

# Echtzeitvorhersage urbaner Sturzfluten und damit verbundene Wasserkontaminationen



Dr.-Ing. Lothar Fuchs  
Itwh GmbH  
Hannover  
l.fuchs@itwh.de  
+49 511 97193-0

Lothar Fuchs, **Simon Berkhahn**, **Yu Feng**, Thomas Graf, Uwe Haberlandt,  
Heidi Kreibich, Insa Neuweiler, **Aaron Peche**, **Viktor Rözer**, **Robert Sämman**,  
**Monika Sester**, **Bora Shehu**, **Julian Wahl**



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

# Urbane Sturzfluten

Kurzzeitige Starkregenereignisse - sehr kurze Vorhersagezeit



Innenstadt Hannover



Hannover HBF

Kaskadierende Ereignisse - Kontamination durch lokale Schadstoffzuleitung

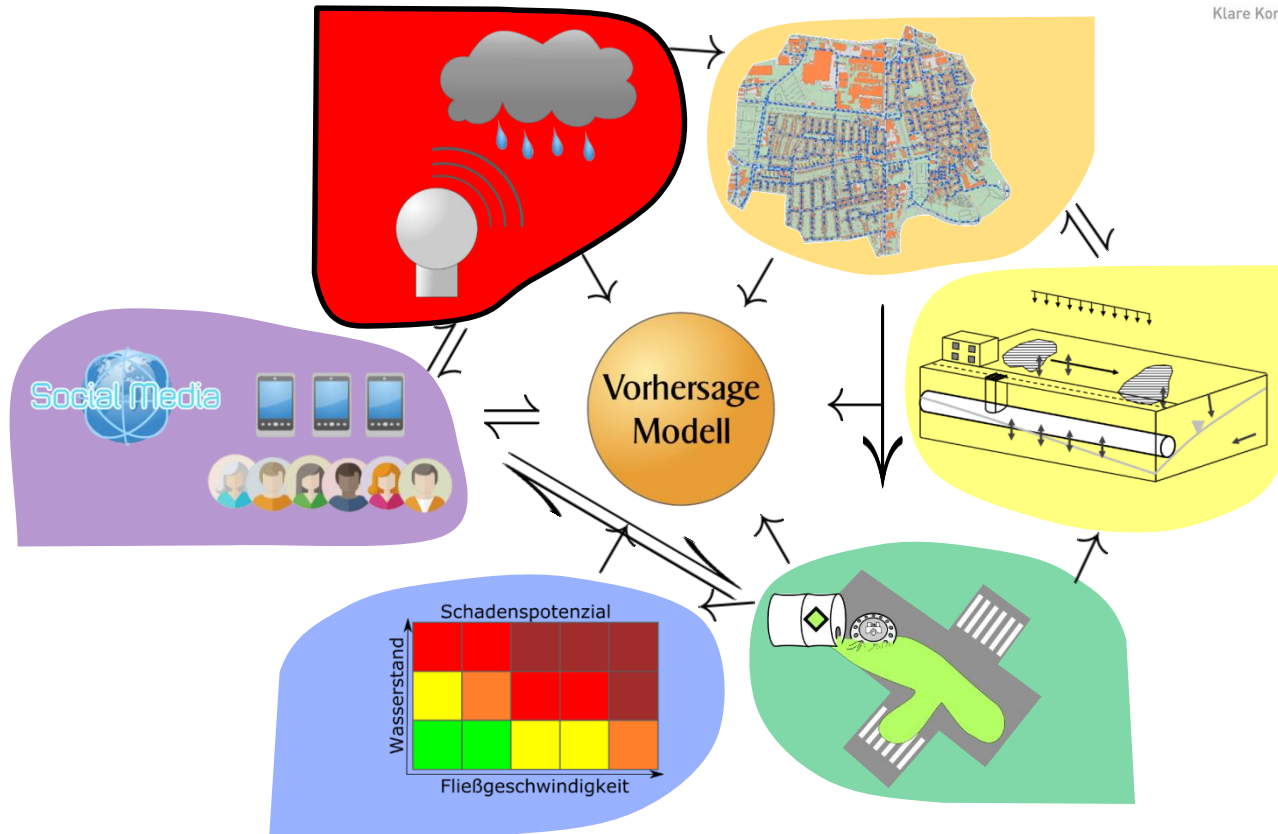


<http://www.ndr.de/nachrichten/Gewitter-hinterlassen-schwere-Schaeden-im-Norden.sommer2320.html>  
<http://www.triplepundit.com/2015/05/memorial-day-flooding-grim-reminder-environmental-risks/>  
[http://www.rhoenundstreubote.de/fotos/specials/cme2247\\_615893](http://www.rhoenundstreubote.de/fotos/specials/cme2247_615893)

## Komponenten des Vorhersagemodells

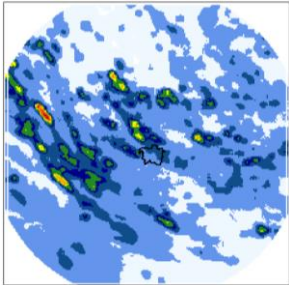
- Niederschlagsvorhersage
- Vorhersage überflutete Flächen
- Vorhersage potentiell kontaminierte Gebiete und Einleitung in Gewässer und Untergrund
- Vorhersage von Schaden
- Steuerung mit *crowd sourcing*

# Vorhersage von Starkniederschlag



# Kurzfristniederschlagsvorhersage für urbane Gebiete mit multiplen Daten

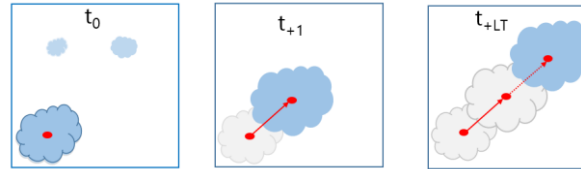
## Merging von N-Daten



Roh Radar  
+  
Stationen  
=  
**Merging**

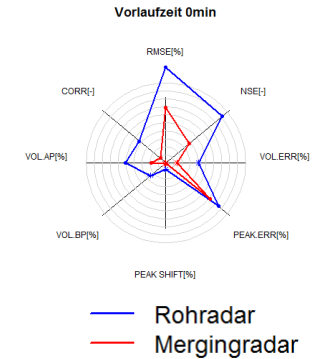
## Anwendung N-Vorhersage

HyRaTrac (Kraemer, 2008)

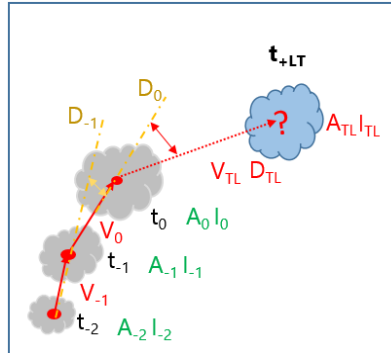


1. Zelldefinition 2. Identifikation 3. Extrapolation

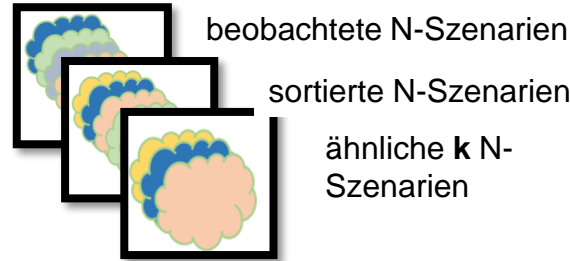
## Bewertung N-Vorhersage



# Entwicklung des neuen Vorhersagesystems



## K-NN (Sharma, 2002)



## Zielvariablen

$$\Delta A = A_{TL} - A_2$$

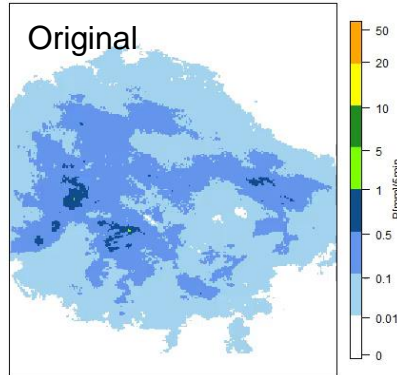
$$\Delta I = I_{TL} - I_2$$

$$\Delta V = V_{TL} - V_2$$

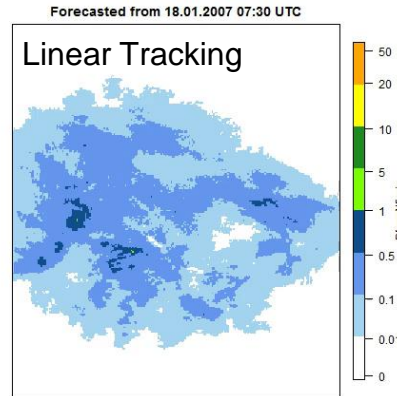
$$\Delta D = D_{TL} - D_2$$

Dauer = ?

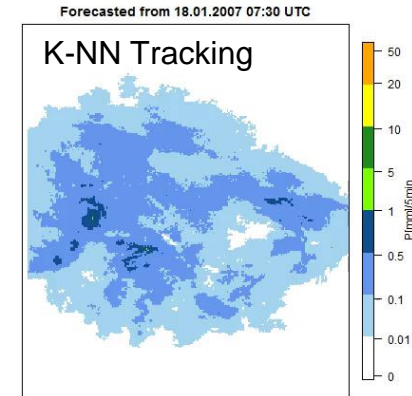
- nicht-lineare Transformationen
- Regression Anwendung
- Ensemble Vorhersage



2007-01-18 07:30 UTC



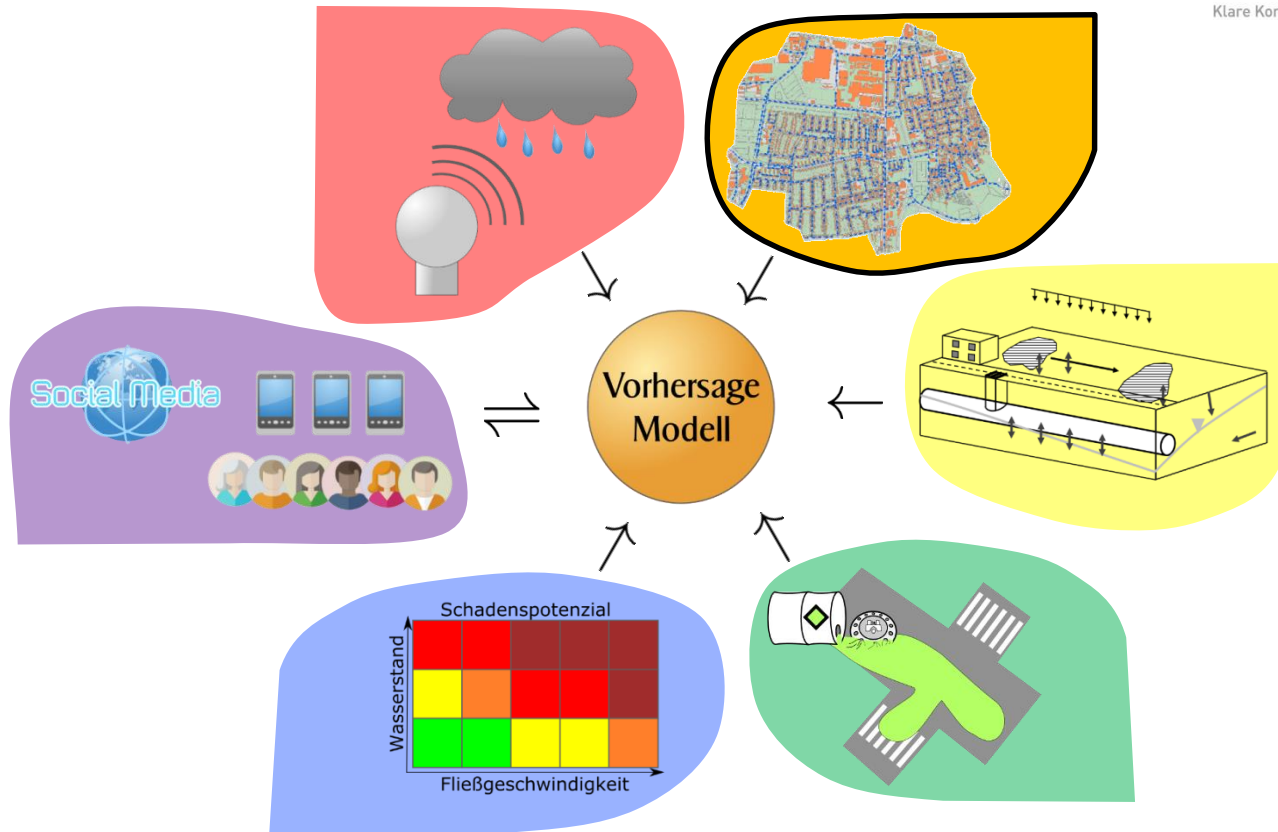
Lead Time 0min



Lead Time 0min



# Überflutungsvorhersage



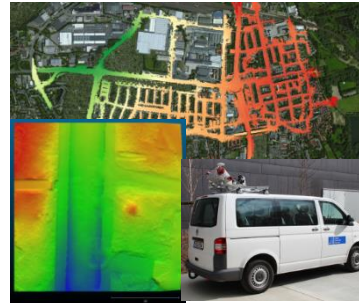


# Aufbau des Überflutungsmodells

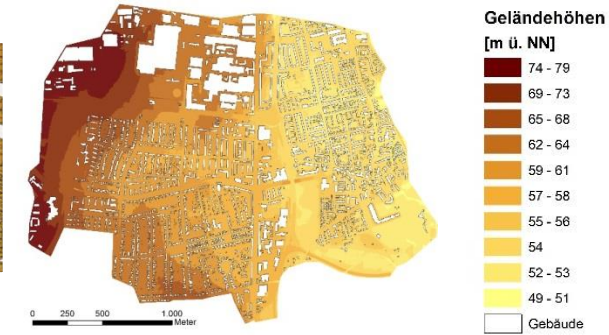
## 1D Kanalnetzabflussmodell mit



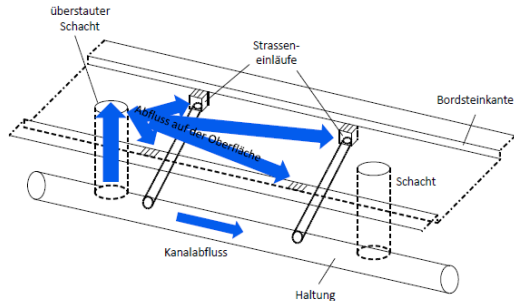
## 0,1m/0,5m DGM und Bruchkanten entlang der Bordsteine von TP6



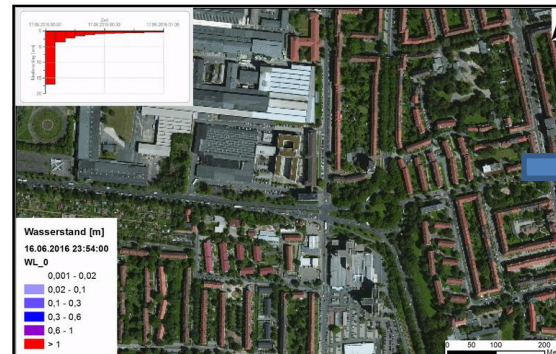
## 2D Oberflächenabflussmodell



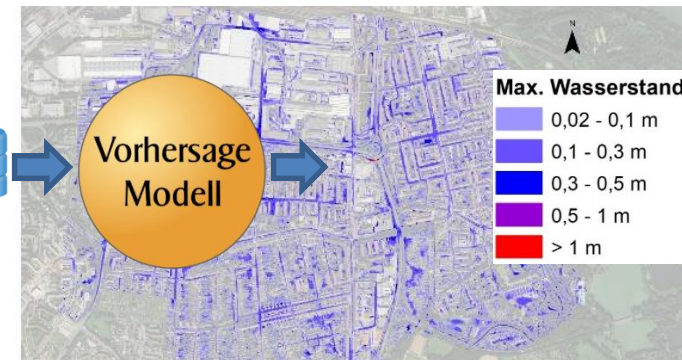
## Bi-direktionale Kopplung



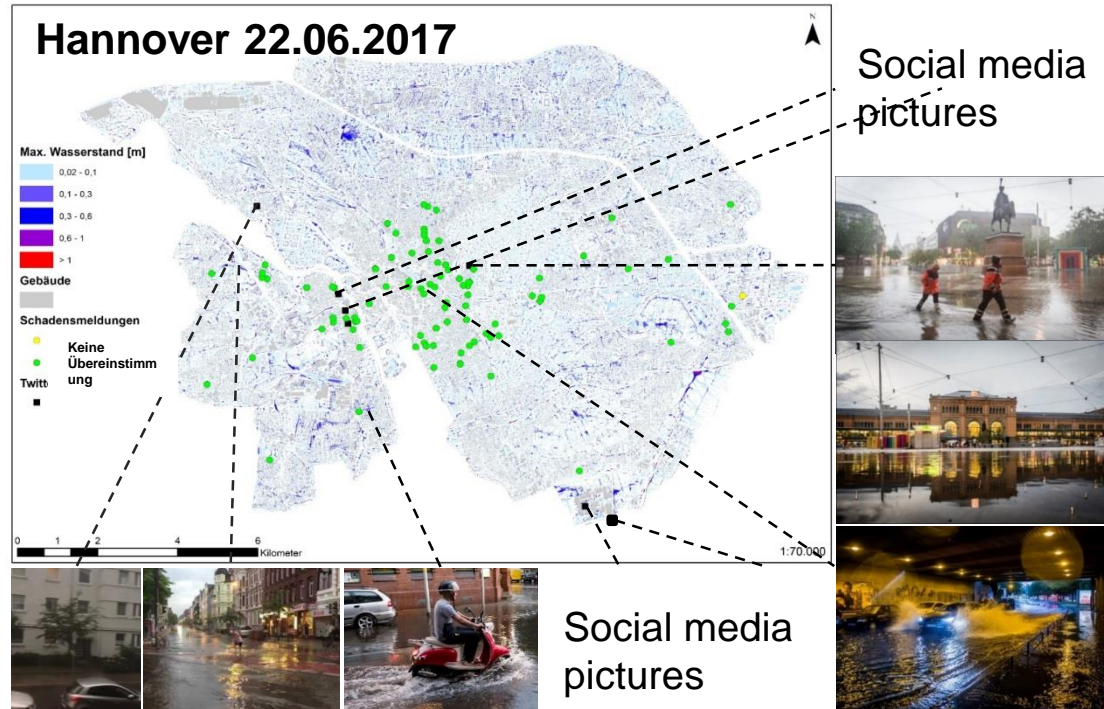
## Simulation von Starkregenereignissen



## Entwicklung des Modells für Überflutungsvorhersage



# Überflutungsmodell - Ergebnisse



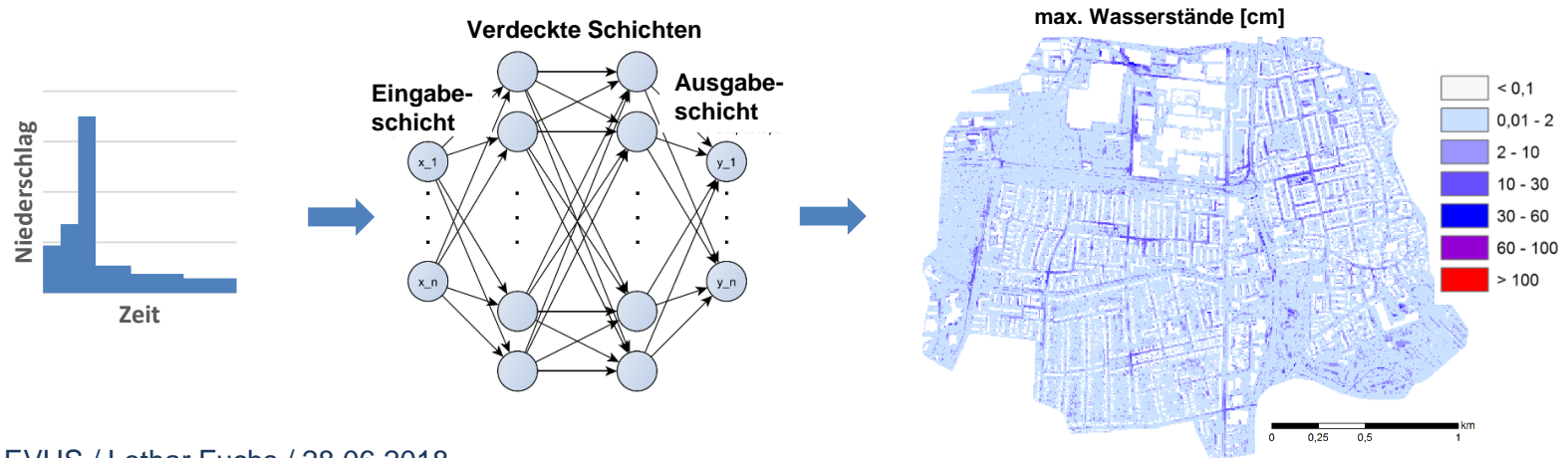
Quellen: <http://www.haz.de/Hannover/Fotostrecken-Hannover/So-haben-HAZ-Leser-das-Unwetter-erlebt#n24090935-p58>, heruntergeladen am 4.4.18

Und <http://www.haz.de/Hannover/Fotostrecken-Hannover/Dauerregen-fuehrt-in-Hannover-zu-Ueberschwemmungen#n24649895-p1> Und eigene Bilder

# Überflutungsvorhersage

## Vorhersage max. Wasserstände mit Neuronalen Netzen (NN)

- Datenbank mit Starkregen (ca. 1500) und max. Wasserständen für Training und Validierung
- Resilient Backpropagation Algorithmus für Training
- Aufteilung des Gebietes in mehrere NN
- Ensemble-Ansatz zur Verbesserung der Generalisierung der Ergebnisse





# Überflutungsvorhersage

## Vorhersage max. Wasserstände mit Neuronalen Netzen (NN)

- Simulationszeit 10 Sek. für 6 km<sup>2</sup> Modell
- Für räumlich konstante Naturregen in Oberricklingen:
  - RMSE = 0,02 m
  - NSE = 0,9

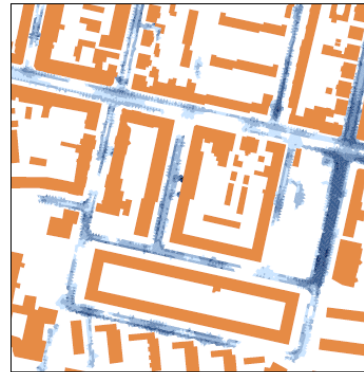
Physikalisch-basiertes



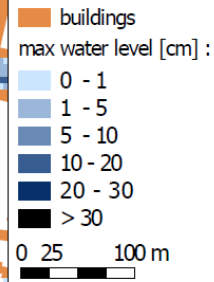
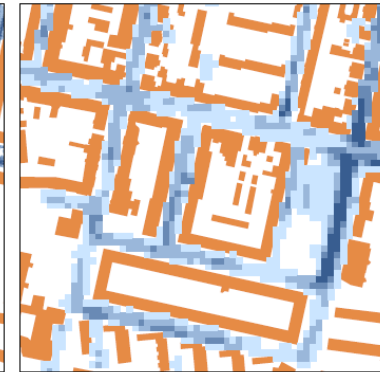
Vorhersage mit NN



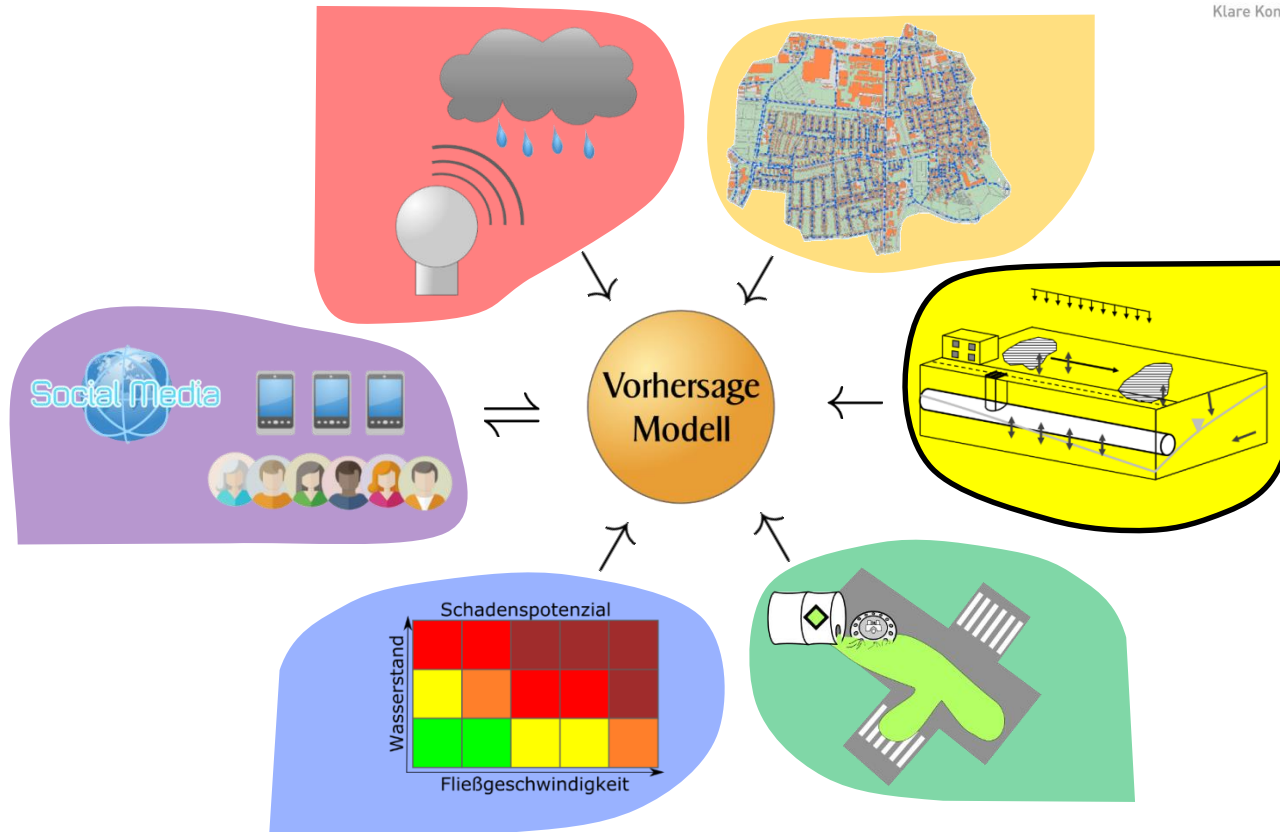
Physikalisch-basiertes  
Modell



Vorhersage mit NN

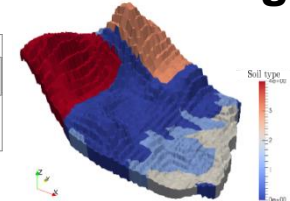
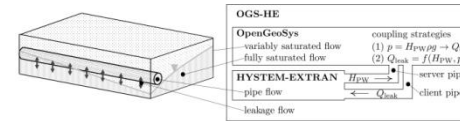
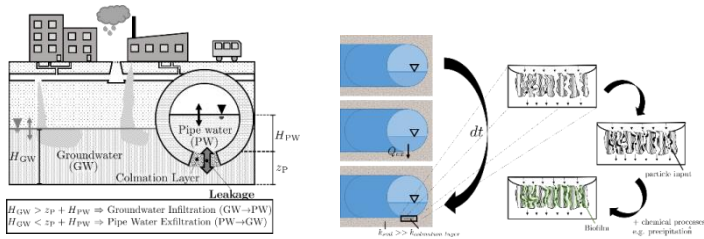


# Untergrundabflussmodell



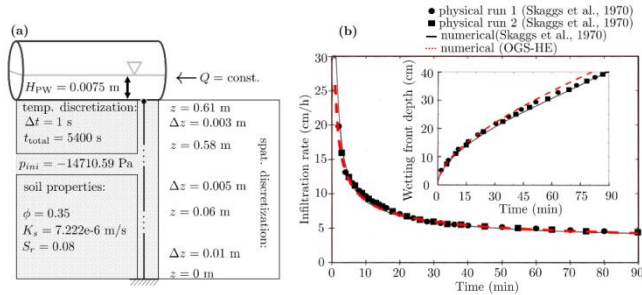
# Modellierung von In- und Exfiltration und Strömung im Untergrund

## Identifizierung relevanter Prozesse Modellkopplung und Entwicklung



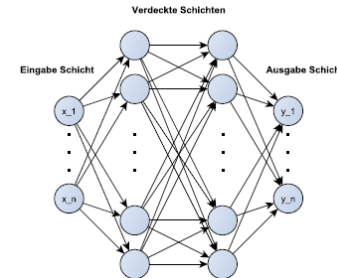
Peche, A., T. Graf, L. Fuchs, I. Neuweiler (2017): A coupled approach for the three-dimensional simulation of pipe leakage in variably saturated soil, Journal of Hydrology 555, 569-585 DOI: [10.1016/j.jhydrol.2017.10.050](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.10.050)

## Validierung des Modells

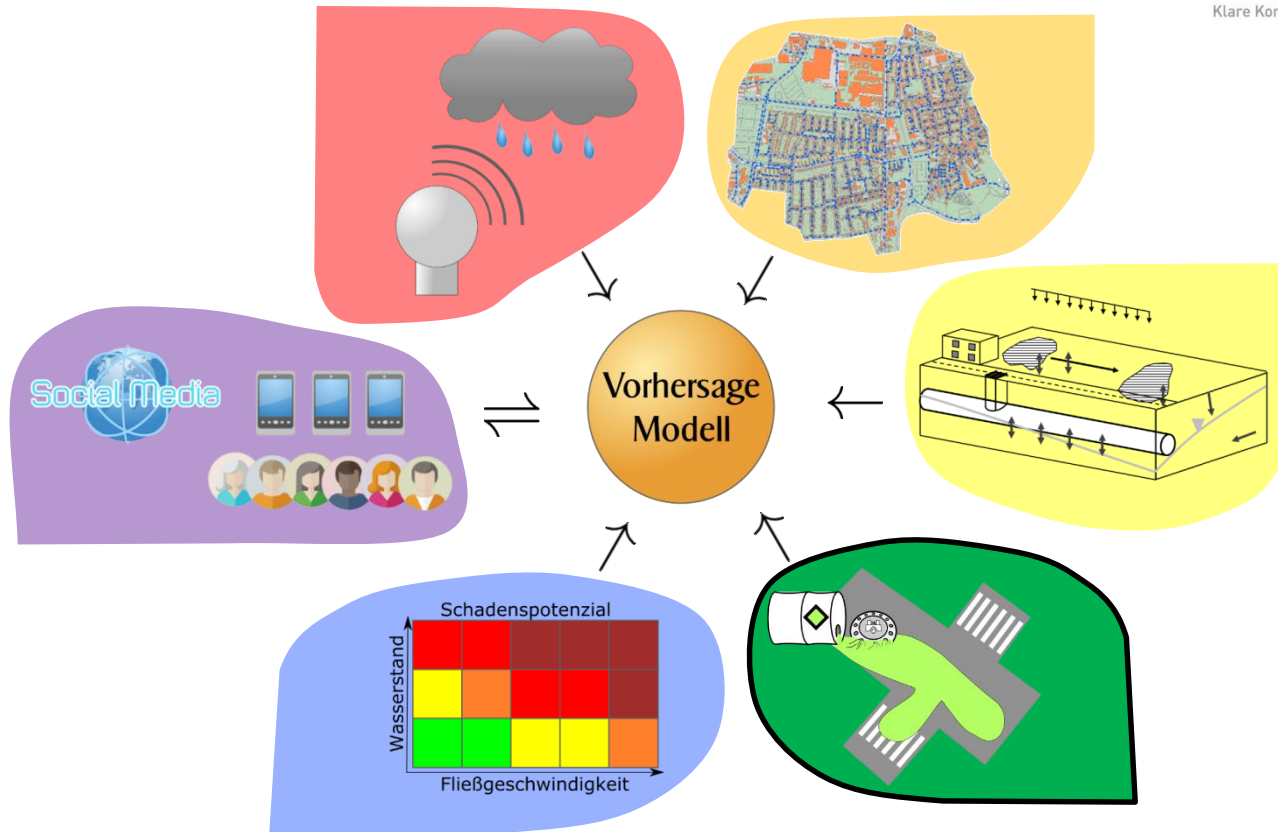


Peche A., T. Graf, L. Fuchs, I. Neuweiler, J. Maßmann, M. Huber, S. Vassolo, L. Stoeck, F. Lindenmaier, C. Neukum, M. Jing, S. Attinger. (2018): HH Processes. In: Kolditz O., Nagel T., Shao H., Wang W., Bauer S. (eds) Thermo-Hydro-Mechanical-Chemical Processes in Fractured Porous Media: Modelling and Benchmarking. Terrestrial Environmental Sciences. Springer, Cham. DOI: [10.1007/978-3-319-68225-9](https://doi.org/10.1007/978-3-319-68225-9)

## Metamodell (mit TP2)



# Vorhersage von Schadstofftransport



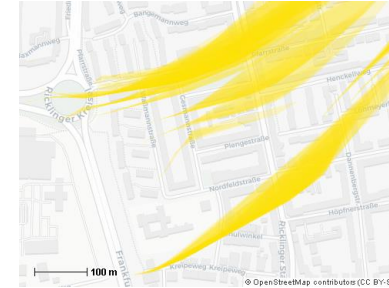


# Vorhersage von Schadstofftransport während eines urbanen Sturzflutereignisses

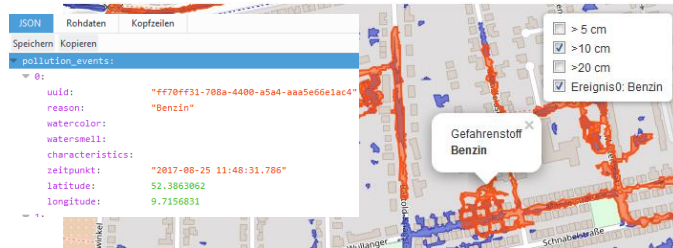
## Transportmodell für schnelle Strömung in Ricklingen



## Transport im Grundwasser



## Eingaben und Daten des Metamodells



## Gesamt Hannover



# Metamodell + Mobile App

## Ablauf der angeregten Schadstoffausbreitung

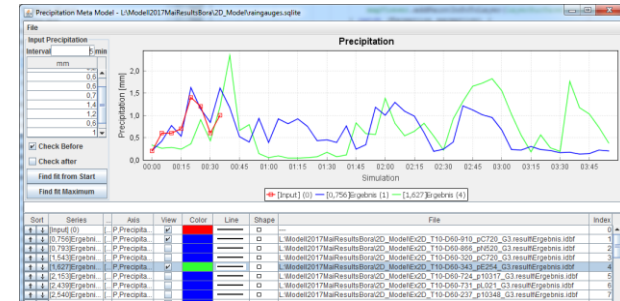
- Eingabe des Ereignisses aus Mobile App
- Auswahl der passendsten Regenereignisse aus 1500 vorsimulierten Ereignissen
- Simulation des Transports für Ensemble (5-10 Szenarien)
- Ausgabe der betroffenen Gebiete Format
- Senden an Server

JSON Rohdaten Kopfzeilen

Speichern Kopieren

**pollution\_events:**

```
{
  "uid": "ff70ff31-708a-4400-a5a4-aaa5e561ac4",
  "reason": "Benzin",
  "watercolor": "Benzin",
  "characteristics": {
    "zeitpunkt": "2017-08-25 11:46:31.786",
    "latitude": 52.3863862,
    "longitude": 9.7156831
  }
}
```

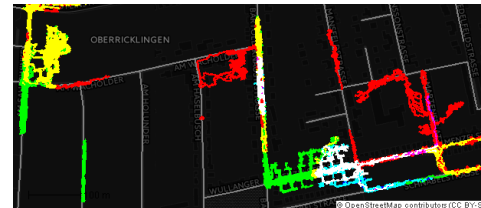
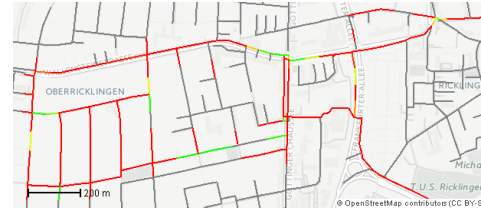


```
{
  "type": "Feature",
  "properties": {
    "reason": "Benzin",
    "reason_id": 0,
    "part": 3
  },
  "geometry": {
    "type": "Polygon",
    "coordinates": [
      [
        [9.70773, 52.33932], [9.70747, 52.33933], [9.70747, 52.33935], [9.70747, 52.33936], [9.70773, 52.3394], [9.70773, 52.33939], [9.70773, 52.33932]
      ]
    ]
  }
}
```

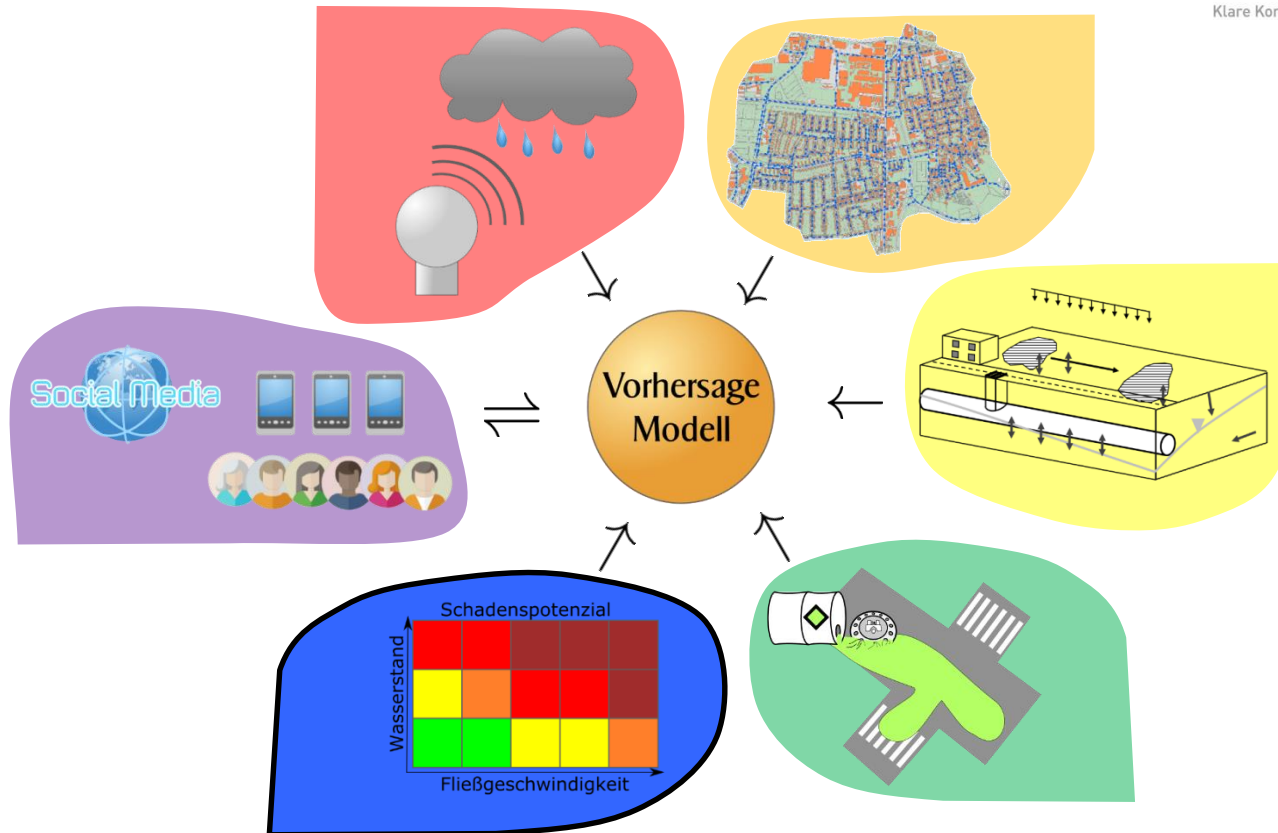


# Ausgabe

- Dynamische Karten der Kanalausbreitung
- Wahrscheinlichkeiten für die Oberflächenausbreitung
- Variation der zeitlichen Einleitung  
Superposition verschiedener  
Einleitungszeitpunkte
- Ausgabe für Webservice



# Risikoquantifizierung

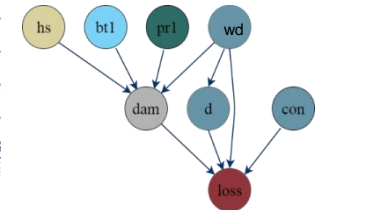
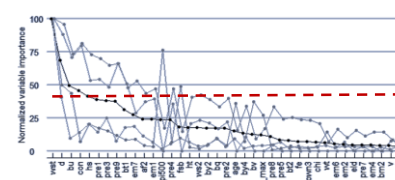


# Risikoquantifizierung und Identifikation von kritischen Gebieten

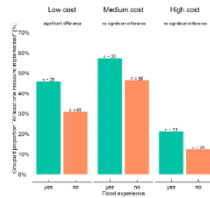
## Datenerhebung



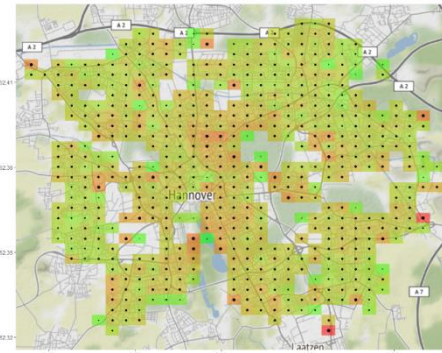
## Modellentwicklung & Validierung



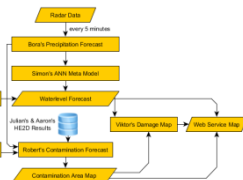
## Datenanalyse



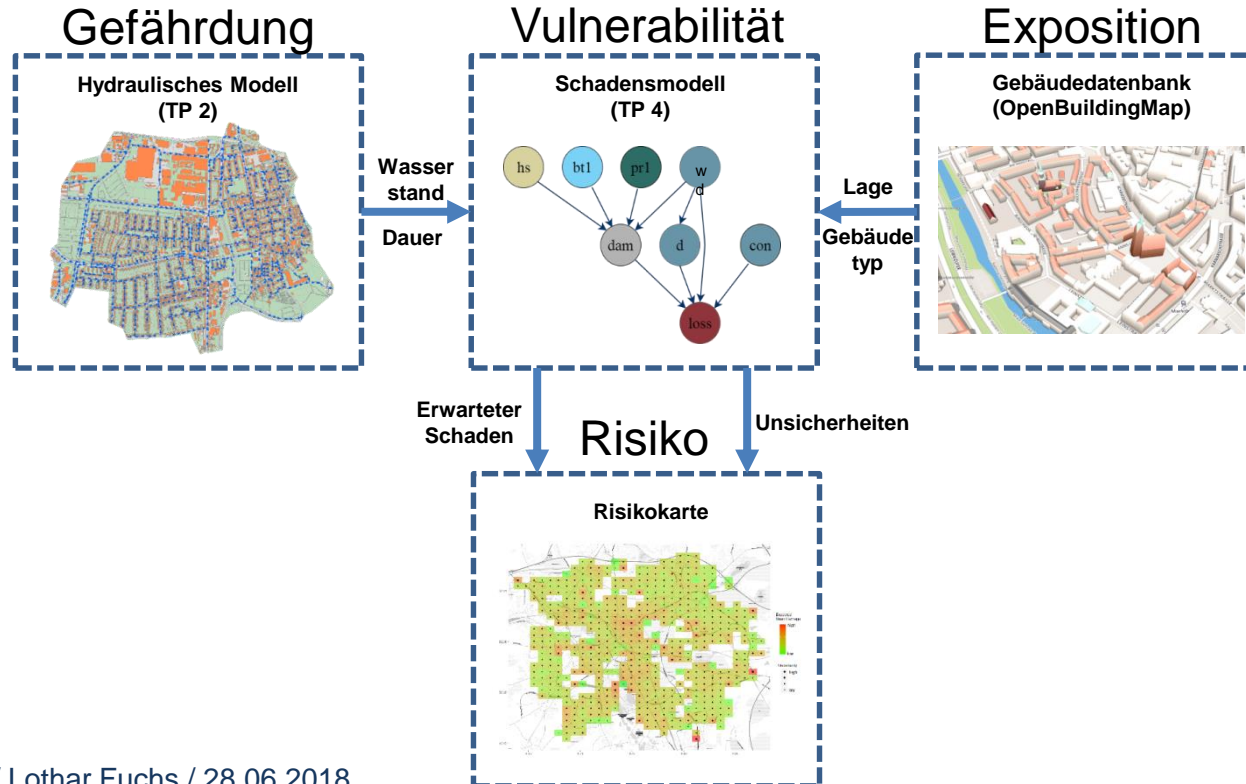
## Risikoanalyse & Identifizierung von kritischen Gebieten



## Implementierung

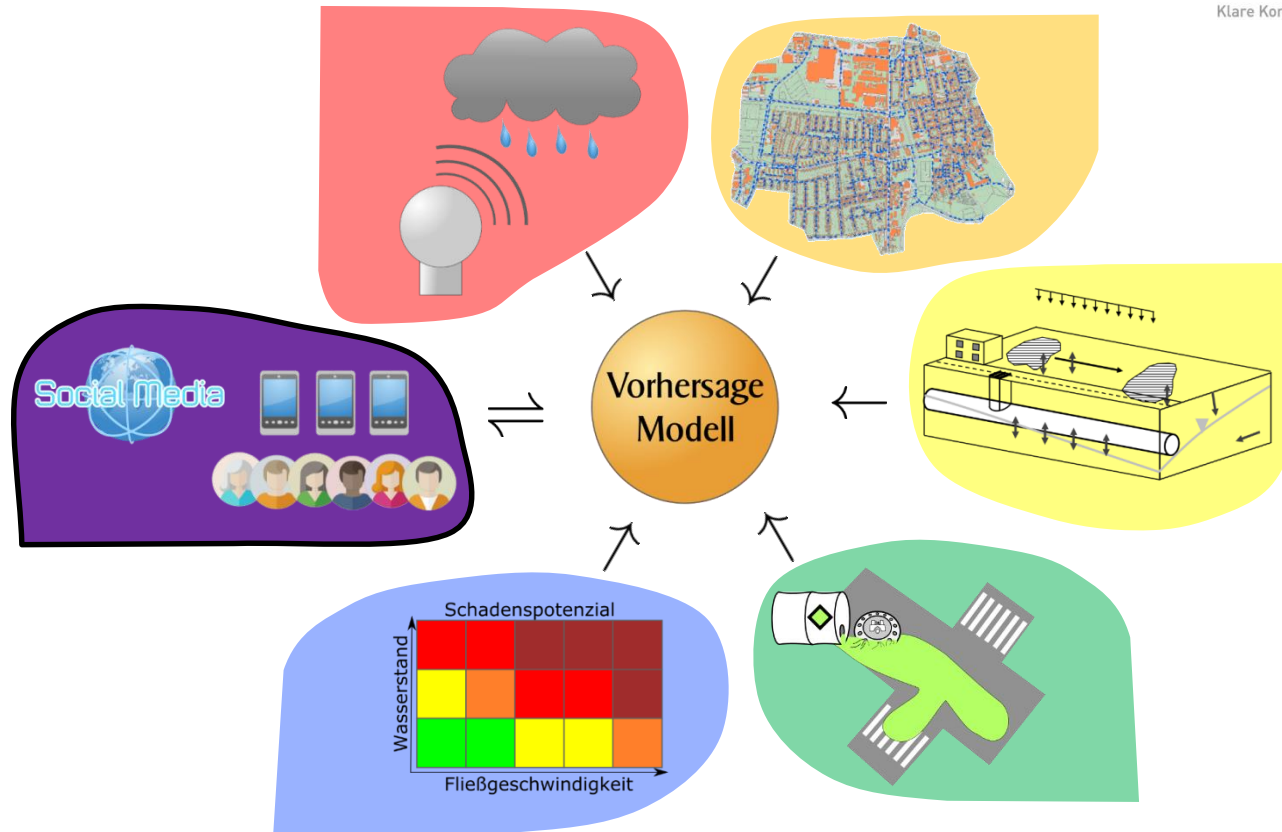


## Anwendung des Schadensmodells in Hannover



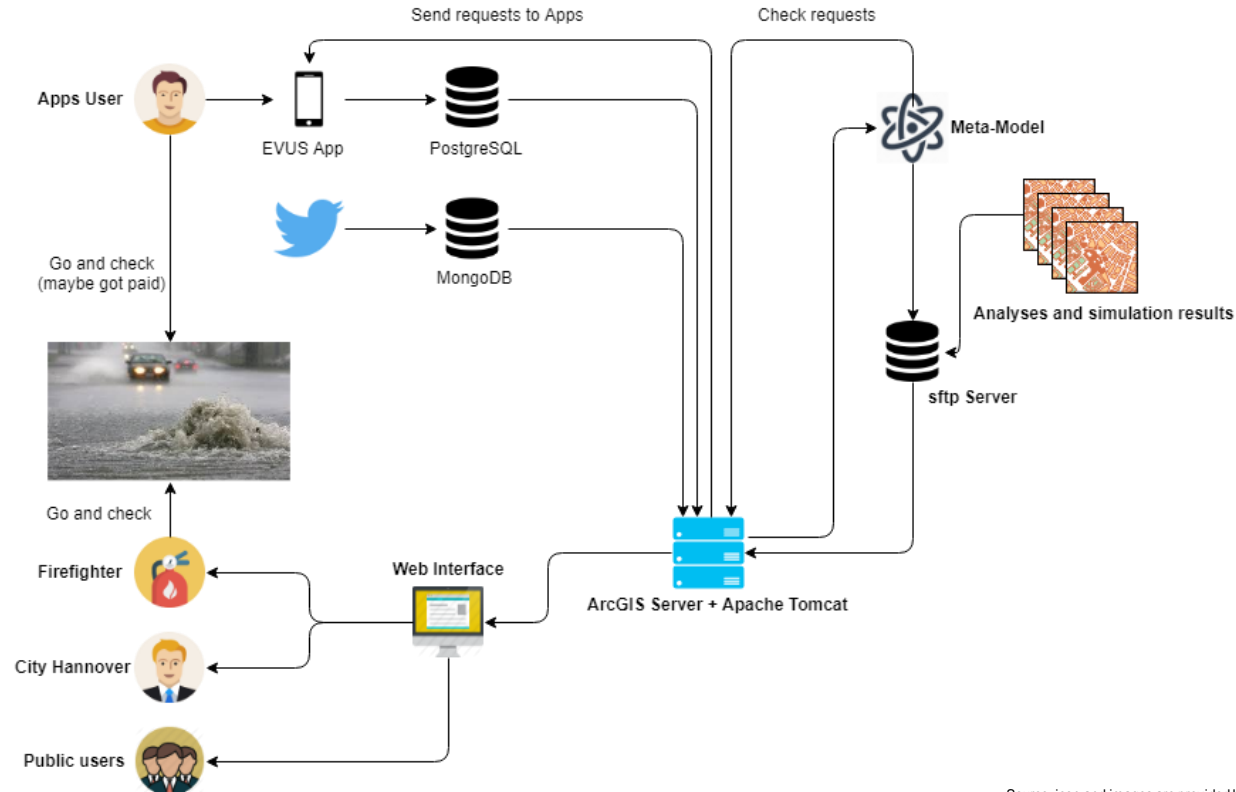


# Neue Sensoren und verteilte Datenerfassung





# Neue Sensoren und verteilte Datenerfassung



# Neue Sensoren und verteilte Datenerfassung **DWA**

Klare Konzepte. Saubere Umwelt.

Entwicklung einer mobilen

Anwendung zur VGI-Datenerfassung

Ereignis auswählen

Parameter eingeben  
(vordefiniertes Set)



Ort bestimmen

Einrichtung einer Dateninfrastruktur und  
VGI-Dateninterpretation



Web Interface



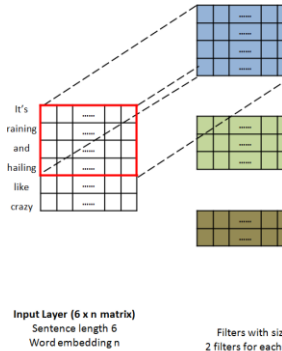
VGI -Dateninterpretation

Erfassung und Verarbeitung von  
Regenanzeichen durch bewegende Autos

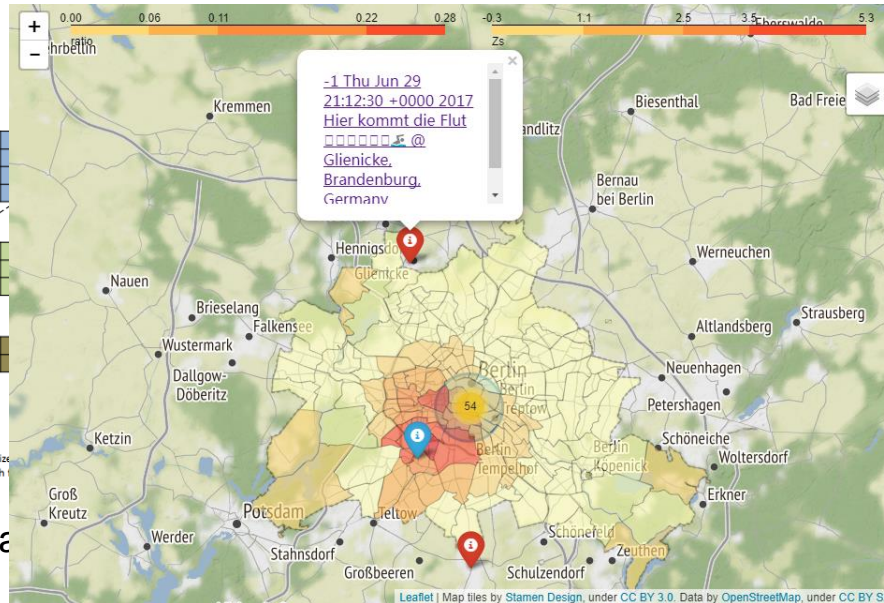


# Einrichtung einer Dateninfrastruktur und VGI-Dateninterpretation

- Extraktion von Sturzfluten relevante Information aus sozialen Medien durch Deep Learning



Text Kl



Xgboost  
Binary Prediction

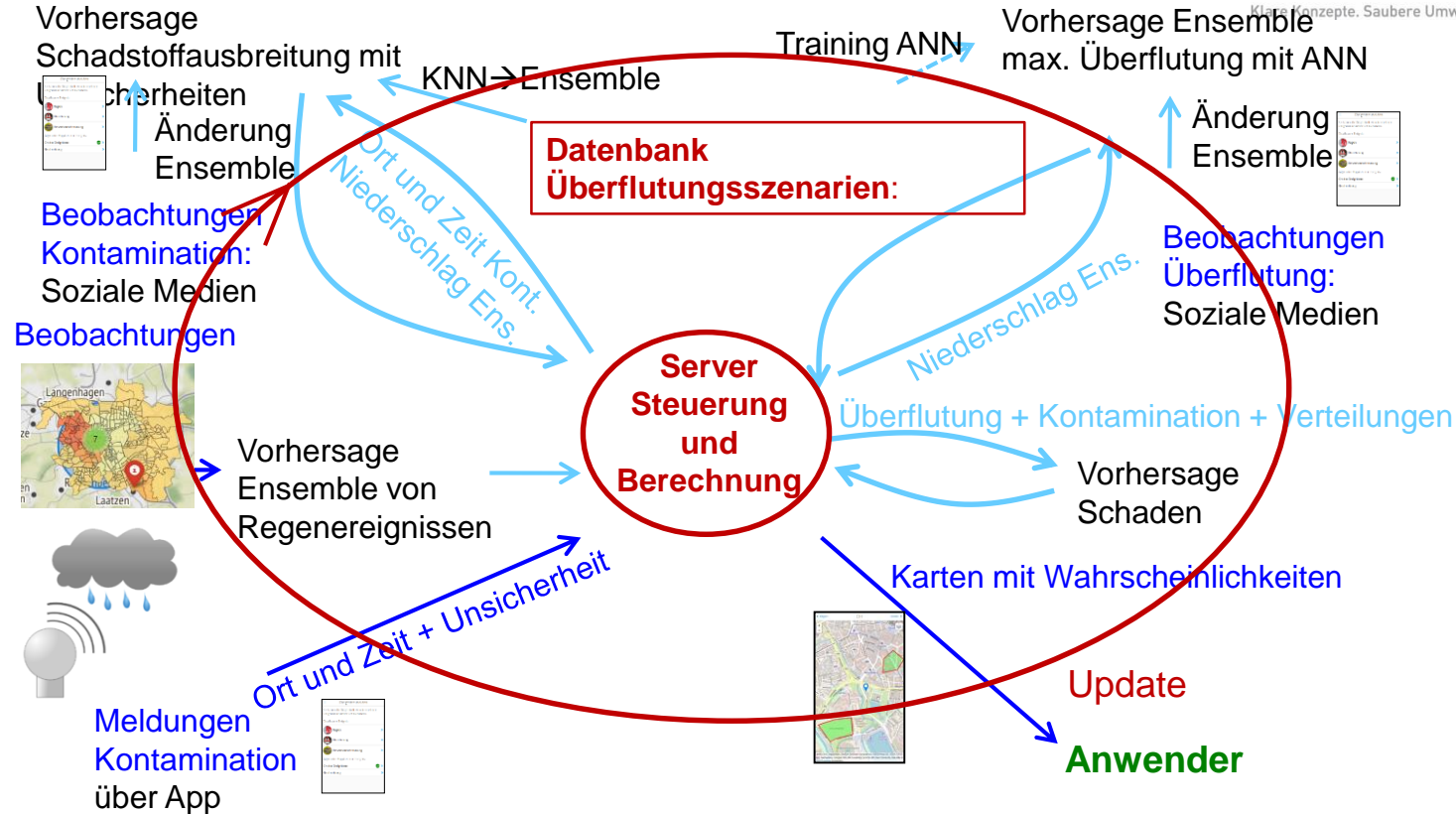
3)  
geNet)

Transferlernen

## Räumlich-zeitliche Analyse für Ereignisdetektion

Feng, Y., & Sester, M. (2018). Extraction of Pluvial Flood Relevant Volunteered Geographic Information (VGI) by Deep Learning from User Generated Texts and Photos. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(2), 39.

# Das Vorhersagemodell – ein Konzept



# Nächste Schritte???

## Ganz Hannover



wikipedia

# Gesamt – Fazit

- Es ist ein Vorhersagemodell entstanden, das zu Projektende für das Gebiet Oberricklingen durch die ganze Komponenten-kette getestet sein wird.
- Das Konzept kann mit überschaubarem Aufwand auf ganz Hannover ausgeweitet werden. Interesse der Stadt Hannover besteht.
- Das Konzept könnte erweitert werden. Ensemblevorhersagen könnten erarbeitet werden, die mit online-Informationen gesteuert werden könnten (größerer Aufwand).
- Eine Übertragung auf andere Städte ist prinzipiell möglich (größerer Aufwand)

**Wir sollten Wasser nicht als Feind**

**sondern als Freund betrachten**

# **Mit dem Wasser leben**



**Danke für die Aufmerksamkeit**