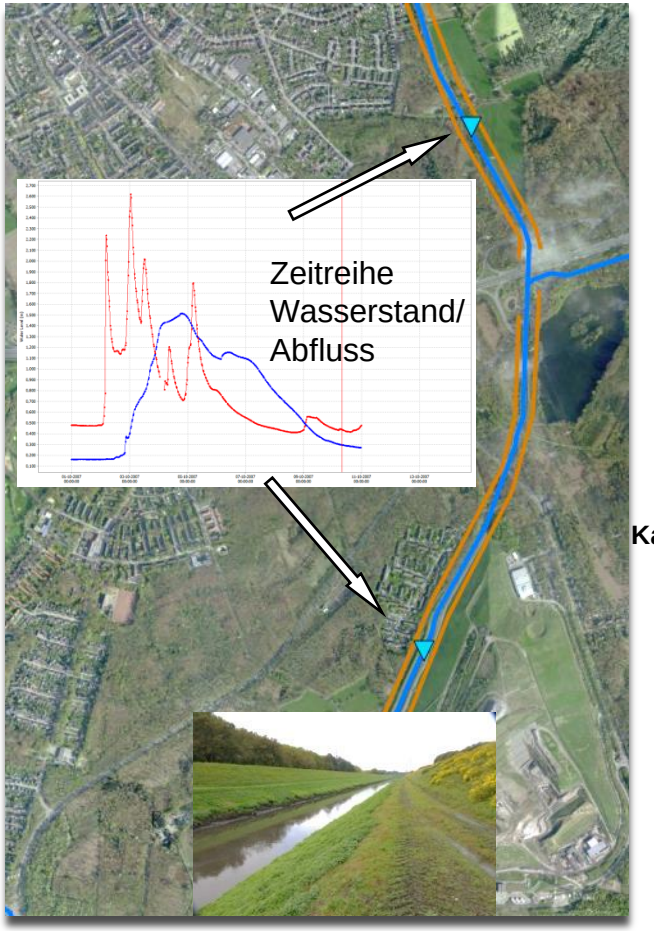


Modell-basierte Vorhersagekette

- **Meteorologie** (Einzugsgebiet)
- *Niederschlag, Temperatur, Wind*
- **Hydrologie** (Einzugsgebiet)
- *Abfluss*
- **Hydrodynamik** (Fluß)
- *Wasserstand*

Entscheidungen auf Grundlage von Abflüssen?

System Fluss



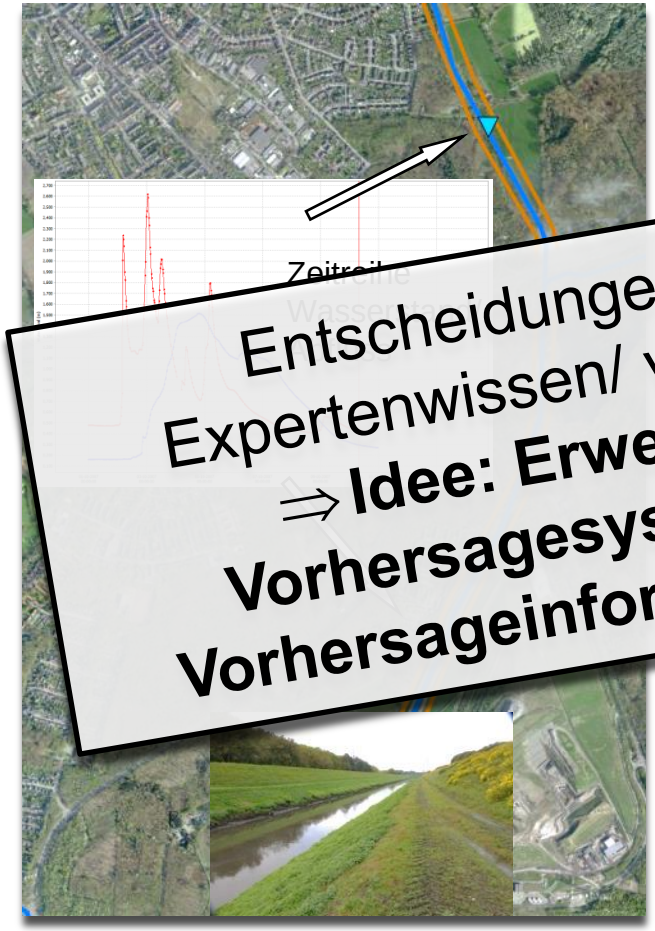
Katastrophen-schutz

- Wie ist der Zustand meiner Hochwasserschutzlinie?

- Was sind die Konsequenzen einer Überflutung?

Entscheidungen auf Grundlage von Abflüssen?

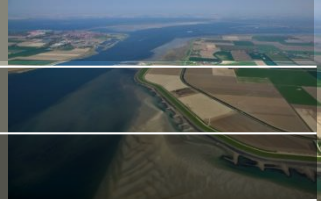
System Fluss



- Wie ist der Zustand meiner Hochwasserschutzlinie?

Entscheidungen basieren aktuell auf Expertenwissen/ vorherberechneten Daten

⇒ **Idee: Erweiterung bestehender Vorhersagesysteme, um model-basierte Vorhersageinformationen nutzen zu können**



Erweiterung Hochwasser-vorhersagesysteme

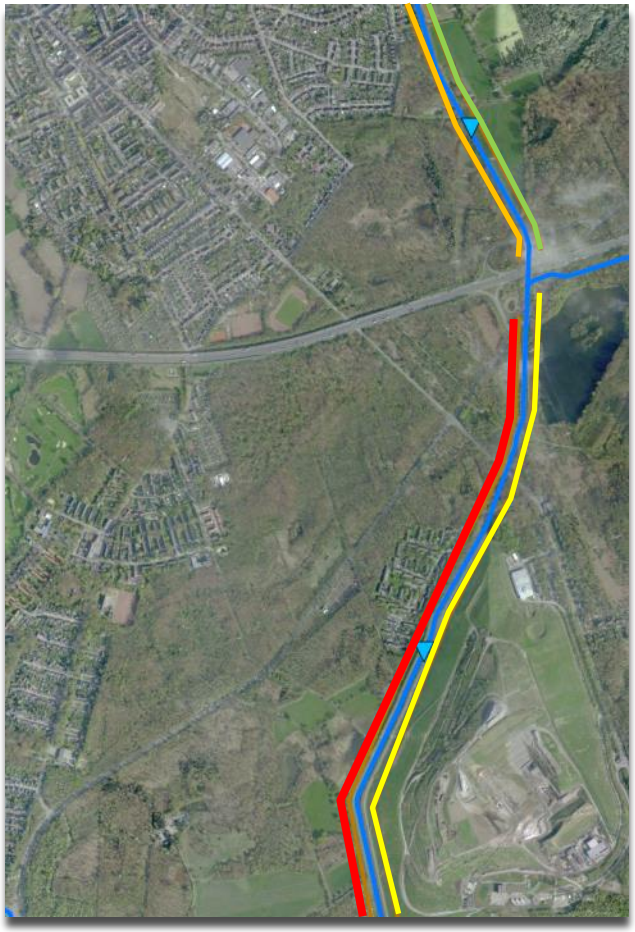
Konzept

Daniel Bachmann

03. März 2016

Status der Hochwasserschutzlinie

System Fluss und Hochwasserschutzlinie



Katastrophen-schutz

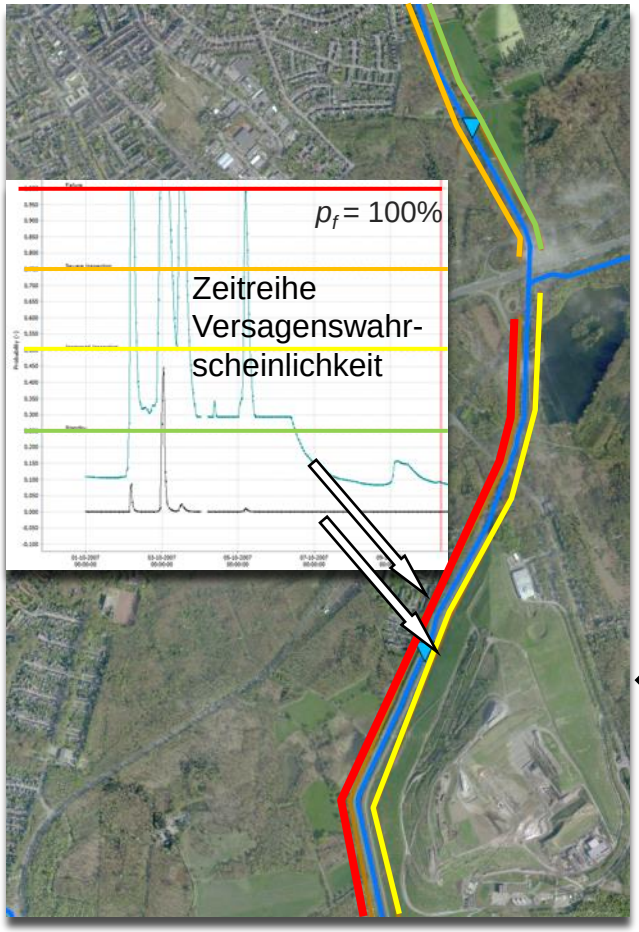
- Wo ist der schwächste Abschnitt in Abhängigkeit der vorhergesagten Einwirkungen?

- Wo und wann müssen Inspektionsintervalle erhöht oder Notfallmaßnahmen vorbereitet werden?

- Wo und wann ist ein Versagen möglich?

Erweiterung 1: Zuverlässigkeit

System Fluss und Hochwasserschutzlinie



Modell-basierte Vorhersagekette

Meteorologie (Einzugsgebiet)

Hydrologie (Einzugsgebiet)

Hydrodynamik (Fluss)

Wasserstand

Trans-formation

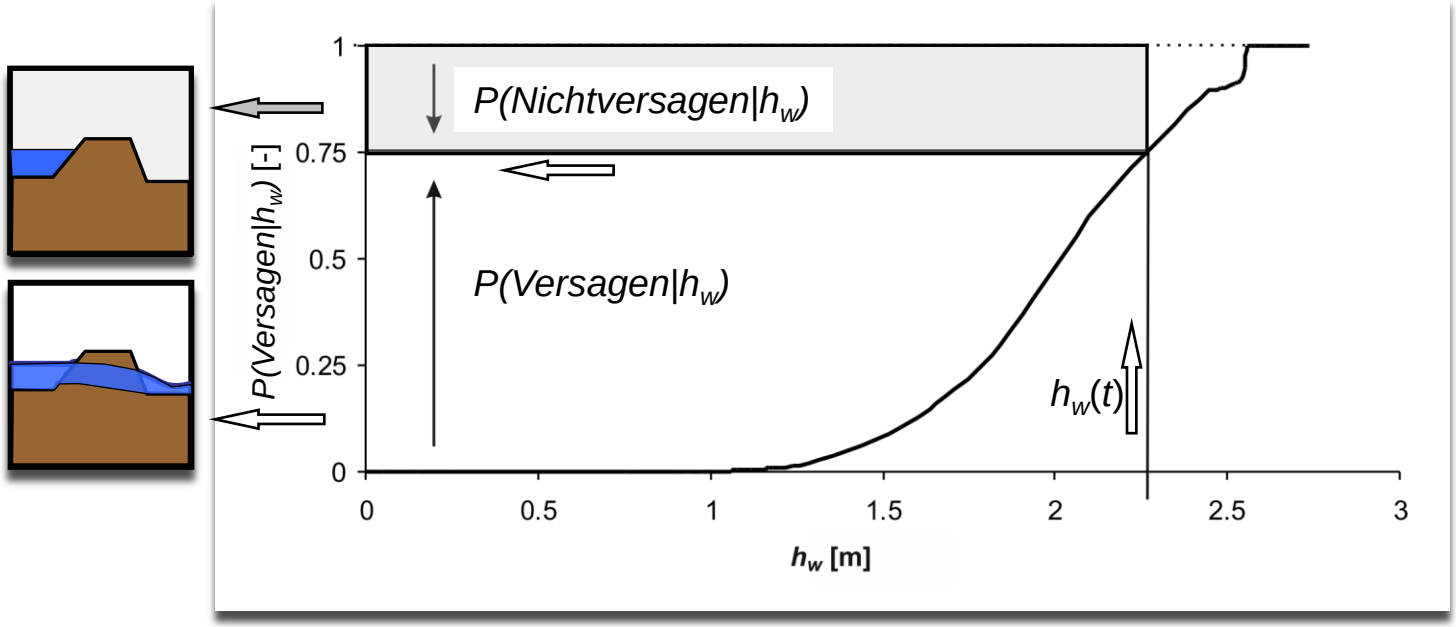
Einwirkungs-Versagens-funktion

Vorberechnung

Zuverlässig-keitsanalyse (Hochwasserschutz-linie)

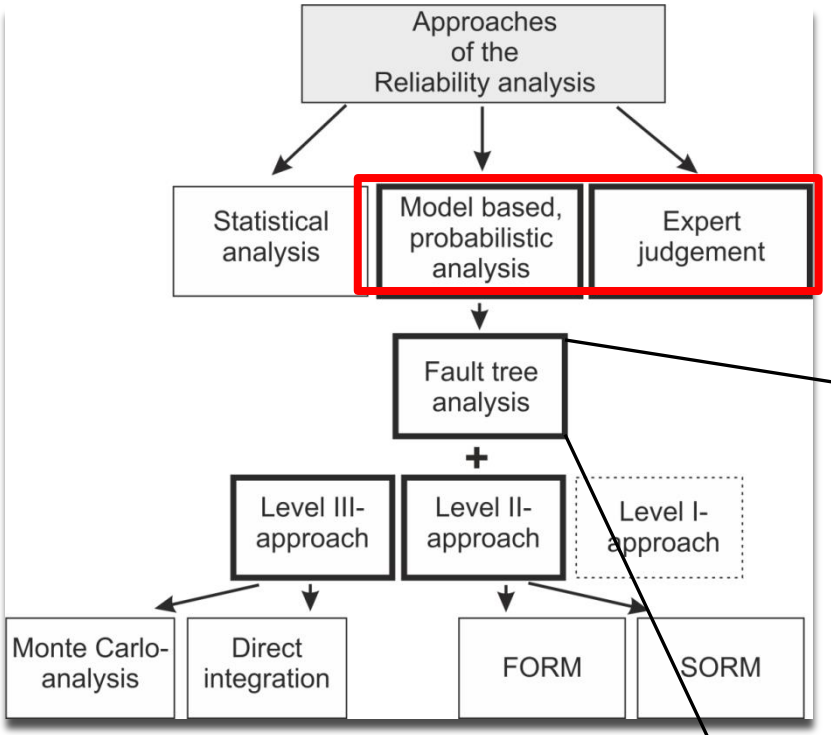
Konzept der Einwirkungs-Versagensfunktion

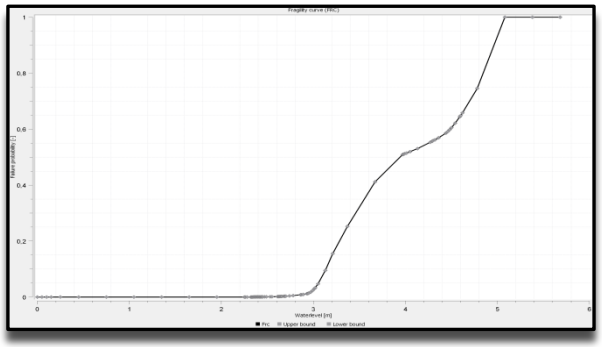
fragility curve (FRC)

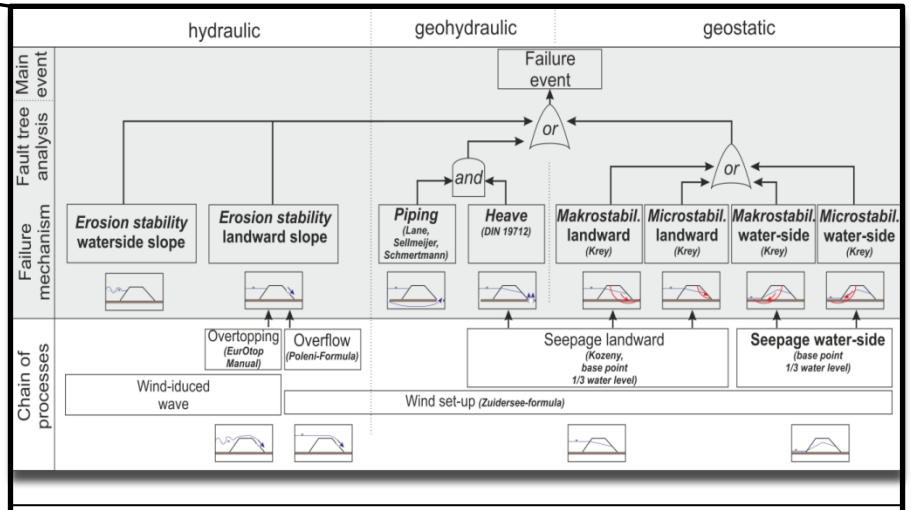


Zusammenfassung der Zuverlässigkeit bzw. der Versagenswahrscheinlichkeit eines Bauwerkes in Abhängigkeit der Einwirkungen (z. B. Wasserstand [m])

Bestimmung der Einwirkungs-Versagensfunktion



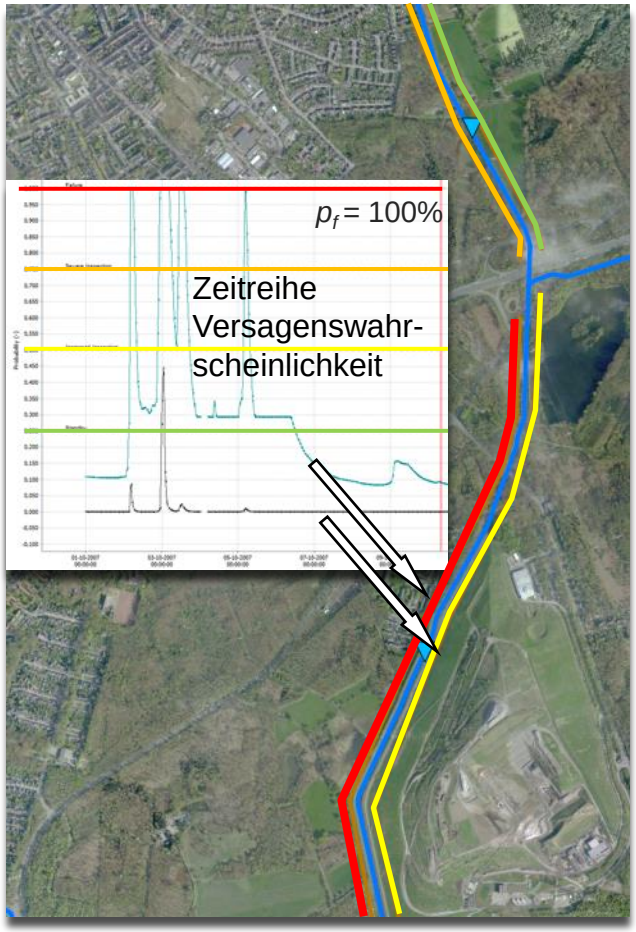




INPUT: Geometrie, Zonierung, Parameter Deichuntergrund, Deichkörper etc.

Informationen für Katastrophenschutz

System Fluss und Hochwasserschutzlinie



Katastrophen-schutz

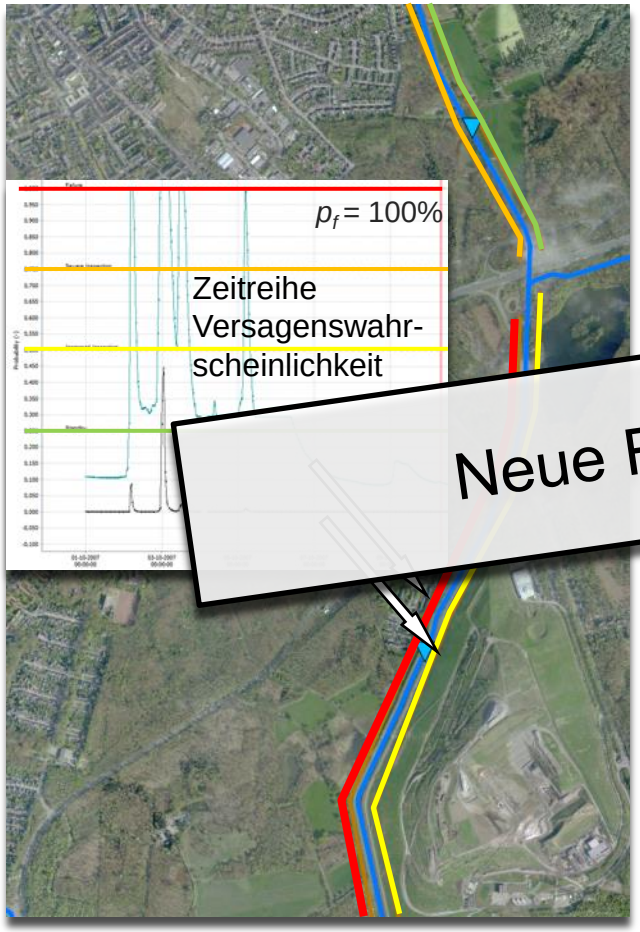
- Wo ist der schwächste Abschnitt in Abhängigkeit der vorhergesagten Einwirkungen?

- Wo und wann müssen Inspektionsintervalle erhöht oder Notfallmaßnahmen vorbereitet werden?

- Wo und wann ist ein Versagen möglich?

Informationen für Katastrophenschutz

System Fluss und Hochwasserschutzlinie



Katastrophen-schutz

- Wo ist der schwächste Abschnitt in Abhängigkeit der vorhergesagten Einwirkungen?

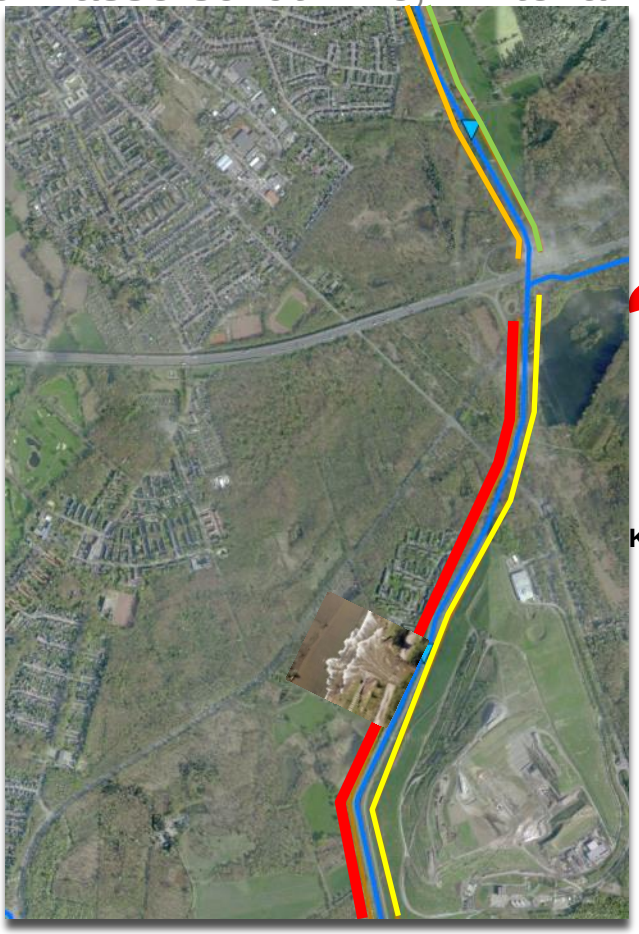
- Wo und wann müssen Inspektionsintervalle erhöht oder Notfallmaßnahmen vorbereitet werden?

Neue Fragen entstehen!

- Wo und wann ist ein Versagen möglich?

Was passiert im Versagensfall?

System Fluss,
Hochwasserschutzlinie, Hinterland



- Wie schnell und wohin wird sich die Überflutung ausdehnen?

- Wie wichtig ist mein Deichabschnitt?

- Wann und wo müssen Notfallmaßnahmen getroffen werden?

Was passiert im Versagensfall?

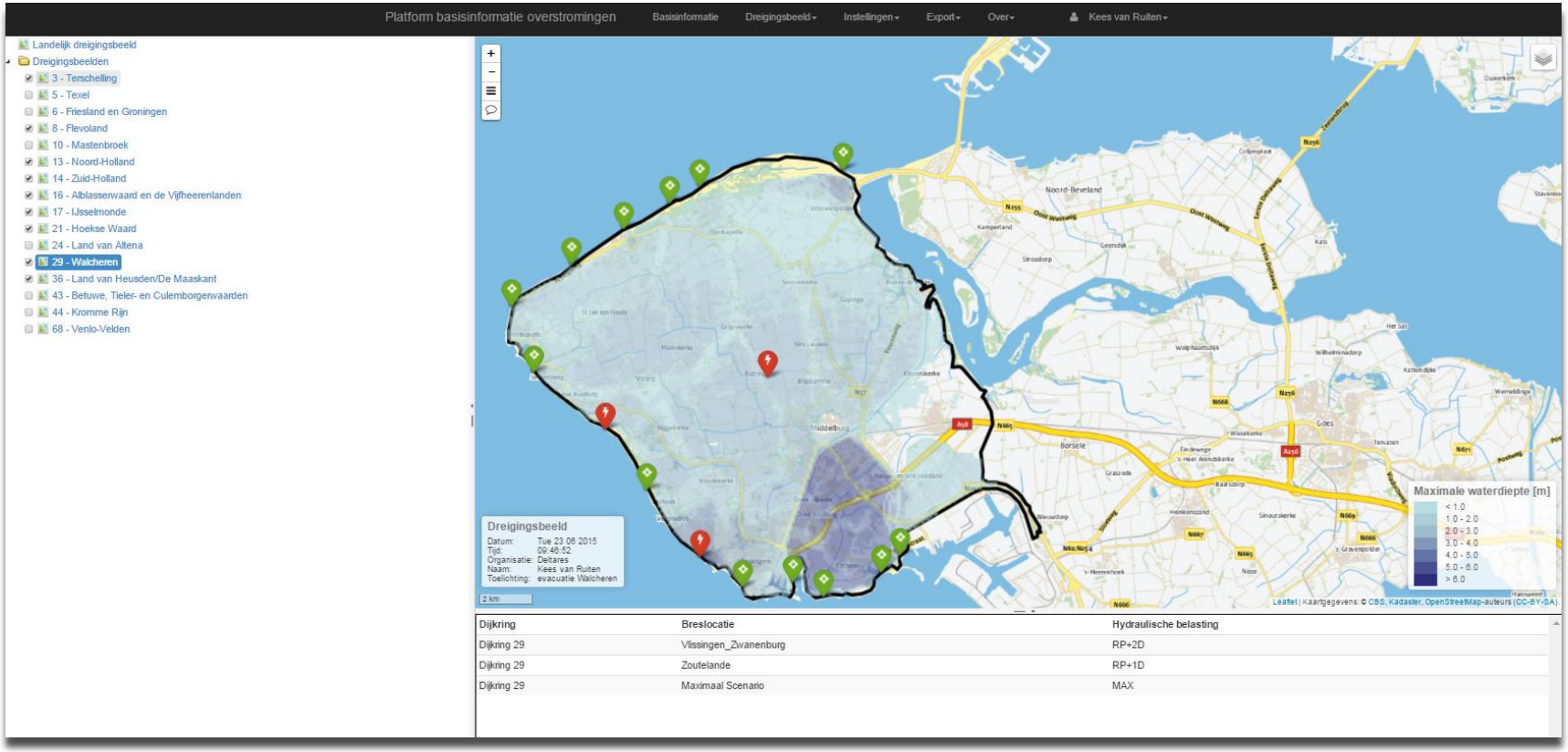
System Fluss,
Hochwasserschutzlinie, Hinterland

- Wie schnell und wohin wird sich die Überflutung ausdehnen?

Entscheidungen basieren aktuell auf Expertenwissen/ vorherberechneten Daten (falls vorhanden)

- Wann und wo müssen Notfallmaßnahmen getroffen werden?

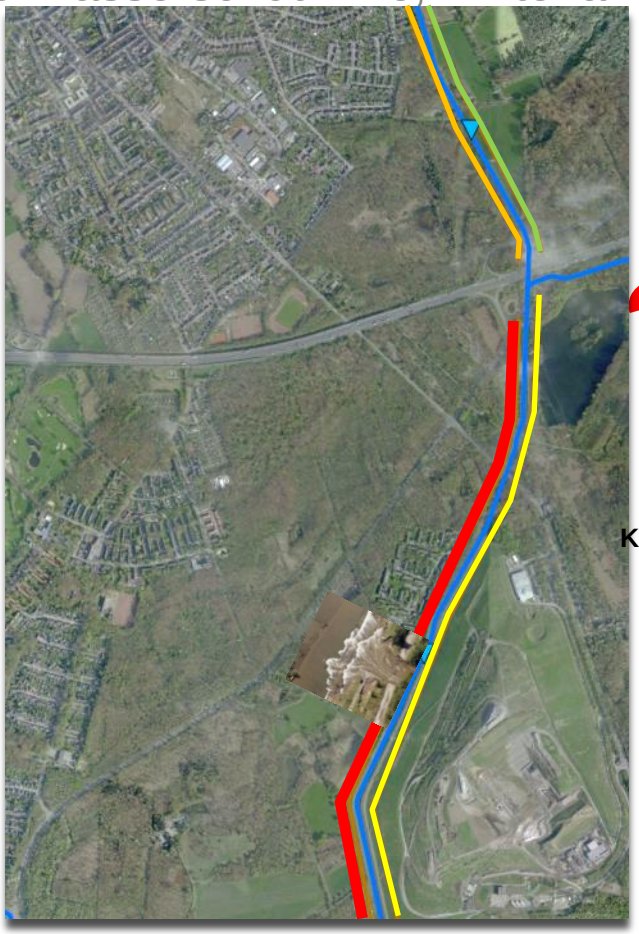
Nationales Informationssystem (NL) *Floodmapping*



Vorberechnete Wassertiefen für unterschiedliche Deichbruchszenarien

Was passiert im Versagensfall?

System Fluss,
Hochwasserschutzlinie, Hinterland



Katastrophen-schutz

- Wie schnell und wohin wird sich die Überflutung ausdehnen?

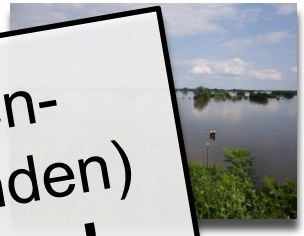
- Wie wichtig ist mein Deichabschnitt?

- Wann und wo müssen Notfallmaßnahmen getroffen werden?

Was passiert im Versagensfall?

System Fluss,
Hochwasserschutzlinie, Hinterland

- Wie schnell und wohin wird sich die Überflutung ausdehnen?



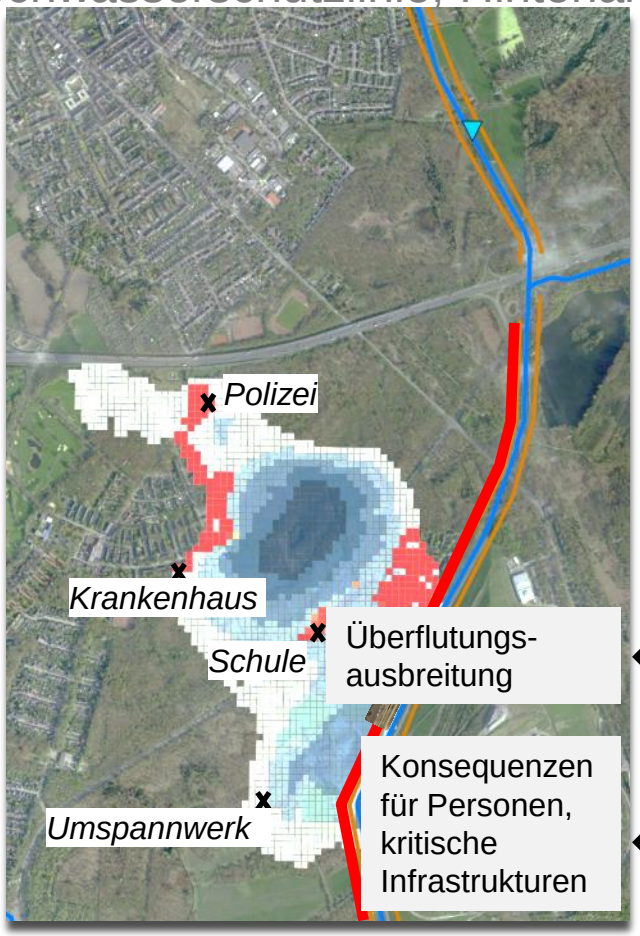
Entscheidungen basieren aktuell auf Experten-wissen/ vorherberechneten Daten (falls vorhanden)
=> **Bereitstellung zusätzlicher Informationen!**

- Wie wichtig ist mein Deichabschnitt?

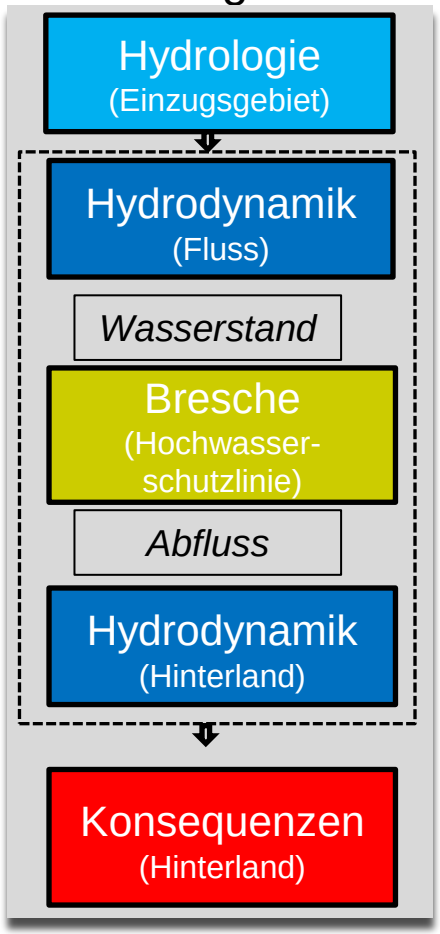
- Wann und wo müssen Notfallmaßnahmen getroffen werden?

Erweiterung 2: Konsequenzen

System Fluss, Hochwasserschutzlinie, Hinterland

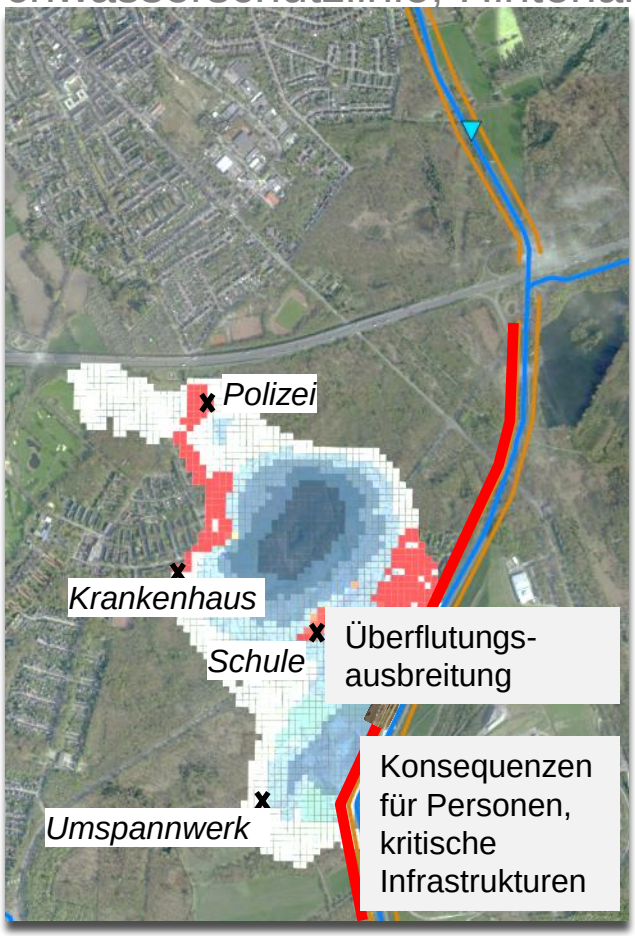


Modell-basierte Vorhersagekette



Informationen für Katastrophenschutz

System Fluss, Hochwasserschutzlinie, Hinterland

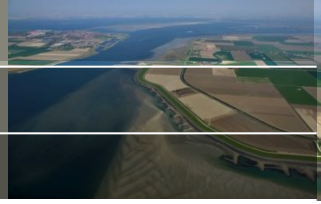


Katastrophen-schutz

- Wie schnell und wohin wird sich die Überflutung ausdehnen?

- Wie wichtig ist mein Deichabschnitt?

- Wann und wo müssen Notfallmaßnahmen getroffen werden?



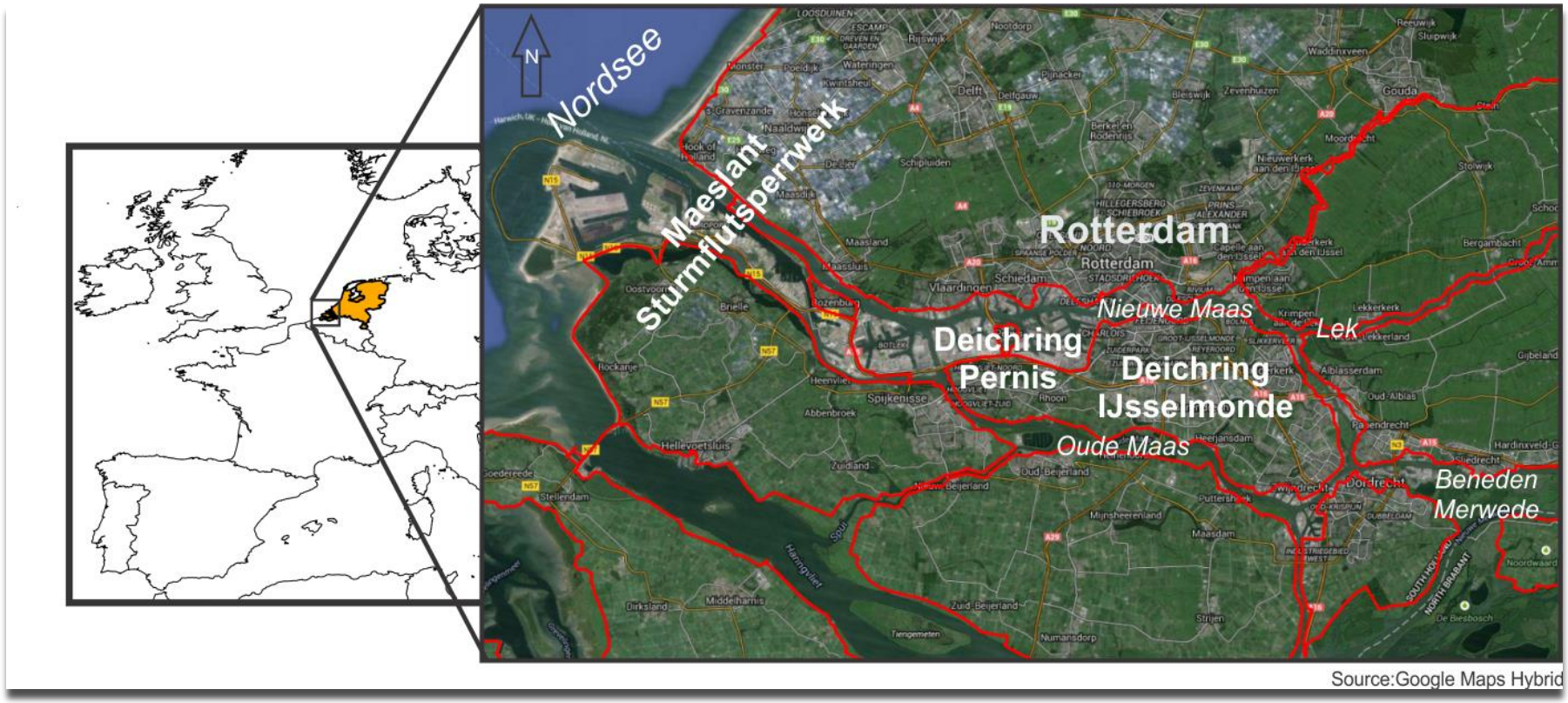
Prototypanwendung Rotterdam

Modellaufbau

Daniel Bachmann

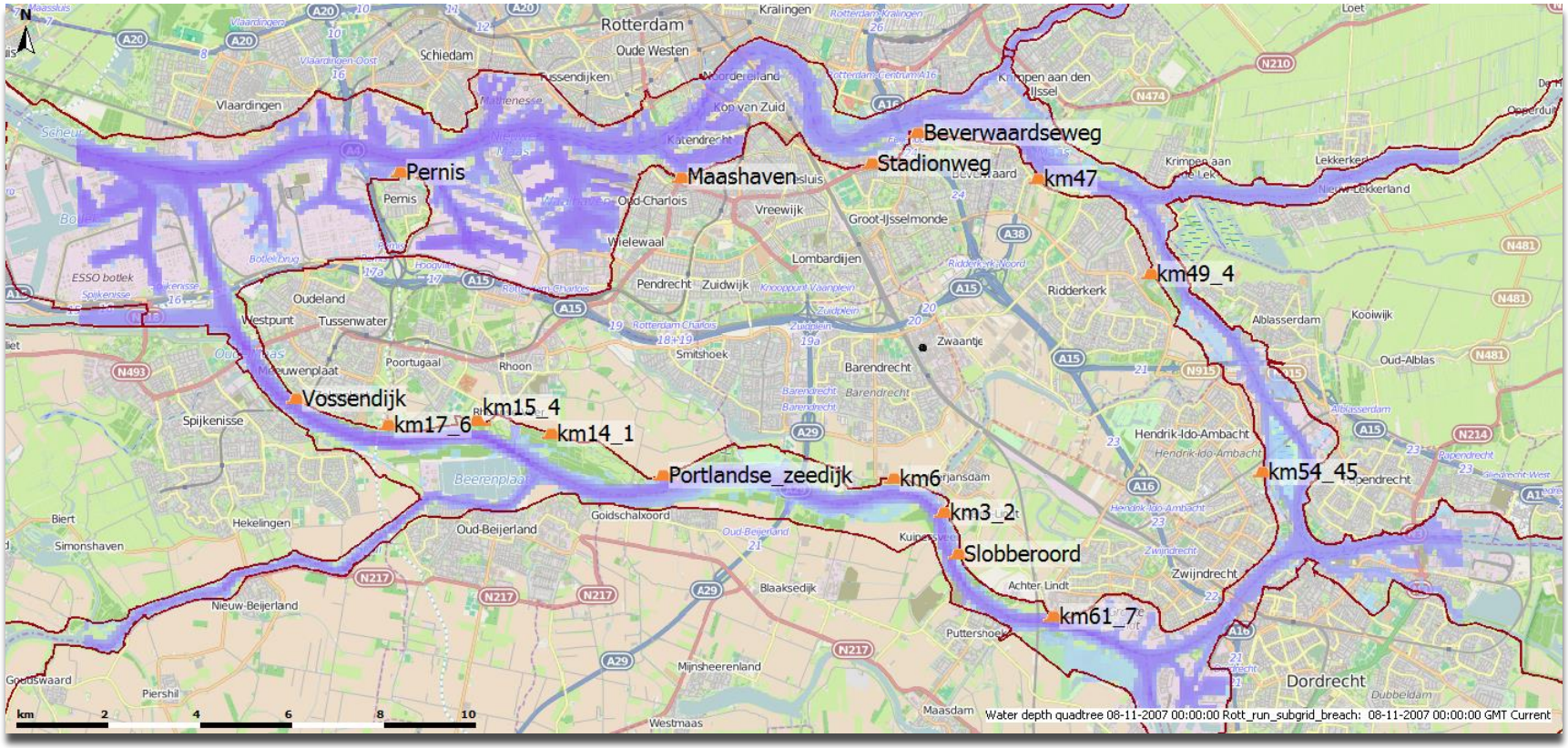
03. März 2016

Lage und Charakteristik



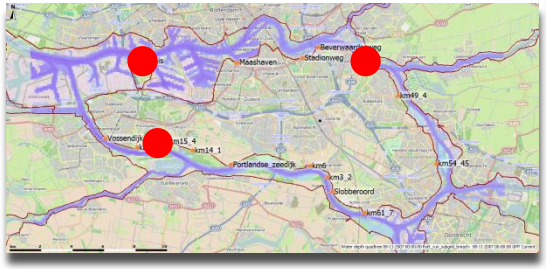
- Westlicher Teil der Niederlande, am Delta von Rhein und Maas in die Nordsee
- Dicht besiedeltes Gebiet (ca. 1,3 Mio. Einwohner)
- Hohe Hochwasserschutzstandards (bis 10 000 jährlich)

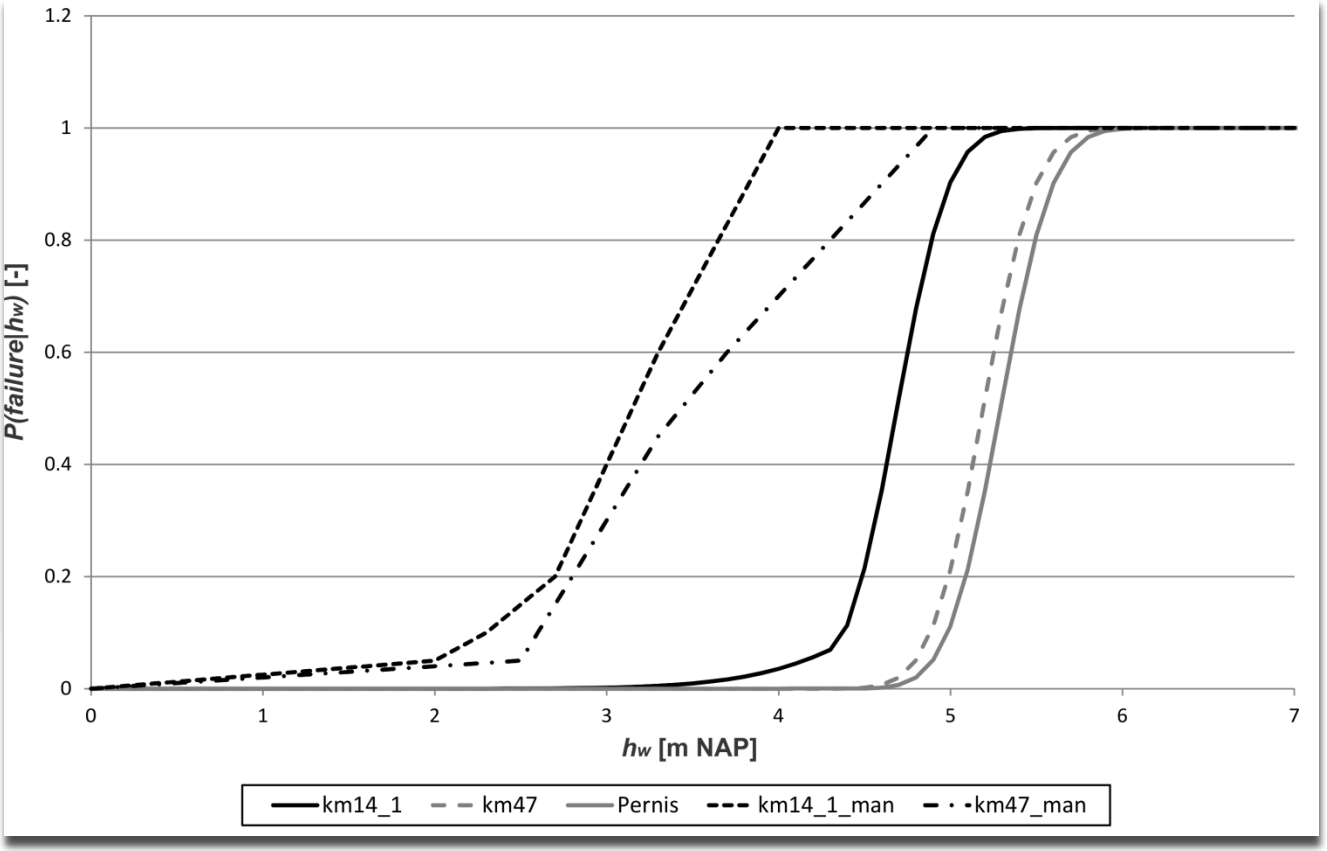
Zuverlässigkeitsanalyse



- 15 Deichabschnitte (14 in IJsselmonde und 1 in Pernis)
- Vorberechnete Einwirkungs-Versagensfunktionen verfügbar

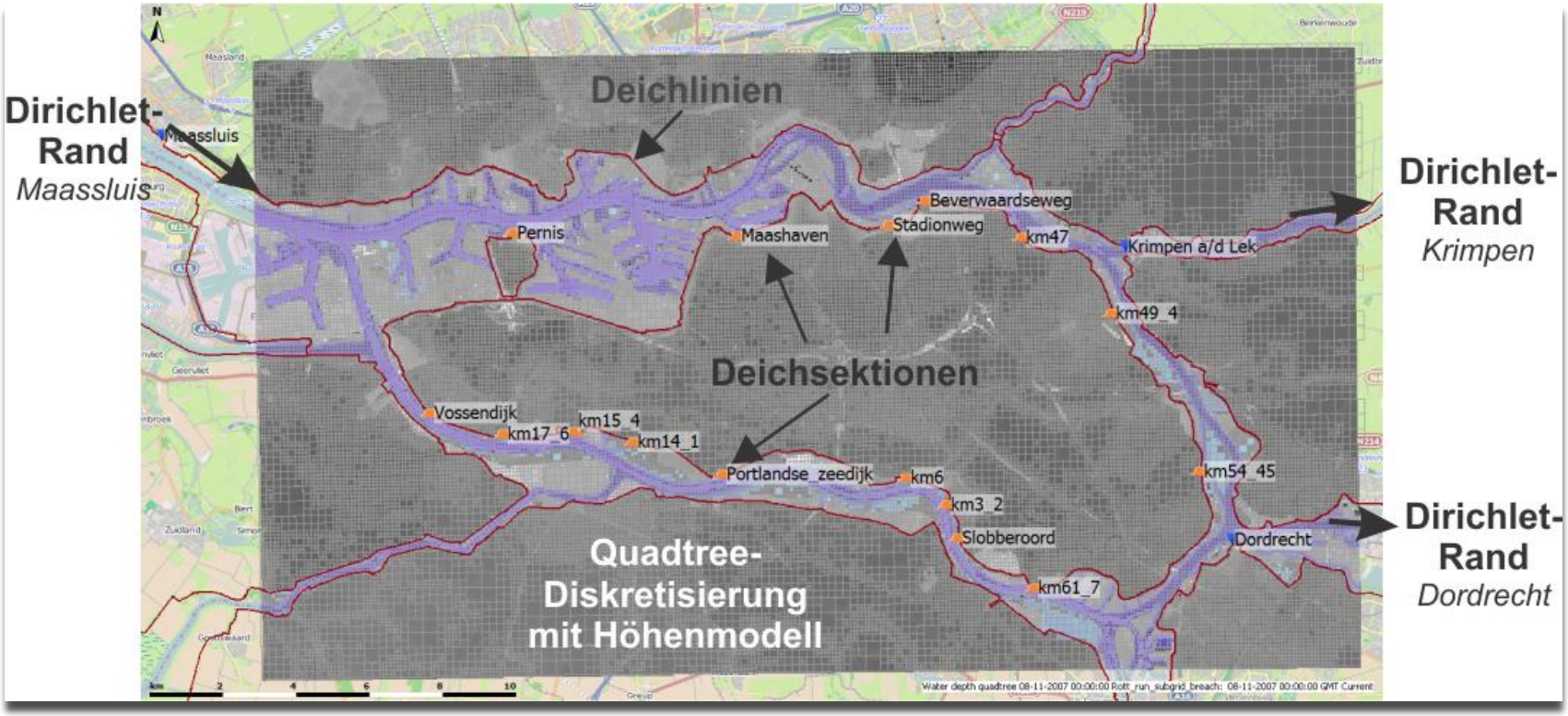
Beispiel Einwirkungs-Versagensfunktion (FRC)





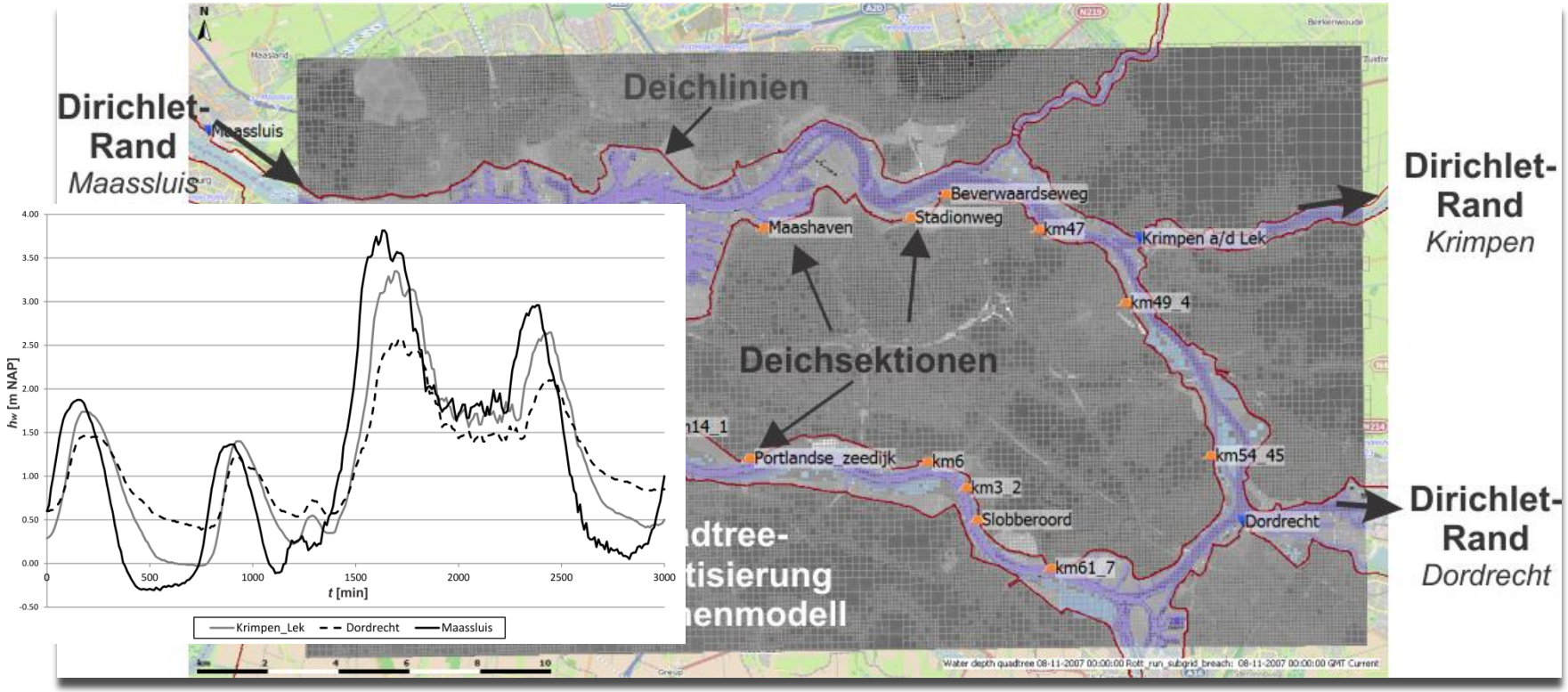
- Verfügbare FRCs: km14_1, km47, Pernis
- Manipulierte FRCs: km14_1, km47 (Demonstrationszweck); ca. 50 % schwächer als vorherberechnet

Hydrodynamisches Modell: Diskretisierung



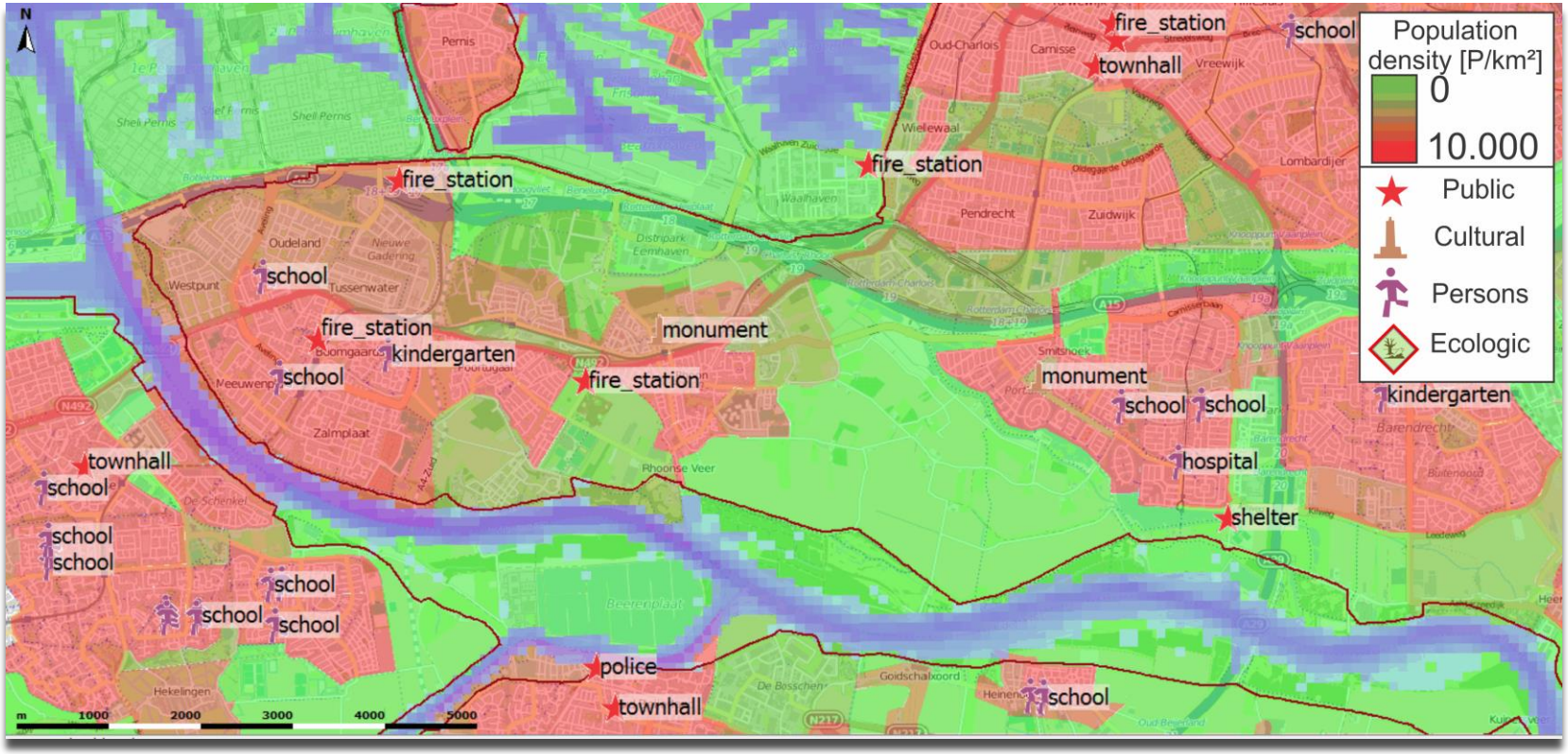
- Software: *Subgrid* (Teil des 3Di-Softwarepacketes)
- 500 km² Modellgebiet mit ca. 40 000 *Quadtree* Elementen (Berechnungselemente)
- Auflösung *Quadtree*: 100x100 m (min)/400x400 m (max)
- Auflösung *Subgrid* : 25x25 m (Lidar-Daten)

Hydrodynamisches Modell: Randbedingungen

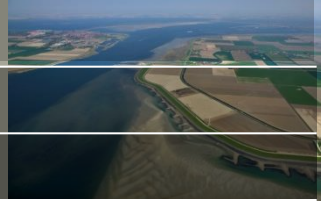


- 3 Dirichlet-Ränder (Wasserstandzeitreihen 50 h Modellzeit)
- Annahme (Demonstrationszweck):
  - Grundlage Sturmereignis November 2007 (**kann durch vorhergesagte Daten ersetzt werden**!);
  - Maeslant-Sperrwerk schließt nicht
  - Erhöhung der Wasserstände

Analyse der Konsequenzen



- Qualitative Analyse der Konsequenzen
- Fokus auf Personen (CBS-Daten) und kritischen Infrastrukturen (OSM-Daten)



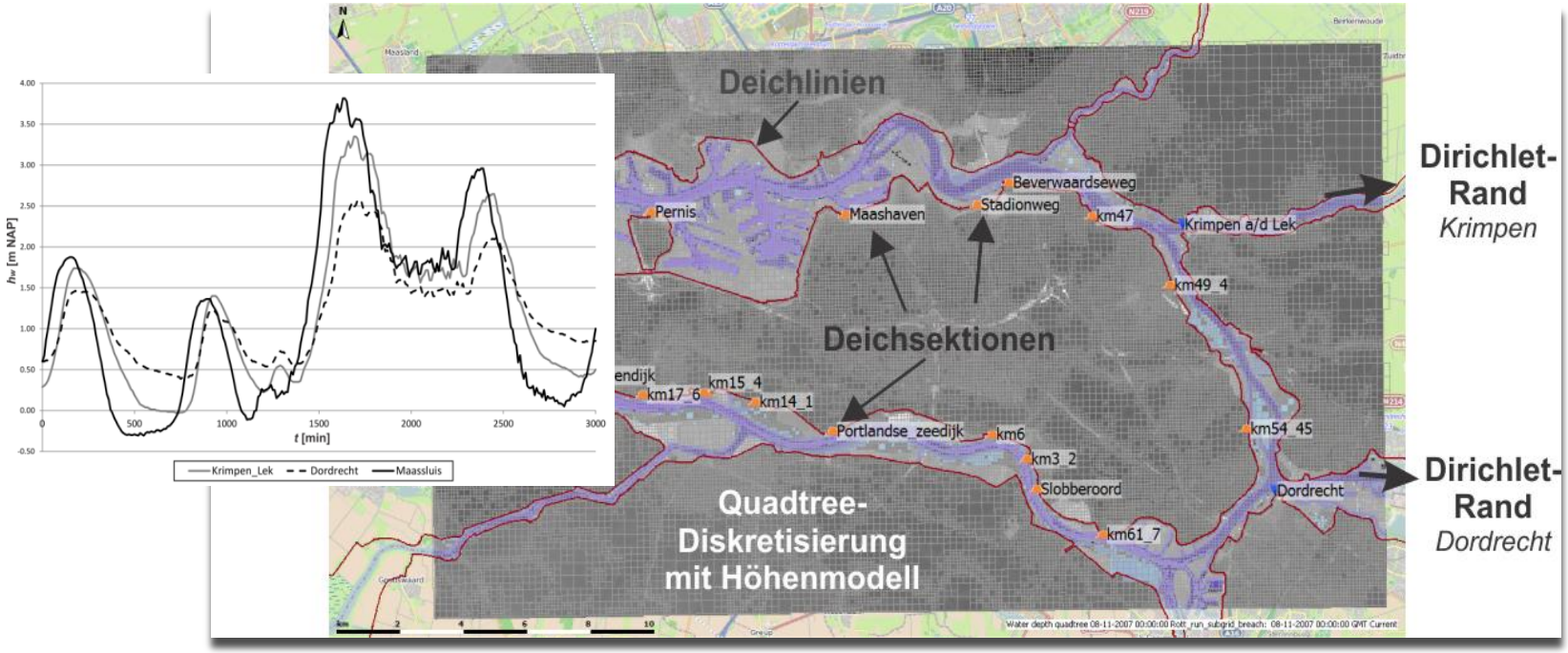
Prototypanwendung Rotterdam

Erweiterung 1: vom meteorologischen Ereignis zur Zuverlässigkeit der Hochwasserschutzlinie

Daniel Bachmann

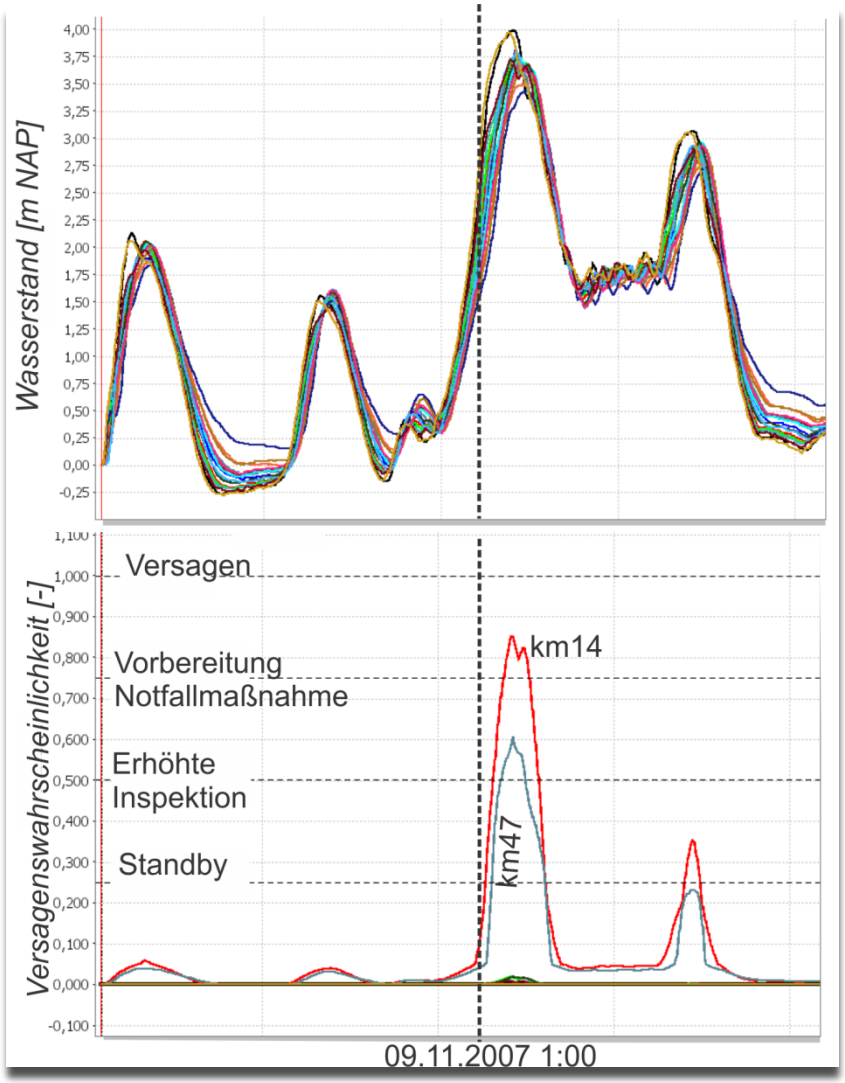
03. März 2016

Hydrodynamische Analyse ohne Versagen



Rechenzeit: ca. 45 min (Intel Core i5-3230M CPU 2.60 GHz)

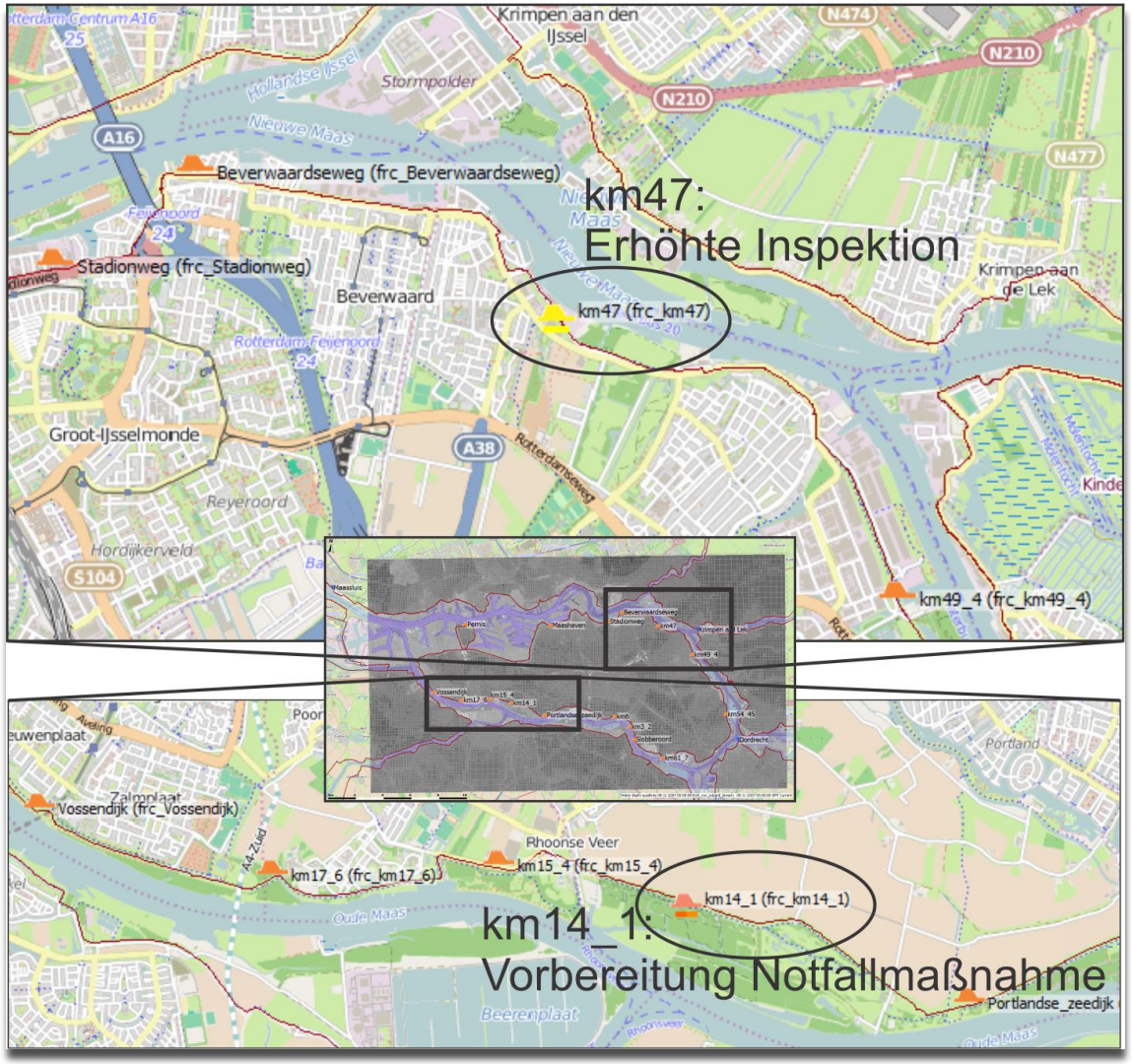
Zuverlässigkeitstransformation



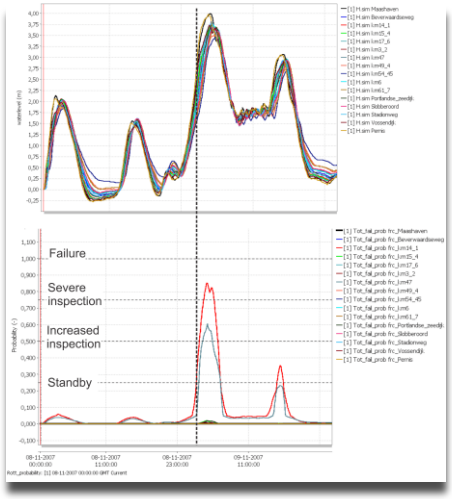
Zeitreihe Wasserstände an Deichabschnitten

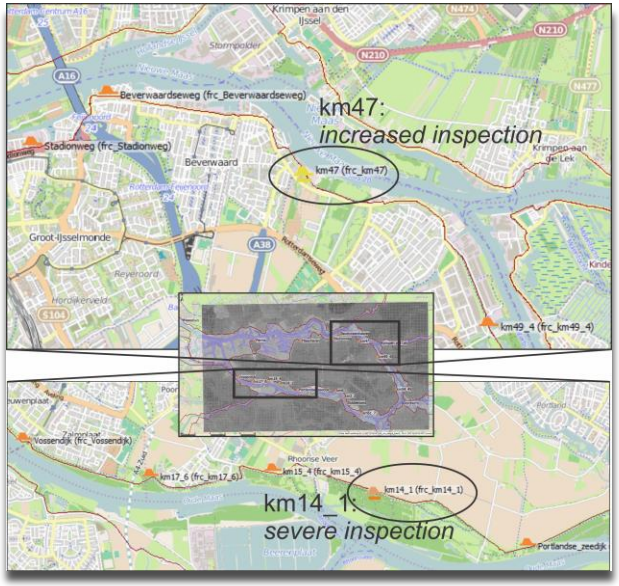
Zeitreihe Versagens-wahrscheinlichkeit mit Grenzwerten

Räumliche Verteilung Deichzuverlässigkeit



Informationen für Katastrophenschutz



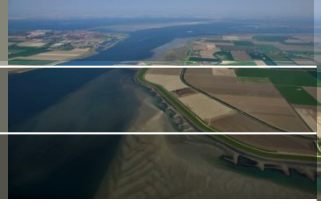


Katastrophen-schutz

- Wo ist der schwächste Abschnitt in Abhängigkeit der vorhergesagten Einwirkungen?

- Wo und wann müssen Inspektionsintervalle erhöht oder Notfallmaßnahmen vorbereitet werden?

- Wo und wann ist ein Versagen möglich?



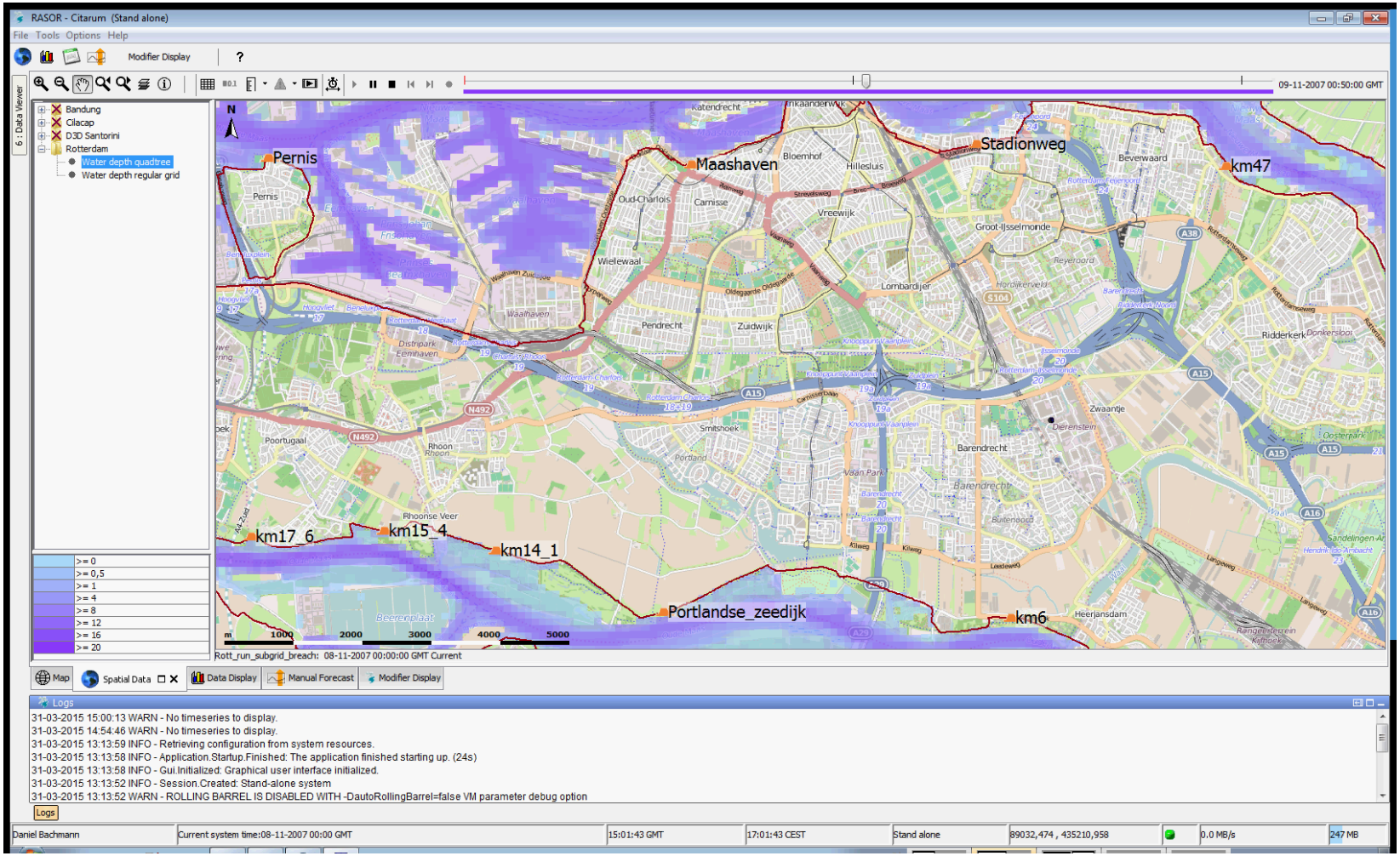
Prototypanwendung Rotterdam

Erweiterung 2: Vom Versagensereignis zu den Konsequenzen

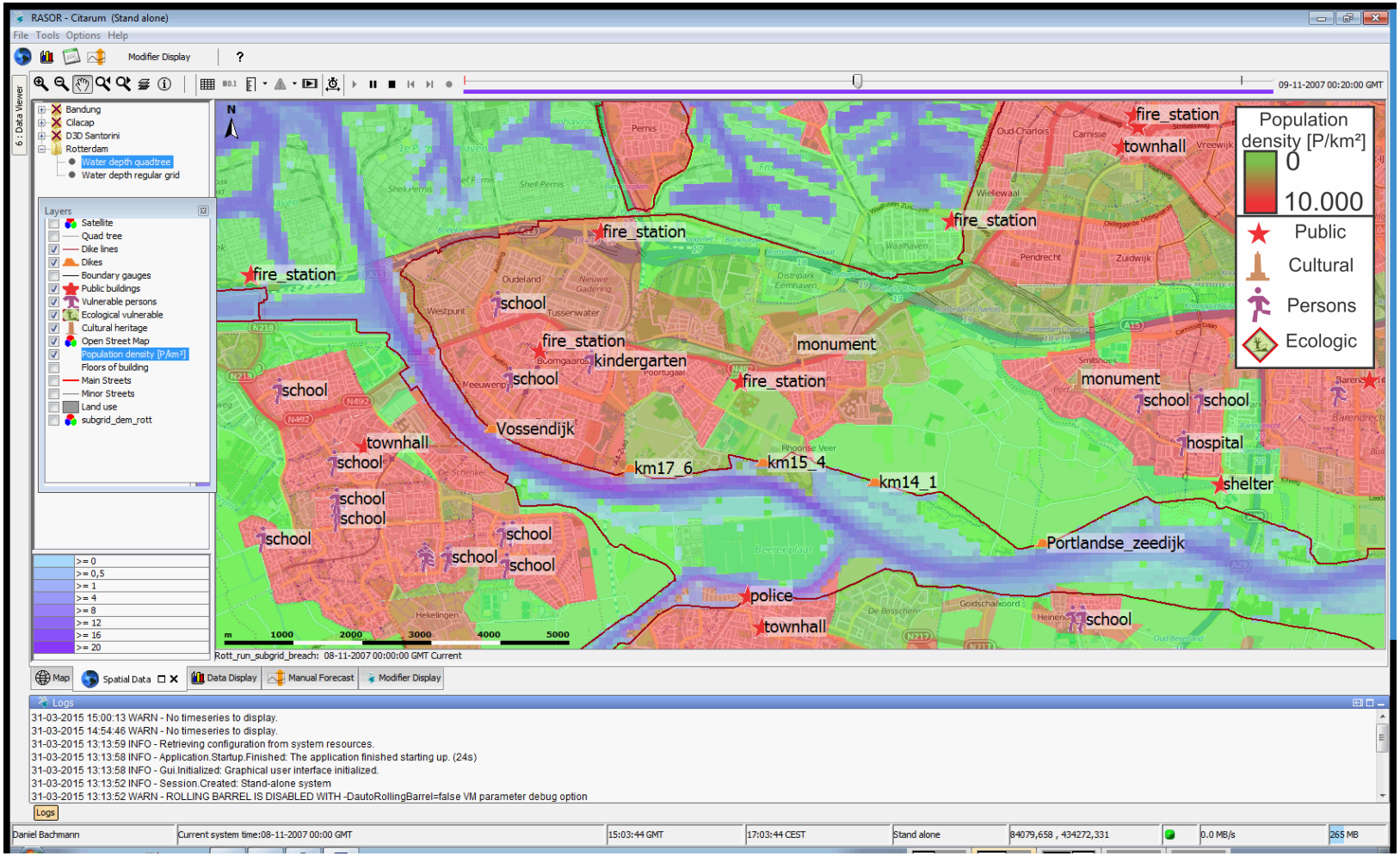
Daniel Bachmann

03. März 2016

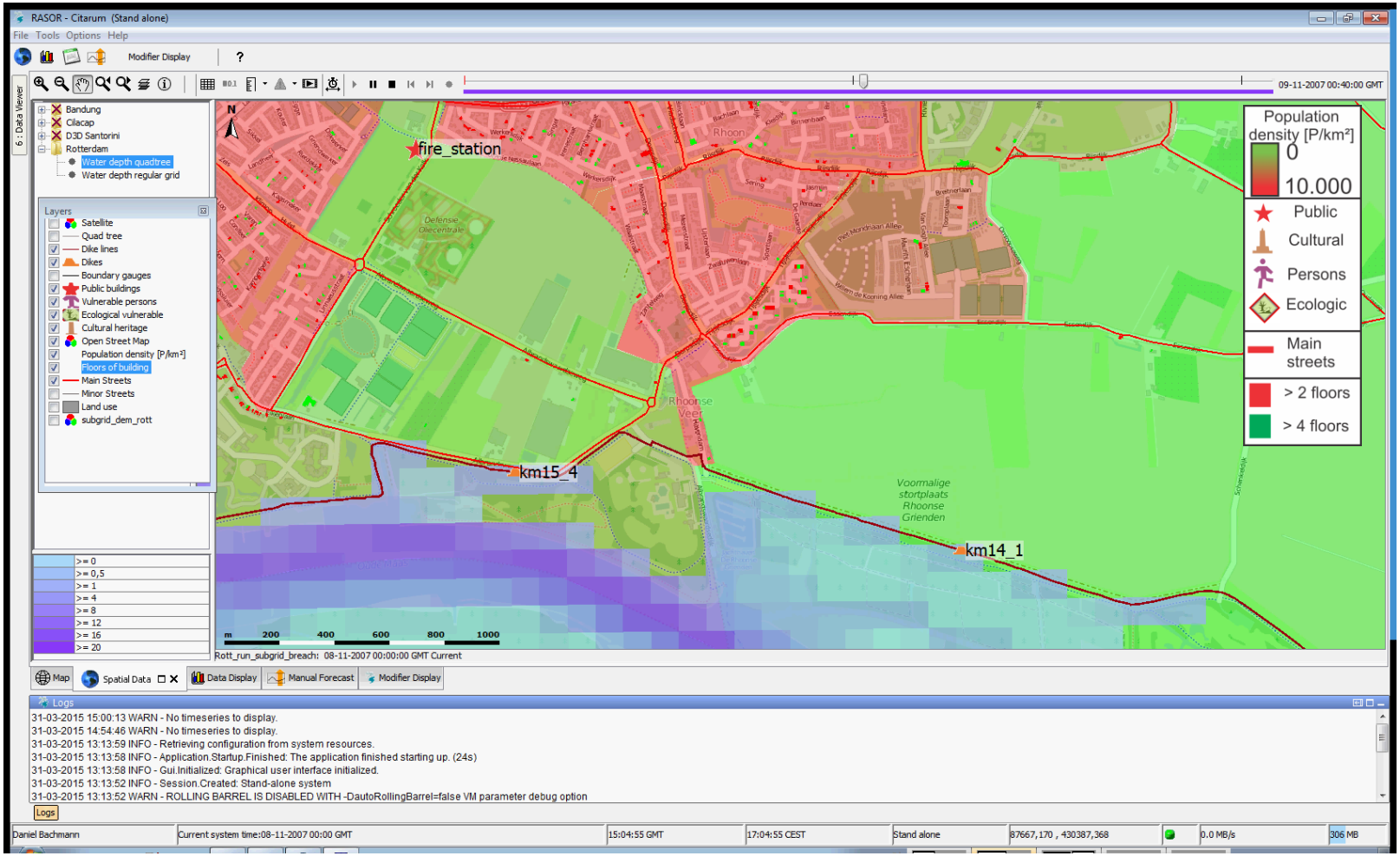
Überflutungen nach Versagen in km14_1 / km47



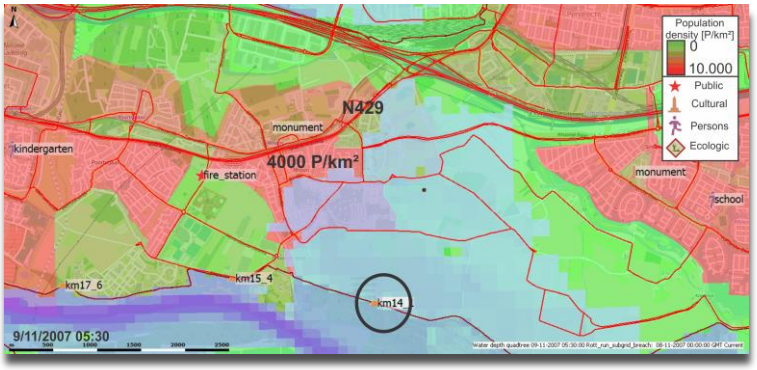
Qualitative Analyse der Konsequenzen

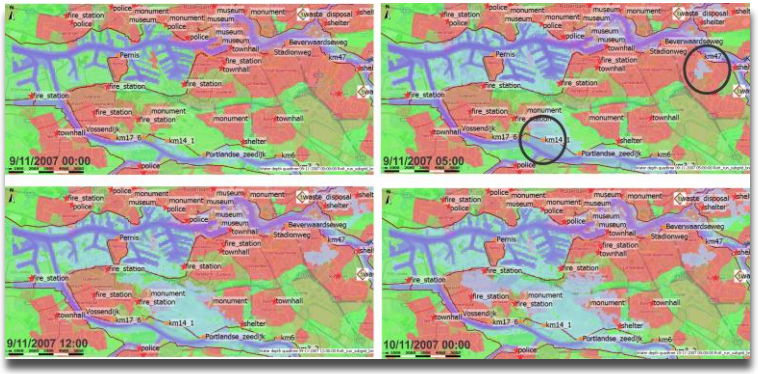


Vorbereitung Evakuierungen



Informationen für Katastrophenschutz





Katastrophen-schutz

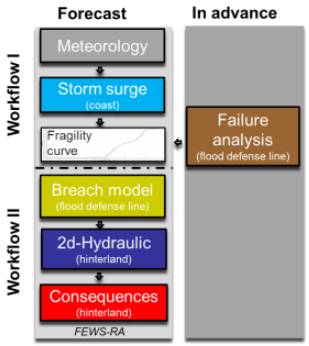
- Wie schnell und wohin wird sich die Überflutung ausdehnen?

- Wie wichtig ist mein Deichabschnitt?

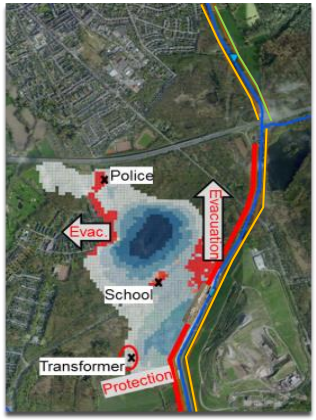
- Wann und wo müssen Notfallmaßnahmen getroffen werden?

Zusammenfassung

- Erweiterung bestehender Hochwasservorhersagesysteme mit Ansätzen der strategischen Hochwasserrisikoanalyse
  - Zuverlässigkeitsanalyse
  - Analyse der Konsequenzen



- Generierung kompakter, modell-basierter Vorhersageinformationen:
  - Schwachstellen in der Hochwasserschutzlinie (Erweiterung 1)
  - Konsequenzen einer Überflutung (Erweiterung 2)



- Unterstützung bei der Entwicklung und Anpassung von Notfallmaßnahmen im Hochwasserfall

Danke für ihre Aufmerksamkeit!
Besuchen sie uns an unserem Stand!

Von der hydrologischen zur risiko-basierten Hochwasservorhersage

Daniel Bachmann

D. Eilander, A. de Leeuw, F. Diermanse, J. Beckers, P. Gijsbers, (Deltares, NL)

39. Dresdener Wasserbaukolloquium, Dresden

03. März 2016