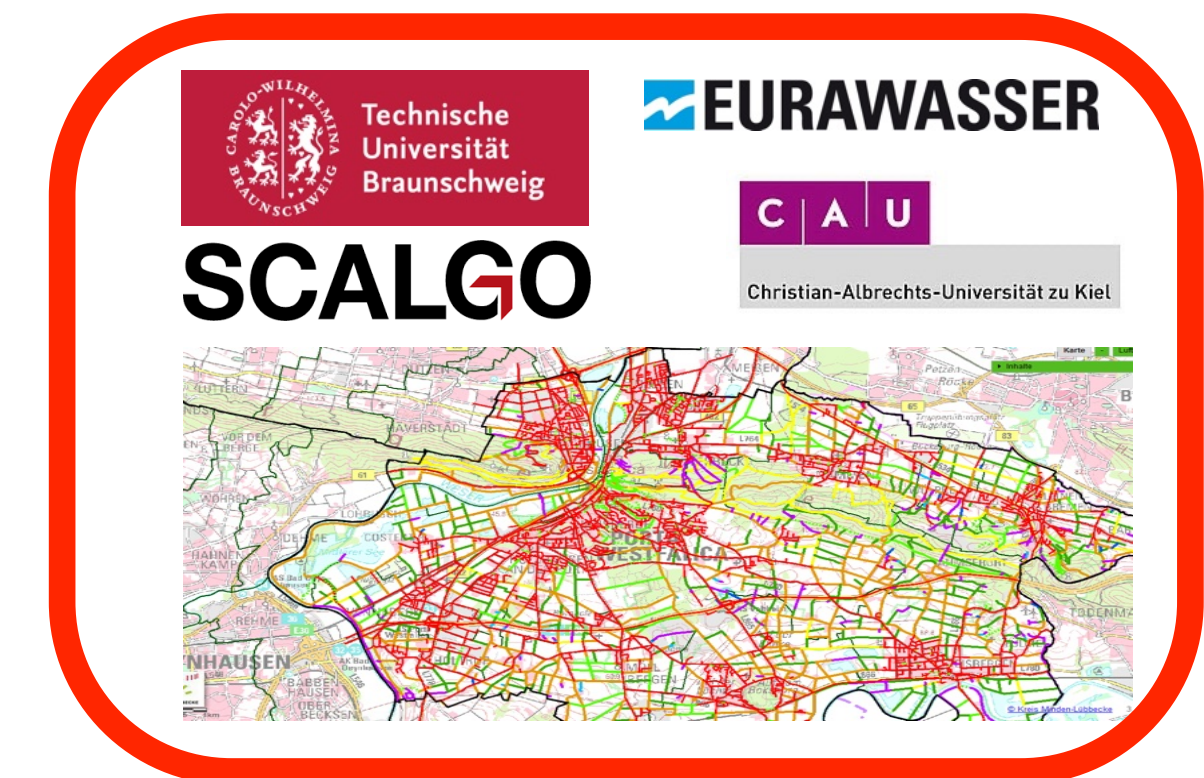


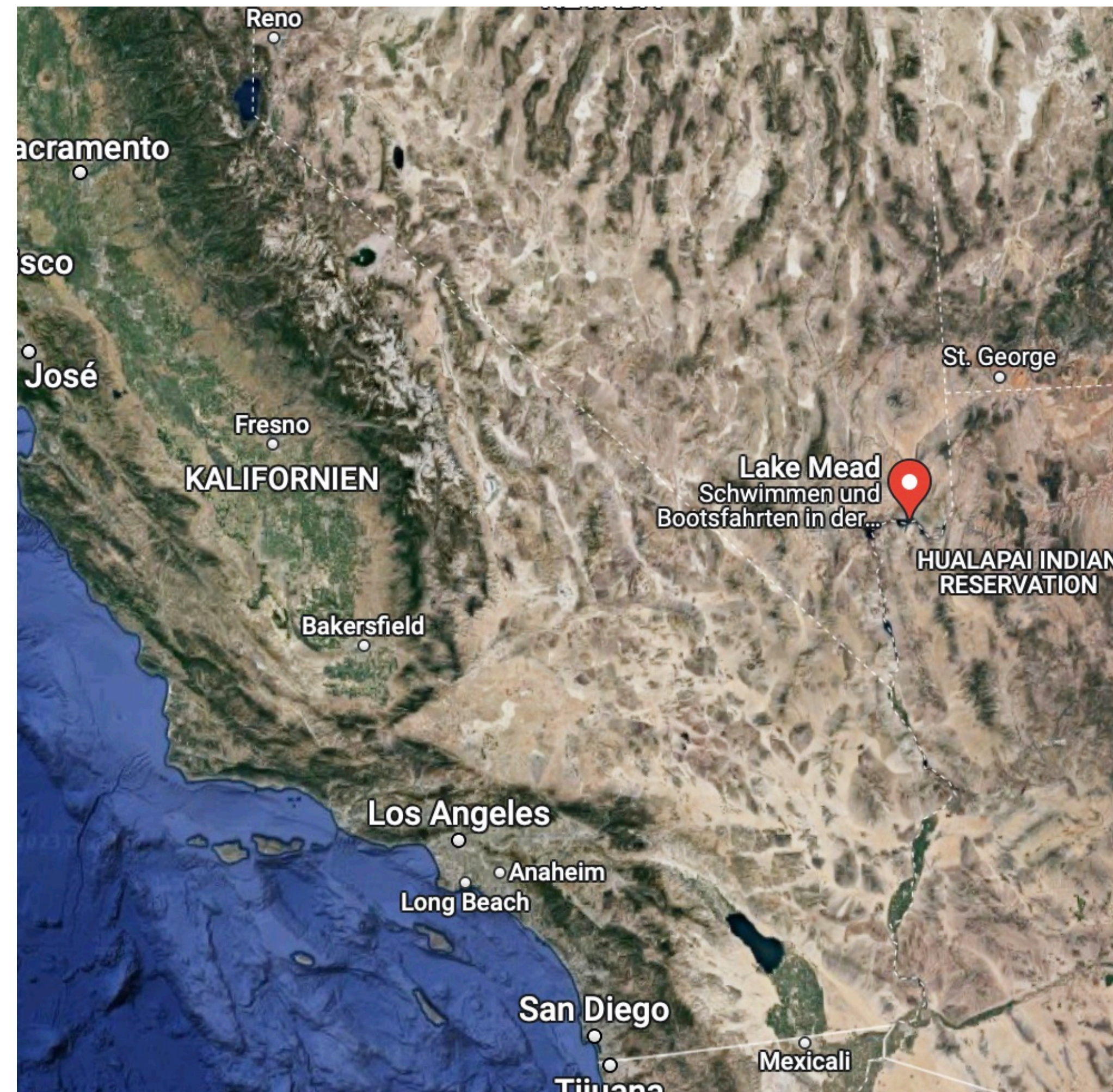


EXDIMUM: Extremwettermanagement mit digitalen Multiskalen-Methoden

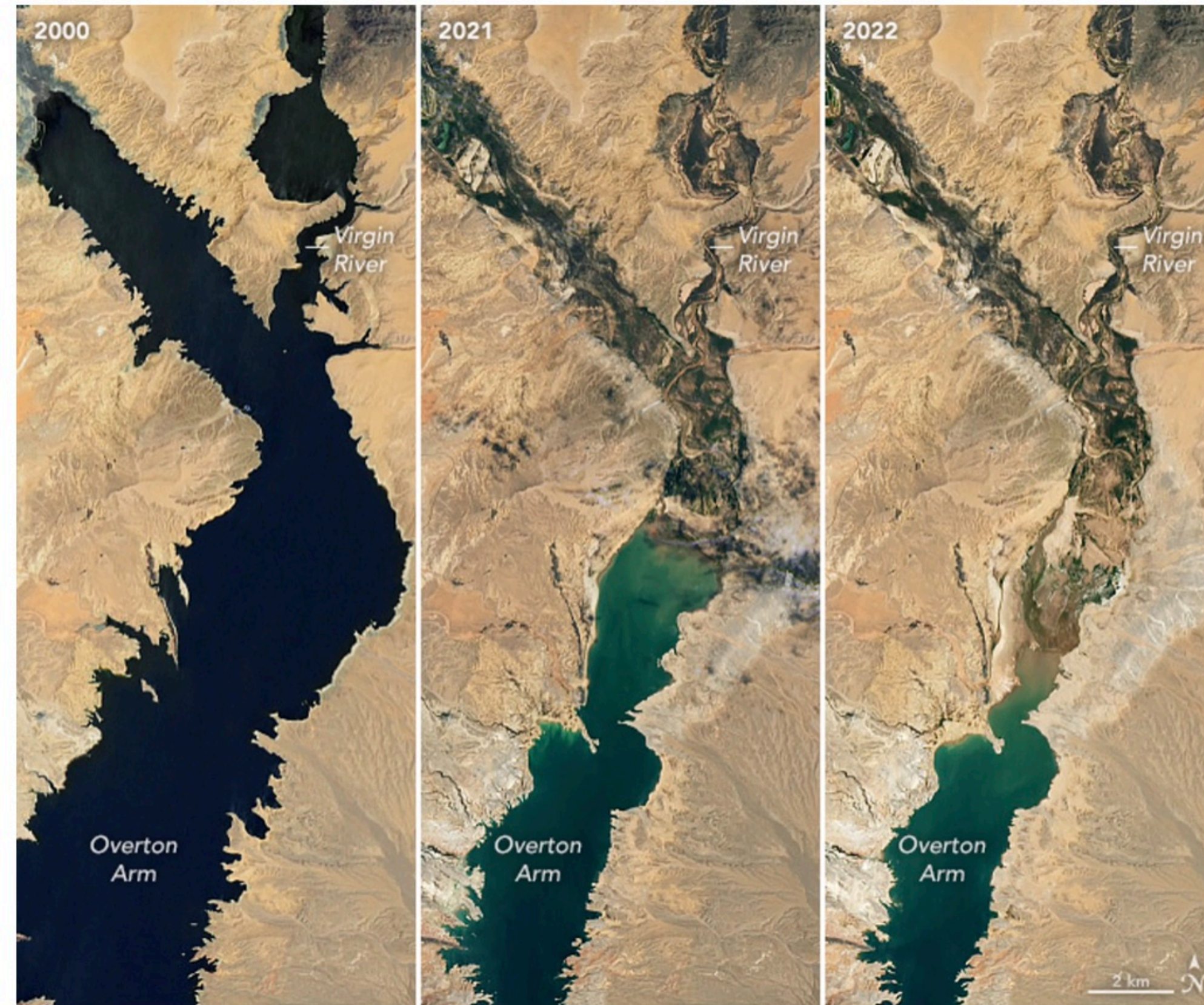
Sándor P. Fekete
Department of Computer Science
TU Braunschweig



Situation weltweit



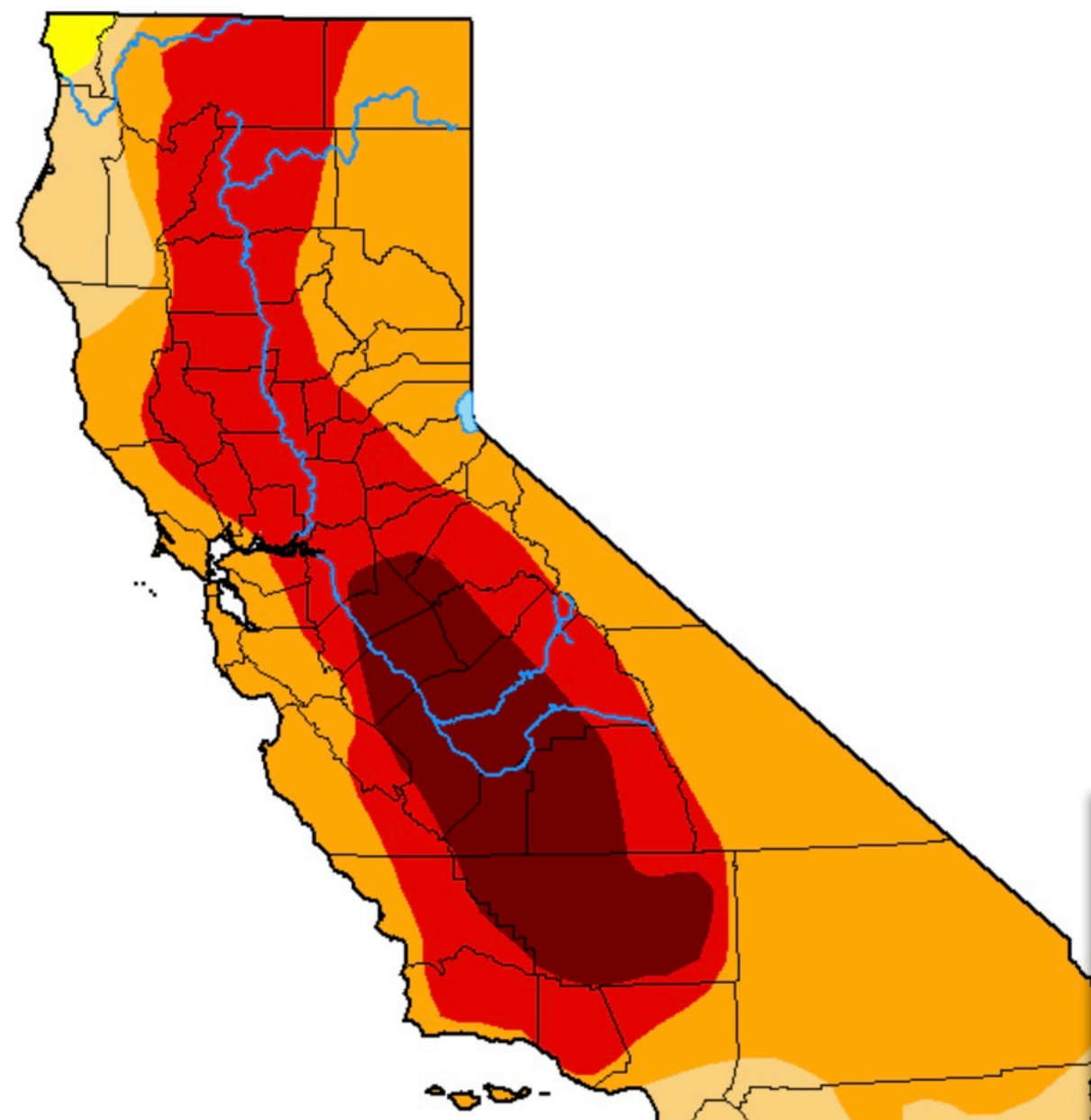
Situation weltweit



NASA's satellite images show water levels in Lake Mead plummeting over the last 22 years.
NASA EARTH OBSERVATORY

Situation weltweit

November 15, 2022



Intensity

- None
- D0 (Abnormally Dry)
- D1 (Moderate Drought)
- D2 (Severe Drought)
- D3 (Extreme Drought)
- D4 (Exceptional Drought)
- No Data

Authors

United States and Puerto Rico Author(s):
Ron Fuchs, National Drought Mitigation Center
Pacific Islands and Virgin Islands Author(s):
Tsegaye Tadesse, National Drought Mitigation Center

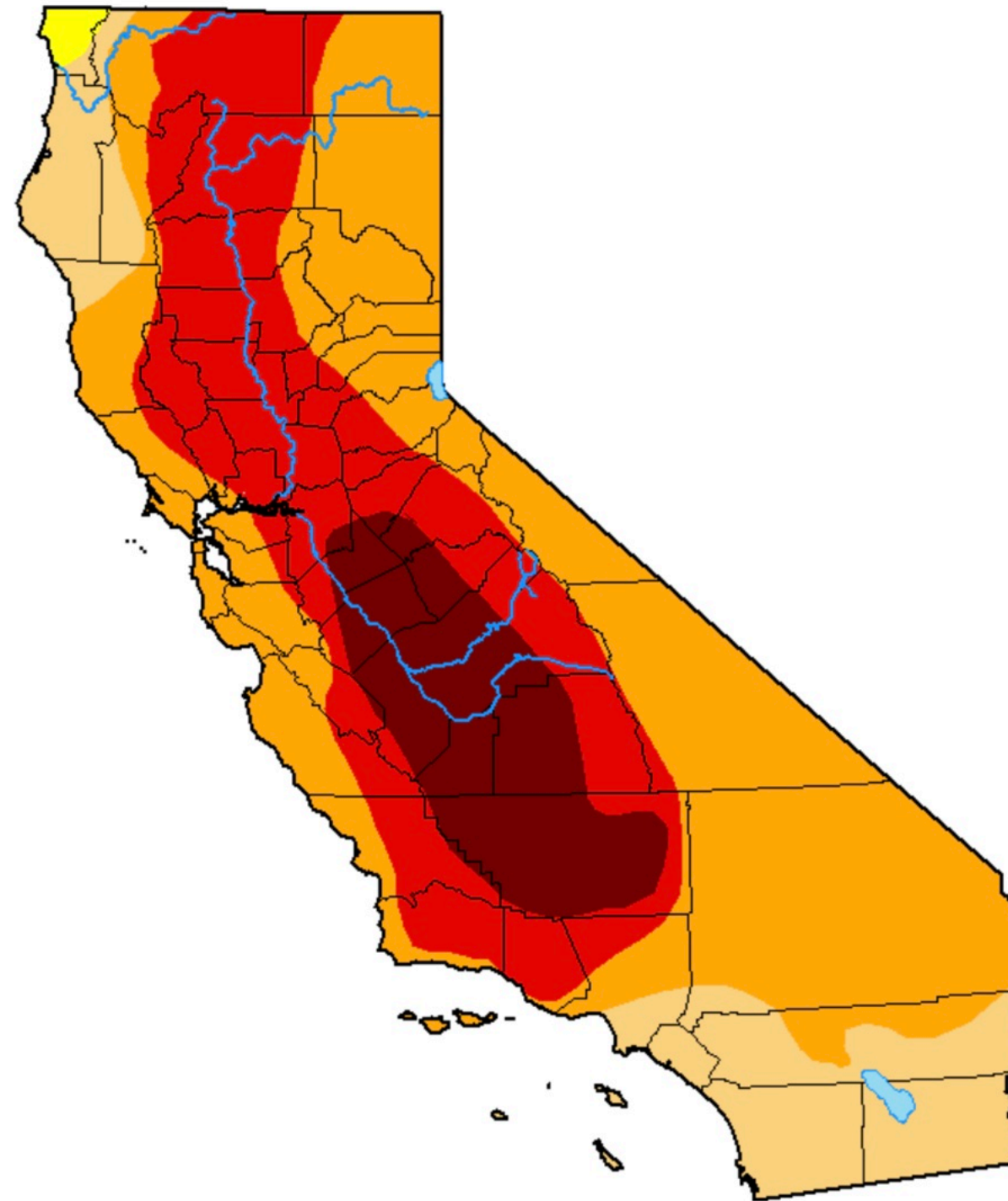
The New York Times

Why Does California Have So Many Wildfires?

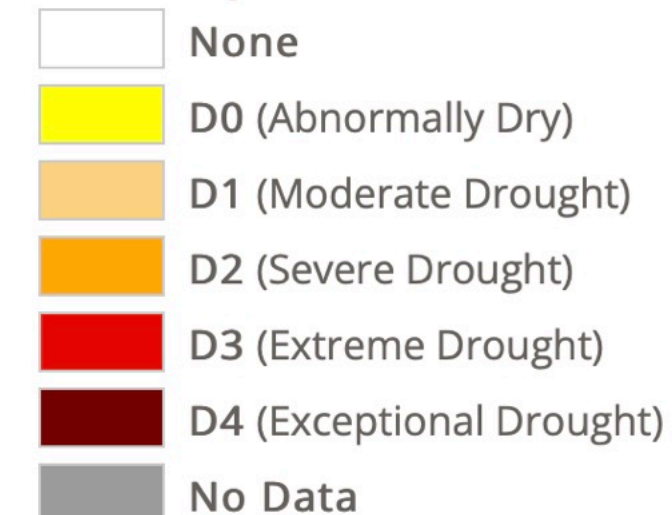
There are four key ingredients to the disastrous wildfire seasons in the West, and climate change is a key culprit.

Situation weltweit

November 15, 2022



Intensity



Authors

United States and Puerto Rico Author(s):
Brian Fuchs, National Drought Mitigation Center

Pacific Islands and Virgin Islands Author(s):
Tsegaye Tadesse, National Drought Mitigation Center

The New York Times

5 Dead as 'Atmospheric River' Pounds Western U.S. With Rain and Snow

The fast-moving storm system is bringing flooding and mudslides to northwest California and Oregon, and Oregon authorities said felled trees caused three fatal car crashes.

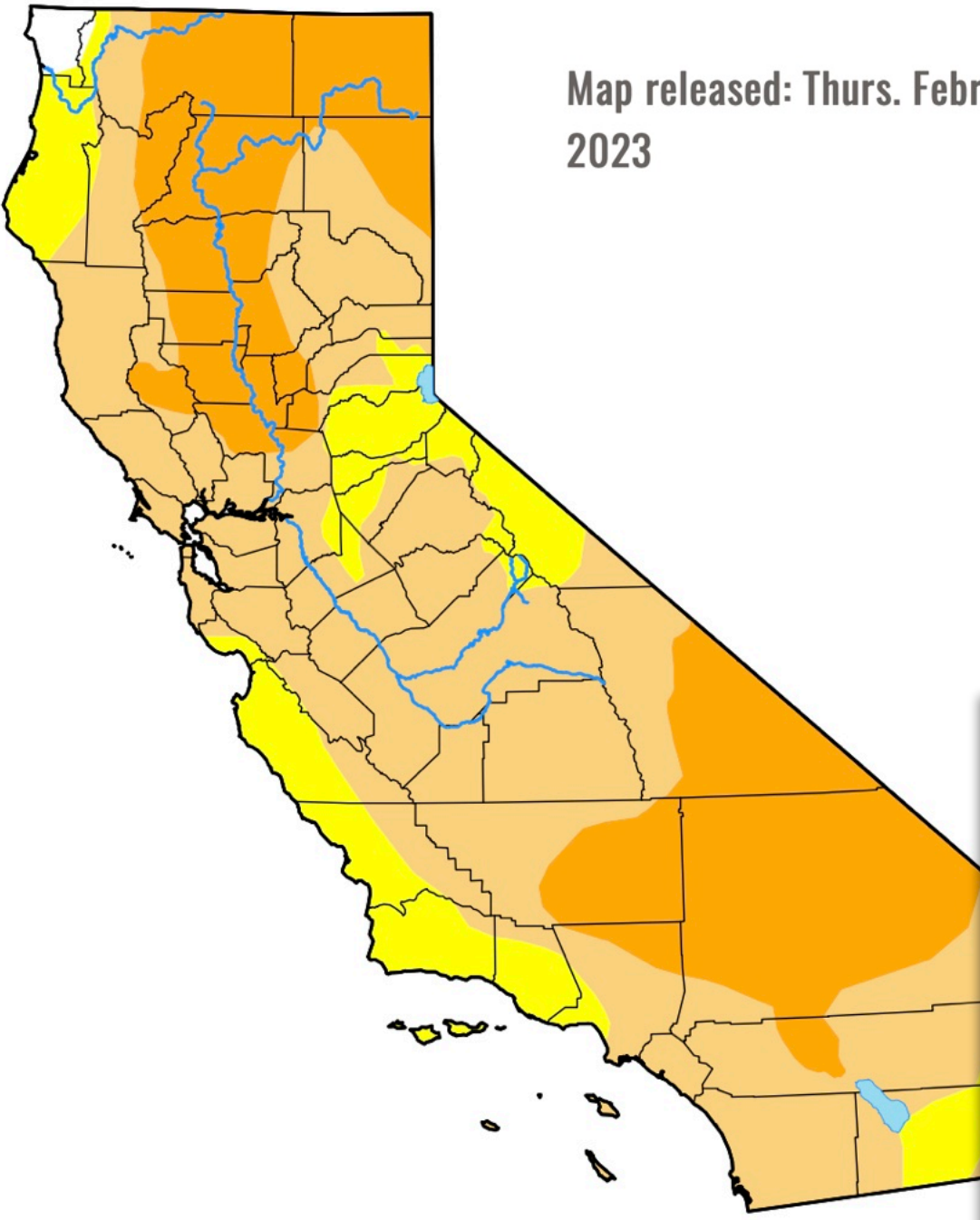
The greatest risk, he added, was in previously burned areas along the coast, where rapid, prolonged rainfall could cause mudslides or debris flows.

In a Drought, California Is Watching Water Wash Out to Sea

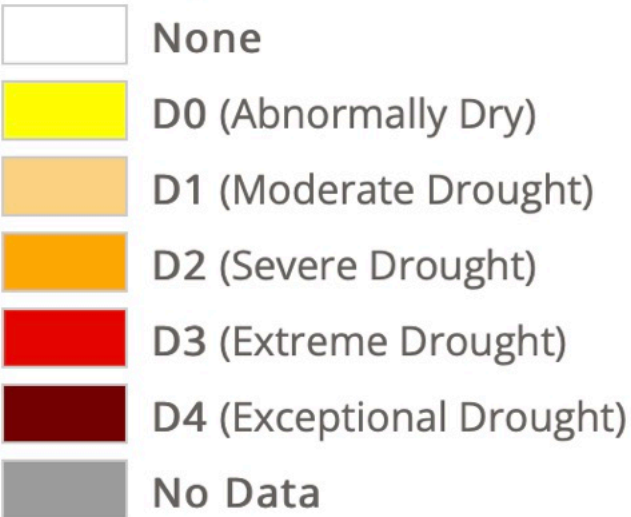
Heavy storms have flooded parts of California, but the state has been unable to capture billions of gallons of water that are flowing unchecked into the ocean. Los Angeles is embarking on an ambitious new program to change that.

Situation weltweit

California



Intensity



Authors

United States and Puerto Rico Author(s):
Brian Fuchs, National Drought Mitigation Center

Pacific Islands and Virgin Islands Author(s):
Tsegaye Tadesse, National Drought Mitigation Center

The New York Times

5 Dead as 'Atmospheric River' Pounds Western U.S. With Rain and Snow

The fast-moving storm system is bringing flooding and mudslides to northwest California and Oregon, and Oregon authorities said felled trees caused three fatal car crashes.

The greatest risk, he added, was in previously burned areas along the coast, where rapid, prolonged rainfall could cause mudslides or debris flows.

In a Drought, California Is Watching Water Wash Out to Sea

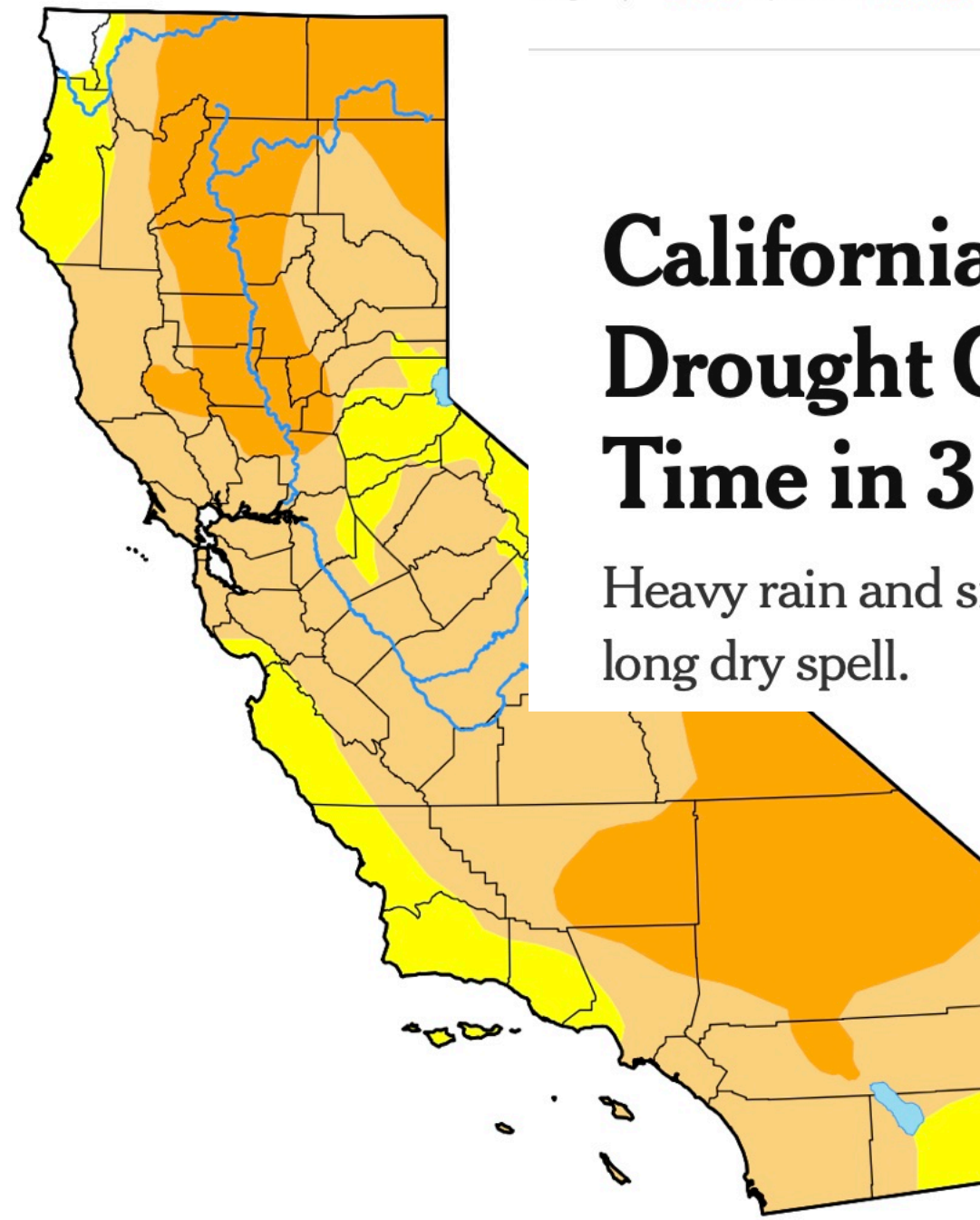
Heavy storms have flooded parts of California, but the state has been unable to capture billions of gallons of water that are flowing unchecked into the ocean. Los Angeles is embarking on an ambitious new program to change that.

Situation weltweit

California

The New York Times

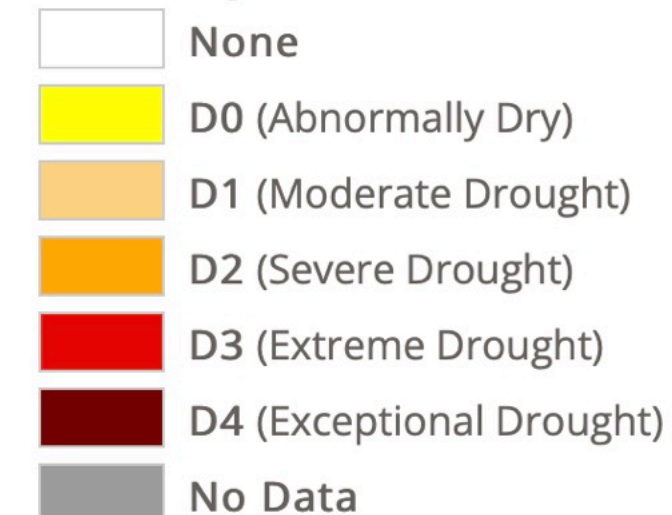
lary | **LIVE** Updates 11m ago Tracking the Storm Guidance for Travelers Hurricane Guide



California Is Free of Extreme Drought Conditions for the First Time in 3 Years

Heavy rain and snow over the winter helped alleviate the state's long dry spell.

Intensity



Authors

United States and Puerto Rico Author(s):
Brian Fuchs, National Drought Mitigation Center

Pacific Islands and Virgin Islands Author(s):
Tsegaye Tadesse, National Drought Mitigation Center

The New York Times

5 Dead as 'Atmospheric River' Pounds Western U.S. With Rain and Snow

The fast-moving storm system is bringing flooding and mudslides to northwest California and Oregon, and Oregon authorities said felled trees caused three fatal car crashes.

greatest risk, he added, was in previously burned areas along coast, where rapid, prolonged rainfall could cause mudslides or debris flows.

In a Drought, California Is Watching Water Wash Out to Sea

Heavy storms have flooded parts of California, but the state has been unable to capture billions of gallons of water that are flowing unchecked into the ocean. Los Angeles is embarking on an ambitious new program to change that.

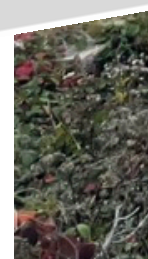
Situation Harz - Oktober 2022



Waldbrände



Lenkungsgruppe Waldbrand Harz befasst sich mit Erkenntnissen aus dem Brockenbrand und Wasserextremereignissen aus Sicht der Wissenschaft



Donnerstag, 22. Dezember 2022

Region Harz

E-Mail: harz@goslar
Internet: www.goslar
Telefon/Telefax: (0
Facebook: www.fac
Instagram: www.ins

Anfang September brennt es unterhalb des Brockens, die Flammen halten die Einsatzkräfte mehrere Tage in Atem.



Foto: Bein/dpa

Aufarbeitung des großen Brockenbrandes

Feuerwehr will die Früherkennung verbessern – Wissenschaftler rechnet mit weiteren Extrem-Ereignissen

Von Oliver Stade

Harz. Nach Meinung der Feuerwehren hat der Großbrand Anfang September am Brocken, der mit Unterstützung von Löschflugzeugen und -hubschraubern bekämpft wurde, die Lücken offengelegt, die bei solchen Einsätzen bestehen. Vor allem die Früherkennung soll nun angesichts der steigenden Gefahr solcher Brände verbessert werden.

Kai-Uwe Lohse, Vorsitzender des Landesfeuerwehrverbandes Sachsen-Anhalt, hatte bei dem Treffen der „Lenkungsgruppe Waldbrand Harz“ in Wernigerode mit Experten aus dem Ost- und dem Westharz angekündigt, vermehrt Kameras und Sensoren einsetzen zu wollen, um Brände frühzeitig zu erkennen. Die Feuerwehr im Landkreis Harz wolle künftig auch auf Bildmaterial aus dem All setzen, ein entspre-

chender Auftrag werde zurzeit vergeben.

Die Sitzung des mittlerweile sechsten Treffens der Lenkungsgruppe hatte Goslars Kreisbrandmeister Uwe Fricke geleitet. Der Mitbegründer der Expertenrunde hatte auf bisherige Ergebnisse der Fachleute verwiesen, bei denen es darum geht, die Ausstattung für solche Einsätze zu verbessern. Lohse hatte zudem betont, wie wichtig es bei Bränden am Brocken und überhaupt in unwegsamem Gelände sei, dass Löschflugzeuge eingesetzt werden.

Dass die Region sich künftig auf vermehrte Extremwetterereignisse einstellen müsse, die Einsatzkräfte wie die Feuerwehr erfordere, unterstrich Informatiker Dr. Sándor Fekete, Hochschulprofessor an der Technischen Universität Braunschweig. Wie die Kreisverwaltung

Goslar mitteilt, die mit mehreren Mitarbeitern an dem Treffen beteiligt war, müsse laut Fekete selbst in gemäßigten Breitengraden mit stärkerer Trockenheit und zunehmendem Starkregen gerechnet werden.

Laut Fekete zeige sich das Problem im Harz besonders deutlich an der Ausbreitung des Borkenkäfers und dem Baumsterben als Folge anhaltender Trockenheit. Er verdeutlichte den Mangel an Niederschlägen an Zahlen aus Braunlage. Während zwischen 2000 und 2009 im Jahresmittel 1360 Millimeter Regen pro Quadratmeter gefallen seien, waren es zwischen 2010 und 2019 nur noch 983 gewesen, berichtet die Kreisverwaltung in Goslar weiter.

Unterdessen verzögert sich der Start des Waldbrand-Expertenkreises, den Ex-Umweltminister Olaf Lies, heute Wirtschaftsminister in Hannover, und Landrat Dr. Alexan-

der Saipa während des Brockenbrandes angeregt hatten. Frank-Michael Kruckow, Fachbereichsleiter beim Landkreis, rechnet damit, dass der Auftakt im Frühjahr 2023 erfolgt. Die Runde soll sich überwiegend mit Prävention befassen.

An dem Treffen in Wernigerode hatte sich auch die Göttinger Forscherin Dr. Bettina Kietz beteiligt, die der Expertenrunde angehört. Die Forstwissenschaftlerin hatte 2020 vor größeren Waldbränden im Harz gewarnt. Dass es bis dahin nur zu kleineren Bränden gekommen sei, bezeichnete sie seinerzeit als „reines Glück“ und sagte: „Das Szenario eines großen Waldbrandes im Harz wäre deutlich schlimmer als in der Heide.“ Der Harz habe steile Hänge, dadurch könne sich das Feuer schneller ausbreiten. Außerdem sei das Gelände an vielen Stellen unzugänglich.

SPECIAL: EXTREMEREIGNISSE MIT GEO-IT MANAGEN

Exdimum: Extremwettermanagement mit digitalen Multiskalenmethoden

Wetter und Niederschlag unterlagen schon immer zufälligen Schwankungen, deren statistische Eigenschaften jedoch zumeist gut vorhersehbar blieben. Im Zuge der globalen Klimaveränderungen verschieben sich in jüngster Zeit jedoch nicht nur die Durchschnittswerte der Niederschlagsmengen, sondern auch die Extreme besonderer Trockenheit (wie zuletzt im Sommer 2022 zu beobachten) und kurzfristiger Starkregenereignisse (wie im Sommer 2021) nehmen zu. Diese Entwicklung führt zu Herausforderungen, die sich gleichzeitig auf verschiedenen Skalen abspielen.

Extreme Trockenheit ist ein längerfristiger Prozess, der sich über größere Regionen erstreckt; umgekehrt treten Hochwasser oft kurzfristig und stärker lokalisiert auf. Bereits kleine lokale Unterschiede im Gelände (z. B. ein durch Totholz blockierter Bach oder ein neu zu errichtender Damm) können drastische Unterschiede im Abfluss von Niederschlägen bewirken, sodass übliche makroskopische Betrachtungen alleine diese Effekte nicht akkurat abbilden können. Entsprechend gibt es verschiedene Skalen, die zueinander in Bezug stehen, und entlang derer sich Einflussfaktoren für die Auswirkungen von Extremwetter ergeben; wichtig dabei ist, dass die Extreme sich nicht aufheben, sondern teilweise sogar gegenseitig verstärken:

- **Wasser (Dürre und Hochwasser):** Anhaltende Trockenheit hat starke Auswirkungen auf Vegetation und Bodenbeschaffenheit und somit signifikante Folgen für Erosionsresistenz und Aufnahmefähigkeit des Bodens bei auftretendem Starkregen, sodass dieser wiederum das Nachwachsen von Vegetation beeinträchtigen statt verbessern kann (Abb. 1).
- **Raum (globale und lokale Dimensionen):** Der Klimawandel ist ein globales Phänomen (Abb. 2), bei Überschwemmungen kann jedoch bereits eine minimale lokale Beeinflussung der Wasserausbreitung (durch Veränderung des Bodens oder geplante Eingriffe) einen Unterschied ausmachen.
- **Zeit (kurz- und langfristige Zeiträume):** Dürre (Abb. 2) wirkt

langfristig, Überschwemmung eher kurzfristig; die Folgen der Dürre können nicht durch kurzfristige Wassermengen kompensiert werden, sondern steigern sogar dessen Risiken beispielsweise durch Erosionsereignisse bei Starkregen.

- **Gelände (Mittelgebirge und Tiefland):** Die Dynamik von Fließgewässern im Mittelgebirge ist häufig deutlich variabler als in der Ebene. Aufgrund der Topographie ergeben sich durch Gefälle im Gelände daher höhere Überflutungsrisiken für umliegende Kommunen und das weitere vorgelagerte Tiefland.

- **Landnutzung (Wald, Landwirtschaft, Stadt, Bergbau):** Flächennutzung und -zustand beeinflussen die Bodeneigenschaften und damit Infiltration und Oberflächenabfluss, Abflussdynamik und die Lösung von Schadstoffen aus Böden ehemaliger Bergbauregionen.

Durch diese Vielschichtigkeit und Verflechtung der Extreme lassen sich die Auswirkungen des Klimawandels weder mittels einfacher Zeitreihenanalysen noch durch Reduktion auf Einzelaspekte verstehen und managen. Vielmehr ist ein ganzheitlicher Ansatz zur Betrachtung der zuvor genannten Skalen und des Zusammenspiels der einzelnen Aspekte unab-



Abb. 1: Okertalsperre im Harz, Oktober 2022: Anhaltende Trockenheit führt nicht nur zu niedrigem Wasserstand, sondern auch zu Baumsterben, das wiederum die Böden anfälliger und weniger aufnahmefähig für Niederschläge macht

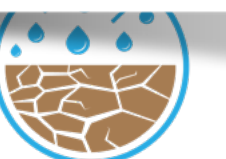
Bild: Prof. Dr. Sándor Fekete, TU Braunschweig

30 gis.Business 6/2022



Technische
Universität
Braunschweig

20.09.2023 | Sándor P. Fekete | EXDIMUM | WaX Postdam



EXDIMUM

Datenquellen



Satellitendaten



Geodaten

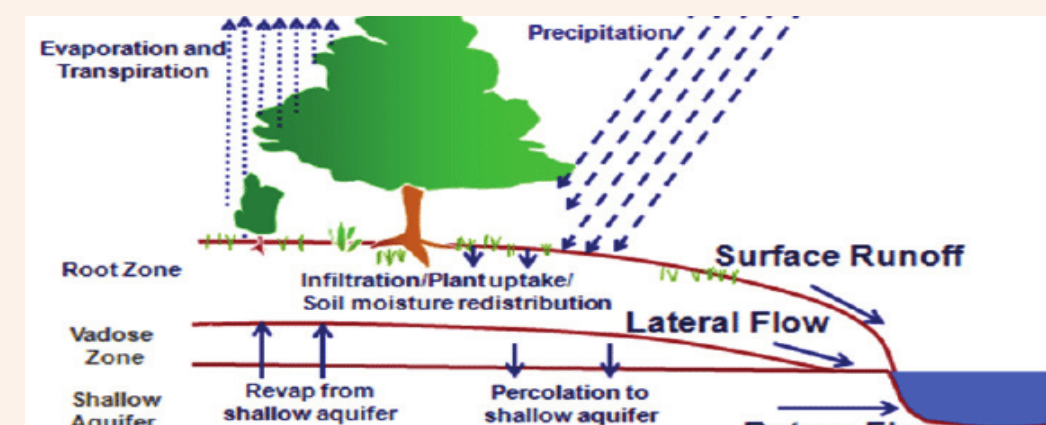


Zuverlässige Boden-Sensordaten

Datenverarbeitung

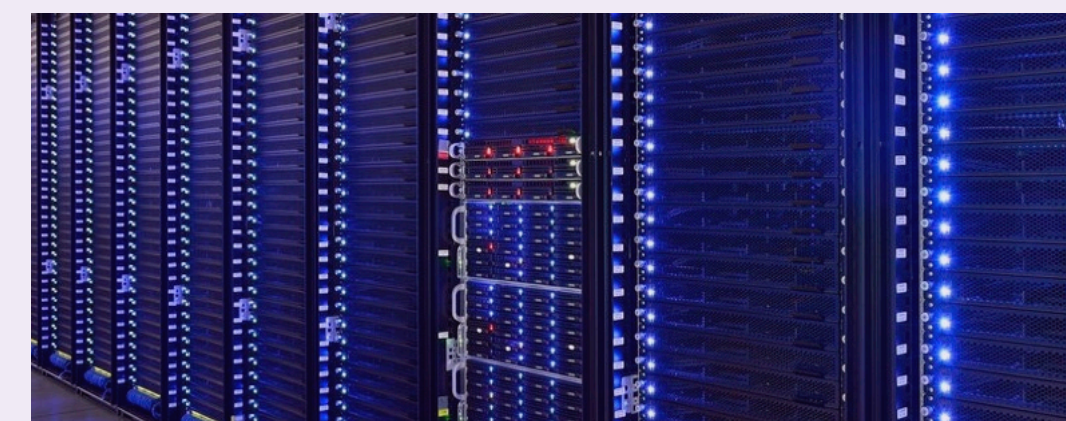


Verfahren der künstlichen Intelligenz



SWAT-Modellierung

Multiskalenmodell



Digitales Abbild und Simulationsmodell

Datennutzung



und assoziierte Partner (Absichtserklärung)



Verbesserte Steuerung von Retentionsanlagen



Vorhersage der Ausbreitung von Schwermetallen in Flussauen

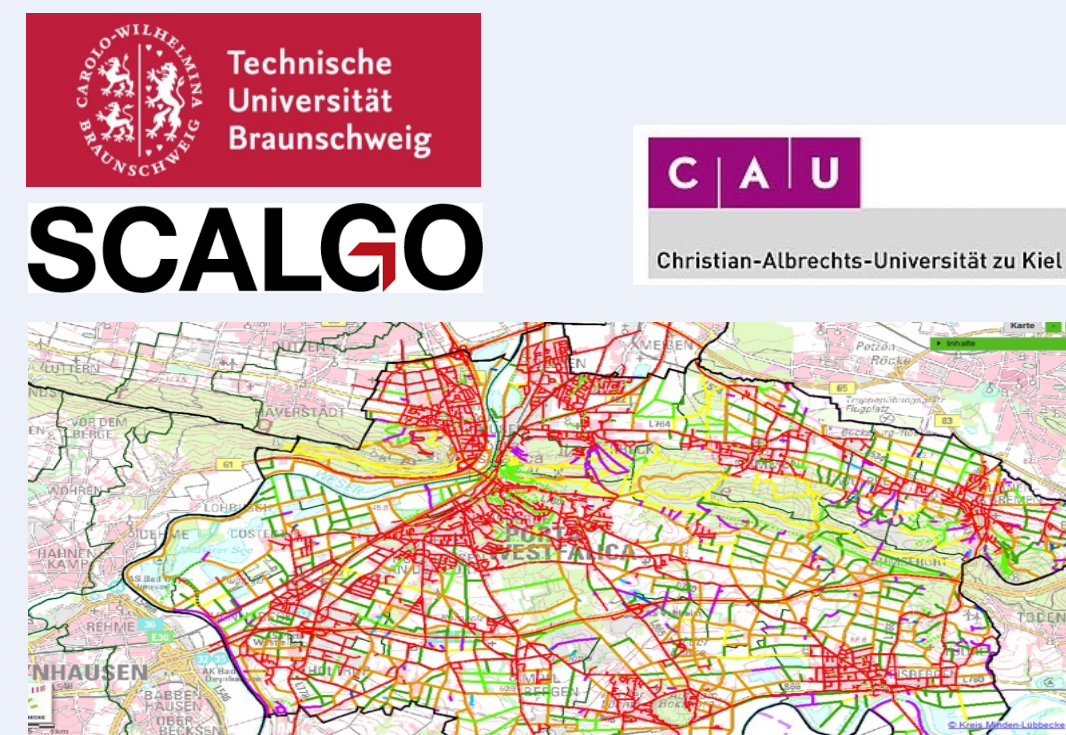


Ableitung baulicher Maßnahmen zur Hochwasserprävention

Datenquellen



Satellitendaten

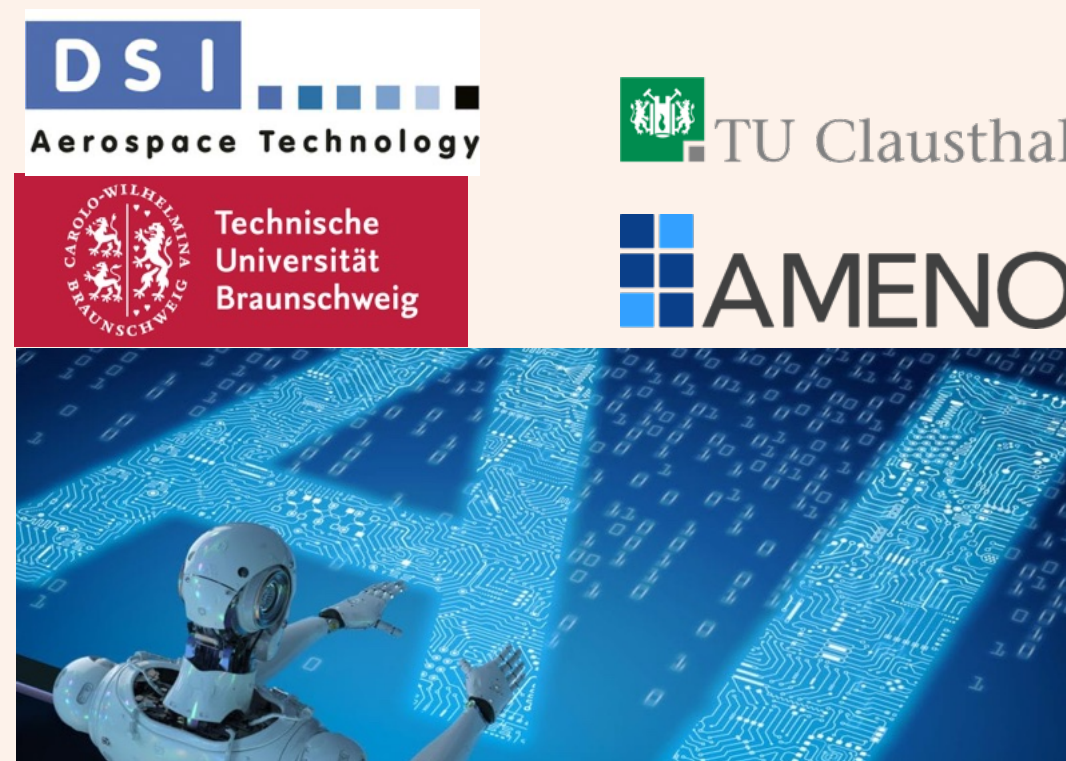


Geodaten

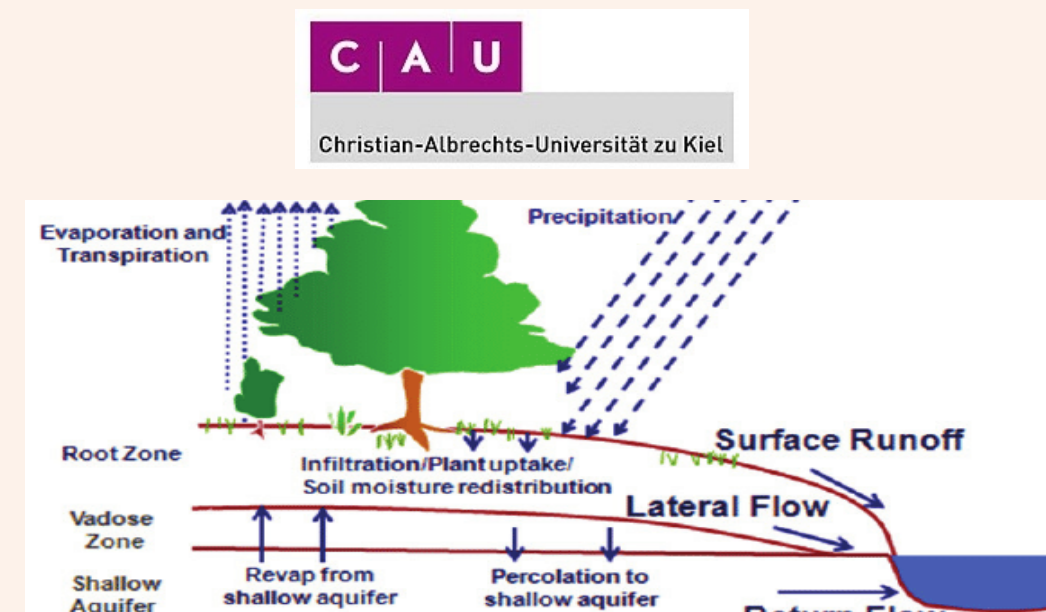


Zuverlässige Boden-Sensordaten

Datenverarbeitung



Verfahren der künstlichen Intelligenz



SWAT-Modellierung

Multiskalenmodell



Digitales Abbild und Simulationsmodell

Datennutzung

EURAWASSER
und assoziierte Partner (Absichtserklärung)



Verbesserte Steuerung von Retentionsanlagen



Vorhersage der Ausbreitung von Schwermetallen in Flussauen



Ableitung baulicher Maßnahmen zur Hochwasserprävention

Bodensensorik









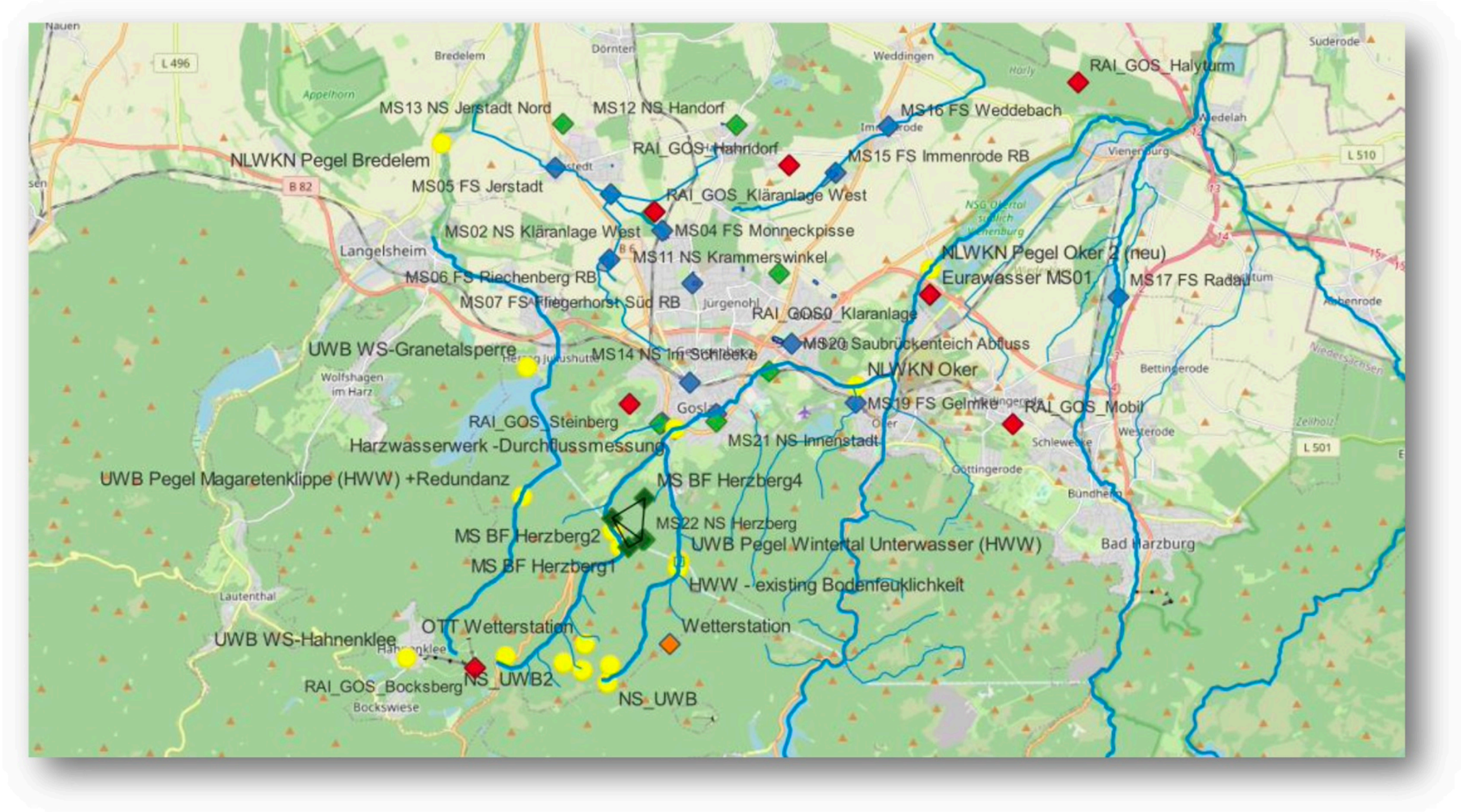

EXDIMUM – Cluster 3







EXDIMUM - AG3 - Terrestrische Sensorinstallationen



2023-02 // EXDIMUM AG3

Bodensensorik

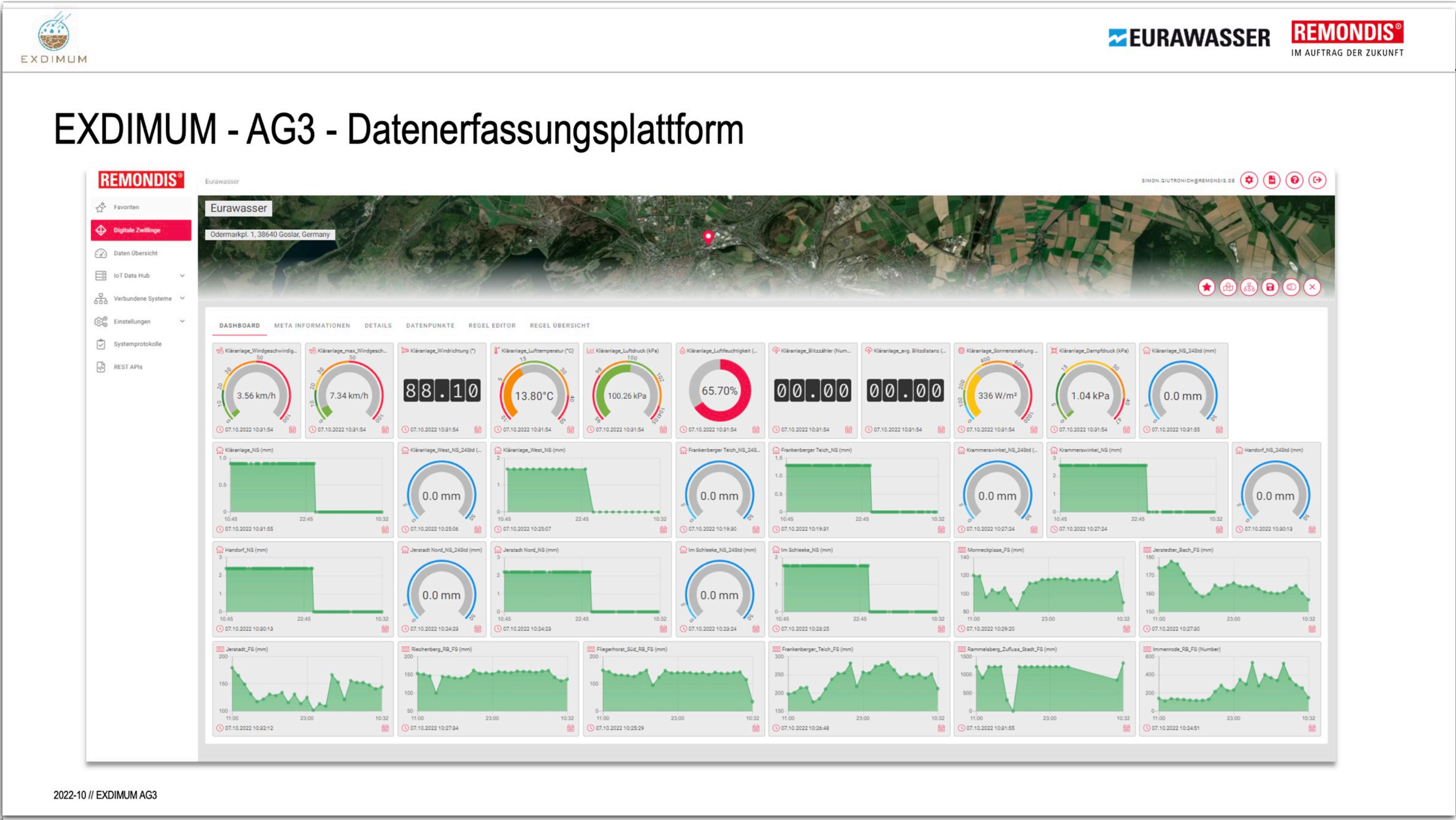


EXDIMUM - AG3 - Aktuelle Installationen



2022-10 // EXDIMUM AG3

Bodensensorik



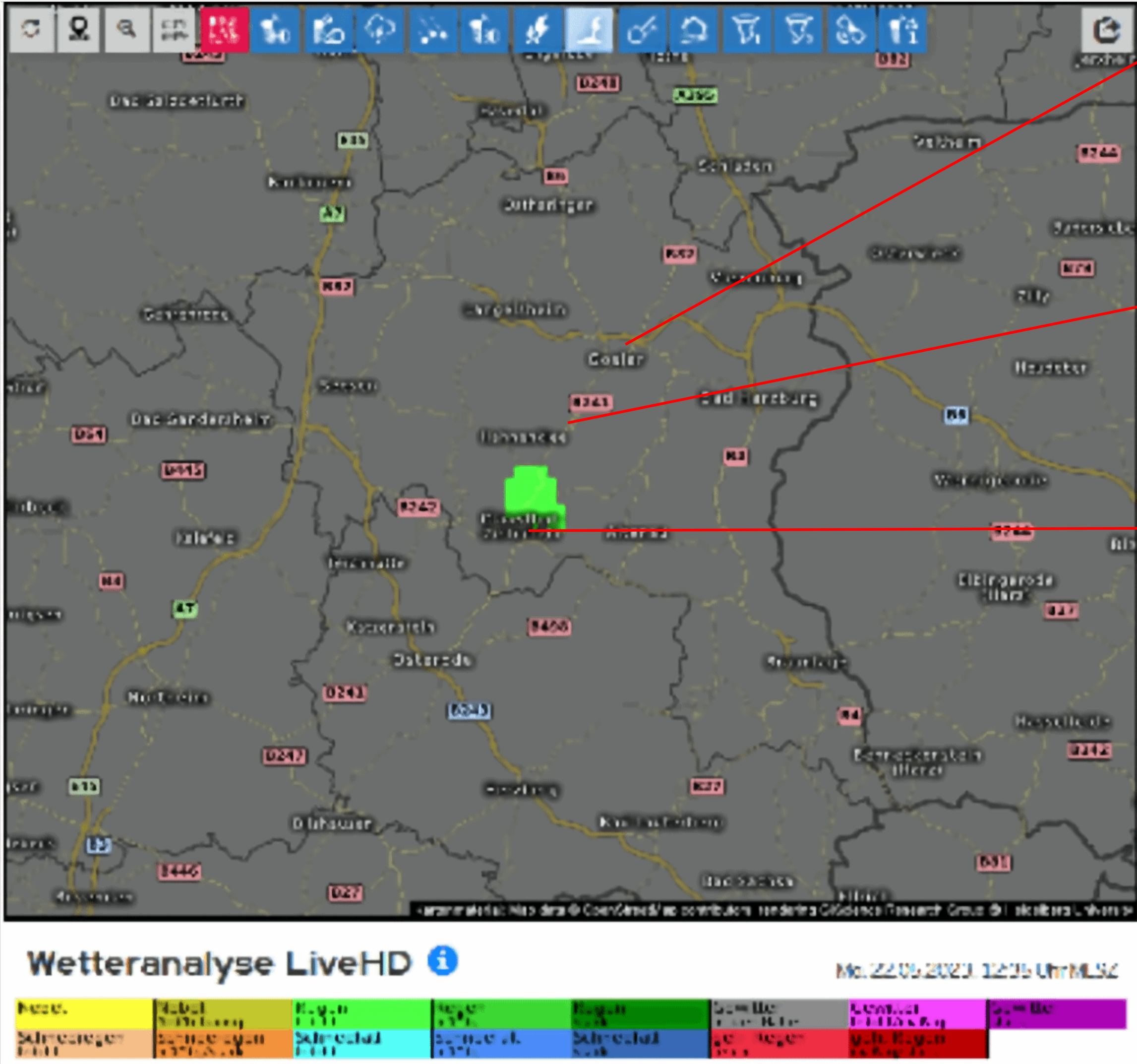
**Starkregenereignis
Goslar
22.05.2023**

Wetterdaten Bad Harzburg, 22.05.23

Datum	Minimum Temperatur [C°]	Maximum Temperatur [C°]	Mittel Temperatur [C°]	Niederschlag [l/m²]
07.05.2023	8,2	13,1	10,2	0
08.05.2023	1,9	18,4	11,7	0
09.05.2023	2,6	22	13,2	0
10.05.2023	7,9	17,4	12,9	2,6
11.05.2023	7,7	17,2	12,3	8,4
12.05.2023	7,4	21,7	14,3	0
13.05.2023	5,1	21,1	13,6	0
14.05.2023	4,4	20,4	12,7	0
15.05.2023	6,6	19,7	13,8	3,3
16.05.2023	6,1	13,9	10	0
17.05.2023	1,3	13	8,9	0
18.05.2023	-0,1	14,9	8	0
19.05.2023	4,6	18,1	11,4	0
20.05.2023	8	16,4	12,5	0
21.05.2023	8,2	25,1	17,4	0
22.05.2023	9,8	24,6	17,3	6,9
23.05.2023	5,6	15,2	11,9	2,2
24.05.2023	6,3	13,7	10	0
25.05.2023	9	16,7	12,1	0
26.05.2023	4,9	17,9	11,3	0
27.05.2023	2,3	19,6	12	0
28.05.2023	4,4	23,8	14,9	0
29.05.2023	5,3	20,1	12,8	0
30.05.2023	3,9	20,6	12,3	0
31.05.2023	5,1	23,6	15,5	0
01.06.2023	5,9	16,5	11,7	0
02.06.2023	7,9	17,7	12,3	0
03.06.2023	2,3	20,7	12,6	0

Temperaturhöchstwert	Temperaturtiefstwert	Niederschlagsmenge	Regenreichster Tag	Tage > 1 l/qm	Tage > 5 l/qm	Tage > 10 l/qm
25,1	-0,1	23,4	8,4	5	2	0

22.05.23

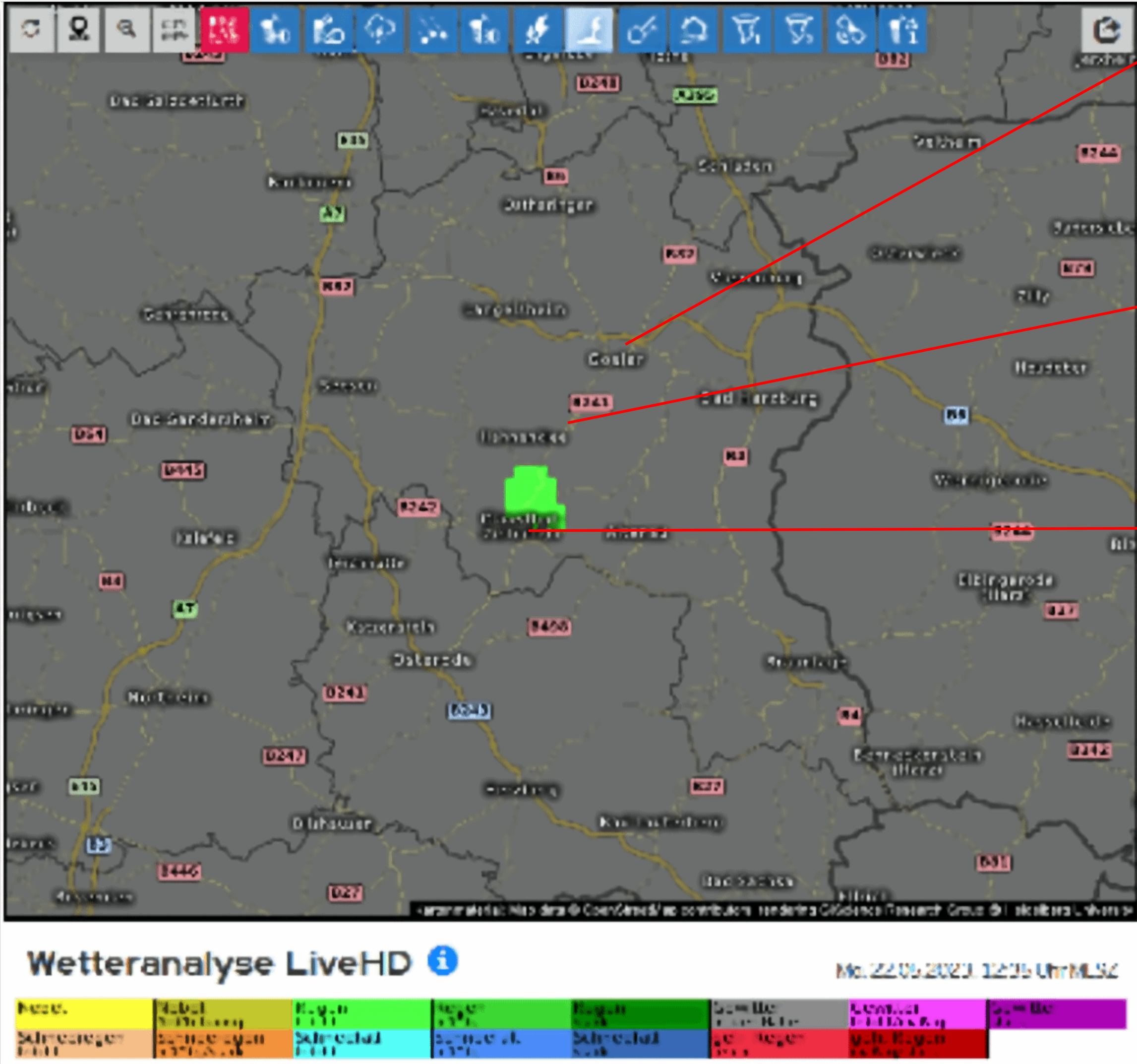


Goslar

Herzberg

Clausthal

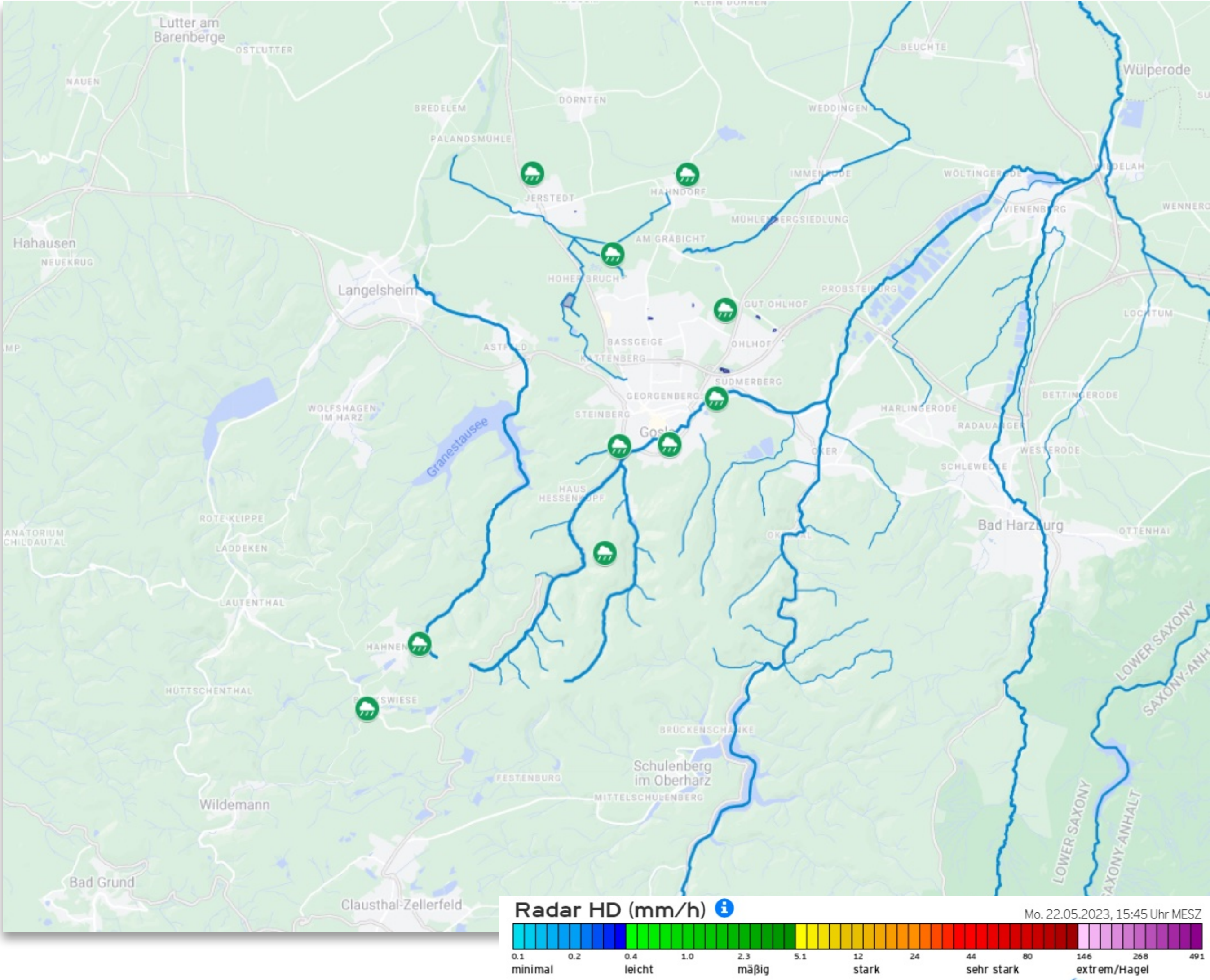
22.05.23

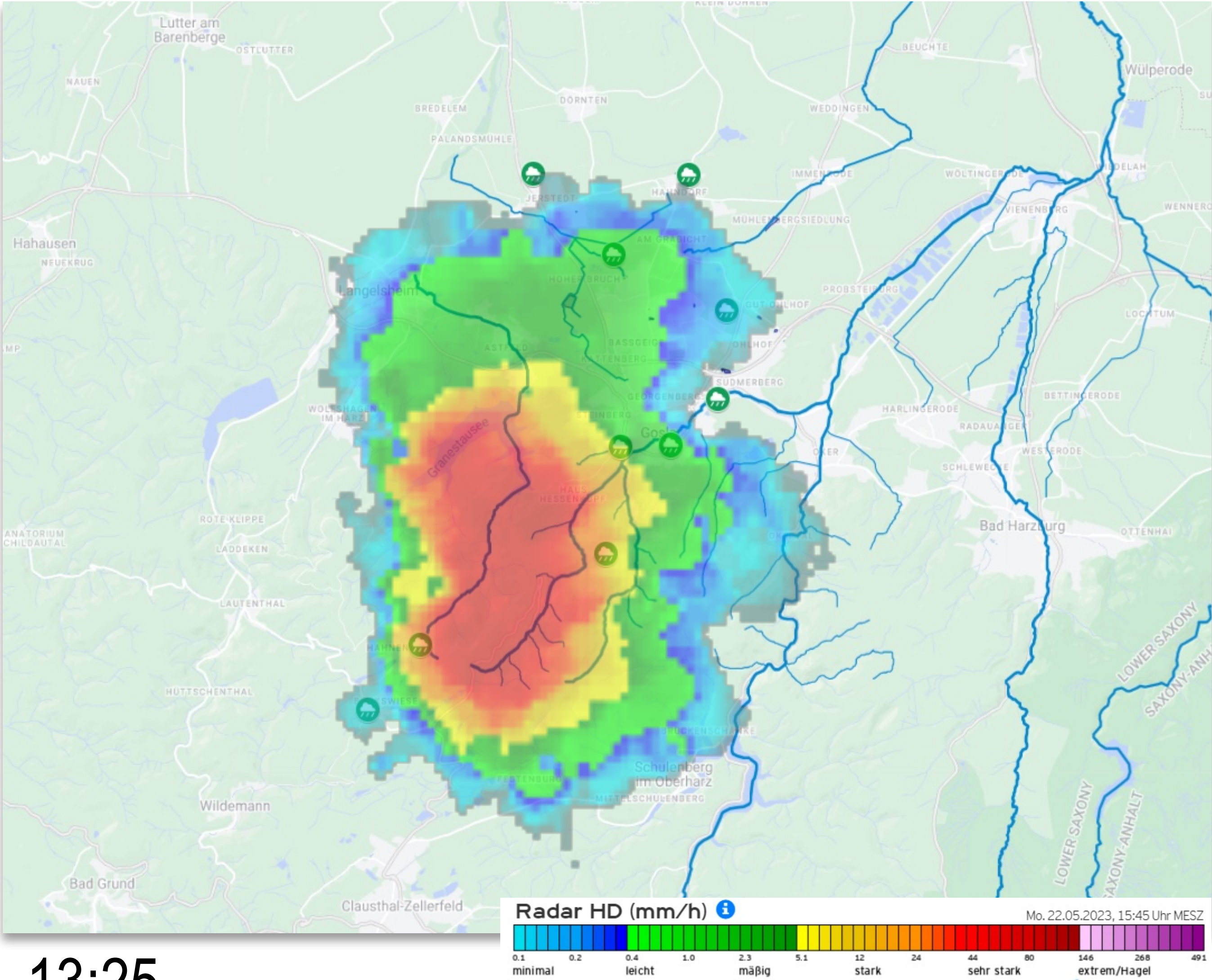


Goslar

Herzberg

Clausthal

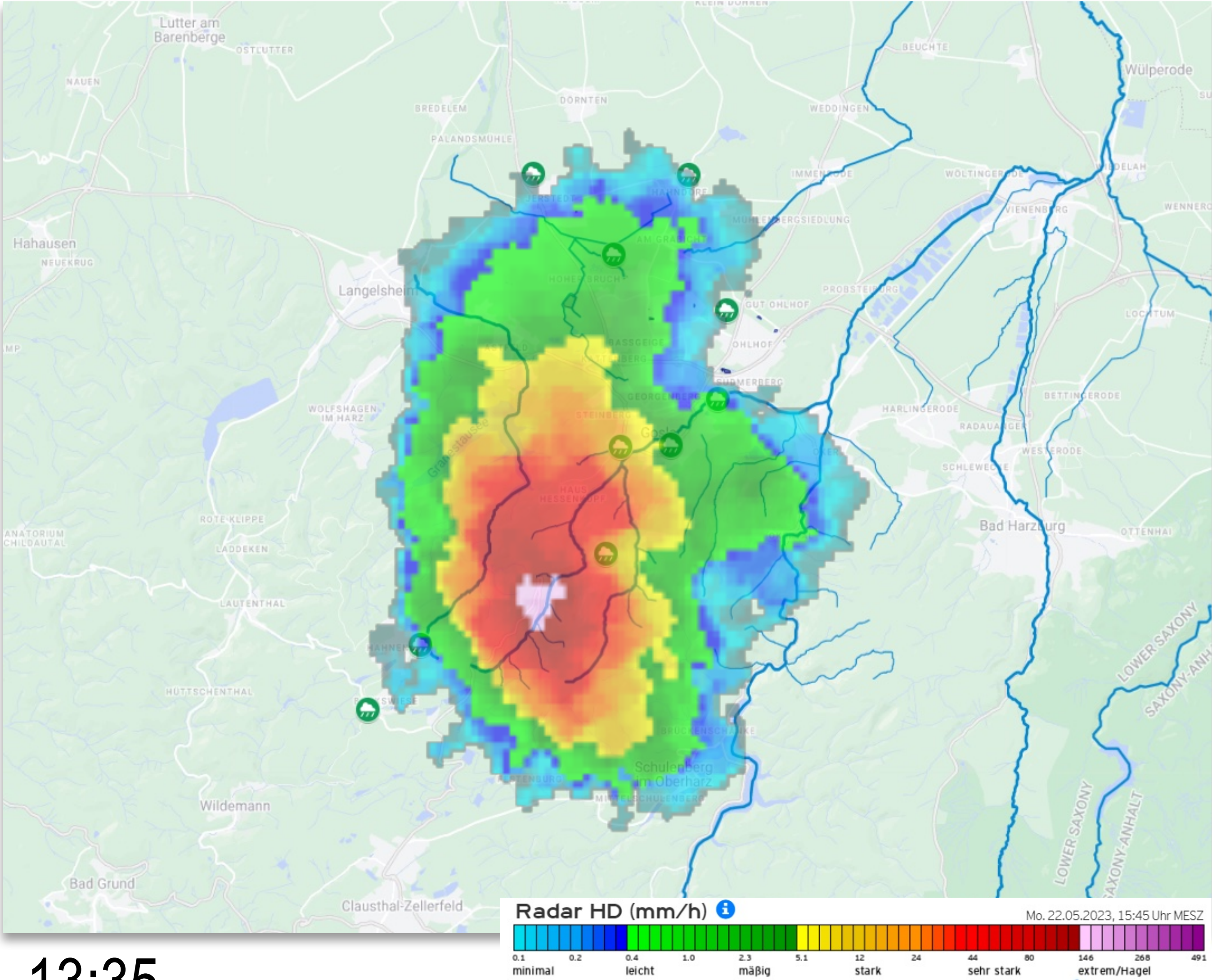




13:25

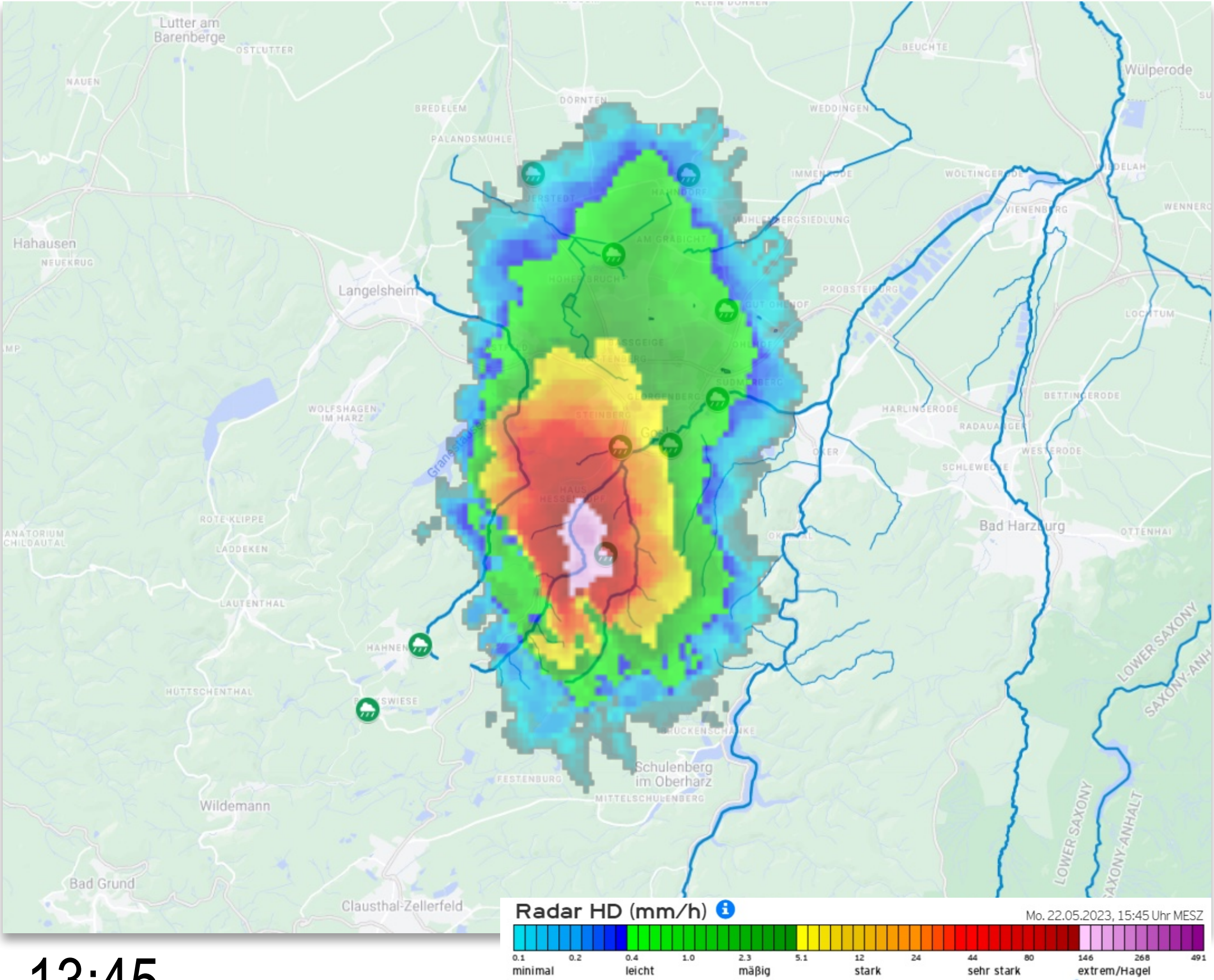
20.09.2023 | Sándor P. Fekete | EXDIMUM | WaX Postdam

22.05.23



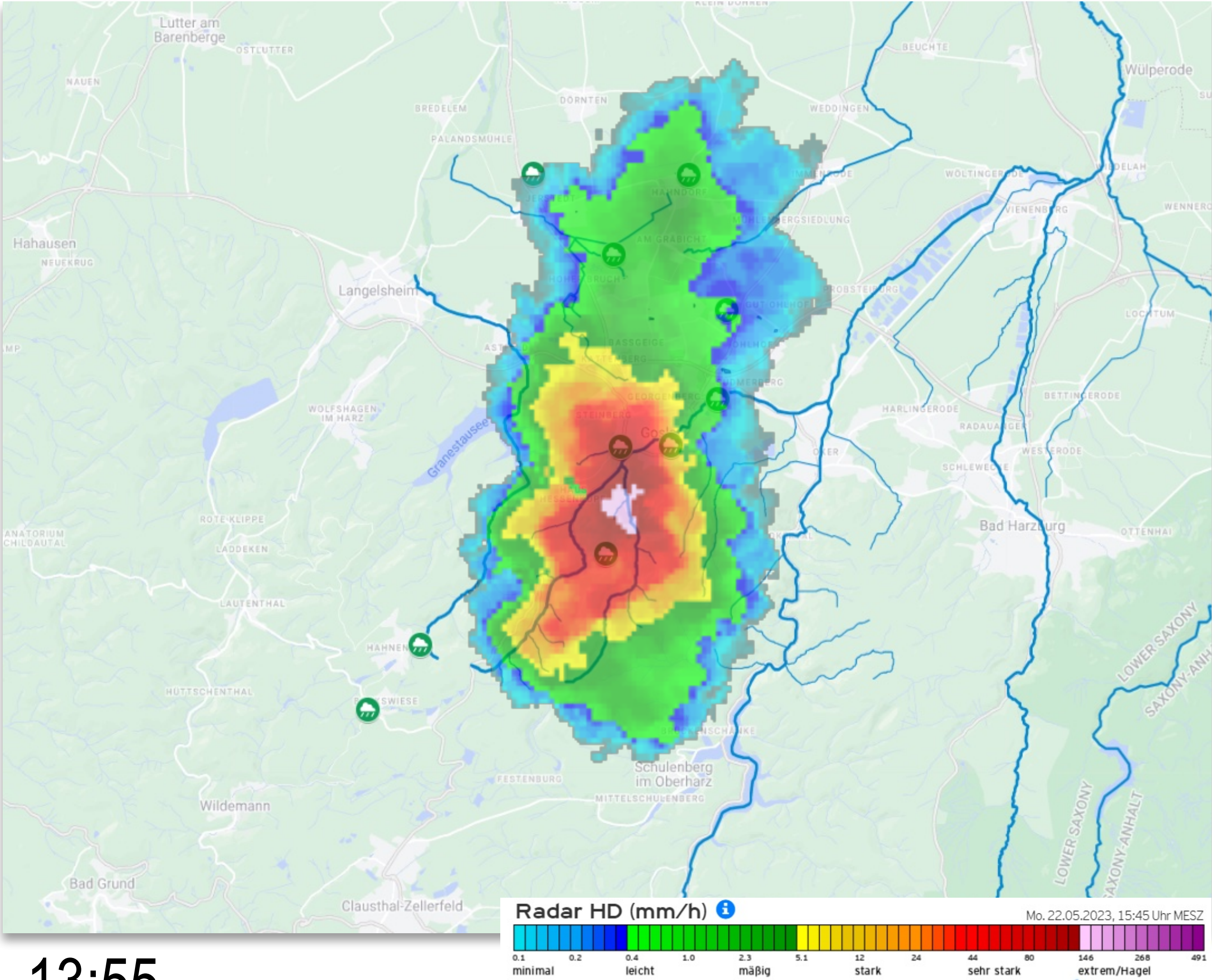
13:35

20.09.2023 | Sándor P. Fekete | EXDIMUM | WaX Postdam



13:45

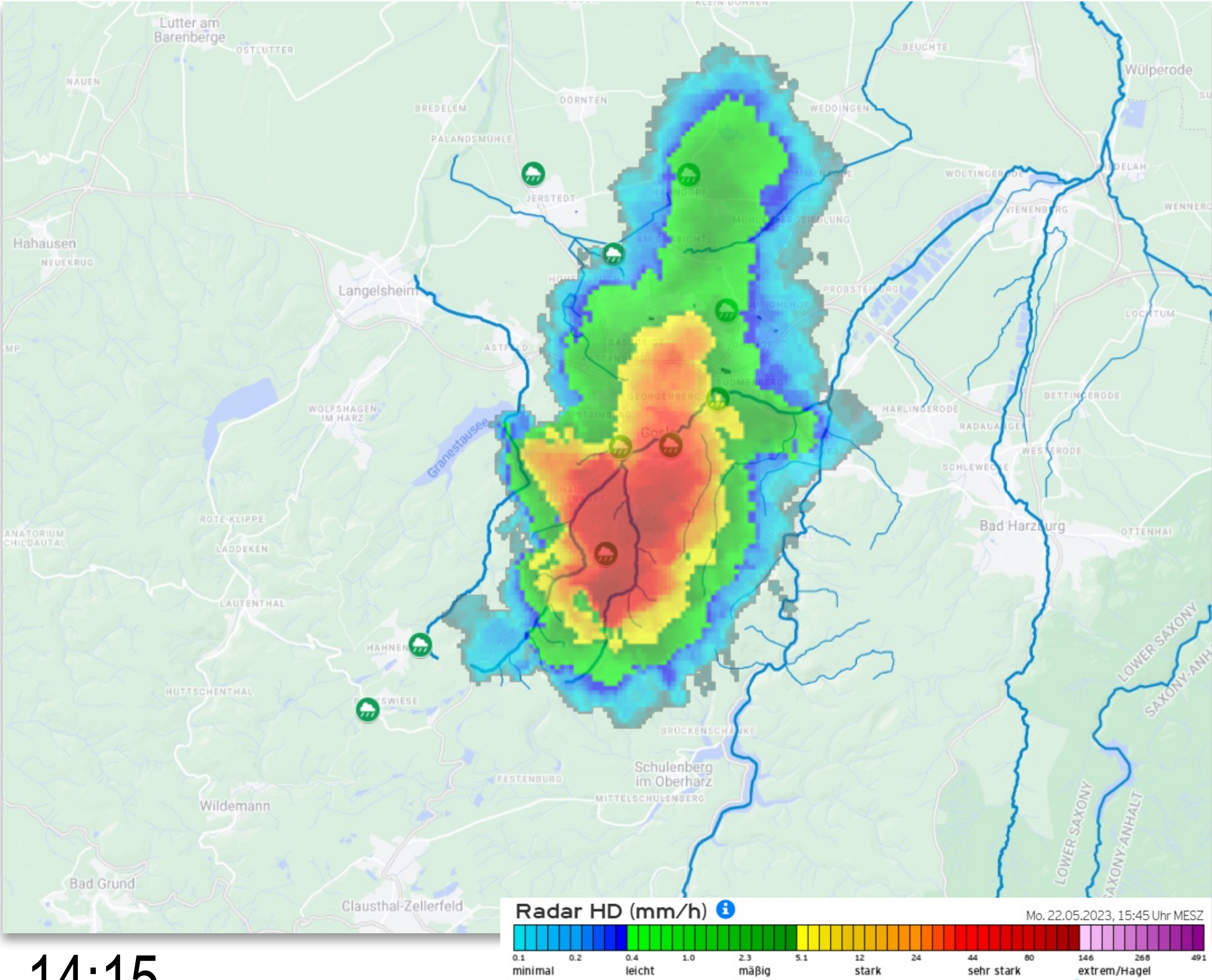
20.09.2023 | Sándor P. Fekete | EXDIMUM | WaX Postdam



13:55

20.09.2023 | Sándor P. Fekete | EXDIMUM | WaX Postdam

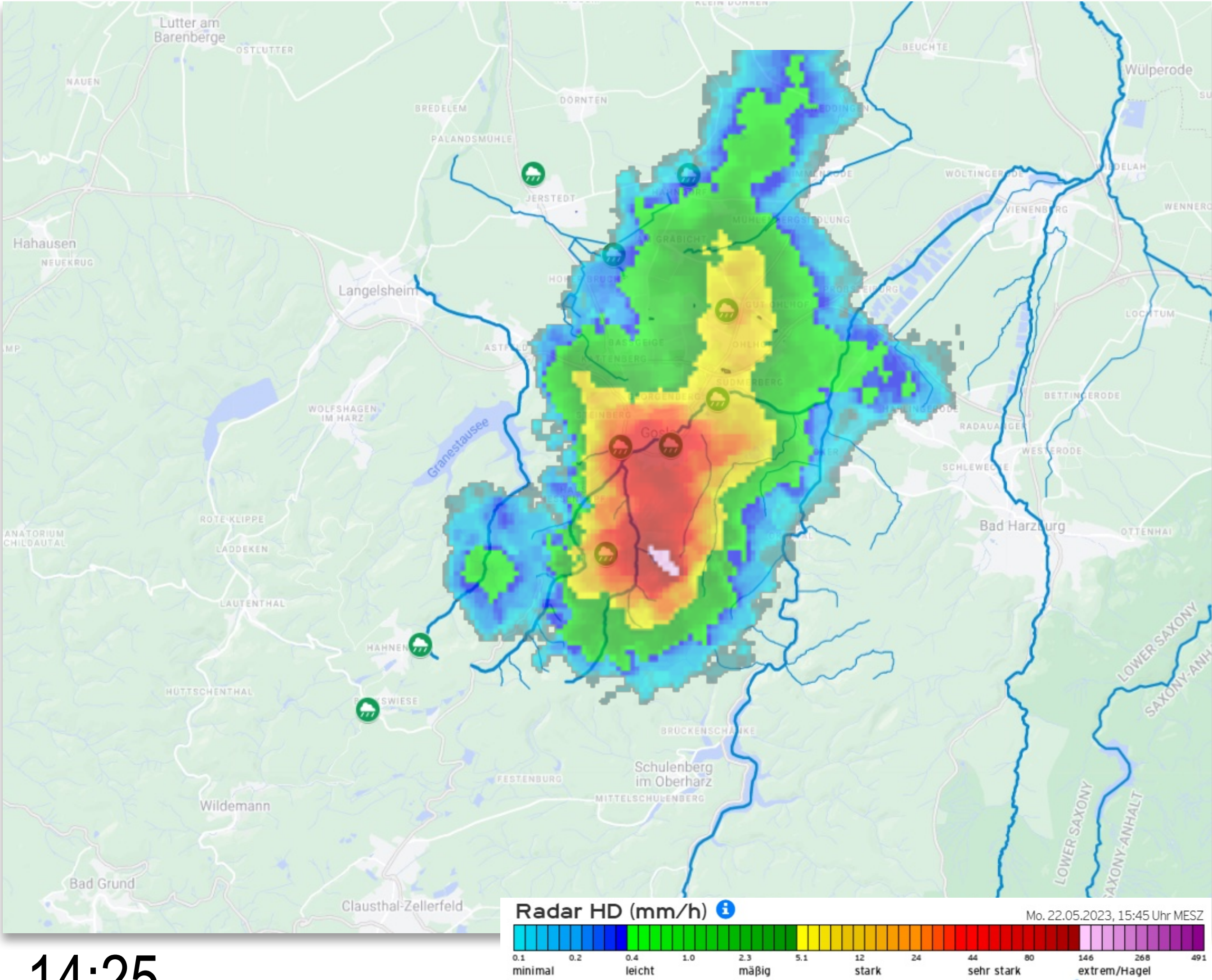
22.05.23



14:15

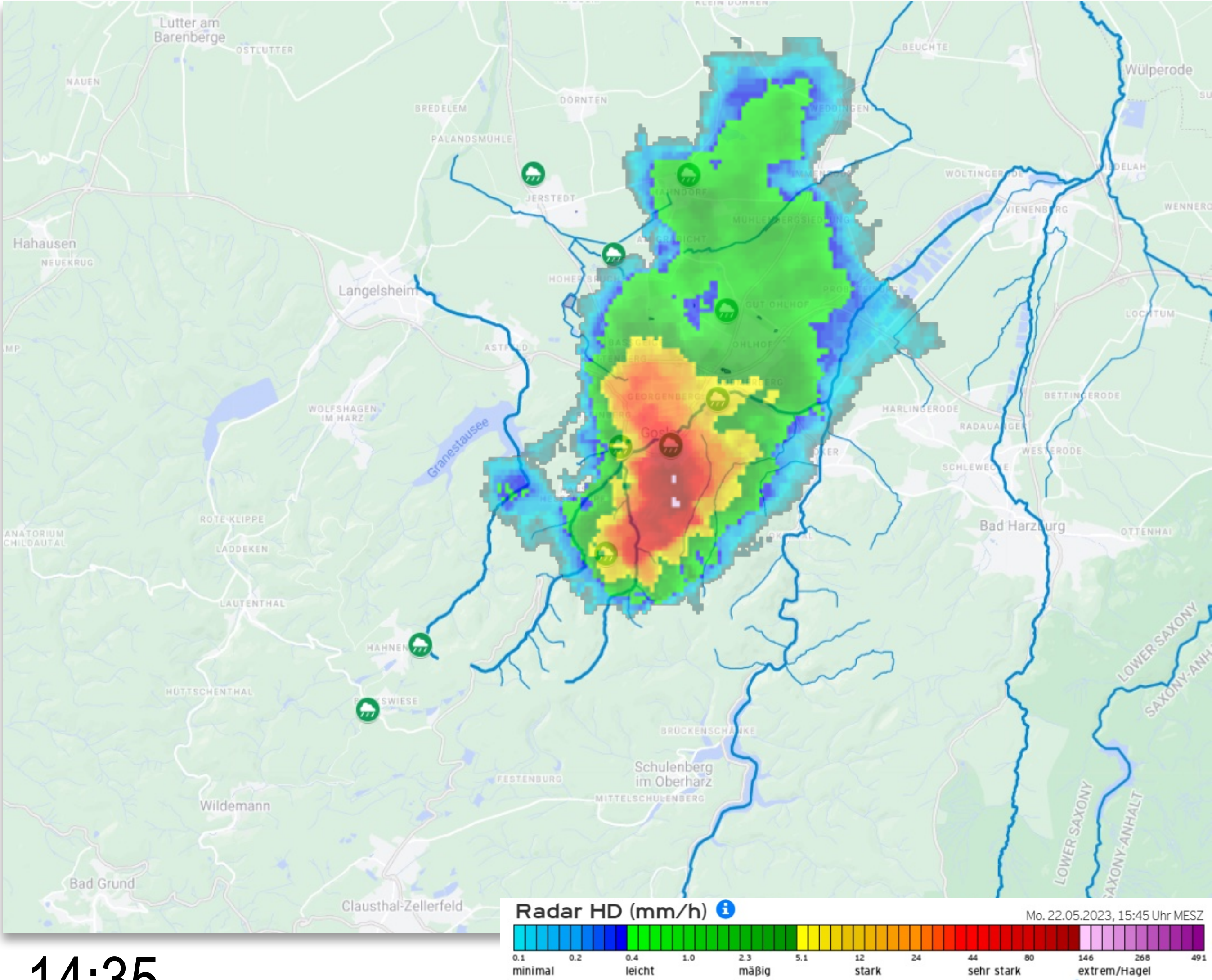
20.09.2023 | Sándor P. Fekete | EXDIMUM | WaX Postdam

22.05.23



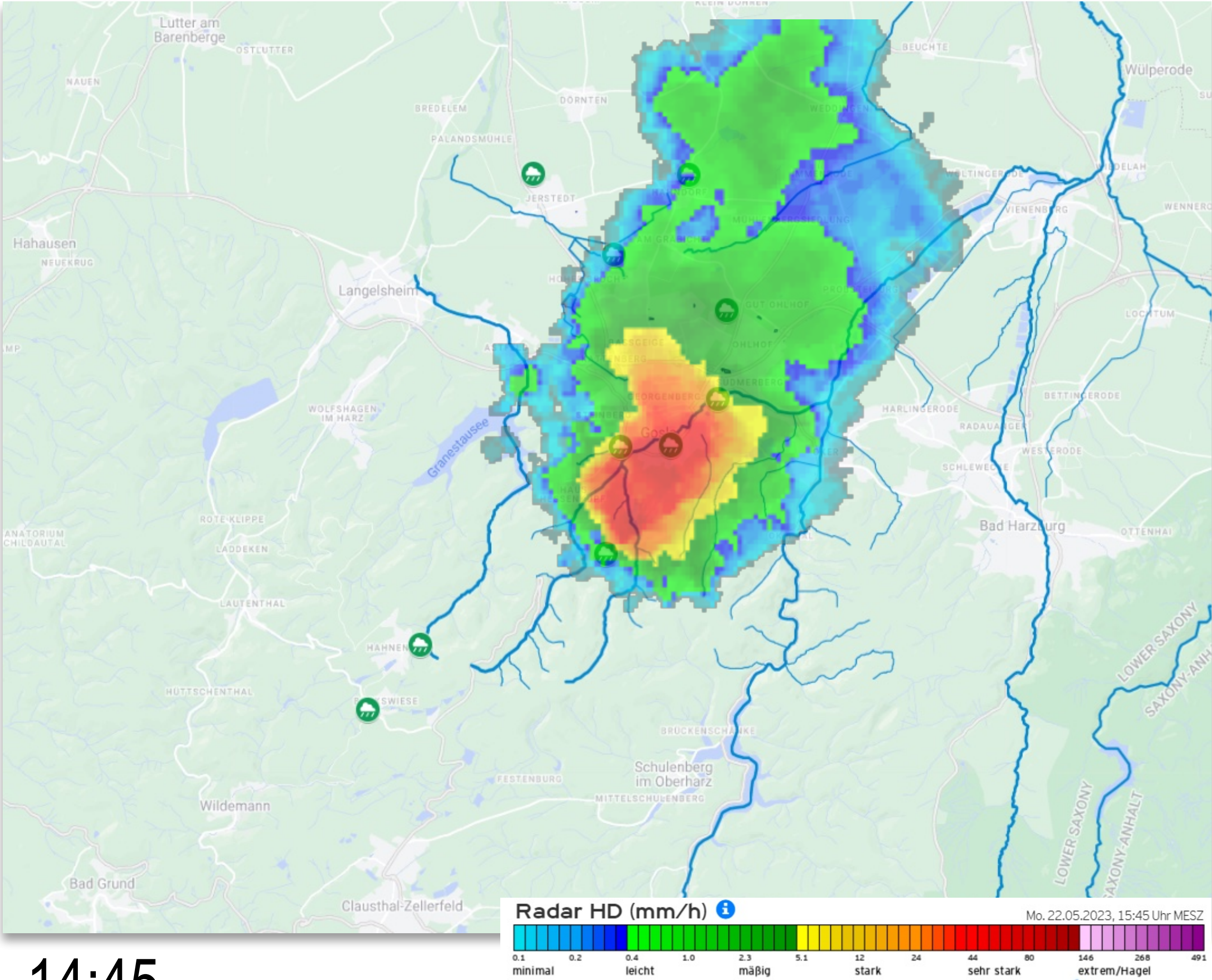
14:25

20.09.2023 | Sándor P. Fekete | EXDIMUM | WaX Postdam



14:35

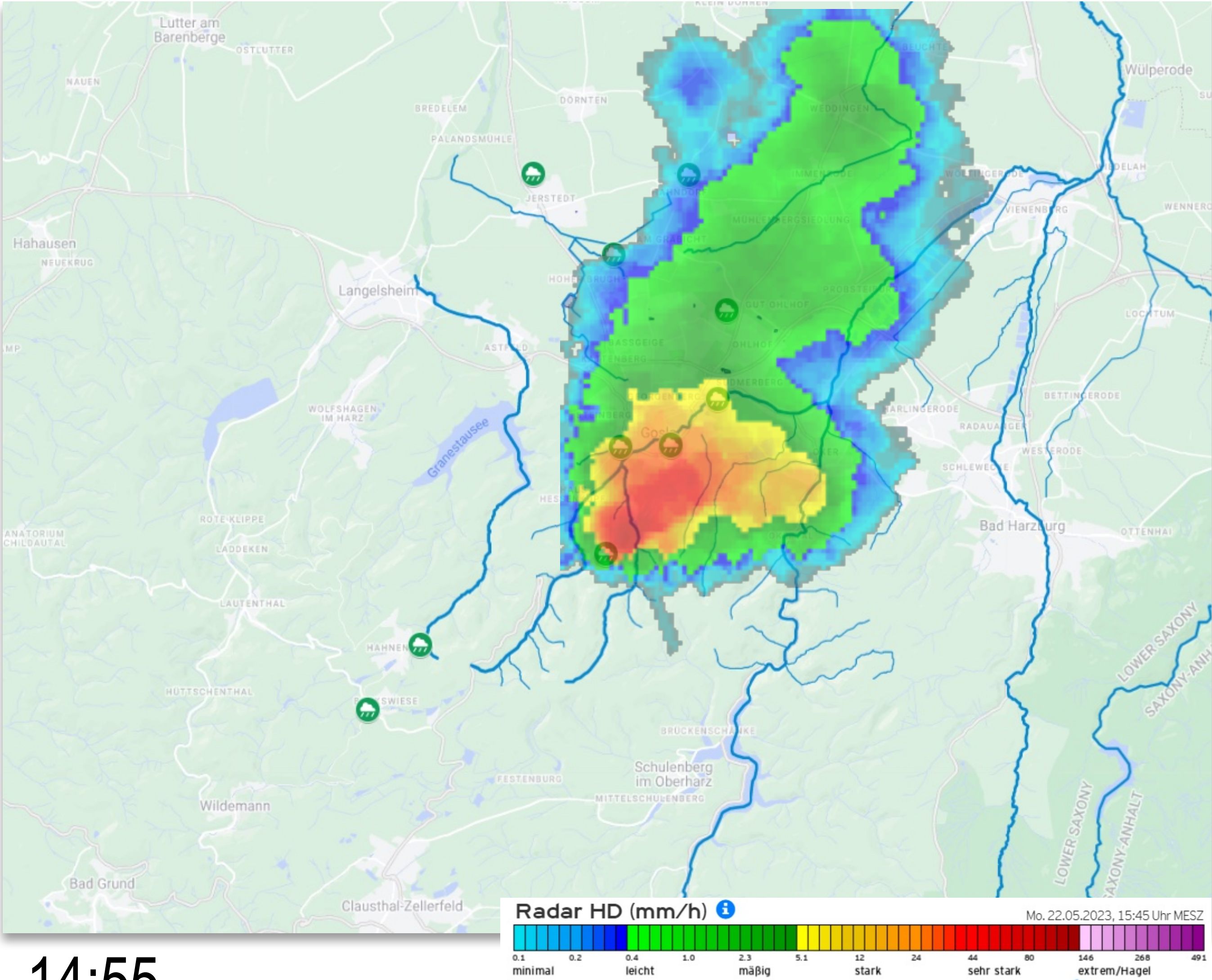
20.09.2023 | Sándor P. Fekete | EXDIMUM | WaX Postdam



14:45

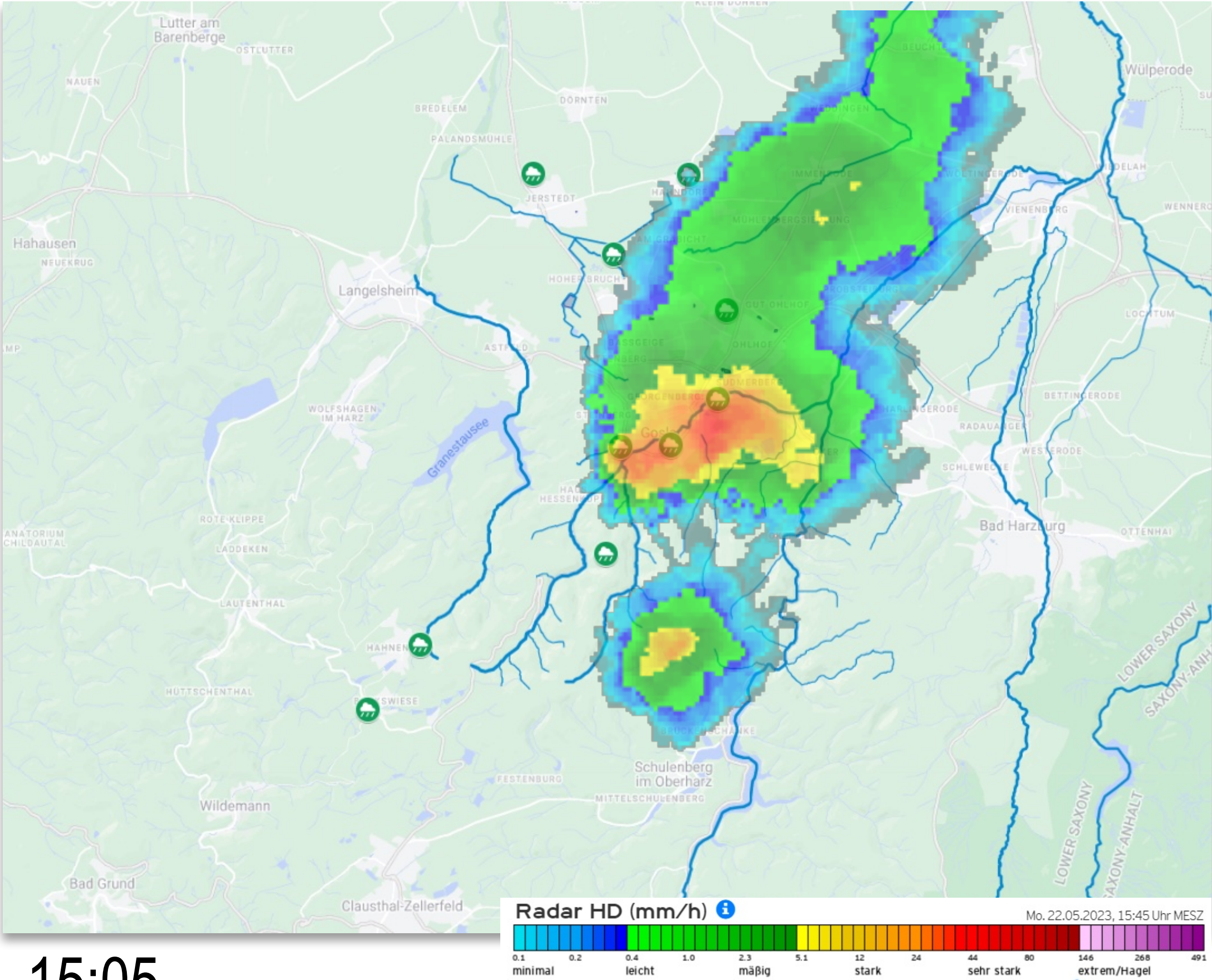
20.09.2023 | Sándor P. Fekete | EXDIMUM | WaX Postdam

22.05.23



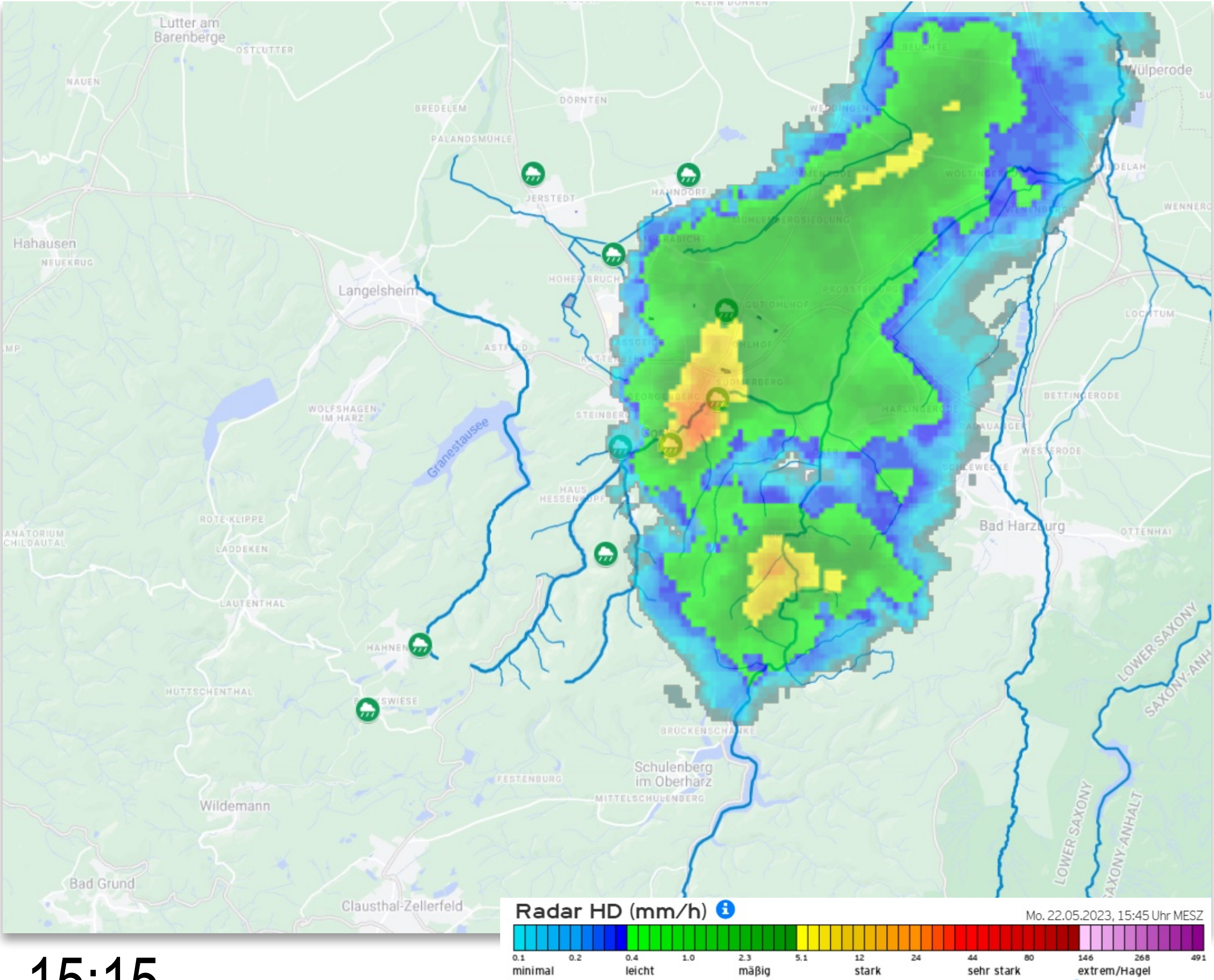
14:55

20.09.2023 | Sándor P. Fekete | EXDIMUM | WaX Postdam



15:05

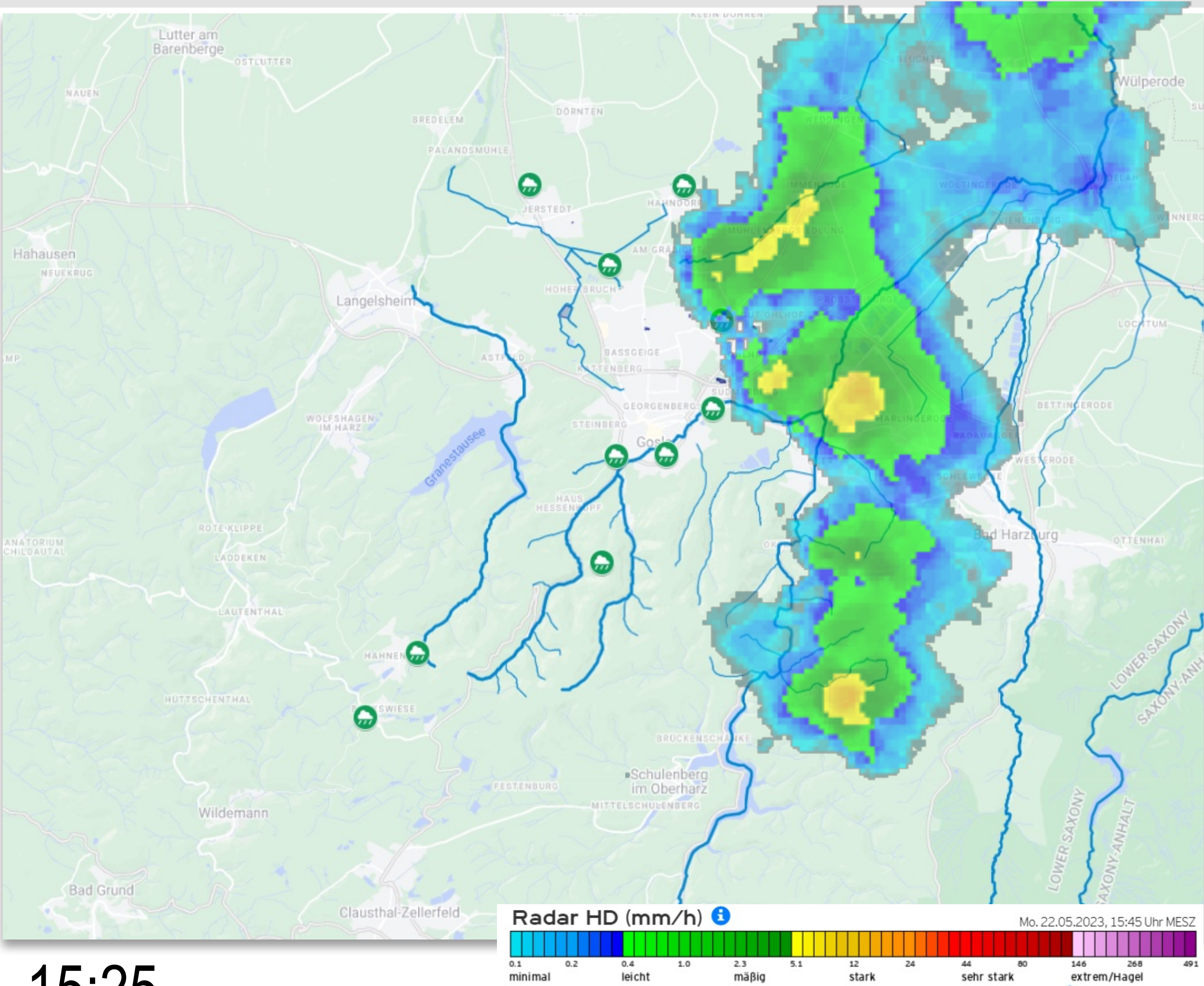
20.09.2023 | Sándor P. Fekete | EXDIMUM | WaX Postdam



15:15

20.09.2023 | Sándor P. Fekete | EXDIMUM | WaX Postdam

22.05.23



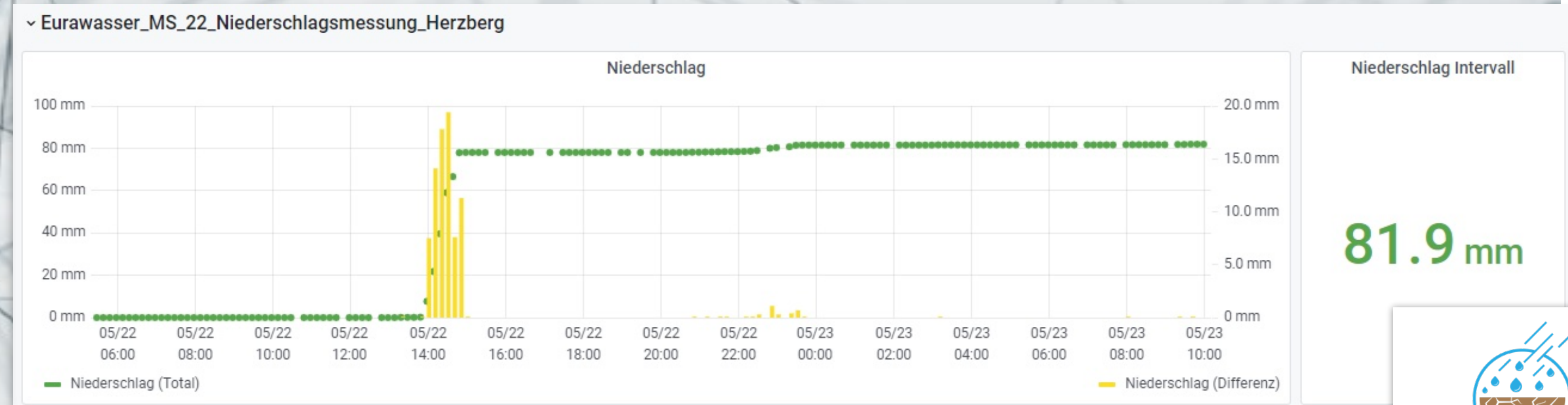
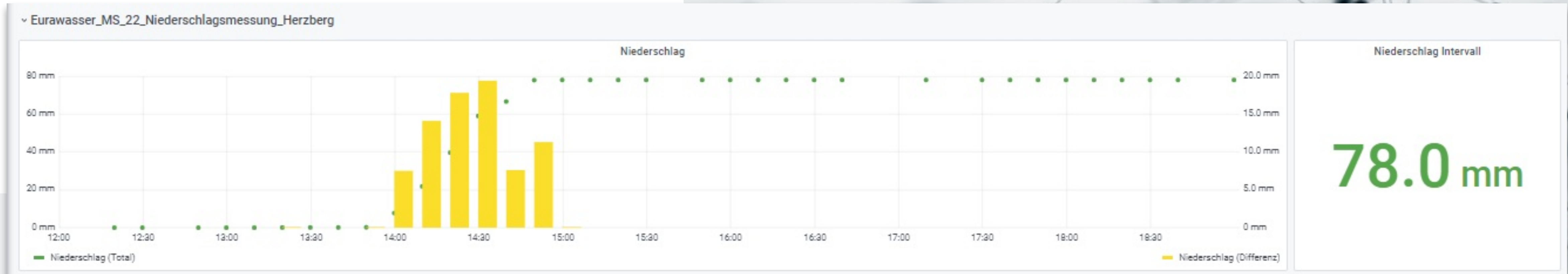
15:25

20.09.2023 | Sándor P. Fekete | EXDIMUM | WaX Postdam

22.05.23



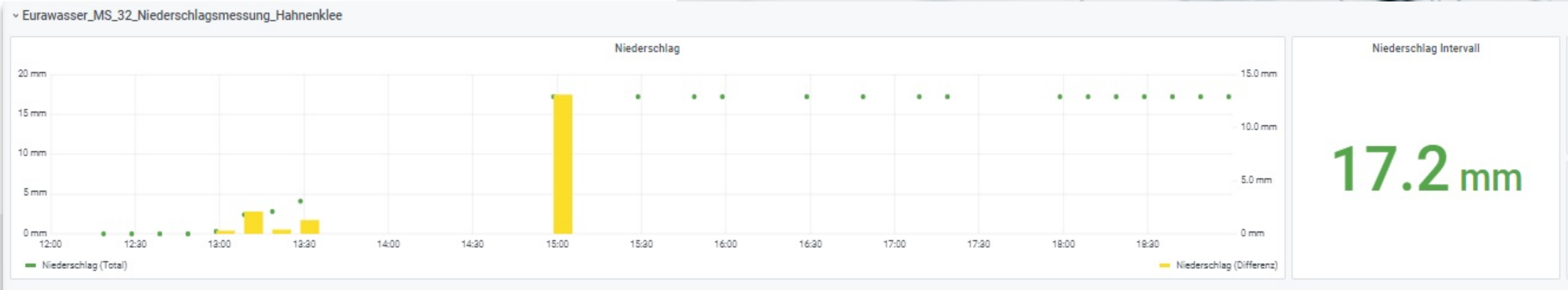
Niederschlag Herzberg



Niederschlag – Innenstadt & Frankenberger Teich



Niederschlag – Hahnenklee & Im Schleeke

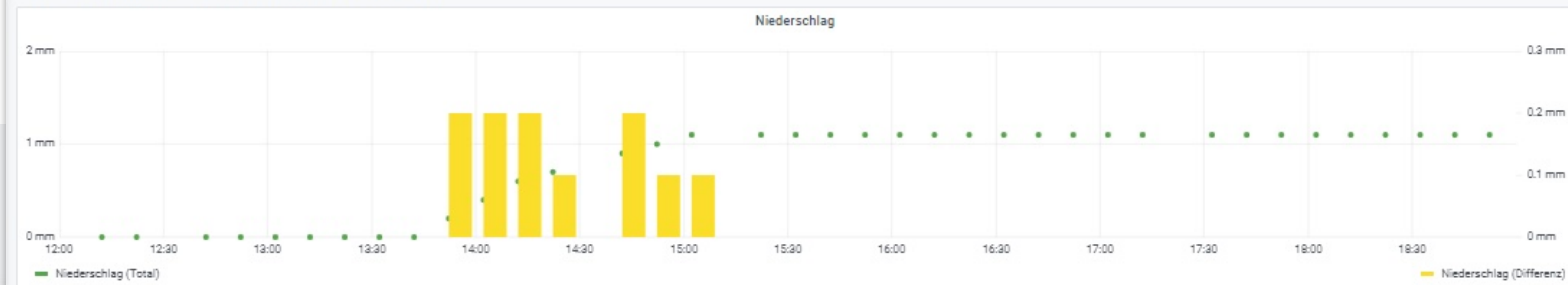


Niederschlag – Kramerswinkel, Hahndorf, Kläranlage West, Bocksweise



Niederschlag – Jerstedt Nord

▼ Eurawasser_MS_13_Niederschlagsmessung_Jerstedt_Nord



Niederschlag Intervall

1.1 mm

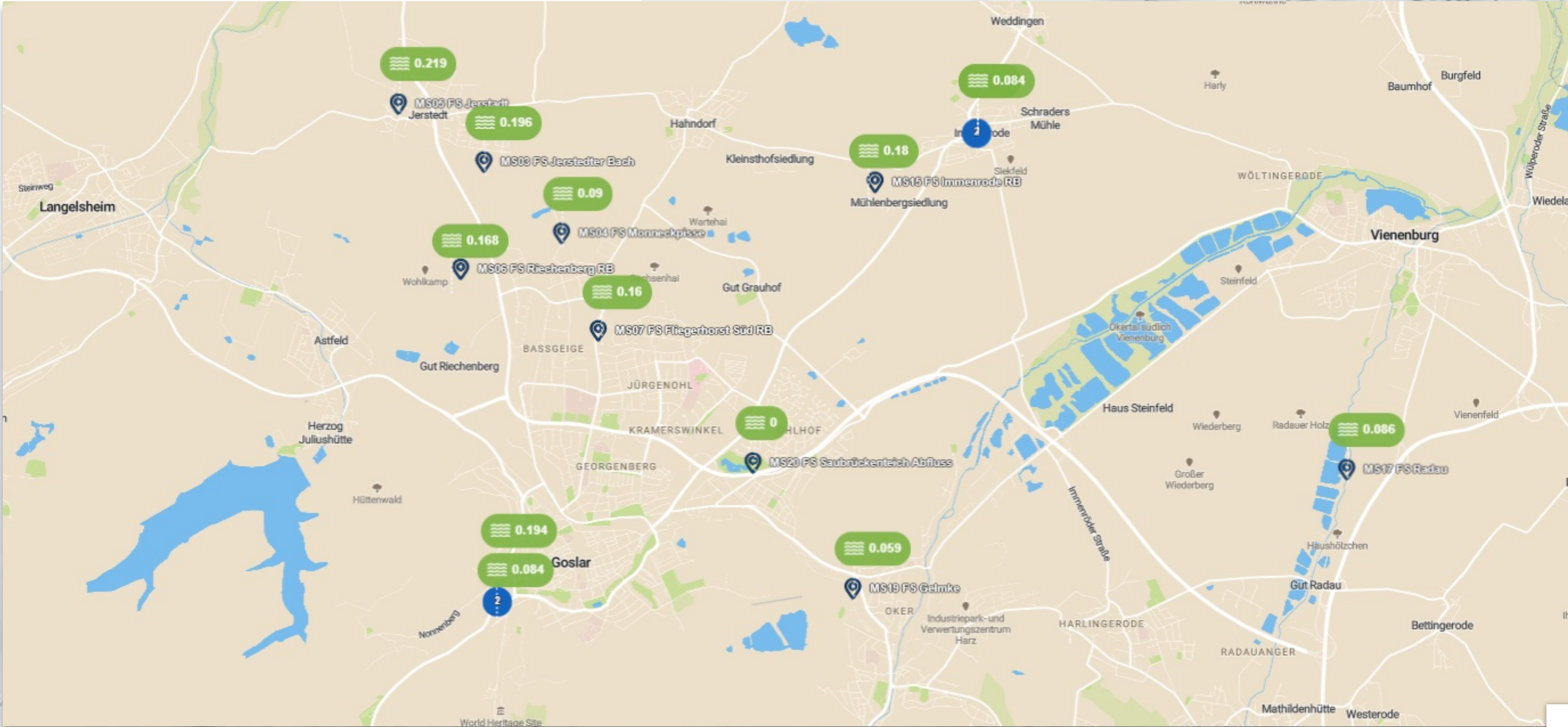
▼ Eurawasser_MS_13_Niederschlagsmessung_Jerstedt_Nord



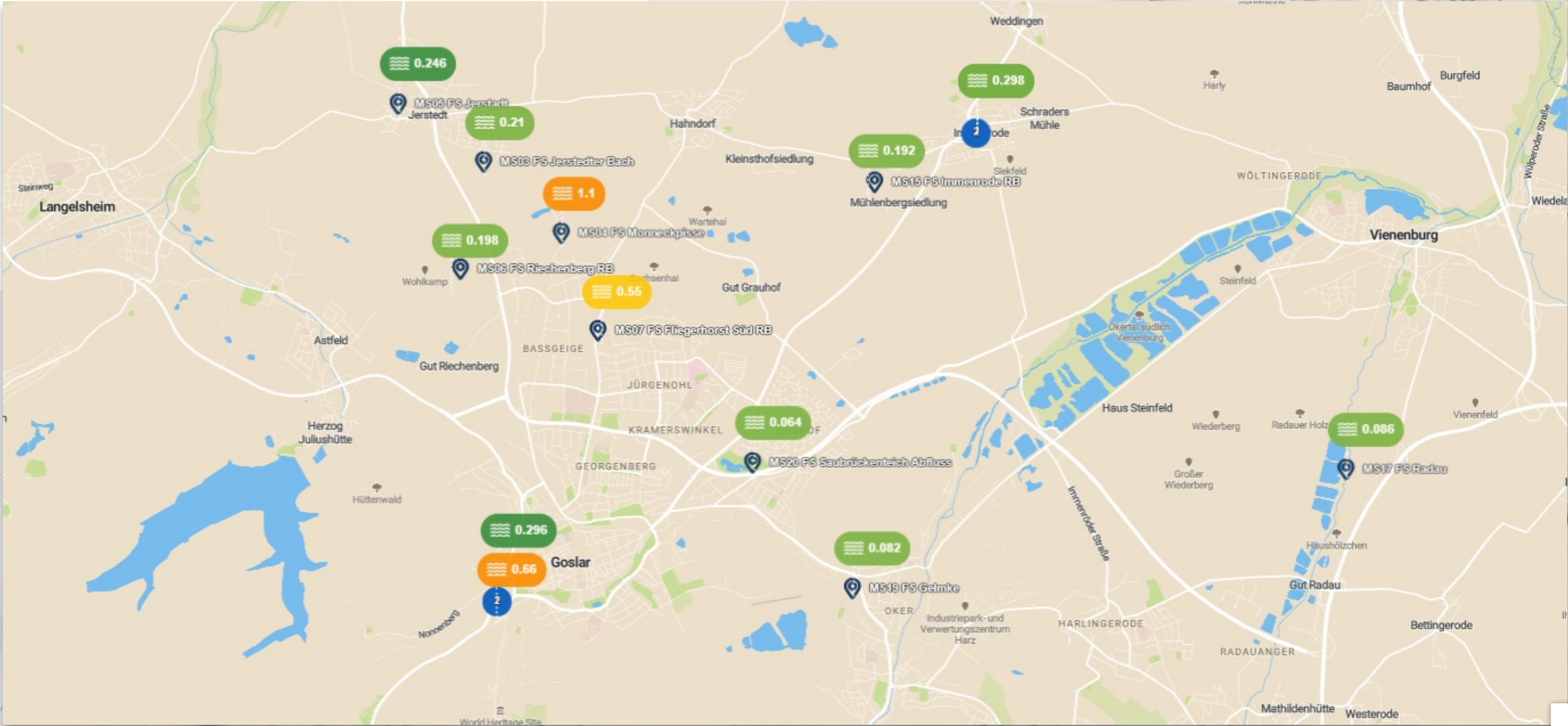
Niederschlag Intervall

9.1 mm

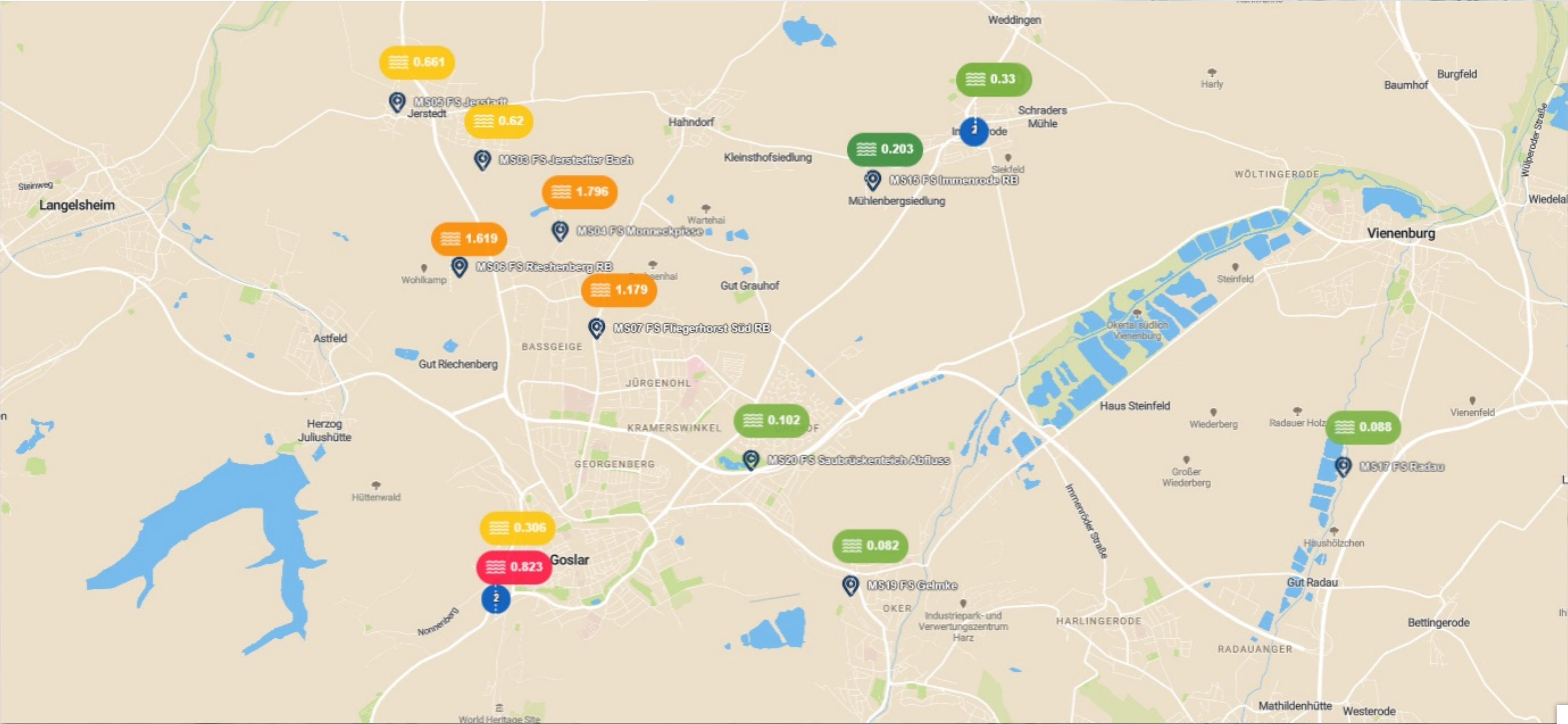
Füllstand – 22.05.23 @ 14Uhr



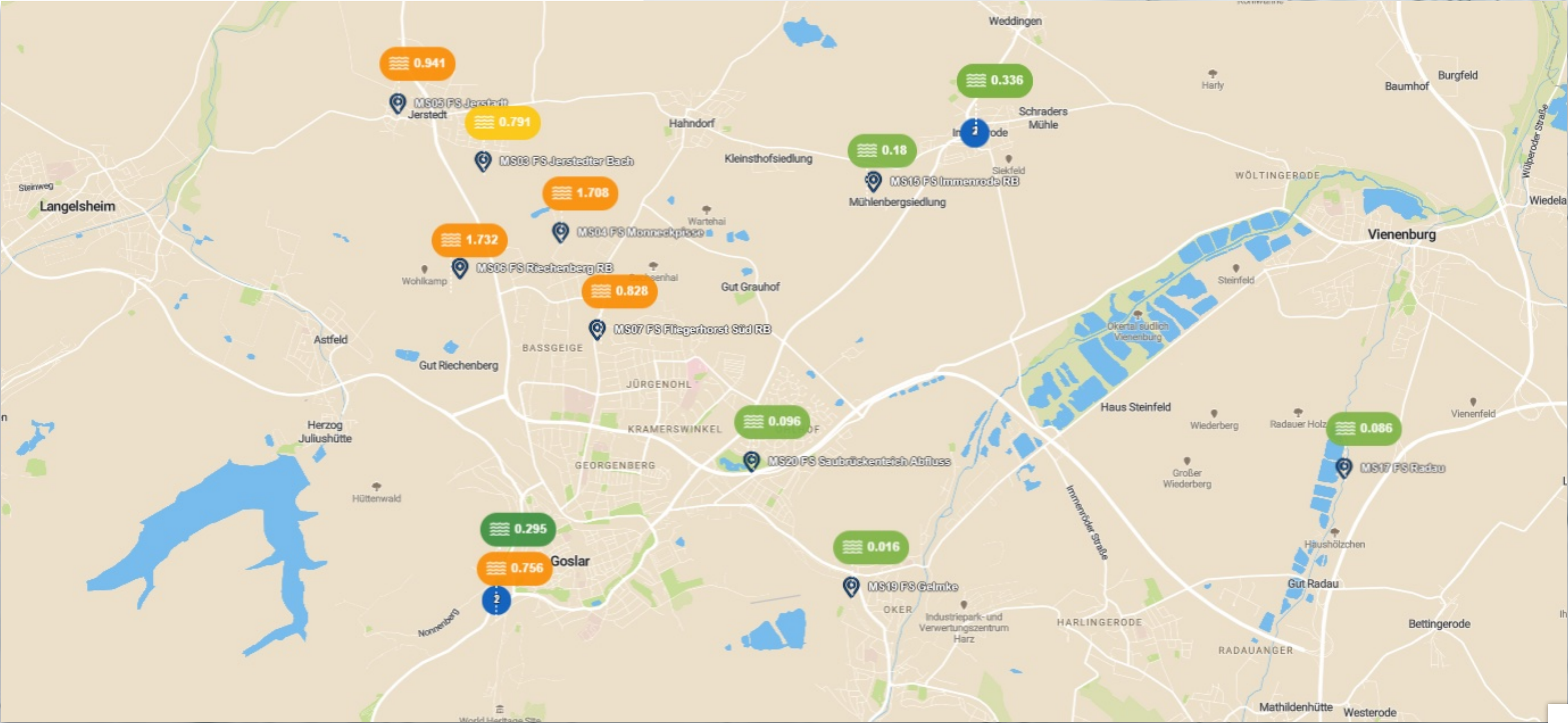
Füllstand – 22.05.23 @ 15Uhr



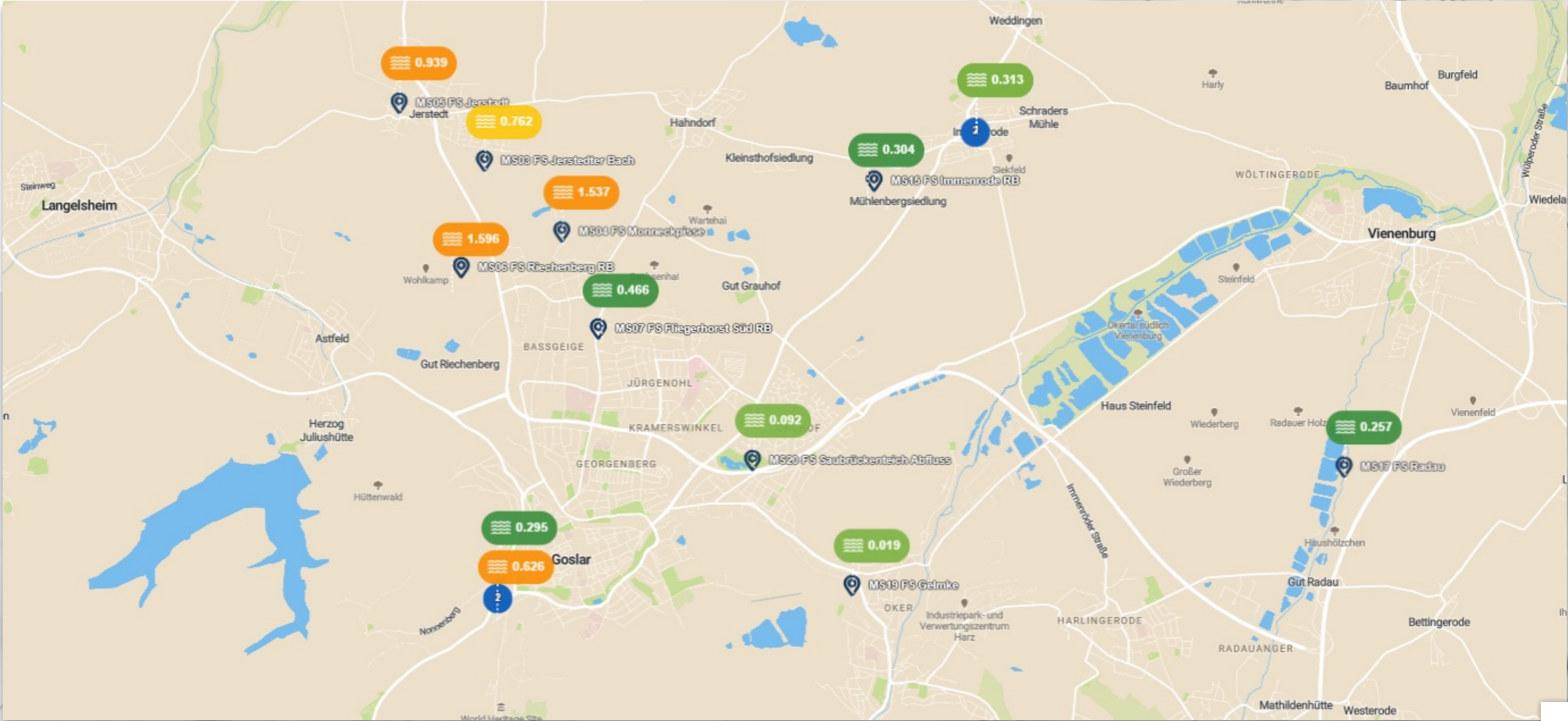
Füllstand – 22.05.23 @ 16Uhr



Füllstand – 22.05.23 @ 17Uhr

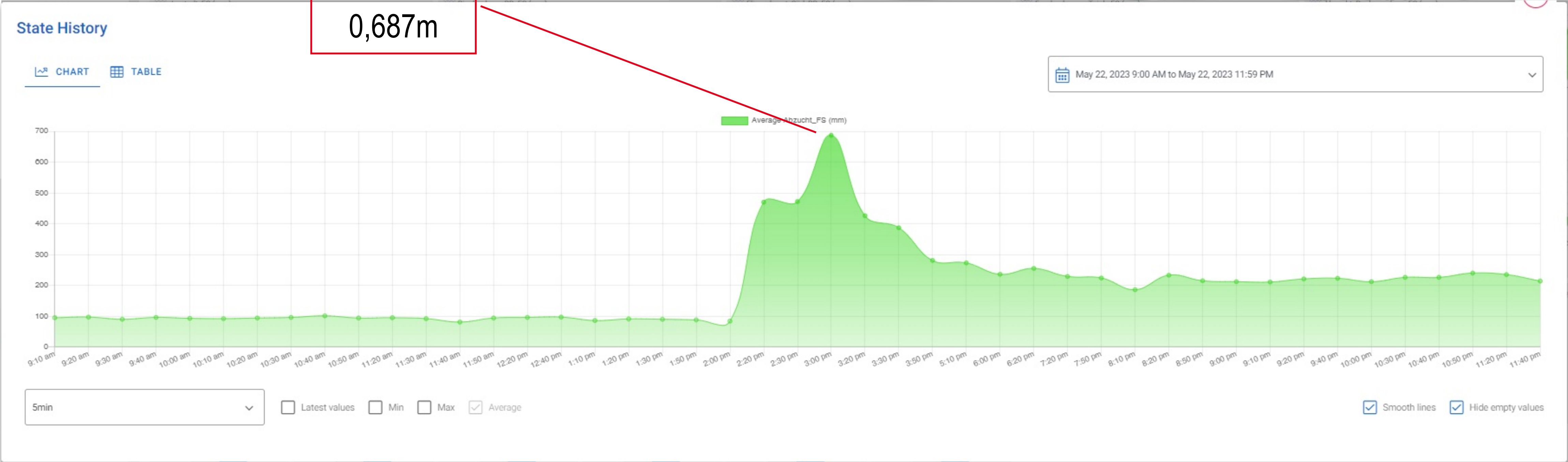


Füllstand – 22.05.23 @ 18Uhr

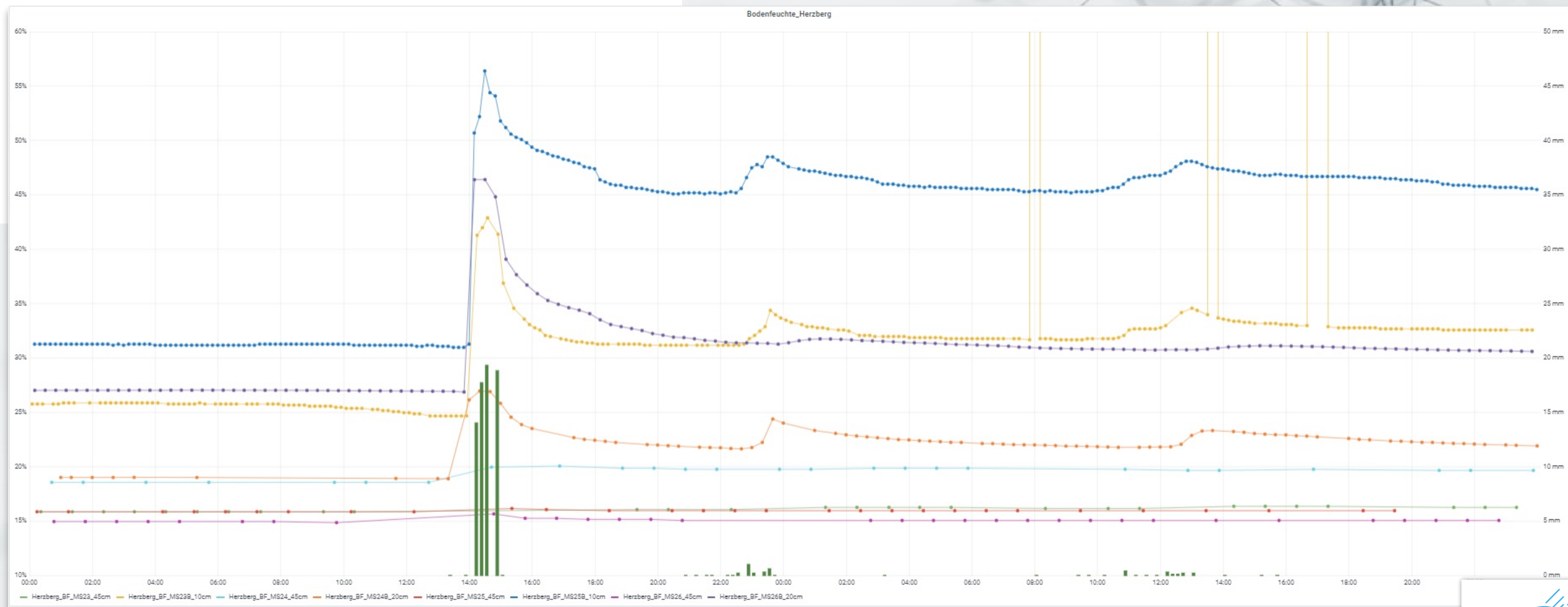


Füllstand – Abzucht

Höchstwert
0,687m



Bodenfeuchte – 22.05.23



Kläranlage West Durchflussmesser – 22.05.23



Einsatz vor Ort in Goslar



Impressionen Starkregen von EURAWASSER



Abzuchtroste nahe Theresienhof; Füllstandkontrolle



Abzuchtroste nahe Theresienhof; Füllstandkontrolle

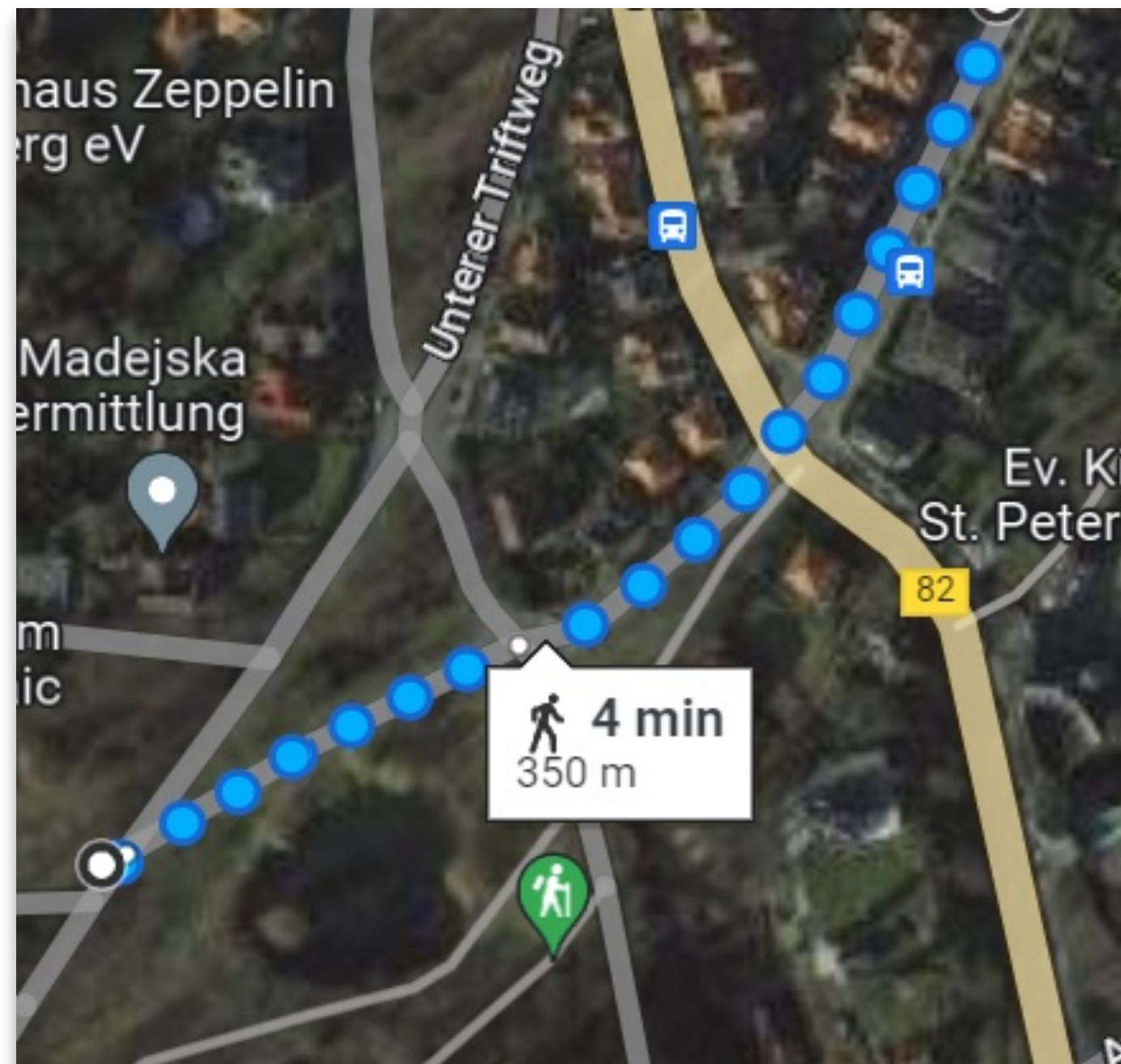


Abzuchtroste nahe Theresienhof; Füllstandkontrolle



Verstopfte Gitterroste Von-Garßen-Straße → Claustorwall

- Gitterroste durch Treibgut verstopft → kein Abfließen möglich
- Überlaufen des Frankenberger Teichs
- Folge → Überlaufen der Straße Claustorwall



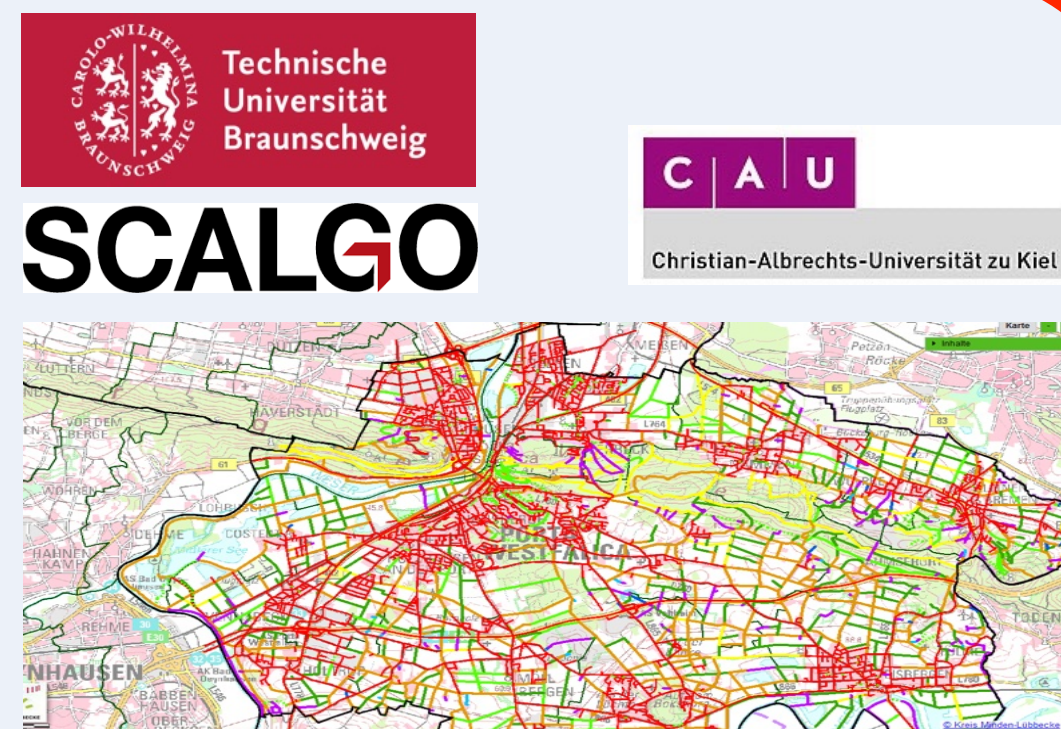
Bilder vom Feuerwehr-Einsatz Goslar



Datenquellen



Satellitendaten

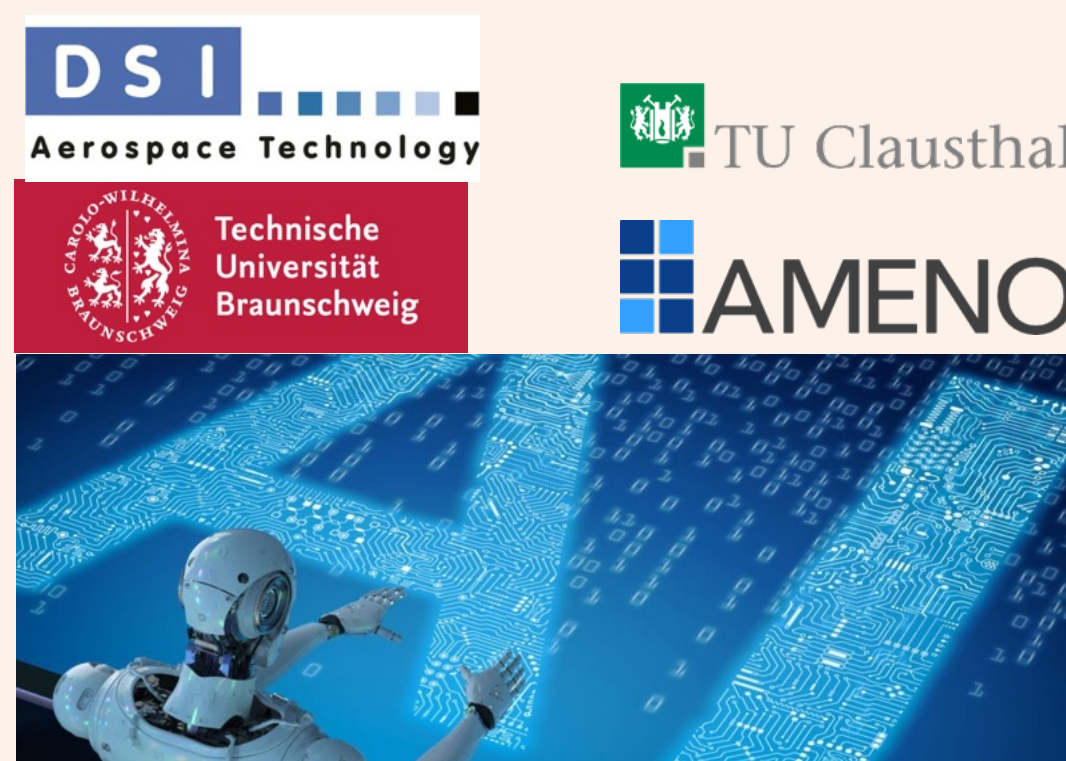


Geodaten

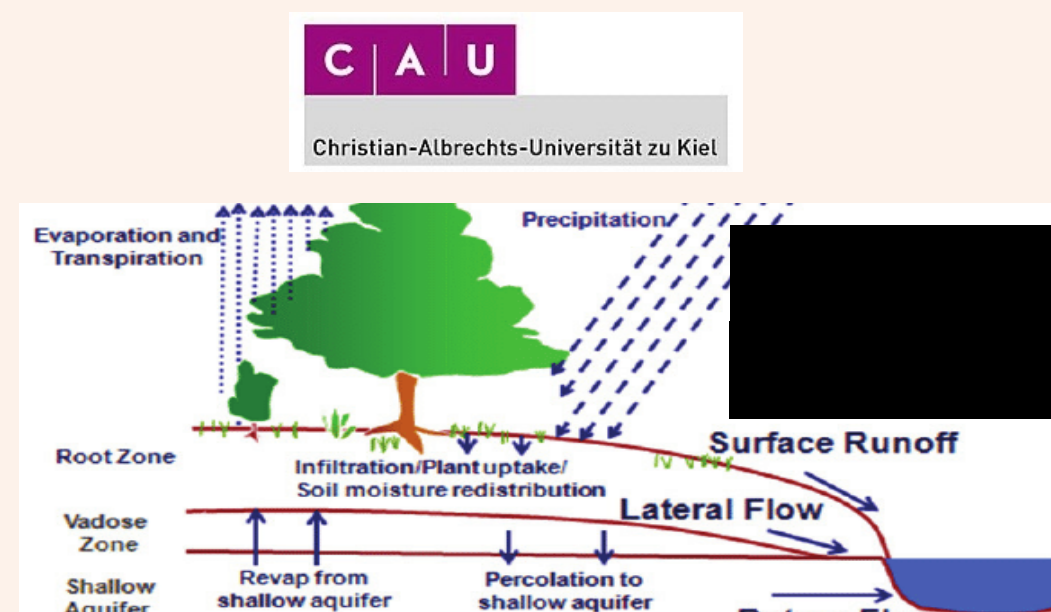


Zuverlässige Boden-Sensordaten

Datenverarbeitung



Verfahren der künstlichen Intelligenz



SWAT-Modellierung

Multiskalenmodell



Digitales Abbild und Simulationsmodell

Datennutzung

EURAWASSER
und assoziierte Partner (Absichtserklärung)



Verbesserte Steuerung von Retentionsanlagen



Vorhersage der Ausbreitung von Schwermetallen in Flussauen

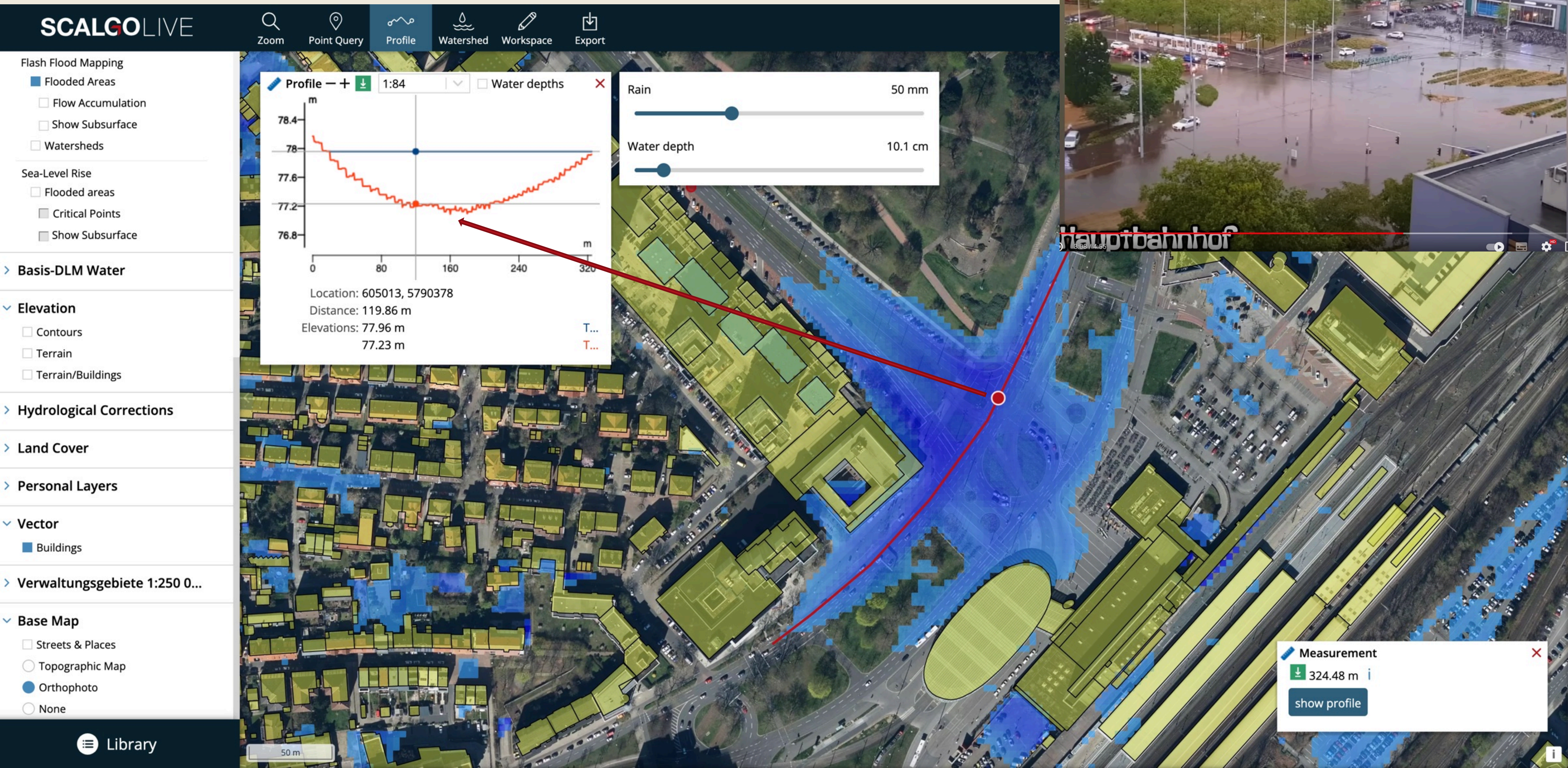


Ableitung baulicher Maßnahmen zur Hochwasserprävention

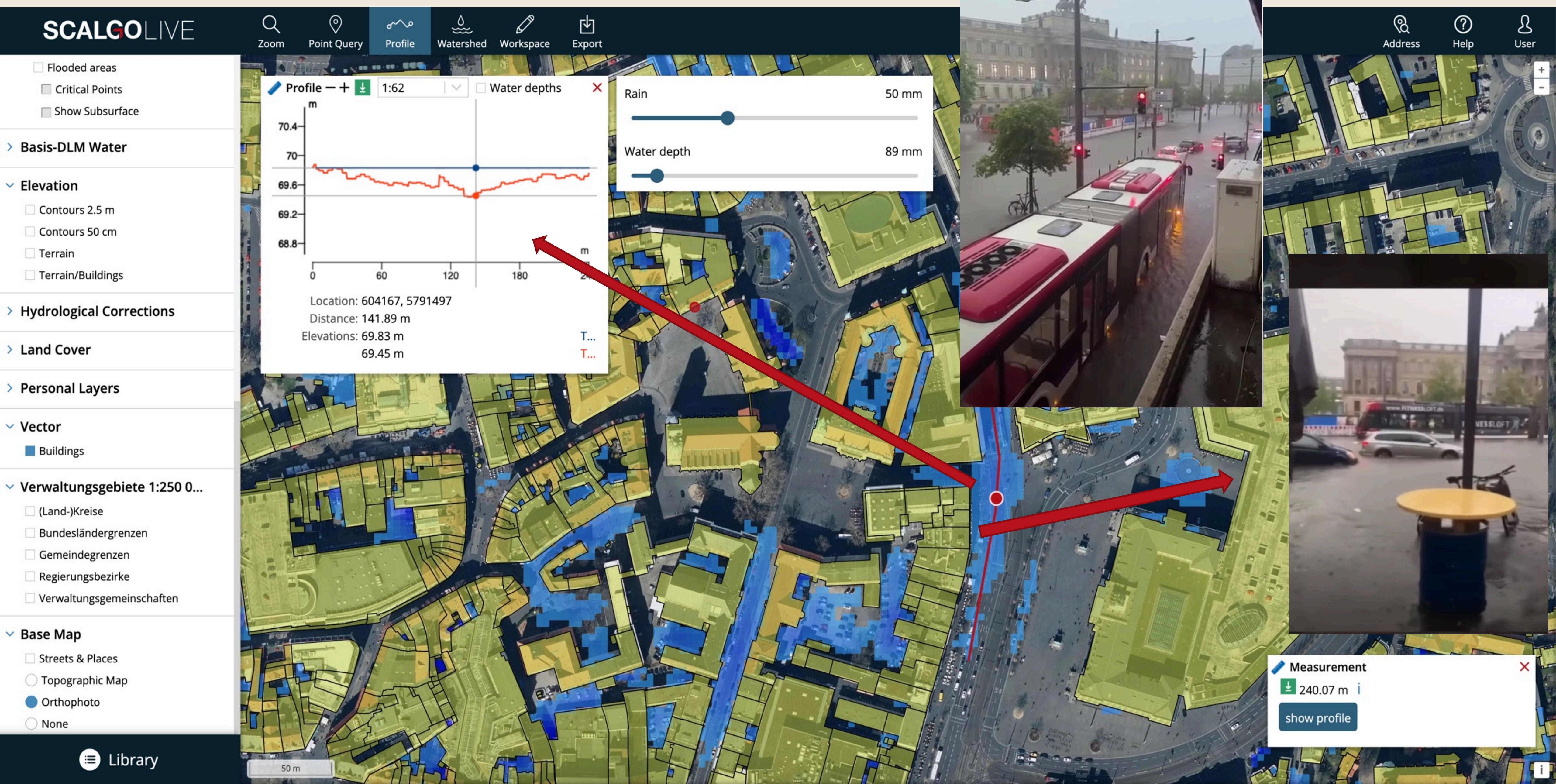
**Starkregenereignis
Braunschweig
22.06.2023**



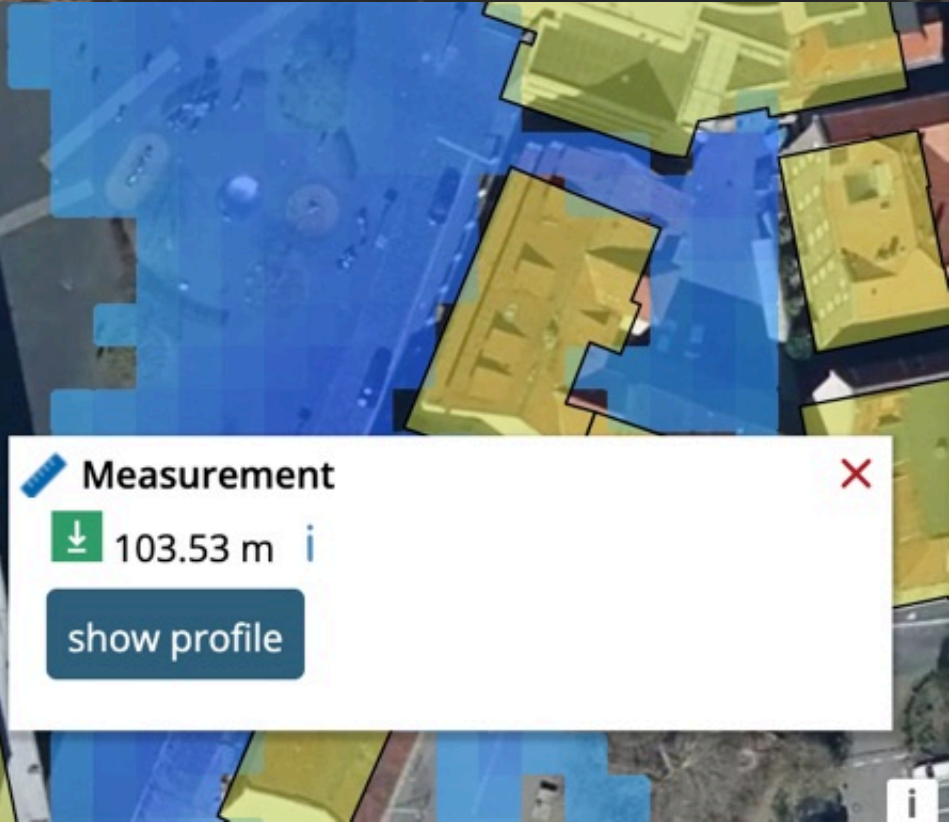
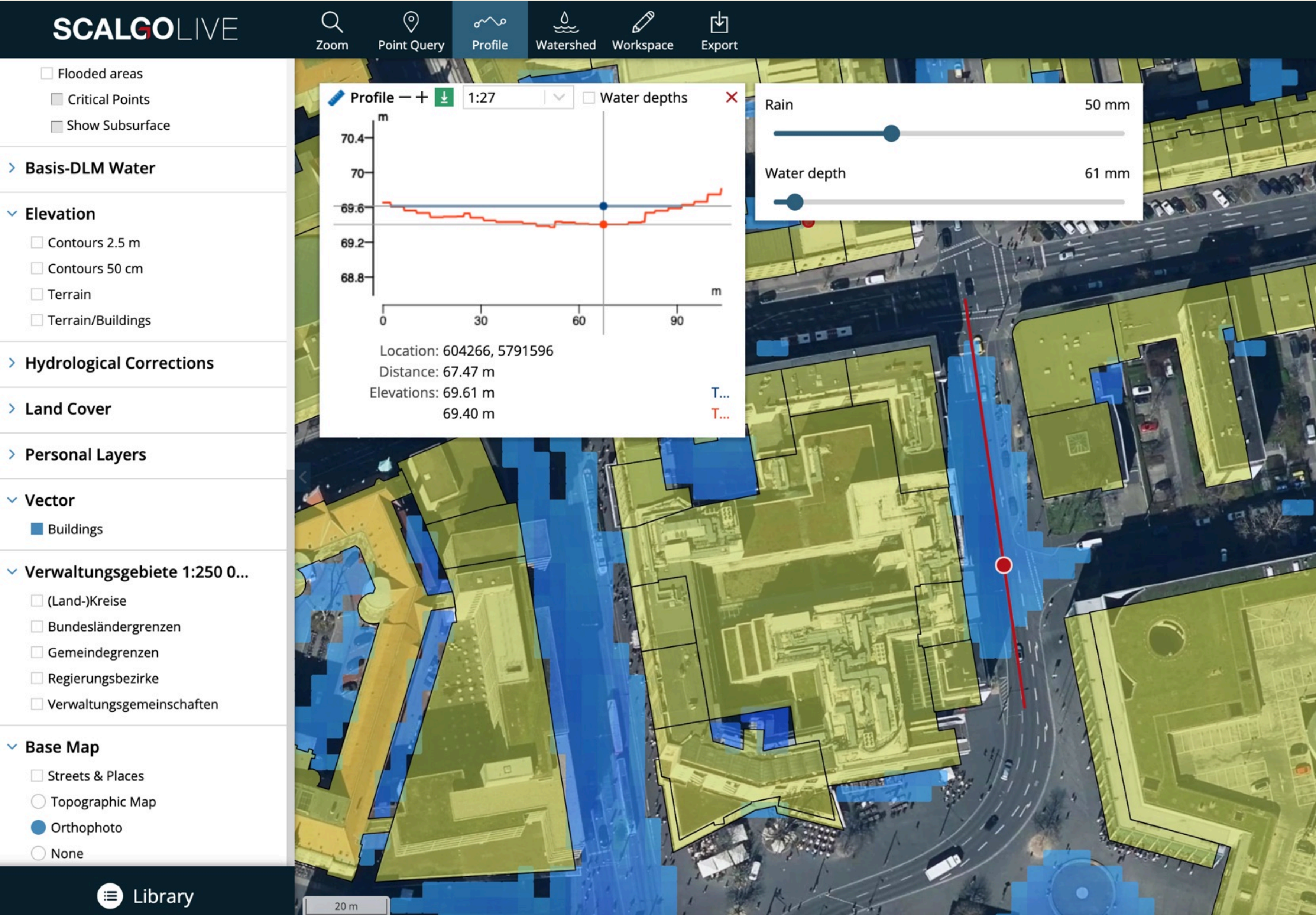
Hauptbahnhof Kurt-Schumacher-Straße



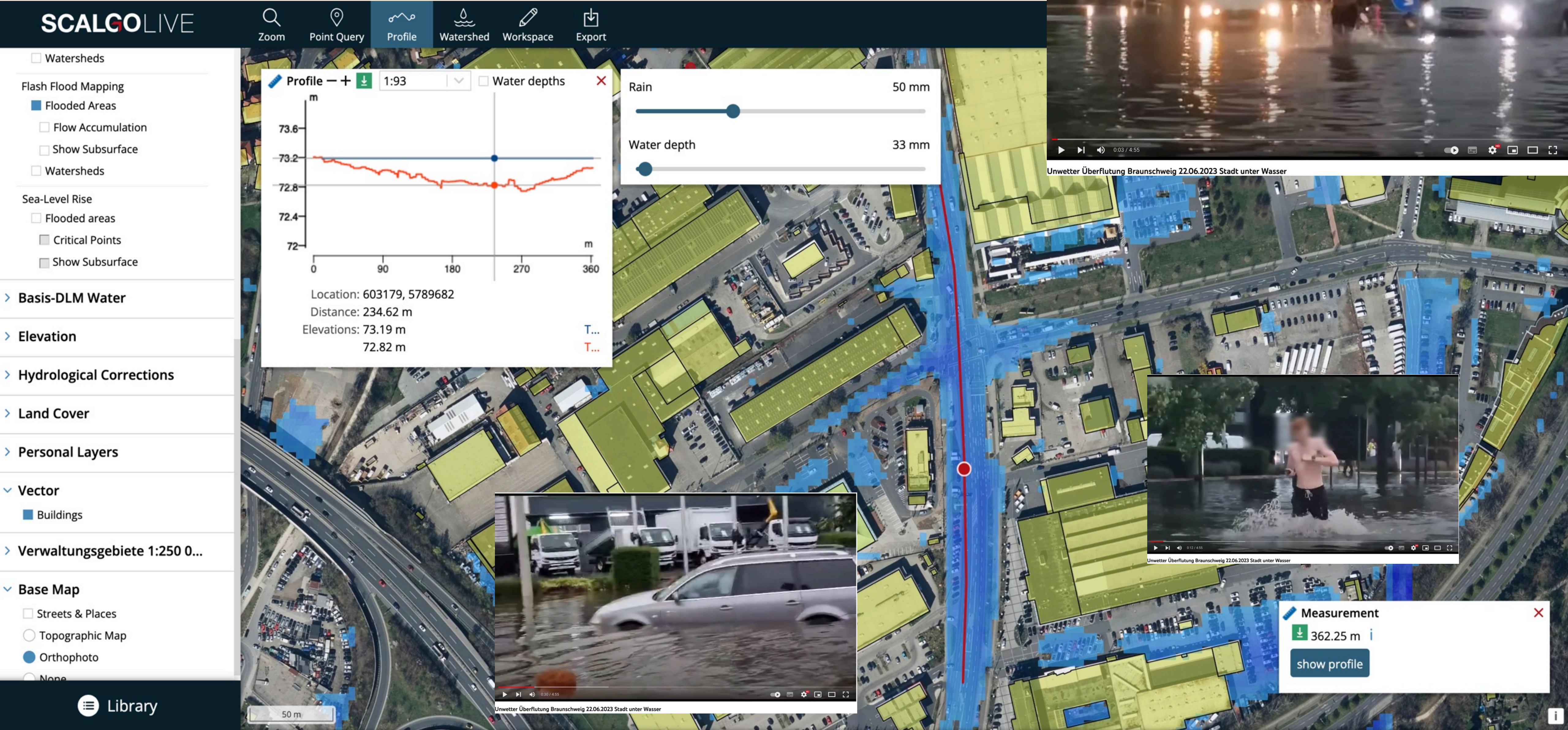
Schlossmuseum Bohlweg



Tiefgarage Schlosscarree



Frankfurter Straße



Frankfurter Straße

SCALGO LIVE

Zoom

Point Query

Profile

Watershed

Workspace

Export

☐ Watersheds

Flash Flood Mapping

☒ Flooded Areas

☐ Flow Accumulation

☐ Show Subsurface

☐ Watersheds

Sea-Level Rise

☐ Flooded areas

☐ Critical Points

☐ Show Subsurface

> Basis-DLM Water

> Elevation

> Hydrological Corrections

> Land Cover

> Personal Layers

> Vector

☒ Buildings

> Verwaltungsgebiete 1:250 0...

> Base Map

☐ Streets & Places

☐ Topographic Map

☒ Orthophoto

☐ None

Library

Profile

1:93

☐ Water depths

73.6

73.2

72.8

72.4

72

0

90

180

270

360

Location: 603179, 5789682

Distance: 234.62 m

Elevations: 73.19 m

72.82 m

Rain

50 mm

Water depth

33 mm

Unwetter Überflutung Braunschweig 22.06.2023 Stadt unter Wasser

0:03 / 4:55

Unwetter Überflutung Braunschweig 22.06.2023 Stadt unter Wasser

0:12 / 4:55

Measurement

362.25 m

show profile

Unwetter Überflutung Braunschweig 22.06.2023 Stadt unter Wasser

0:30 / 4:55

Unwetter Überflutung Braunschweig 22.06.2023 Stadt unter Wasser

0:03 / 4:55

50 m

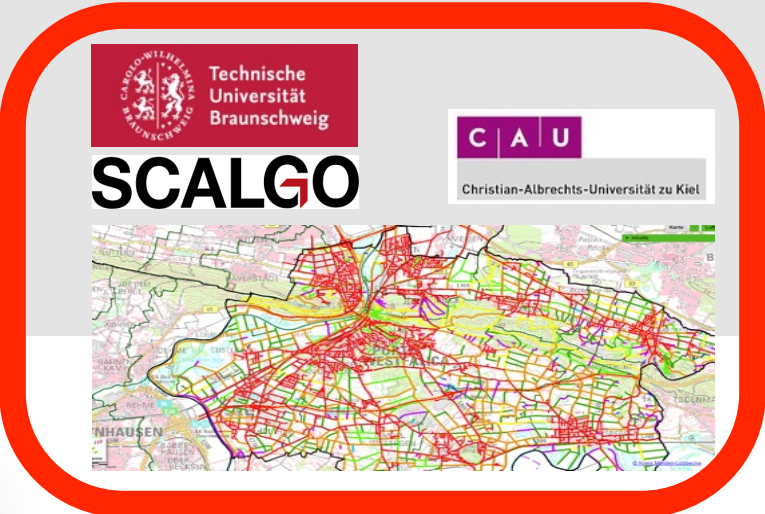
Unwetter Überflutung Braunschweig 22.06.2023 Stadt unter Wasser

0:03 / 4:55

Unwetter Überflutung Braunschweig 22.06.2023 Stadt unter Wasser

0:12 / 4:55

Kritisch: Zeit

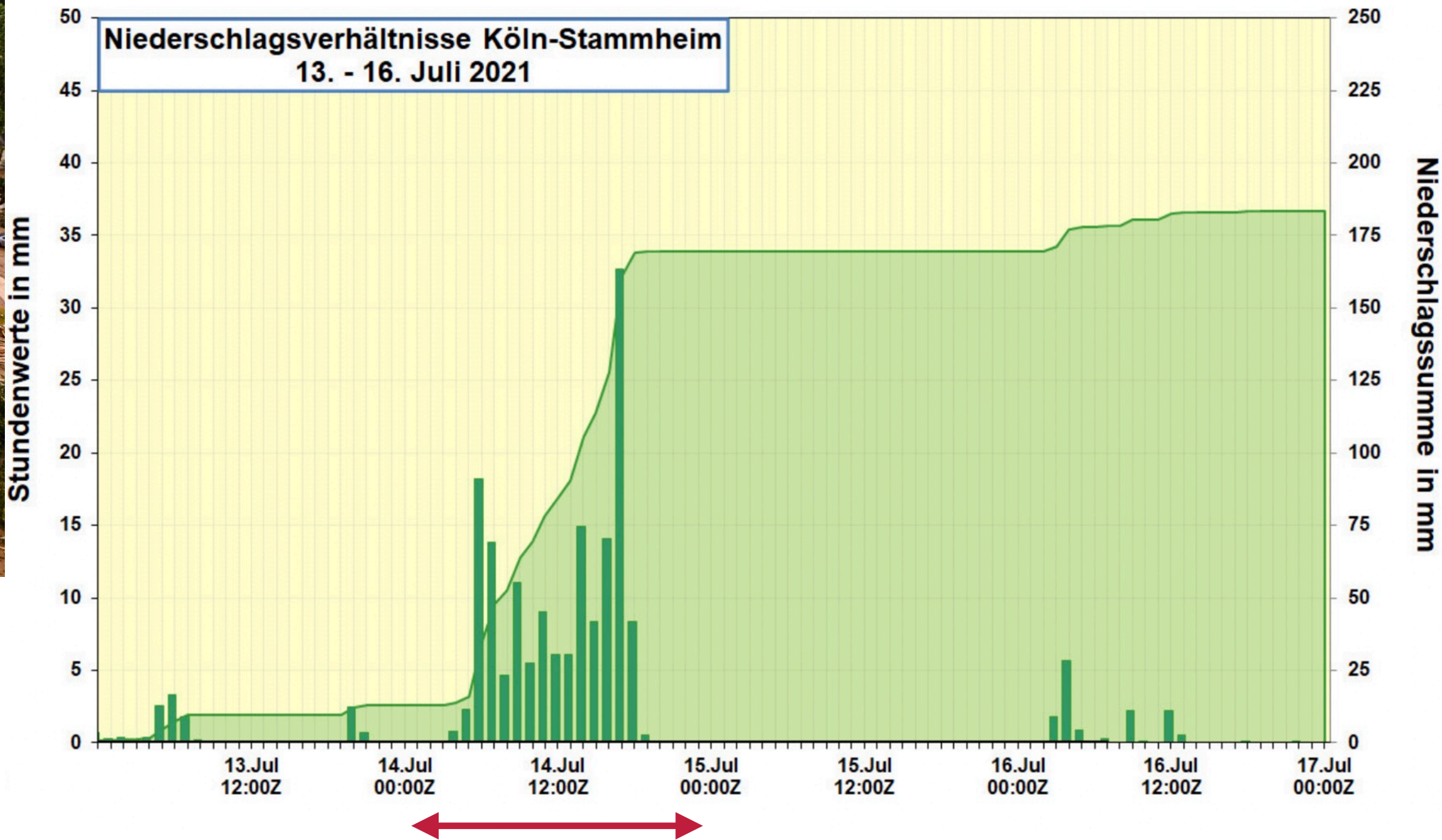


Friedemann Vogel / EPA

Hochwasser im Landkreis Ahrweiler

»Nur wenige Minuten, um zu fliehen«

Reste von Häusern, Schlamm, umgekippte Autos: Durch das rheinland-pfälzische Walporzheim rauschte eine Wasserlawine. SPIEGEL-Reporter Lukas Eberle ist vor Ort.

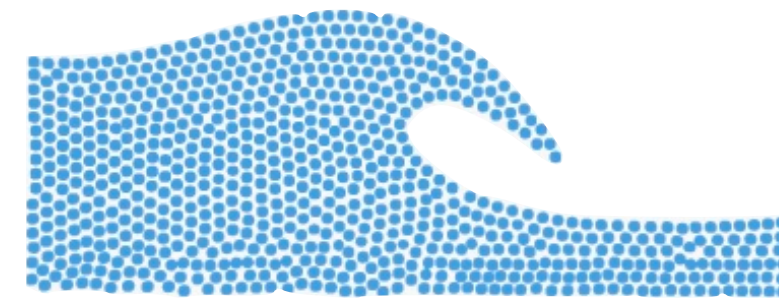


Quelle: Hochwasser Mitteleuropa, Juli 2021 (Deutschland)

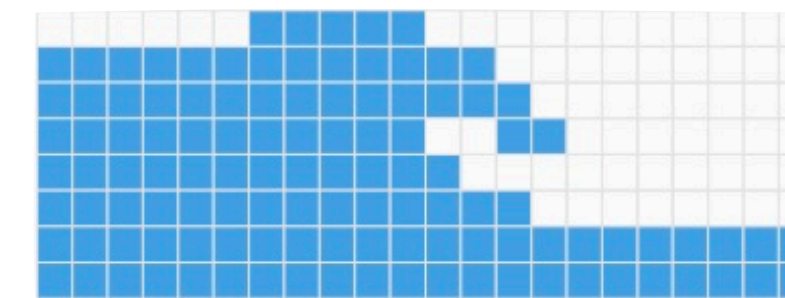
Fluid-Simulationen



Continuum

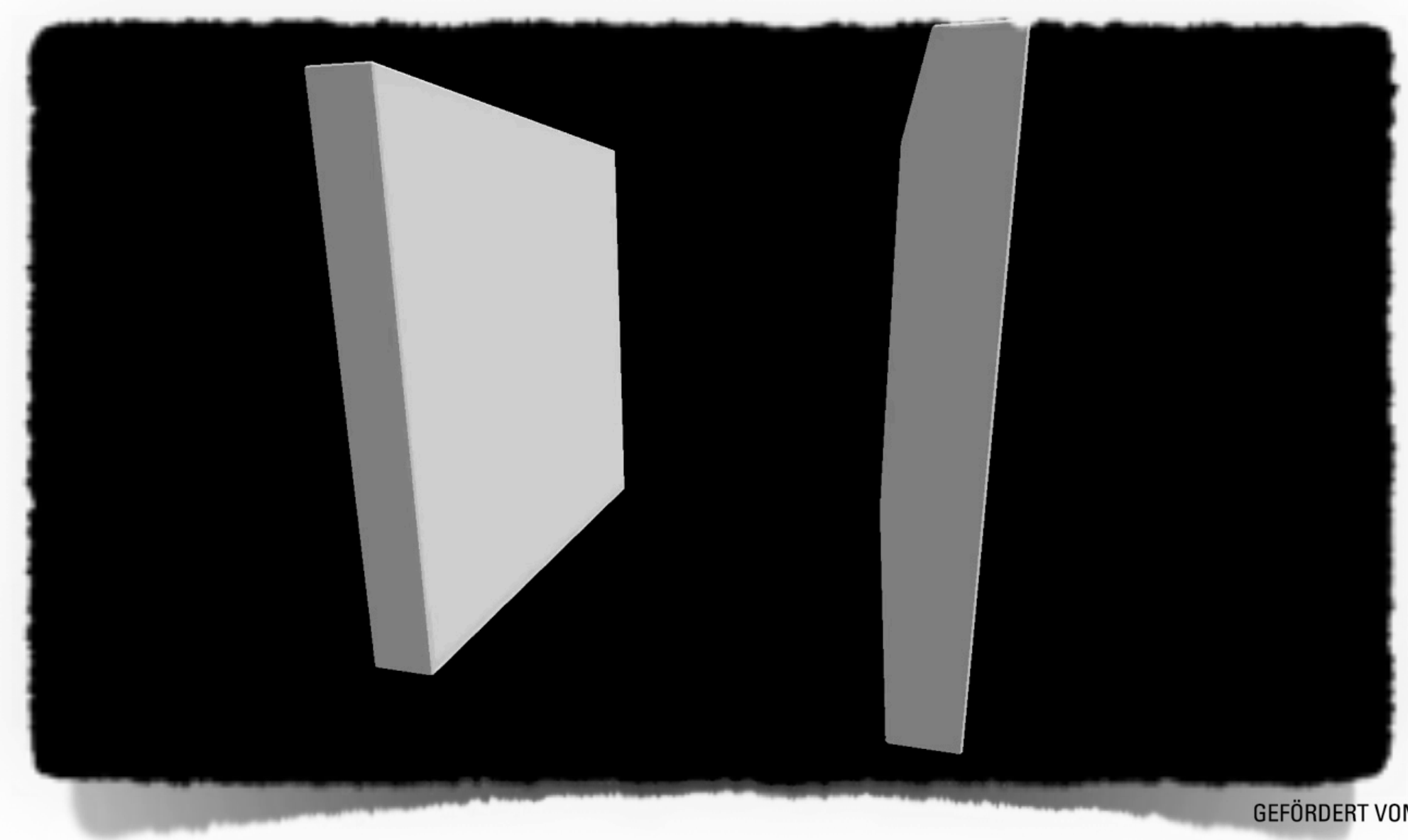
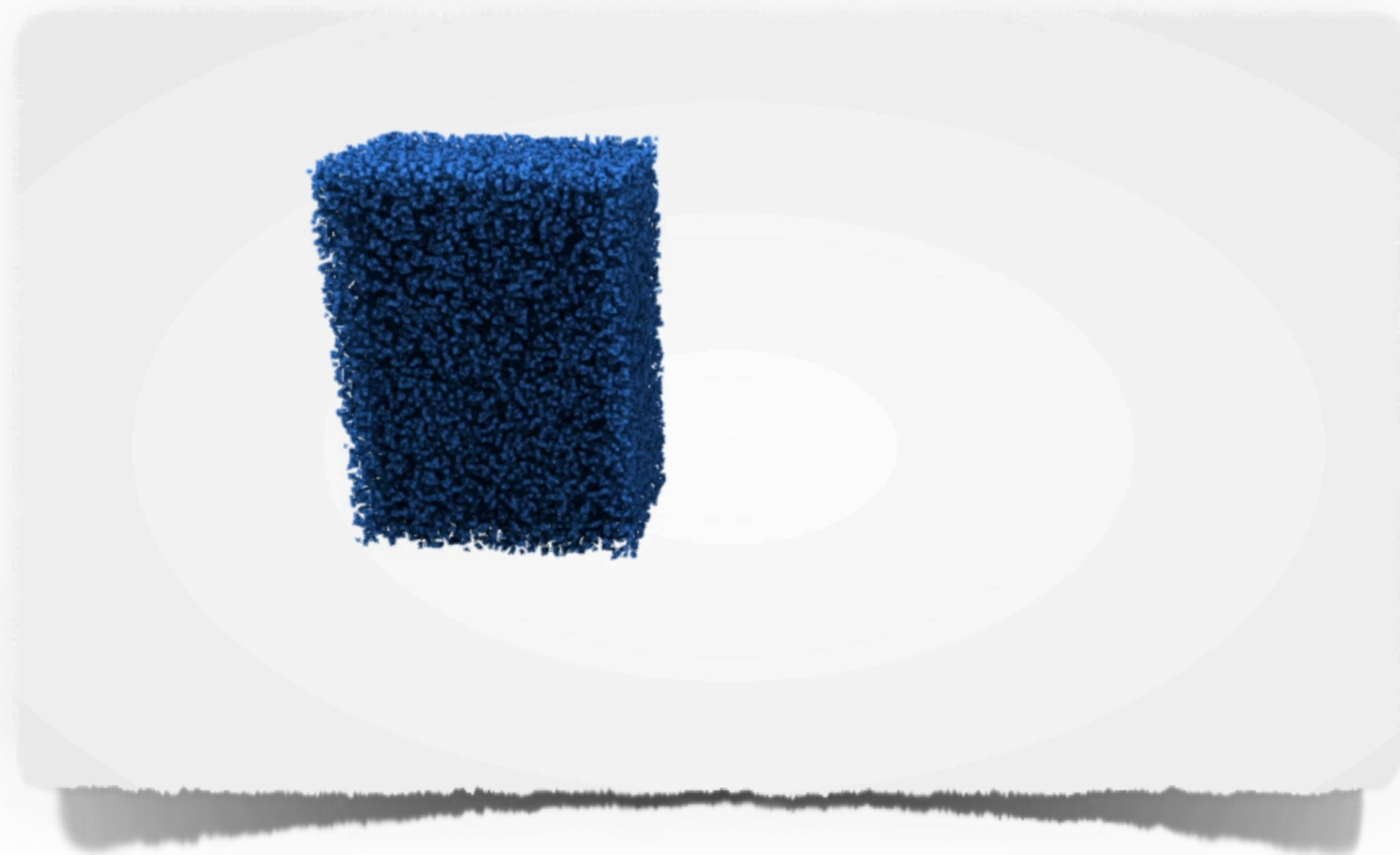


Particle Discretization



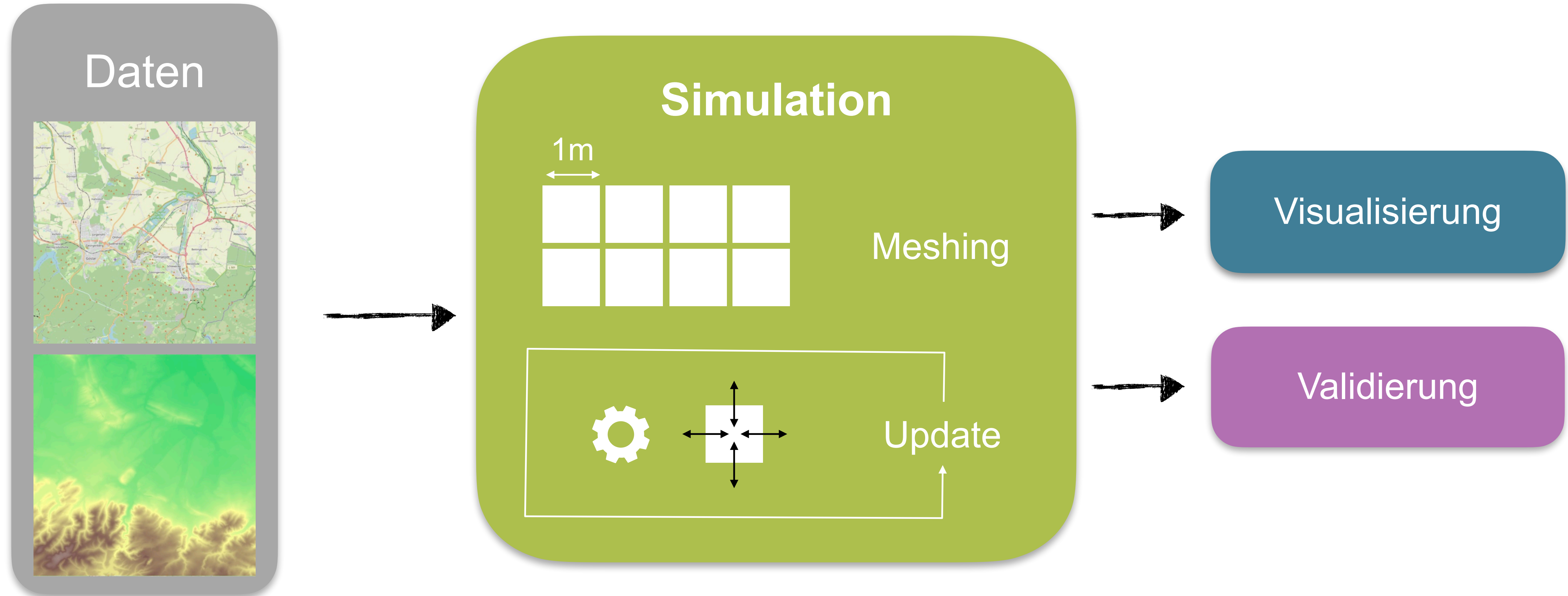
Mesh Discretization

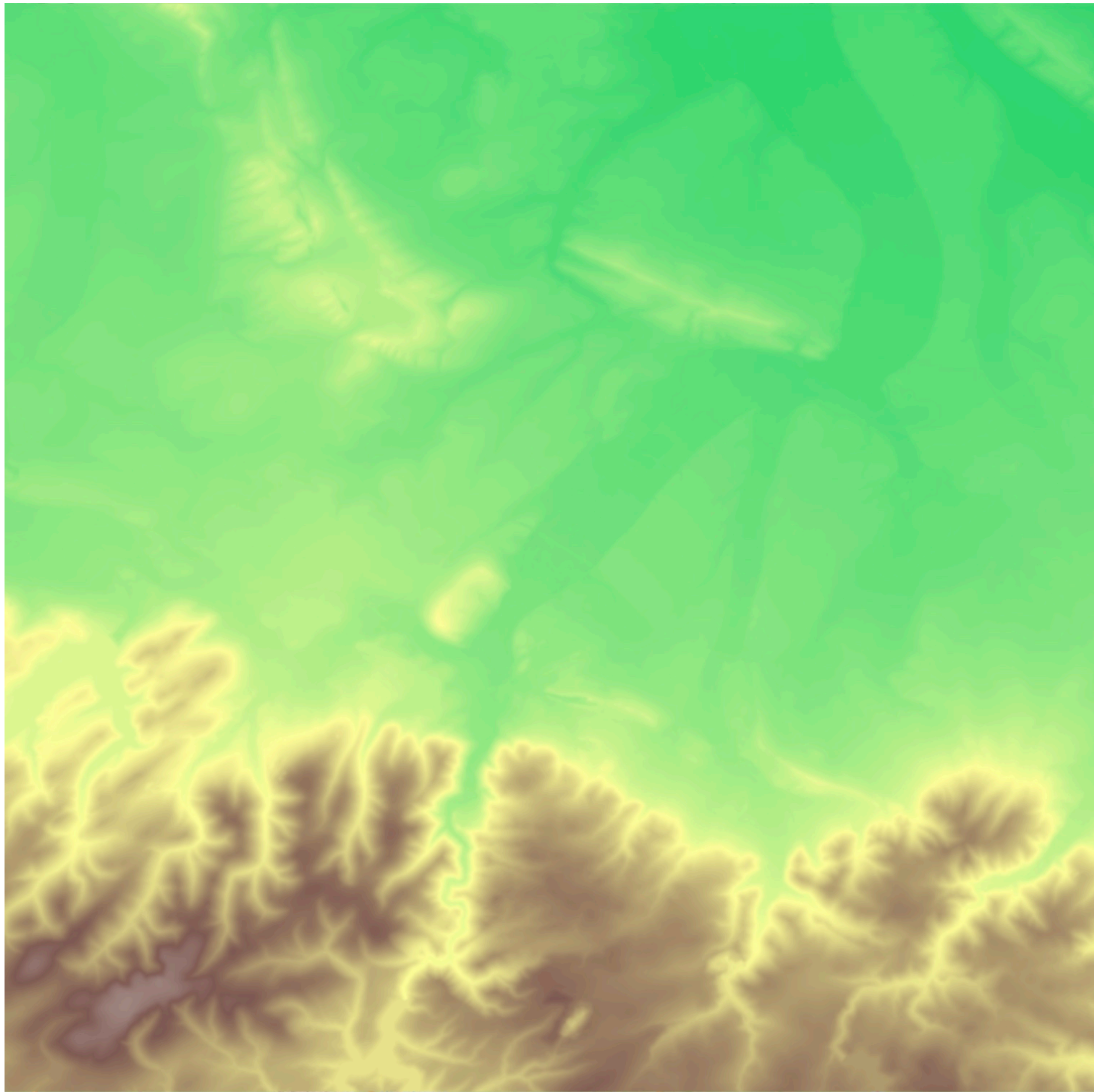
Quelle: Simone Somavilla



GEFÖRDERT VOM

Simulationsaufbau





Meshing



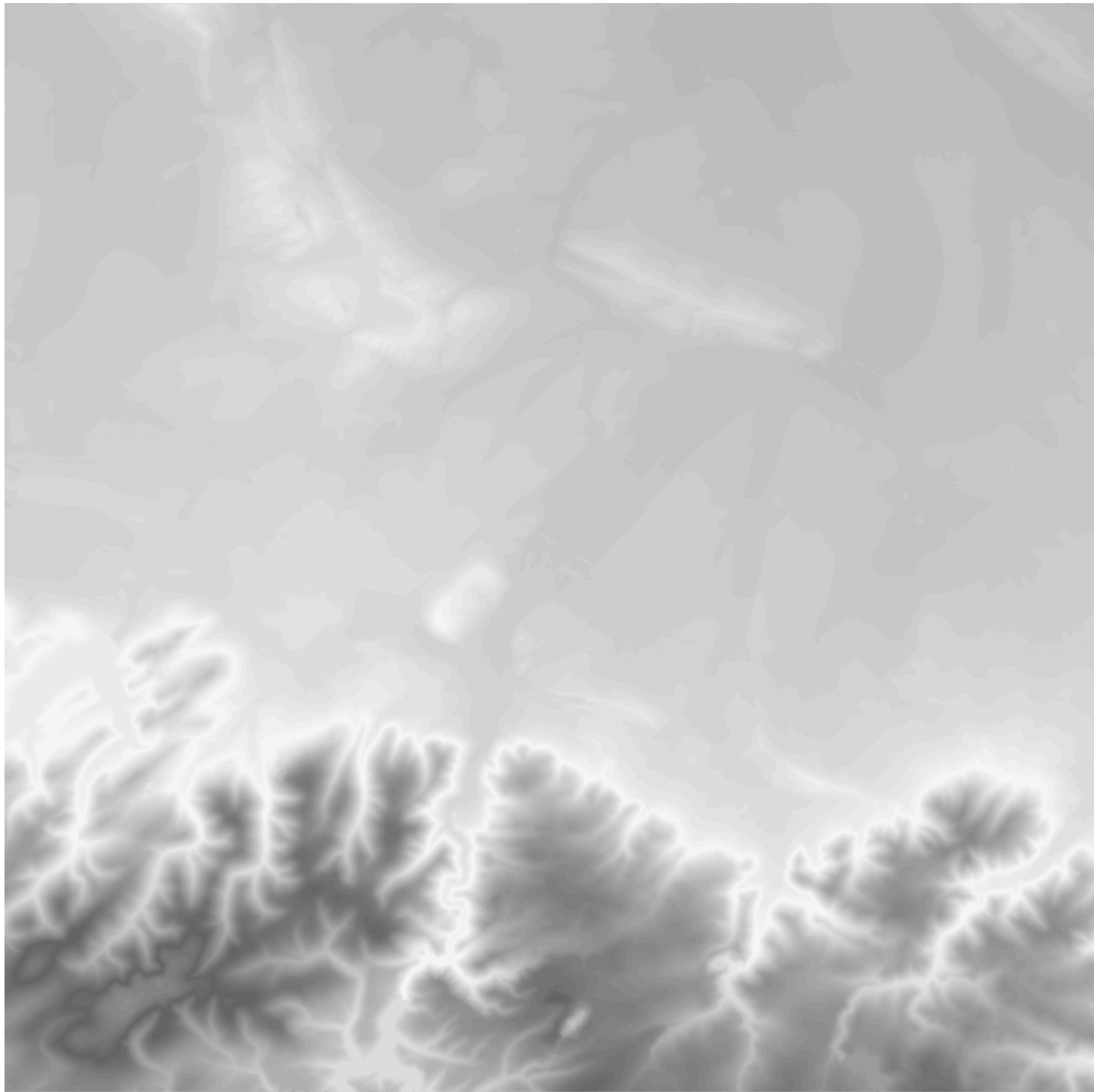
Technische
Universität
Braunschweig

20.09.2023 | Sándor P. Fekete | EXDIMUM | WaX Postdam



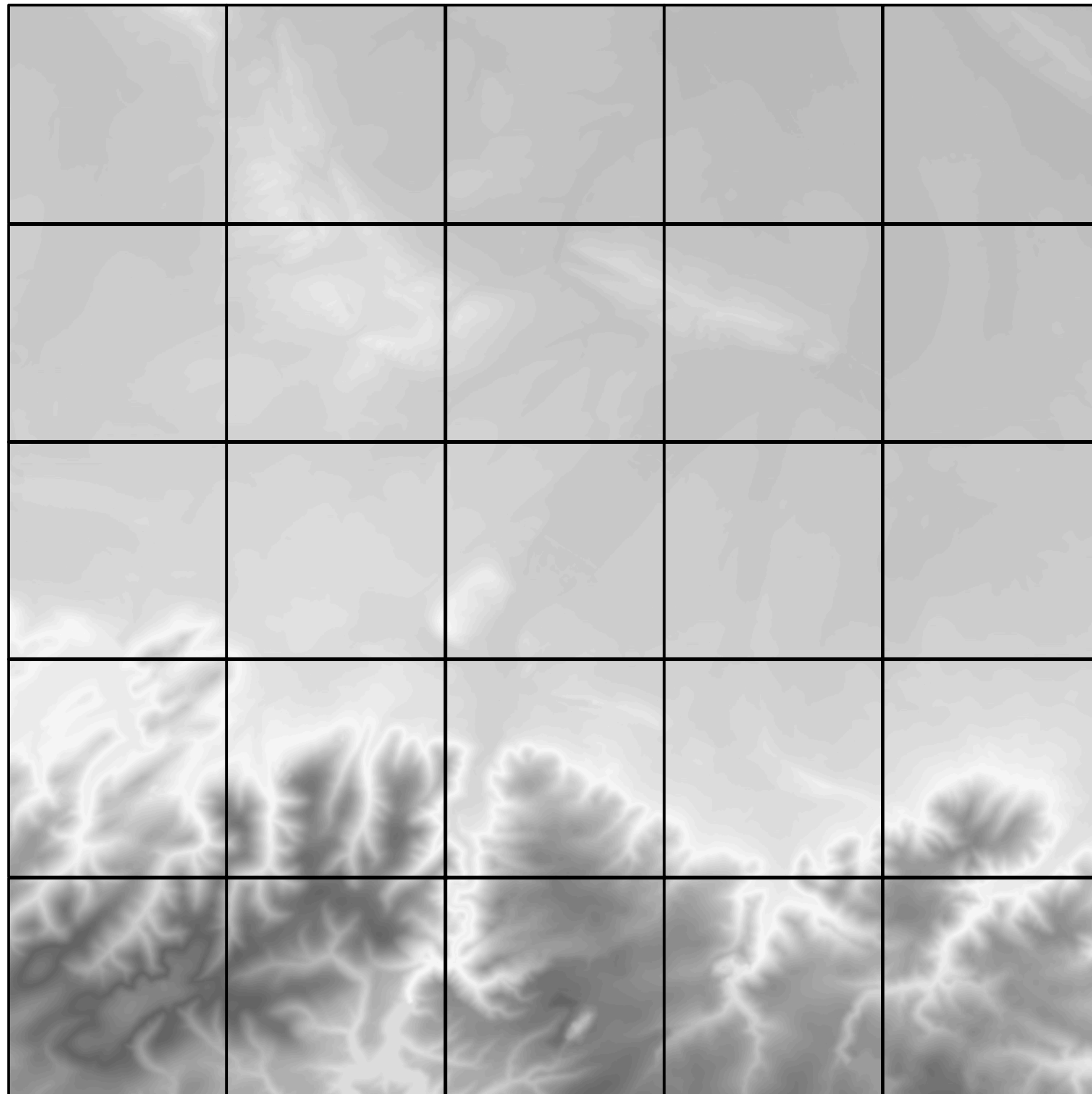
GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



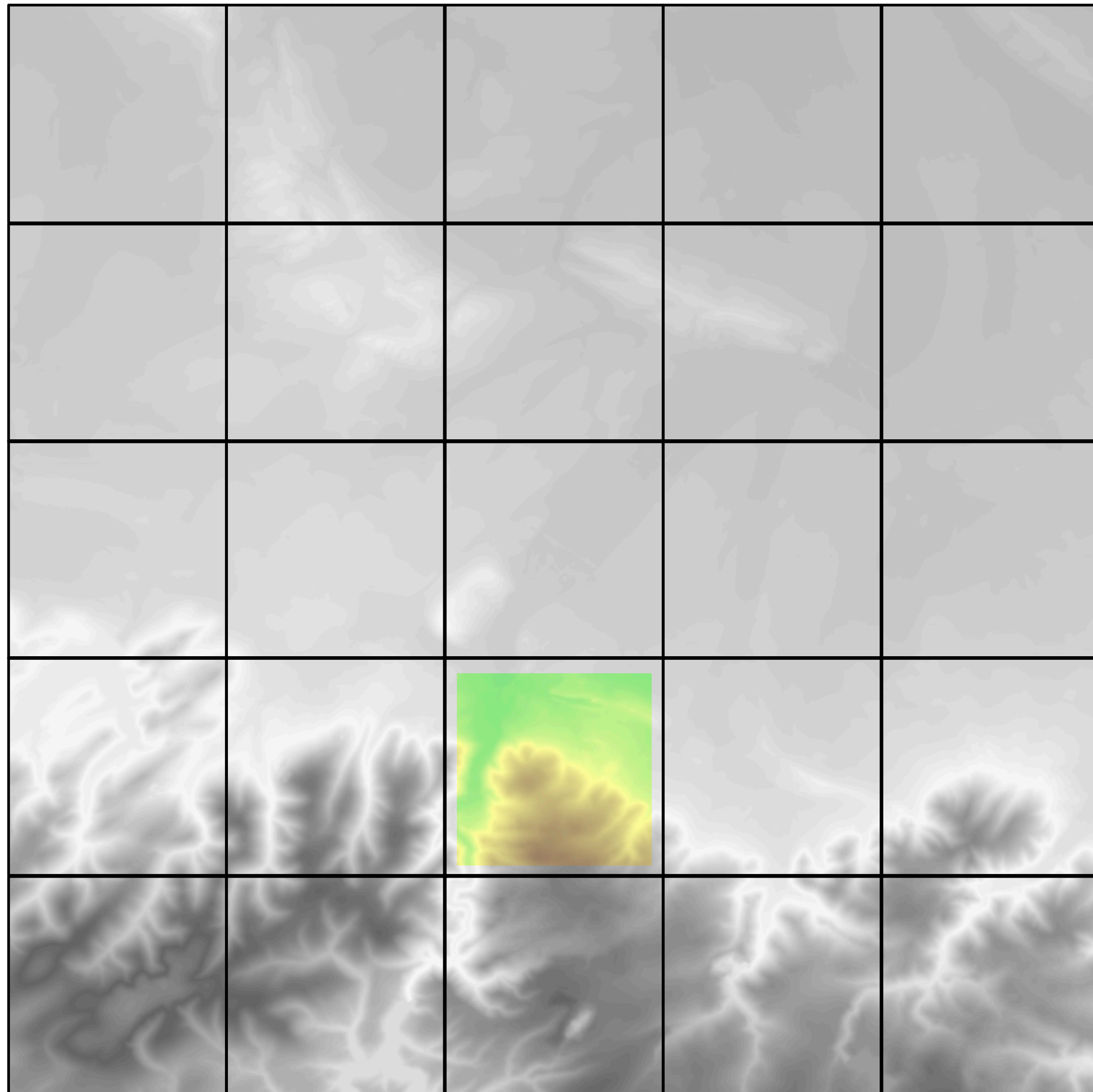
Meshing





Meshing

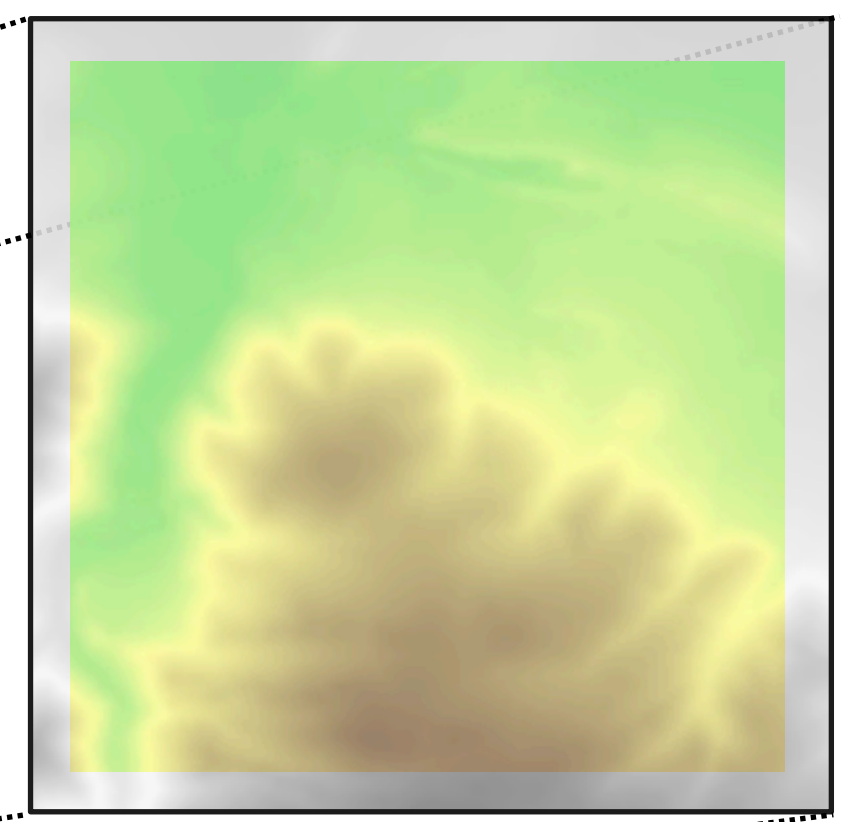
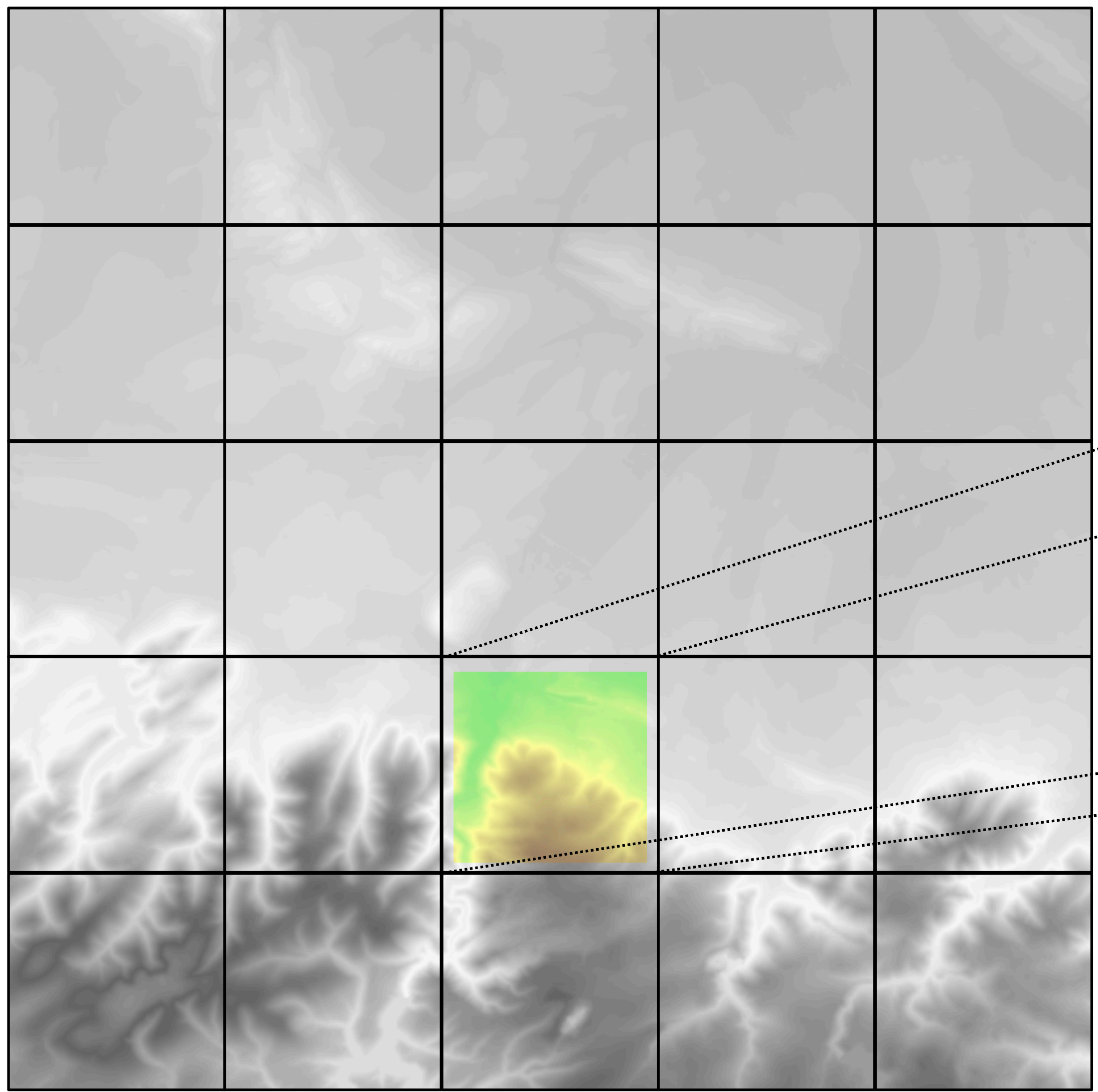




Meshing

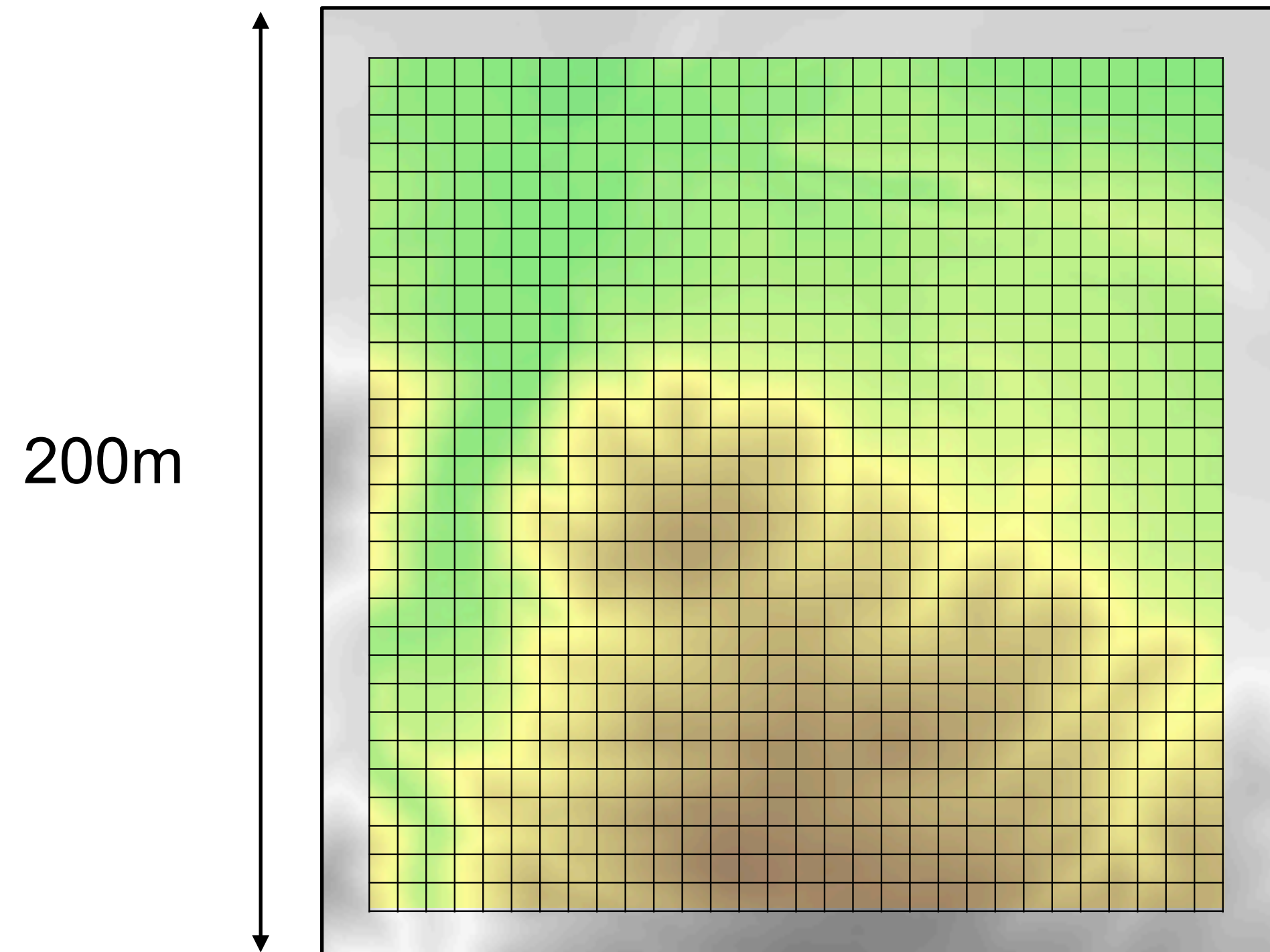


Meshing

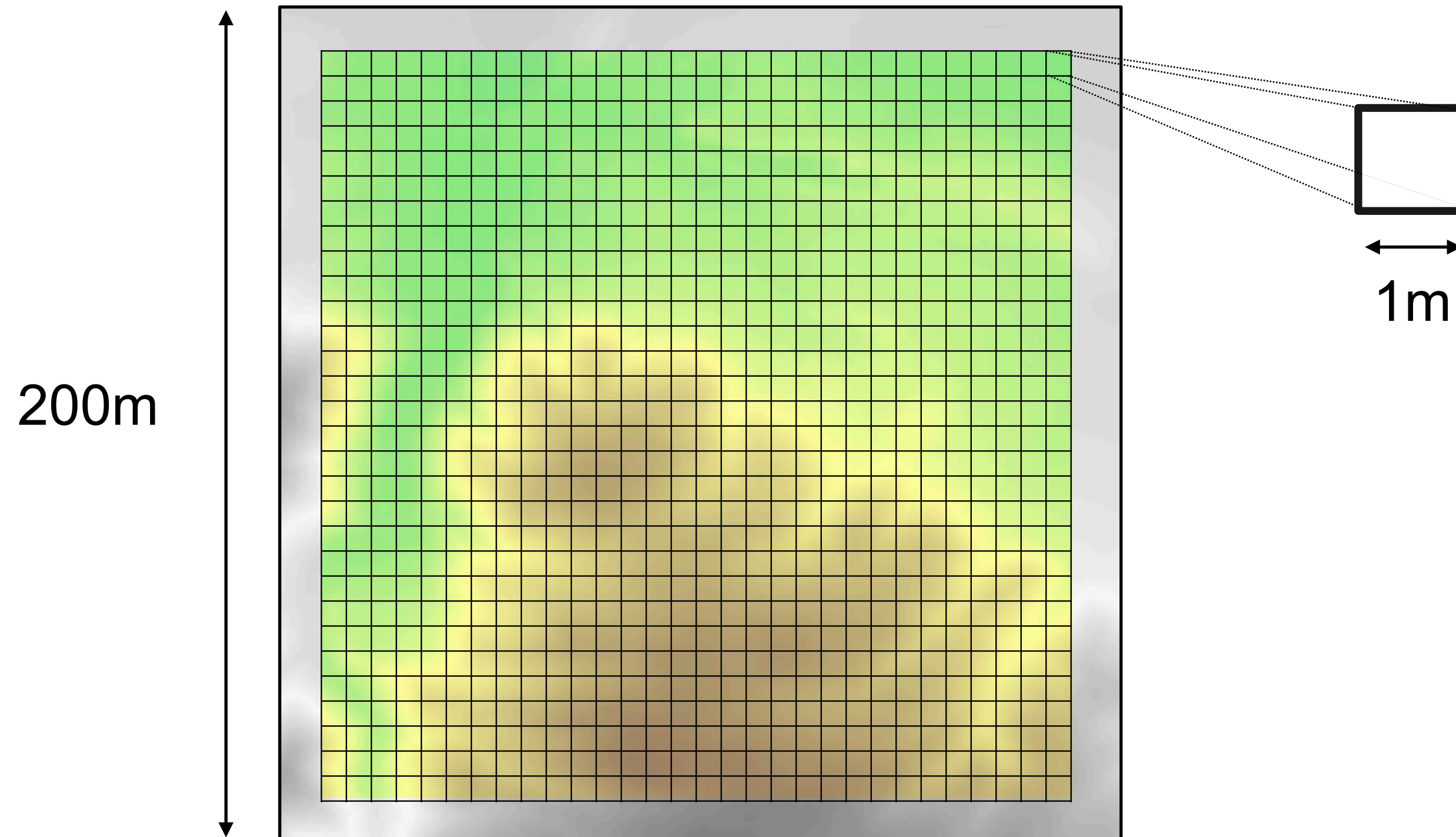


Unterteilung in Blöcke ~ 200m x 200m

Berechnung der Blöcke



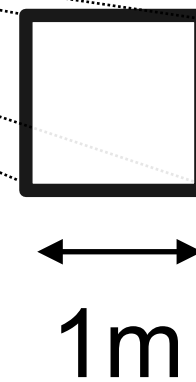
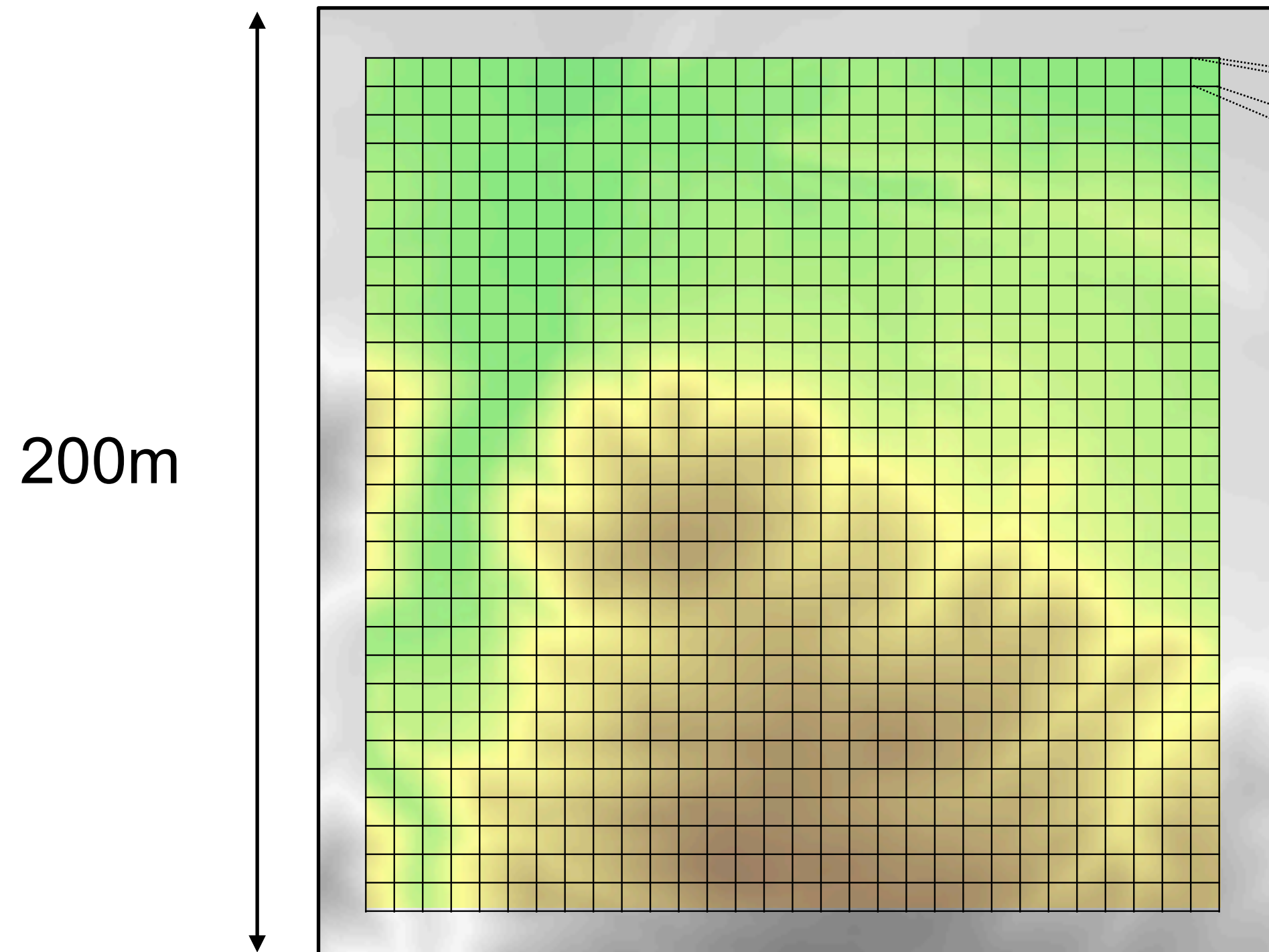
Berechnung der Blöcke



Für jede Zelle:

- Wasserhöhe
- x/y Geschwindigkeit

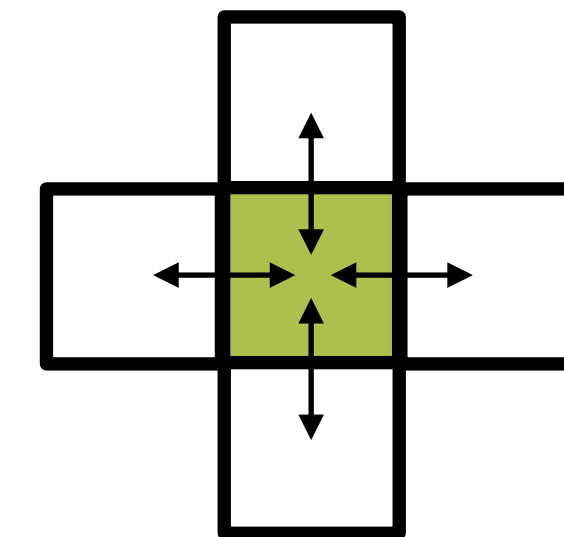
Berechnung der Blöcke



Für jede Zelle:

- Wasserhöhe
- x/y Geschwindigkeit

Updateschritt auf Basis
der Nachbarschaft



Update-Schritt

Genauigkeit

gering

hoch

Manning Equation

Effizienz

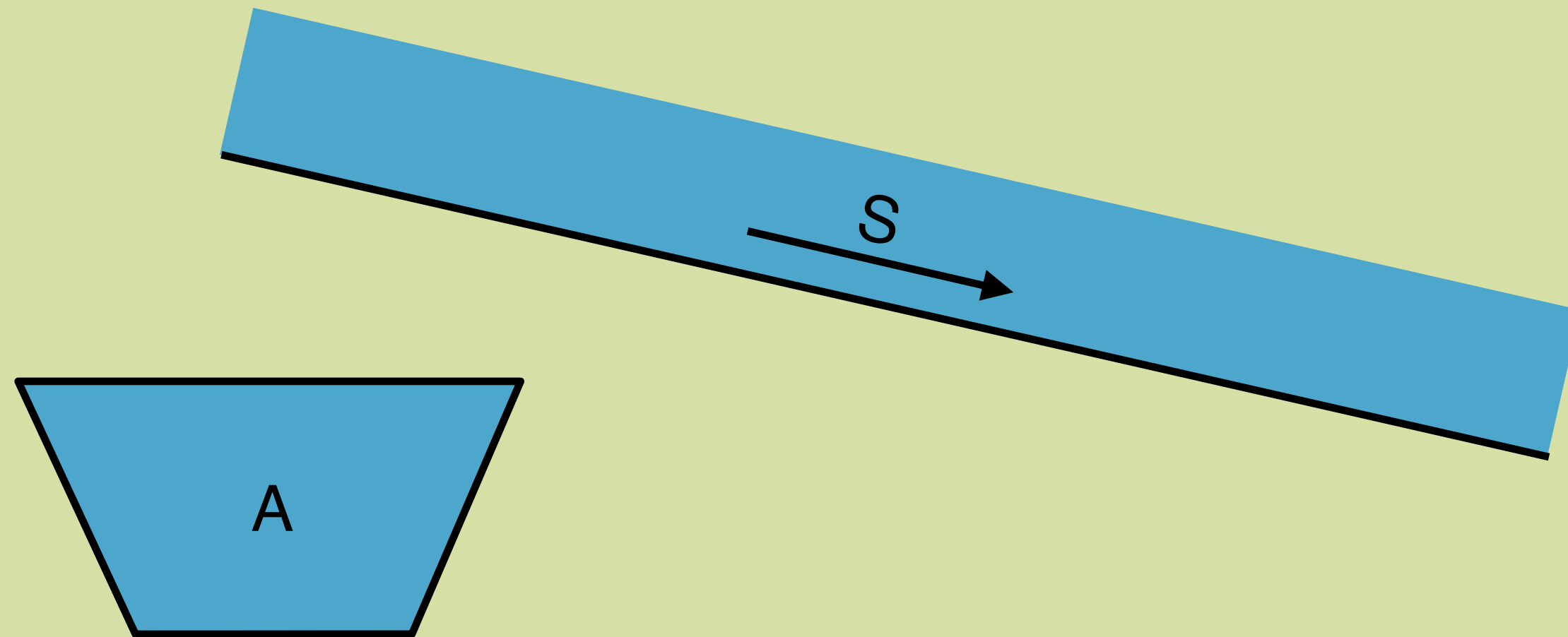
hoch

gering

Update-Schritt

Manning Equation

$$V = \frac{1}{n} R_h^{2/3} S^{1/2} \quad R_h = \frac{A}{P}$$



$$\Rightarrow h_{t+1} = h_t + \frac{\Delta t}{LW} \left(I - \frac{(Wh_t)^{5/3}}{r(W + 2h_t)^{2/3}} s^{1/2} \right)$$

Leitfähigkeit

hoch

Effizienz

gering

Update-Schritt

Shallow Water Equations

gering

hoch

$$U_i^* = U_i^n - \frac{\delta t}{\delta x} \sum_{k=1}^4 \sum_{m=1}^3 \left[(\lambda \alpha - \beta_b) e \right]_{m,k}^n$$

$$U_i^{n+1} = \mathcal{F}(U_i^n, U_i^*)$$

$$\mathcal{F}^1 = h^*$$

$$\mathcal{F}^2 = -q_x^* \cdot \left(\frac{1 - \sqrt{1 + 4S_f}}{2S_f} \right) \quad S_f = \frac{\delta t g n^2 \sqrt{q_x^{*2} + q_y^{*2}}}{(h^n)^{7/3}}$$

$$\mathcal{F}^3 = -q_y^* \cdot \left(\frac{1 - \sqrt{1 + 4S_f}}{2S_f} \right)$$

Manning Equati

hoch

gering

Update-Schritt

Genauigkeit

gering

hoch

Manning Equation

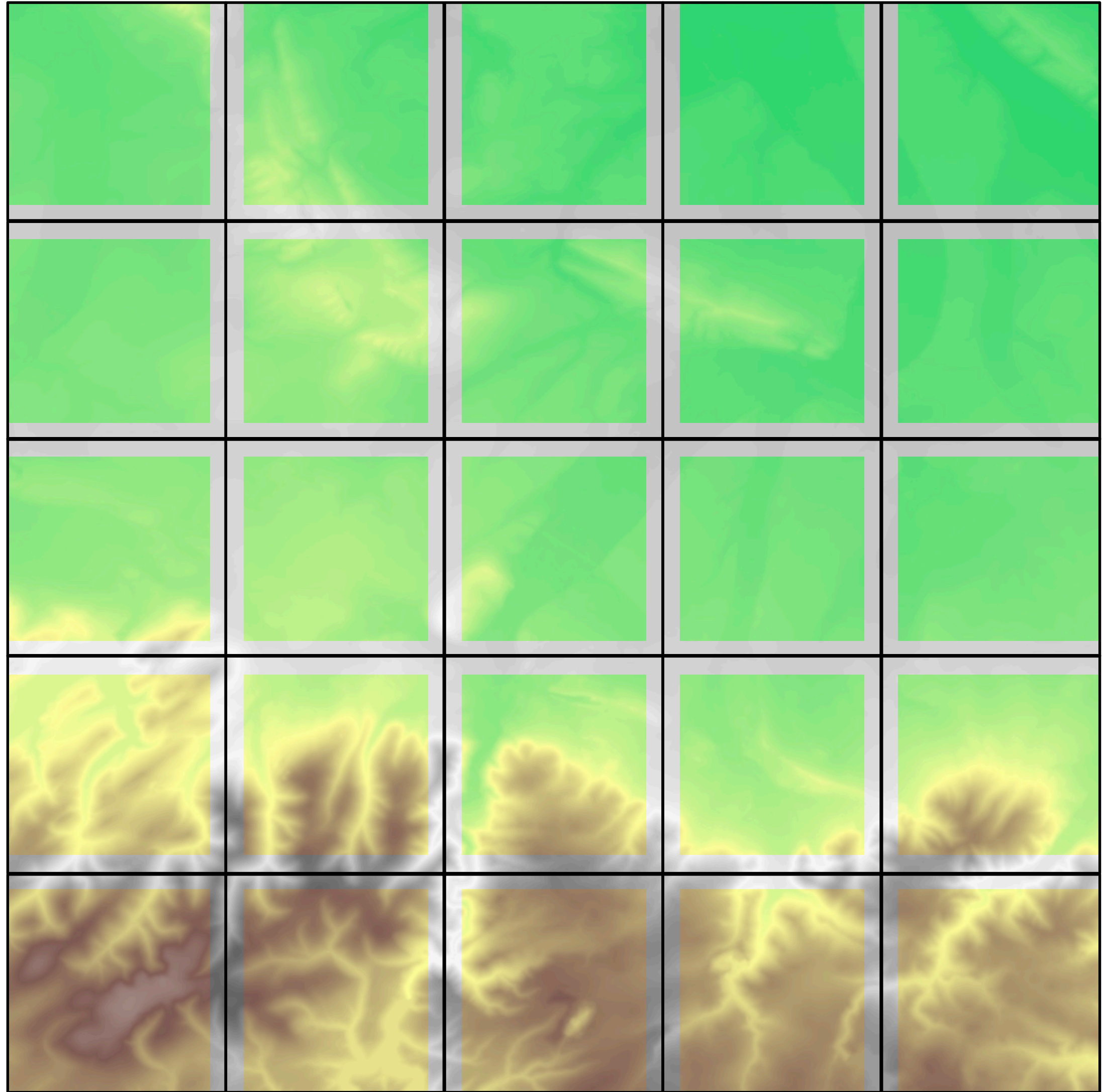
Shallow Water
Equations

Lattice Boltzmann
Method

hoch

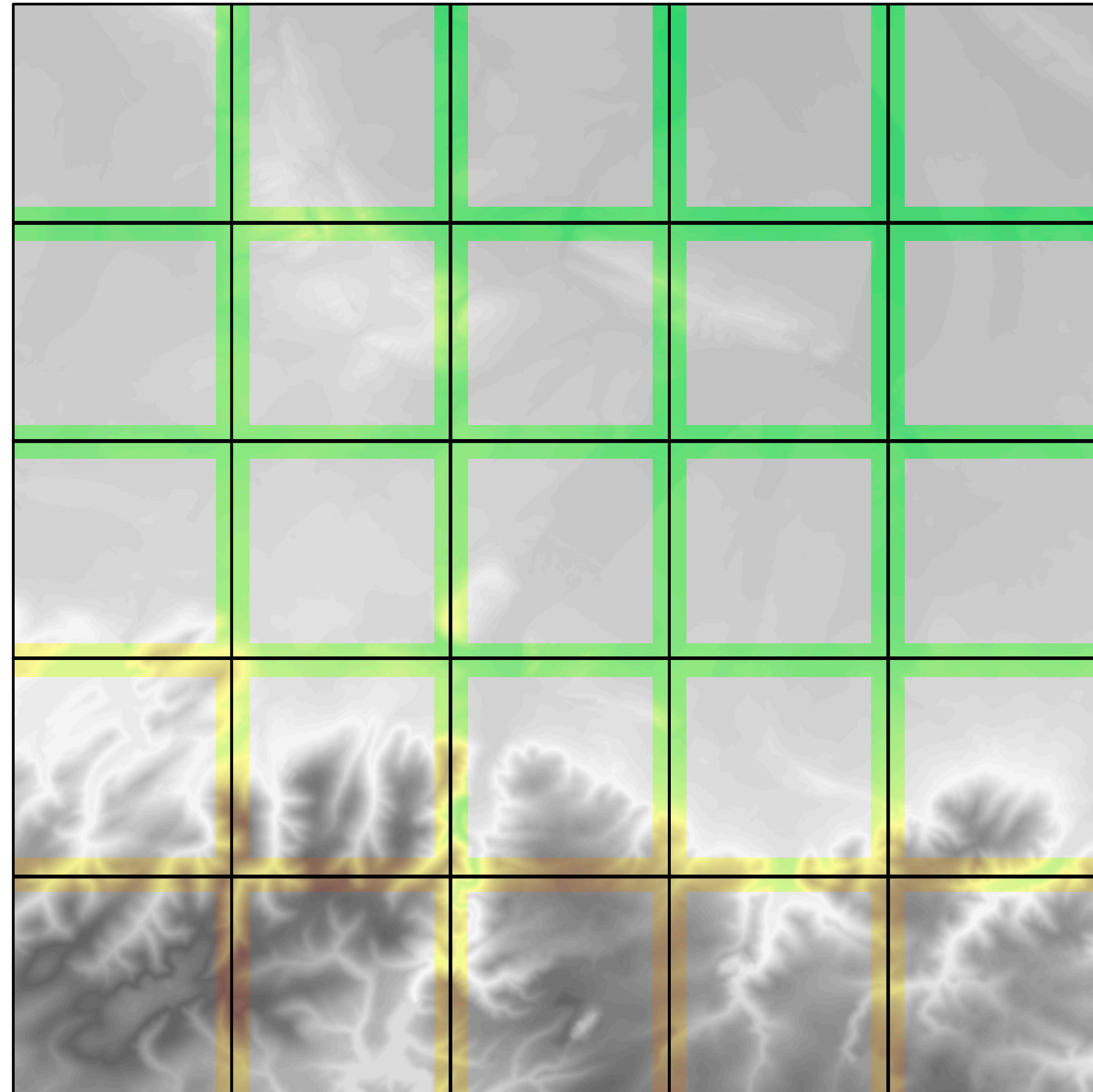
gering

Effizienz



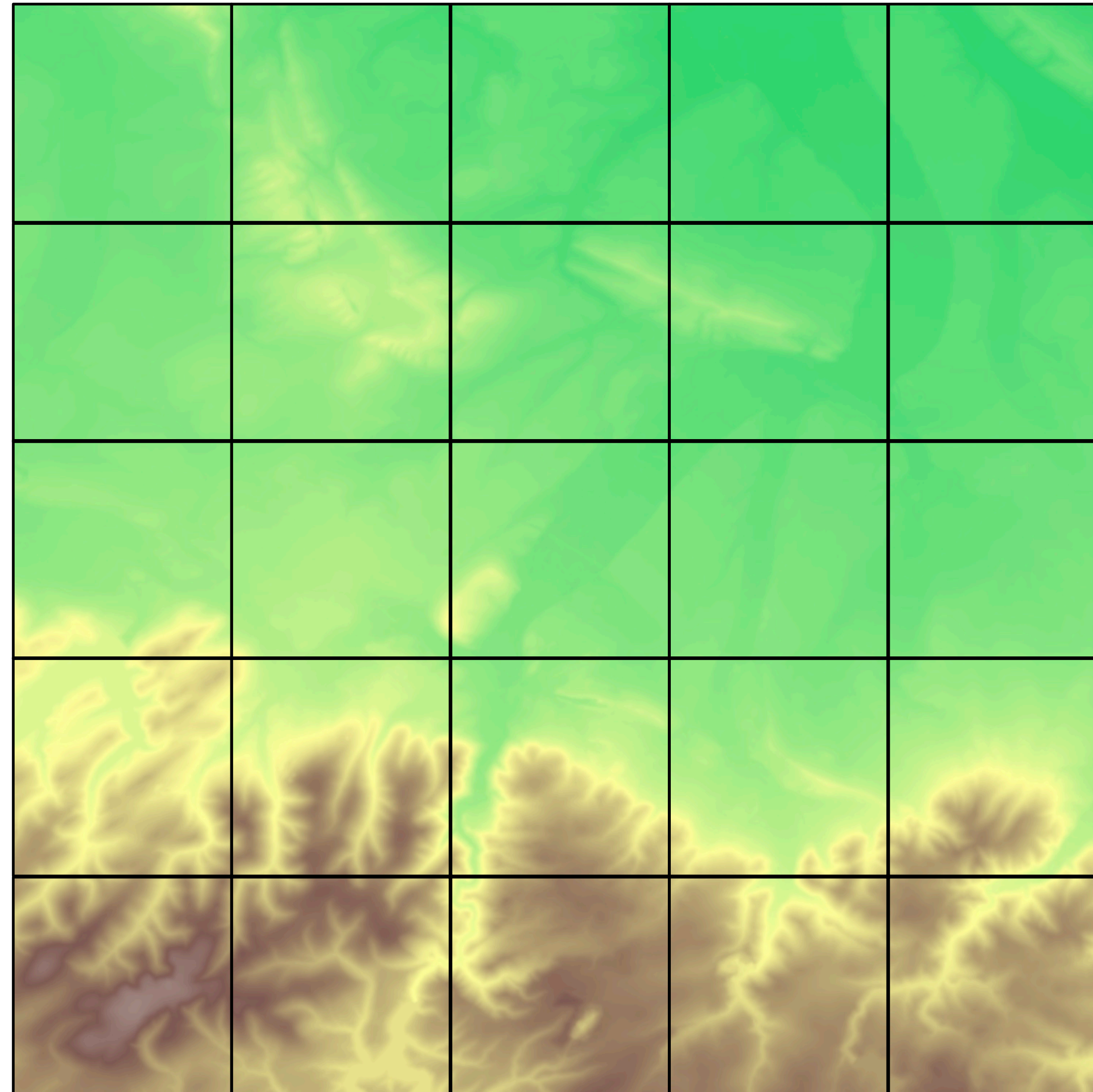
1. Simulation der Blöcke

2. Simulation der Ränder



GEFÖRDERT VOM

3. Zusammenfügen und Ausgabe in regelmäßigen Intervallen

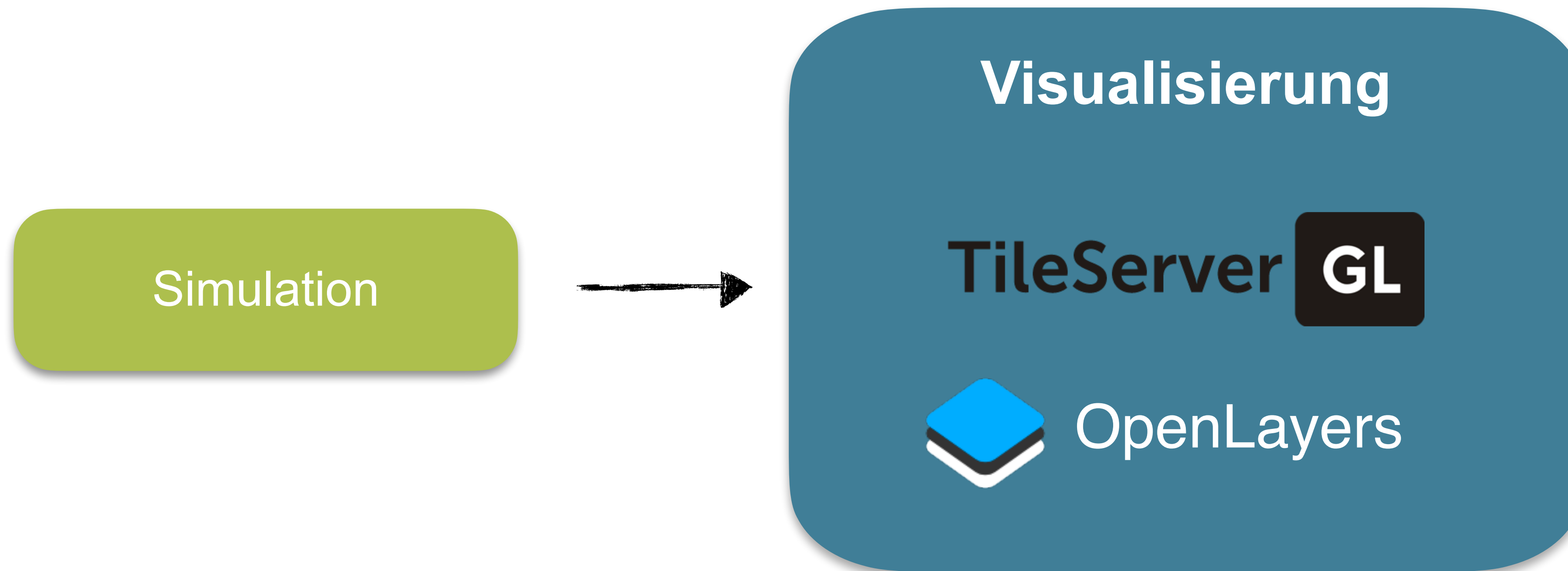


Visualisierung

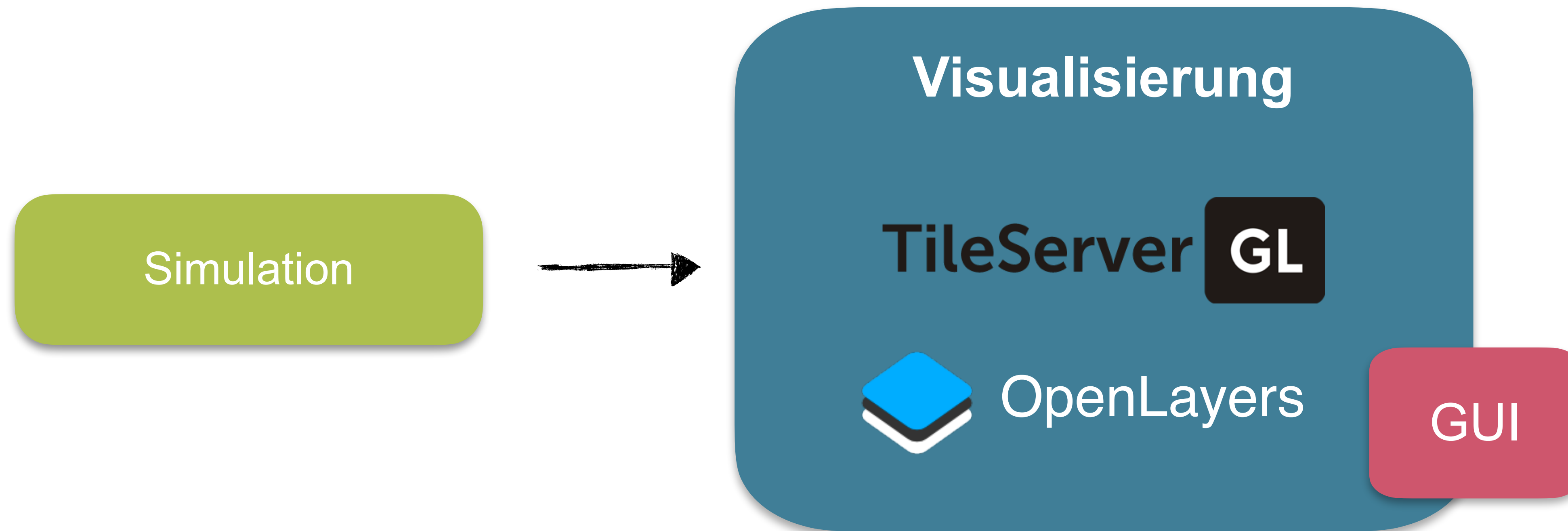
Simulation



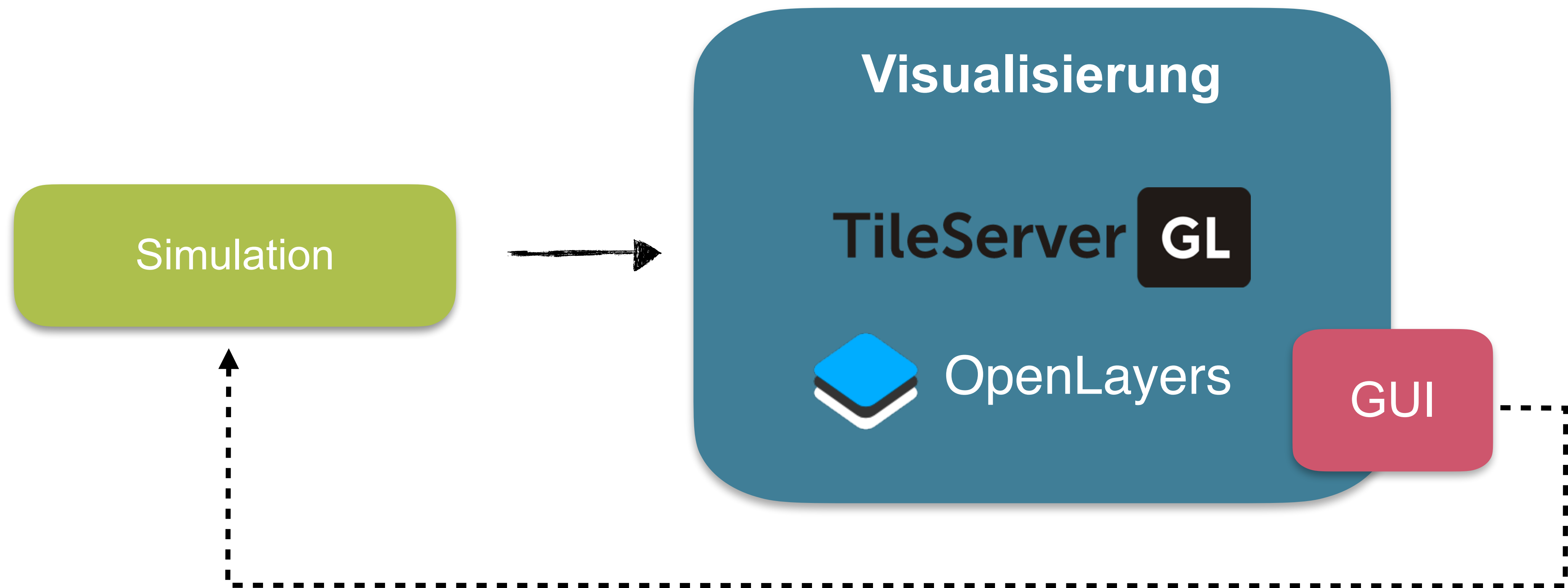
Visualisierung

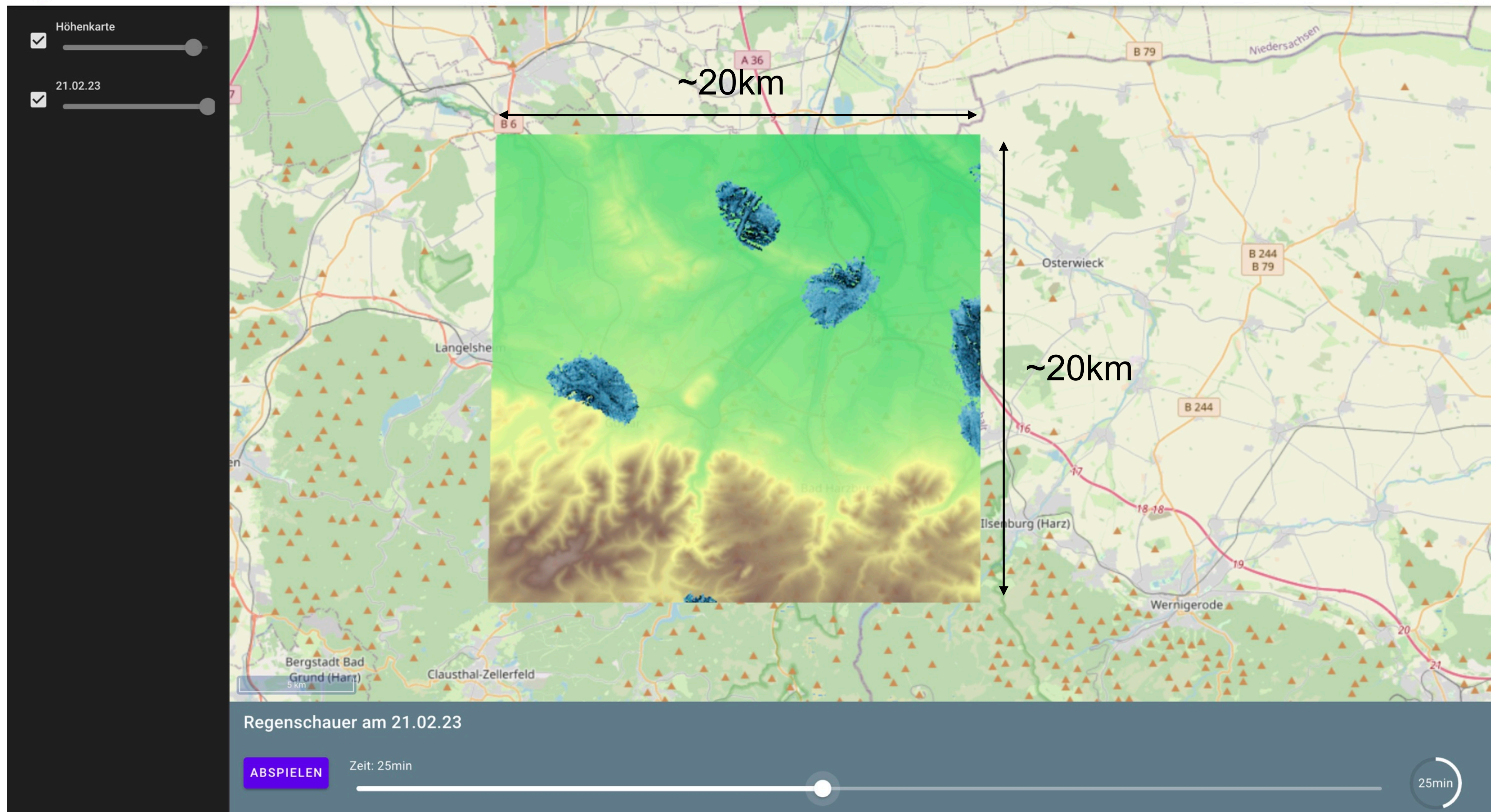


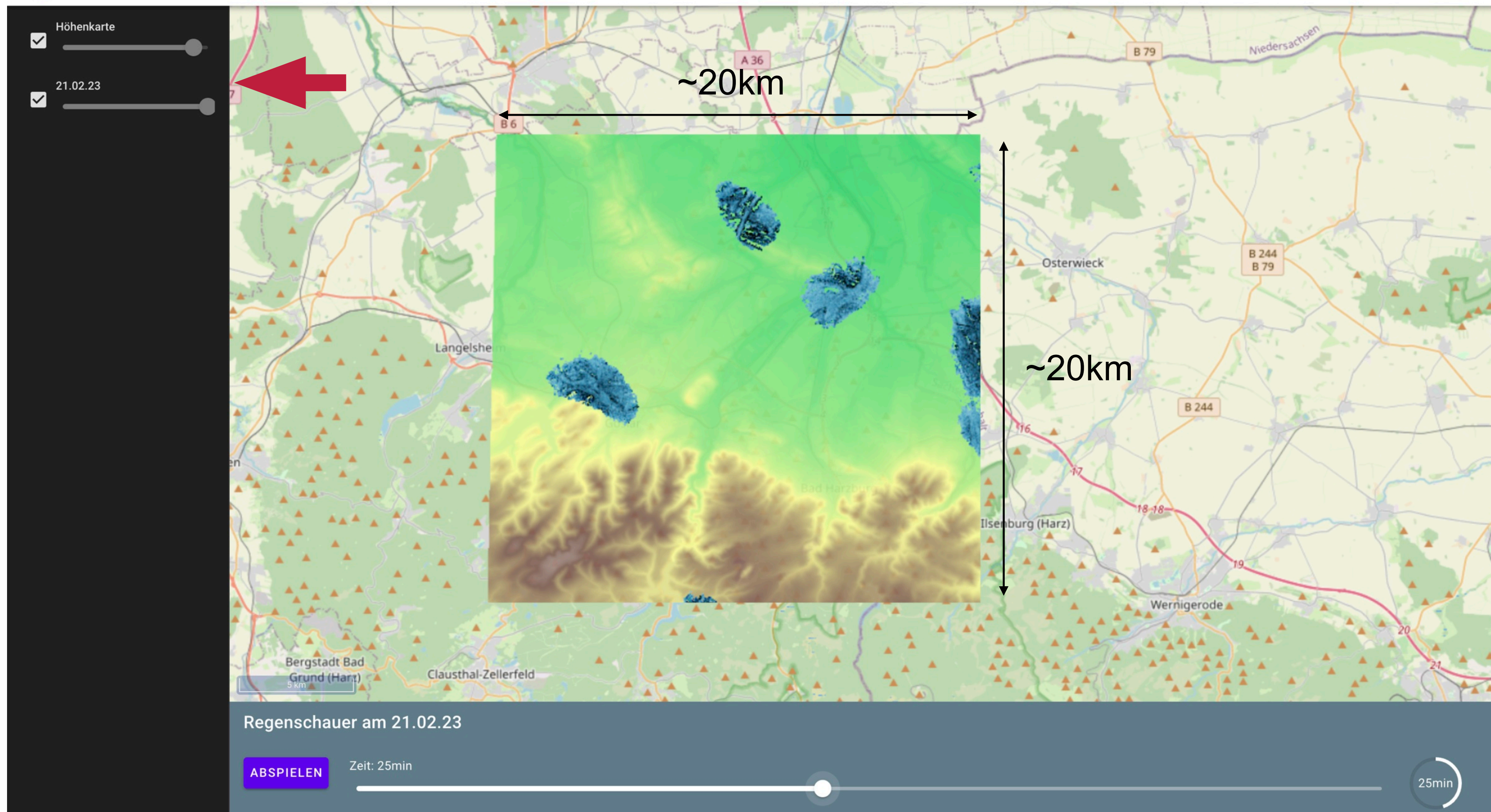
Visualisierung

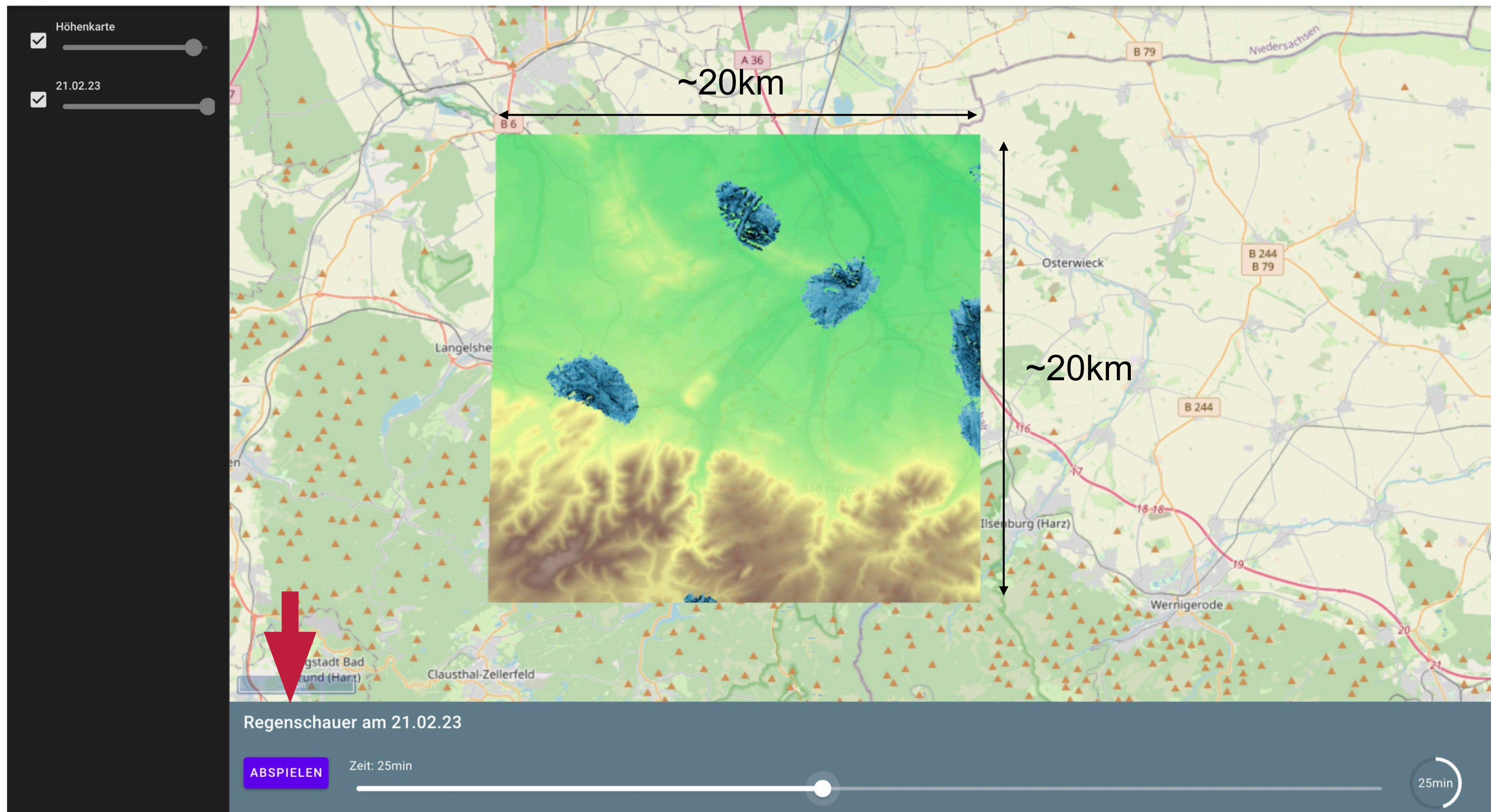


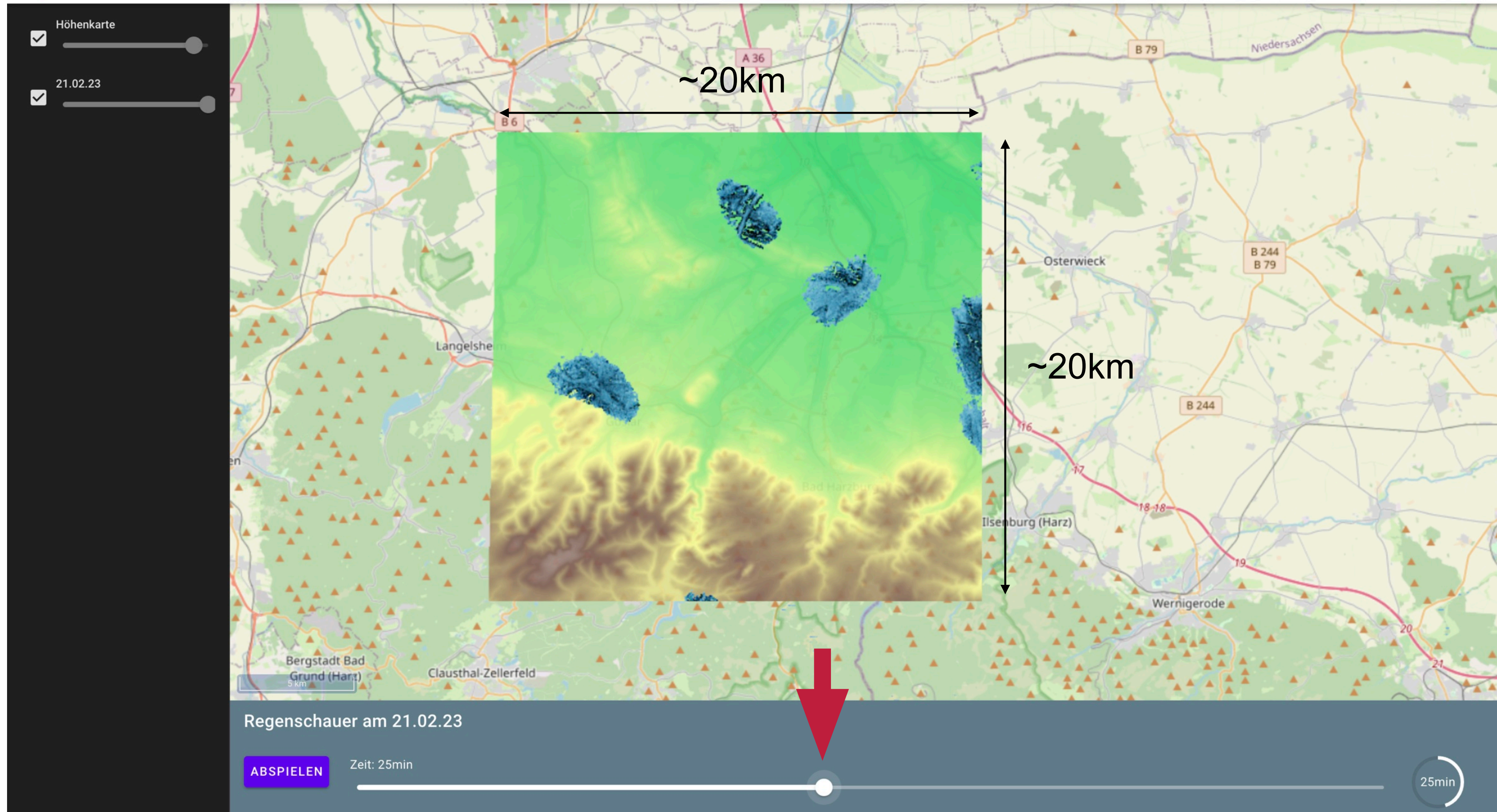
Visualisierung











Datenquellen



Satellitendaten



Geodaten

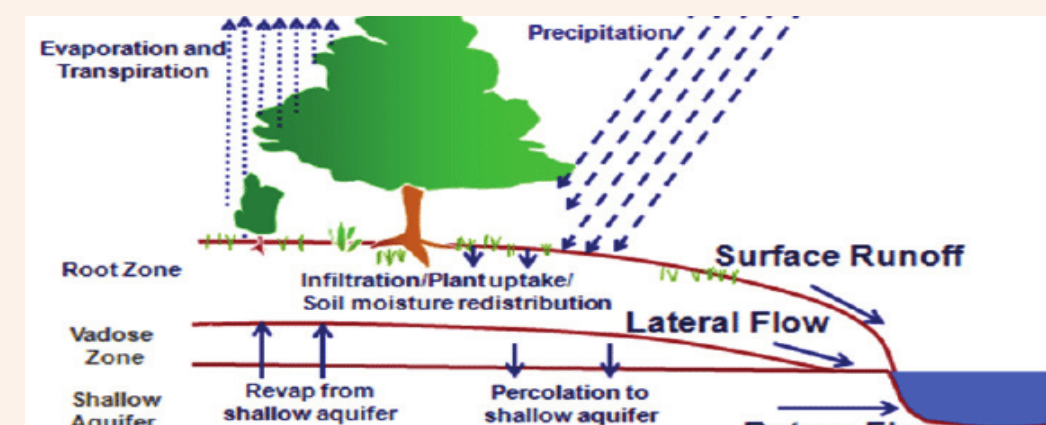


Zuverlässige Boden-Sensordaten

Datenverarbeitung

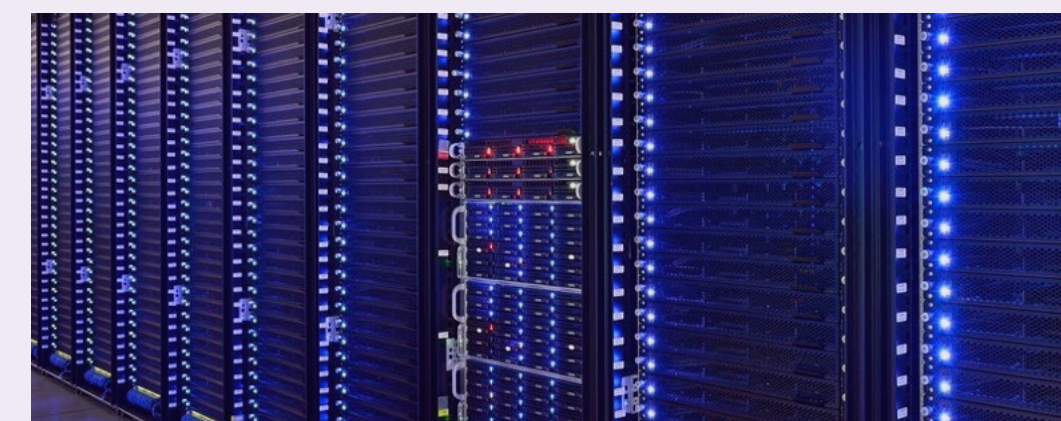


Verfahren der künstlichen Intelligenz



SWAT-Modellierung

Multiskalenmodell



Digitales Abbild und Simulationsmodell

Datennutzung



und assoziierte Partner (Absichtserklärung)



Verbesserte Steuerung von Retentionsanlagen



Vorhersage der Ausbreitung von Schwermetallen in Flussauen

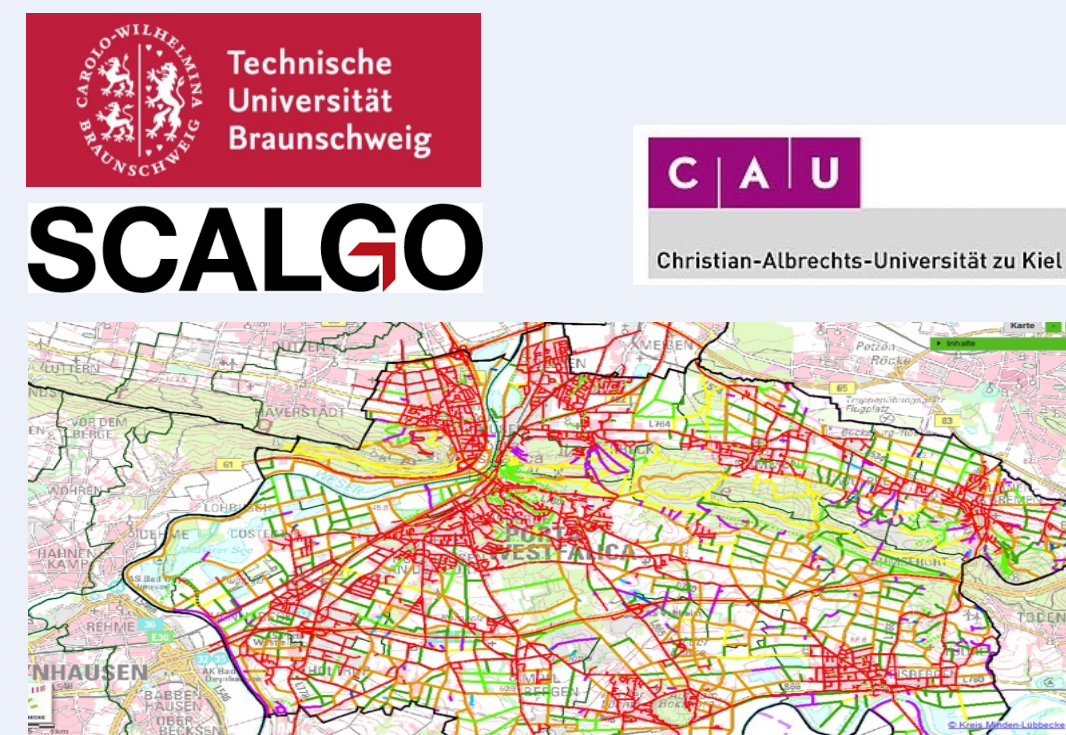


Ableitung baulicher Maßnahmen zur Hochwasserprävention

Datenquellen



Satellitendaten

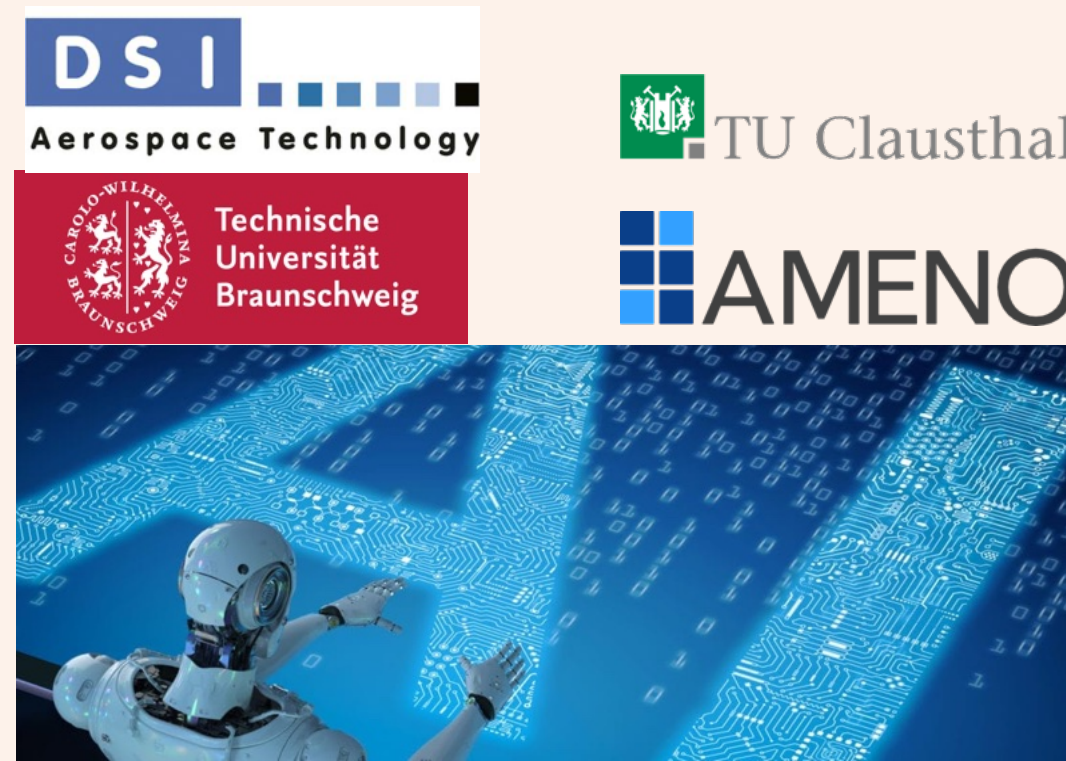


Geodaten

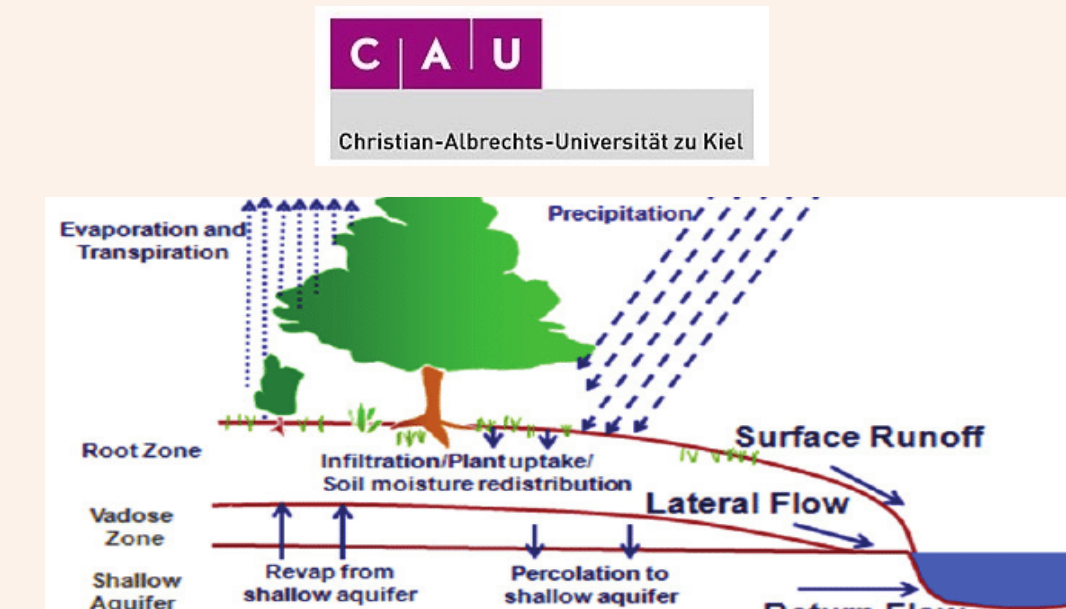


Zuverlässige Boden-Sensordaten

Datenverarbeitung



Verfahren der künstlichen Intelligenz



SWAT-Modellierung

Multiskalenmodell



Digitales Abbild und Simulationsmodell

Datennutzung

EURAWASSER
und assoziierte Partner (Absichtserklärung)



Verbesserte Steuerung von Retentionsanlagen



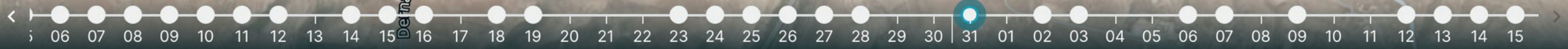
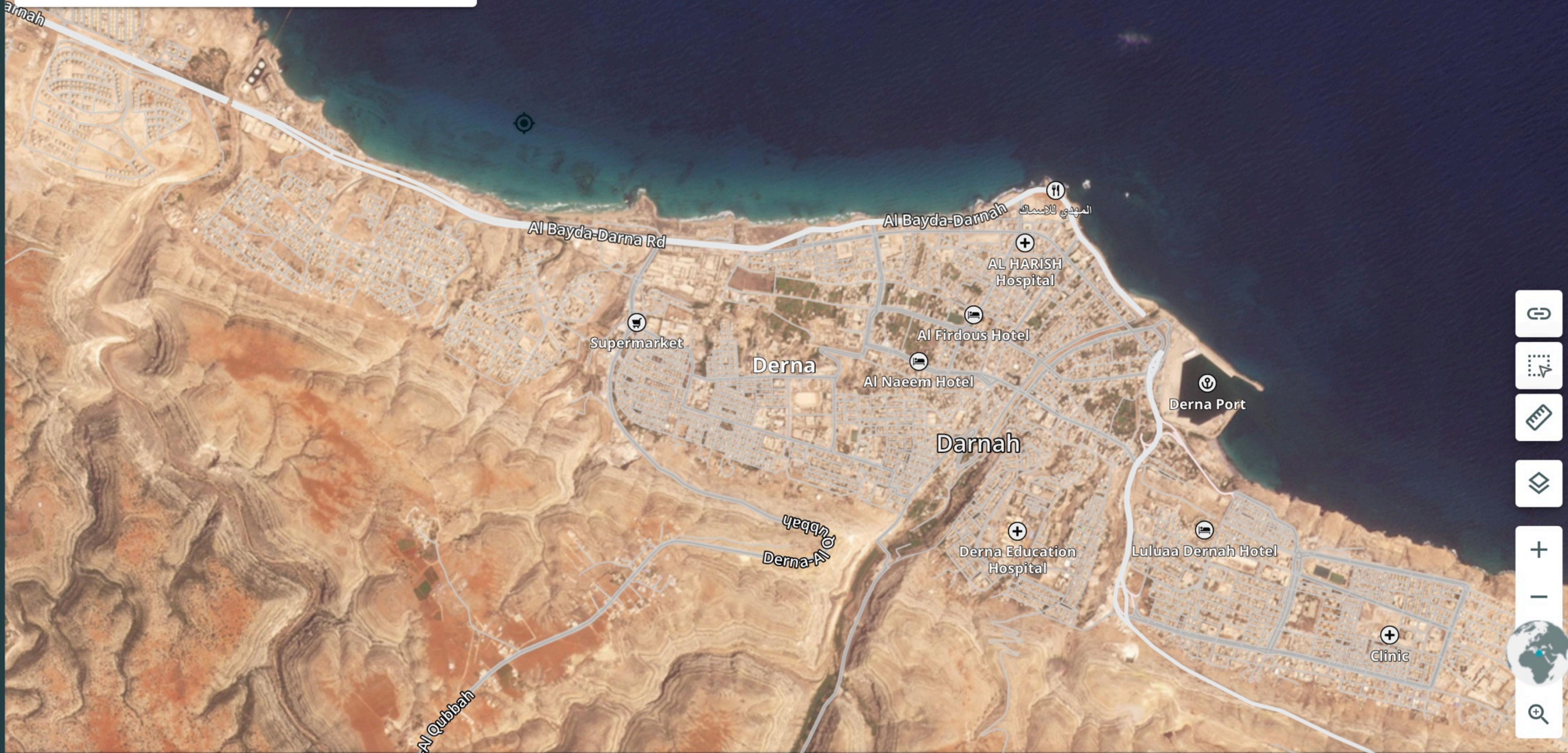
Vorhersage der Ausbreitung von Schwermetallen in Flussauen



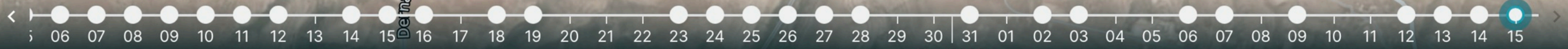
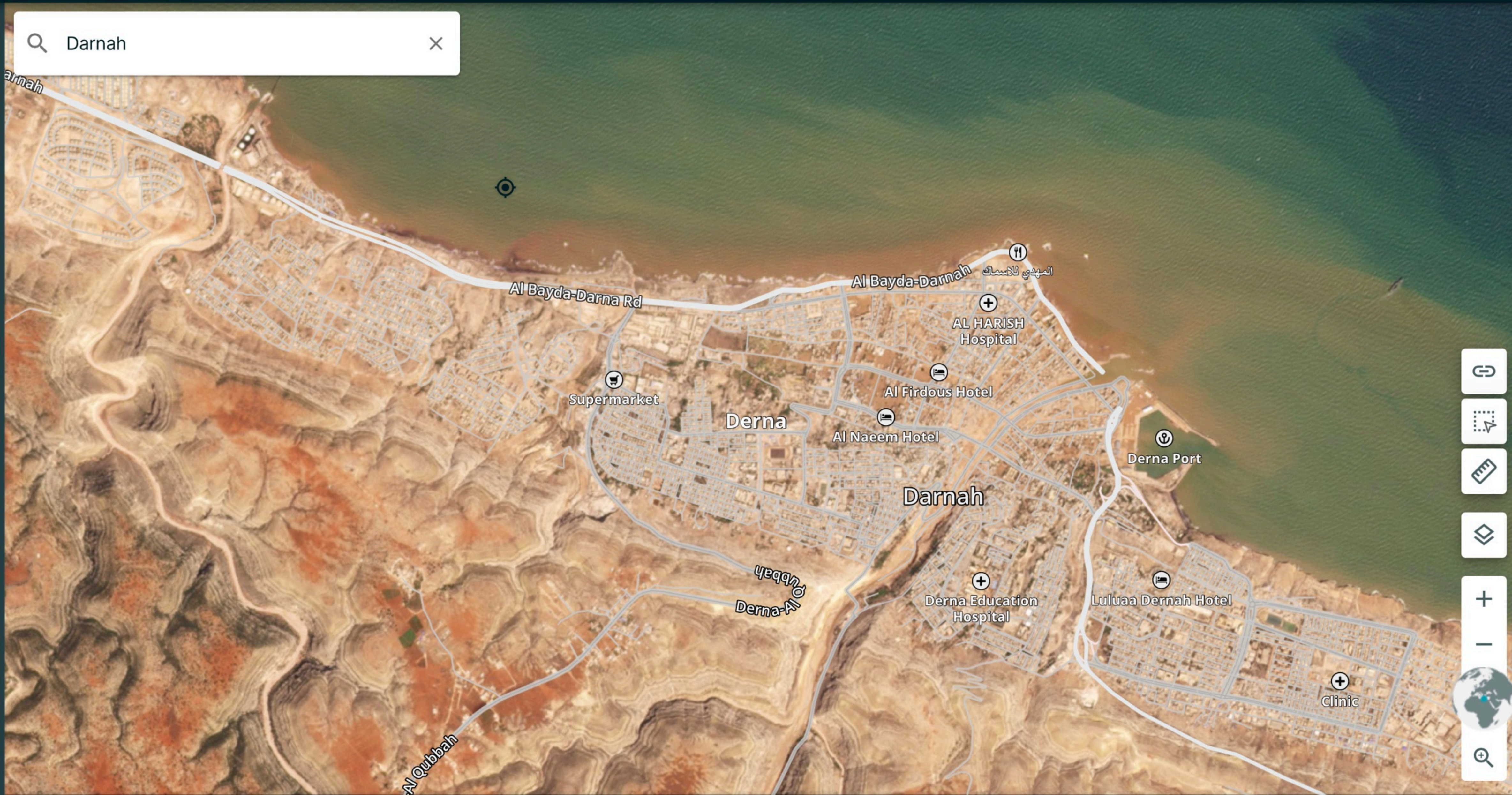
Ableitung baulicher Maßnahmen zur Hochwasserprävention

Flutkatastrophe Darnah, Libyen 10.09.23

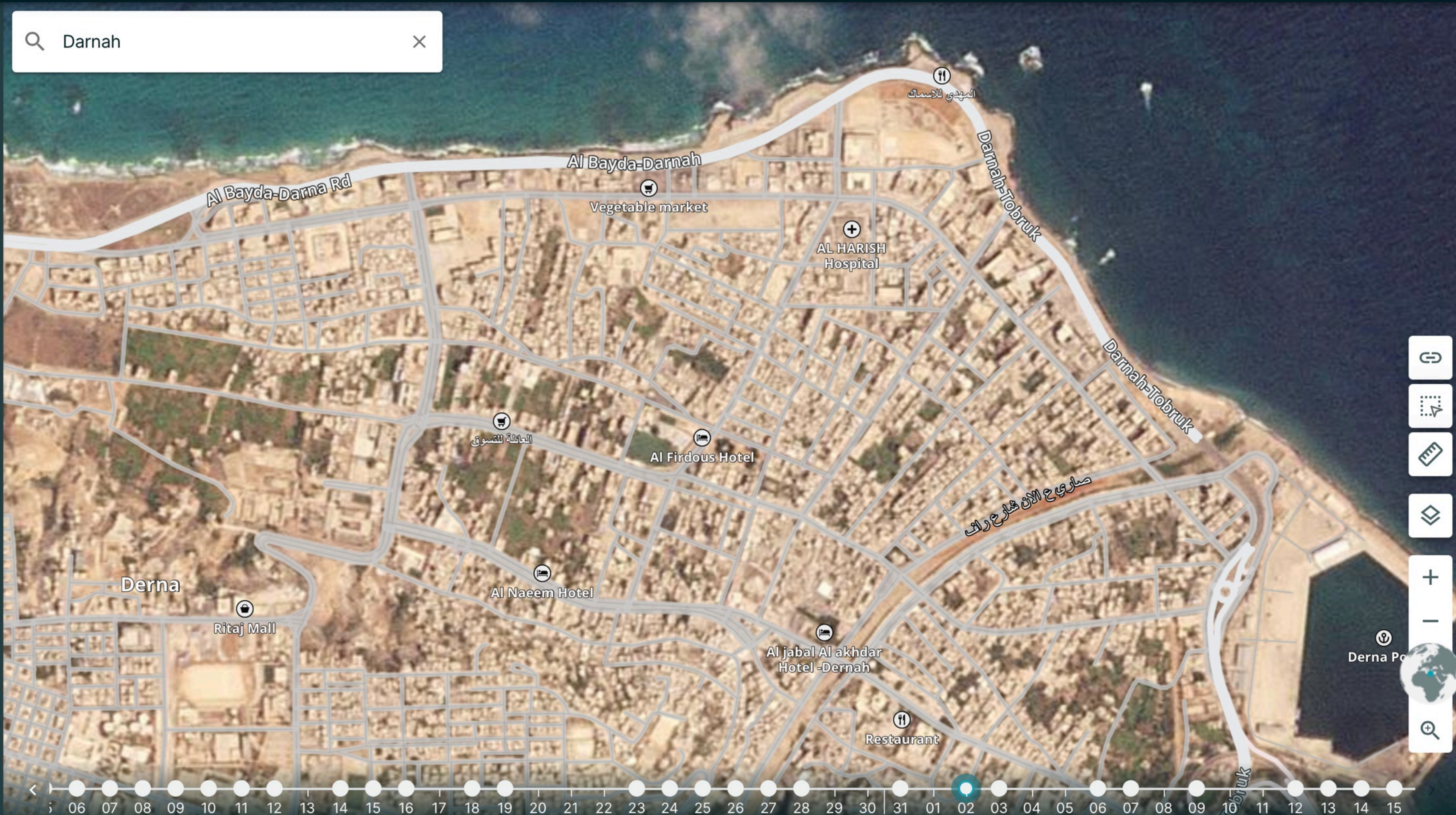
Darnah



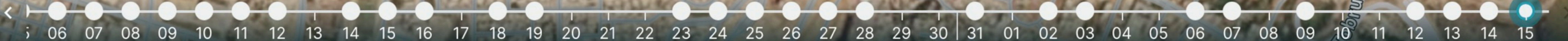
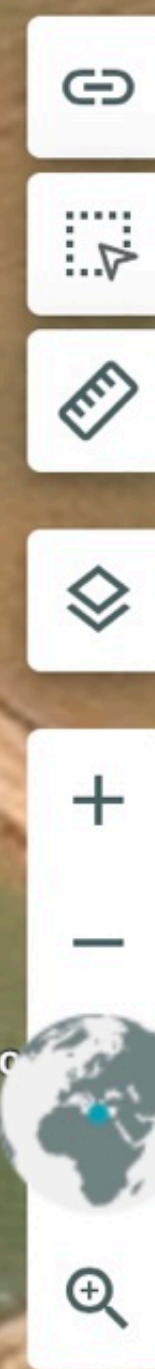
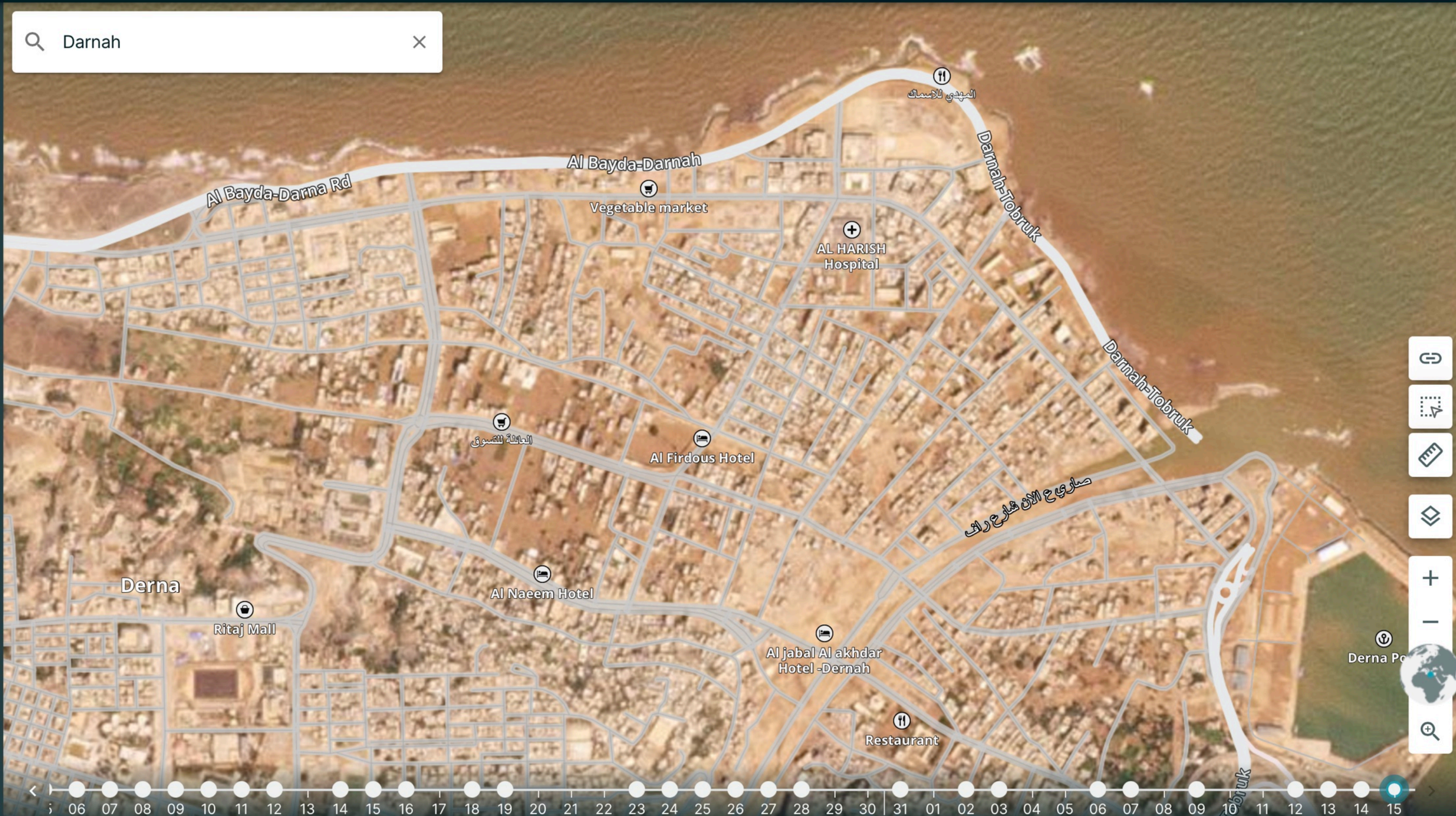
Darnah



Darnah



Darnah



The New York Times

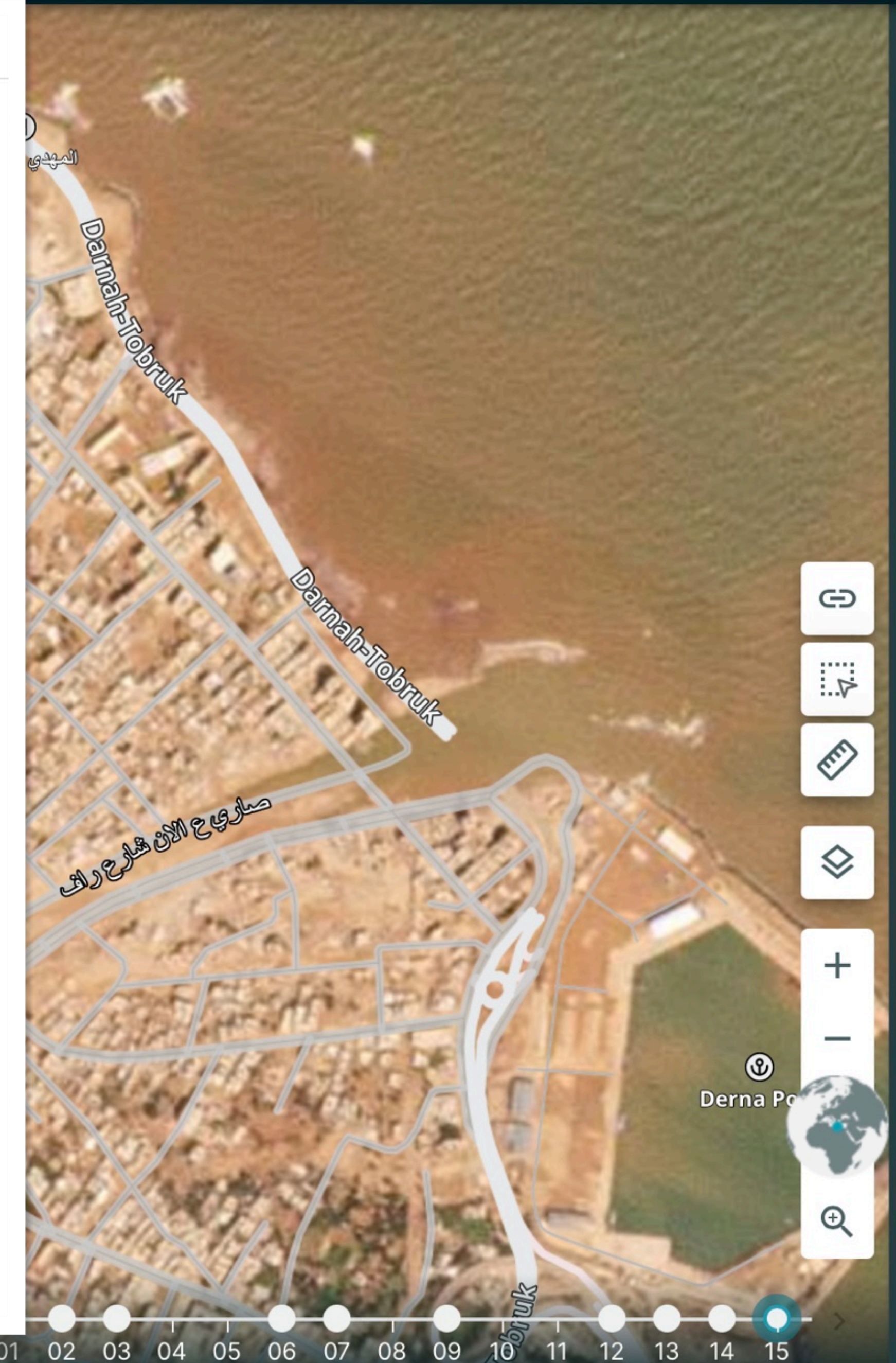
GIVE THE TIMES

Is the Disaster in Libya Coming Soon to an Aging Dam Near You?

Sept. 17, 2023, 6:00 a.m. ET



Jamal Alkomaty/Associated Press



Map navigation controls including a link icon, a compass icon, a ruler icon, a location pin icon, a zoom in (+) button, a zoom out (-) button, a globe icon, and a search icon.

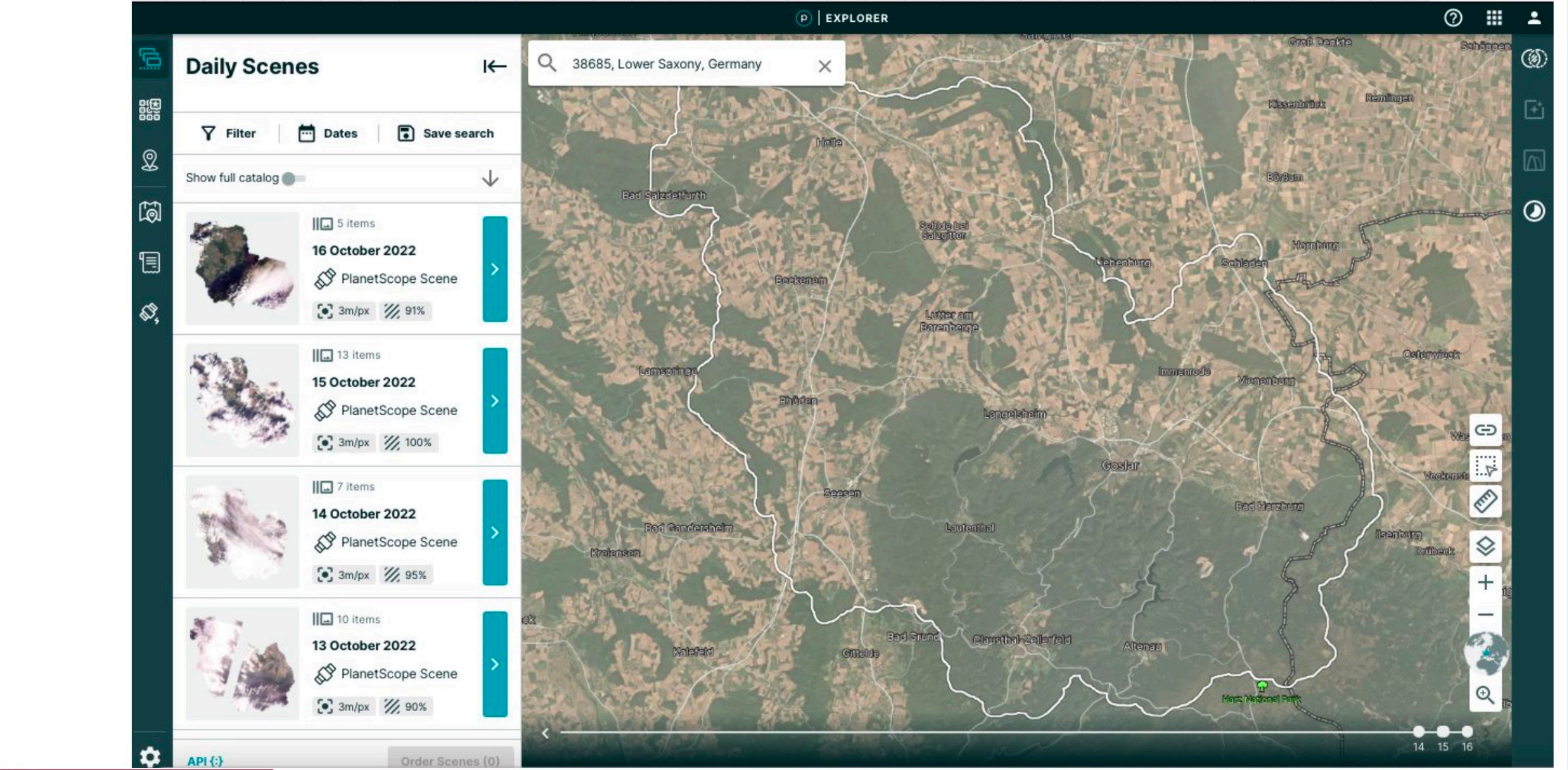
06 07 08 09 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12 13 14 15

Sep 2023

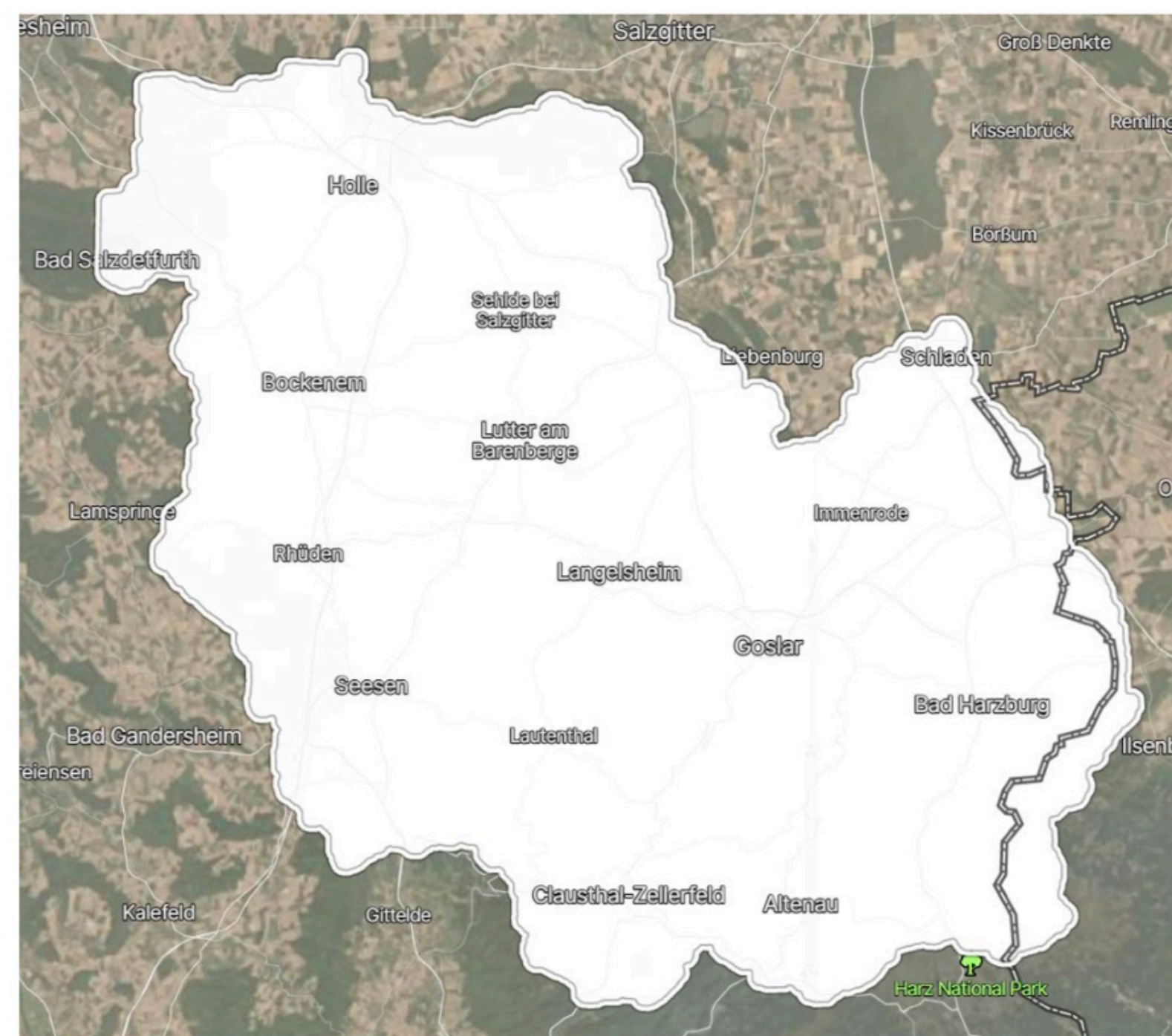
32.77857° N, 22.60560° E 32.76062° N, 22.65630° E 15.66 2.54 m/px 200 m



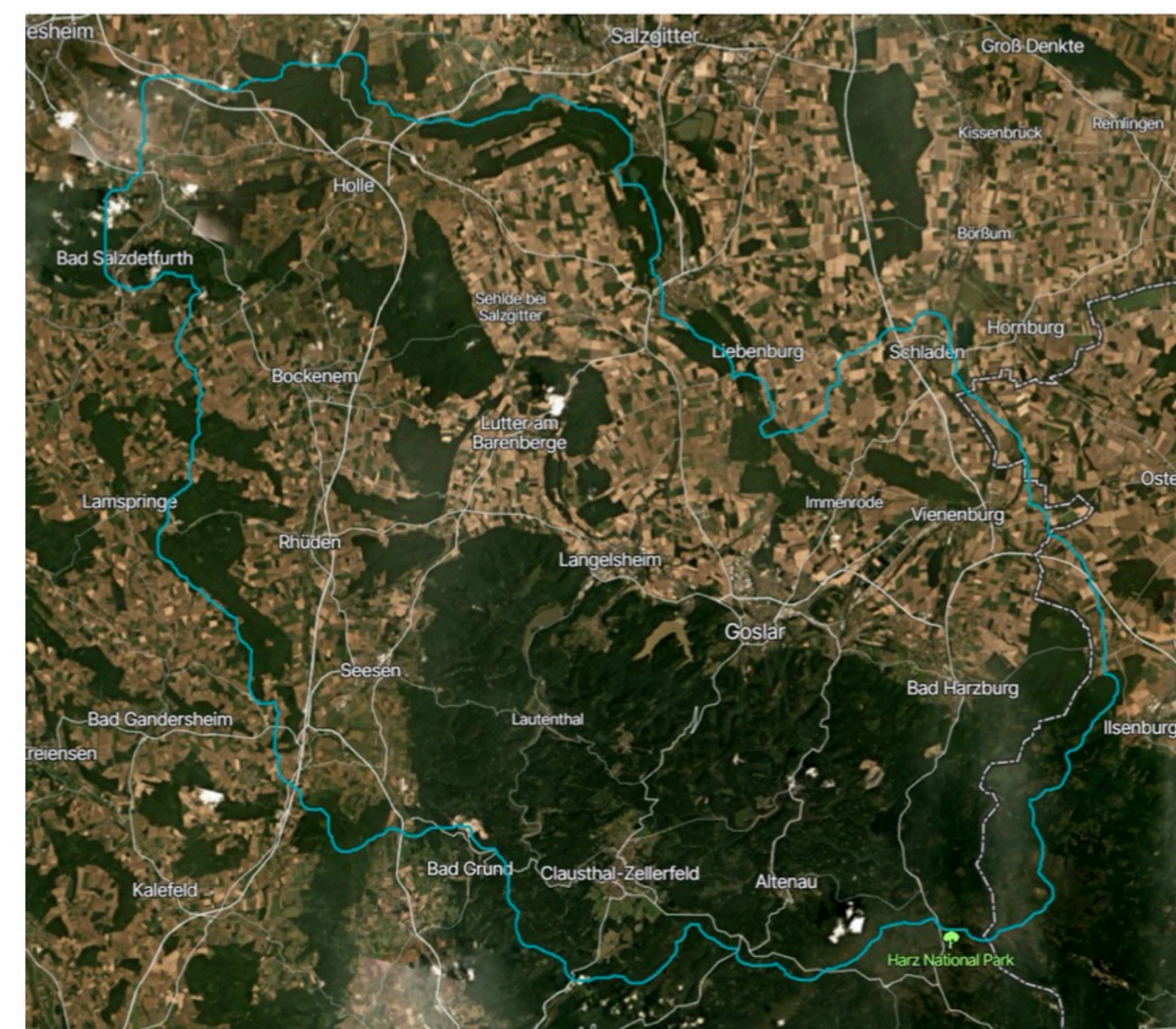
Planet - Explorer AOI



Flood Event - Goslar 2017

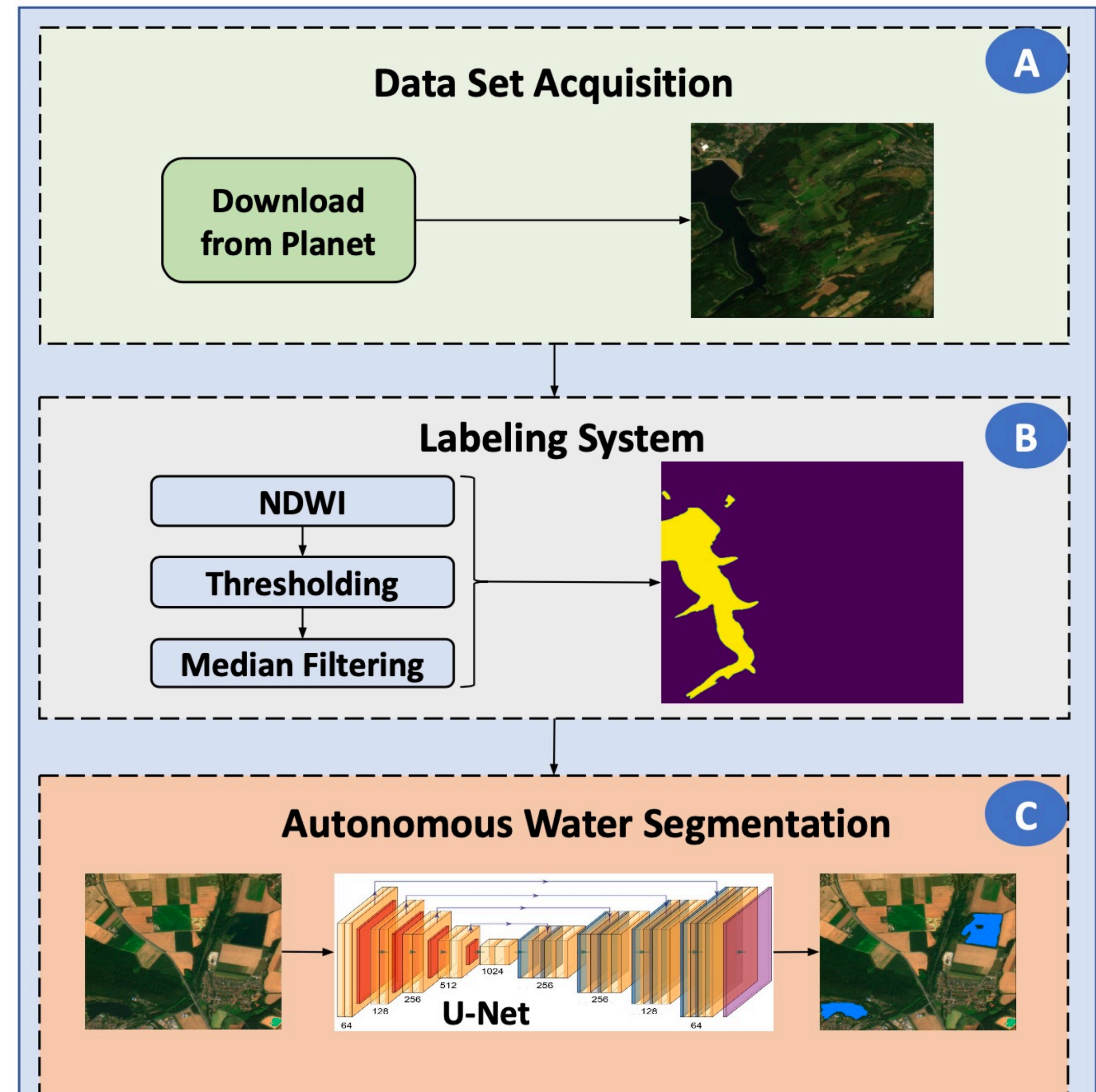
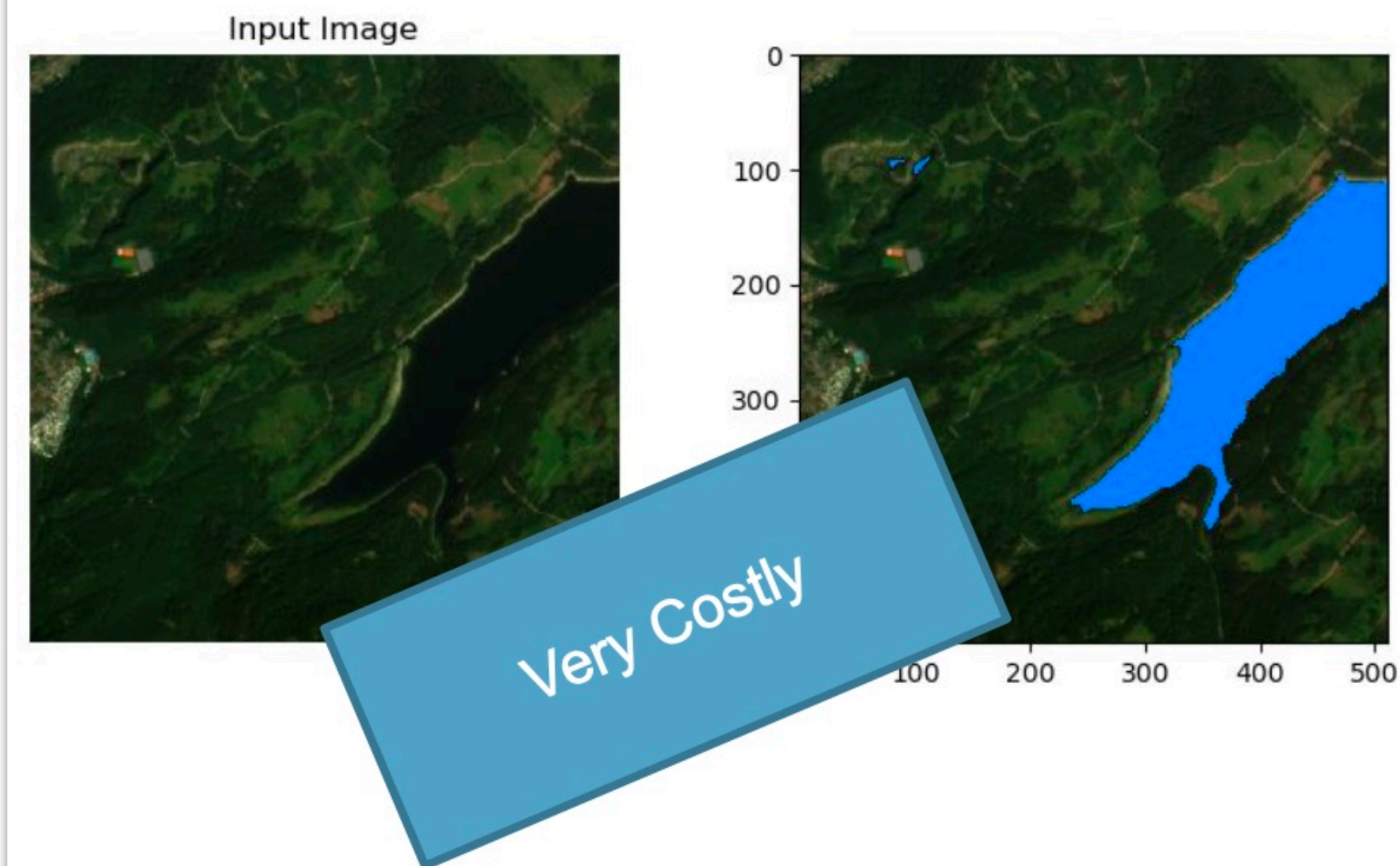


Bad coverage on the flood event in Goslar 26th July 2017

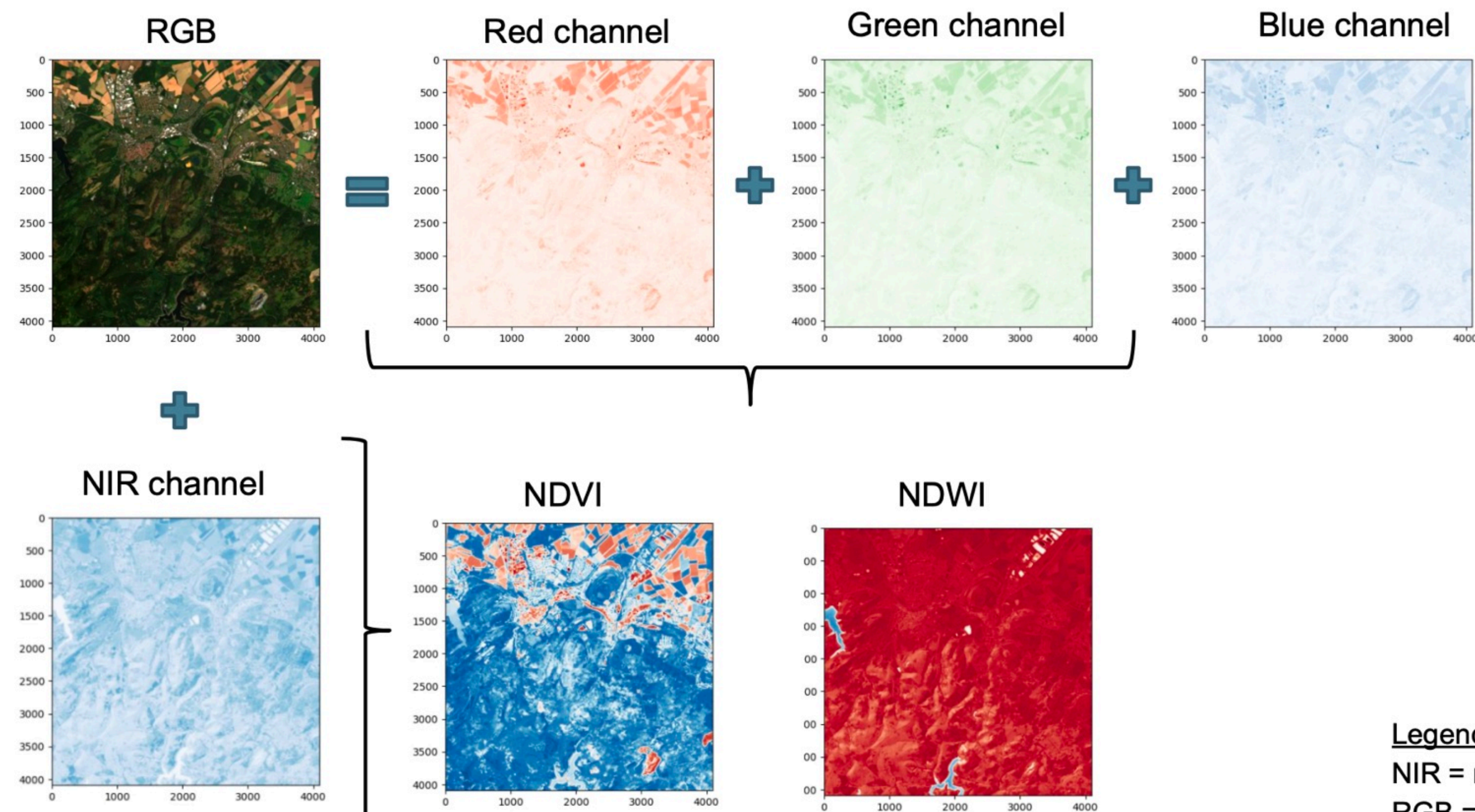


Good coverage over the month of July 2017 via Basemap

Deep Learning System



Generating labels for training



$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

$$NDWI = \frac{GREEN - NIR}{GREEN + NIR}$$

Legend:

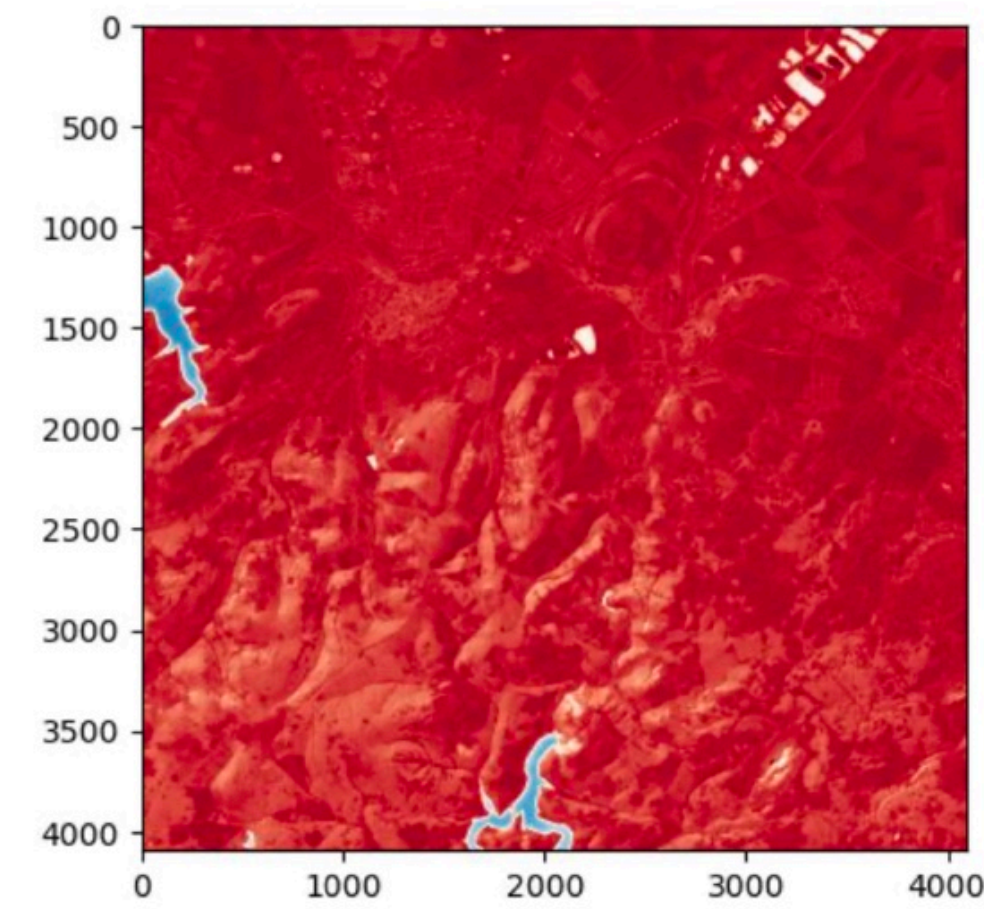
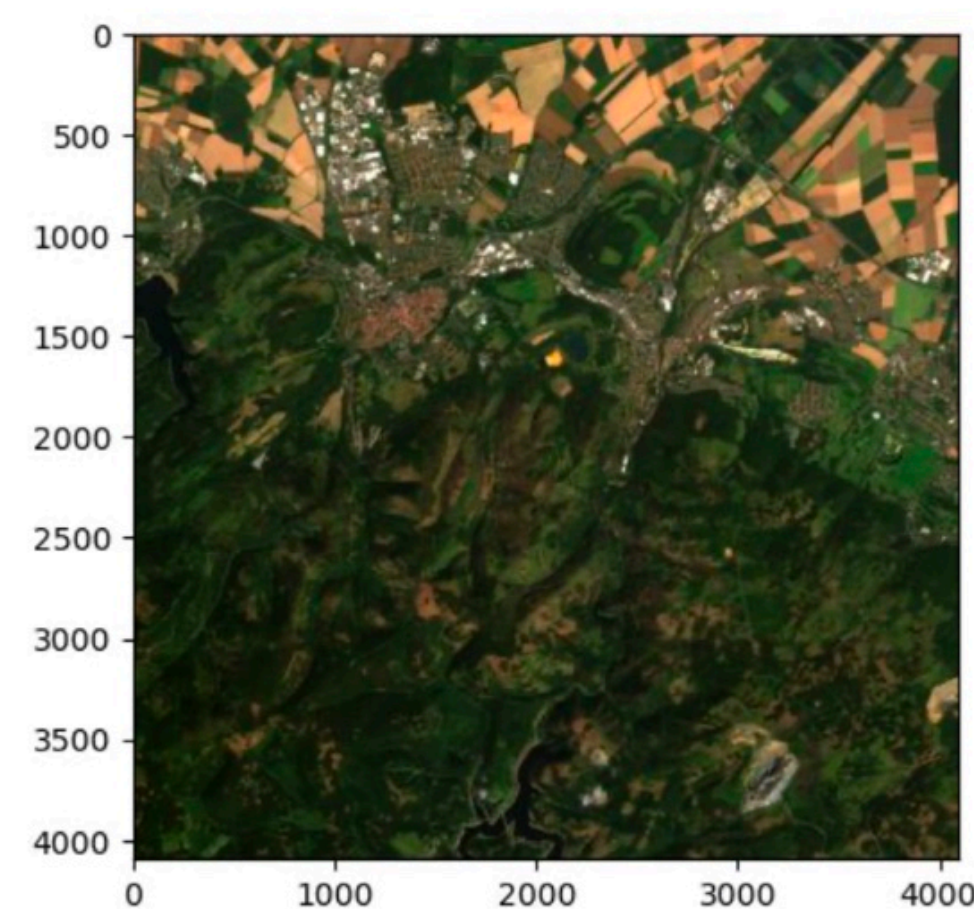
NIR = near-infrared

RGB = red, green, and blue

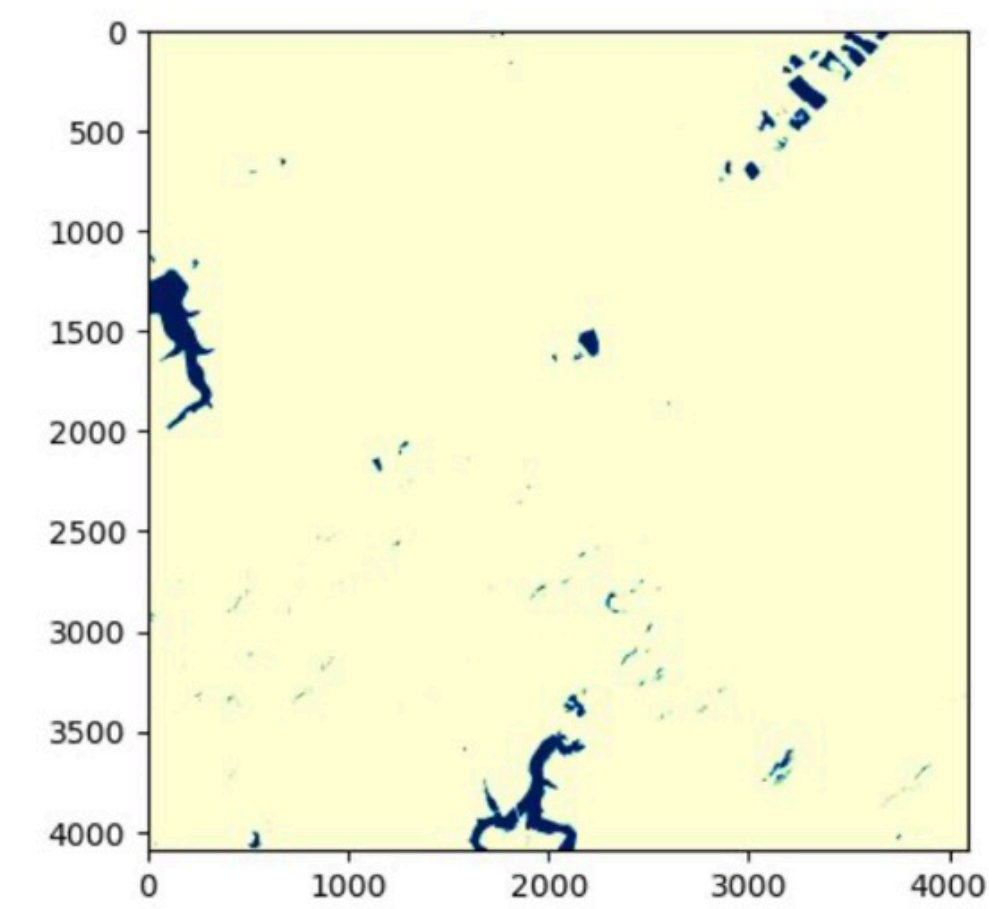
NDWI = Normalized Difference Water Index

NDVI = Normalized Difference Vegetation Index

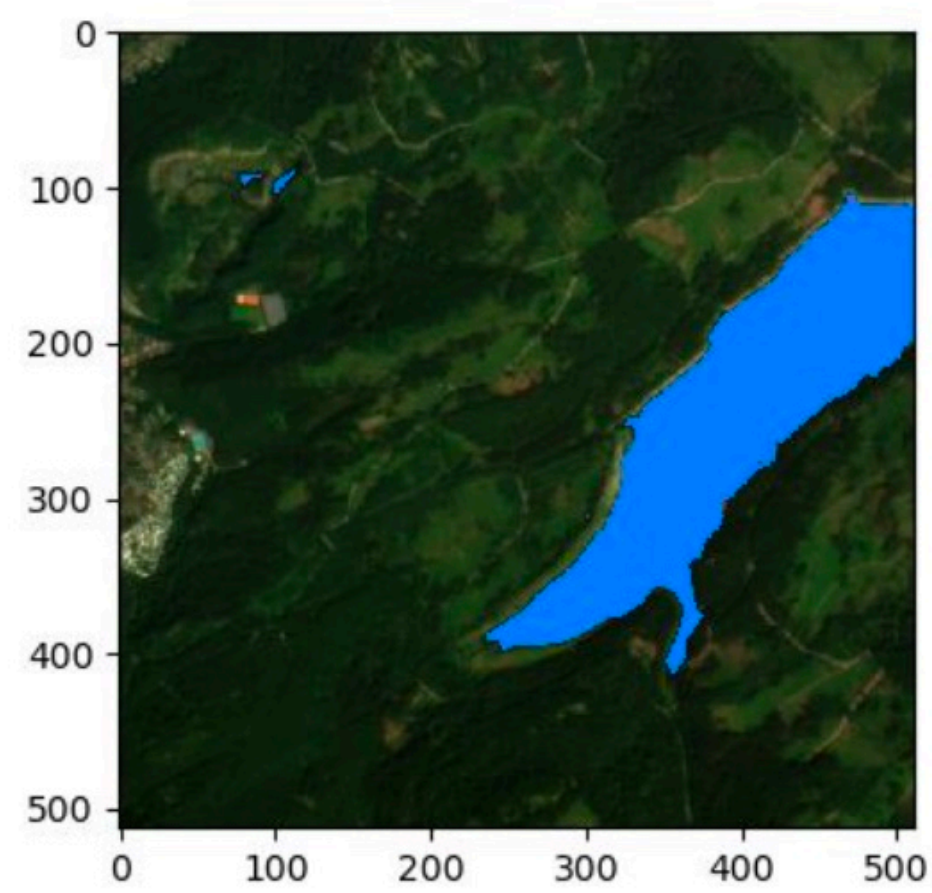
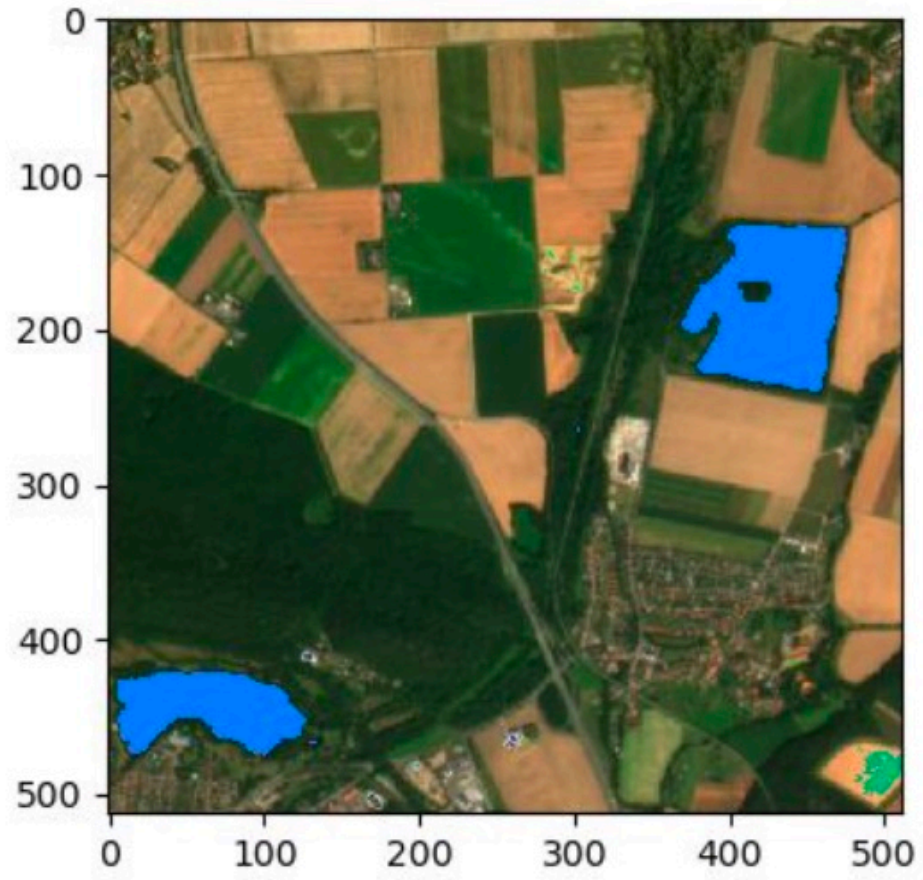
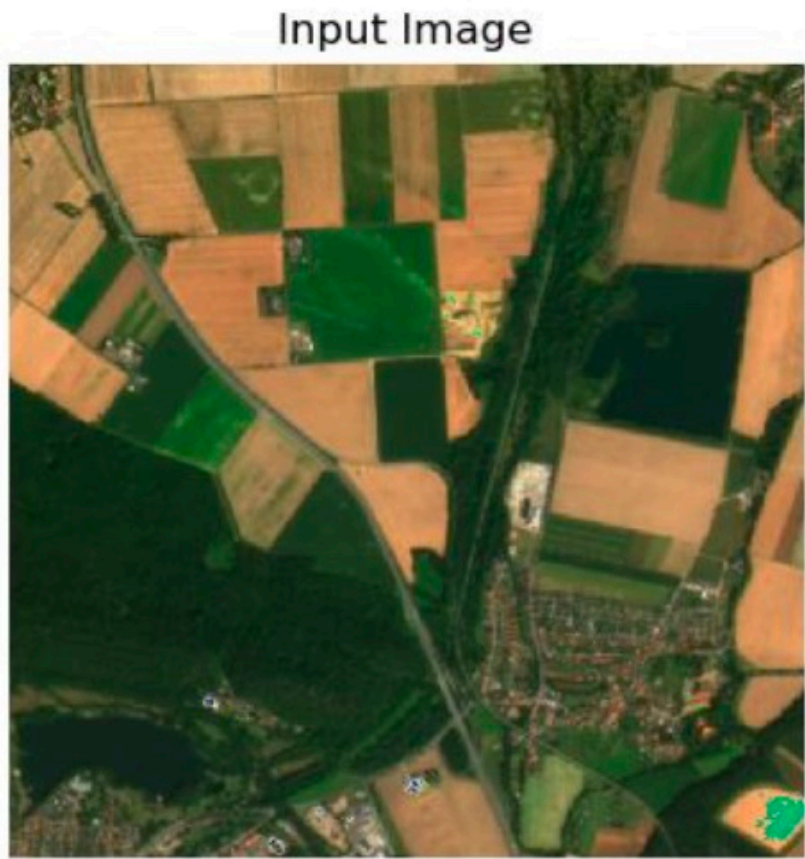
Generating labels for training



Thresholding
NDWI > 55,
Median Filtering

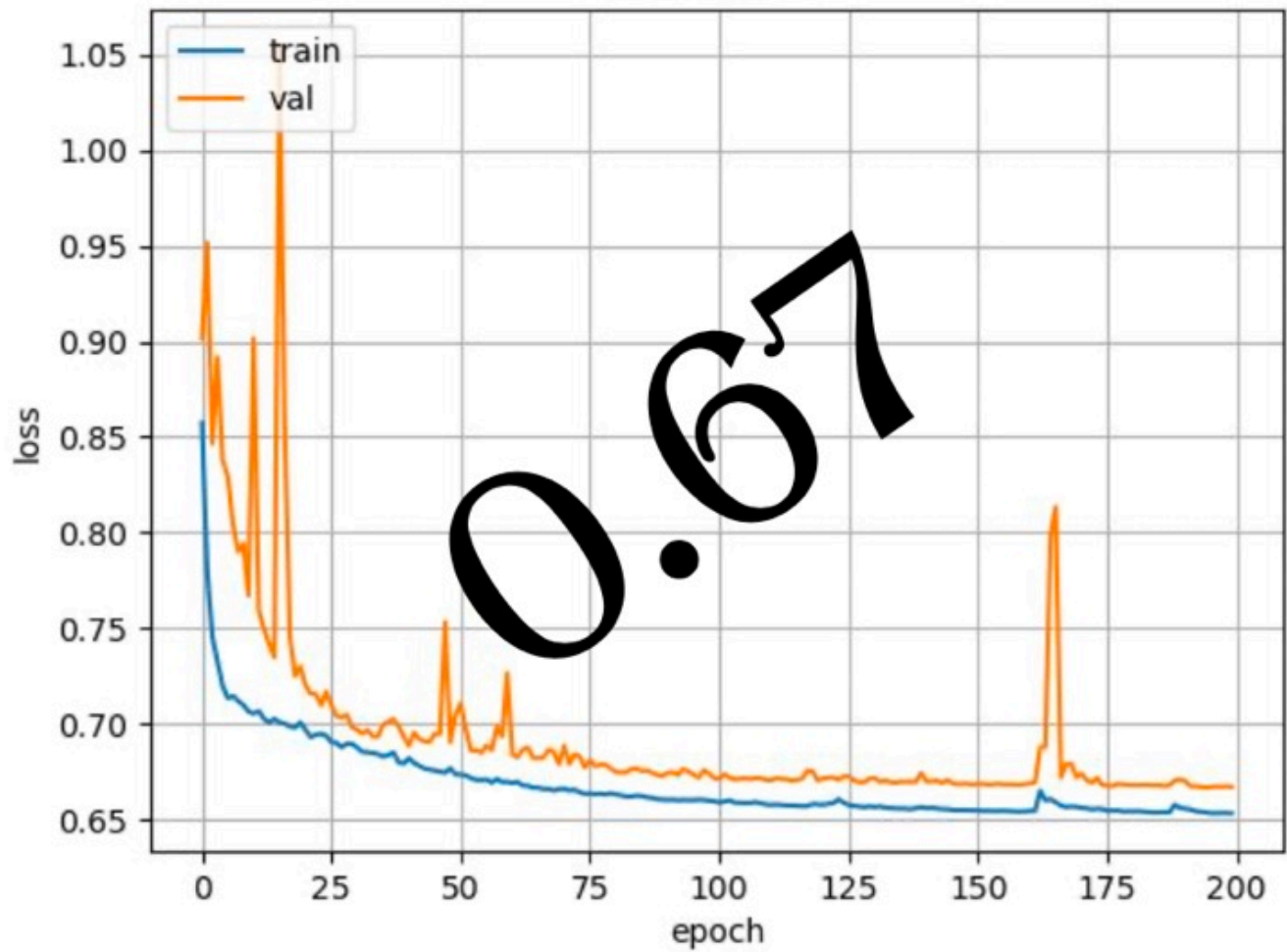


Test Results - Goslar

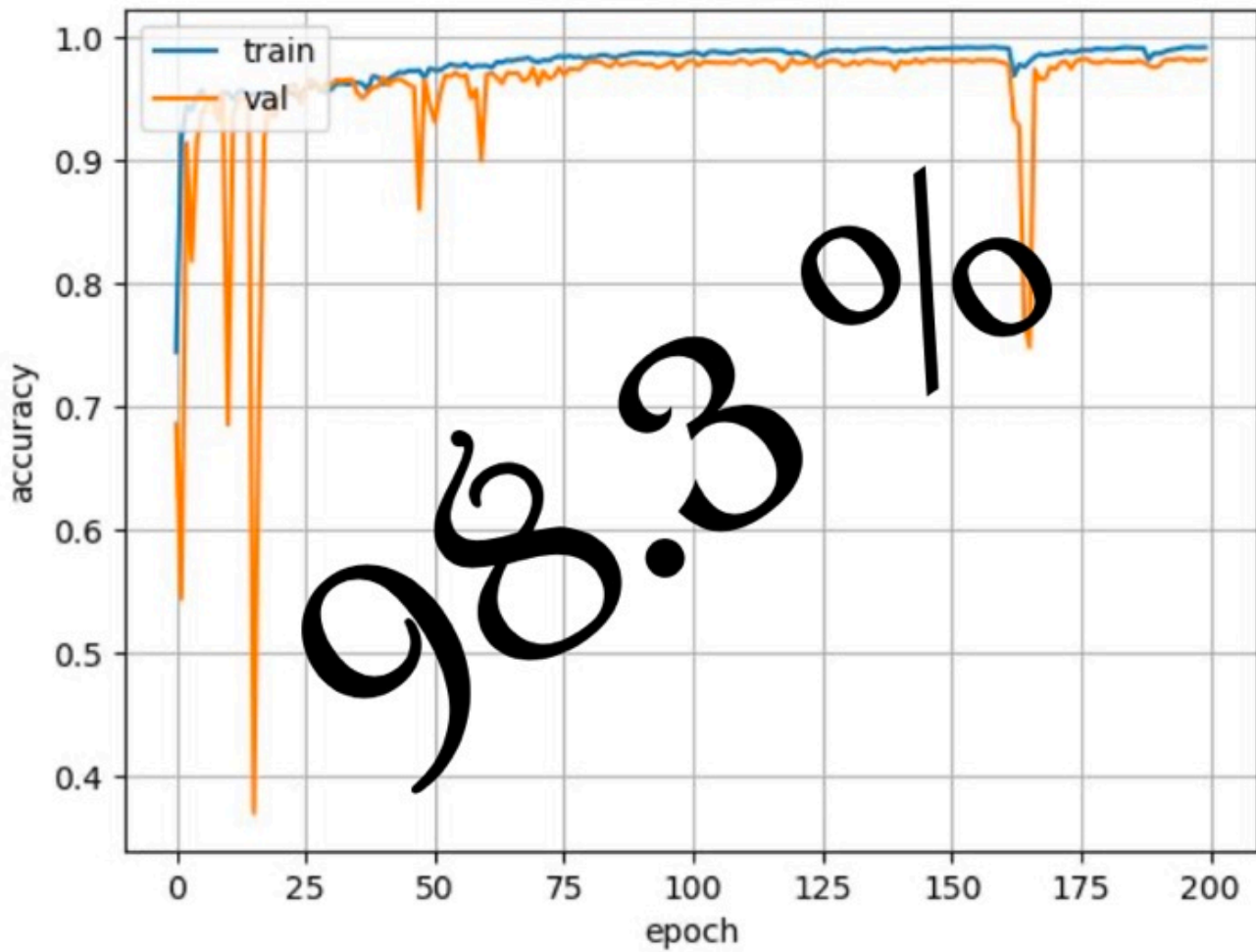


Results

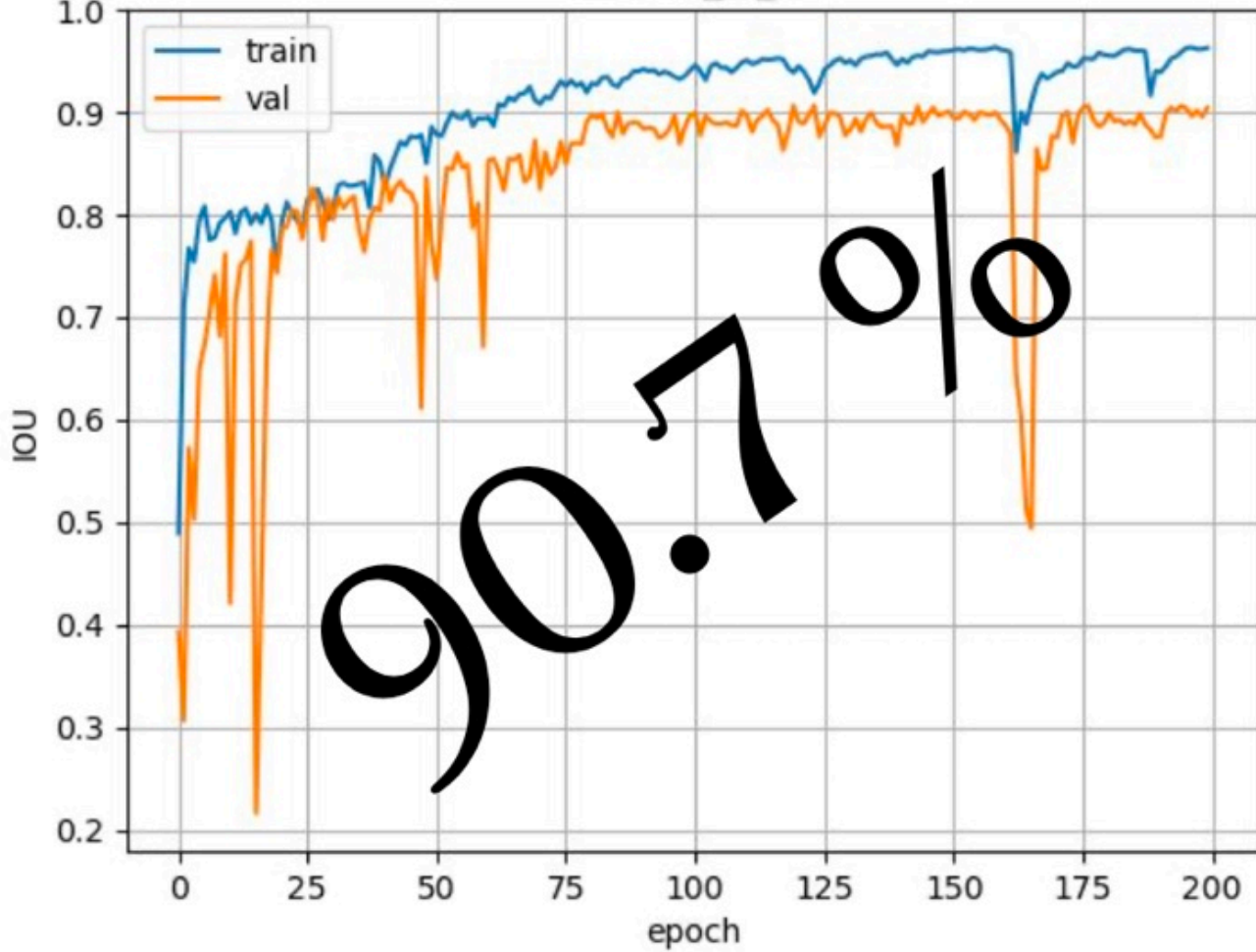
Model Loss



Model Accuracy



IOU Score



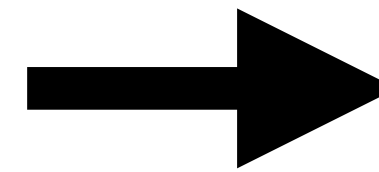
Update!

People

Prof. Dr. Jochen Steil



Institut für Robotik und Prozessinformatik
Mühlenpfordtstraße 23



Markus Gerke



Institut für Geodäsie und Photogrammetrie

Prof. Dr.-Ing. Markus Gerke

Bienroder Weg 81

38106 Braunschweig

Raum 008

Tel.: (0531) 391-94570

E-Mail.:  [m.gerke\(at\)tu-bs.de](mailto:m.gerke(at)tu-bs.de)

Netzwerkarbeit



Netzwerkarbeit



Michael Figge, EURAWASSER Betriebsführungsgesellschaft mbH
Ying Zhao, EURAWASSER Betriebsführungsgesellschaft mbH
Christian Schütz, EURAWASSER Betriebsführungsgesellschaft mbH
Jörg Hinke, EURAWASSER Betriebsführungsgesellschaft mbH
Hendrik Schiedewitz, EURAWASSER Betriebsführungsgesellschaft mbH
Tim Riedemann, REMONDIS Aqua Industrie GmbH & Co. KG
Simon Giutronich, REMONDIS Aqua Industrie GmbH & Co. KG
Daniel Szafranski, TU Clausthal Energieinformatik
Andreas Reinhardt, TU Clausthal Energieinformatik
Dr. Paul Wagner, Uni Kiel Instituts für Natur- und Ressourcenschutz
Christoph Richter, DSI Aerospace Technologie GmbH
Konstantin Geissinger, DSI Aerospace Technologie GmbH
Sándor Fekete, TU Braunschweig (TUBS-ALG)
Michael Perk, TU Braunschweig (TUBS-ALG)
Jochen Steil, TU Braunschweig (TUBS-IRP)
Rania Rayyes, TU Braunschweig (TUBS-IRP)
Jörg Plate, AMENO GmbH

Netzwerkarbeit



Michael Figge, EURAWASSER Betriebsführungsgesellschaft mbH
Ying Zhao, EURAWASSER Betriebsführungsgesellschaft mbH
Christian Schütz, EURAWASSER Betriebsführungsgesellschaft mbH

Dr. Andreas Lange, Harzwasserwerke GmbH
Andrea Bock, Landkreis Goslar
Herr Riedl, Landkreis Goslar
Dirk Sielaff, Untere Wasserbehörde Stadt Goslar
Uwe Fricke, Landkreis Goslar Feuerwehr
Jürgen Koch, Stadt Brandschutz Goslar
Christian Hellmeier, Stadt Brandschutz Goslar
Mario Schellhart, Rheingauwasser GmbH

inke, EURAWASSER Betriebsführungsgesellschaft mbH
ik Schiedewitz, EURAWASSER Betriebsführungsgesellschaft mbH
edemann, REMONDIS Aqua Industrie GmbH & Co. KG
Giutronich, REMONDIS Aqua Industrie GmbH & Co. KG
Szafranski, TU Clausthal Energieinformatik
as Reinhardt, TU Clausthal Energieinformatik
ul Wagner, Uni Kiel Instituts für Natur- und Ressourcenschutz
oph Richter, DSI Aerospace Technologie GmbH
antin Geissinger, DSI Aerospace Technologie GmbH

Sándor Fekete, TU Braunschweig (TUBS-ALG)
Michael Perk, TU Braunschweig (TUBS-ALG)
Jochen Steil, TU Braunschweig (TUBS-IRP)
Rania Rayyes, TU Braunschweig (TUBS-IRP)
Jörg Plate, AMENO GmbH

Netzwerkarbeit

Marcel Möller, Stadtforst Goslar

Marian Saver, WAL-Betrieb Senftenberg

Wolfgang Rohe, HAWK Göttingen

Simone Tscherpel, EURAWASSER Nord

Christoph Richter, DSI Aerospace Technologie GmbH

Sebastian Lutz, DSI Aerospace Technologie GmbH

Rania Rayyes, TU Braunschweig (TUBS-IRP)

Christian Schütz, EURAWASSER Betriebsführungsgesellschaft mbH

Michael Figge, EURAWASSER Betriebsführungsgesellschaft mbH

Jörg Hinke, EURAWASSER Betriebsführungsgesellschaft mbH

Dr. Paul Wagner, Uni Kiel Instituts für Natur- und Ressourcenschutz

Michael Perk, TU Braunschweig (TUBS-ALG)

Christian Rieck, TU Braunschweig (TUBS-ALG)

Tobias Drückler, NLWKN

Daniel Szafranski, TU Clausthal Energieinformatik

Tim Riedemann, REMONDIS Aqua Industrie GmbH & Co. KG

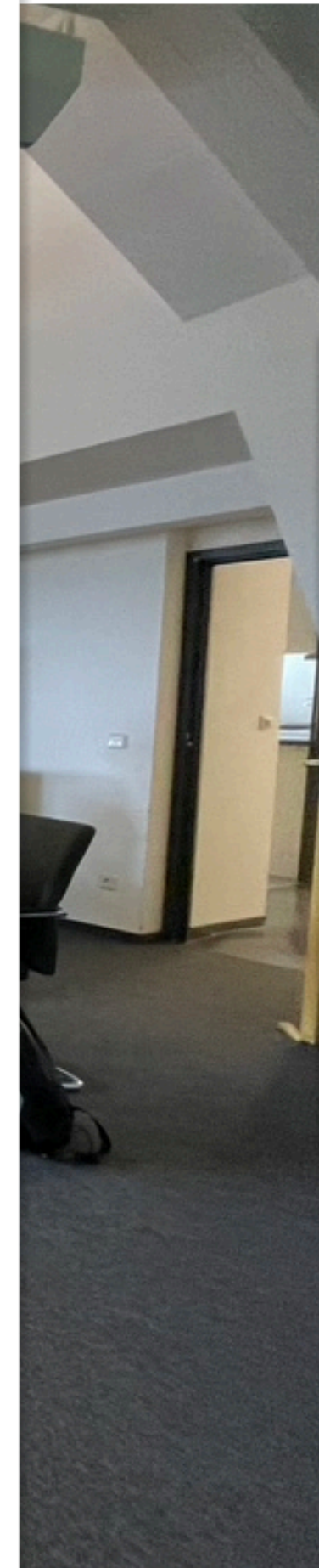
Ying Zhao, EURAWASSER Betriebsführungsgesellschaft mbH

Paul Magdon, HAWK Göttingen

Bettina Kietz, HAWK Göttingen

Andreas Reinhardt, TU Clausthal Energieinformatik

Sándor Fekete, TU Braunschweig (TUBS-ALG)



Netzwerkarbeit

Name	Bisher gesammelte Erfahrungen
Harzwasserwerke	Meteorologische Daten von Wetterstation Hahnenklee können die Prognose verbessern
Landkreis Goslar	HW- Schutzverband (Innerste HRB 810 Tm³) bei Bornhausen/ Seesen (Projekt Niedersachsen)
UWB Goslar	- HW-Schutzkonzept seit 19. Jahrhundert - Forschungsprojekt i.Z.m. TU Clausthal Prof. Rausch: 5-Säulen Modell (ein KI-unterstütztes Modell, aber nur manuelle Datenlieferung), Wasserstand am Auslass als Modellerstellung, alle Daten in ein Messdatenmanagementsystem einfließen lassen
Feuerwehr	Hochwasserrisikogebiete im Nachgang darstellen
Rheingauwasser	- Erfahrungen in HW-Schutz (mit Schneeschmelze) - Daten (zumindest Pegeldaten) in Ahrtal zur Verfügung stellen



Netzwerkarbeit

Name	Bisher gesammelte Erfahrungen
Harzwasserwerke	Meteorologische Daten von Wetterstation Hahnenklee können die Prognose verbessern
Landkreis Goslar	HW- Schutzverband (Innerste HRB 810 Tm³) bei Bornhausen/ Seesen (Projekt Niedersachsen)
UWB Goslar	- HW-Schutzkonzept seit 19. Jahrhundert - Forschungsprojekt i.Z.m. TU Clausthal Prof. Rausch: 5-Säulen Modell (ein KI-unterstütztes Modell, aber nur manuelle Datenlieferung), Wasserstand am Auslass als Modellerstellung, alle Daten in ein Messdatenmanagementsystem einfließen lassen
Feuerwehr	Hochwasserrisikogebiete im Nachgang darstellen
Rheingauwasser	- Erfahrungen in HW-Schutz (mit Schneeschmelze) - Daten (zumindest Pegeldaten) in Ahrtal zur Verfügung stellen

Name	Mehrwert von EXDIMUM
Harzwasserwerke	- Von Planet Labs: Satellitendaten des Geschiebetransport - Erosionsschutzprogramm Forst – und Trübungsmessung - Technische Lösung miteinander vernetzen
Landkreis Goslar	- Wie können wir uns wappnen? (Geschiebe/ Forst/ Erosion) - Kleinräumig und zielgenaue Betrachtung - Zugänglichkeit der Informationen über Hochwasserereignisse für die Bürger erhöhen (z.B. Ampel-System)
UWB Goslar	Pegeldaten von NLWKN – Harzburg, HWW und Eurawasser verschneiden, um ein gesamtes Bild darzustellen
Feuerwehr	- Basis analoge Karten - Vorhersagequalität verbessern - Von Hochwassergefahren zu Hochwasserrisiken (mit Angabe der Anzahl betroffener Gebäude und Einwohner) - Daten Sammelpunkte erstellen
Rheingauwasser	- Welche Daten geben wir heraus? - Keine komplexe Darstellung von Informationen für Bürger (Beispiel Oma Erna) - die Ergebnisse des Modells müssen die klare Vorwarnstufe angeben, damit Feuerwehr arbeiten kann - Bodenveränderung aktuelle betrachten



Datenquellen



Satellitendaten



SCALGO



Geodaten



REMONDIS®



Zuverlässige Boden-Sensordaten

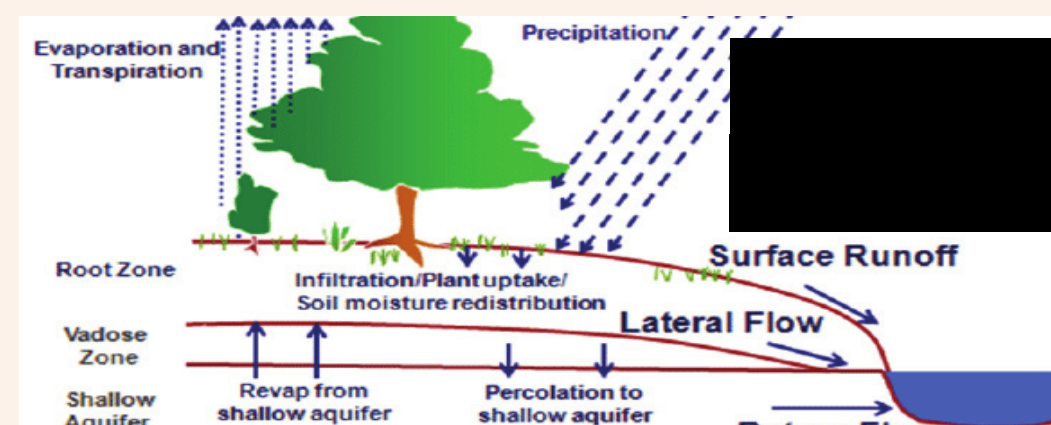
Datenverarbeitung



AMENO



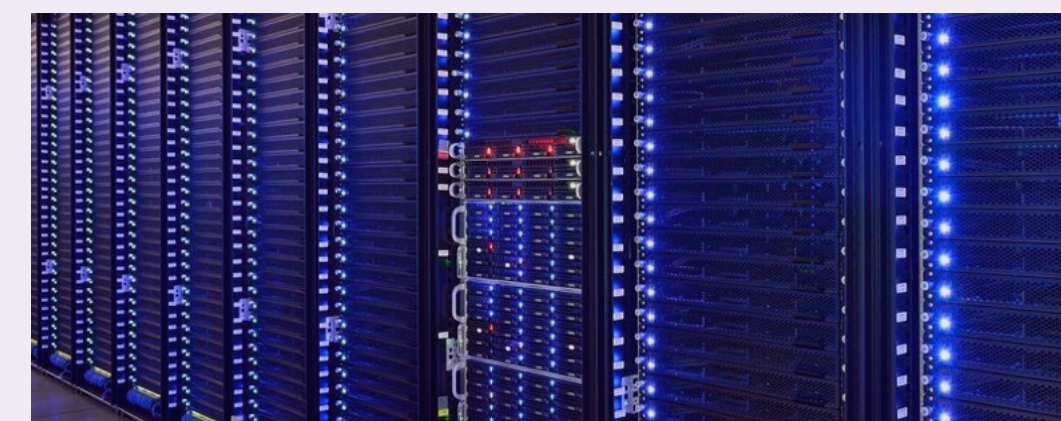
Verfahren der künstlichen Intelligenz



SWAT-Modellierung

Multiskalenmodell

AMENO



Digitales Abbild und Simulationsmodell

Datennutzung

EURAWASSER

und assoziierte Partner (Absichtserklärung)



Verbesserte Steuerung von Retentionsanlagen

REMONDIS®

EURAWASSER



Vorhersage der Ausbreitung von Schwermetallen in Flussauen

EURAWASSER

SCALGO



Ableitung baulicher Maßnahmen zur Hochwasserprävention