

Echtzeit-Sturzflutvorhersage mit neuronalen Netzen auf Grundlage hydrodynamischer Berechnungen



Arne Reinecke¹, Insa Neuweiler¹, Bettina Huth², Thomas Brendt², Andreas Hänsler³, Andreas Steinbrich³, Hannes Leistert³

Motivation

- Bislang keine Echtzeit-Warnung vor Sturzfluten infolge Starkregen aufgrund fehlender Überflutungsinformationen
- Infolge vieler Unsicherheiten hat Starkregen eine geringe Vorhersagefrist von einigen Minuten bis wenigen Stunden
- Überflutungsberechnungen mit physikalisch basierten Modellen dauern für ein urbanes Gebiet etwa 2-8 Stunden
- Um die Bevölkerung bedarfsgerecht zu warnen, werden hochauflösende, schnelle Ersatzmodelle benötigt

Forschungsziel

- Entwicklung eines **Sturzflut-Vorhersagemodells...**
- durch das Training von **neuronalen Netzen** mit Daten (z.B. Wassertiefen) aus hydrodynamischen Modellen
 - unter der Betrachtung von **räumlich und zeitlich verteiltem Niederschlag** und Vorfeuchtebedingungen
 - um **Unsicherheiten** in der Echtzeit-Überflutungsvorhersage abbilden zu können.

I) Aufbau Überflutungsdatenbank

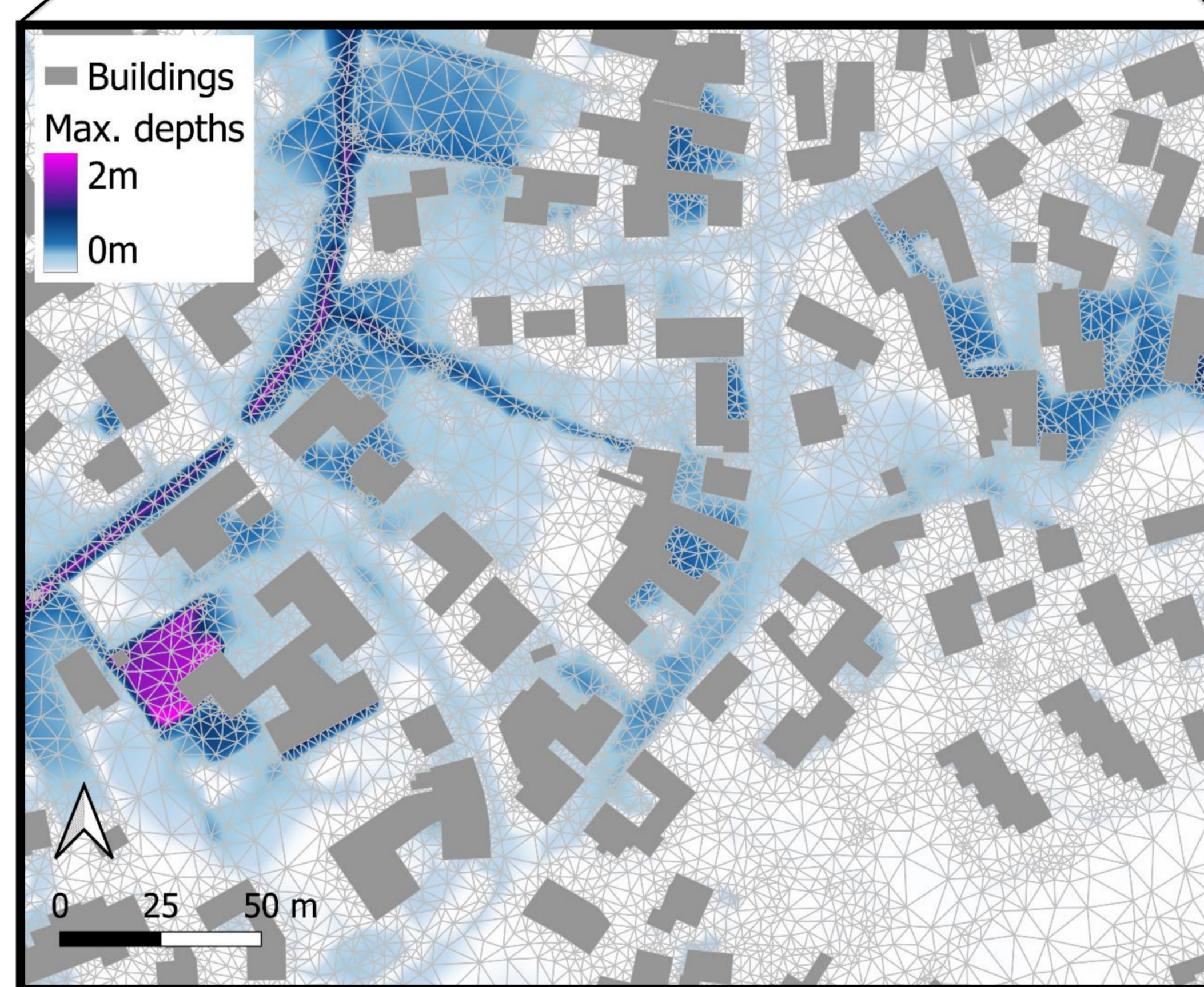
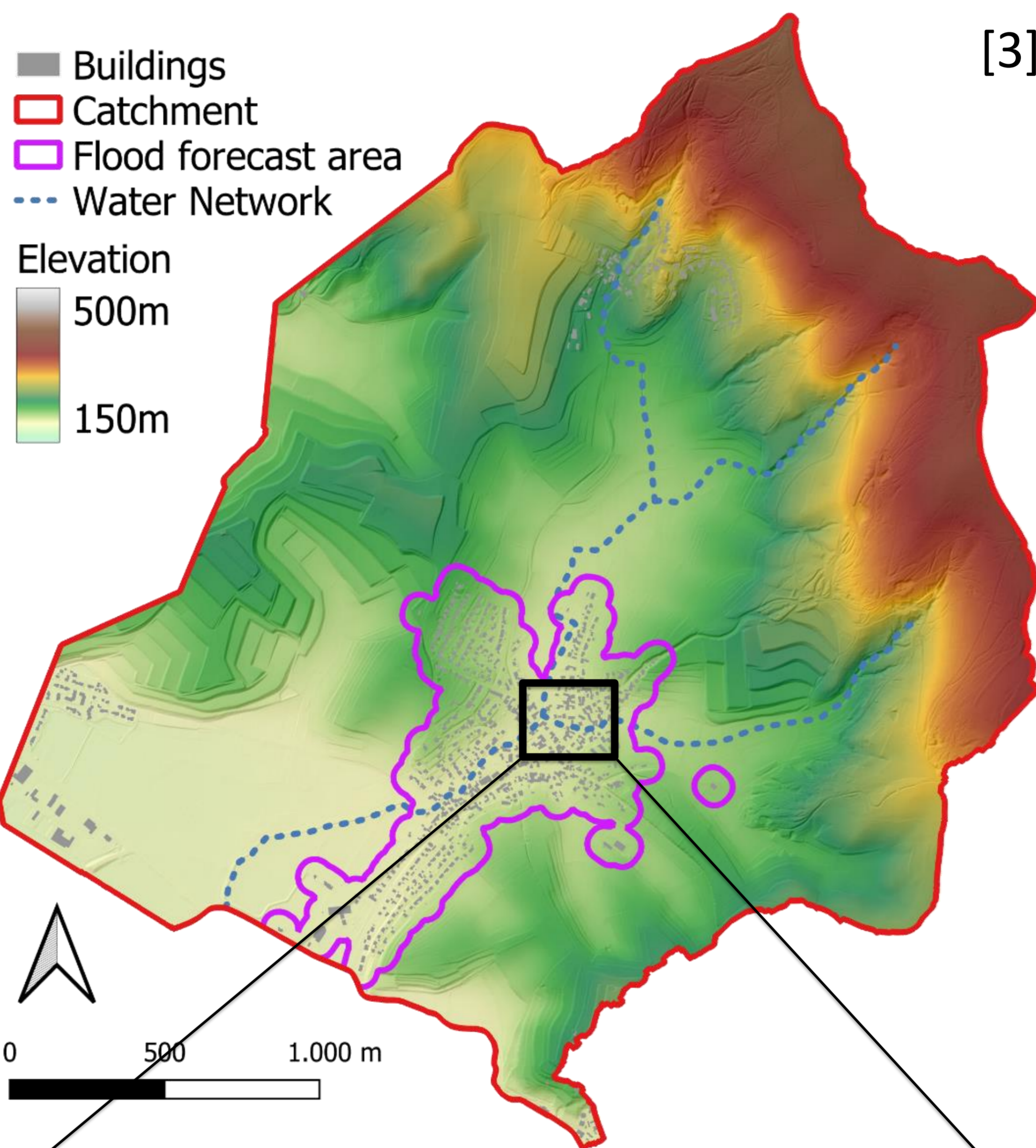
a. Auswahl von Niederschlagsereignissen mit unterschiedlicher Dauer und Extremität

Dauerstufe [min]	Niederschlagsereignisse											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	7	10	11	14	15	16	19	22-26	26-29	30-41	41-52	> 52
10	11	14	17	20	21	23	26	31-36	36-41	41-57	57-72	> 72
15	14	18	21	26	27	30	34	40-47	47-54	54-74	74-94	> 94
30	18	24	29	37	39	44	52	62-72	73-82	83-113	114-145	> 145
45	21	27	33	42	44	50	59	71-82	82-93	94-129	129-165	> 165
60	22	29	36	45	47	53	62	74-85	86-98	98-135	135-172	> 172
90	24	32	38	47	49	55	63	75-87	88-100	100-138	138-176	> 176
120	25	34	40	50	52	58	66	79-92	92-105	106-145	145-185	> 185
180	28	36	43	52	54	59	67	80-93	93-106	107-146	147-187	> 187
240	30	38	45	54	56	61	68	82-95	96-109	110-150	151-192	> 192
300	31	39	45	54	56	62	69	83-96	97-110	111-152	152-194	> 194
360	32	40	46	55	57	62	70	84-97	98-111	112-153	154-196	> 196

b. Berechnung **Oberflächenabflusskennwerte (OAK)** für alle Niederschlagsereignisse mit hydrologischem Modell „RoGer_Dyn“ [1]

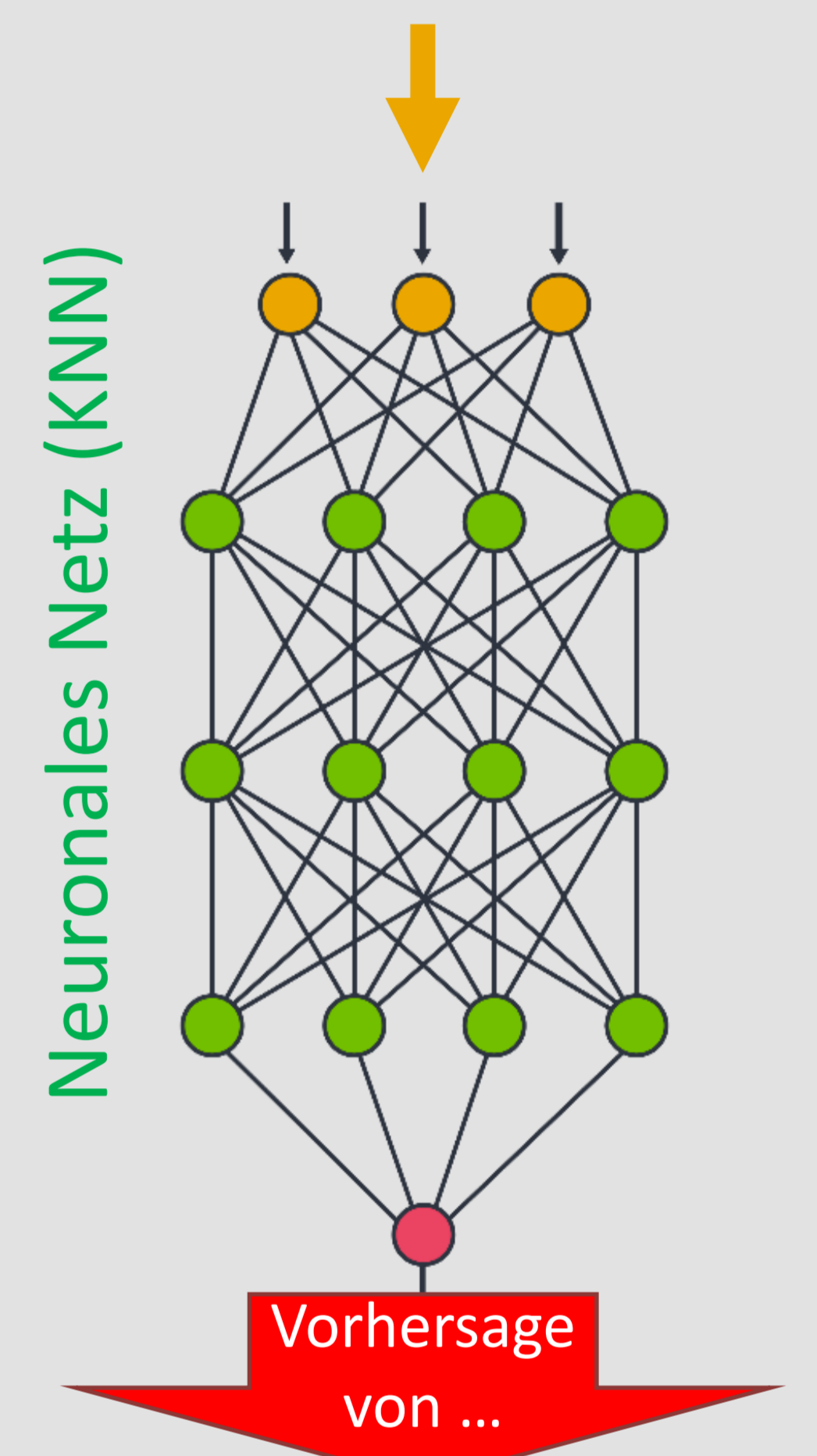
c. Hydrodynamische Berechnung der **Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten** (HydroAS, Finite-Volumen-Methode [2])

d. Aufteilung der > 500 Ereignisse in Trainings-, Validierungs- und Test-Daten



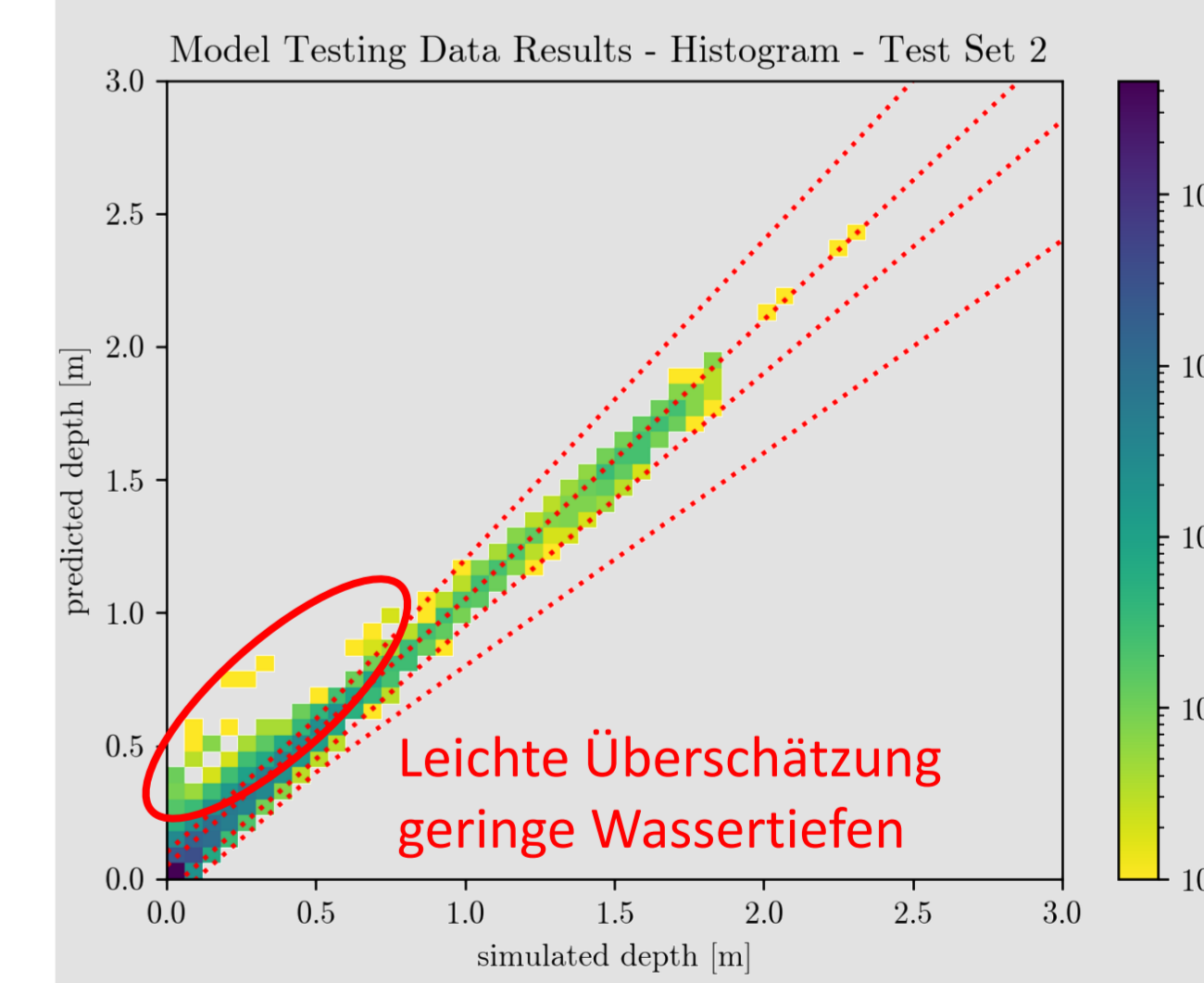
II) Live-Vorhersage

Live-OAK (mit RoGer, aus Radar-Vorhersage)



- 1) max. Wassertiefe
- 2) max. Fließgeschwindigkeit
- 3) max. spezifischer Durchfluss

Güte der vom KNN-Modell vorhergesagten Wassertiefen:

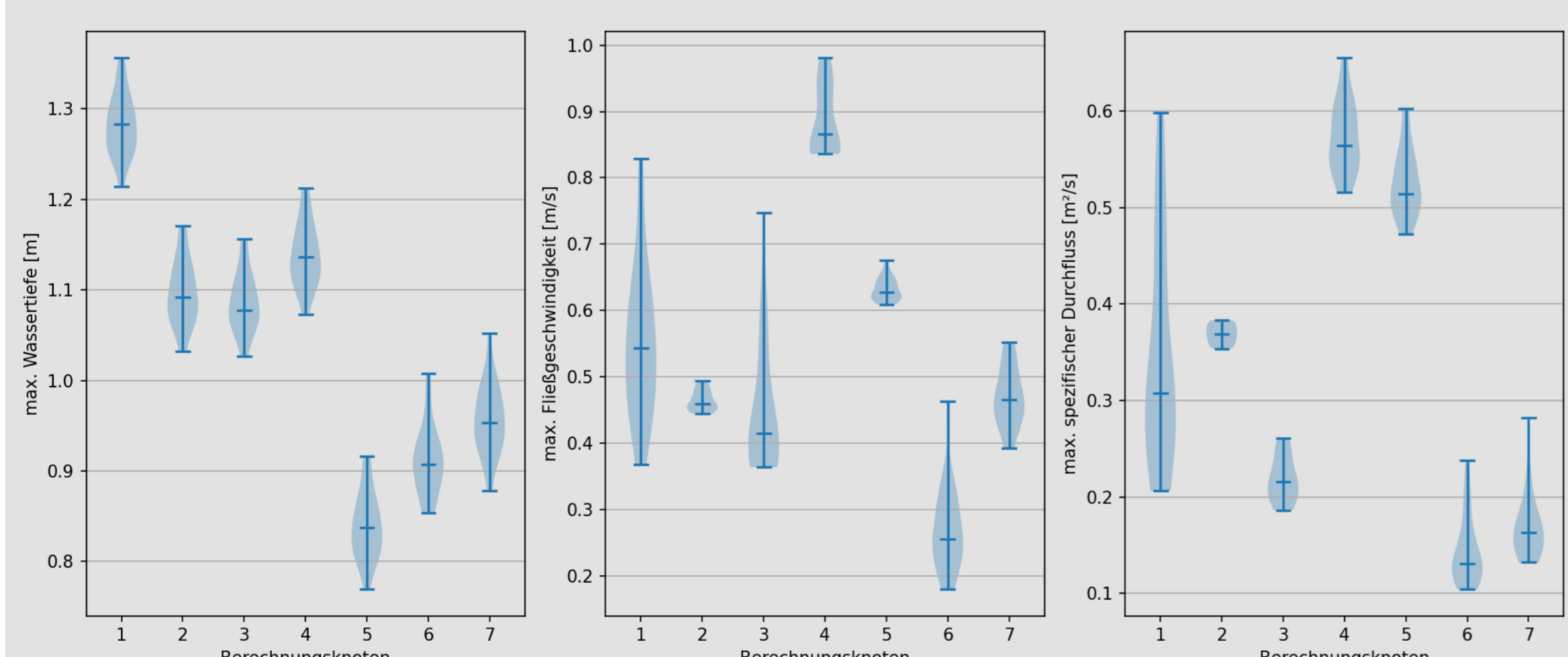


III) Quantifizierung der Unsicherheiten

Bestimmung der Sensitivitäten mittels Ensemble-Rechnungen auf Grundlage von verschiedenen Niederschlagszenarien & Vorfeuchtebedingungen zur Ableitung der Unsicherheiten

Niederschlags-Szenario

Statistische Vorfeuchte	1	...	9	10	...	n
	...	x	x	x	x	x
25 %	x	x	x	x	x	x
30 %	x	x	x	x	x	x
35 %	x	x	x	x	x	x
40 %	x	x	x	x	x	x
...	x	x	x	x	x	x



Zusammenfassung

- ✓ Verwendeten neuronale Netze können virtuelle Wahrheit gut abbilden
- ✓ Sehr schnelle Vorhersage der max. Überflutungstiefen in < 1 Sekunde
- ✓ Ensemble-Rechnungen für unsichere Eingangsparameter möglich (Bodenfeuchtebedingungen, Niederschlags-Vorhersage)
- Fortschreibung der Fehler aus den hydrologischen und hydrodynamischen Modellen, zusätzliche Fehler aus dem neuronalen Netz
- Trainingsdatenbank ist für jedes Einzugsgebiet neu aufzubauen (Berechnungsdauer für Überflutungsdatenbank > 30 Tage)

Referenzen:

- [1] Weiler, Markus; Leistert, Hannes; Steinbrich, Andreas (2021): RoGer—ein bodenhydrologisches Modell für die Beantwortung einer Vielzahl hydrologischer Fragen. In: Korrespondenz Wasserwirtschaft 14.
- [2] Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH (2021): 2D-Strömungsmodell für die wasserwirtschaftliche Praxis Version 5.2.5 Aachen, März 2021
- [3] Reinecke, Arne; Neuweiler, Insa (2023): Development of a flood prediction model for heavy rainfall based on spatially and temporally distributed precipitation using machine learning techniques. EGU General Assembly 2023. Vienna.