

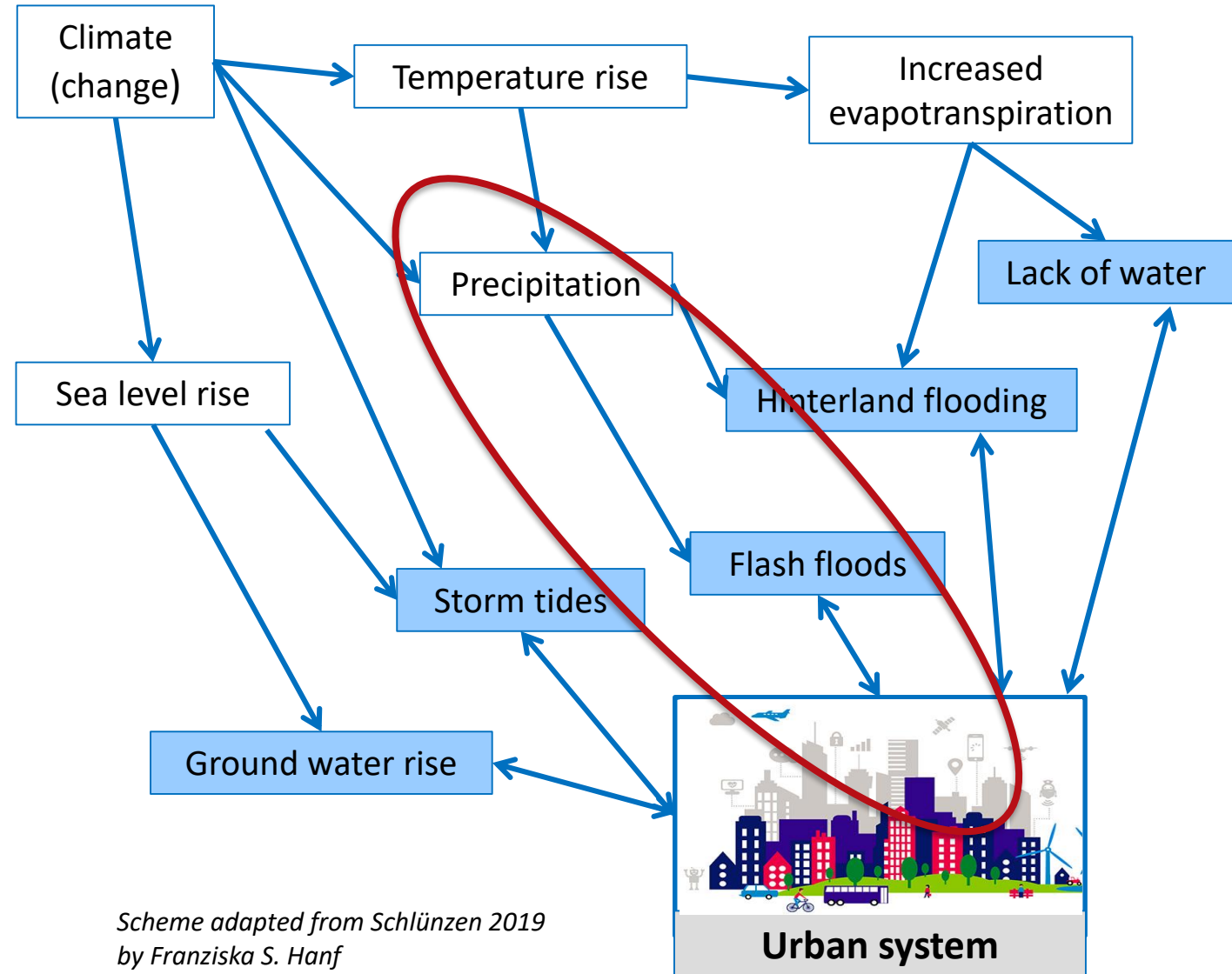
Marita Boettcher, Christoph Sauer



Modellierung von starkregeninduzierten Sturzfluten in Hamburg Lohbrügge

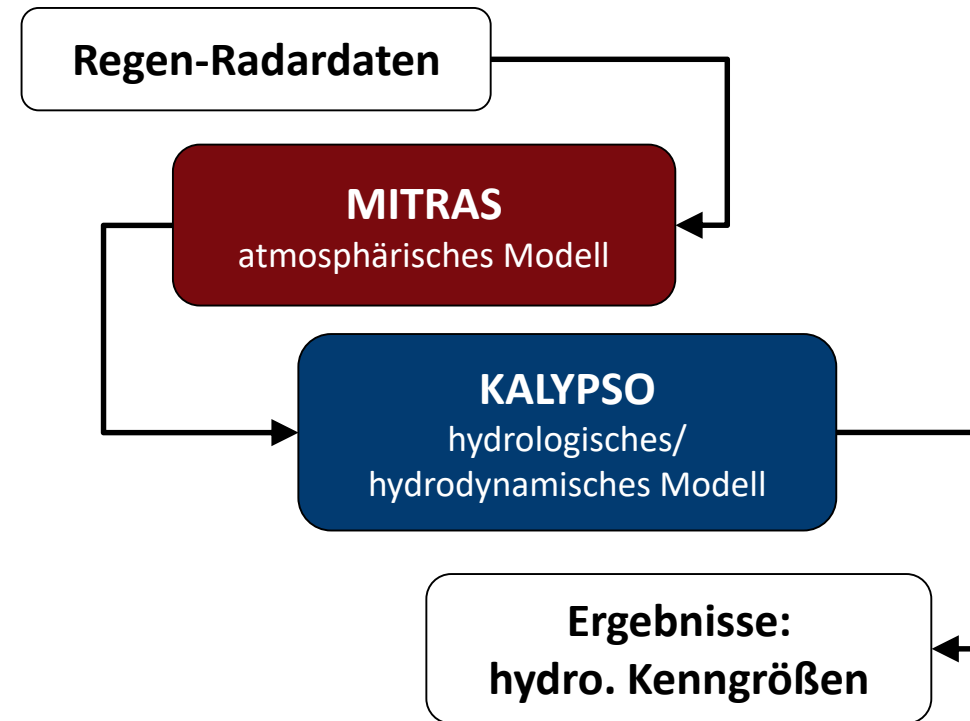
C1 Forschungsaufgabe

- Nachhaltige Anpassungsszenarien für Städte – Wasser von vier Seiten
- Fokus auf wasserbezogenen Themen
- Fallbeispiel: Hamburg
 - ➔ Untersuchung von nachhaltigen, möglichen und plausiblen Anpassungsmaßnahmen durch ein interdisziplinäres Team
- Übertragen der Forschungsergebnisse auf andere, am Wasser gelegene, Städte weltweit



Modellsystem

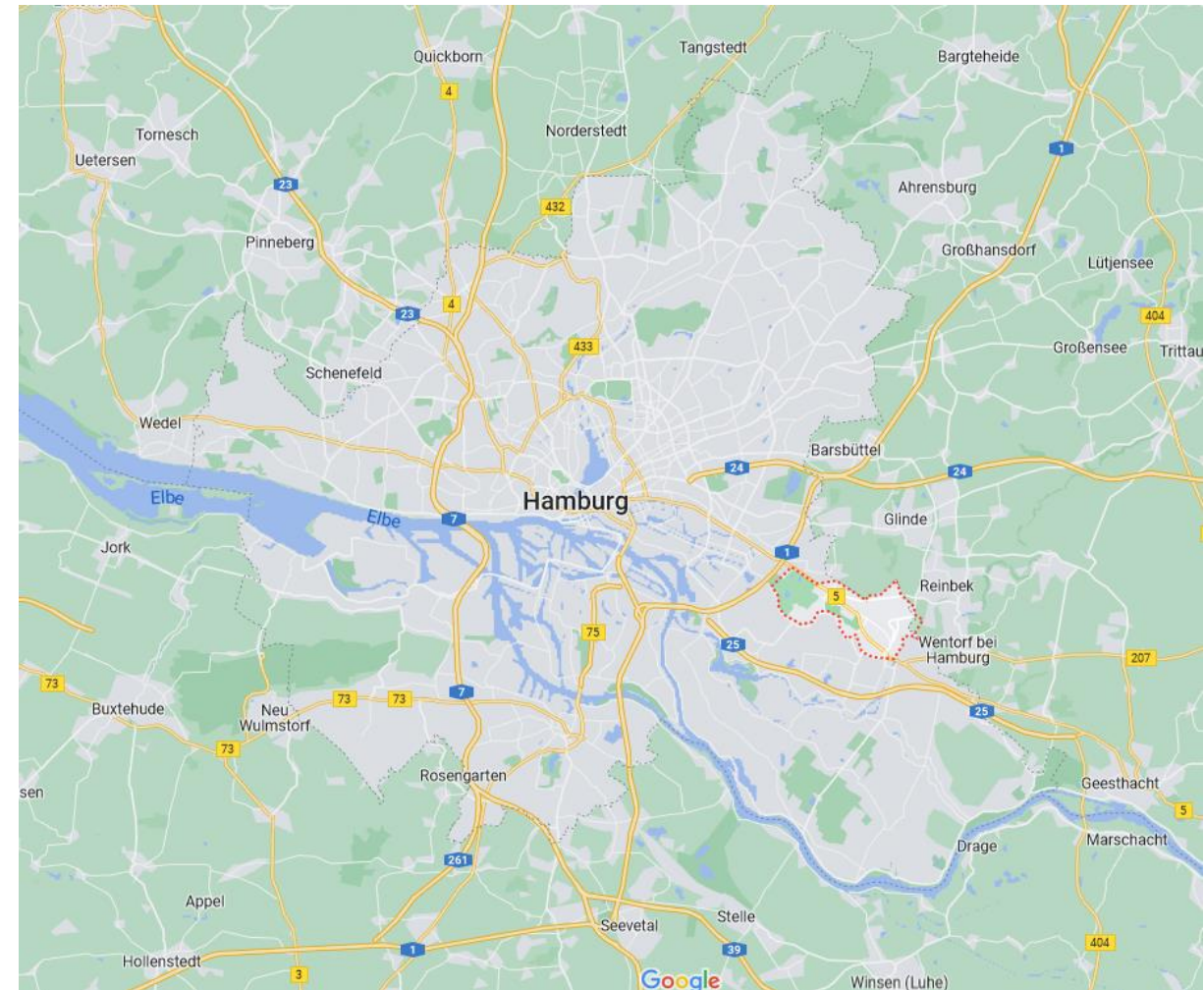
- Regendaten werden durch Radarmessungen in das System gebracht
- Das Atmosphärenmodell MITRAS wird verwendet, um die Radardaten für das Hydrologische Modell zu verfeinern
- Das hydrologische/hydrodynamische Modellsystem KALYPSO/TELEMAC 2D wird zur Berechnung der Wasserstände verwendet
- Als Ergebnis dieser Modellkette erhält man Wasserstände, Abflüsse und Fließrichtungen hochaufgelöst für einen Stadtteil



Franziska S. Hanf, 2021

World Café zur Wahl des Fokusgebietes

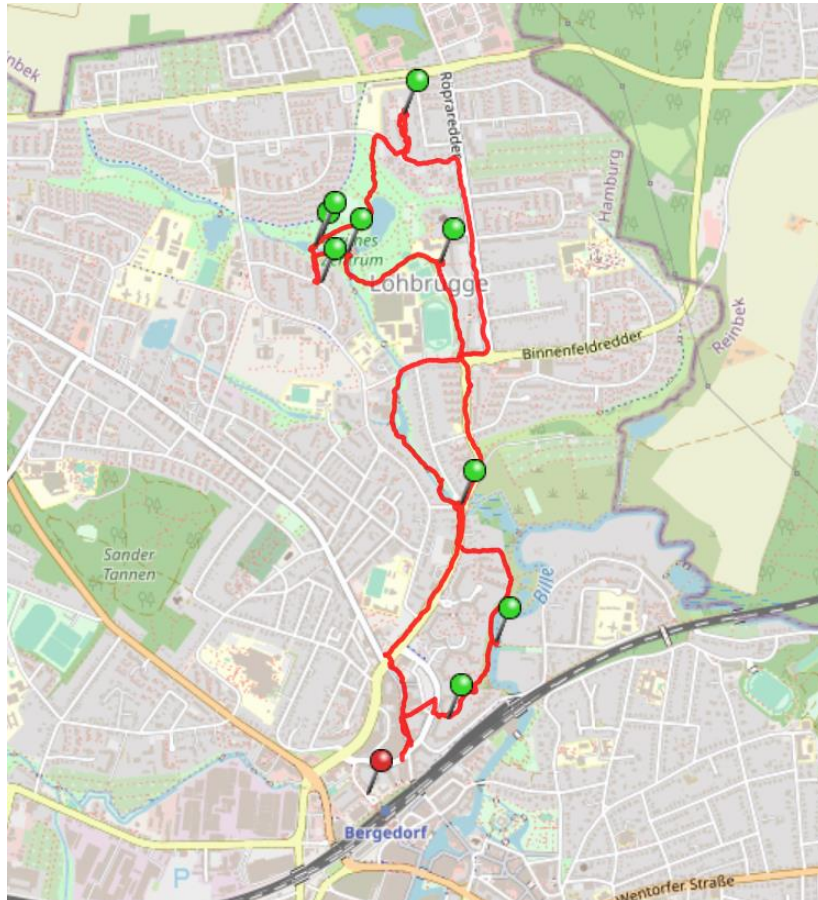
- Dokumentiertes Sturzflutereignis
- Wenig Neuentwicklung
- Heterogen und nicht zu groß
- Raum bieten für Anpassung und Szenarien
- Städtische Prägung
- Verschiedene Sozialstrukturen
- Innerhalb der Reichweite des Radars auf dem Geomatikum



Quelle:

https://www.google.de/maps/place/Lohbr%C3%BCgge,+Hamburg/@53.5822902,10.151874,11.63z/data=!4m6!3m5!1s0x47b1f2ce7c62d101:0x5263df27bd98950!8m2!3d53.50364!4d10.1861399!16s%2Fm%2F047c_w8

Rundgang durch das Fokusgebiet Lohbrügge



<https://openstreetmap.de/karte/>,
GPS Daten J. Ossenbrügge, 2020



Tom Hawxwell, 2020

Sturzflutereignis Himmelfahrt 2018: 10.05.2018

- Kaltfront nähert sich von Westen und überquert Deutschland
- Möglich sind: Gewitter mit Sturmböen, Hagel und Starkregen
- Nachmittags Starkregenereignis im Bereich Lohbrügge und Oststeinbek
- Überflutungen in ganz Lohbrügge, besonders an der Kreuzung Bornmühlenweg/Habermannstraße



Quelle:

https://www.google.de/maps/@53.4993596,10.2104374,3a,75y,0.73h,80.92t/data=!3m6!1e1!3m4!1sdlz_iTVSnmqExfA4AChxTQ!2e0!7i13312!8i6656

Sturzflutereignis Himmelfahrt 2018: 10.05.2018

- Kaltfront nähert sich von Westen und überquert Deutschland
- Möglich sind: Gewitter mit Sturmböen, Hagel und Starkregen
- Nachmittags Starkregenereignis im Bereich Lohbrügge und Oststeinbek
- Überflutungen in ganz Lohbrügge, besonders an der Kreuzung Bornmühlenweg/Habermannstraße



Quelle:

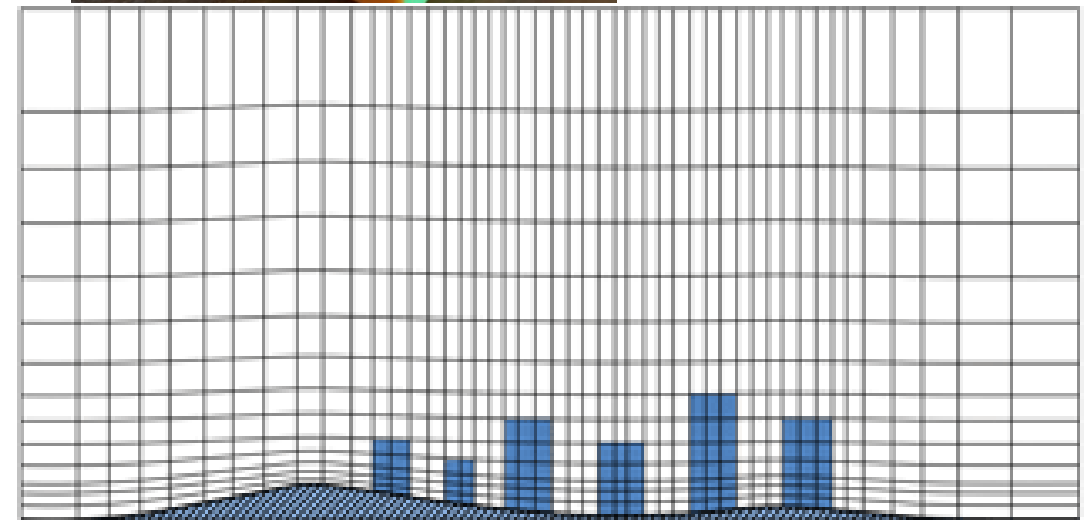
Online-Galerie vom Hamburger Abendblatt vom 11.05.2018

<https://www.abendblatt.de/hamburg/bergedorf/article214257753/So-tobte-das-Unwetter-ueber-dem-Osten-der-Stadt.html>

Urheberin Foto: Susanne Holz / BGZ

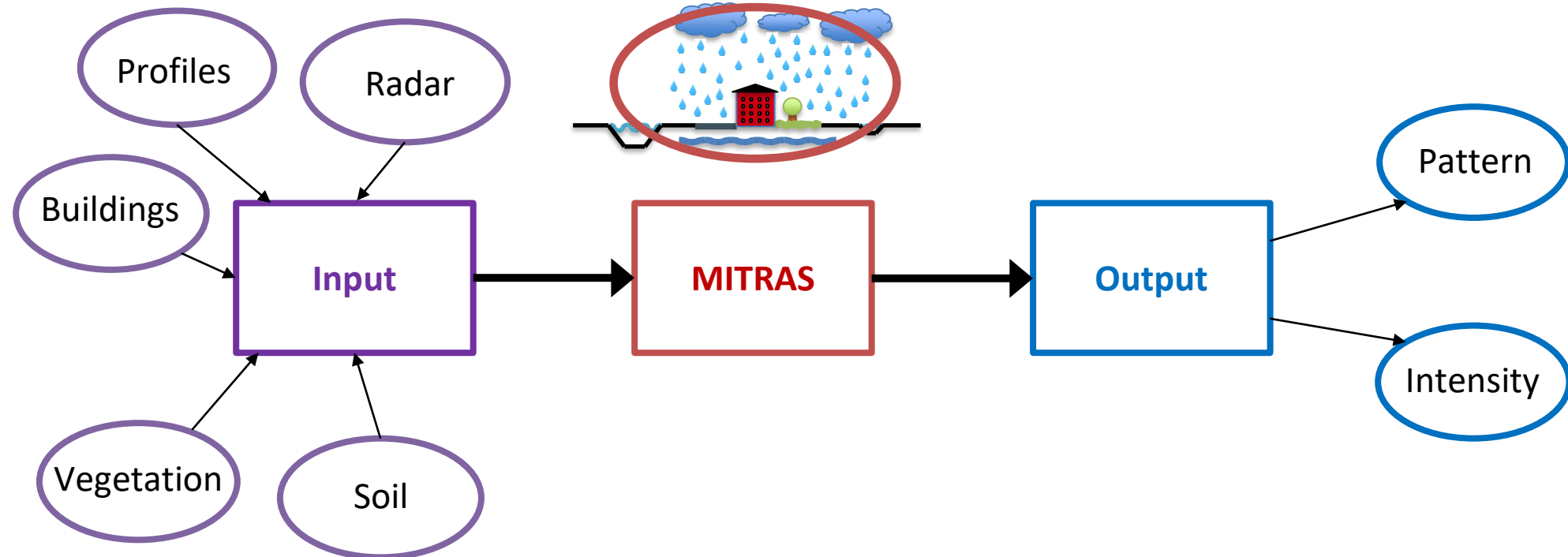
Einführung in MITRAS

- 3D numerisches **M**ikroskaliges hindernissauflösendes **TR**ansport- und **Str**ömungsmodell der Atmosphäre
- Horizontale Gitterauflösung etwa 2-10 m
- Atmosphäre: vom Erdboden bis in ungefähr 8 km Höhe, Gebäude und Bäume sind dargestellt, Austauschprozesse mit dem Boden werden berechnet
- Modellgebiet umfasst ungefähr einen Stadtteil

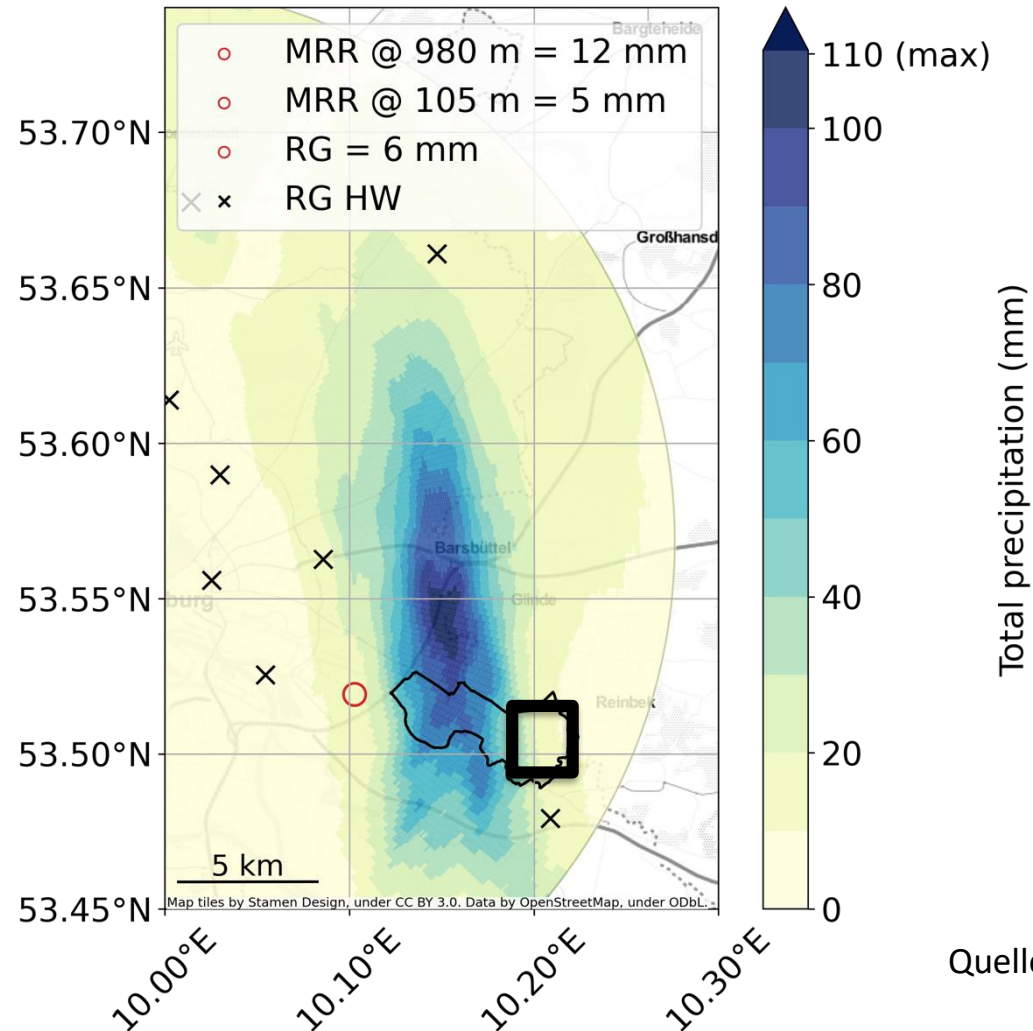


Quelle: Salim et al., 2018, doi: 10.5194/gmd-11-3427-2018

Methode/Datenfluss in MITRAS

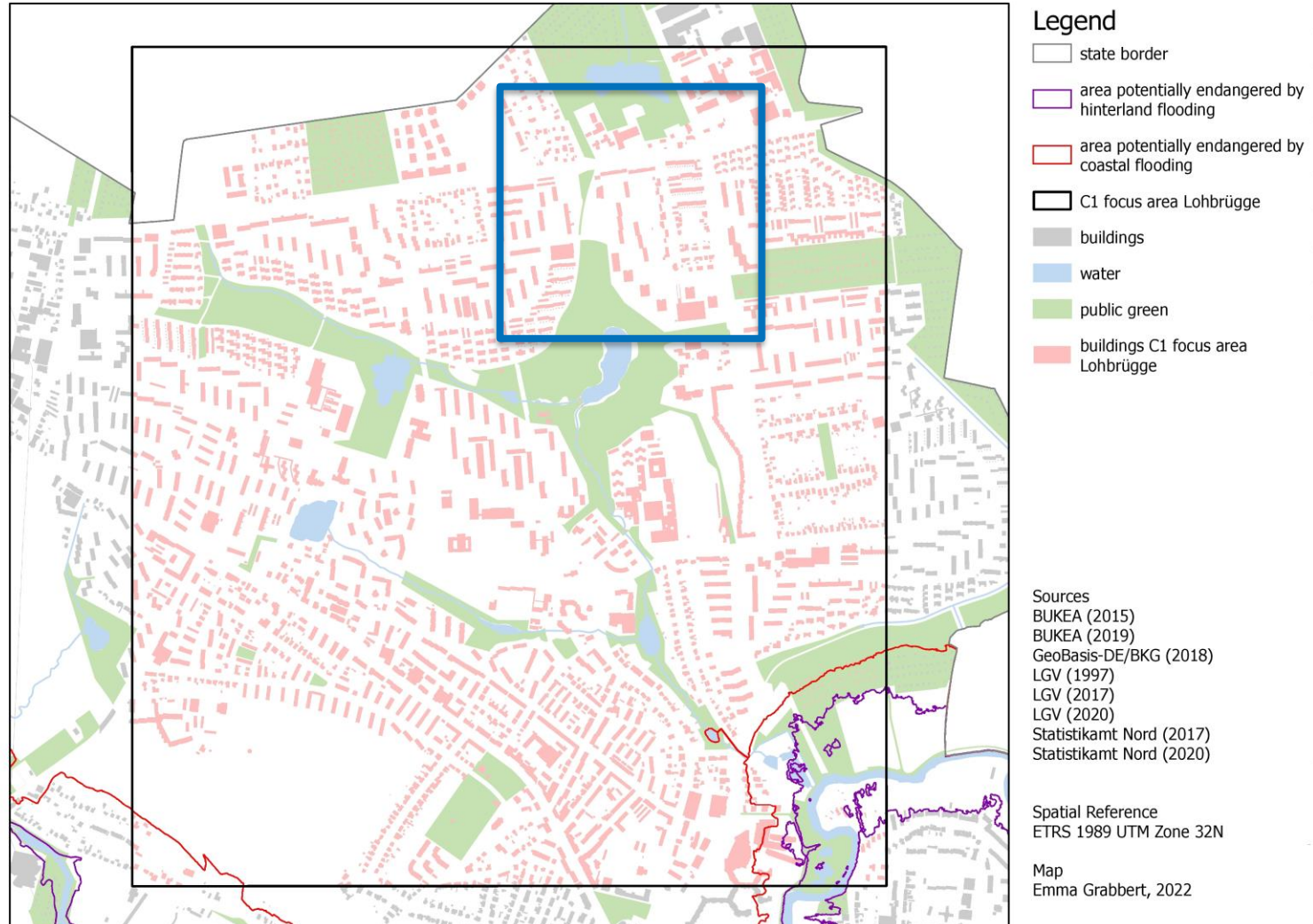


Messungen des X-Band Radar Hamburg am 10.05.2018



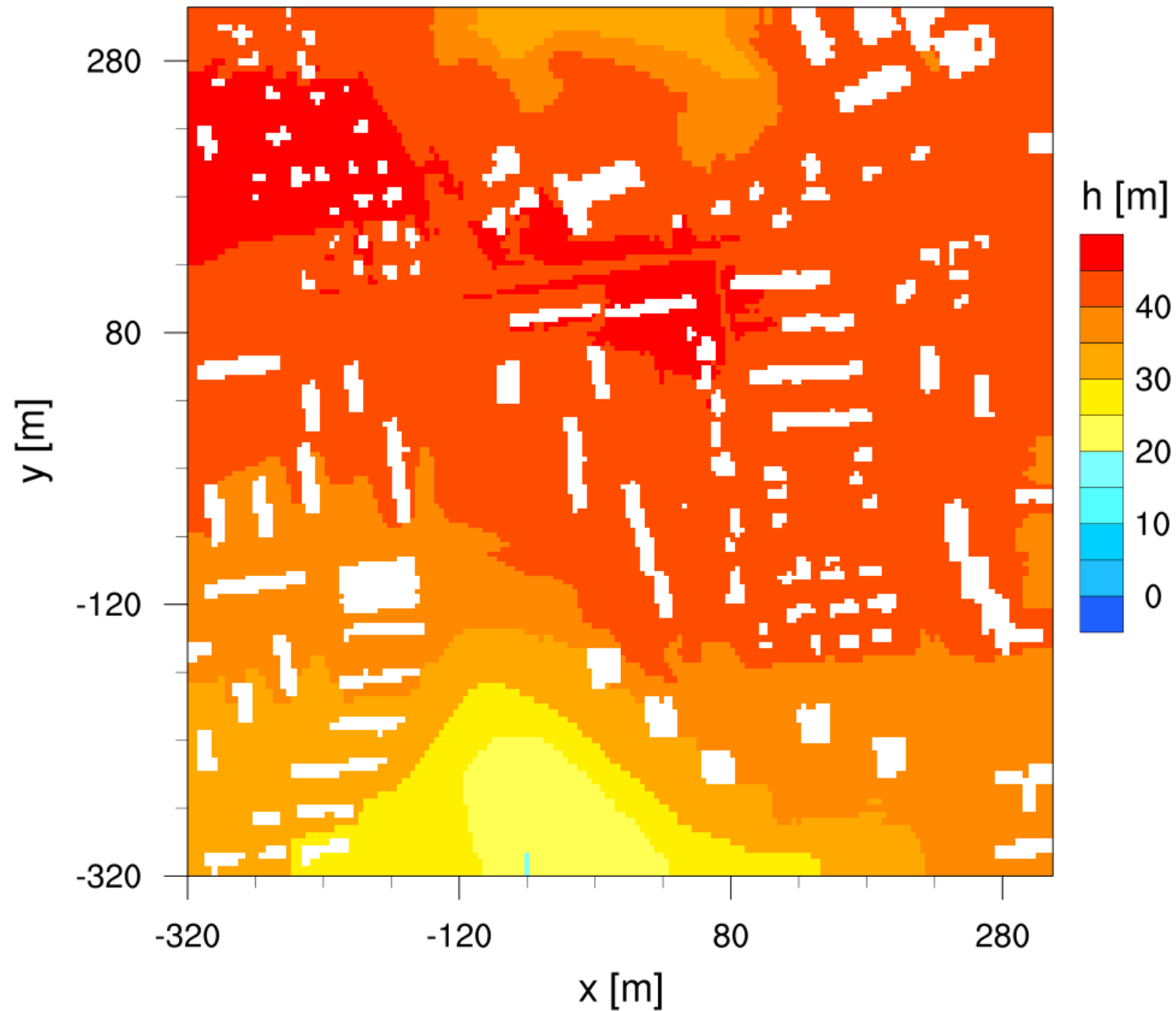
Quelle: Finn Burgemeister, 2022

Fokusgebiet

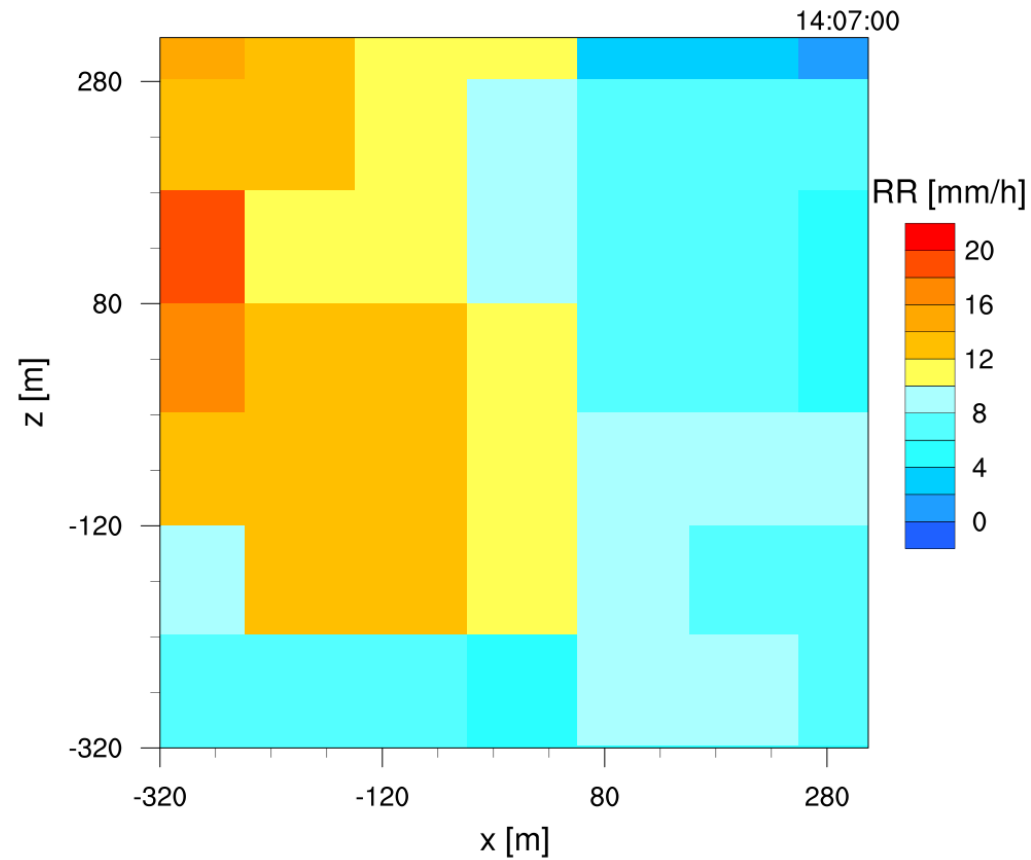


Emma Grabbert, 2022

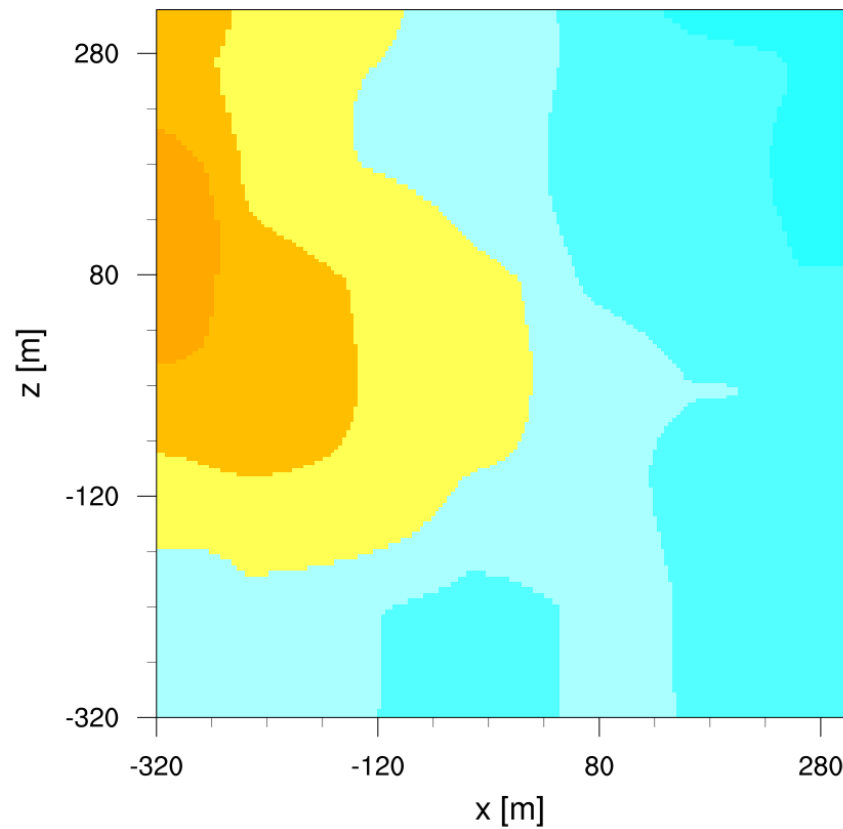
Modellgebiet



Radardaten in MITRAS

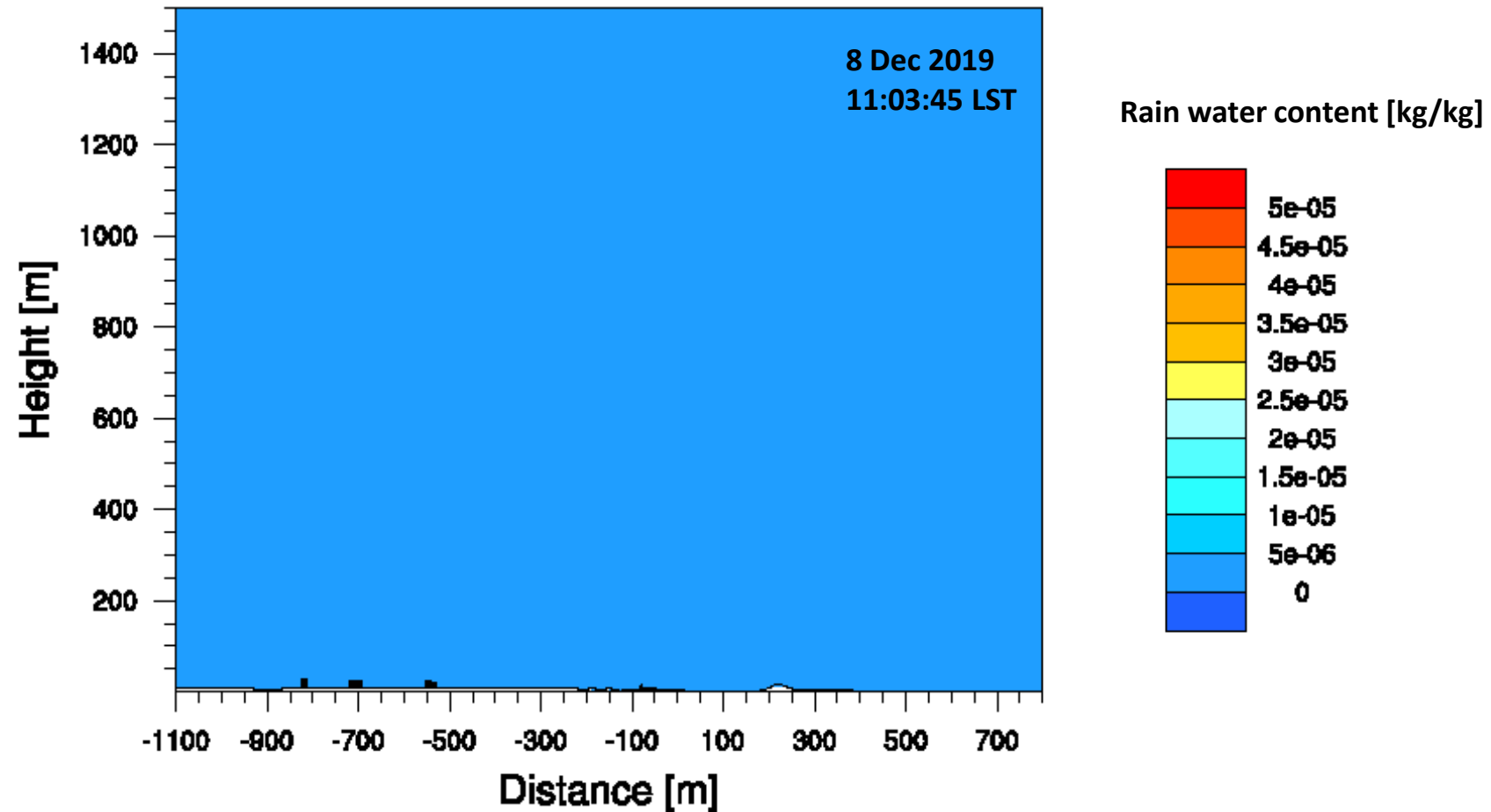


Interpolated forcing data

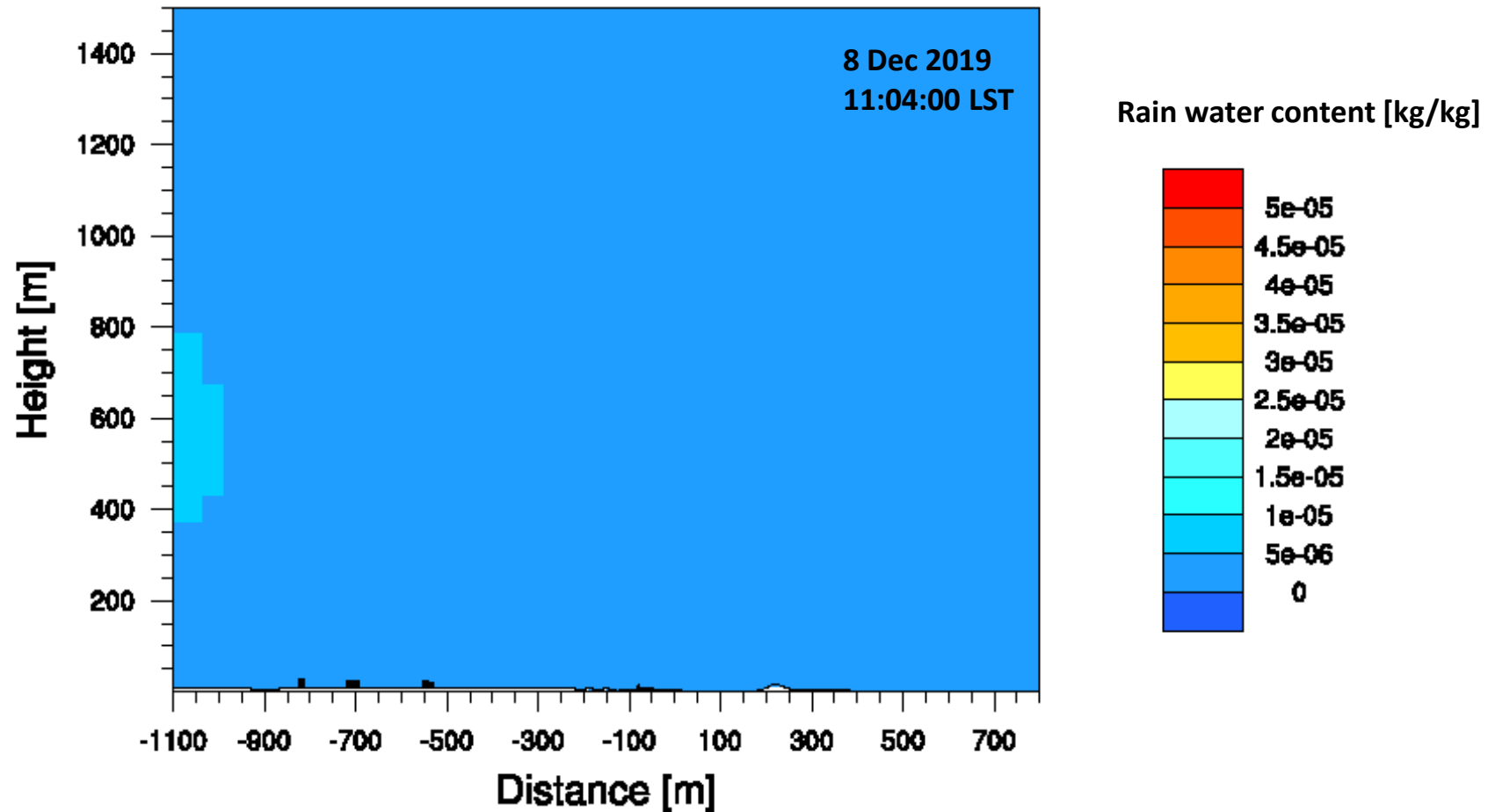


Resulting calculated rain

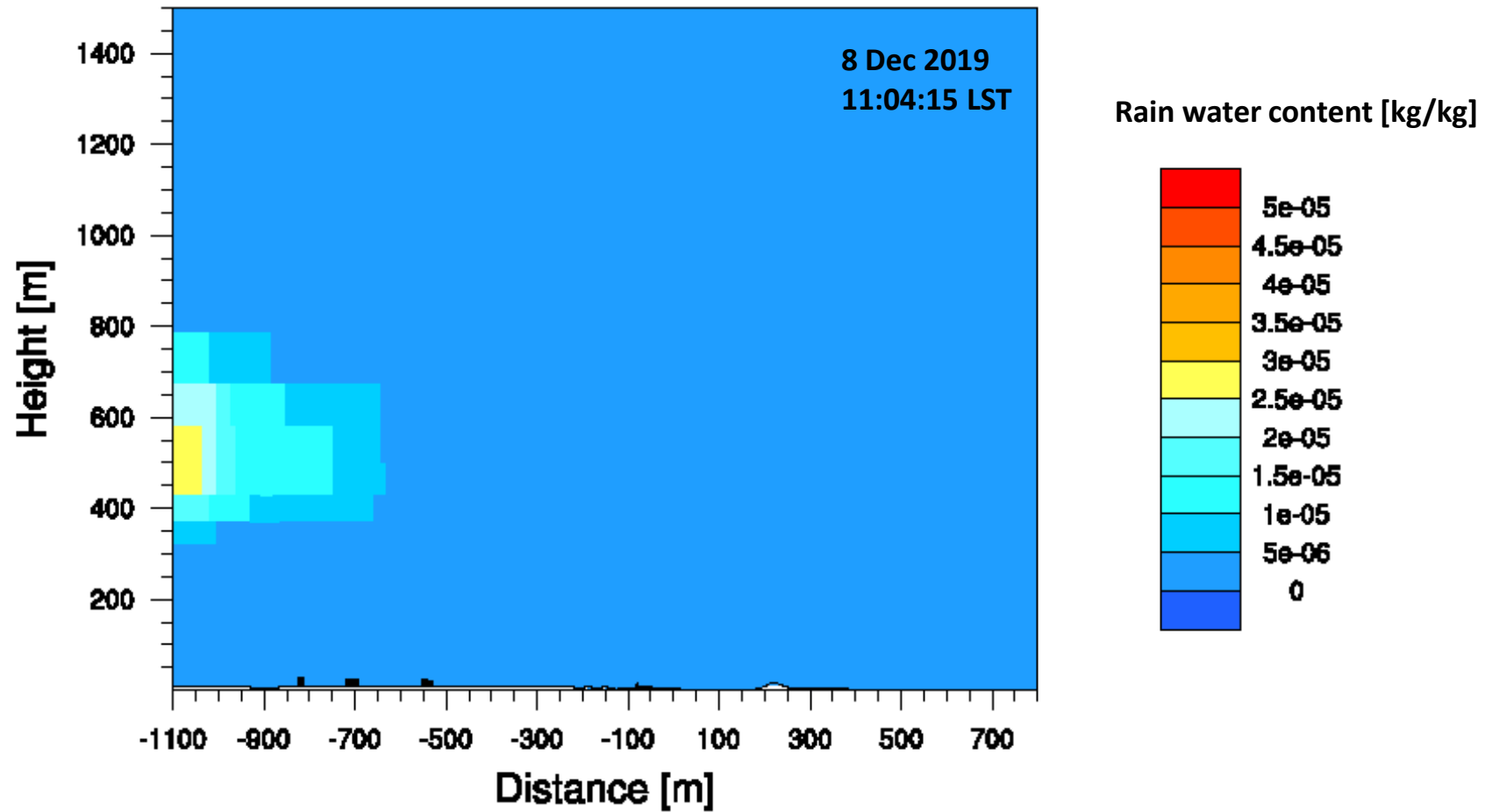
Regen fällt in MITRAS



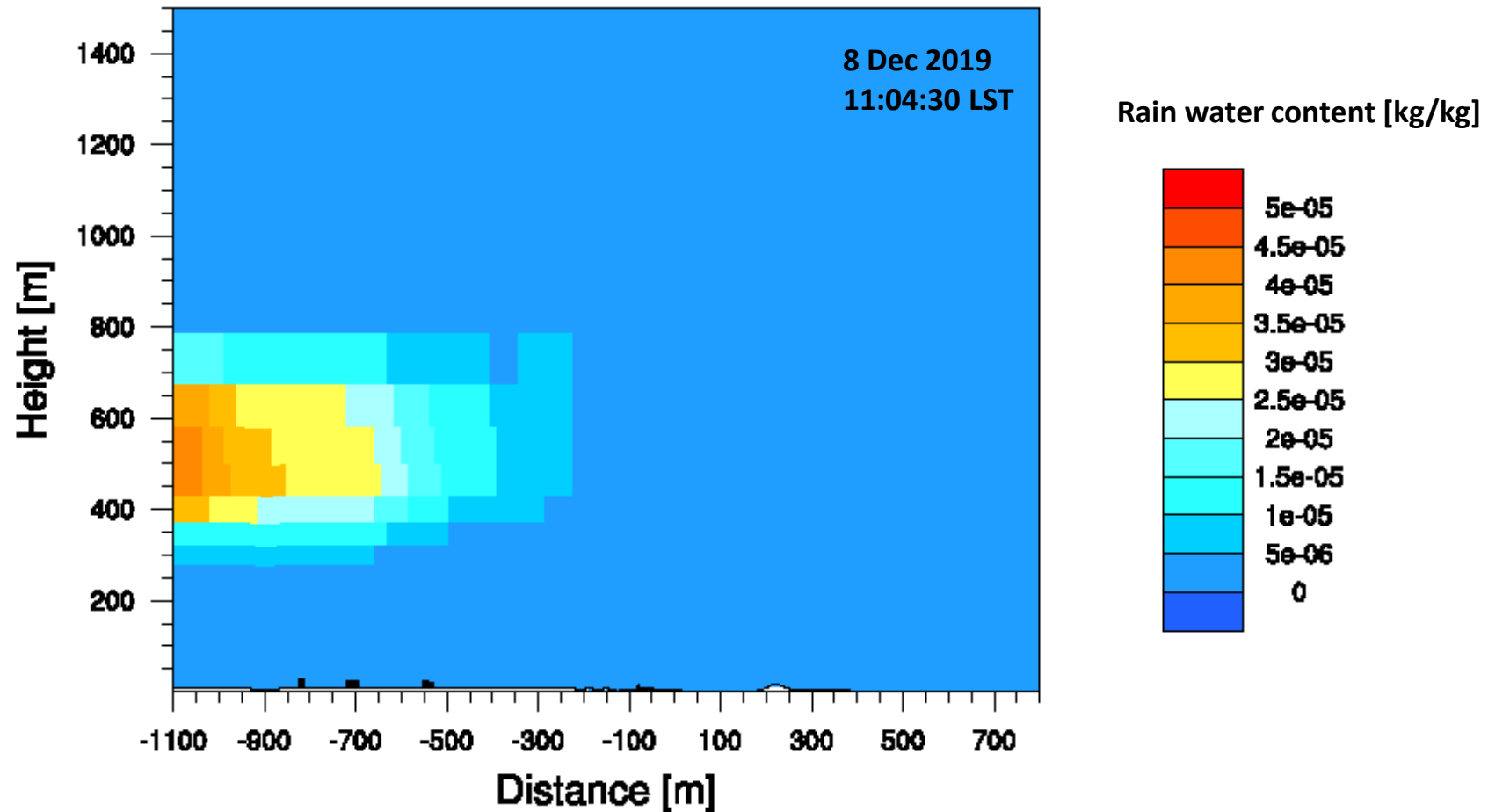
Regen fällt in MITRAS



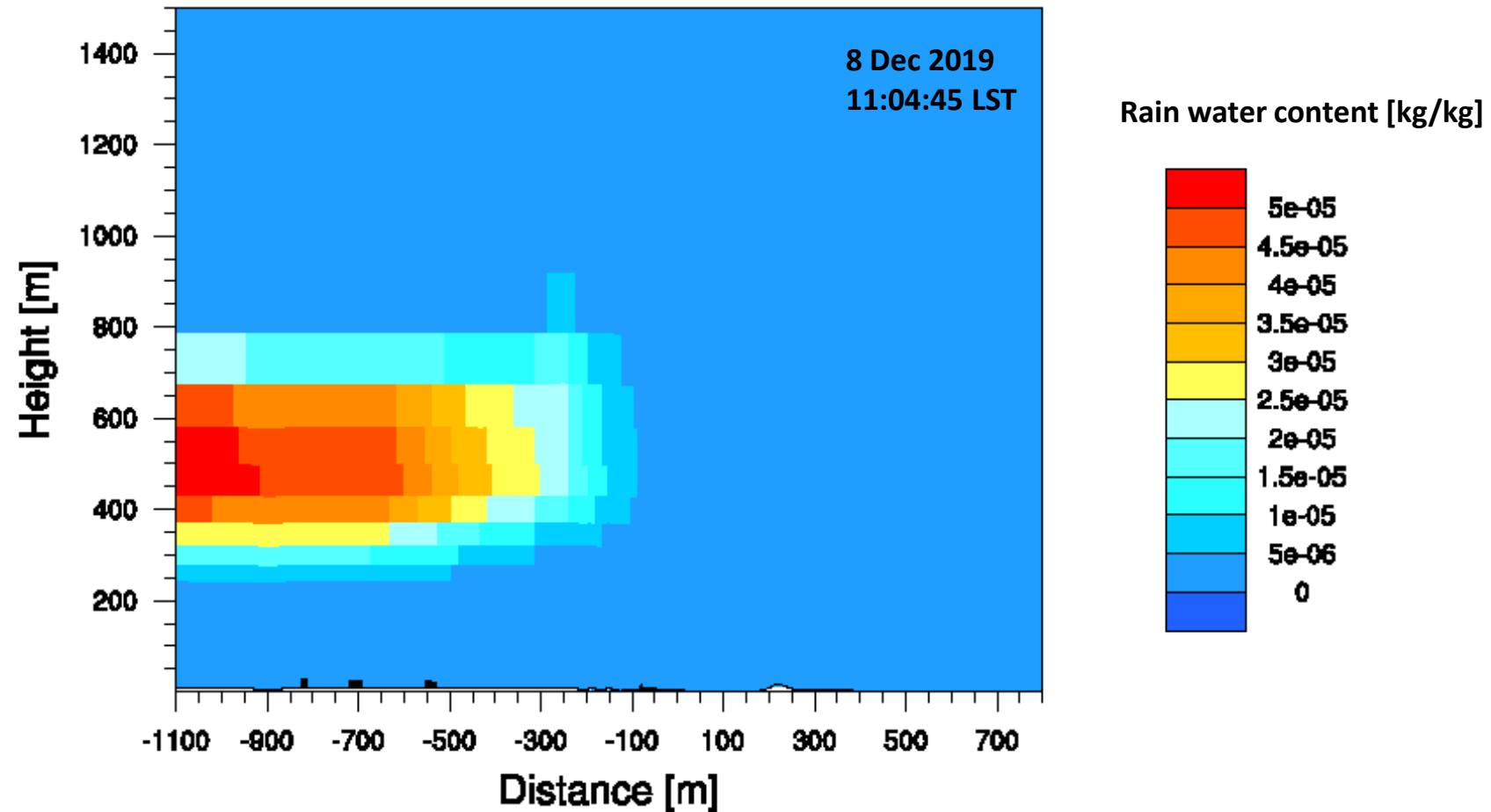
Regen fällt in MITRAS



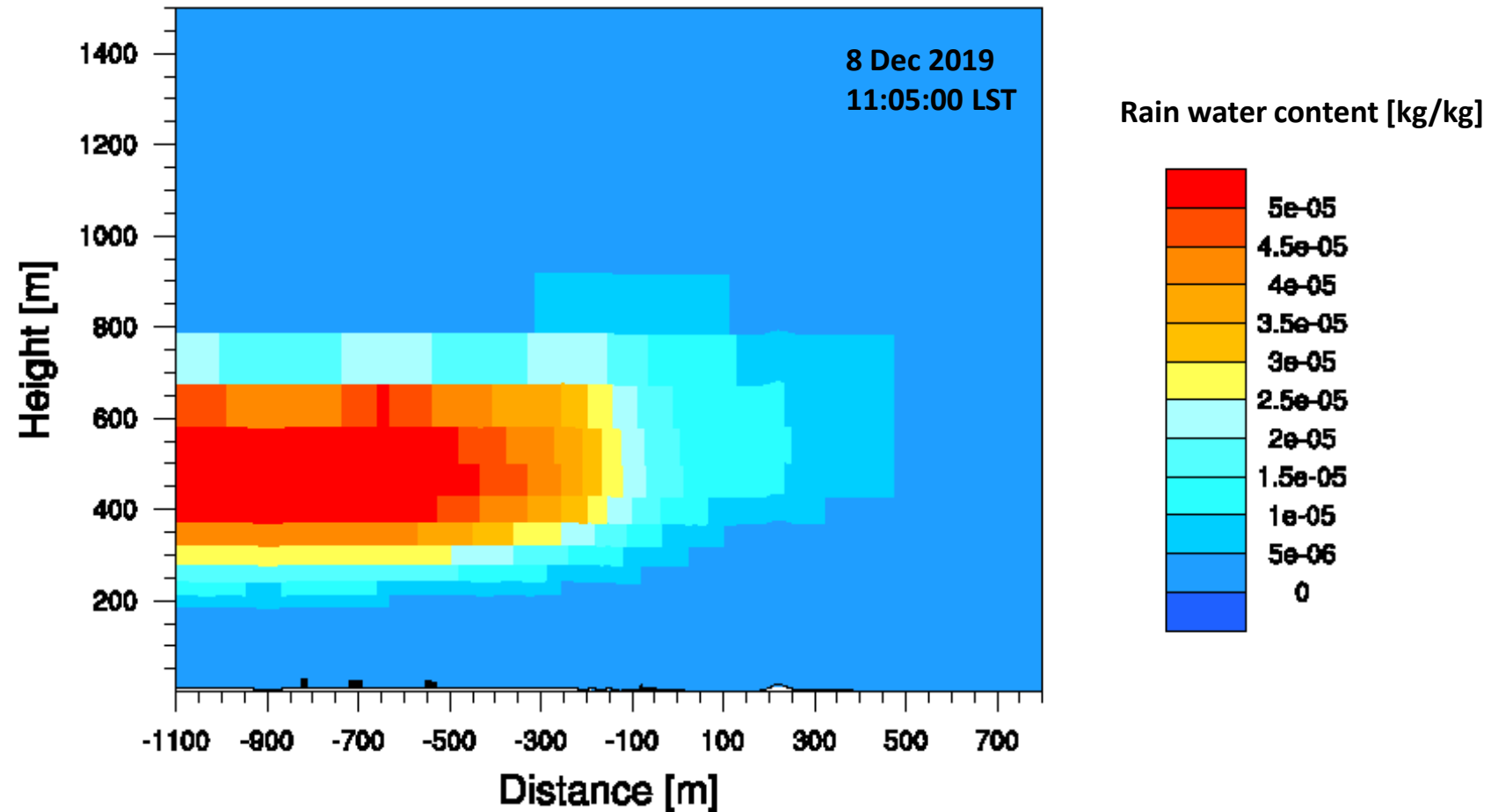
Regen fällt in MITRAS



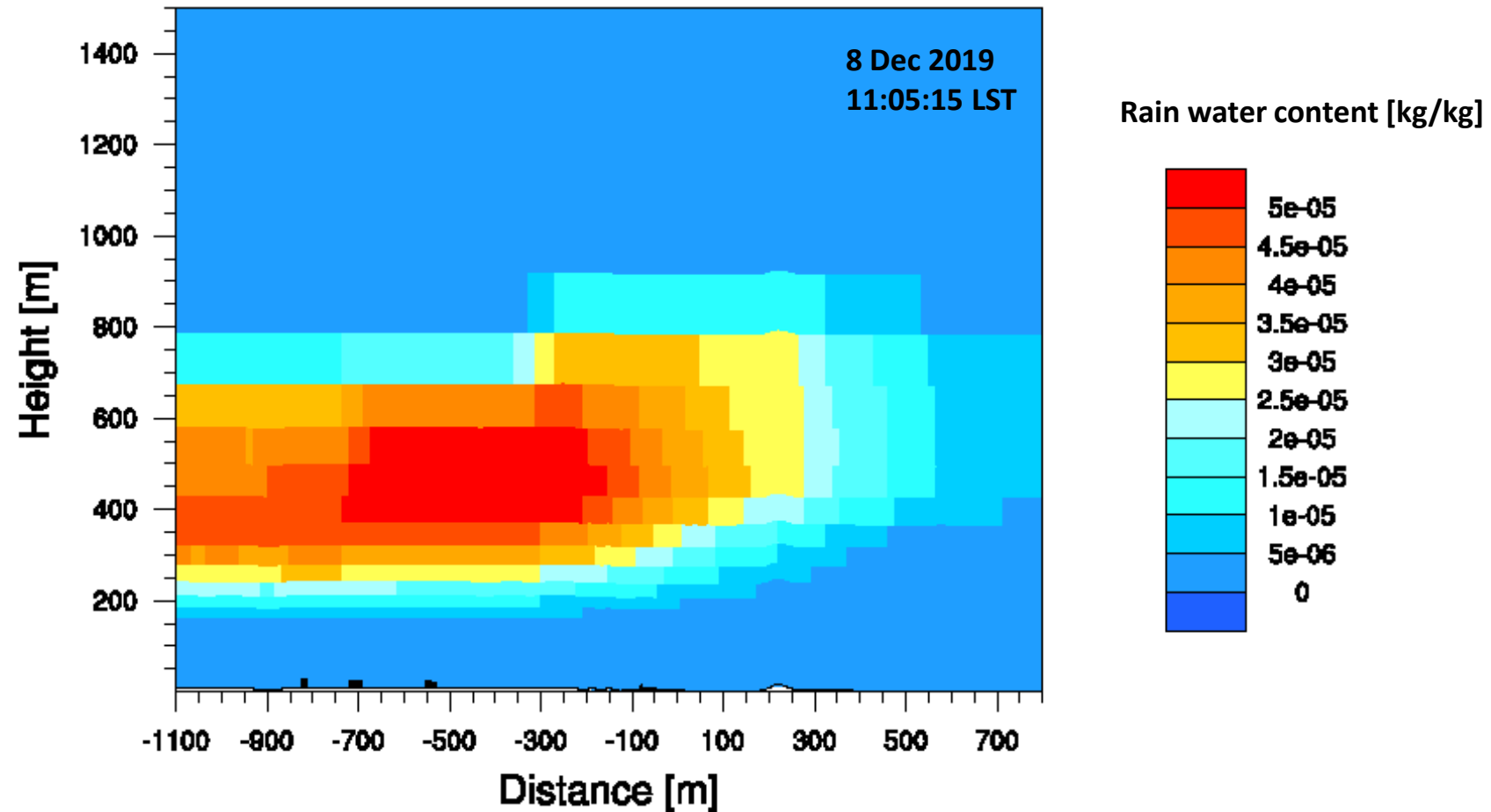
Regen fällt in MITRAS



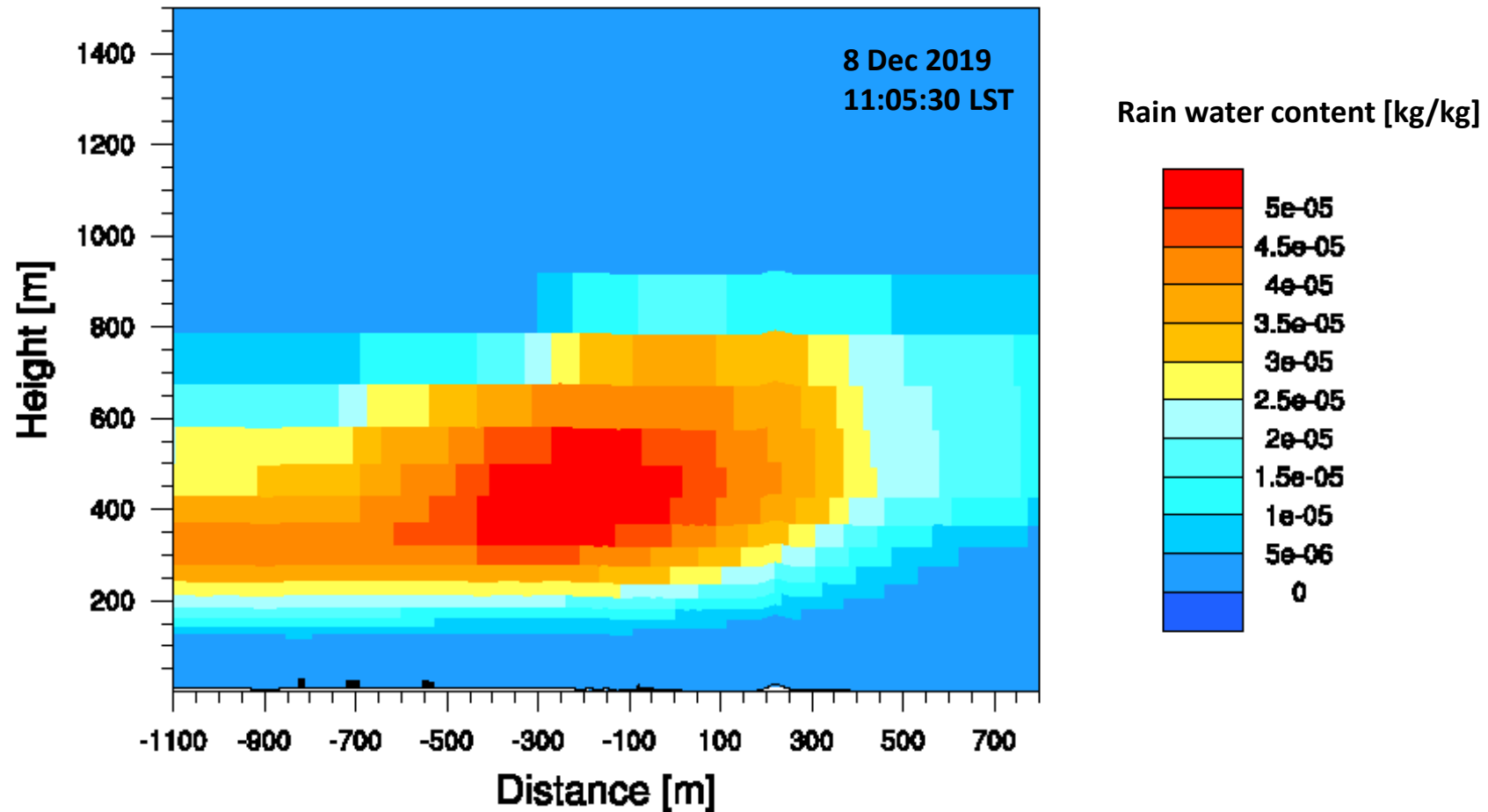
Regen fällt in MITRAS



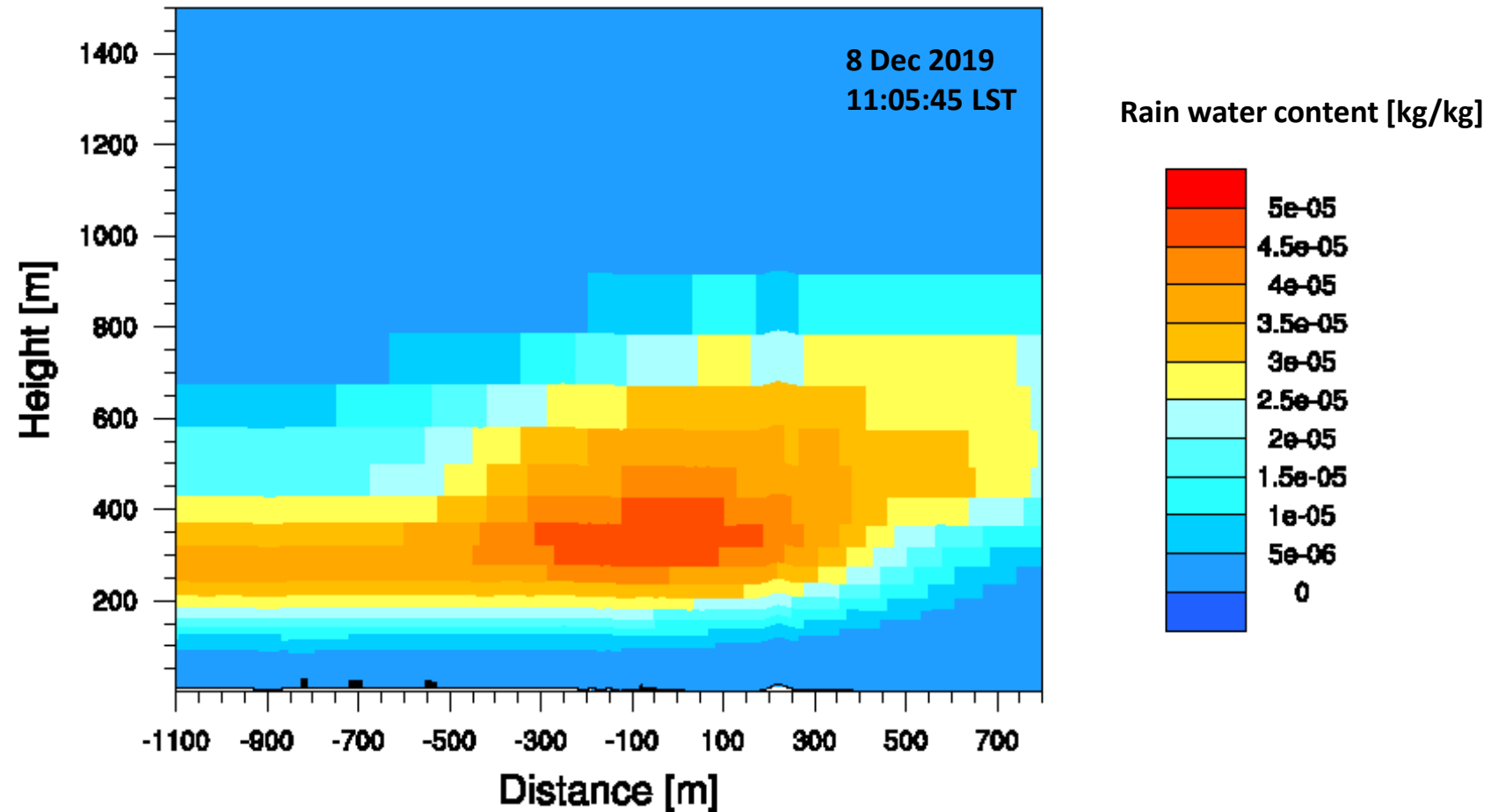
Regen fällt in MITRAS



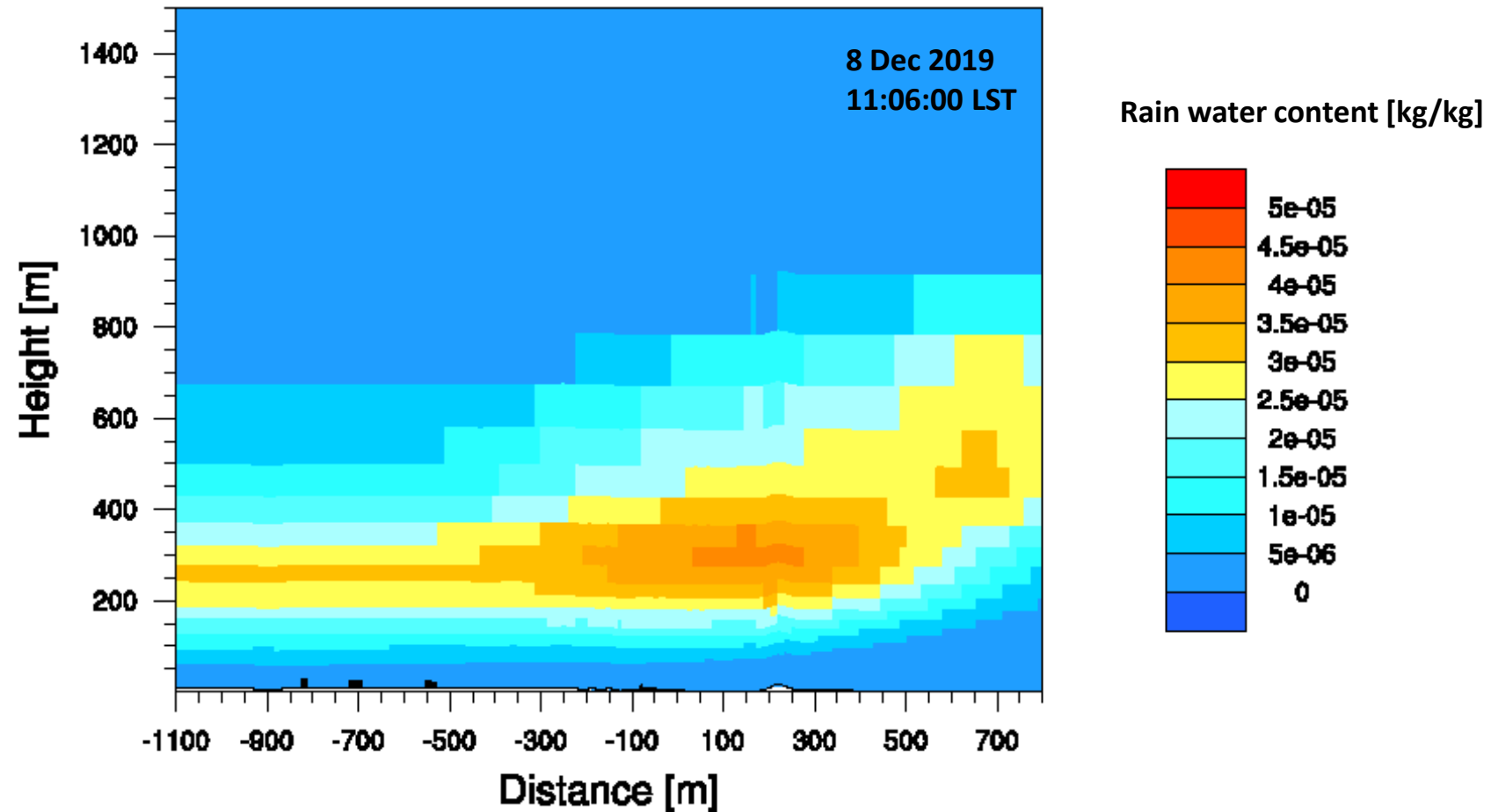
Regen fällt in MITRAS



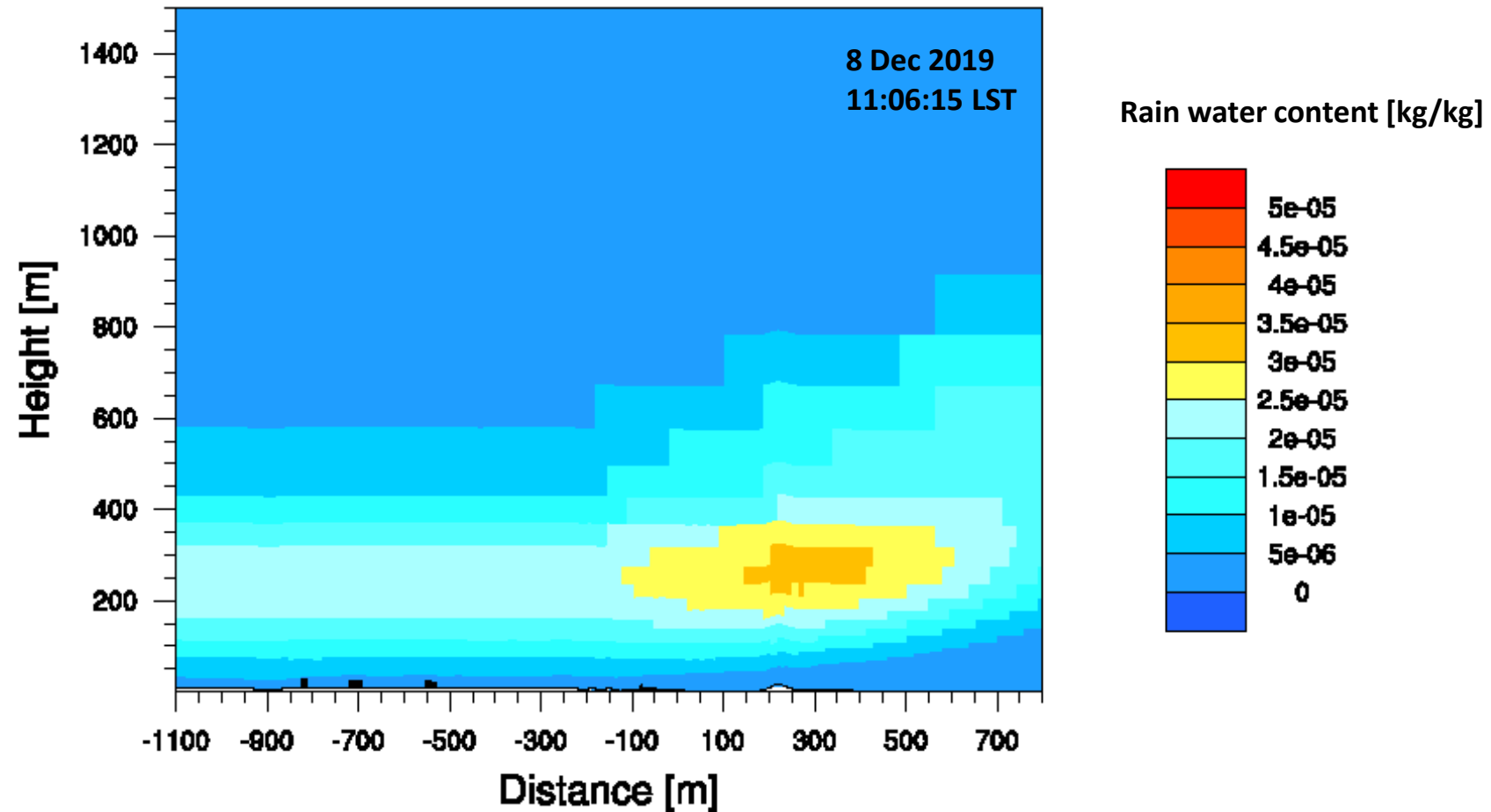
Regen fällt in MITRAS



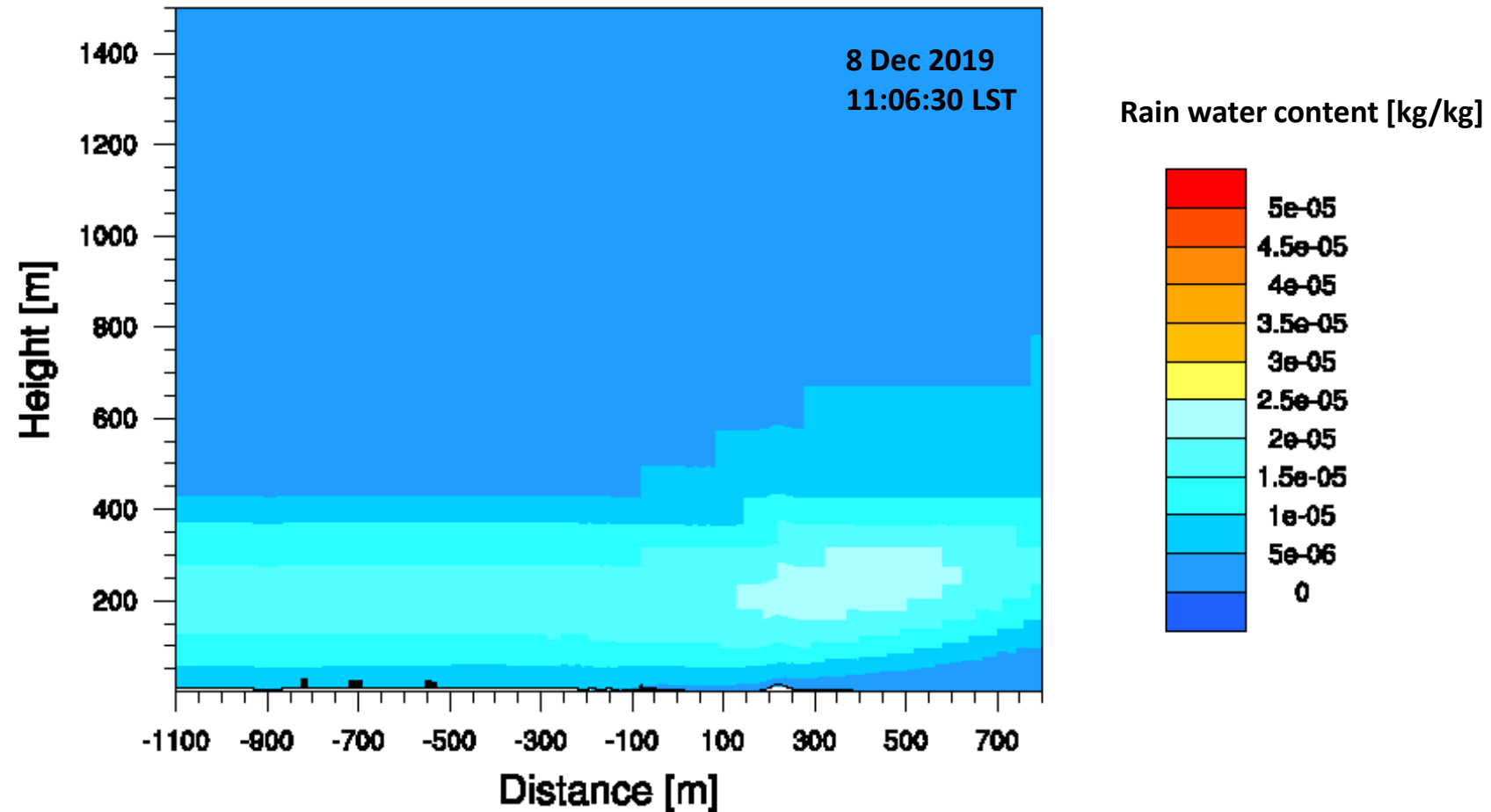
Regen fällt in MITRAS



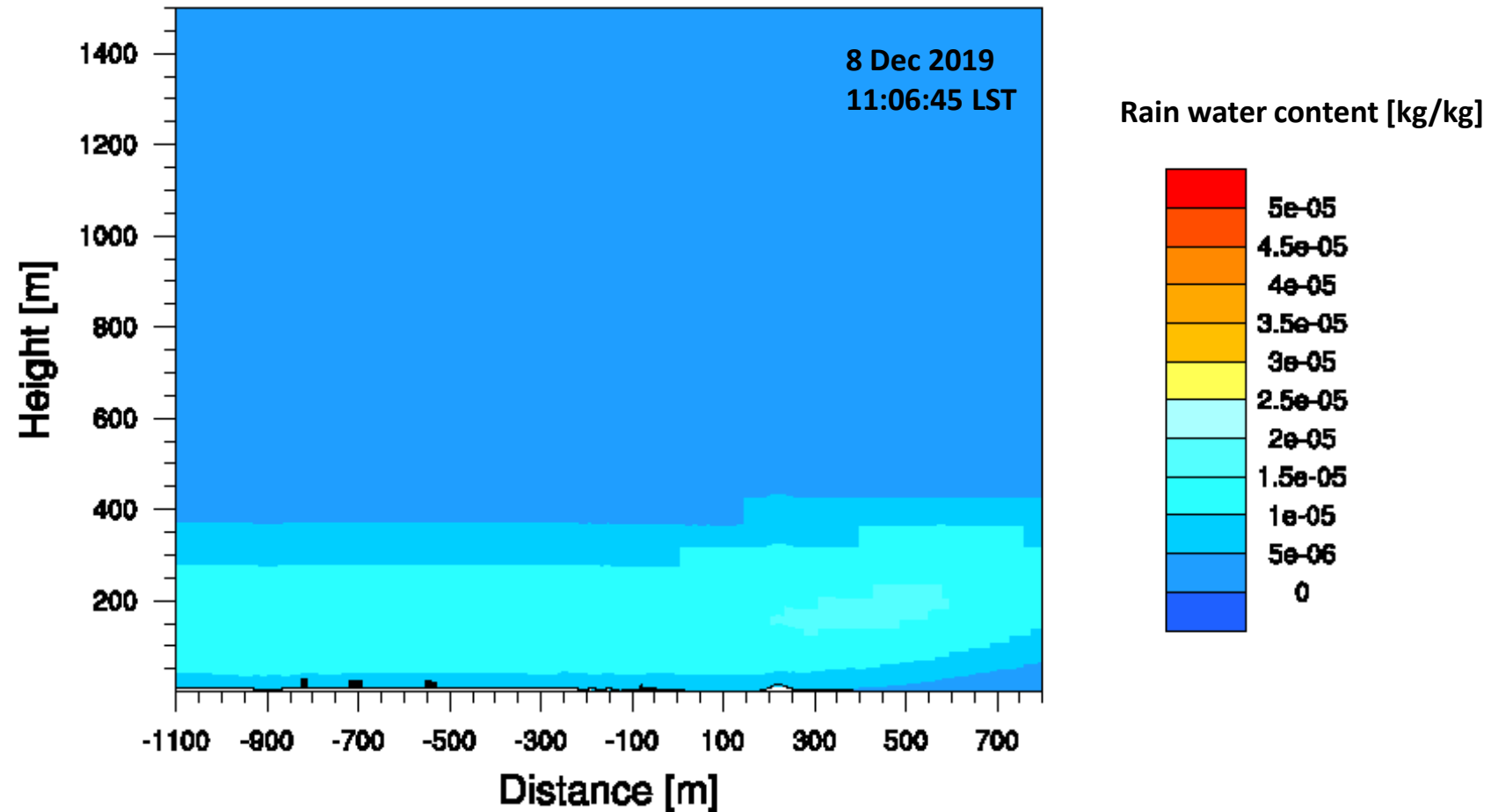
Regen fällt in MITRAS



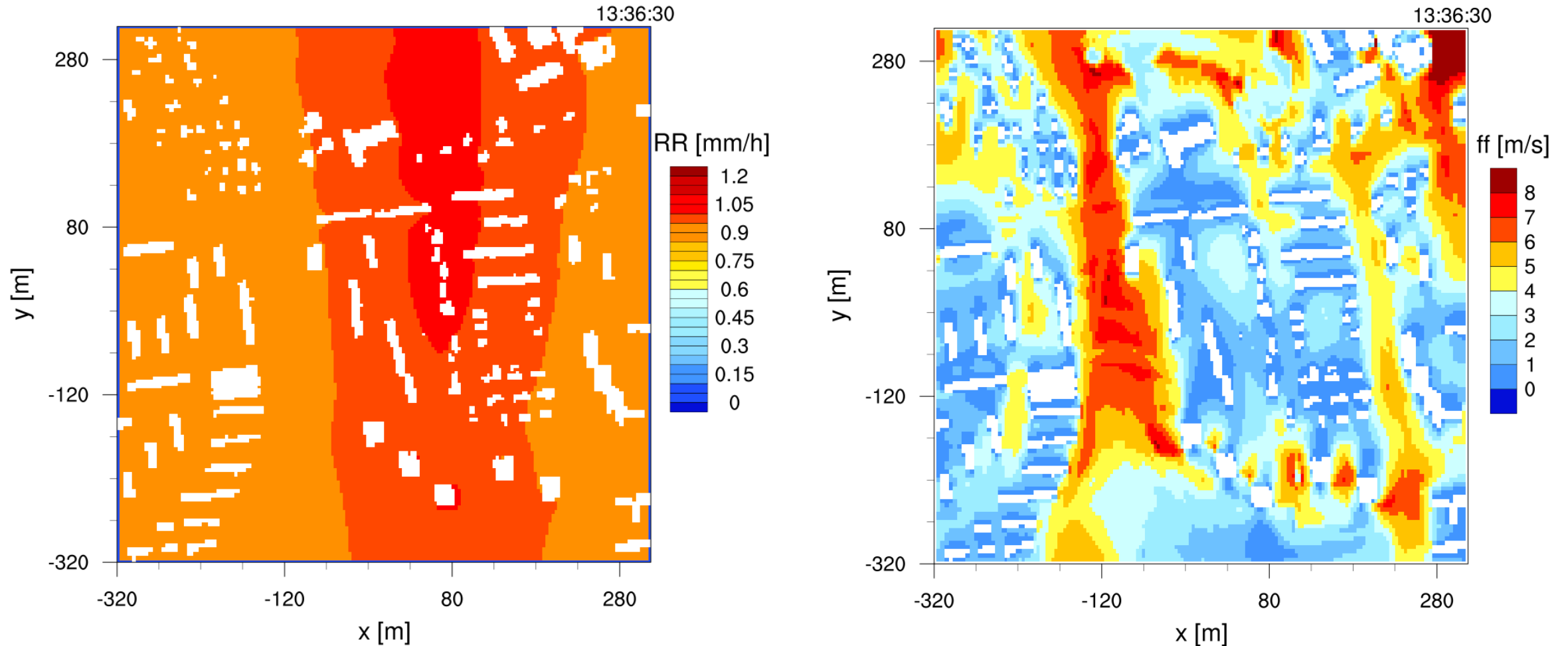
Regen fällt in MITRAS



Regen fällt in MITRAS



Regenraten und Windgeschwindigkeit am Boden mit MITRAS simuliert

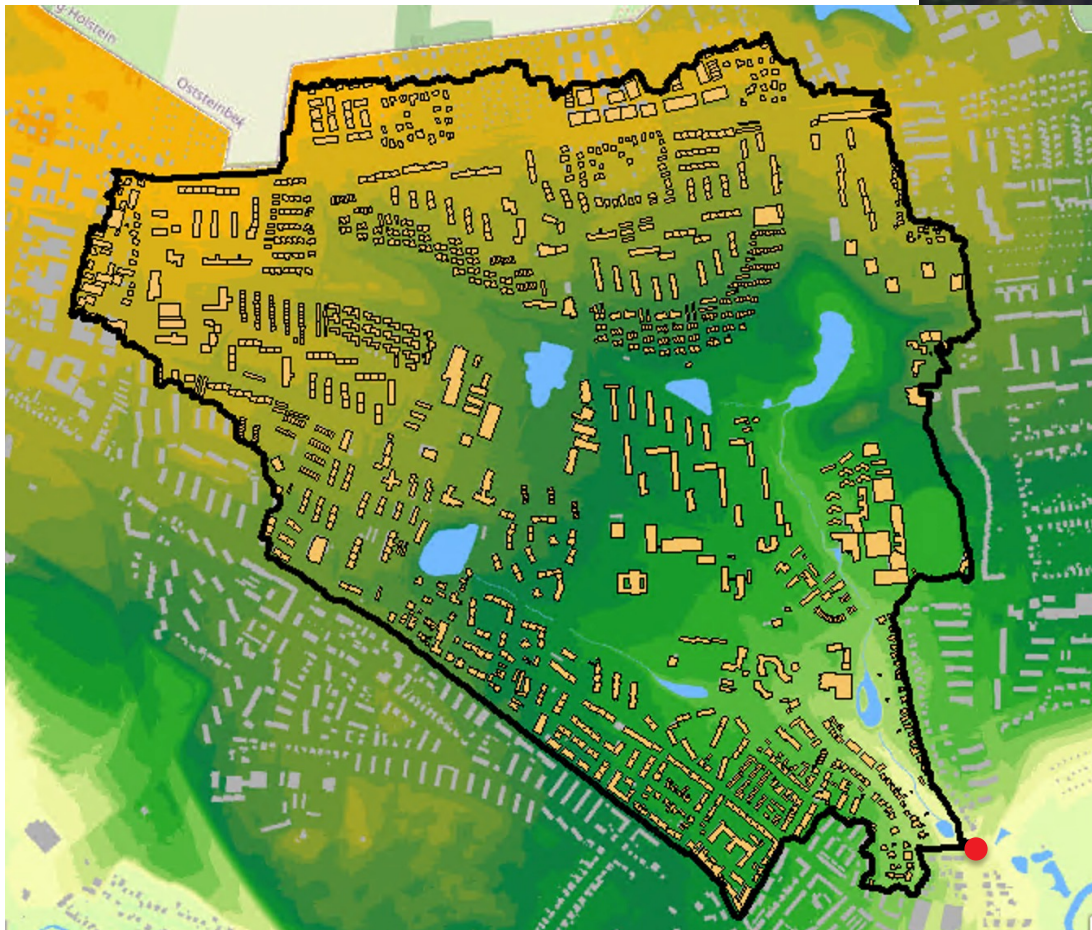


Zwischenfazit

- MITRAS berechnet unter anderem die Prozesse, die den Niederschlag auf dem Weg zum Boden verändern
- Niederschlag kommt anders am Boden an, als von den Radardaten in der Höhe gemessen
- Niederschlagsraten werden dadurch wesentlich feiner aufgelöst
- Nicht gezeigt:
 - Gröber auflösende Radardaten zeigen geringere Niederschlagsraten
 - Das hochauflösende X-Band Radar zeigt höhere Niederschlagsraten
 - MITRAS berechnet teilweise noch höhere Niederschlagsraten
 - Messungen am Boden zeigen sehr hohe Niederschlagsraten

Hydrologische und hydrodynamisch-numerische Modellierung

Fokus- und Modellgebiet Sturzflutereignis 10.05.2018









Plettenbergstraße



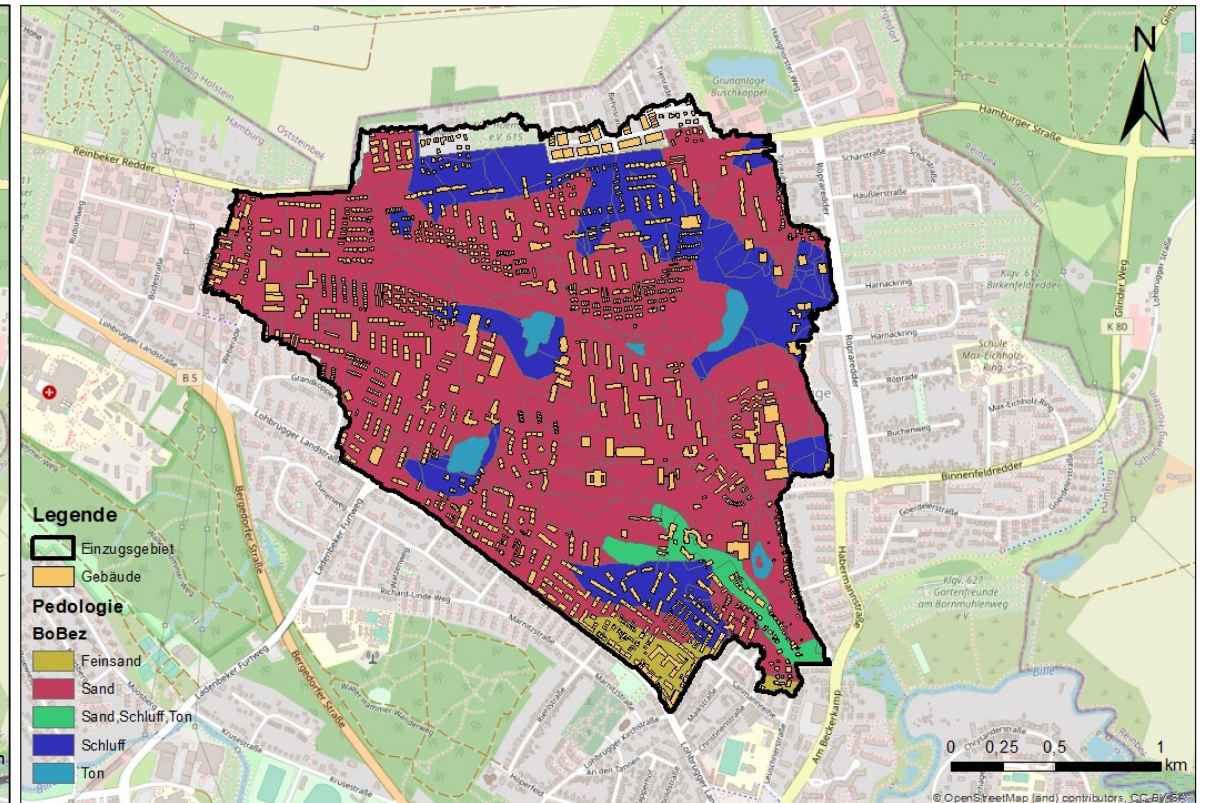
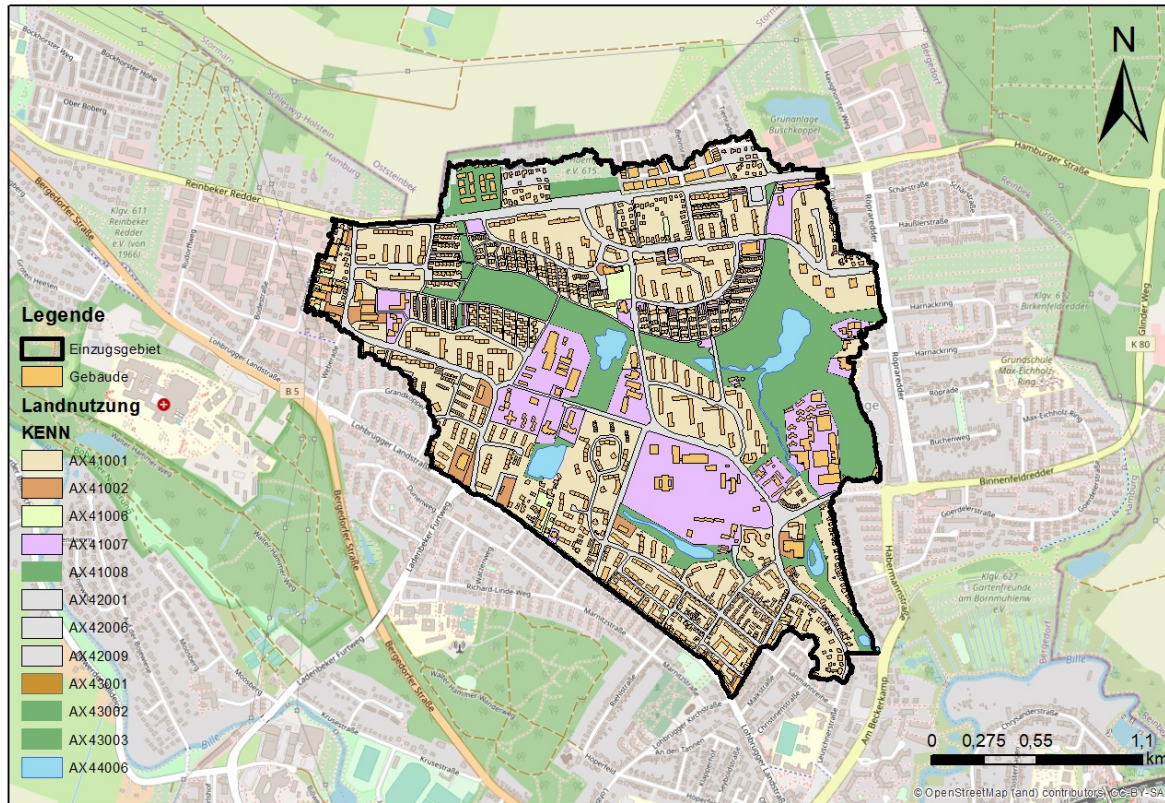
<https://www.youtube.com/shorts/WwCmLVcGILU>

Lohbrücke: Einzugsgebiet des Bornmühlenbachs



Lohbrügge: Einzugsgebiet des Bornmühlenbachs

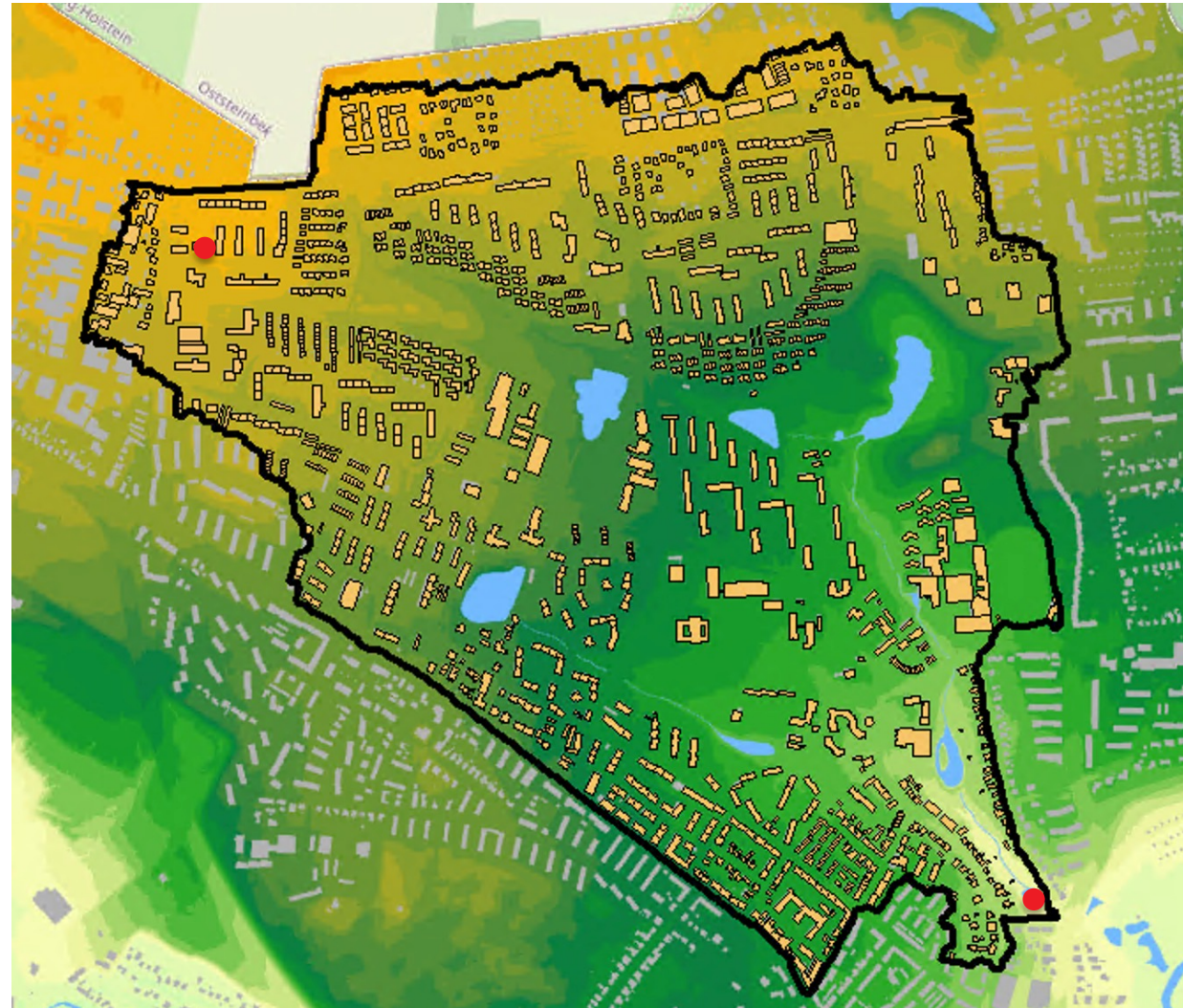
≈ 2 km²



Landnutzungsdaten und Pedologie, Freie und Hansestadt Hamburg, Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung (LGV)

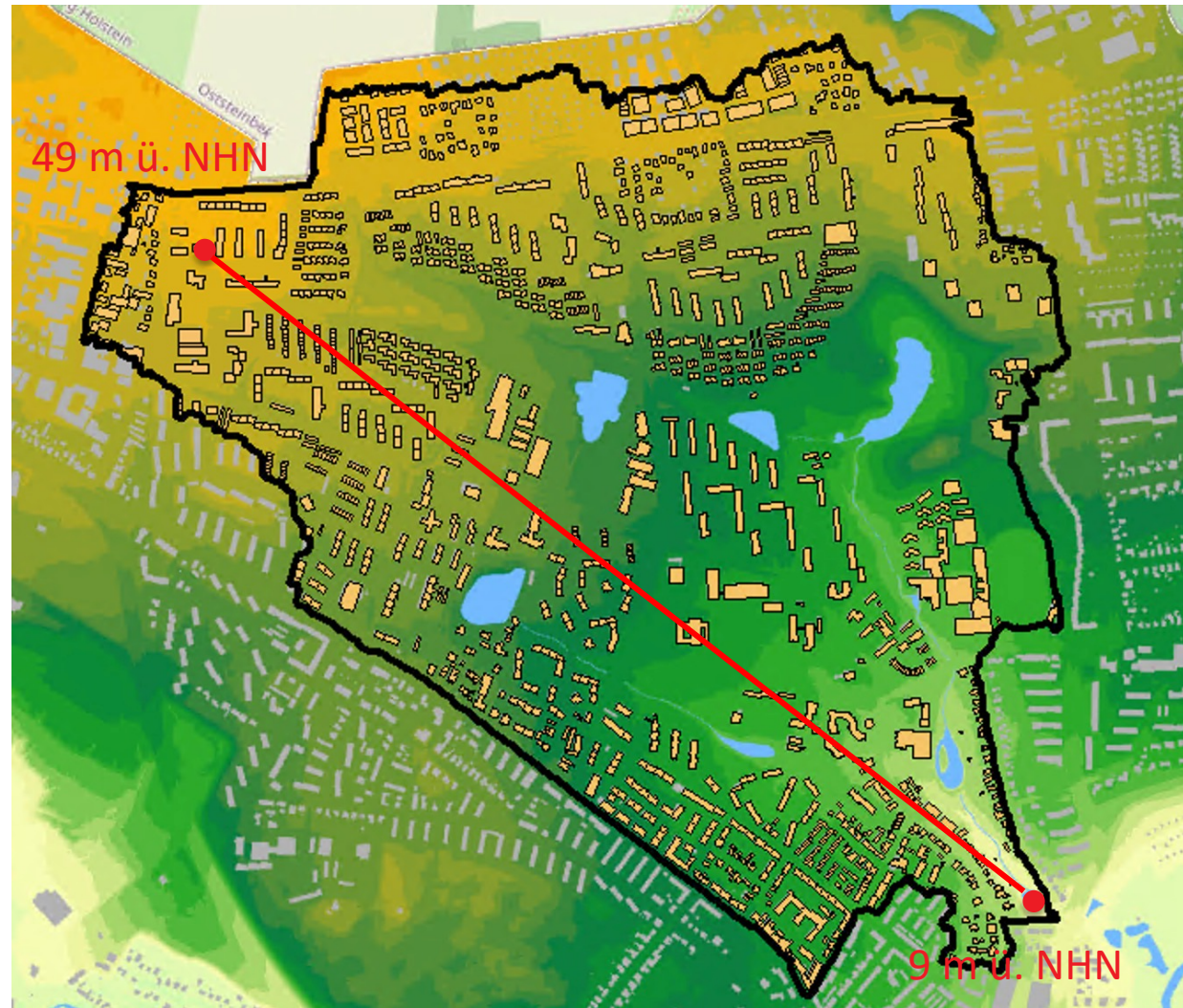
Lohbrügge: Einzugsgebiet des Bornmühlenbachs

Digitales Höhenmodell
DGM1



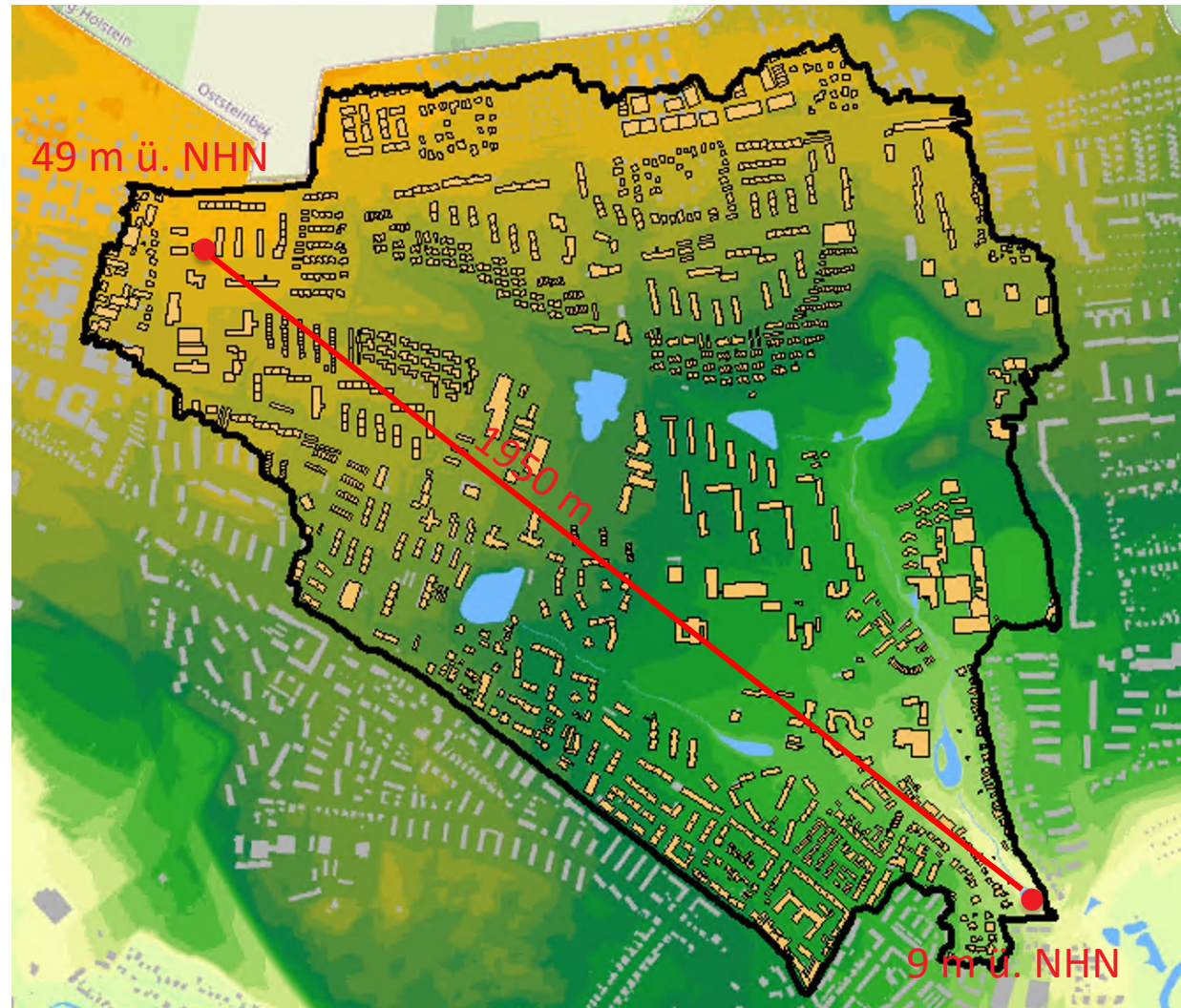
Lohbrügge: Einzugsgebiet des Bornmühlenbachs

Digitales Höhenmodell
DGM1



Lohbrügge: Einzugsgebiet des Bornmühlenbachs

Digitales Höhenmodell
DGM1





KalypsoHydrology

Wasserbilanz:

$$P = Q + E + /-\Delta S$$

P = Precipitation

Q = Runoff

E = Evaporation

ΔS = change of storage

- Niederschlags-Abfluss-Modell (NA-Modell)
- Prozesse werden durch ein komplexes System von (Einzellinear-)Speichern und Speicherkaskaden abgebildet
- Abflussbildung (Hydrotope), Abflusskonzentration (Teileinzugsgebiete), (flood) routing (Gerinne)



KalypsoHydrology

Wasserbilanz:

$$P = Q + E + /-\Delta S$$

P = Precipitation / Niederschlag

Q = Runoff / Abfluss

E = Evaporation / Verdunstung

ΔS = change of storage / Speicheränderung

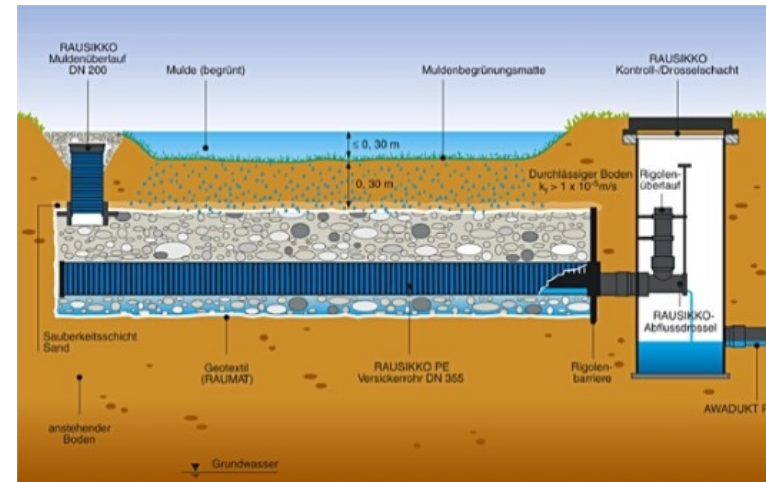
- Niederschlags-Abfluss-Modell (NA-Modell)
- Prozesse werden durch ein komplexes System von (Einzellinear-)Speichern und Speicherkaskaden abgebildet
- Abflussbildung (Hydrotope), Abflusskonzentration (Teileinzugsgebiete), (flood) routing (Gerinne)

Ergebnis:
Abfluss

Abbildung von dezentralen Regenwasser- bewirtschaftungs- maßnahmen



z. B. Gründächer,
Mulden-Rigolen-
Systeme



[http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/
Haustechnik_Regenwasserversickerung_160288.html](http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Haustechnik_Regenwasserversickerung_160288.html)

(Fluiddynamik), Hydrodynamisch-Numerische Modellierung

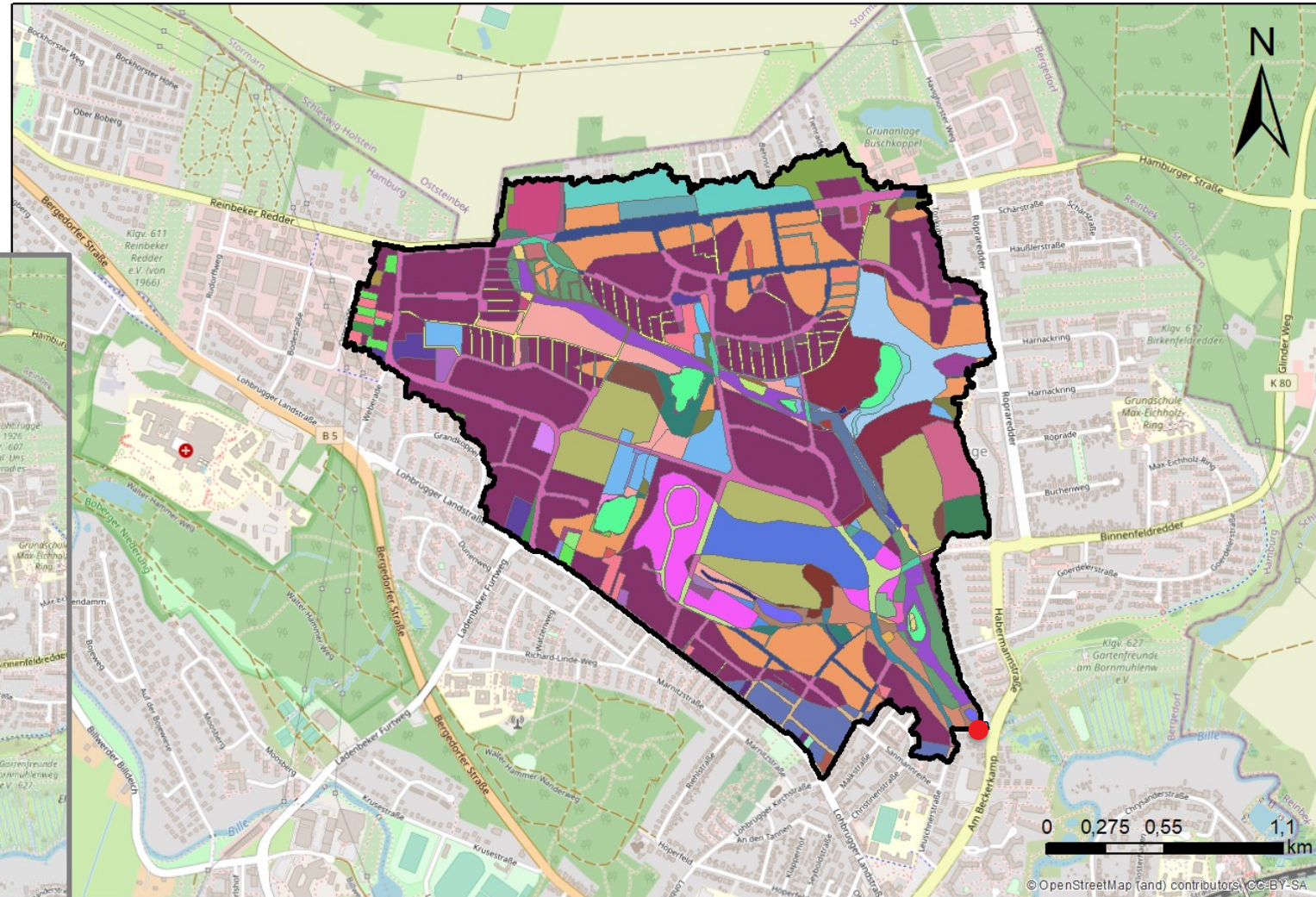
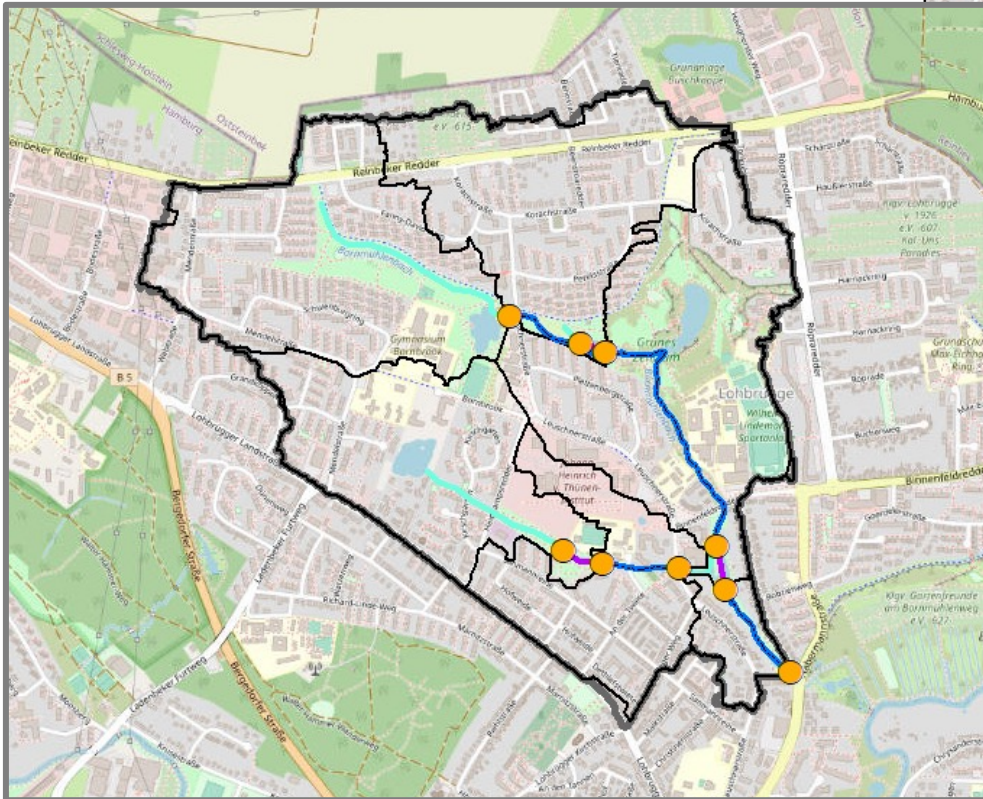
- Massenerhaltung
- Impulserhaltung
- Energieerhaltung

Ergebnis: Wasserstand, Fließgeschwindigkeiten

Hydrologisches Modell

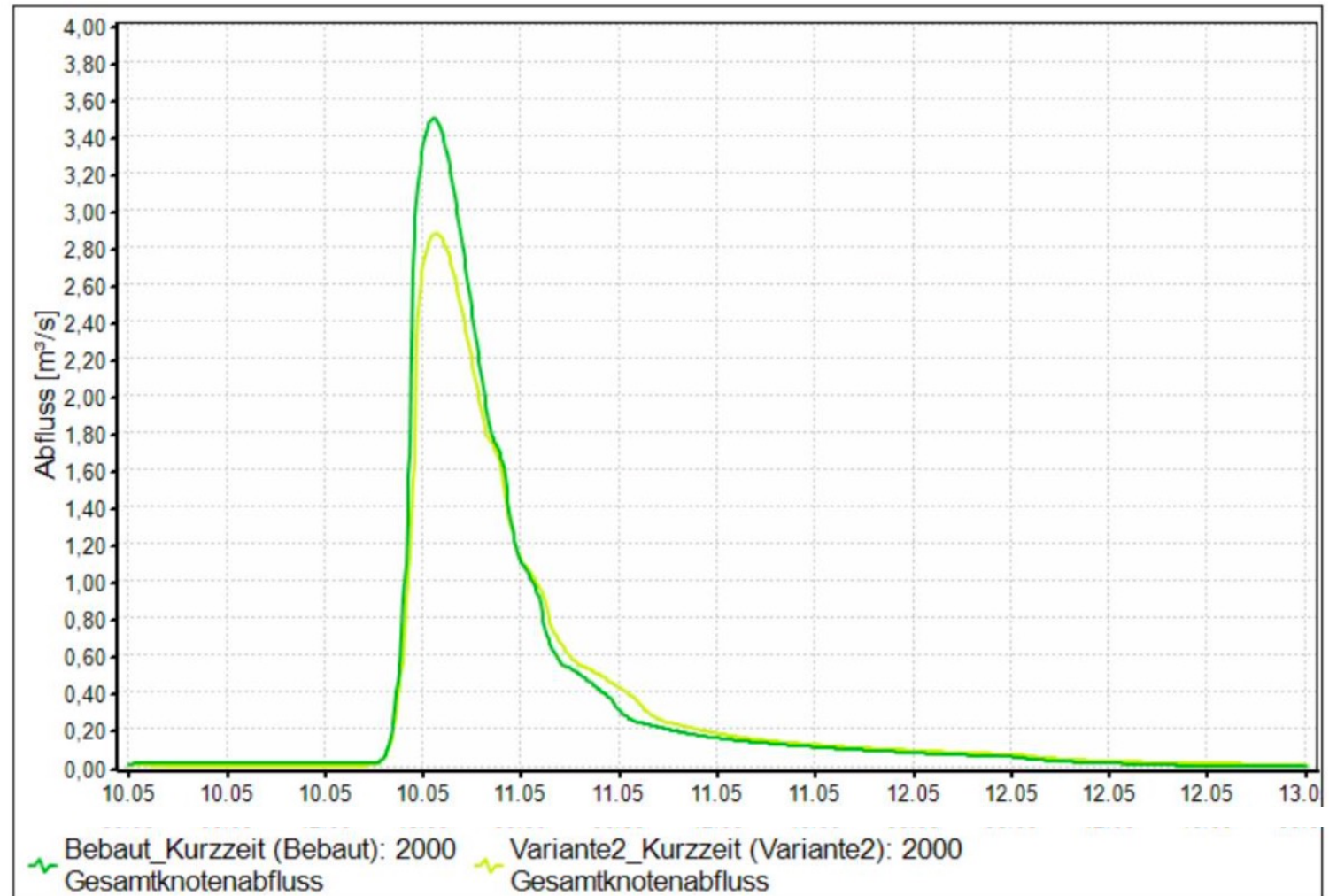
Hydrotupe

Netzelemente



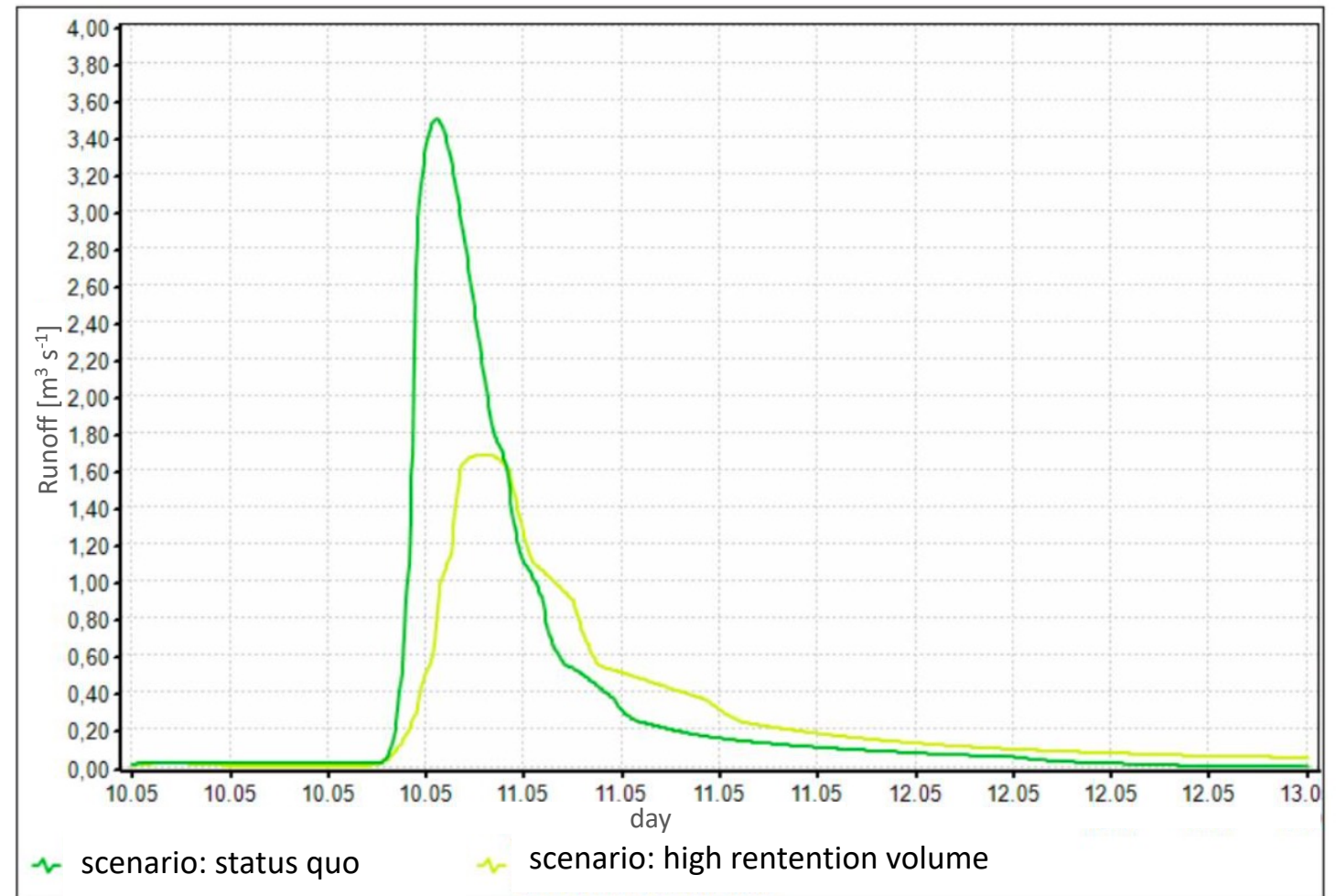
Ergebnisse Hydrologisches Modell

- Bebaut_Kurzzeit:
 - Status quo
- Variante2_Kurzzeit:
 - flächendeckend Maßnahmen



Ergebnisse Hydrologisches Modell

- Bebaut_Kurzzeit:
 - Status quo
- Variante3_Kurzzeit:
 - starke Erhöhung Rückhalte-
volumen



Modellentwicklung

Niederschlags-Abfluss-Modellierung mit dem Hydrodynamisch-Numerischen Modell TELECMAC-2D

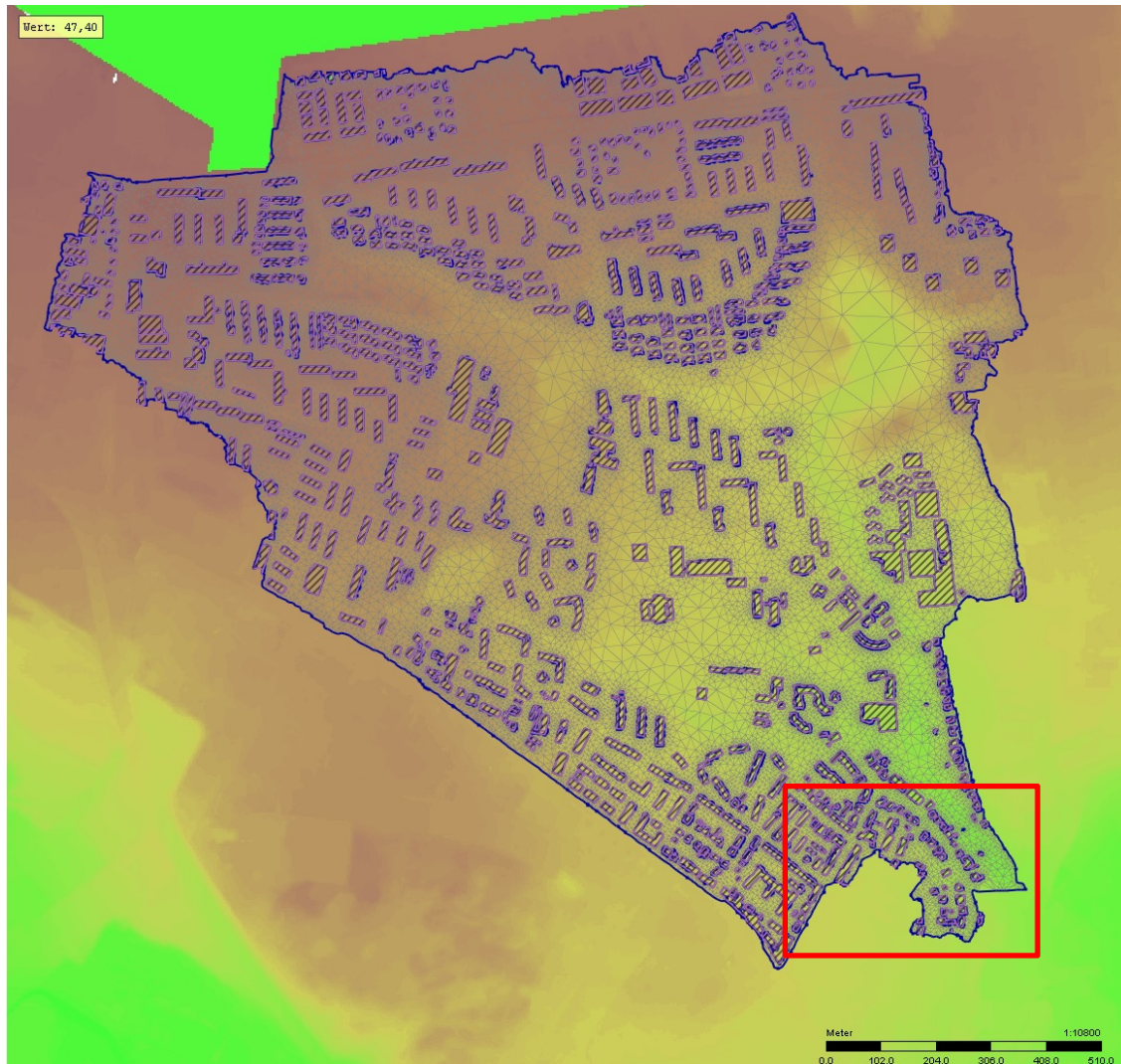
- Initialbedingungen aus hydrologischem Modell
- Implementation einer gekoppelten hydrologischen Schicht in TELEMAT-2D
 - Infiltration
 - Bodenwasser
 - Abfluss von Gebäuden
 - ...
- Antrieb durch Niederschlag aus RADKLIM, Radar, MITRAS, ...
 - ortsgenau

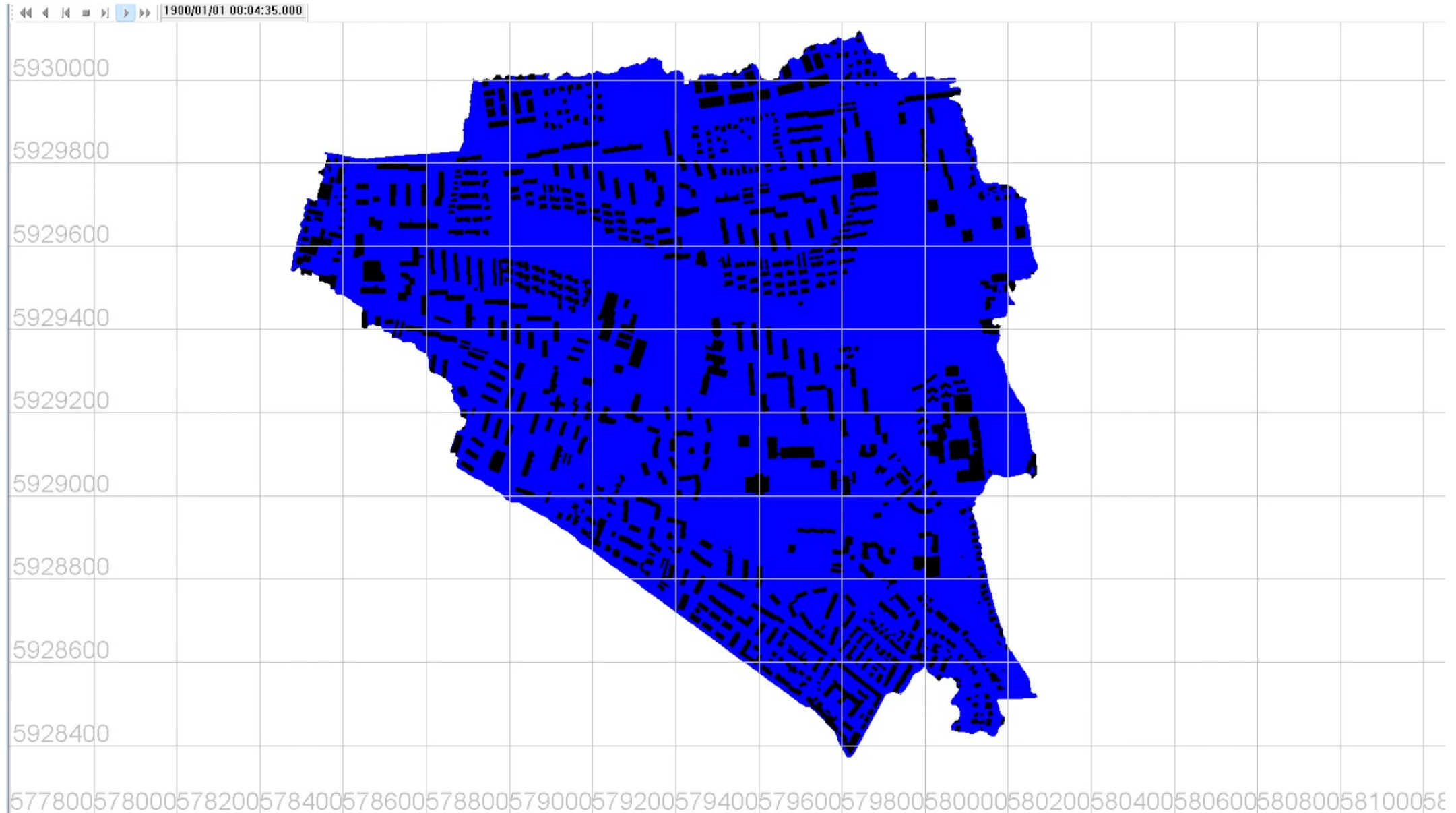
Modellentwicklung

Niederschlags-Abfluss-Modellierung mit dem Hydrodynamisch-Numerischen Modell TELECMAC-2D

- Initialbedingungen aus hydrologischem Modell
- Implementation einer gekoppelten hydrologischen Schicht in TELEMAC-2D
 - Infiltration
 - Bodenwasser
 - Abfluss von Gebäuden
 - ...
- Antrieb durch Niederschlag aus RADKLIM, Radar, MITRAS, ...
 - ortsgenau

Wie genau müssen wir sein? Wie genau können wir sein?





Zusammenfassung und Ausblick

- Fokusgebiet Lohbrügge, Bornmühlenbach, Sturzflutereignis 10.05.2018
- Hydrologisches Modell, Hydrodynamisches-numerisches Modell, Kopplung
- Modellläufe: Vergleich Antriebsdaten
- Wie genau müssen wir sein? Wie genau können wir sein?
- Szenarienentwicklung
- Implementation von Maßnahmen im Modell

Thank you for your attention

Funded by:



Quellen

Björnsen Consulting Engineers GmbH (BCE), & Institute of River & Coastal Engineering (WB-TUHH). (2022). Kalypso. www.sourceforge.net/projects/kalypso

Hervouet, J.M. (2007). Hydrodynamics of free surface flows, modelling with the finite element method. Wiley. 341 pp.

Susanne Holz, BGZ. (2018). Online-Galerie Vom Hamburger Abendblatt vom 11.05.2018
<https://www.abendblatt.de/hamburg/bergedorf/article214257753/So-tobte-das-Unwetter-ueber-dem-Osten-der-Stadt.html>

Freie und Hansestadt Hamburg, Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung (LGV). (2022). DGM, Landnutzungsdaten, Pedologie, Gebäude

Moll, J. (2021). Entwicklung eines Konzepts zur quantitativen Wiederherstellung der natürlichen Wasserbilanz von urbanen Einzugsgebieten. unveröffentlichte Masterarbeit, Technische Universität Hamburg, Institut für Wasserbau

Rehau. (2022). Mulden-Rigolen-System Abbildung. Erlangen. abgerufen von http://www.baunetzwissen.de/standardartikel/Haustechnik_Regenwasserversickerung_160288.html

Dorit M. (2018). Unwetter Hamburg Lohbrügge / Plettenbergstraße 10.5.2018 <https://www.youtube.com/shorts/WwCmLVcGILU>

Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community. (2022). Background map